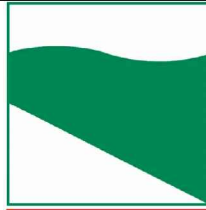




PROTEZIONE CIVILE
 Presidenza del Consiglio dei Ministri
 Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



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 Polesine Zibello




<p>Regione Emilia–Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore Raggruppamento Temporaneo di Professionisti</p> <p>Mandataria</p>  <p>EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY www.engeo.it</p> <p>Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti</p> <p>Mandanti Dott. Geol. Marco Baldi Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Stefano Castagnetti Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi</p> <p>Collaboratori Dott. Geol. Gian Marco Veneziani</p>	<p>Data Aprile 2018</p>
-----------------------------------	--	-----------------------------

<i>PROGETTO</i>		<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI POLESINE ZIBELLO 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	Sismicità del territorio	5
2.2	Caratteristiche sismotettoniche	9
2.3	Classificazione sismica comunale.....	16
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	19
3.1	Geologia	19
3.2	Geomorfologia.....	25
4.	Dati geotecnici e geofisici	27
5.	Modello del sottosuolo	28
6.	Interpretazioni e incertezze.....	29
7.	Metodologie di elaborazione e risultati	31
8.	Elaborati cartografici di primo e secondo livello.....	33
8.1	Carta delle indagini	33
8.2	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica	34
8.3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	36
8.4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	38
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S	40
8.6	Carte di microzonazione sismica	41
8.7	Commenti finali e criticità	43
9.	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati	45
10.	Bibliografia	46
11.	Allegati	49

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	1 di 49

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

1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione vengono descritti il programma delle indagini e le attività da svolgere nel corso dello studio di Microzonazione Sismica (MS) del Comune di Polesine Zibello (Provincia di Parma), assegnata a un raggruppamento temporaneo di professionisti (con Engeo mandataria e mandanti il Dott. Geol. Stefano Castagnetti, il Dott. Geol. Marco Baldi, il Dott. Geol. Domenico Bianco e il Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi), dal Comune di Polesine Zibello, con Determina del Responsabile dell'Ufficio Servizi Tecnici Area IV, n. 199 del 09.08.2017 (codice CUP: E32F17000080002; codice CIG: ZE31F13ABB).


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

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma.

L'insieme di queste conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

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

- Allegato A2 "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza nei Comuni con $a_g < 0,125g$ " della deliberazione di Giunta regionale n. 241 del 06/03/2017 "Approvazione dei criteri e delle indicazioni tecniche e procedurali per l'attribuzione di contributi per la realizzazione di studi di microzonazione sismica nei Comuni caratterizzati da $a_g < 0,125g$ " (da qui in avanti "Allegato A2 della delibera regionale")
- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.0b, Roma, ottobre 2015 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (da qui in avanti "SRAI")

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	2 di 49

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

- “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 maggio 2007: Approvazione dell’Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell’art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per “Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica”, così come modificati dalla deliberazione di Giunta regionale n. 2193 del 21.12.2015 *art. 16 della l.r. n.20 del 24/3/2000. approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'assemblea legislativa 2 maggio 2007, n. 112* (da qui in avanti “indirizzi regionali”)

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

- **PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, finalizzato a:
 - definizione del modello geologico di base per la microzonazione sismica (litologia, stratigrafia, tettonica e loro rapporti geometrici);
 - individuazione delle aree suscettibili di effetti locali in cui effettuare le successive indagini di microzonazione sismica;
 - definizione del tipo di effetti attesi;
 - indicazione, per ogni area, del livello di approfondimento necessario.
- **SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO**, finalizzato a:
 - conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal 1° livello ed eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
 - suddivisione dettagliata del territorio, in base all’amplificazione attesa, secondo aree con maggiore o minore pericolosità sismica;
 - conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal 1° livello, in cui si ritengono necessari approfondimenti di 3° livello con l’indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

Nella prima fase di studio è stato preso in esame l’intero Comune. Quindi, una volta raccolti e valutati i dati pregressi, l’Amministrazione Comunale ha definito il territorio

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	3 di 49

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

urbanizzato e urbanizzabile in cui effettuare la microzonazione e dove eseguire la nuova campagna d'indagini.

Tale zonazione ha, pertanto, interessato i seguenti abitati:

- Polesine
- Zibello
- Ongina
- Vidalenzo
- La Motta
- Santa Croce
- Ardola
- Pieveottoville

oltre ad alcune aree minori oggetto di trasformazione

Le aree oggetto di microzonazione presentano una superficie complessiva di 346 ha, corrispondente a circa il 7,1% dell'intero territorio comunale.


Nel corso dello studio sono stati redatti oltre alla presente relazione gli elaborati elencati nel capitolo 11.

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

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 A2 della delibera regionale e dagli SRAI.

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 4.0.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	4 di 49

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

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

2.1 Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica del Comune di Polesine Zibello è stata dedotta dal database DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)¹ aggiornato al 2014, nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative ai centri abitati di Polesine Parmense e Zibello².


Essa è riassunta nella Tab. 1, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito (Int.), in scala MCS, indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità: l'anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l'ora (Ho), il minuto (Mi) ed, eventualmente, il secondo (Se), in cui si è verificato, la denominazione dell'area epicentrale, il relativo numero di dati di intensità macrosismica (NMDP), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3-4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
5	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	11	13	10	48	0	Franciacorta	768	5	4.21

Tab. 1 – Massimi eventi sismici verificatisi a Polesine Parmense

¹ Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

² Il Comune di Polesine Zibello è di recente costituzione, formatosi dall'unione dei Comuni di Polesine Parmense e Zibello. Il DBMI, pertanto riporta ancora separatamente i dati per i due comuni originari

 EN GEO s.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	5 di 49

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


Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
3	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6 4.70
3-4	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8 5.37
NF	1898	03	09	11	43		Romagna settentrionale	68	6 4.59
3	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5 4.25
NF	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6 4.79
NF	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5 4.39
NF	1912	10	01	18	10		Piacenza	23	4 3.70
4	1915	10	10	23	10		Reggiano	30	6 4.87
2	1937	09	17	12	19	0	Parmense	34	7 4.77
NF	1969	06	24	13	25	1	Parmense	15	5 4.21
5-6	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8 5.51
5-6	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7 5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
NF	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6 4.57
3-4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85
4-5	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5 4.33
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409	5.26
2-3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40
4-5	2012	01	25	08	06	3	Pianura emiliana	25	5-6 4.98

Tab. 2 - Massimi eventi sismici verificatisi a Zibello

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Polesine Zibello si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità al sito dell'VIII grado della scala MCS.

Fatto salvo quanto sopra, si propone di tenere in considerazione anche quanto indicato nel lavoro elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

Secondo tale studio, basato in misura prevalente su valori realmente osservati, ma che contiene delle correzioni, per quelle località ove queste si siano rese necessarie, il territorio di Polesine Zibello è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al VII grado della scala MCS.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	6 di 49

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

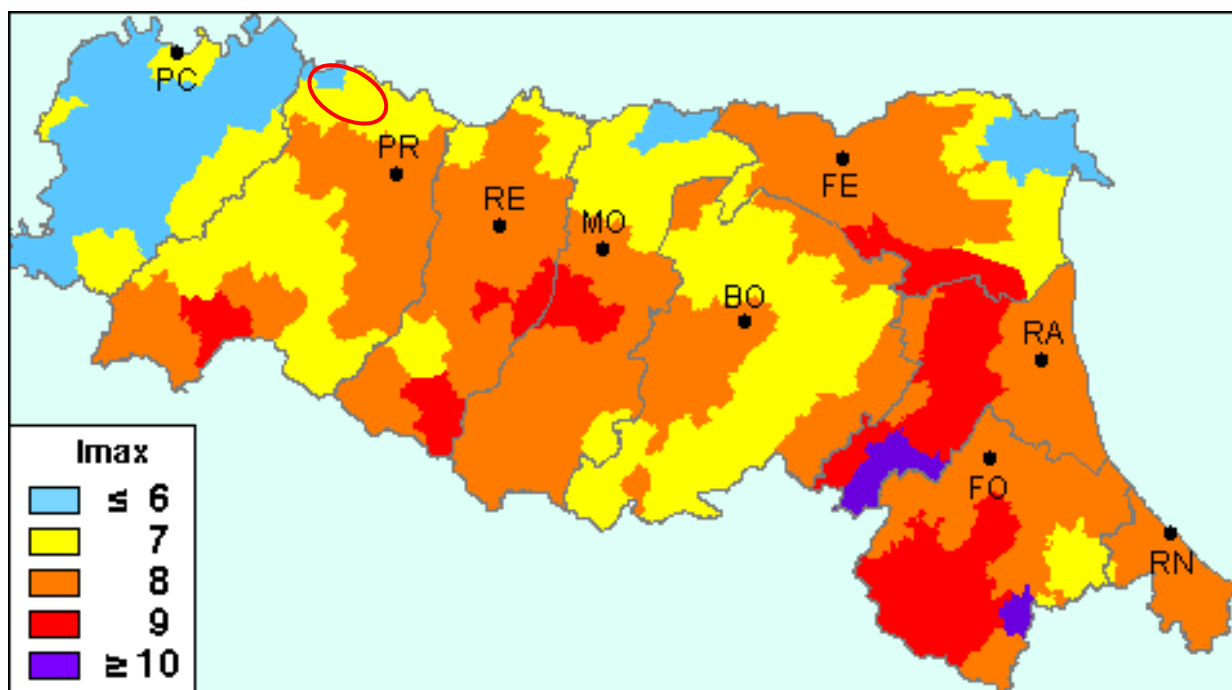



Fig. 1 - Carta della massima intensità macrosismica in Emilia Romagna

Volendo inquadrare la tematica a scala regionale, si può affermare che l'Emilia-Romagna è interessata da una sismicità rilevante, seppur relativamente meno forte di altre aree del territorio nazionale, con terremoti di magnitudo massima di poco superiore a 6 e che hanno causato effetti fino al IX÷X grado di intensità della scala MCS.

Come si nota dalla Fig. 2, in cui sono rappresentati gli epicentri dei principali terremoti ($M_w \geq 4$) che hanno interessato il territorio regionale negli ultimi 1000 anni, gli eventi sismici, soprattutto quelli più forti (indicativamente magnitudo maggiore di 5.5), si concentrano lungo il crinale appenninico, lungo il margine appenninico-padano e in alcuni settori della pianura, in corrispondenza del settore orientale delle Pieghe Emiliane e lungo tutta la dorsale ferrarese; mentre, i terremoti con magnitudo uguale o maggiore di 6 sono pressoché presenti solo in catena.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	7 di 49

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

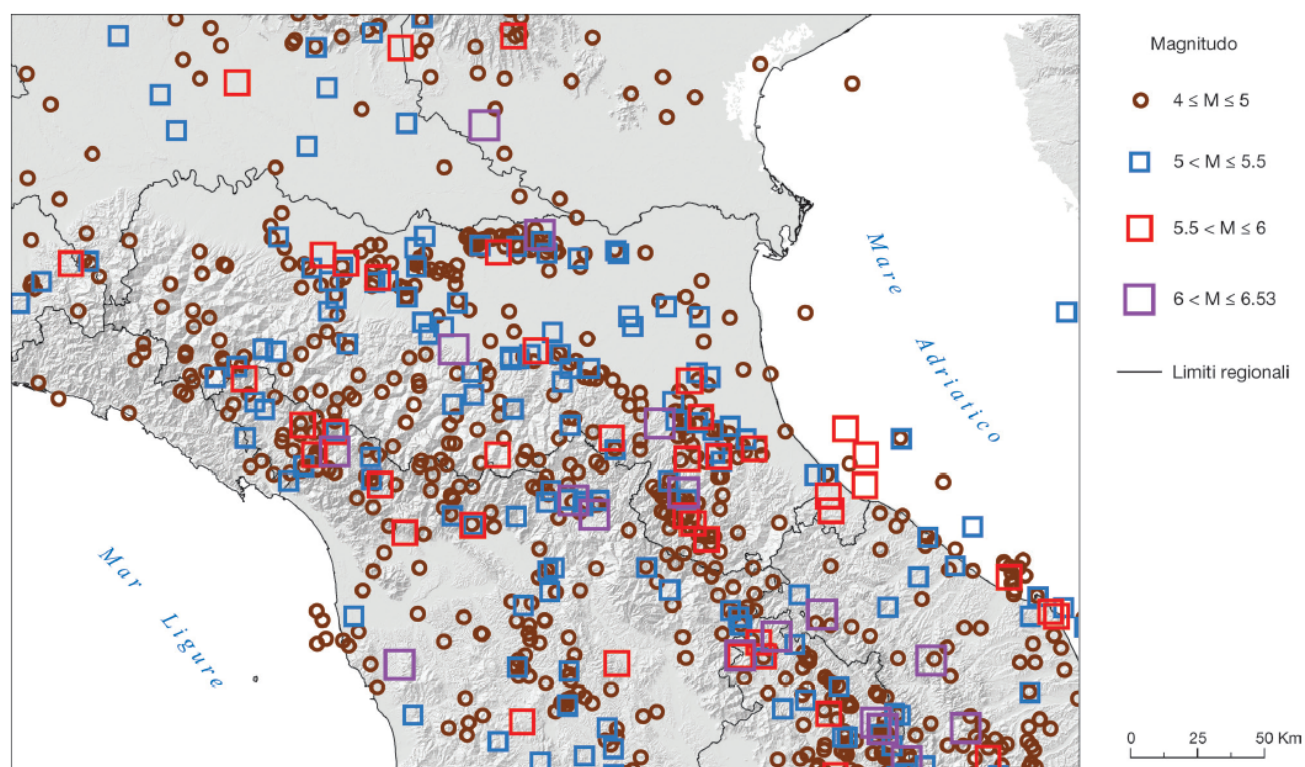



Fig. 2 – Epicentri dei principali terremoti ($M_w \geq 4$) che hanno interessato l’Emilia-Romagna dall’anno 1000 al 2014 (Rovida et al., 2016; ISIDe Working Group, 2015)

La zona del territorio regionale più frequentemente colpita da forti terremoti (magnitudo maggiore di 5.5) è la Romagna, in particolare la pianura meridionale, il settore appenninico e la costa.

