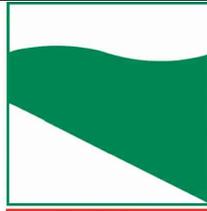




PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



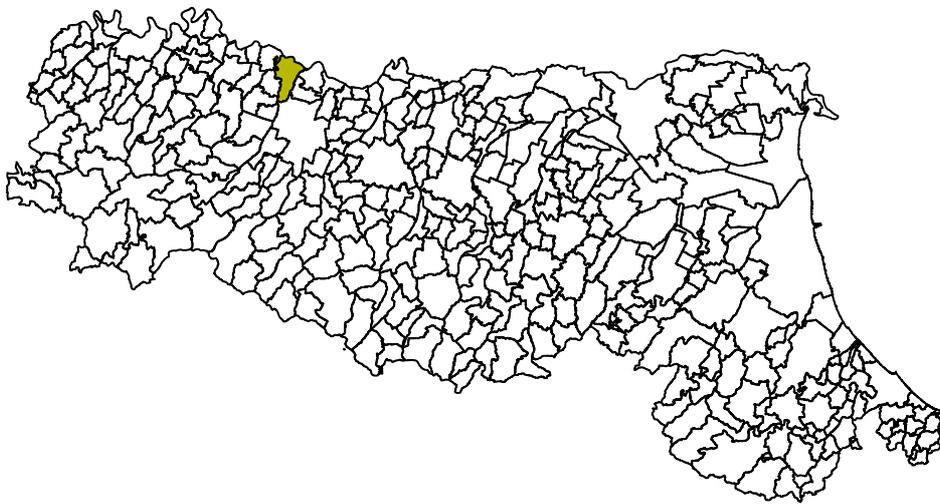
CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna  
Comune di Sissa Trecasali



<p>Regione Emilia-Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Direzione tecnica Geol. Carlo Caleffi Geol. Francesco Cerutti Collaboratori Geol. Matteo Baisi Geol. Alessandra Cantoni Dott. Andrea Conti Geol. Alessandro Ferrari Ing. Giulia Mainardi</p>	<p>Data Gennaio 2019</p>
-----------------------------------	--	------------------------------

## 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 .....	8
	2.3 Classificazione sismica comunale.....	15
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....	18
	3.1 Geologia .....	18
	3.2 Geomorfologia.....	26
4.	Dati geotecnici e geofisici .....	28
5.	Modello del sottosuolo .....	29
6.	Interpretazioni e incertezze.....	30
7.	Metodologie di elaborazione e risultati .....	32
8.	Elaborati cartografici di primo e secondo livello.....	35
	8.1 Carta delle indagini .....	35
	8.2 Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica .....	36
	8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni .....	38
	8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica .....	40
	8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S .....	44
	8.6 Carte di microzonazione sismica .....	46
	8.7 Commenti finali e criticità .....	50
9.	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati .....	52
10.	Bibliografia .....	55
11.	Allegati .....	58

## 1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello studio di Microzonazione Sismica (MS) del Comune di Sissa Trecasali (Provincia di Parma), assegnato a Engeo s.r.l. dal Comune di Sissa Trecasali con Determina del Responsabile del Settore Servizi Tecnici n. 390 del 03.10.2017.

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")
- "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")

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	2 di 58

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

Tale zonazione ha, pertanto, interessato i seguenti abitati:

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	3 di 58

- Sissa
- Trecasali
- Borgonuovo
- Casal Foschino
- Coltaro
- Gramignazzo
- Palasone
- Ronco Campo Canneto
- San Nazzaro
- Torricella di Sissa
- Viarolo

Le aree oggetto di microzonazione presentano una superficie complessiva di 408 ha, corrispondente a circa il 5.6% 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.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	4 di 58

## 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 Sissa Trecasali è stata dedotta dal database DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)<sup>1</sup> aggiornato al 2014, nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Capoluogo.

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	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6 4.70
4	1955	03	12	06	57	0	Parmense	15	5 4.15
NF	1969	06	24	13	25	1	Parmense	15	5 4.21
7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8 5.51
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
4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6 4.57
4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7 4.85
4	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5 4.33
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7 4.82
4-5	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6 4.06
4	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40
5	2012	01	25	08	06	3	Pianura emiliana	25	5-6 4.98

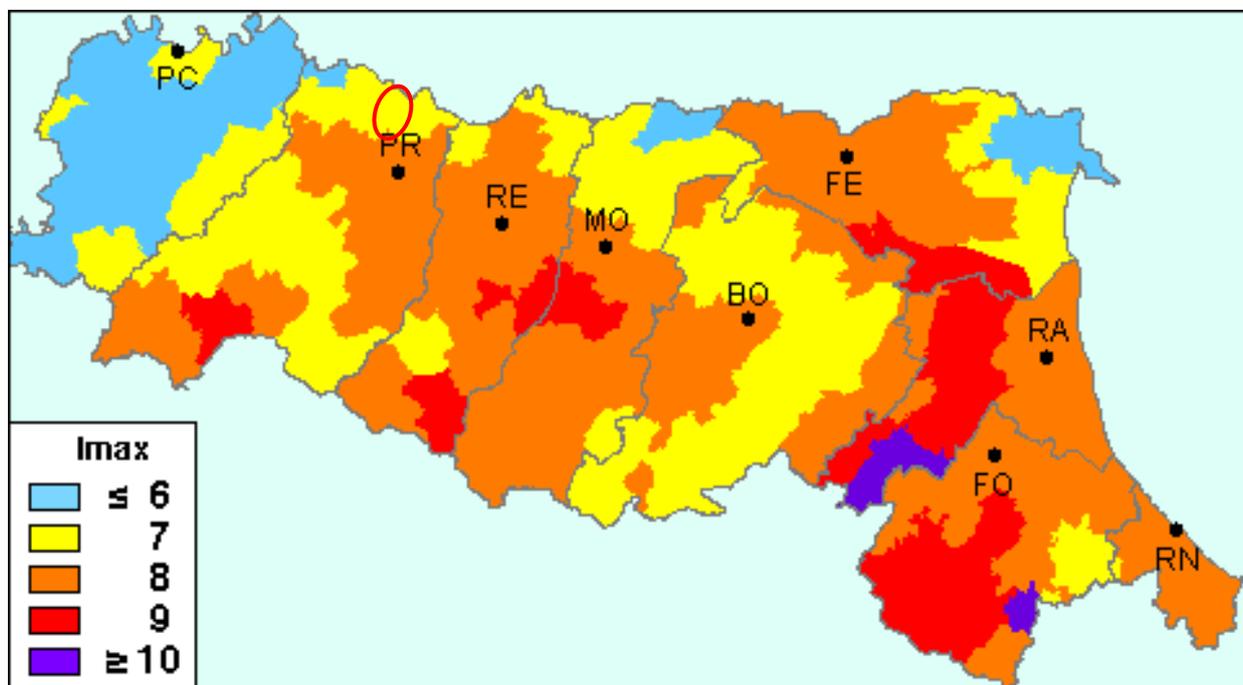
Tab. 1 – Massimi eventi sismici verificatisi a Sissa Trecasali

<sup>1</sup> 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

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Sissa Trecasali si è verificato il 15 luglio 1971 con un'intensità al sito del VII 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 Sissa Trecasali è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al VII grado della scala MCS.

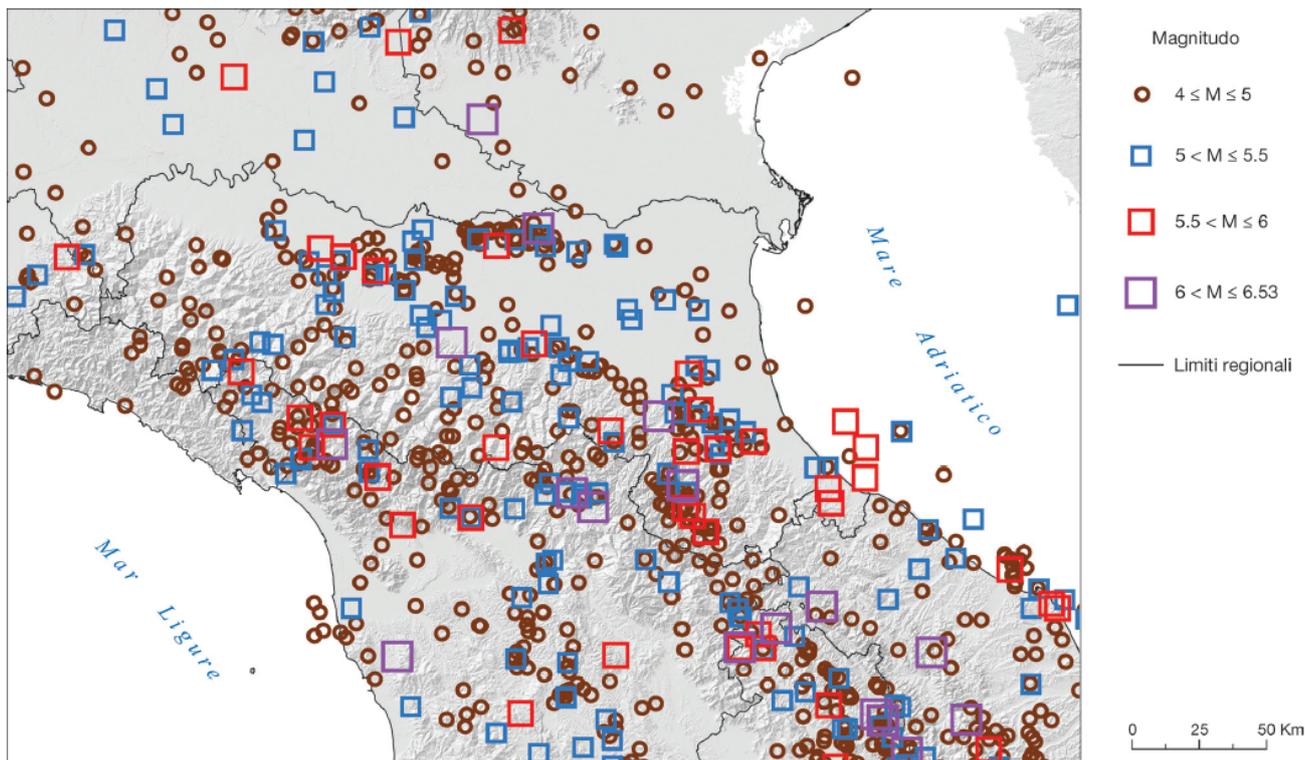


Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	Imax
SISSA	8	34	34	44.96134	10.25854	7
TRECASALI	8	34	43	44.93715	10.27073	7

**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.



**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

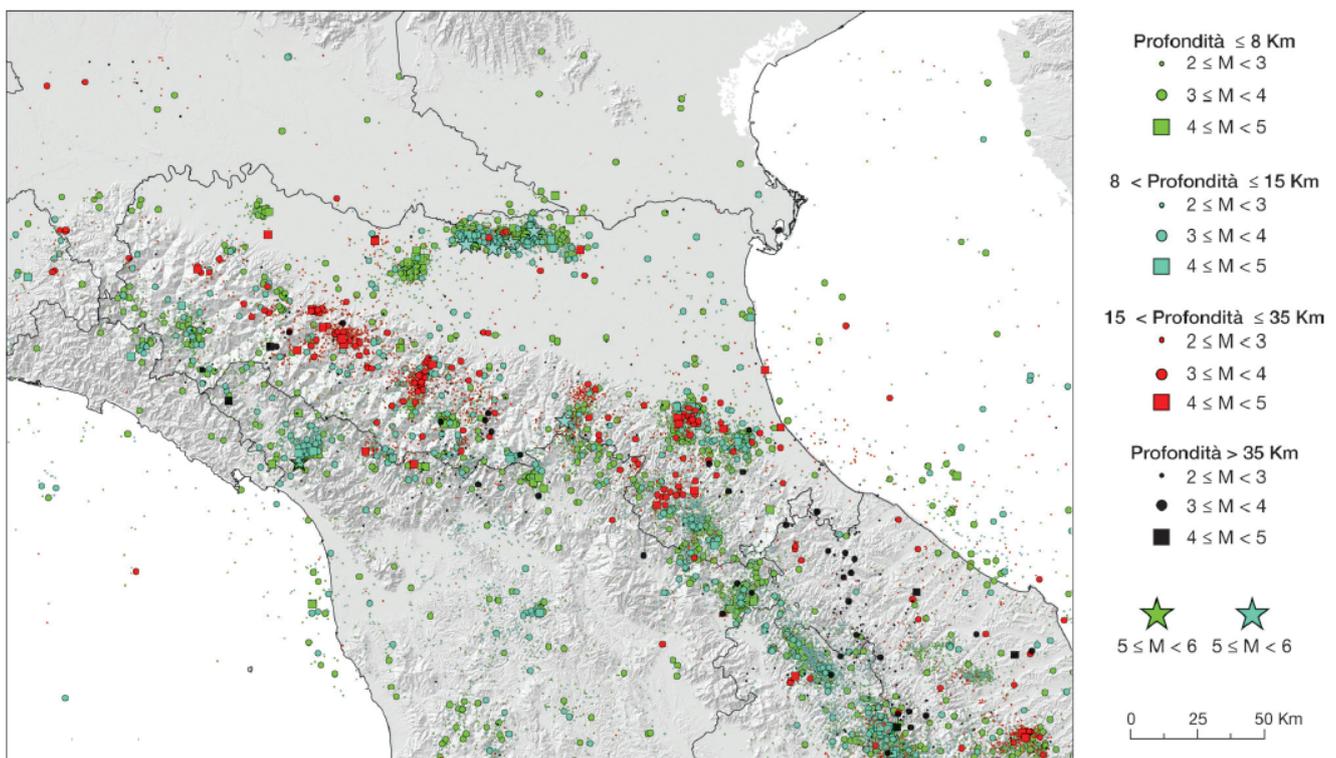
 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	7 di 58

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.