L’intero settore appenninico della Regione, inoltre, ha risentito di forti terremoti avvenuti in aree sismogenetiche extraregionali, alcune delle quali capaci di generare terremoti di magnitudo superiore a 6. In particolare, i terremoti che hanno provocato i maggiori effetti lungo il crinale appenninico sono, da NW a SE, quelli della Garfagnana, del Mugello, della Val Tiberina e delle Marche settentrionali.

Altri settori della regione interessati da forti terremoti (magnitudo almeno uguale a 5.5) sono il margine appenninico-padano tra Bologna e Modena, la pianura tra Reggio Emilia e Parma e la zona di pianura in corrispondenza della dorsale sepolta delle Pieghe Ferraresi.

Le zone caratterizzate da minore sismicità, in termini di frequenza e magnitudo dei terremoti, sono il settore ad ovest della valle del Taro, la pianura emiliana occidentale e il delta del Po. Da notare, comunque, che anche nel settore occidentale della catena i terremoti più forti sono localizzati nella zona del margine e del basso Appennino.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	8 di 49

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

Oltre ai principali eventi sopra indicati, occorre tenere presente che la zona settentrionale della pianura emiliana ha risentito anche di alcuni forti terremoti originati dai fronti sud-alpini.

I dati strumentali, relativi ai terremoti dal 1981 in avanti (cfr. Fig. 3), indicano che in Regione la sismicità è per lo più superficiale, con profondità ipocentrali generalmente comprese tra 5 e 15 km e che i terremoti più profondi si concentrano soprattutto nella zona del margine appenninico-padano e del basso e medio Appennino emiliano-romagnolo.

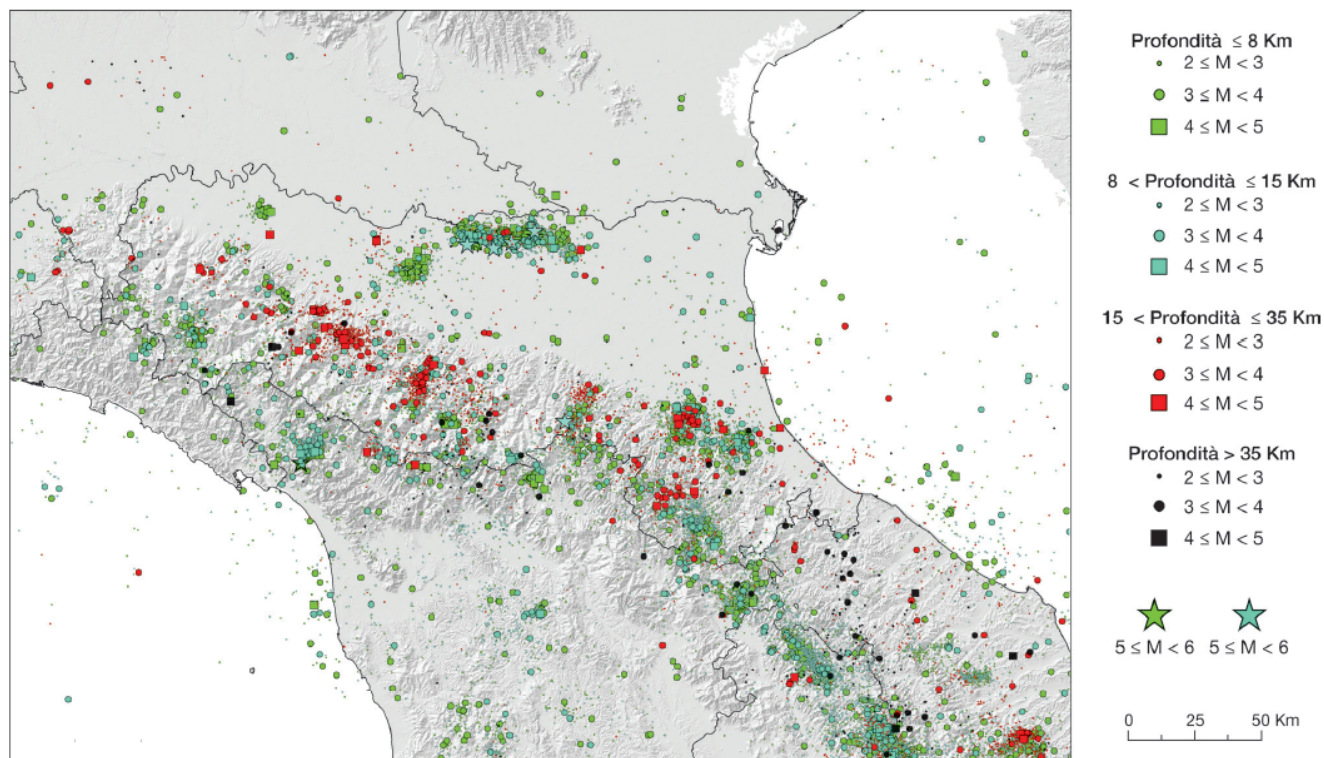



Fig. 3 - Mappa dei terremoti strumentali $M_w \geq 2$ (ISide Working Group, 2015)

2.2 Caratteristiche sismotettoniche

Per avere un quadro degli elementi che concorrono alla pericolosità sismica del territorio comunale di Polesine Zibello non si può non fare riferimento agli studi che la Regione Emilia-Romagna ha condotto, a partire dalla fine degli anni '90, principalmente, in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, e che, proprio quest'anno, hanno consentito di pubblicare la "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe".

Ai fini della realizzazione di tale cartografia, sono risultate fondamentali l'identificazione e la rappresentazione delle strutture tettoniche attive; dove, per strutture tettoniche attive, in questo caso, si intendono quelle che mostrano chiare evidenze di

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	9 di 49

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

influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o hanno deformato orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni, età attribuita al limite inferiore del Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore (*marker* stratigrafico più importante alla scala del territorio d'interesse; cfr. paragrafo 3.1).

Le strutture che presentano evidenze minori o meno certe di influenza sull'evoluzione morfologica del paesaggio attuale o di deformazione degli orizzonti stratigrafici non più antichi di 450.000 anni sono, invece, definite potenzialmente attive.

Inoltre, strutture attive e potenzialmente attive sono state suddivise in:


- affioranti, ovvero che hanno deformato la superficie topografica o, in pianura, hanno deformato la parte più superficiale del sottosuolo, vale a dire fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna;
- sepolte, ovvero che mostrano evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) ma a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo (≥ 100 m da p.c.).

Va chiarito, comunque, che le faglie attive rappresentate nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe" non vanno confuse con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica, ai sensi delle ICMS³, assenti nel territorio oggetto del presente studio.

In Fig. 4 è riportata una mappa delle principali strutture attive e potenzialmente attive che, nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe", sono rappresentate, per chiarezza d'illustrazione, in forma sintetica, tracciando le proiezioni in superficie delle intersezioni dei fronti principali delle strutture tettoniche con la base dei depositi pliocenici.

Dall'analisi delle profondità dei terremoti per i quali sono state calcolate soluzioni focali, si evince che i meccanismi di tipo estensionale sono frequenti soprattutto nei primi 15÷20 km della zona assiale della catena e del versante ligure-toscano, mentre i meccanismi inversi sono più frequenti nel settore padano-adriatico; in catena i meccanismi di tipo compressivo sono localizzati per lo più a profondità maggiori di 20 km; i meccanismi

³ Negli ICMS è considerata attiva una faglia che si è attivata almeno una volta negli ultimi 40.000 anni (parte alta del Pleistocene superiore-Olocene), ed è considerata capace una faglia attiva che raggiunge la superficie topografica, producendo una frattura/dislocazione del terreno. Questa definizione si riferisce al piano di rottura principale della faglia (piano su cui avviene la maggiore dislocazione).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	10 di 49

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

di tipo trascorrente sembrano più frequenti nella parte occidentale della Regione dove sono stati localizzati anche a profondità elevate.

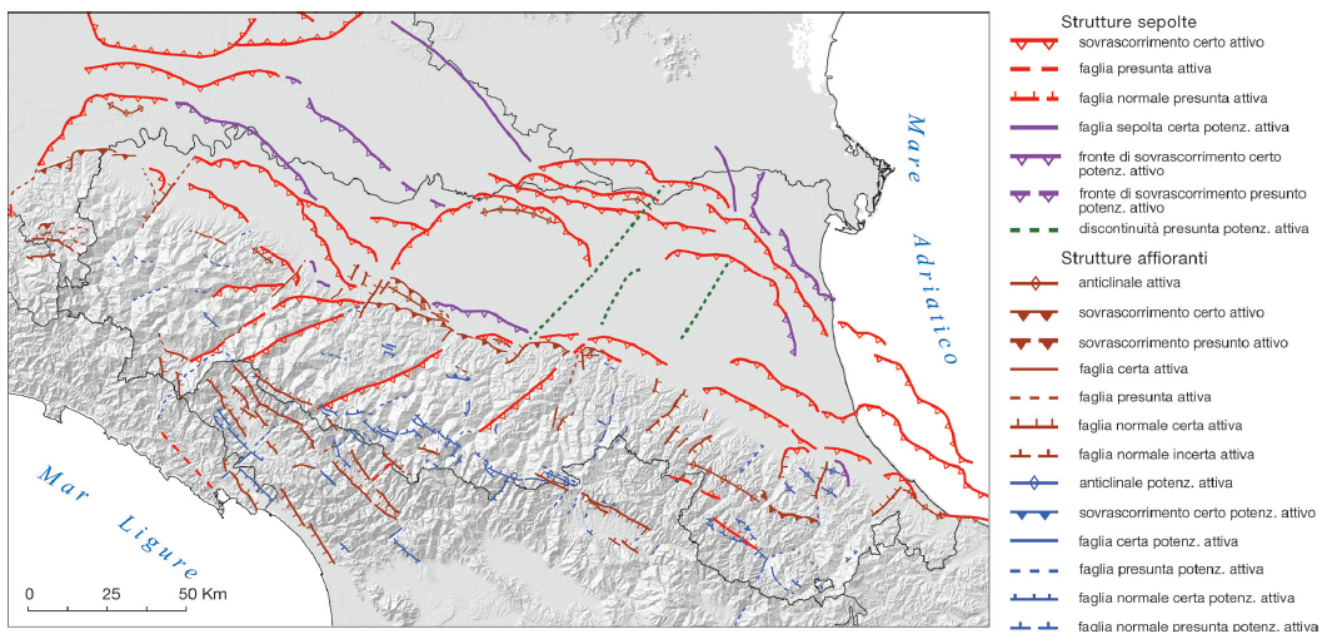



Fig. 4 - Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe"

La rappresentazione di sezioni con ipocentri ricadenti all'intorno di 10 km ha, invece, evidenziato una concentrazione degli ipocentri dei terremoti strumentali che definiscono un'ampia fascia, la quale, dalla zona padano-adriatica, immerge verso sud-ovest, mentre nel versante tirrenico i terremoti sembrano meno concentrati. In alcuni casi queste fasce sembrano essere la prosecuzione in profondità delle strutture attive riconosciute nei primi 10÷15 km; tali fasce potrebbero quindi identificare zone di faglia profonde attive e sismogenetiche.

In Fig. 5 è mostrato il confronto tra le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute nella "Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe" e le zone del catalogo DISS 3.2, il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana⁴.

A riguardo, è interessante osservare che il Comune di Polesine Zibello si trova ai margini di due sorgenti sismogenetiche composite individuate nel catalogo DISS 3.2:

⁴ Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	11 di 49

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

- a Sud la ITCS009 – Busseto-Cavriago, ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo pari a 5.6, con meccanismi di *thrust* ad una profondità compresa tra 2 e 8 km; *thrust* indicati come attivi (cfr. anche Fig. 6), nell’ultima cartografia sismotettonica, al pari degli altri fronti interni delle Pieghe Emiliane, limitati a ovest dalla struttura trasversale della val Trebbia e a est da quella della val d’Enza.
- A Ovest la ITCS044 Portalbera Cremona, ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo pari a 5.5, con meccanismi di *thrust* ad una profondità compresa tra 2 e 7 km; *thrust* indicati come potenzialmente attivi (cfr. anche Fig. 6), nell’ultima cartografia sismotettonica.

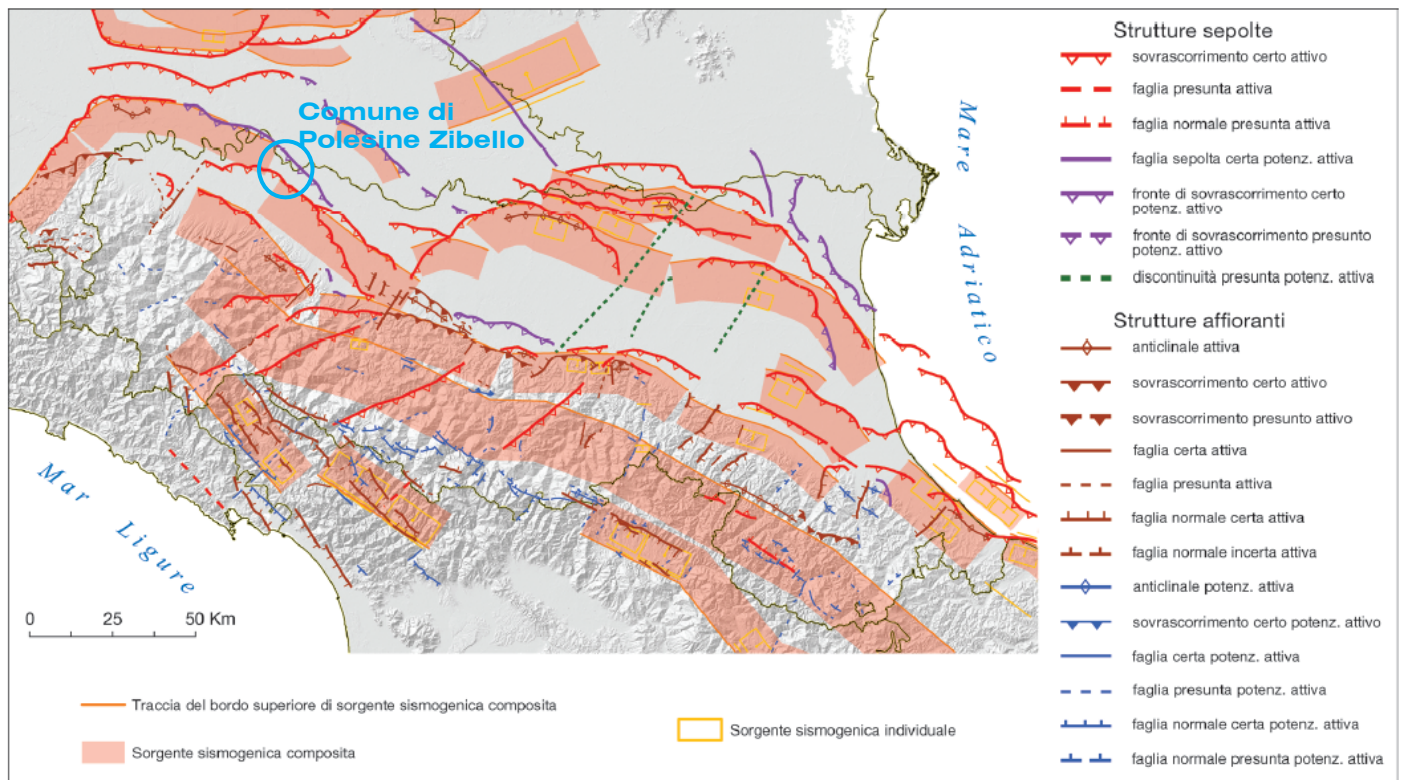



Fig. 5 - Mappa di confronto tra le strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riportate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” e le zone sismogenetiche del DISS 3.2

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	12 di 49

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

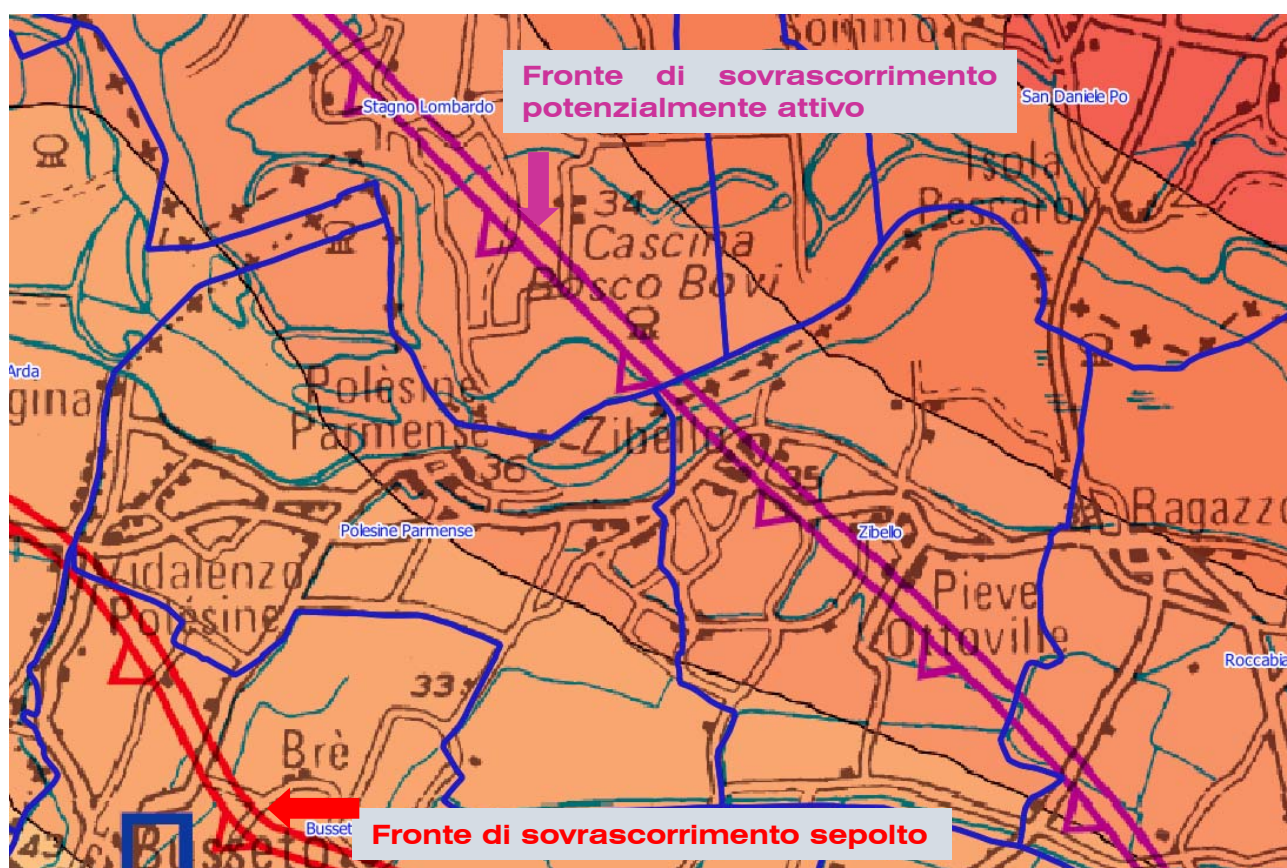


Fig. 6 - Stralcio della “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe”

Sulla base dei nuovi dati acquisiti per la realizzazione della “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” è stata proposta, da parte di Martelli *et alii* (2017), anche una nuova zonazione sismogenetica dell’Appennino emiliano-romagnolo e aree limitrofe, al fine di fornire un contributo per l’aggiornamento della mappa di pericolosità sismica nazionale: la MPS16, che andrà a sostituire la MPS04, che, con la zonazione sismogenetica ZS9, rappresenta l’attuale riferimento per il calcolo dell’azione sismica (NTC2008) e la riclassificazione sismica (OPCM 3519/2006).

Secondo questa nuova proposta, in Fig. 7 messa a confronto con le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute, il Comune di Polesine Zibello ricade in zona sismogenetica con meccanismi di rottura prevalentemente di tipo trascorrente (*strike slip fault*).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	13 di 49

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

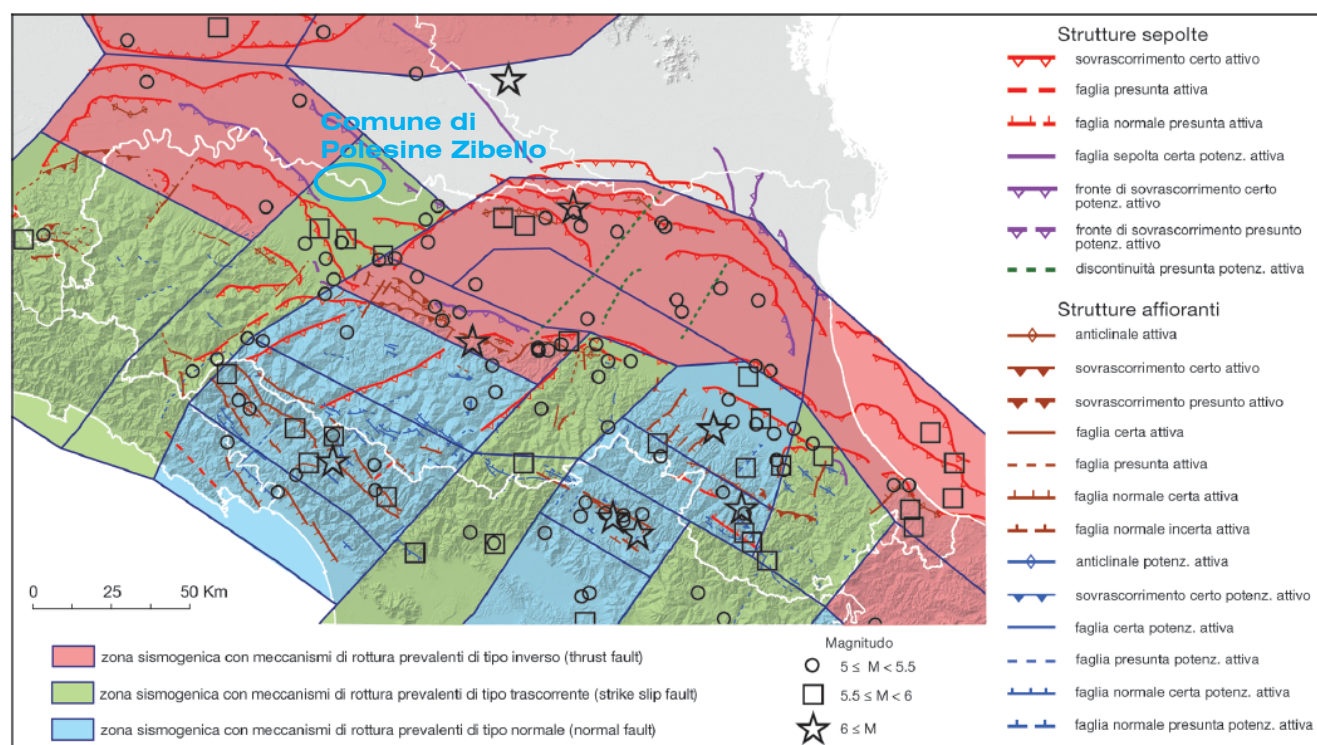



Fig. 7 – Mappa di confronto tra le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute e la zonazione sismogenetica proposta da Martelli et al. (2017)

Più in precisamente (cfr. Fig. 8), rientra nella Zona 2 Taro-Enza, contraddistinta dalle seguenti caratteristiche sismotettoniche

- *Orientazione delle principali faglie attive: NE-SW (S/45-60)*
- *Geometria principale delle faglie attive: trascorrente*
- *Geometria secondaria delle faglie attive: inversa*
- *Profondità ipocentrale stimata: 5-30 km*
- *Magnitudo massima osservata: 5.5*
- *Magnitudo massima calcolata: 5.71 +/- 0.29*

e che viene così descritta:

- *Zona estesa dal Mar Ligure (Liguria di Levante) al Po, caratterizzata dalla presenza di importanti elementi tettonici trasversali all'asse della catena, con componente di movimento trascorrente, che interrompono e dislocano le strutture "appenniniche". Le profondità ipocentrali sono talora elevate (>30 km), Lungo il margine appenninico e in corrispondenza del settore orientale delle Pieghe Emiliane si ritengono probabili sovrascorrimenti attivi. La direzione di compressione (assi P) è in ogni caso circa N-S. La magnitudo storica massima è $M \approx 5.7$. Corrisponde alla parte occidentale delle zone ZS9 913, 915 e 916; la parte settentrionale non era compresa in nessuna zona ZS9.*