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 Mw ≥ 2 (ISIDe Working Group, 2015)**

## 2.2 Caratteristiche sismotettoniche

Per avere un quadro degli elementi che concorrono alla pericolosità sismica del territorio comunale di Sissa Trecasali non si può non fare riferimento agli studi che la

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	8 di 58

Regione Emilia-Romagna ha condotto, a partire dalla fine degli anni '90, principalmente, in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, e che 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 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 2.1).

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 ( $\geq 100$  m da p.c.).

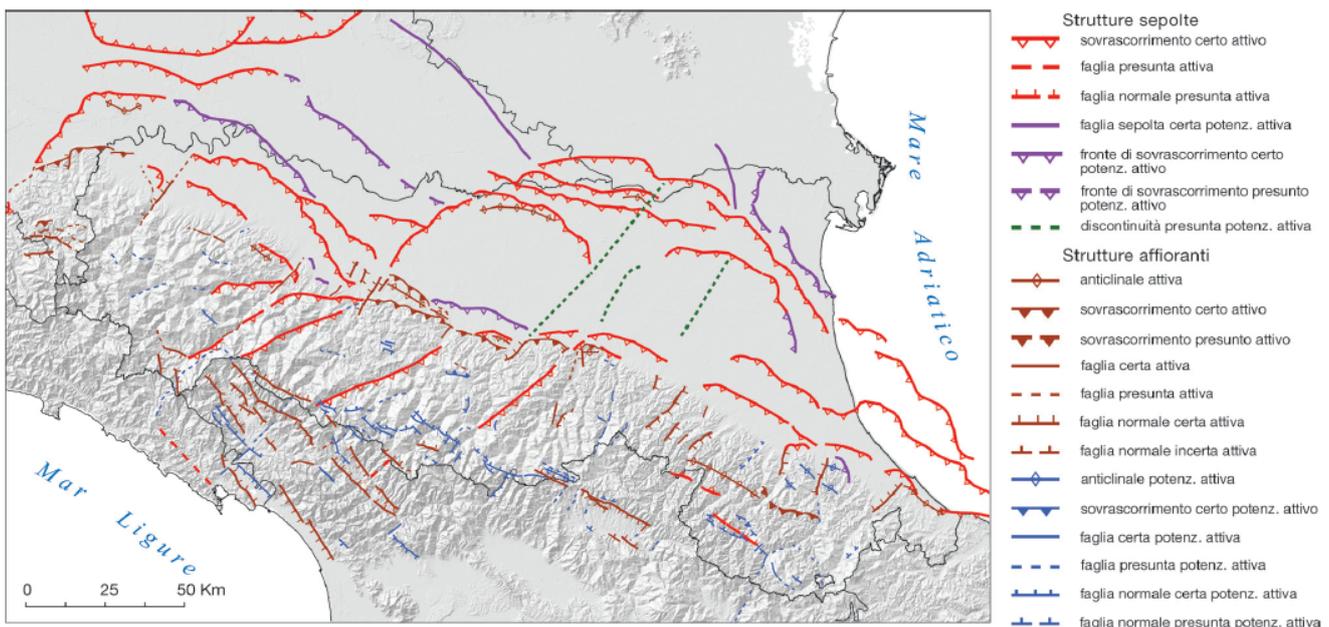
Va chiarito, comunque, che le faglie attive rappresentate nella “Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe” non vanno confuse con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica, ai sensi delle ICMS<sup>2</sup>, 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.

<sup>2</sup> 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).

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	9 di 58

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 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”**

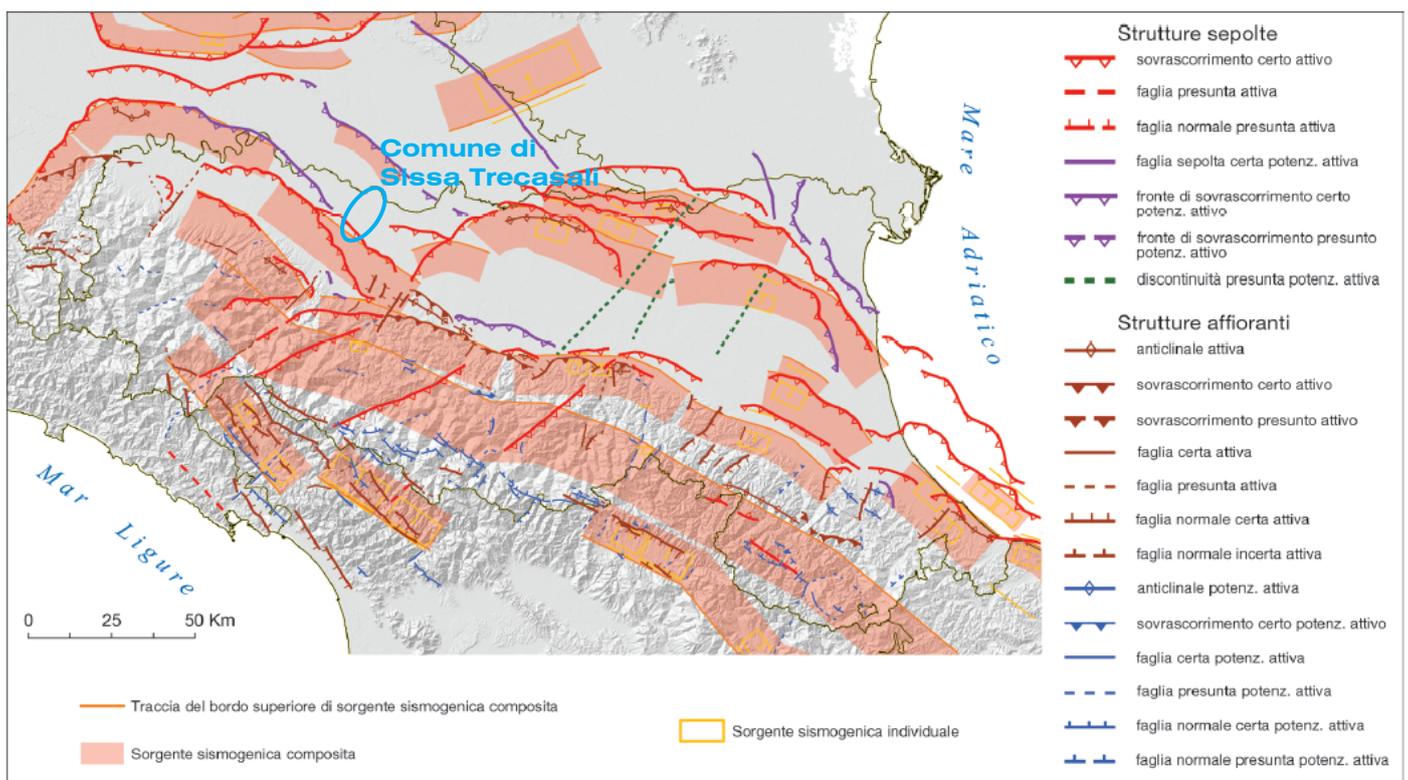
La rappresentazione di sezioni con ipocentri ricadenti all'intorno di 10 km ha, invece, evidenziato una concentrazione degli ipocentri dei terremoti strumentali che definiscono un'ampia fascia, la quale, dalla zona padano-adriatica, immerge verso sud-ovest, mentre nel versante tirrenico i terremoti sembrano 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 3.2.1 il database delle sorgenti sismogenetiche italiane,

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	10 di 58

potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5.5 nell'area Italiana<sup>3</sup>.

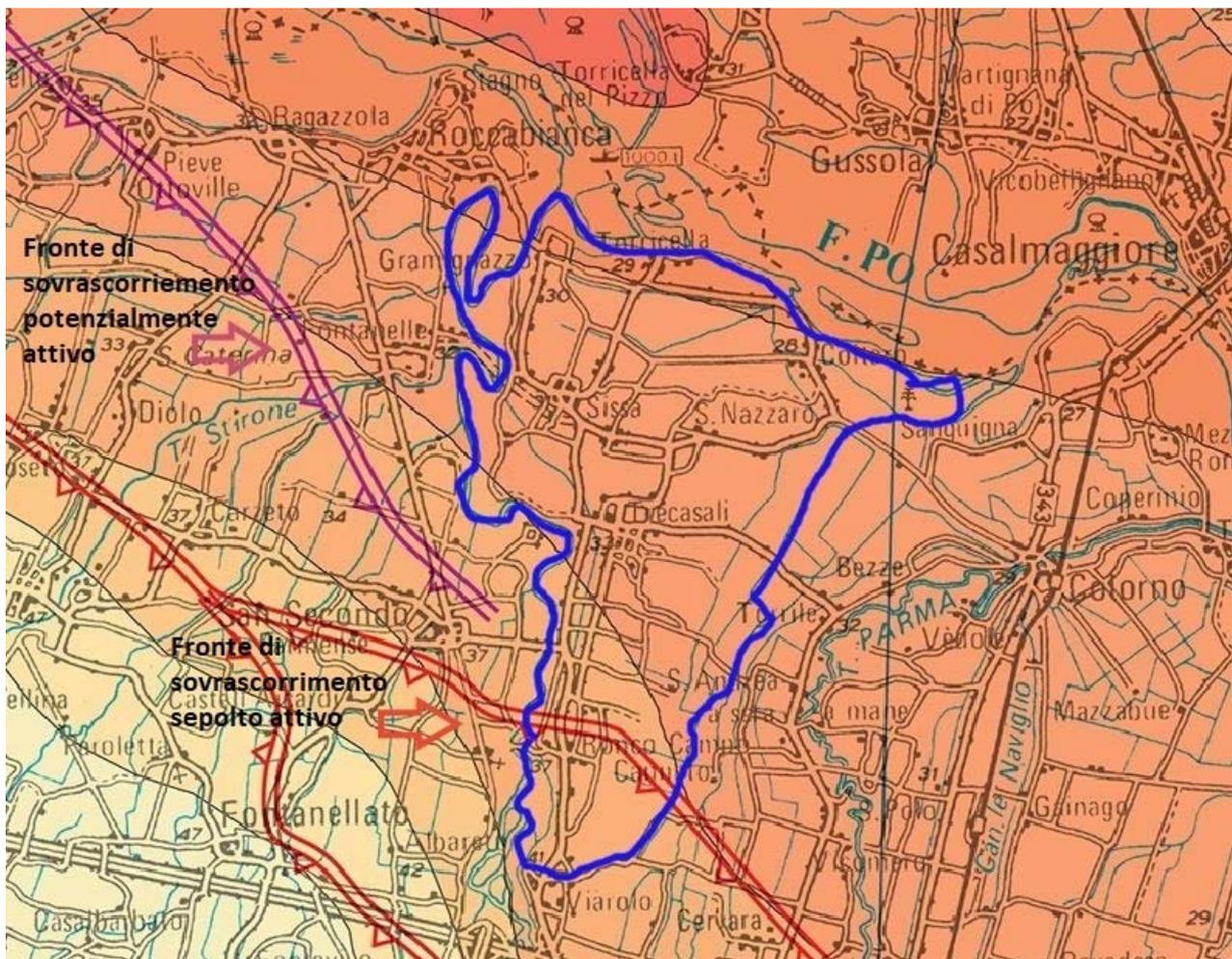
A riguardo, è interessante osservare che il Comune di Sissa Trecasali ricade, seppur solo per l'abitato di Viarolo, all'interno della sorgente sismogenetica composta ITCS009 – Busseto-Cavriago, individuata nel catalogo DISS 3.2.1, ritenuta capace di generare terremoti di magnitudo pari a 5.6, con meccanismi 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.



**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**

<sup>3</sup> 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

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	11 di 58



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

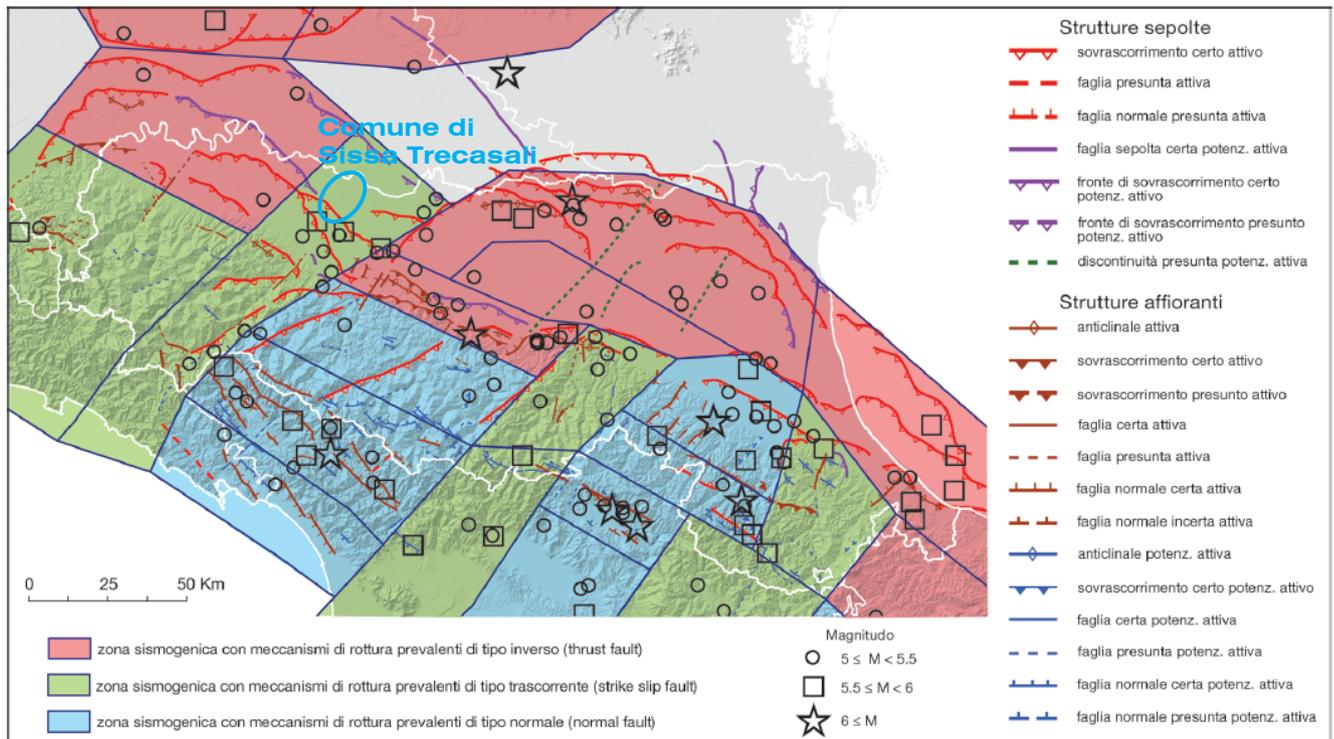
Differentemente, poco più a nord, è indicata l’estremità sud-orientale della struttura potenzialmente attiva che verso nord-ovest si raccorda con il fronte di accavallamento sub affiorante di S. Angelo Lodigiano – Casalpusterlengo nella zona di Castiglione d’Adda.

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 (NTC2018) e la riclassificazione sismica (delibera giunta regionale 23 luglio 2018).

Secondo questa nuova proposta, in Fig. 7 messa a confronto con le strutture attive e potenzialmente attive riconosciute, il Comune di Sissa Trecasali ricade in zona

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	12 di 58

sismogenetica con meccanismi di rottura prevalentemente di tipo trascorrente (*strike slip fault*).



**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

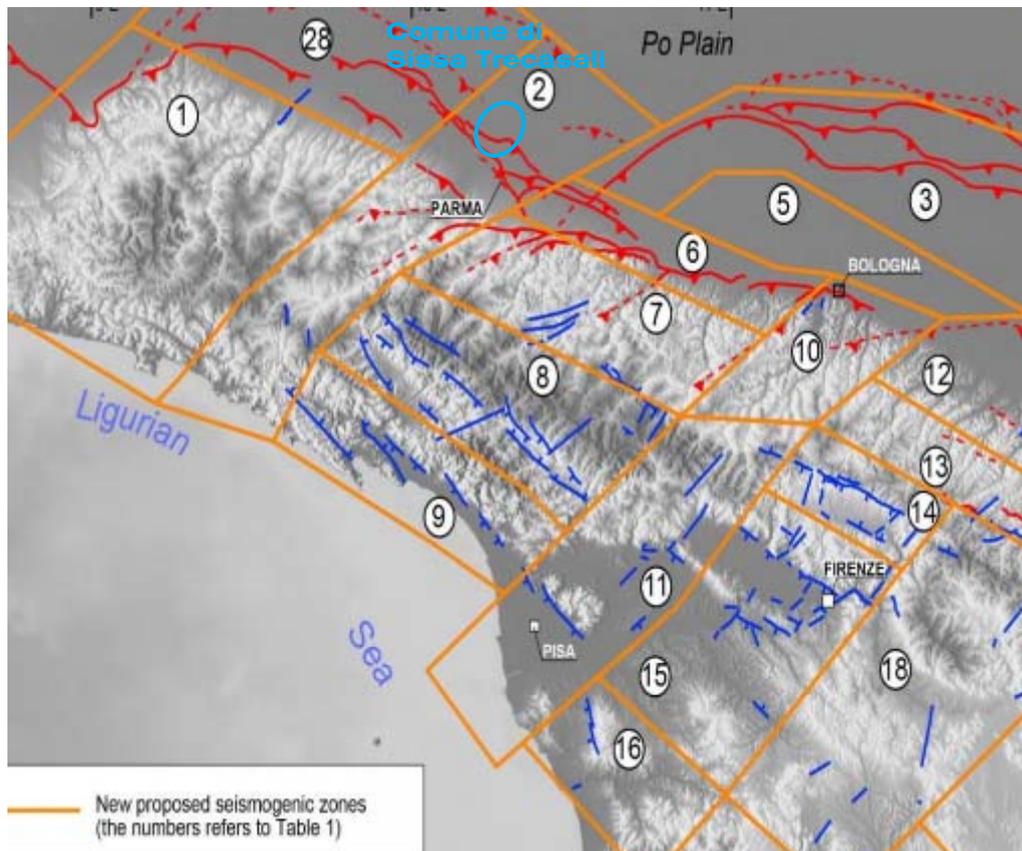
- *Orientazione delle principali faglie attive: NE-SW (S/45-60)*
- *Geometria principale delle faglie attive: trascorrente*
- *Geometria secondaria delle faglie attive: inversa*
- *Profondità ipocentrale stimata: 5-30 km*
- *Magnitudo massima osservata: 5.5*
- *Magnitudo massima calcolata: 5.71 +/- 0.29*

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=5.7. Corrisponde alla parte occidentale delle*

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	13 di 58

zone ZS9 913, 915 e 916; la parte settentrionale non era compresa in nessuna zona ZS9.

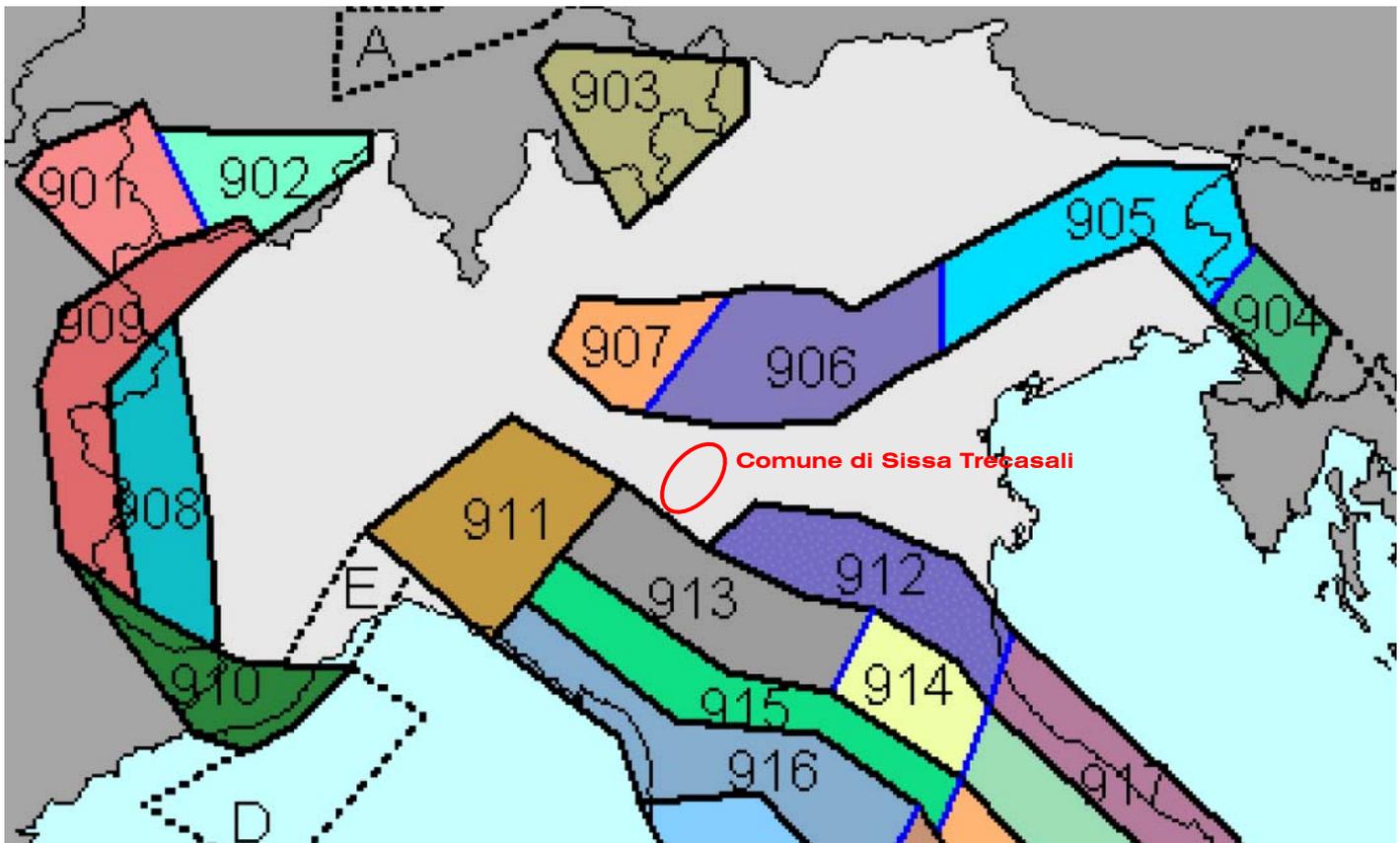


**Fig. 8 -Zone sismogenetiche proposte da Martelli et al. (2017) e loro numerazione**

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 Sissa Trecasali ricade in prossimità 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.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	14 di 58



**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, basandosi sulla precedente proposta del 1998.

La delibera della giunta regionale 23 luglio 2018 n.1164 aggiorna la classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia Romagna, riclassificando il territorio. Secondo tale aggiornamento, come indicato in Fig. 10, la suddivisione è articolata in 2 zone: la zona 2 corrisponde a sismicità media ( $S=9$ ) mentre la 3 è indice di sismicità bassa ( $S=6$ ), definite come espresso nella Legge 64/74.

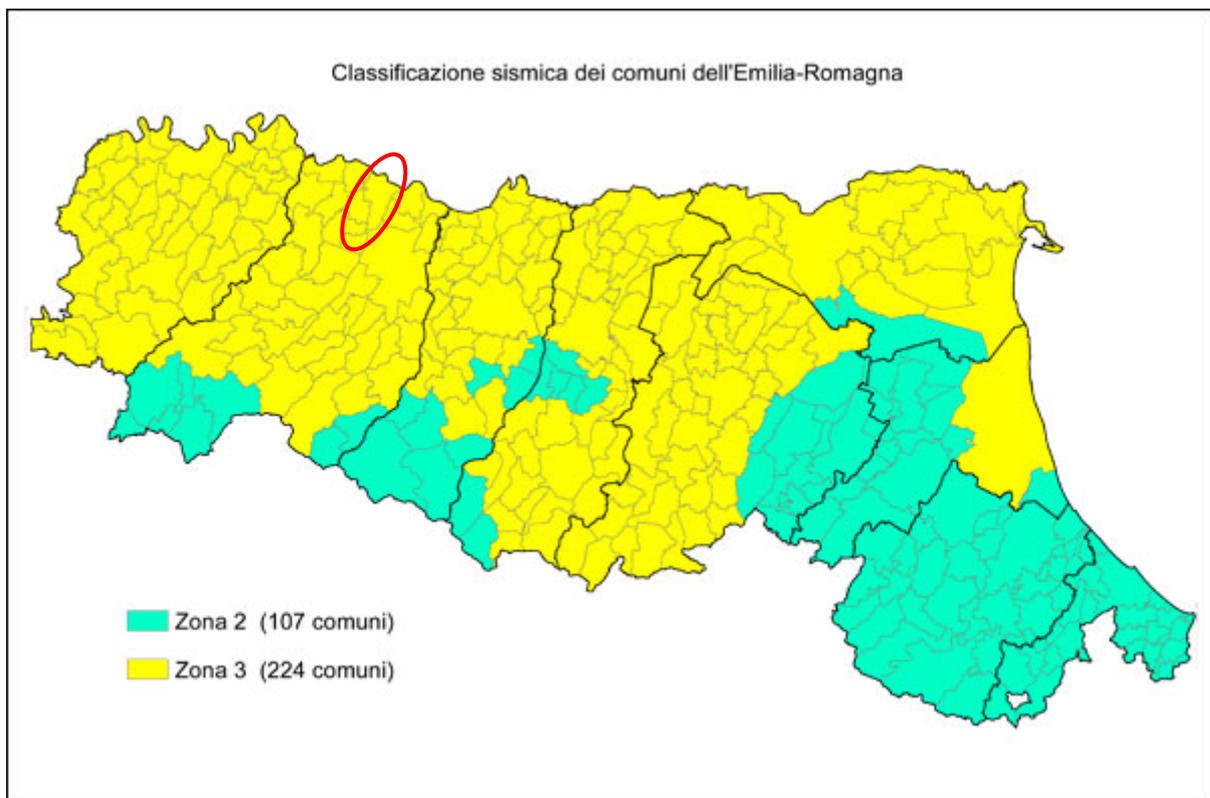
	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	15 di 58

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 2), in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

Zona	Valori massimi di ag
2	0,15 ÷ 0,25
<b>3</b>	<b>0,05 ÷ 0,15</b>

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

La classificazione vigente, identifica il Comune di Sissa Trecasali in zona 3 (Fig. 10), 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\*g e 0,15\*g (dove g è l'accelerazione di gravità).