 EN GEO s.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	14 di 49

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

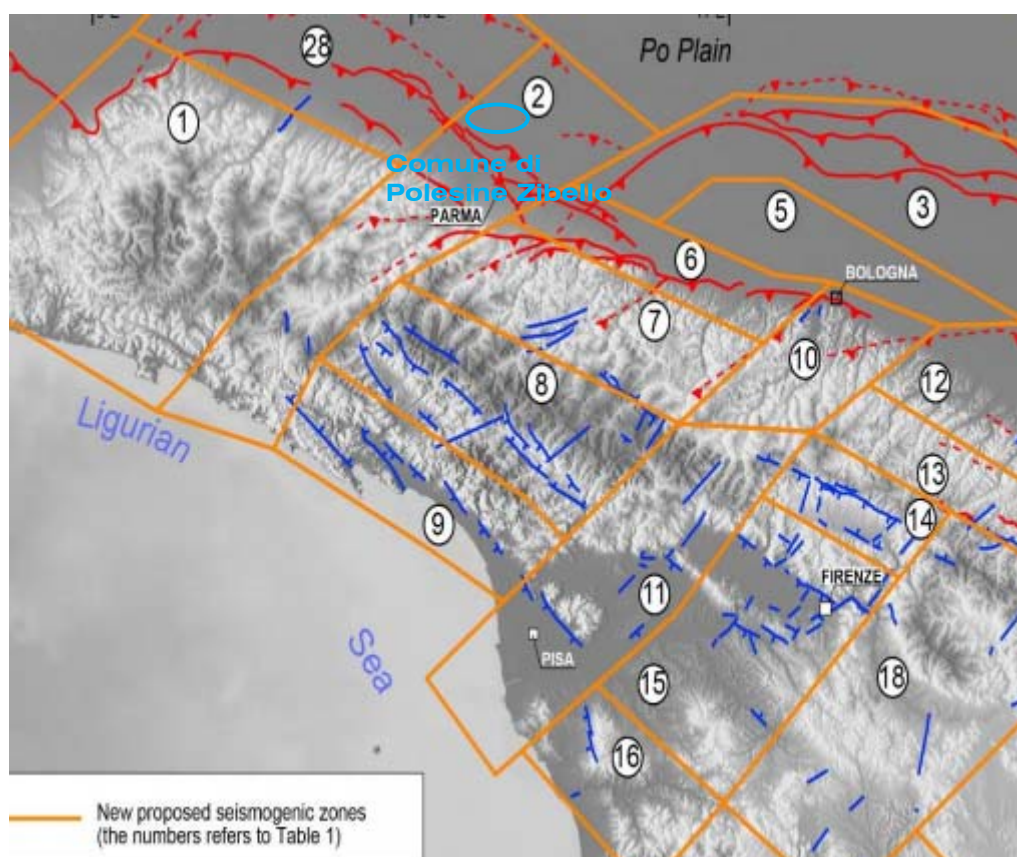



Fig. 8 -Zone sismogenetiche proposte da Martelli et al. (2017) e loro numerazione

Esaminando, infatti, la zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), di cui è riportato uno stralcio in Fig. 9, il Comune di Polesine Zibello è posto a nord della zona 913, denominata “Appennino Emiliano”.

Detta zona è contraddistinta da eventi sismici di magnitudo medio-bassa (la massima magnitudo rilevata è $M_d = 4,8$), originati da movimenti prevalentemente compressivi, a NW, e distensivi, a SE, con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che dissecano la continuità longitudinale delle strutture.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	15 di 49

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

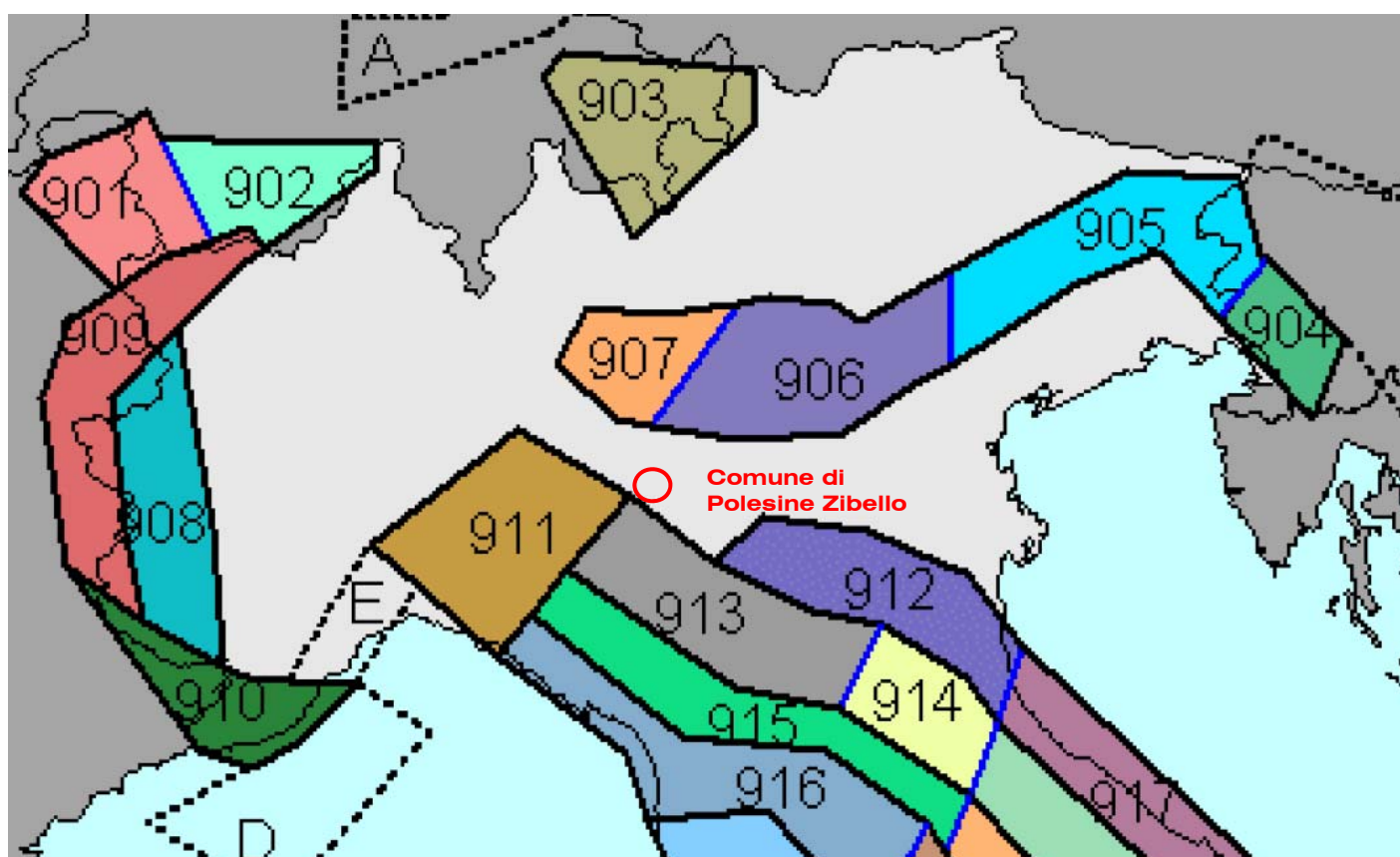


Fig. 9 - Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9 (2004)

Il maggior numero di terremoti che si verificano nella zona 913 presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km, con profondità efficace di 13 km.


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 del 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. 3), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	16 di 49

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

questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

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

Tab. 3 - Valori di accelerazione orizzontale associati a ciascuna zona sismica

La classificazione vigente identifica i cessati Comuni di Polesine e Zibello⁵ in zona 3 (Fig. 10), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), 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).

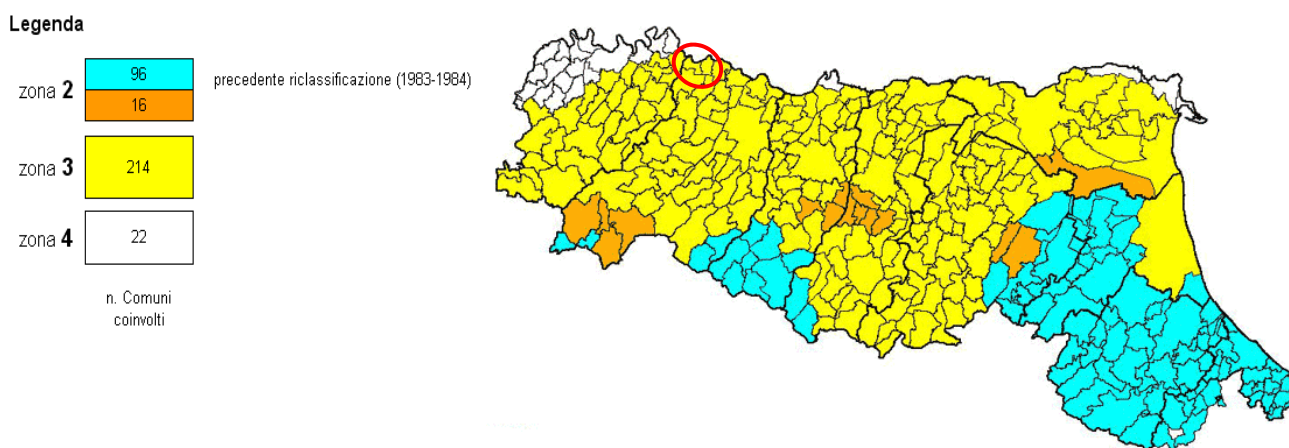



Fig. 10 - Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica in uno specifico sito⁶.

⁵ Cfr. nota 2

⁶ La recente approvazione delle NTC 2018 ha confermato tale impostazione, mantenendo in vigore gli allegati A e B delle NTC 2008, relativi alla pericolosità sismica.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	17 di 49

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

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per un suolo di riferimento.

L'elaborazione dei parametri della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale redatta da INGV (2004) e riportata nell'OPCM 3519 del 28/04/2006 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone", identifica, per il territorio comunale di Polesine Zibello, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra: $a_g = 0,075/0,125$ g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia - INGV. Fig. 11).

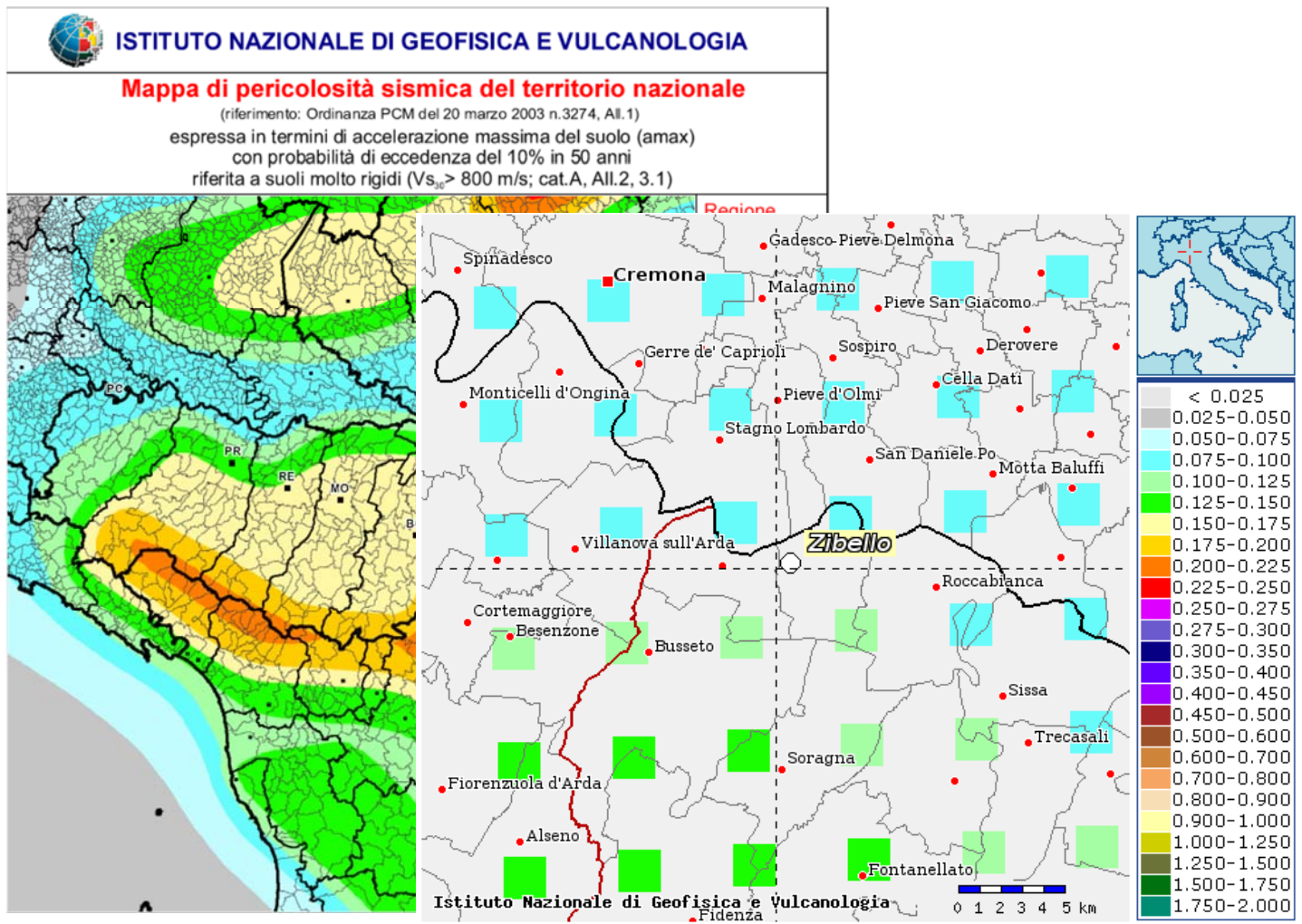



Fig. 11 - Stralcio della mappa di pericolosità sismica ripreso dal sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	18 di 49

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

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 Geologia

Il Comune di Polesine Zibello, dal punto di vista geologico, ricade nella pianura parmense, la quale, a sua volta, è compresa in quella emiliano-romagnola che costituisce il settore meridionale della pianura padana, la più grande pianura alluvionale d'Italia, edificata dai depositi del fiume Po e dei suoi affluenti.

Essa ha cominciato a formarsi nel Pleistocene medio, circa 500.000 anni fa, quando, a seguito del sollevamento in atto, il mare si è spostato dal margine appenninico, via via sempre più verso est, sino alla sua attuale posizione.

Il sottosuolo è contraddistinto da un forte accumulo di sedimenti alluvionali quaternari che appoggiano, con discontinuità a discordanza semplice, sul substrato di sedimenti marini del pliocene superiore e del pleistocene inferiore.

L'assetto di tale corpo sedimentario è il risultato dell'evoluzione deposizionale dei corsi d'acqua, legata sia alle variazioni climatiche pleistoceniche sia ai recenti movimenti tettonici della zona di margine, vale a dire di quella fascia interposta tra la Pianura s.l. in abbassamento e l'Appennino in sollevamento.


E' possibile riconoscere nella Pianura dell'Emilia-Romagna alcuni ambienti deposizionali: le conoidi alluvionali sono tipiche della zona pedeappenninica, ad esse fa seguito la piana alluvionale, che passa verso costa alla piana deltizia del fiume Po ed alla piana costiera.

I sedimenti di questi ambienti deposizionali sono costituiti prevalentemente da: ghiaie nelle conoidi alluvionali; sabbie, limi ed argille nella piana alluvionale; sabbie nella piana deltizia e costiera.

Nel sottosuolo i depositi della pianura costituiscono un cuneo che si allarga velocemente procedendo dal margine appenninico verso nord; lo spessore massimo di questi depositi arriva ad oltre 600 metri.

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.

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 dalle strutture anticlinali di Busseto e di Brè, che proseguono, verso SE, nelle strutture di Collecchio e Parma (cfr. Fig. 12), interessando anche gran parte

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	19 di 49

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

del territorio di Polesine Zibello, con sovrascorrimenti profondi post-tortoniani (cfr. Fig. 13), responsabili del fatto che tra il confine meridionale e quello settentrionale del Comune la base del Pliocene si approfondisce da circa 3000 a 6500 m rispetto al piano campagna.

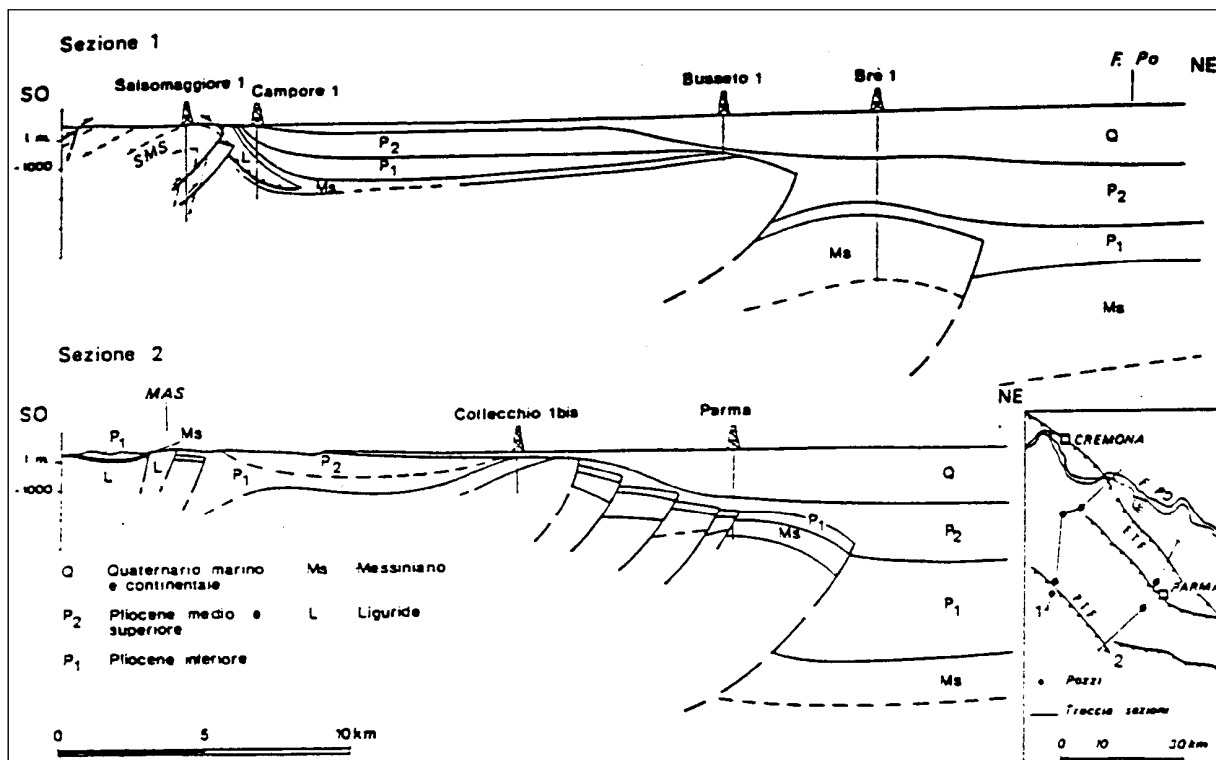



Fig. 12 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)



 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	20 di 49

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

Fig. 13 - Sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dell'E.T.F. nella zona di Polesine Zibello (da sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna)

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.

A scala padana la successione quaternaria ha un forte carattere regressivo con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali.

In conformità con quanto assunto dal Servizio Geologico e cartografico della Regione Emilia-Romagna, le unità stratigrafiche definite ed utilizzate nel presente studio rientrano nella classe delle Sequenze Deposizionali *sensu Mitchum et Al.* (1977).

Dal punto di vista gerarchico si distinguono due Sequenze Principali (Supersintemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

- Supersistema del Quaternario Marino, costituito da terreni parali e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene medio.
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP.


Attraverso lo studio dei profili sismici, delle analisi di facies dettagliata di sezioni affioranti e pozzi per la ricerca di idrocarburi, il Supersistema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in SD minori denominate, Sistema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

Queste due unità sono separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale, databile 450.000 anni BP.

Il Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore risulta, a sua volta, suddiviso in cinque subsintemi identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta, infatti, di depositi di conoide alluvionale, terrazzati, le cui ultime superfici deposizionali, ora relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano evoluzione pedostratigrafica differente.

Questi sono di seguito vengono elencati in ordine crescente di età:

- AES8 - Subsistema di Ravenna (che comprende l'unità di Modena)
- AES7 - Subsistema di Villa Verucchio (suddiviso nell'unità di Vignola e di Niviano)

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	21 di 49

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

- AES3 - Subsistema di Agazzano
- AES2 - Subsistema di Maiatico (suddiviso nell'unità di Fico Rosso e di Miano)
- AES1 - 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 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 gli stessi corsi d'acqua.

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 Polesine Zibello, i depositi superficiali appartengono al più recente dei subsistemi dell'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore: il Subsistema di Ravenna (Pleistocene superiore-Olocene) e, in particolare, all'unità di Modena, 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.

Il suo territorio, dal punto di vista litostratimetrico, con riferimento al primo sottosuolo, è caratterizzato dalla presenza del fiume Po che scorre lungo il confine nord. Infatti, nel settore più settentrionale dominano i sedimenti sabbiosi depositati da tale corso d'acqua (depositi di piana a mendri, mentre, verso sud, essi sono ricoperti da terreni di piana alluvionale a tessitura fine o finissima (argille e limi prevalenti, di piana inondabile) a cui si intercalano rare lenti sabbiose di modesto spessore (depositi di argine, canale e rotta fluviale).

La pianura emiliano-romagnola è caratterizzata da due direzioni di progradazione: la prima, assiale, est-vergente, originata dal fiume Po; la seconda, trasversale, nordest-vergente, originata dai sistemi di alimentazione appenninica.

Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:


- pianura pedemontana ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale ad alimentazione appenninica
- pianura alluvionale di alimentazione assiale (paleo Po)
- pianura alluvionale di alimentazione mista

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	22 di 49

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

Il territorio del Comune di Polesine Zibello ricade all'interno del sistema deposizionale pianura alluvionale ad alimentazione mista.

Relativamente ai depositi più profondi risulta interessante esaminare la sezione raffigurata in Fig. 14, la cui traccia è riportata in Fig. 15, stralcio della Sezione 32 tratta dal sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	23 di 49

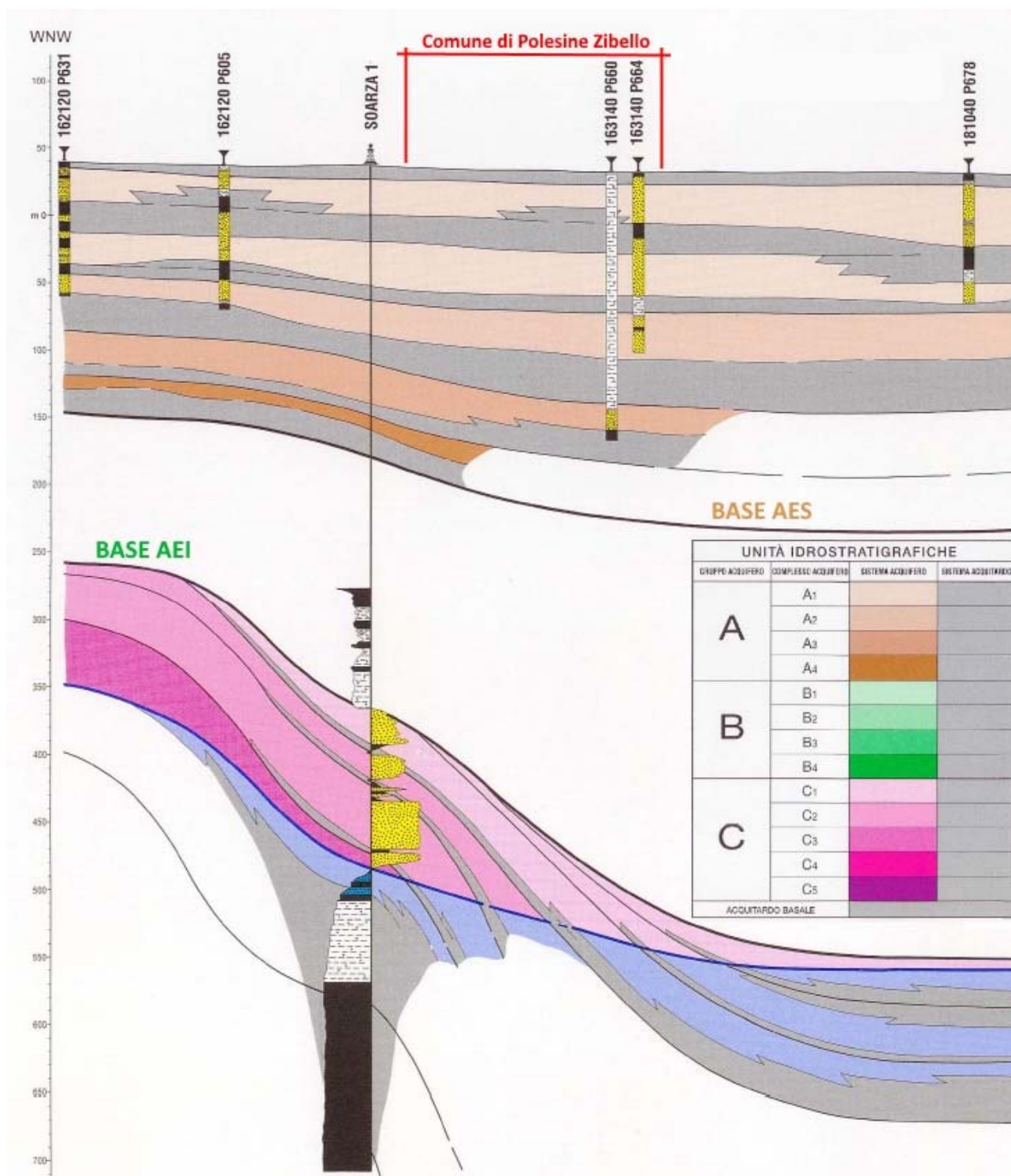


Fig. 14 - Stralcio della Sezione 32 tratta dal sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna

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




Fig. 15 - Traccia della Sezione 32 (da sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna) in Comune di Polesine Zibello

In tale sezione, che attraversa il settore settentrionale del Comune, relativamente alle due più importanti superfici di discontinuità, si osserva che il passaggio tra l' AES e l' AEI si ha a 220÷260 m da p.c., mentre, per incontrare il Supersistema Quaternario Marino, bisogna approfondire, tra i 400 e i 600 m da p.c.