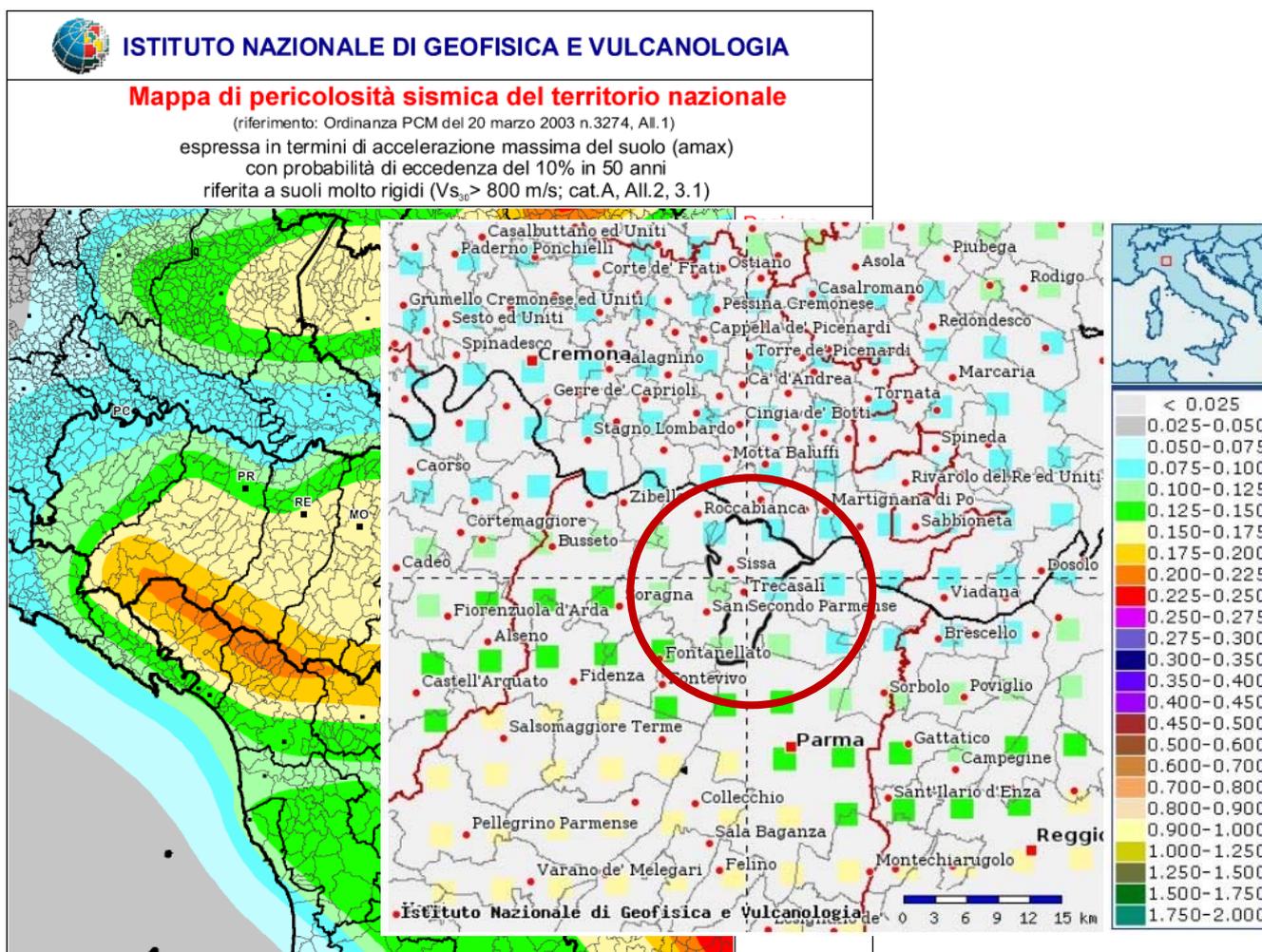
**Fig. 10 - Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna**

Risulta opportuno evidenziare che già con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni" (ad oggi aggiornate con l'introduzione delle NTC 2018), 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 sito.

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 Sissa Trecasali, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra:  $a_g = 0,075/0,150$  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**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	17 di 58

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

#### 3.1 Geologia

Il Comune di Sissa Trecasali, 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.

È 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 parte del territorio di Sissa Trecasali, con sovrascorrimenti profondi

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	18 di 58

post-tortoniani nella zona sud (cfr. Fig. 13). Le zone centrale e settentrionale del territorio comunale sono ubicate a nord rispetto a tale sovrascorrimento, a ciò consegue che lo spessore dei depositi continentali risulta di alcune centinaia di metri.

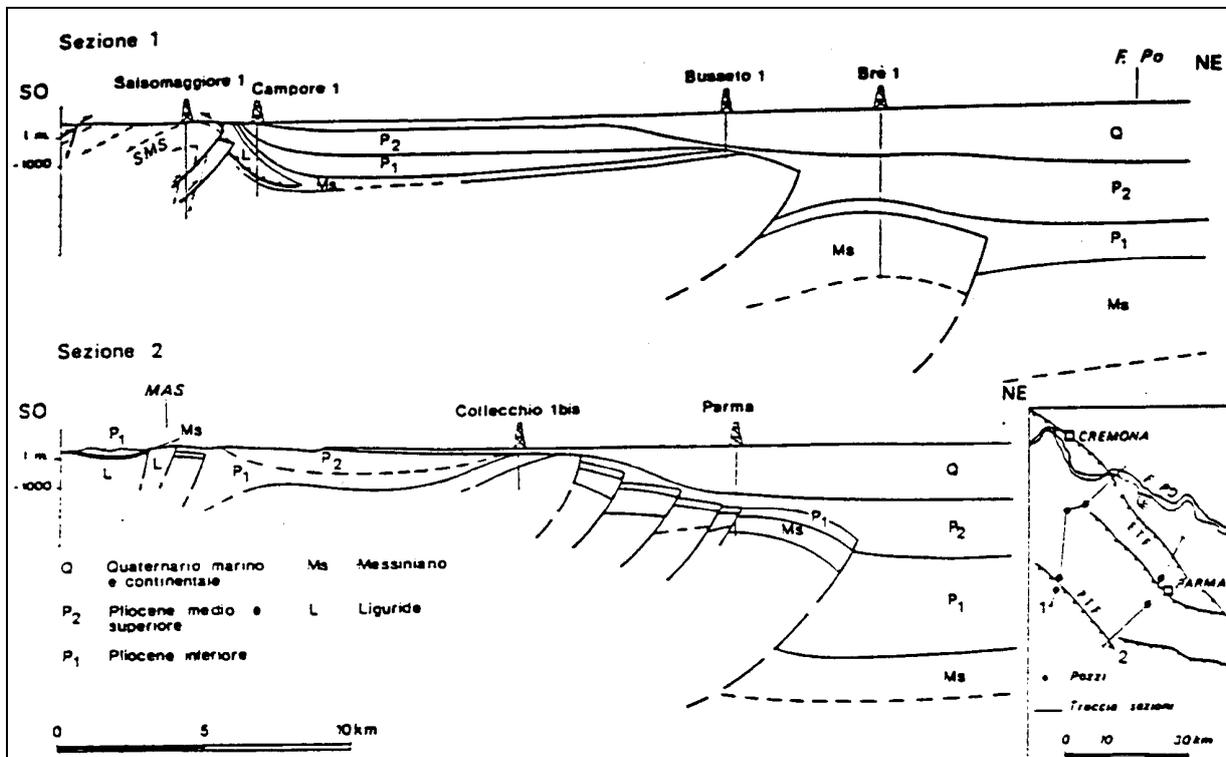
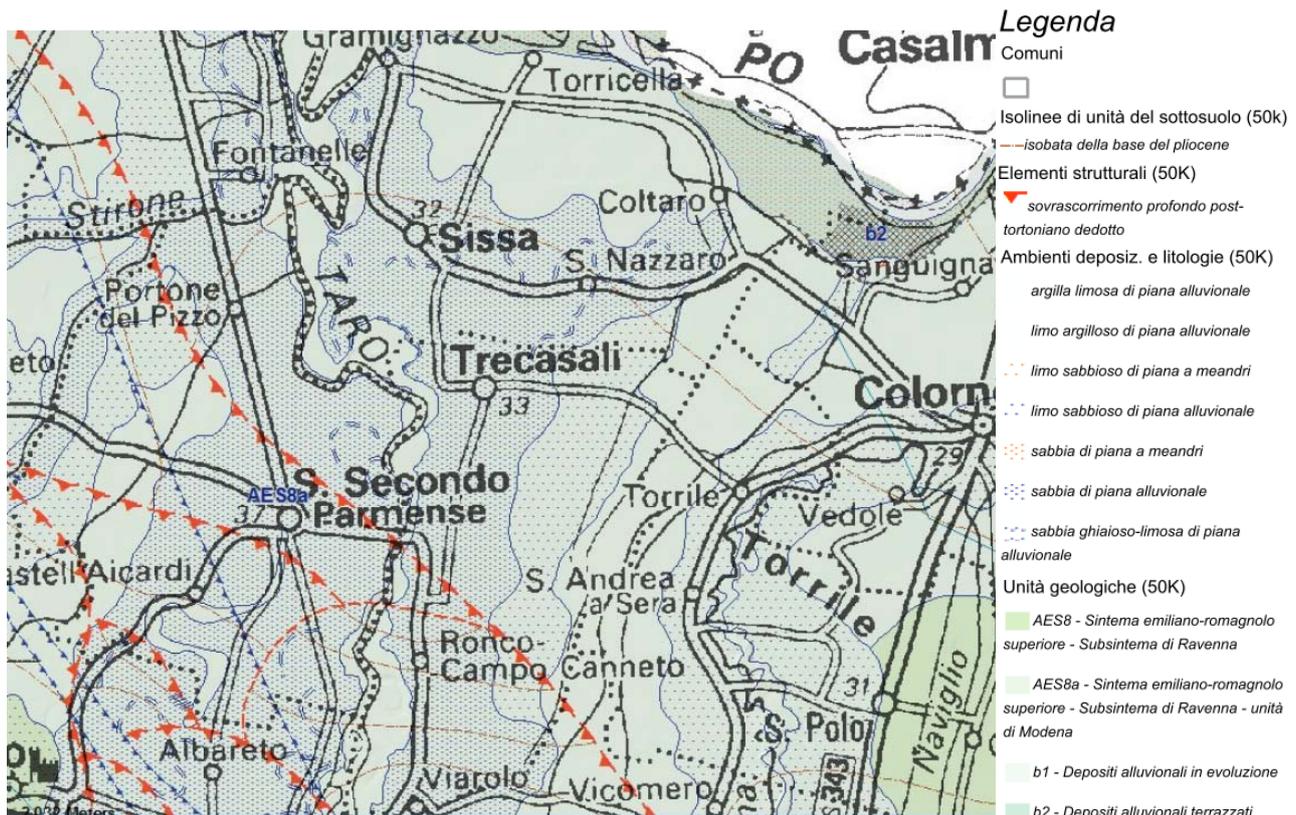


Fig. 12 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)

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.



**Fig. 13 - Sovrascorrimenti profondi post-tortoniani dell'E.T.F. ed unità geologiche e litologiche affioranti nella zona di Sissa Trecasali (da sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna)**

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:

- Supersintema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene medio.
- Supersintema 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 Supersintema Emiliano-Romagnolo è stato suddiviso in SD minori denominate, Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore (AEI), e Sistema Emiliano-Romagnolo Superiore (AES).

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	20 di 58

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 Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore risulta, a sua volta, suddiviso in cinque subsistemi 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 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)
- 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.

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 erose dai corsi d'acqua e rimasero come superfici relitte sospese sui fondovalle formando i pianori che vengono detti terrazzi. Infine, tra una glaciazione e l'altra, si registra il minimo dell'attività fluviale e conseguente retrogradazione della conoide alluvionale.

Nella zona meridionale del territorio comunale i terreni alluvionali, fino ad oltre 100 m da p.c., sono caratterizzati dalla presenza di banchi sabbiosi, depositi dal fiume Po, allungati in senso est-ovest, alternati a depositi più fini, testimonianze di fasi deposizionali a minor energia, ascrivibili allo stesso fiume e ai corsi d'acqua appenninici.

Il contributo deposizionale operato dal Po è ricollegabile a cambiamenti di percorso che questi ha subito in tempi passati quando, divagando liberamente, si comportava come un tipico fiume di pianura alluvionale. L'ambito di influenza è testimoniato dalla presenza dei banchi sabbiosi sopraccitati fino ad oltre 10 km a sud dell'attuale alveo.

L'attività neotettonica, che in zona si esplica attraverso un lento e progressivo abbassamento, rende ragione dell'elevato spessore dei depositi quaternari.

In questa porzione di pianura anche il fiume Taro ebbe grande significato soprattutto durante le fasi iniziali delle glaciazioni, il cui progredire dei climi freschi e piovosi favoriva

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	21 di 58

fasi di abbondante sedimentazione lungo i corsi d'acqua. In questo periodo si crearono ai piedi dei rilievi estese conoidi e piane alluvionali.

I depositi del Fiume Taro prevalgono nel settore più meridionale del Comune, dove, come illustrato in seguito, sono presenti anche i depositi ghiaiosi di conoide.

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 Sissa Trecasali (cfr. Fig. 13), 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.

Trattasi di un'unità costituita da argille e limi in contesti di piana inondabile e da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale e piana alluvionale. Al tetto l'unità presenta localmente un suolo calcareo poco sviluppato di colore grigio-giallastro.

Secondo quanto indicato sul sito web del Servizio Geologico della Regione, la litologia di superficie dominante è quella sabbiosa, anche se, nella porzione di pianura in prossimità del Fiume Po prevalgono argille limose di piana alluvionale. Si rinvennero tessiture limo-sabbiose a ridosso del confine orientale del comune.

Presentano, invece, litologie più grossolane i depositi di canale fluviale che si rinvennero solo nelle zone golenali e in corrispondenza dell'alveo del Fiume Taro.

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.