Va, comunque, precisato che si tratta di un modello stratigrafico leggermente differente rispetto a quello raffigurato nell'Elaborato cartografico "Dati del Sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale", facente parte del Quadro Conoscitivo del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P.) di Parma, tramite curve di ugual quota. Infatti queste rappresentano, sempre, degli approfondimenti da SW verso NE, con base dell' AES che passa all'incirca dai 140 ai 250 m da p.c., mentre, il tetto dei depositi marini varia, nella stessa direzione e verso, da quasi 200 a oltre 500 m da p.c.

3.2 Geomorfologia

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio del Comune di Polesine Zibello, sono riconducibili essenzialmente alla dinamica fluviale del periodo

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	25 di 49

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

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.

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, inferiore allo 0,1%.

Le quote del piano campagna variano da 37.9 a 31.6 m s.l.m.

Le aree di pertinenza di corsi d'acqua (in particolare del fiume Po) 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 gran parte delle asperità del terreno.

Le superfici del suolo conservano tuttavia, anche se in forma relittuale, ancora le tipiche geometrie dell'ambiente fluviale, quali le tracce di antichi percorsi fluviali.

A riguardo, in Comune di Polesine Zibello sono presenti vari dossi, corpi deposizionali allungati e morfologicamente rilevati sulla pianura circostante: il più importante è l'esteso dosso fluviale, a direttrice SSW-NNE, che collega gli abitati di Busseto e Polesine; mentre, dossi minori interessano l'estremità occidentale del Comune, in corrispondenza dell'abitato di Vidalenzo, e quella orientale, presso la località Crociletto.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	26 di 49

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

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati elaborati in questa sede derivano:

- dal database del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna;
- dalla raccolta ed elaborazione di quanto disponibile presso l'Ufficio Tecnico Comunale;
- da un'apposita campagna d'indagini, attuata allo scopo di completare ed arricchire adeguatamente la conoscenza della specifica situazione locale.

Delle 129 indagini geotecniche e geofisiche acquisite (sondaggi, penetrometrie e prove geofisiche), 82 provengono dall'archivio del Comune di Polesine Zibello e da quello del Servizio Geologico Regionale, mentre le restanti 47 derivano da prove in sito effettuate nell'ambito della presente indagine.

In particolare, ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita la seguente campagna di indagine:

- N° 5 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)
- N° 2 prove penetrometriche statiche con piezocono e cono sismico (SCPTU)
- N° 40 stazioni di microtremore a stazione singola (HVSr)

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

Tutti i dati sono stati inoltre trasformati in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS e sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto delle specifiche tecniche di riferimento.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	27 di 49

<i>PROGETTO</i>		<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI POLESINE ZIBELLO 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 Polesine Zibello, 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 del territorio 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.

Nel complesso, considerando i dati raccolti, la fascia di pianura in cui ricade il Comune di Polesine Zibello, è caratterizzata dalla presenza di una coltre superficiale di depositi prevalentemente fini (limi e argille), poggianti, a profondità normalmente comprese tra 2 e 4 m, ma che, in alcune zone, scompaiono completamente, su orizzonti dapprima limoso sabbiosi e successivamente francamente sabbiosi (a profondità comprese tra 5 e 10 m). Queste ultime presentano spessore pluri-decametrico e sono attribuibili alla sedimentazione operata dal fiume Po.

A fronte di tale assetto litostratimetrico, le indagini tomografiche effettuate sono sempre state interpretate individuando, nelle curve H/V, dei picchi proprio dove le indagini geognostiche indicavano il passaggio tra i depositi coesivi e quelli granulari.

Va, però, precisato che questo tipo di interpretazione è piuttosto complesso all'interno delle sabbie, che in genere presentano Vs poco più elevate di quelle misurate nei terreni a tessitura fine; ciò può aver determinato sovrastime nell'individuazione delle Vs.

Inoltre, la presenza di contrasti di impedenza relativamente superficiali può aver mascherato superfici d'impedenza più profonde, condizionando la definizione del substrato sismico.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	28 di 49

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

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 geognostiche e sismiche.

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

A riguardo nel database, per ciascuna prova, è riportato il grafico rapporto spettrale H/V naturale con curva H/V sintetica, in cui si possono osservare picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze (cfr. Fig. 16).

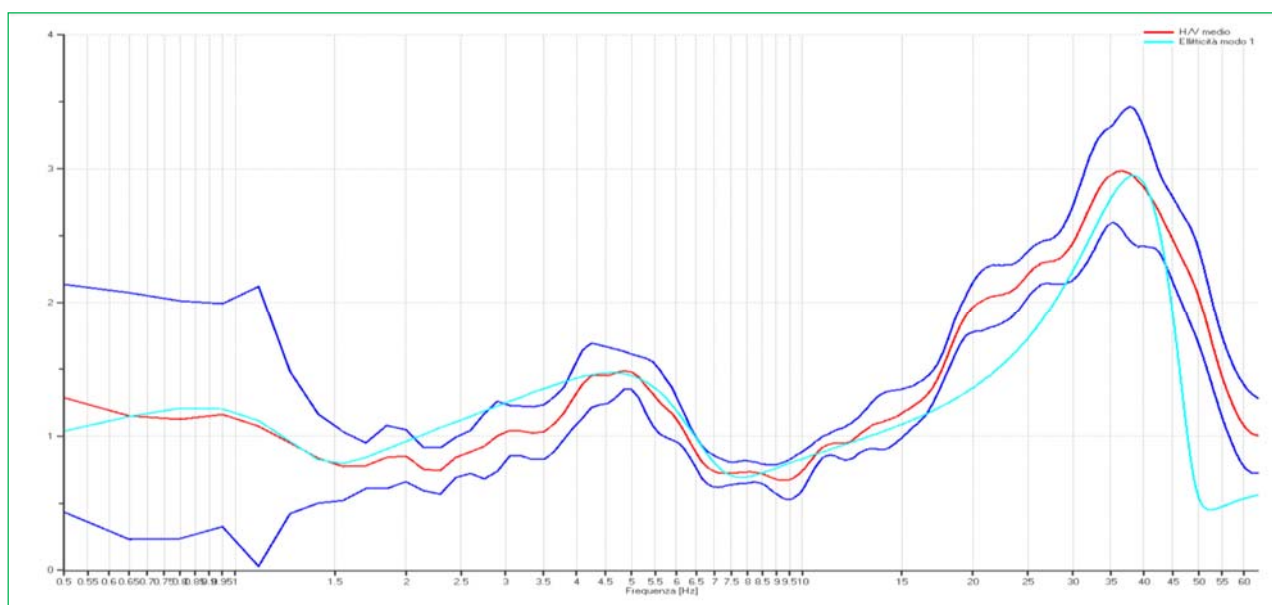



Fig. 16 - Esempio di curva H/V naturale con curva H/V sintetica

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

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. 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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	29 di 49

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

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 risultano talora non soddisfatti, ma i segnali sono comunque interpretabili, poiché, sempre ai sensi delle stesse linee guida, corrispondono sempre a picchi di origine stratigrafica.

Va, infine, segnalato che in numerosissime prove HVSR registrate nel territorio comunale, anche a distanze tra loro significative, sono presenti importanti anomalie elettromagnetiche di origine ignota (Fig. 17), a frequenze assolutamente fisse (tra 4 e 5 Hz e, meno frequentemente tra 8 e 9 Hz) tanto più evidenti quanto meno "energetico" era il segnale registrato.

Ovviamente tali interferenze sono state ignorate in fase di interpretazione.

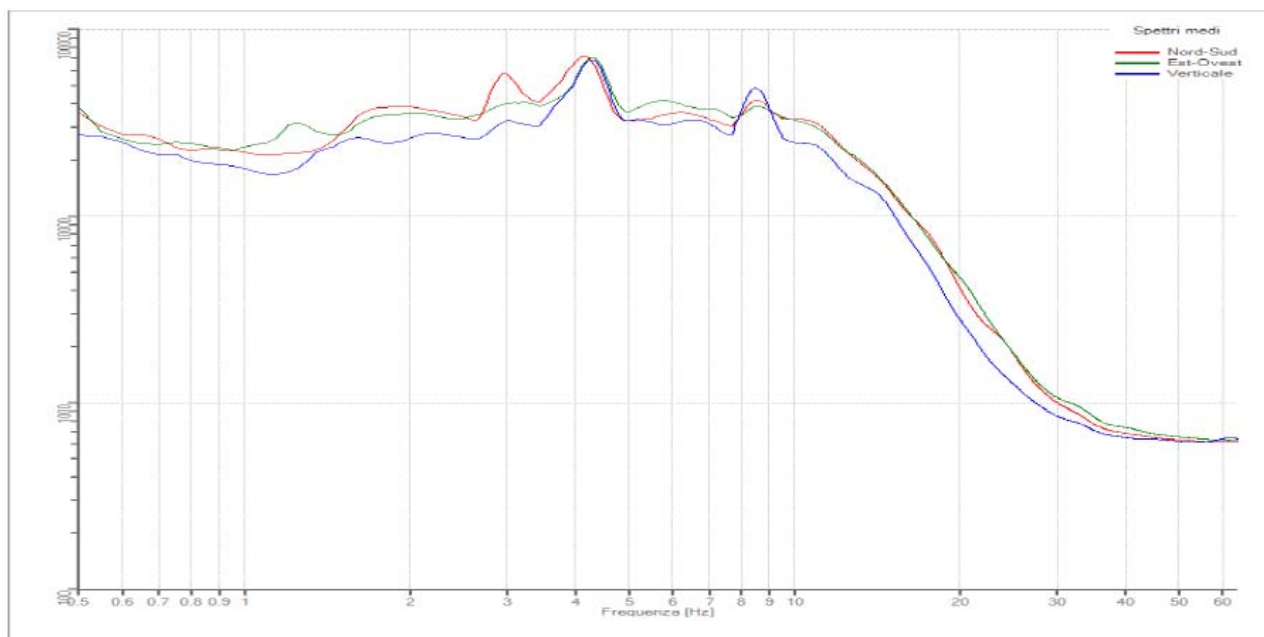



Fig. 17 - Spettri delle singole componenti con evidenti anomalie magnetiche

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	30 di 49

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

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

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

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

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carta 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;
- **Carta geologico-tecnica:** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** tale carta riporta i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1). In entrambi i casi sono stati presi in considerazione solo i picchi ricadenti nell'intervallo di frequenza $0,1 \div 20$ Hz;
- **Carta 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; sono state, inoltre, identificate delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.

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.


In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** carte in sono ubicati tutti i punti di misura di V_s con indicazione, per ogni punto misura, del valore di V_{s30} .

	<i>Elaborato</i>	<i>Data</i>	<i>Agg.</i>	<i>Pag.</i>
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	31 di 49

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

- **Carte di microzonazione sismica:** carte in cui sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame, ovvero:
 - Carta di microzonazione sismica FA_{PGA}
 - Carta di microzonazione sismica $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$
 - Carta di microzonazione sismica $FA_{IS\ 0,5 - 1,0\ s}$
 - Carta di microzonazione sismica $FA_{IS\ 0,5 - 1,5\ s}$

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	32 di 49

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

8. ELABORATI CARTOGRAFICI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO

8.1 Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini, alla scala 1:10.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o 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:

- Trincea o pozzetto esplorativo
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
- prova penetrometrica statica con piezocono e cono sismico (SCPTU)
- prova penetrometrica dinamica media
- stazione microtremore a stazione singola
- MASW

come raffigurato nella legenda riportata in Fig. 18.

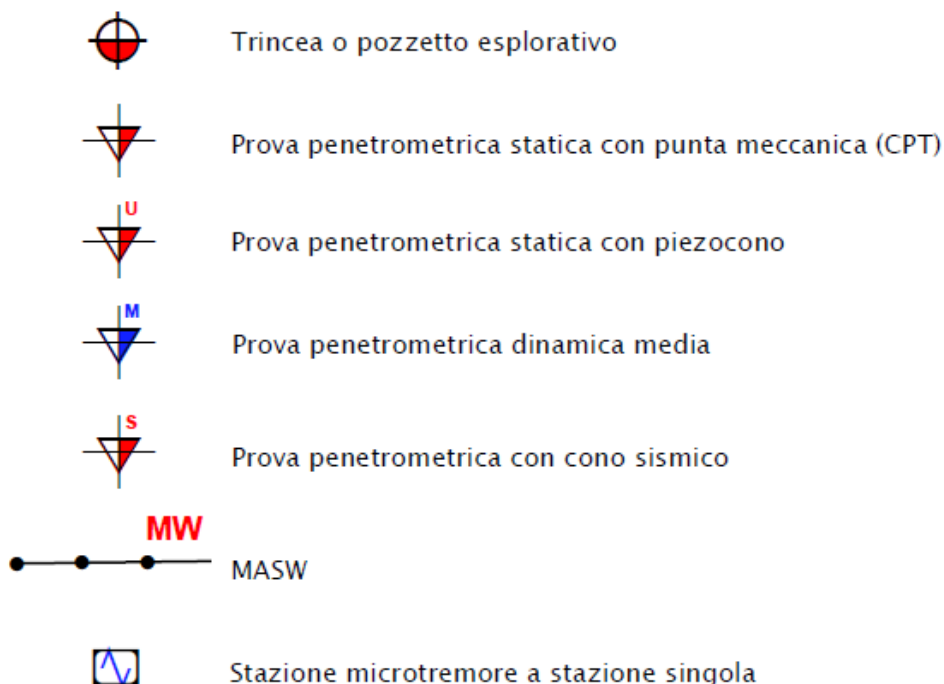



Fig. 18 - Legenda delle Carte delle indagini

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	33 di 49

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

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

Complessivamente, presso l'Ufficio Tecnico Comunale, sono state acquisite le seguenti indagini:

- N° 65 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 3 prove penetrometriche dinamiche medie
- N° 10 stazioni di microtremore a stazione singola
- N° 3 MASW
- N° 1 pozzetto esplorativo

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da:

- N° 5 prove penetrometriche statiche con piezocono (CPTU)
- N° 2 prove penetrometriche statiche con piezocono e cono sismico (SCPTU)
- N° 40 stazioni di microtremore a stazione singola (HVSr)


8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica

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

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 della Carta geologico tecnica, si è fatto riferimento, in particolare, alla seguente documentazione, opportunamente verificata mediante sopralluoghi di campagna:

- Quadro Conoscitivo della Variante Generale al Piano Infra-regionale delle Attività Estrattive della Provincia di Parma approvata con atto di C.P. n. 117 del 21.12.2008;
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Variante in adeguamento alla L.R. 19/2008 “ Norme per la riduzione del rischio sismico” approvata con atto di C.P. n. 23 del 17.04.2013;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1:50.000, Foglio 181 “Parma Nord” realizzato secondo le normative del Progetto CARG;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	34 di 49

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

- Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (8.1).

Dall'esame dei dati disponibili, si osserva che il territorio indagato, in estrema sintesi, presenta le seguenti caratteristiche:

- il primo sottosuolo, fino a profondità normalmente comprese tra 2 e 4 m da p.c., ma localmente tale strato è assente, è caratterizzato, dalla presenza di una coltre superficiale di depositi prevalentemente fini (limi e argille);
- sotto i depositi fini, o talora direttamente in superficie, sono presenti depositi limoso sabbiosi, talora sabbioso limosi, in fitte alternanze lentiformi, fino ad una profondità di 5 - 10 m da piano campagna. Tali depositi sono prevalenti, fin dalla superficie, nell'area golenale del Po.
- Oltre tale profondità sono presenti i depositi sabbiosi del Fiume Po, che dalle pochissime stratigrafie profonde riscontrate raggiungono i 40 m circa di profondità.
- Un secondo banco sabbioso è presente da circa 50 m fino a 90 m di profondità, intervallato dal precedente da una lente argillosa.

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

- **SM** - *Sabbie limose, miscela di sabbia e limo*: sono dovute alla deposizione, in ambiente di canale, da parte del fiume Po e sono state cartografate sia all'interno della golenale dello stesso corso d'acqua.
- **ML** - *Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi*: interessano la porzione più ampia del territorio comunale, all'interno della quale ricadono, quasi completamente, tutte le aree oggetto della presente microzonazione. Sono il risultato di una deposizione in ambiente di piana inondabile.
- **CL** - *Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille limose*: si tratta di depositi, sempre di piana inondabile, che interessano la porzione sud orientale del Comune.

Sono stati altresì indicati gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura distinguendo:

- **pi** - piana inondabile;

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	35 di 49

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

- **es** –canale.

Quali forme di superficie sono stati raffigurati alcuni assi di paleoalvei; mentre, gli unici elementi strutturali che si sono potuti rappresentare sono 2 faglie inverse non attive, incerte, presenti all'estremità sud-orientale del Comune (a riguardo va chiarito che gli SRAI non consentono di riportare i sovrascorrimenti indicati di Fig. 6 di pag. 13, non trattandosi di faglie capaci).

Infine, nella Carta geologico-tecnica sono stati raffigurati alcuni pozzi, indicando i valori di soggiacenza della falda freatica, necessari alla successiva definizione delle zone potenzialmente instabili per fenomeni liquefazione.

Tali dati evidenziano che i depositi sabbiosi risultano sempre in falda.

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

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

In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura (42), 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:

- $F_0 \leq 0,6$ Hz
- $0,6 \text{ Hz} < F_0 \leq 1$ Hz
- $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$ Hz
- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 8$ Hz
- $F_0 > 8$ Hz

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un contrasto di impedenza elevato (ampiezza picco $HVSR \geq 3$), moderato (ampiezza picco $2 \leq HVSR < 3$), basso (ampiezza picco $1,5 \leq HVSR < 2$) o non significativo (ampiezza picco $H/V \leq 1,5$).

Quando presente è stata indicata anche la frequenza del picco secondario.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	36 di 49

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



Fig. 19 – Stralcio della legenda della Carta delle frequenze

Dalla lettura della Carta delle frequenze naturali dei terreni, si osserva che, in Comune di Polesine Zibello, sono individuabili due distinte classi di frequenza (Fig. 20):

- La prima è compresa tra 1 e 2 Hz circa, con qualche punto fino a 4 Hz, ed identifica un contrasto di impedenza relativamente profondo, anche se, sicuramente, ancora non il bedrock sismico.
- la seconda, compresa tra 13 e 20 Hz, identifica, invece un contrasto più superficiale, in genere associato al passaggio dai depositi coesivi più superficiale a quelli sabbiosi a profondità comprese tra 2 e 5/7 m.

Va rilevato che l'ampiezza del rapporto H/V è sempre molto modesta, compresa tra 1.5 e 2, raramente 2.5. indicando che la differenza di velocità tra i diversi depositi è abbastanza modesta.

Il grafico di Fig. 20, inoltre, evidenzia che in quasi tutte le prove esistono i due contrasti di impedenza sopra indicati, e con ampiezze molto vicine tra loro.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	37 di 49

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

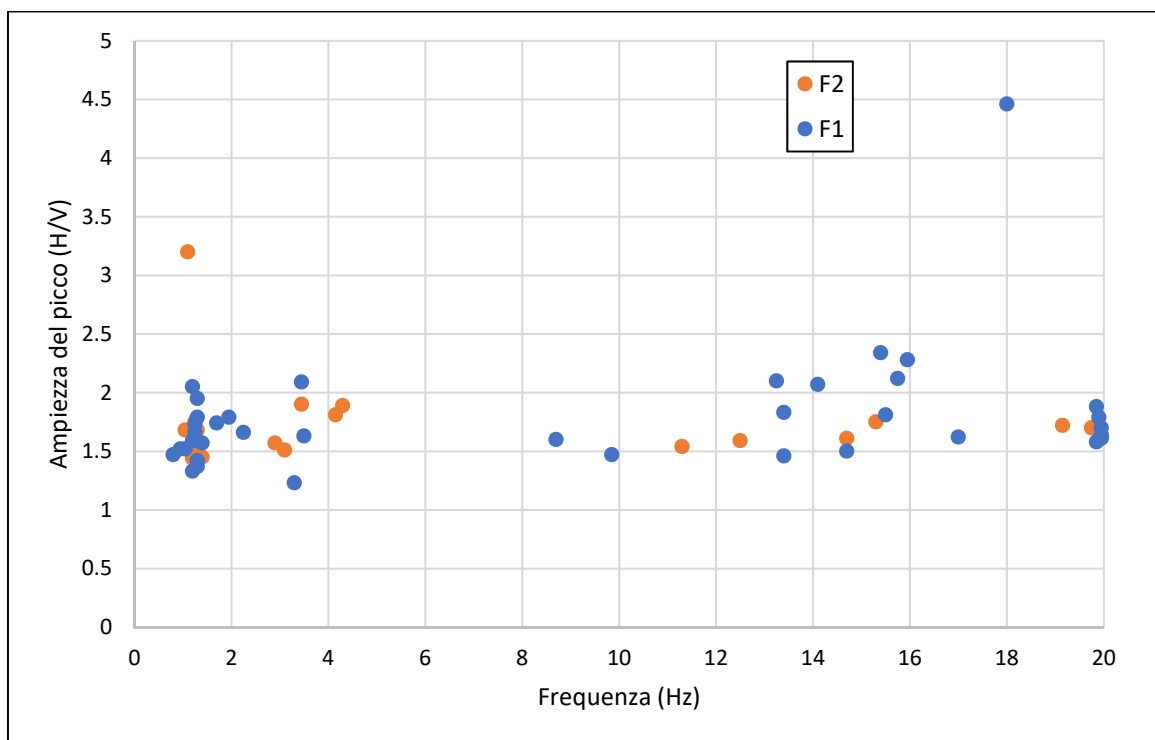


Fig. 20 - Classi di frequenza principali e secondarie

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica


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

Dalla lettura della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, tutte le aree esaminate in Comune di Polesine Zibello rientrano nella categoria:

- **zone di attenzione per 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 liquefazioni e densificazione.

Come si può osservare nella legenda riportata in Fig. 21, sono state individuate:

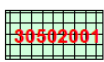
- N° 3 TIPOLOGIE DI ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ
 - **ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 1**, caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, di spessore pari a 2÷4 m che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono fino a -5 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute almeno fino a 20 m di profondità.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	38 di 49

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

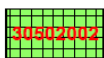
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 1, caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, di spessore pari a 2÷4 m che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono fino a -5 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute almeno fino a 20 m di profondità.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 2, caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, di spessore pari a 2÷4 m che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono fino a -5÷-10 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute almeno fino a 20 m di profondità.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 3, caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi limosi e limoso-sabbiosi di spessore pari a 0÷3 m che ricoprono sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute almeno fino a 20 m di profondità.

Zone di attenzione per l'instabilità



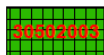
ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 1

successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2÷4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -5,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c.



ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 2

successione stratigrafica costituita da depositi argilloso limosi di spessore pari a 2÷4 metri che ricoprono limi sabbiosi e sabbie limose che si estendono sino a -7,00÷-10,00 m da p.c., seguiti da sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c.




ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni – Zona 3

successione stratigrafica costituita da depositi limosi e limoso-sabbiosi di spessore pari a 0÷3 metri che ricoprono sabbie e sabbie ghiaiose rinvenute sino ad almeno -20,00 m da p.c.