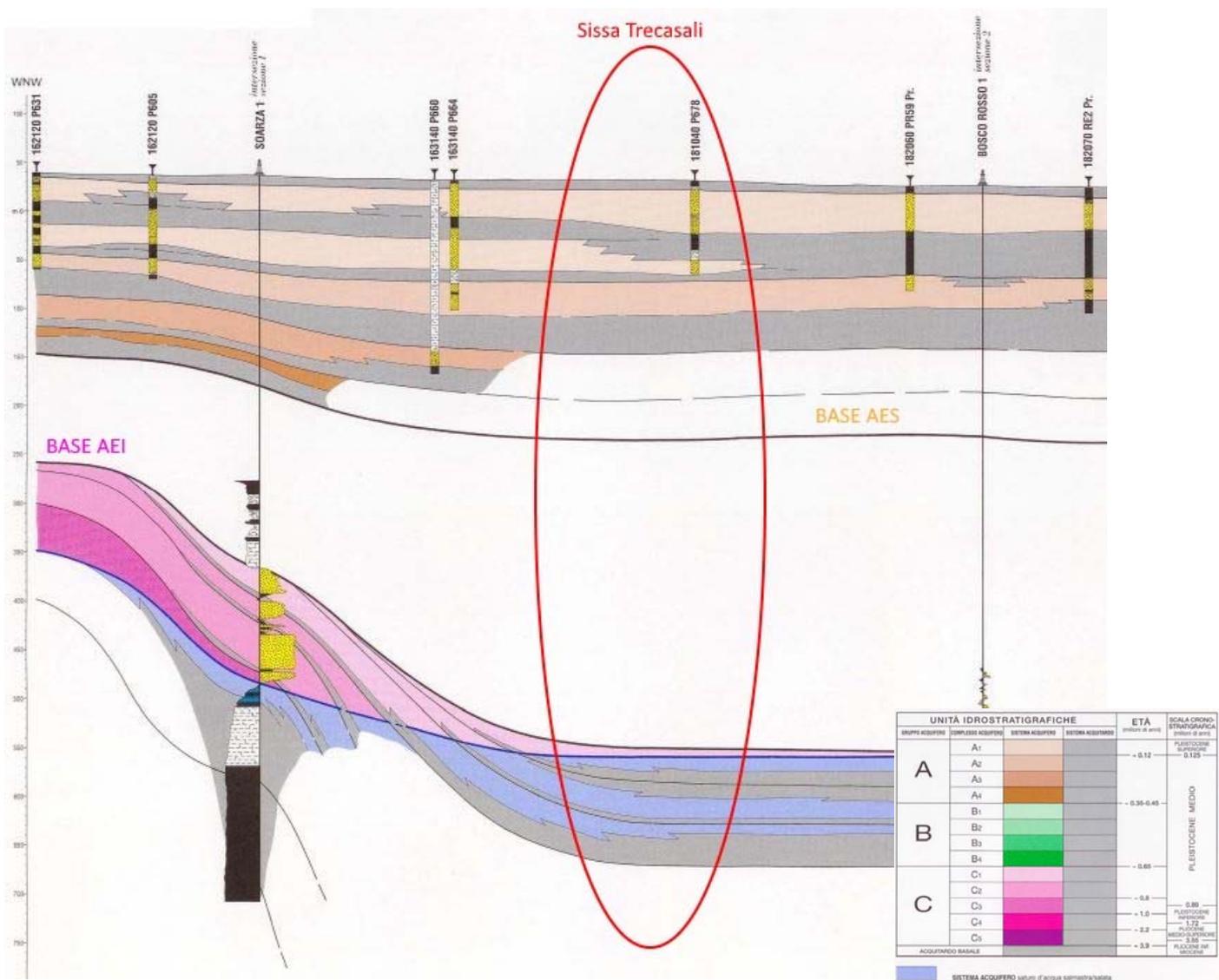
Sulla base delle direzioni di progradazione possono essere individuate le seguenti classi di sistemi deposizionali:

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

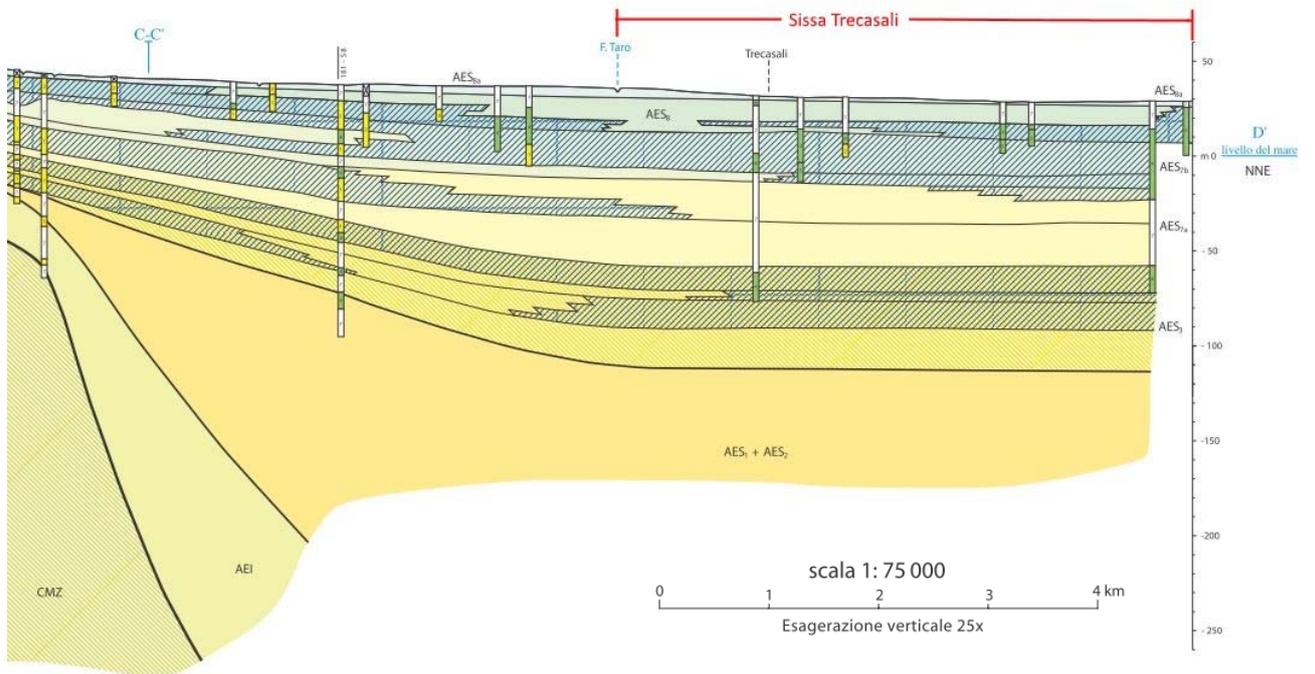
 <b>EN GEO S.r.l.</b> <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	22 di 58

Il territorio del Comune di Sissa Trecasali ricade all'interno del sistema deposizionale pianura alluvionale ad alimentazione mista a sud e ad alimentazione assiale nel settore più settentrionale.

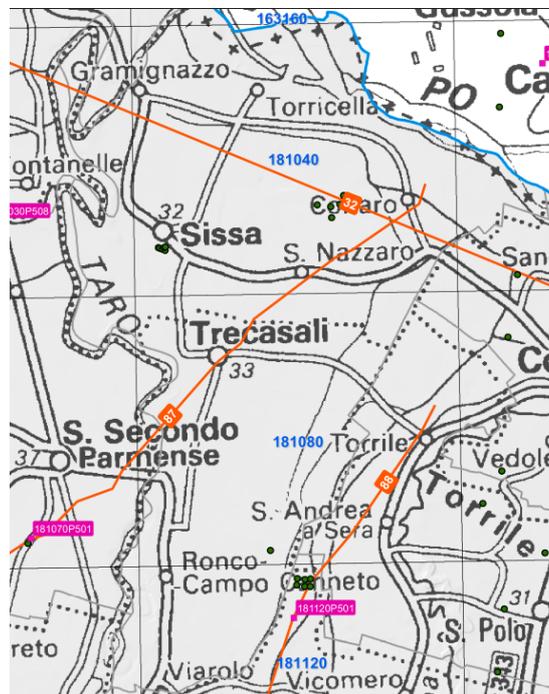
Relativamente ai depositi più profondi risulta interessante esaminare le sezioni raffigurate in Fig. 14 e Fig. 15, le cui tracce sono riportate in Fig. 16, stralcio della Sezione 87 e della Sezione 32 tratte dal sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna.



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



**Fig. 15 - Stralcio della Sezione 87 tratta dal sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna**



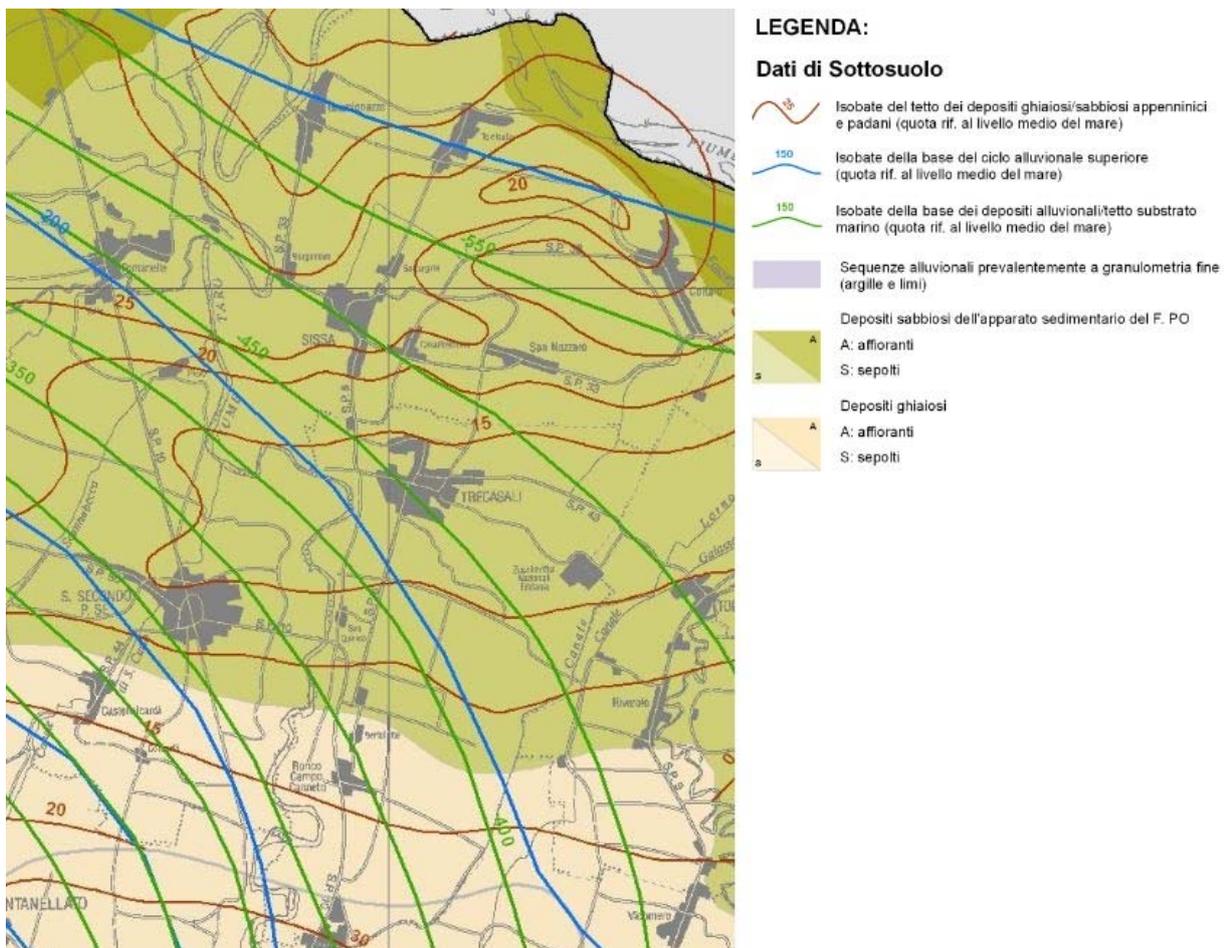
**Fig. 16 - Traccia delle Sezioni 32 e 87 (da sito web del Servizio Geologico della Regione Emilia-Romagna) in Comune di Sissa Trecasali**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	24 di 58

Nella Sezione 32, che attraversa la parte settentrionale del Comune, relativamente alle due più importanti superfici di discontinuità, si osserva che il passaggio tra l’AES e l’AEI si ha intorno ai 220 m da p.c., mentre, per incontrare il Supersistema Quaternario Marino, bisogna approfondire intorno ai 600 m.

In Sezione 87 si osserva che il passaggio tra l’AES e l’AEI si ha a oltre 250 m da p.c., mentre, il passaggio al Supersistema Quaternario Marino si ha almeno 100 m più in profondità.

Va, comunque, precisato che i due modelli oltre ad essere differenti tra loro si discostano anche dall’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 (Fig. 17). Infatti, queste rappresentano, sempre, degli approfondimenti da SW verso NE, con base dell’AES che passa all’incirca dai 200 ai 250 m da p.c., mentre, il tetto dei depositi marini varia, nella stessa direzione e verso, da quasi 400 a oltre 550 m da p.c.



**Fig. 17 - Stralcio della carta “Dati del sottosuolo utili alla definizione della Pericolosità Sismica Locale “**

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	25 di 58

### 3.2 Geomorfologia

Gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio del Comune di Sissa Trecasali, 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.

Le interazioni tra i vari fattori morfogenetici hanno dato luogo ad un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso sud/sud-ovest con gradiente topografico molto basso, inferiore allo 0,1%.