Fig. 21 – Legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

In Fig. 22 sono rappresentati i profili stratigrafici caratteristici delle microzone sopradescritte.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	39 di 49

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

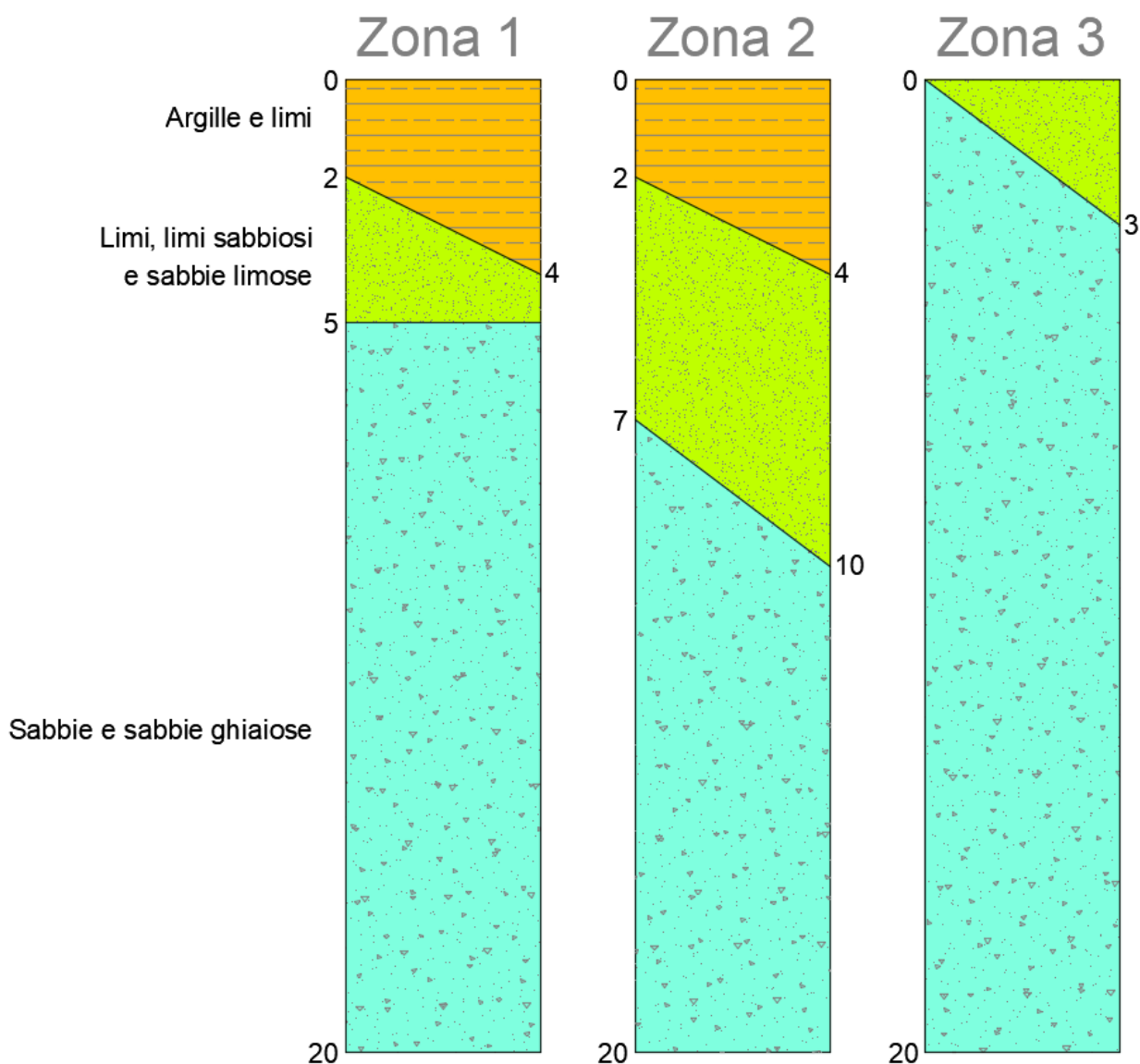



Fig. 22 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, è stata redatta una Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) avente per oggetto le aree da microzonare.

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tomografica, MASW o cono sismico) e indicando il corrispondente valore di V_{s30} (in m/s), dove:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	40 di 49

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

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

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).

A riguardo, va chiarito che si è utilizzata sempre la $V_{S_{30}}$, in quanto, indipendentemente dall'interpretazione delle prove tomografiche, è presumibile che il contrasto di velocità più significativo si rinvenga a una profondità superiore a 50 m

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire dei valori di $V_{S_{30}}$ da assumere per ciascuna MOPS, definita nel paragrafo 8.4, e che sono serviti per calcolare i fattori di amplificazione sismica nel successivo paragrafo 8.6.

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 periodo.

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.

 EN GEO S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	41 di 49

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

Nello specifico, sulla base delle caratteristiche descritte nei capitoli precedenti si è scelto di utilizzare esclusivamente la Tabella PIANURA 2, proposta dagli indirizzi regionali (cfr. aggiornamento del settembre 2015):

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

Tab. 4 - Tabella utilizzata per la stima dei F.A.


Il calcolo dei singoli fattori di amplificazione è stato effettuato considerando la profondità del substrato già definita, per ciascuna microzona, nel paragrafo 8.4; mentre, per quanto concerne le velocità, sono stati assunti i valori indicati nel paragrafo 8.5.

Conseguentemente, per gli areali oggetto di microzonazione sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella (Tab. 5):

Area	F.A. PGA	F.A. SI1	F.A. SI2	F.A. SI3
Pieveottoville Nord	1.6	1.8	2.4	2.5
Ardola	1.6	1.8	2.4	2.5
Ongina	1.6	1.8	2.4	2.5
Santa Croce	1.6	1.8	2.4	2.5
Zona artigianale zibello Nord	1.7	1.9	2.7	2.9
Stradazza	1.7	1.9	2.7	2.9
Area artigianale Cascina Boschetto	1.7	1.9	2.7	2.9
Varana	1.7	1.9	2.7	2.9
Guassone	1.7	1.9	2.7	2.9
Zibello	1.7	2	3	3.3
Vidalenzo	1.7	2	3	3.3
Polesine	1.7	2	3	3.3
La Motta	1.7	2	3	3.3
Zona artigianale Zibello Sud	1.7	2	3	3.3
Pieveottoville sud	1.7	2	3	3.3

Tab. 5 - Valori dei fattori di amplificazione sismica

I fattori di amplificazione, calcolati come sopradescritto, sono stati rappresentati nelle relative carte, effettuando gli accorpamenti indicati dagli SRAI e riportati nella seguente figura.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	42 di 49

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








	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5

Fig. 23 - Legenda adottata per l'accorpamento dei fattori di amplificazione nelle zone suscettibili di amplificazioni locali


Come detto, tutto il comune è interessato da zone di attenzione per liquefazione, per le quali sono richiesti approfondimenti di terzo livello, pertanto sono state cartografate contrassegnandole con l'apposito retino, ma con colore di fondo dato dall'amplificazione calcolata con gli abachi.

8.7 Commenti finali e criticità

Innanzitutto, va precisato che il presente studio ha un 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, soprattutto, negli indirizzi regionali, recentemente modificati.

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 non è sempre facile, soprattutto nella porzione di territorio poiché non sono presenti elevati contrasti

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	43 di 49

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

d'impedenza, visto che la differenza di velocità V_s tra i depositi coesivi e quelli sabbiosi non è elevata.

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


Si è così evidenziato, come aspetto più significativo, che tutte le zone indagate presentano fattori di amplificazione in termini di Intensità di *Housner* (S_i/S_{i0}) crescenti in relazione all'intervallo di frequenza considerato e, in generale abbastanza costanti in tutto il territorio comunale.

Si rivela, infatti, che per la carta di microzonazione relativa a S_{I1} (intervallo 0.1-0.5 s) presenta fattori di amplificazione compresi tra 1.7 e 2.0, la carta relativa a S_{I2} (intervallo 0.5-1.0 s) presenta F.A. compresi tra 2.3 e 3.0, mentre l'intervallo S_{I3} (0.5-1.5 s) presenta F.A. compresi tra 2.5 e 3.5

A fronte delle sopradescritte criticità, si raccomanda che, in fase progettuale, si tenga conto delle indicazioni di pericolosità fornite, e, nello specifico, per quanto riguarda previsioni di tipologie di fabbricati cui sono stati associati F_a maggiori 2.3, sia valutato con attenzione se possa essere ritenuto sufficiente un approccio di tipo semplificato o sia preferibile effettuare un'analisi della risposta sismica locale.

Infine, lo studio effettuato, sulla base dell'analisi della vasta mole di dati litostratigrafici raccolti, ha evidenziato che, tutto il Comune di Polesine Zibello Parmense, è caratterizzato da zone di instabilità, nelle quali gli effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio e, più precisamente a fenomeni di liquefazione.

Queste zone (cfr. Zona 3 e Zona 4, definite nel paragrafo 8.4), caratterizzate dalla presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna, saranno oggetto di approfondimenti di terzo livello finalizzati alla valutazione dell'effettivo grado di pericolosità.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	44 di 49

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

9. CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

In Comune di Polesine Zibello Parmense, 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, le uniche informazioni interessanti possono essere desunte dalla consultazione di DBMI15, già citato nel paragrafo 2.1, nel quale si possono osservare gli effetti prodotti a Polesine Zibello e nel suo intorno, in termini di intensità I(MCS), dal terremoto più forte che ha colpito la zona, ovvero:

- Il terremoto del 15 luglio 1971, con epicentro nel Parmense (cfr. Fig. 24)



Fig. 24 - Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), a Polesine Zibello Parmense e zone limitrofe del sisma del 15 luglio 1971 con epicentro nel Parmense


Dalla figura si osserva che la massima intensità risentita è stata del 5-6 grado della scala MCS. Detto ciò non è possibile fare alcuna ipotesi relativa alla zonazione sismica, perché si tratta di informazioni assolutamente insufficienti.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	45 di 49

<i>PROGETTO</i>		<i>LIVELLO</i>
COMUNE DI POLESINE ZIBELLO 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. (201). UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato.
- Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014
- Bernini M., Papani G. (1987) - Alcune considerazioni sulla struttura del margine appenninico emiliano tra lo Stirone e l'Enza (e sue relazioni con il sistema del Taro). L'Ateneo Parmense - Acta Naturalia, 24, 219-240.
- ISIDe Working Group INGV (2015): Italian Seismological Instrumental and parametric Database. <http://iside.rm.ingv.it/iside/standard/index.jsp>
- 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
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>
- Marcellini A., Martelli L., Tinto A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)
- Martelli L., Calabrese L., Ercolessi G., Severi P., Tarabusi G., Pileggi D., Rosselli S., Minarelli L., Pergalani F., Compagnoni M., Vannucchi G., Madaia C., Facciorusso J., Fioravante V., Giretti D., Mucciarelli M., Priolo E., Laurenzano G.- (2014) Cartografia speditiva dell'amplificazione e del rischio di liquefazione nelle aree epicentrali del terremoto dell'Emilia 2012 (ML=5.9). Atti del 32 convegno GNGTS 2013
- Martelli L., Severi P., Biavati G., Rosselli S., Camassi R., Ercolani E., Marcellini A., Tinto A., Gerosa D., Albarello D., Guerrini F., Lunedei E., Pileggi D., Pergalani F.,

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	46 di 49

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

Compagnoni M., Fioravante V. e Giretti D. (2014) Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po River (northern Italy), Boll. Geof. Teor. Appl., 55, 119-134

- Martelli L., Ercolessi G., Sani F., Bonini M., Corti G., Santulin M., Tamaro A., Rebez A., Slejko D. (2017): Analisi 3D della pericolosità sismica dell'Appennino Settentrionale – Proposta di nuova zonazione sismogenica e analisi della pericolosità sulla base di un modello 3D delle sorgenti sismiche – Rapporto conclusivo
- 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.
- Molin D., Stucchi M. e Valensise G. (1996). MASSIME INTENSITÀ MACROSISMICHE OSSERVATE NEI COMUNI ITALIANI. elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile
- PROVINCIA DI PARMA - Quadro Conoscitivo della Variante Generale al Piano Infraregionale delle Attività Estrattive della Provincia di Parma approvata con atto di C.P. n. 117 del 21.12.2008
- PROVINCIA DI PARMA - Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Variante in adeguamento alla L.R. 19/2008 “ Norme per la riduzione del rischio sismico” approvata con atto di C.P. n. 23 del 17.04.2013
- RER – ENI, Agip “Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna” (1998) a cura di G. Di Dio
- Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C.G., Penna A. [2012] “Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms”, Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds) (2016): CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>
- CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA. FOGLIO 181 “PARMA NORD”, alla scala 1:50.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA ED AREE LIMITROFE – Scala 1:250.000 (2017) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – CNR, Istituto di Geoscienze e Georisorse –Università degli Studi di Firenze – Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

 EN GEO s.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	47 di 49

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

- GUIDELINES FOR DETERMINATING DESIGN BASIS GROUND MOTION STR-102293s-V1-V5 EPRI (1993) –
- 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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	48 di 49

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


11. ALLEGATI

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

Elaborato 1.1	Carta delle indagini – Area Ovest	scala 1:10.000
Elaborato 1.2	Carta delle indagini – Area Est	scala 1:10.000
Elaborato 2.1	Carta geologico tecnica – Area Ovest	scala 1:10.000
Elaborato 2.2	Carta geologico tecnica – Area Est	scala 1:10.000
Elaborato 3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	scala 1:5.000
Elaborato 4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	scala 1:5.000
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)	scala 1:5.000
Elaborato 6.a	Carta di microzonazione sismica - FA_{PGA}	scala 1:5.000
Elaborato 6.b	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$	scala 1:5.000
Elaborato 6.c	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$	scala 1:5.000
Elaborato 6.d	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,5\ s}$	scala 1:5.000

Inoltre, alla presente relazione, sono allegati:

Elaborato 7	Nuova campagna d'indagine
-------------	---------------------------

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Aprile 2018	0	49 di 49