Le quote del piano campagna variano da 28 a 38 m s.l.m.

Le aree di pertinenza di corsi d'acqua (in particolare, il fiume Po ed il fiume Taro) sono rimaste le uniche in cui si osserva una evoluzione morfologica dipendente da fattori naturali.

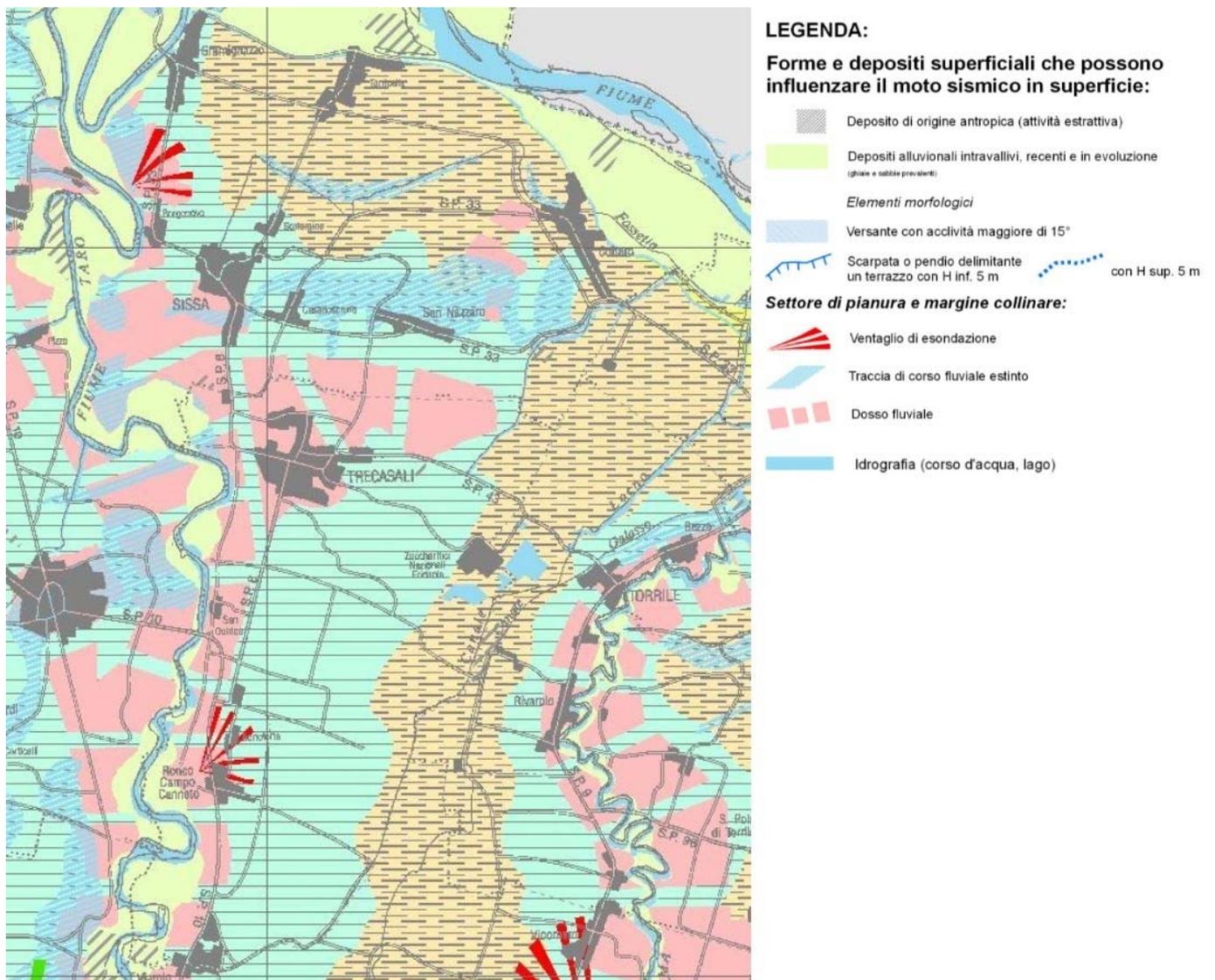
Al contrario, la pianura circostante esprime il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione ed insediamento hanno conferito alla superficie topografica un assetto 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, come raffigurato in Fig. 18, in Comune di Sissa Trecasali sono presenti vari dossi, corpi deposizionali allungati e morfologicamente rilevati sulla pianura circostante: il più evidente è il dosso fluviale attuale del Taro; è visibile tuttavia un secondo dosso importante con direttrice W-E, che passa per l'abitato di Trecasali, e la traccia di un corso fluviale estinto, traccia di un possibile percorso storico fluviale del F. Taro. Va segnalato, infatti, che in prossimità dell'argine del F. Po, a circa 6 Km dall'attuale sbocco del Taro in Po, è presente il toponimo Coltaro, chiara indicazione della passata presenza di fiume in tale posizione.

Sempre in Fig. 18, oltre ai dossi, si osservano altre tracce di percorsi fluviali estinti ed un ventaglio di esondazione in prossimità del paese di Borgonuovo.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	26 di 58



**Fig. 18 - Stralcio da “Carta della Pericolosità Sismica Locale - Forme e depositi che possono influenzare il moto sismico in superficie” del P.T.C.P. di Parma**

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati elaborati in per il presente studio:

- 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 270 indagini geotecniche e geofisiche acquisite (sondaggi, penetrometrie e prove geofisiche), 197 provengono dall'archivio del Comune di Sissa Trecasali, 25 (le più rappresentative) da quello del Servizio Geologico Regionale, mentre le restanti 48 derivano da prove in sito effettuate nell'ambito della presente indagine.

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale si è rivelata particolarmente fruttuosa, in quanto è stato possibile esaminare numerose relazioni geologiche, prodotte a corredo di progetti edilizi e di opere pubbliche, e trarre copia, con l'autorizzazione comunale, delle indagini geognostiche eseguite.

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

Più in particolare sono state eseguite:

- N° 6 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.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	28 di 58

## 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 eventuale profondità si possa trovare il substrato rigido.

A tale scopo, per il Comune di Sissa Trecasali, 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 Sissa Trecasali (ad esclusione della parte meridionale), è caratterizzata, dalla presenza di una coltre superficiale di depositi prevalentemente fini (limi e argille), poggianti, a profondità normalmente comprese tra 5 e 20 m su orizzonti prevalentemente sabbiosi di spessore pluri-decamentrico, attribuibili alla sedimentazione operata dal fiume Po.

Le sabbie, il cui tetto è ubicato a circa 5 m di profondità in corrispondenza del margine settentrionale del territorio, si approfondiscono progressivamente verso sud, fino ad oltre 20 m, per poi essere sostituite dai depositi ghiaiosi attribuibili alla paleoconoide del Taro.

Sulla base di tale modello, 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 interpretazioni è più affidabile nel caso della presenza di ghiaie, in quanto, come verificato in altri studi, gli aumenti di Vs nei profili di velocità delle onde di taglio sono significativi e i contrasti d'impedenza netti, tanto che possono essere individuate come *bedrock*.

Viceversa, all'interno delle sabbie, è probabile che si siano operate delle sovrastime nell'individuazione delle Vs, che in genere sono poco più elevate di quelle misurate nei terreni a tessitura fine; sovrastime che possono mascherare superfici d'impedenza più profonde, condizionando la definizione del substrato sismico.

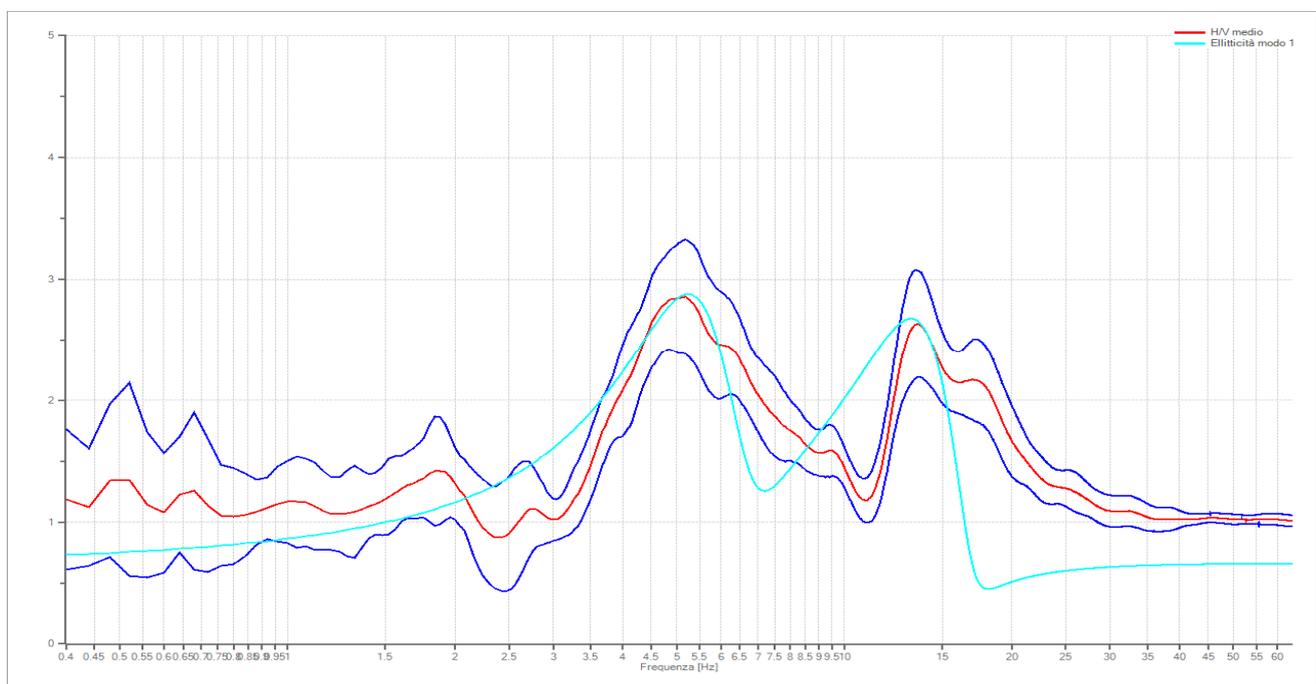
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	29 di 58

## 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 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. 19).



**Fig. 19 – Esempio di curva H/V naturale con curva H/V sintetica a Viarolo**

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, appunto, alla robustezza statistica del segnale. Quindi, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	30 di 58

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 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.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	31 di 58

## 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.

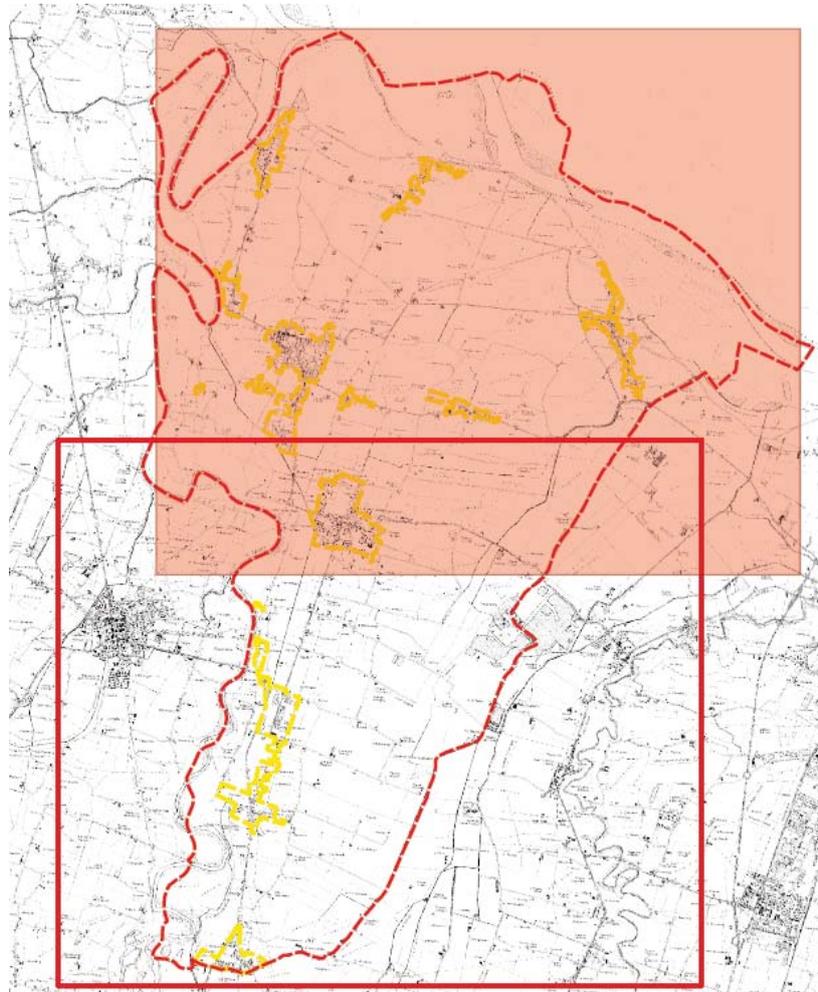
Successivamente, e in diretta continuità con la prima, è stata svolta la seconda fase di lavoro, che ha quale obiettivo la Microzonazione Sismica del territorio indagato.

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	32 di 58

- **Carta 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 Vs<sub>H</sub> o di Vs<sub>30</sub>.
- **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<sub>PGA</sub>
  - Carta di microzonazione sismica FA<sub>IS 0,1 - 0,5 s</sub>
  - Carta di microzonazione sismica FA<sub>IS 0,5 - 1,0 s</sub>

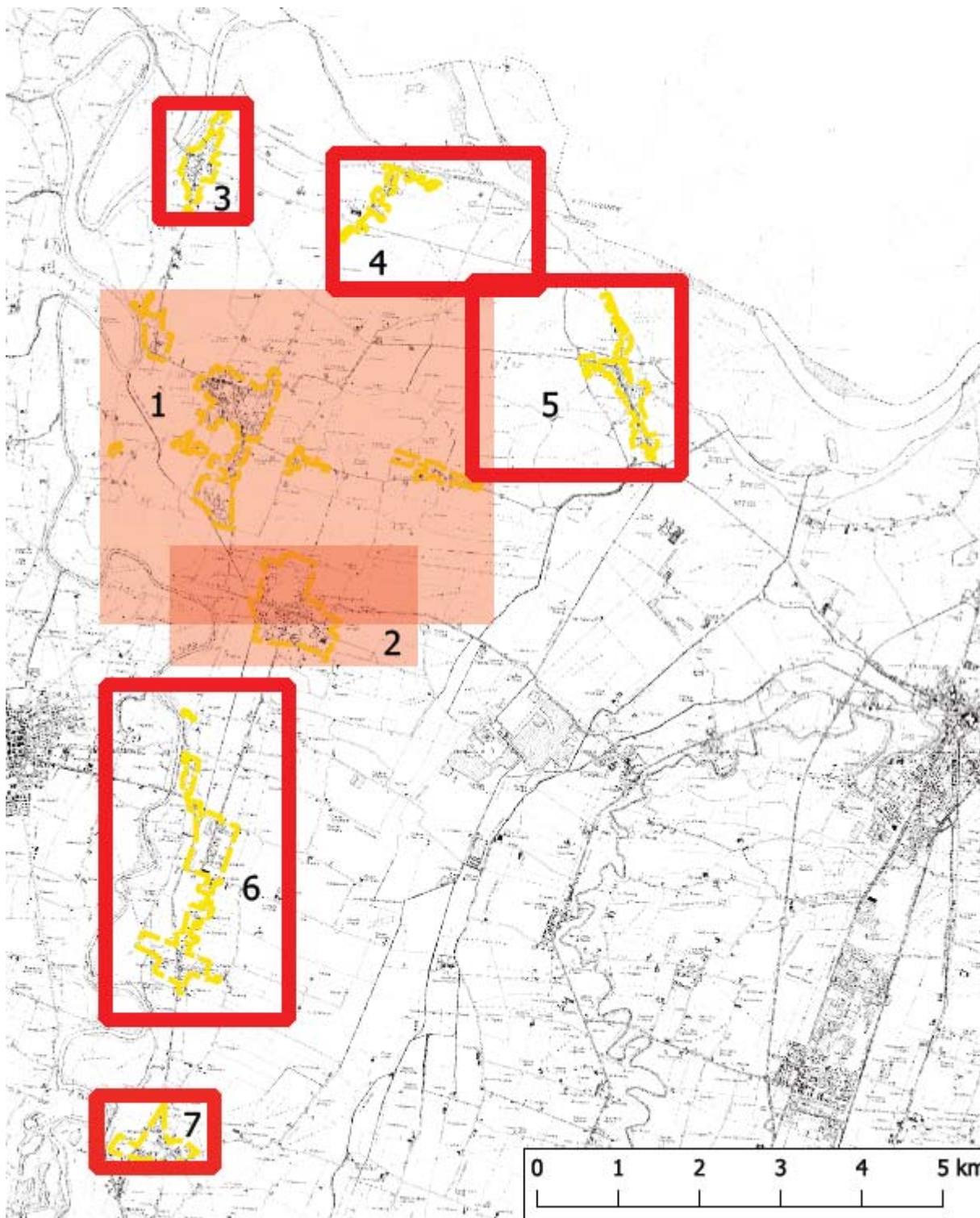
La Carta delle indagini e la Carta geologico tecnica, redatte alla scala 1:10.000 sono state redatte per tutto il territorio comunale e suddivise in due tagli (Nord e Sud), la cui rappresentazione è riportata in Fig. 20



**Fig. 20 – Tagli delle carte redatte per tutto il territorio comunale**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	33 di 58

Tutte le altre cartografie, redatte alla scala 1:5.000, sono sempre rappresentate in due tagli (Fig. 21), ma con riquadri ristretti attorno ai centri abitati.



**Fig. 21 - Tagli delle tavole alla scala 1:5.000**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	34 di 58

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI DI PRIMO E SECONDO LIVELLO

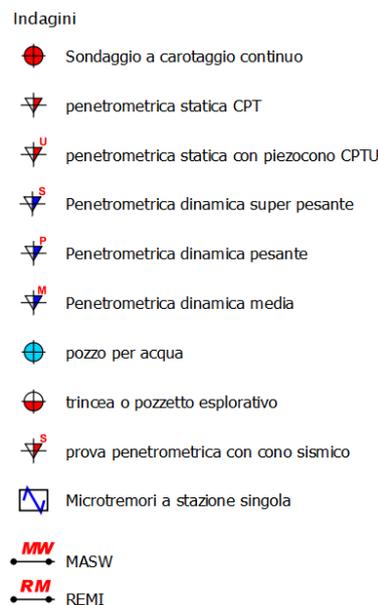
### 8.1 Carta delle indagini

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:

- sondaggio a carotaggio continuo
- prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
- prova penetrometrica statica con piezocono (CPTU)
- prova penetrometrica dinamica super pesante
- prova penetrometrica dinamica pesante
- prova penetrometrica dinamica media
- pozzo per acqua
- trincea o pozzetto esplorativo
- prova penetrometrica statica con piezocono e cono sismico (SCPTU)
- stazione microtremore a stazione singola
- MASW
- REMI

come raffigurato nella legenda riportata in Fig. 22.



**Fig. 22 – Legenda delle Carte delle indagini**

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	35 di 58

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° 145 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 1 prova penetrometrica dinamica superpesante
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche medie
- N° 5 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 16 stazioni di microtremore a stazione singola
- N° 3 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 22 MASW
- N° 1 REMI

Mentre, del database fornito dal Servizio Geologico Regionale sono state utilizzate solo le informazioni stratigrafiche relative a:

- N° 16 pozzi per acqua
- N° 9 prove penetrometriche dinamiche pesanti

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

- N° 6 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:

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	36 di 58

- 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;
- Carta Geologica di Pianura dell’Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- Piano Strutturale Comunale 2008 del Comune di Trecasali – L.R. 24/00 e s.m. “ Norme in materia di territorio, ambiente e infrastrutture – Disposizioni attuative e modificative della L.R. 21 Aprile 1999, N. 3”
- Quadro conoscitivo del Piano Urbanistico Comunale di Sissa – D.C.R. 167/2001 “ Atto di indirizzo e coordinamento tecnico sui contenuti conoscitivi e valutativi dei piani”
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (8.1).

Dalle informazioni raccolte, si osserva che il territorio indagato, in estrema sintesi, presenta le seguenti caratteristiche:

- il primo sottosuolo in tutto il territorio oggetto di studio, fino a profondità normalmente comprese tra 5 e 15/20 m è caratterizzato, dalla presenza di una coltre superficiale di depositi prevalentemente fini (argille e limi);
- nel settore meridionale, al di sotto di tale orizzonte di materiale coesivo, dominano gli orizzonti ghiaiosi della conoide del Taro;
- all’estremità settentrionale del Comune, all’incirca dai 5/10 m da p.c. si osserva la presenza di un banco di sabbie dallo spessore pluridecamentrico, attribuibile alla sedimentazione operata dal fiume Po;
- tale banco si approfondisce man mano che si procede verso sud; nella fascia che interessa i Capoluoghi, infatti, il tetto delle sabbie è presente ad una profondità di circa 10/15 m da p.c, mentre, a Ronco Campo Canneto, intorno a 20 m da p.c.
- tra la zona di cui al punto precedente e quella meridionale si trova un’area di transizione in cui i materiali coesivi ricoprono un livello sabbioso di soli 10 metri che a sua volta sovrasta uno strato prevalentemente ghiaioso.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	37 di 58

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 Taro e del fiume Po e sono state cartografate all'interno della golena degli stessi corsi d'acqua.
- **ML** - *Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi*: interessano la porzione più orientale del territorio comunale, all'interno della quale ricadono, quasi completamente, i Capoluoghi. Sono il risultato di una deposizione in ambiente di piana inondabile.
- **CH** – *Argille inorganiche di alta plasticità*: caratterizzano il settore occidentale del Comune di Sissa Trecasali, in cui la sedimentazione è avvenuta in zone distali dai principali corsi d'acqua (piana inondabile).
- **CL** – *Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille limose*: si tratta di depositi, sempre di piana inondabile, che interessano una porzione di territorio compresa tra le 2 aree in cui sono state cartografate le classi precedenti.
- **GM** – *Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo*: caratterizzano la zona in prossimità del Fiume Taro.

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

- **pi** - piana inondabile;
- **es** - canale.

Inoltre, quali forme di superficie sono stati raffigurati alcuni assi di paleoalvei ripresi dai dati della Regione Emilia-Romagna

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

### 8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati HVSR 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 (40), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore  $F_0$  del picco significativo,

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	38 di 58

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.

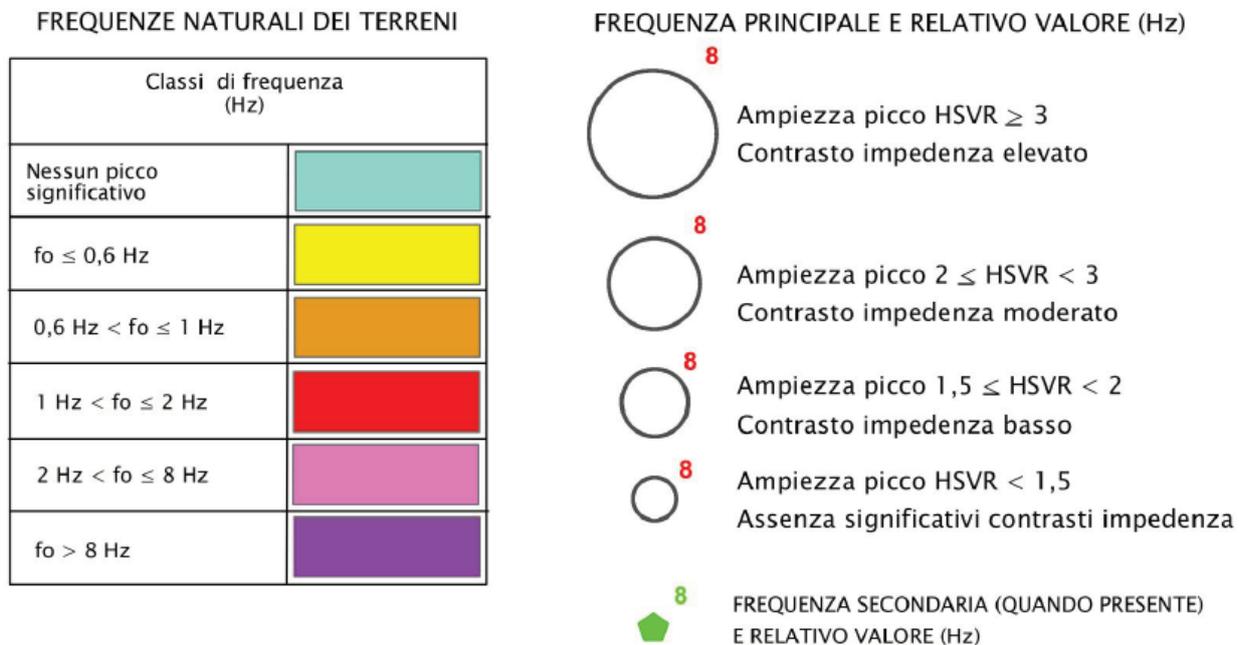
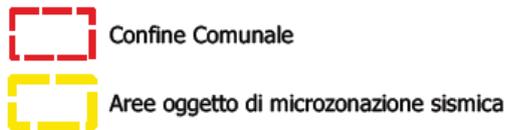
Gli indirizzi tecnici a cui si è fatto riferimento prescrivono, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $F_0 \leq 0,6$  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  $H/V \leq 1,5$ ).

Dalla lettura della Carta delle frequenze naturali dei terreni, si osserva che, in Comune di Sissa Trecasali, predominando le prove appartenenti alle classi  $F_0 > 8$  Hz,  $1 \text{ Hz} < F_0 \leq 2$  Hz e  $F_0 \leq 0,6$  Hz, conseguenza del fatto che, come già anticipato nel capitolo 5, spesso registrano netti aumenti nel profilo delle Vs al passaggio copertura fine/primo orizzonte granulare.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	39 di 58



**Fig. 23 – Legenda della Carta delle frequenze**

### 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.

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza a 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 litostratigrafico e/o morfologico locale.
- 3. 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.

Dalla lettura delle Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Sissa Trecasali, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili.

Invece, come si può osservare nella legenda riportata in Fig. 24, sono state individuate:

- N° 1 TIPOLOGIA DI ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI
- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, con tetto a profondità variabile tra -5/-20 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente ghiaioso. Interessa l'intero abitato di Viarolo.
- N° 5 TIPOLOGIE DI ZONE DI ATTENZIONE PER INSTABILITÀ
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 2, cartografata in corrispondenza della zona settentrionale del territorio comunale, comprende in parte la parte settentrionale degli abitati di Torricella, Gramignazzo, Coltaro, Sissa, Borgonuovo e San Nazzaro. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -5/10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecаметrica.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 3, è la zona che interessa le frazioni di Trecasali, Sissa Sud, Gramignazzo Sud e San Nazzaro Inferiore; è caratterizzata da depositi prevalentemente argilloso-limosi -10/15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecаметrica.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 4, è la zona che interessa il quartiere industriale di Ronco Campo Canneto; i depositi prevalentemente argilloso-limoso sono presenti mediamente fino a -20 m da p.c. e ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecаметrica con possibili lenti ghiaiose.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 5, è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti fino a -15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di circa 10 metri, che a sua volta sovrasta uno strato prevalentemente ghiaioso. Tale zona ricade nell'abitato di Ronco Campo Canneto.
- ZALQ – Zona di attenzione per liquefazioni – Zona 5, interessa la parte orientale del territorio, in particolare l'abitato Sud di Coltaro e Torricella e San Nazzaro Est. La stratigrafia di tale zona si caratterizza per la presenza di depositi argillosi ad alta plasticità, presenti fino a -5/10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecаметrica.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	41 di 58

# Legenda



Confine Comunale



Aree oggetto di microzonazione sismica

## Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

**2001**

Zona 1: Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, con tetto a profondità variabile tra -5/-20 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente ghiaioso

## Zone di attenzione per instabilità

**30502002**

ZALQ: zona di attenzione per liquefazioni - Zona 2  
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -5/-10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica

**30502003**

ZALQ - zona di attenzione per liquefazioni - Zona 3  
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -10/-15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica

**30502004**

ZALQ - zona di attenzione per liquefazioni - Zona 4  
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limoso, presenti mediamente fino a -20 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica con possibili lenti ghiaiose

**30502005**

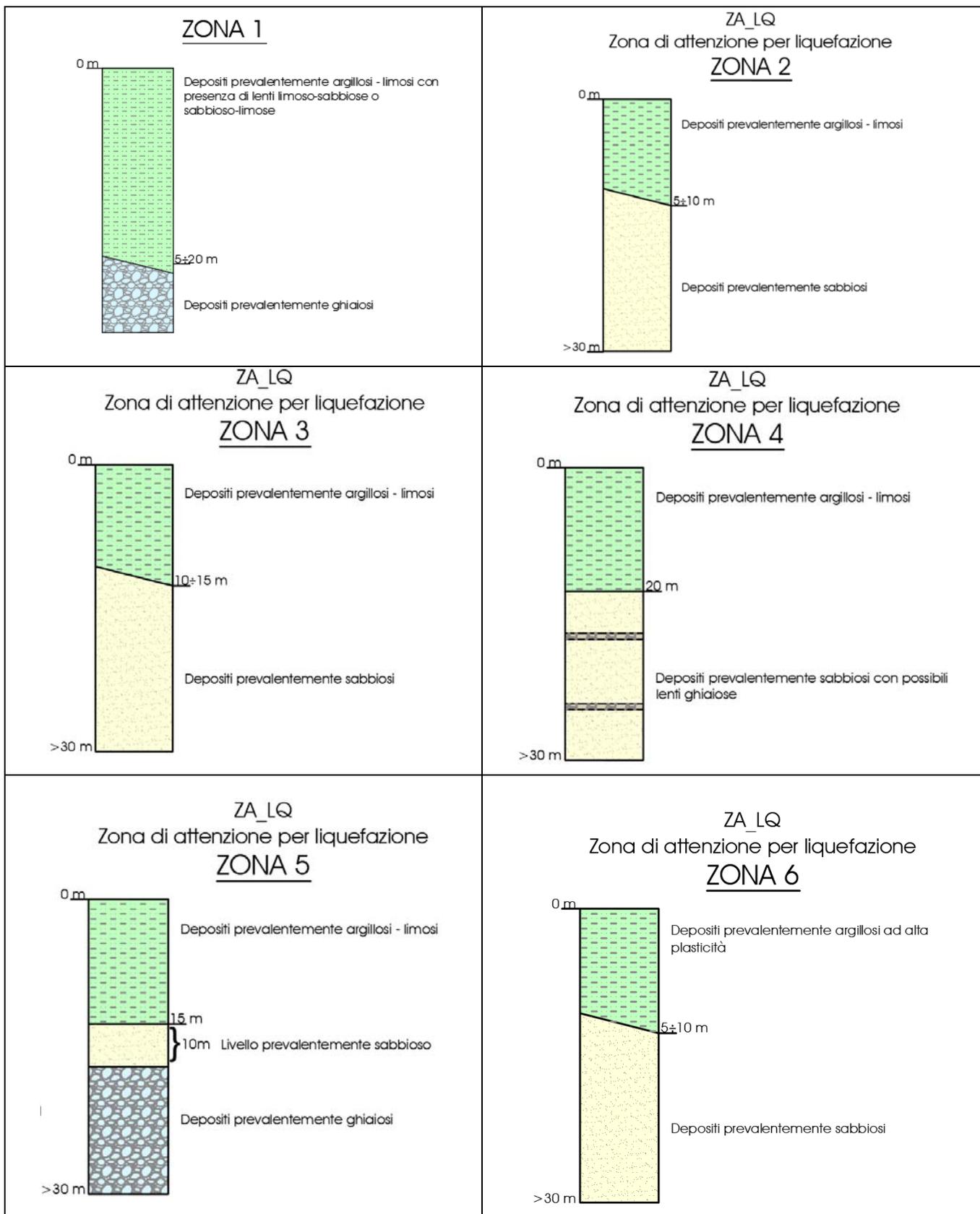
ZALQ - zona di attenzione per liquefazioni - Zona 5  
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argilloso-limosi, presenti mediamente fino a -15 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di circa 10 metri, che a sua volta sovrasta uno strato prevalentemente ghiaioso

**30502006**

ZALQ - zona di attenzione per liquefazioni - Zona 6  
Successione stratigrafica costituita da depositi prevalentemente argillosi ad alta plasticità, presenti mediamente fino a -5/-10 m da p.c., che ricoprono un livello prevalentemente sabbioso di potenza pluridecimetrica

**Fig. 24 - Legenda della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica**

In Fig. 25 sono rappresentati i profili stratigrafici caratteristici delle microzone sopradescritte.



**Fig. 25 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	43 di 58

## 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 o cono sismico) e indicando il corrispondente valore di  $V_{s30}$  o 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*);

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

$h_i$  = 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).

A riguardo, va chiarito che si è indicata la  $V_{sH}$ , e la relativa profondità  $H$ , per la sola Zona 1, laddove le argille sono appoggiate su depositi ghiaiosi ad elevata velocità. In tutte le altre zone si è rappresentata la  $V_{s30}$ , 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.

Nella seguente tabella sono indicati i risultati delle prove tomografiche a cui si è pervenuti limitatamente alle aree oggetto di studio e trascurando le prove pregresse di cui al paragrafo precedente.

Codice_ <i>SoftMs</i>	$V_s$ (m/s)	
	$V_{sH}$	$V_{s30}$
034049P231HVSR231		222
034049P224HVSR224		286
034049P225HVSR225		224
034049P226HVSR226		182

034049P227HVSR227		277
034049P204HVSR204		196
034049P205HVSR205		197
034049P208HVSR208	301	
034049P209HVSR209		224
034049P200HVSR200		266
034049P201HVSR201		278
034049P202HVSR202		236
034049P203HVSR203		283
034049P212HVSR212		154
034049P213HVSR213		169
034049P214HVSR214		176
034049P215HVSR215		278
034049P210HVSR210		202
034049P206HVSR206		188
034049P207HVSR207		206
034049P211HVSR211		181
034049P236HVSR236		212
034049P237HVSR237		288
034049P238HVSR238		180
034049P239HVSR239		221
034049P232HVSR232		185
034049P233HVSR233		187
034049P234HVSR234		207
034049P235HVSR235		205
034049P220HVSR220		173
034049P221HVSR221		261
034049P222HVSR222		242
034049P223HVSR223		191
034049P216HVSR216		278
034049P217HVSR217		162
034049P218HVSR218		163
034049P219HVSR219		224
034049P228HVSR228		291
034049P229HVSR229		224
034049P230HVSR230		185

**Tab. 3 - Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S in Comune di Sissa Trecasali**

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire dei valori di  $V_{s30}$  o di  $V_{sH}$  da assumere per

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	45 di 58

ciascuna MOPS, definita nel paragrafo 8.4, e che sono serviti per calcolare i fattori di amplificazione sismica nel successivo paragrafo 8.6.

Di seguito viene proposta una tabella riepilogativa di tali valori:

ZONA	Vs <sub>30</sub> (m/s)	Vs <sub>H</sub> (m/s)
Zona 1 a Viarolo		300
Zona 2 (di attenzione per liquefazioni) in prossimità dell'abitato Nord di Torricella e Gramignazzo	250	
Zona 2 (di attenzione per liquefazioni) in prossimità dell'abitato Nord di Coltaro, Borgonuovo e Sissa	200	
Zona 3 (di attenzione per liquefazioni)	200	
Zona 4 (di attenzione per liquefazioni)	200	
Zona 5 (di attenzione per liquefazioni)	200	
Zona 6 (di attenzione per liquefazioni)	200	

**Tab. 4 – Tabella riepilogativa delle velocità delle onde di taglio S in Comune di Sissa Trecasali**

Come si può constatare, ma come del resto era da attendersi vista la modesta differenza di velocità tra le argille superficiali e le sabbie, e la sostanziale omogeneità dei depositi, la Vs<sub>30</sub> per le zone da 2 a 6 è sostanzialmente omogenea, con la sola eccezione della parte nord dell'abitato di Torricella e della zona di Gramignazzo.

## 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<sub>0</sub>) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI<sub>0</sub>) per prefissati intervalli di

periodo<sup>4</sup>, 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.

Nello specifico, si sono usate le seguenti tabelle, proposte dagli indirizzi regionali (cfr. aggiornamento del settembre 2015):

- Tabella PIANURA 2, riportata in Tab. 5, sull'intero territorio comunale, quando non è presente un substrato sismico a una profondità inferiore a 50 m e la valutazione del fattore di amplificazione viene fatta considerando la  $V_{s30}$  (cfr. Zona 4 nel paragrafo 8.4)
- Tabelle MARGINE settore A, riportate in Tab. 6, nel solo abitato di Viarolo, dove terreni prevalentemente fini, di spessore inferiore a 30 m, sovrastano orizzonti grossolani (ghiaie), che fungono da substrato sismico e la valutazione del fattore di amplificazione viene fatta considerando la  $V_{sH}$  (cfr. Zone 1, 2 e 3 nel paragrafo 8.4)

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	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. 5 - Tabella utilizzata per la stima dei F.A. nelle Zone 2, 3, 4, 5 e 6 del paragrafo 8.4**

<sup>4</sup> Gli intervalli da considerare sono i seguenti:

$$SI1 : 0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$$

$$SI2 : 0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$$

$$SI3 : 0.5s \leq T_0 \leq 1.5s$$

Ma, a Sissa Trecasali, sono stati calcolati solo F.A. SI1 e F.A. SI2 per l'abitato di Viarolo perché sono state utilizzate le tabelle MARGINE settore A che non consentono di calcolare F.A. SI3

	150	200	250	300	350	400
5	2.3	2.1	1.8	1.5		
10	2.3	2.2	2.0	1.8		
15	2.1	2.1	2.0	1.8		
20	2.1	2.1	2.0	1.9		
25	2.0	2.0	2.0	1.9		
30	1.9	1.9	1.9	1.9		

Margine settore A. Tabella dei Fattori di Amplificazione **PGA**.  
Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400
5	2.2	1.9	1.7	1.6		
10	2.6	2.4	2.0	1.8		
15	2.6	2.5	2.2	1.9		
20	2.5	2.5	2.3	2.0		
25	2.3	2.3	2.2	2.1		
30	2.1	2.1	2.1	2.0		

Margine settore A. Tabella dei Fattori di Amplificazione **SI1**.  
Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400
5	1.8	1.7	1.6	1.6		
10	2.3	2.0	1.8	1.7		
15	3.2	2.6	2.1	2.0		
20	3.5	3.1	2.5	2.1		
25	3.7	3.4	2.8	2.4		
30	3.6	3.5	3.0	2.6		

Margine settore A. Tabella dei Fattori di Amplificazione **SI2**.  
Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{sH}(m/s)$

**Tab. 6 – Tabelle utilizzate per la stima dei F.A. nella Zona 1 nel paragrafo 8.4**

Il calcolo dei singoli fattori di amplificazione è stato effettuato considerando la profondità del substrato già definita, per ciascuna microzona, nel paragrafo 8.4; per quanto concerne le velocità, sono stati assunti i valori indicati nel paragrafo 8.5, Tab. 4.

Conseguentemente, per gli areali oggetto di microzonazione sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella (Tab. 7):

ZONA	F.A. PGA	F.A. SI1	F.A. SI2	F.A. SI3
Zona 1 a Viarolo	1.9	2.0	2.1	
Zona 2 (di attenzione per liquefazioni) in prossimità dell'abitato Nord di Torricella e Gramignazzo	1.7	1.9	2.7	2.9
Zona 2 (di attenzione per liquefazioni) in prossimità dell'abitato Nord di Coltaro, Borgonuovo e Sissa	1.7	2.0	3.0	3.3
Zona 3 (di attenzione per liquefazioni)	1.7	2.0	3.0	3.3
Zona 4 (di attenzione per liquefazioni)	1.7	2.0	3.0	3.3
Zona 5 (di attenzione per liquefazioni)	1.7	2.0	3.0	3.3
Zona 6 (di attenzione per liquefazioni)	1.7	2.0	3.0	3.3

**Tab. 7 - Valori dei fattori di amplificazione sismica**

Come si può constatare dalla Tab. 7 soprastante, per la Zona 1 di Viarolo non è stato indicato (e, ovviamente, non è stato rappresentato in Tavola) il fattore di amplificazione SI3, poiché gli indirizzi regionali non prevedono un abaco relativo a tale fattore per le zone MARGINE settore A.

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

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

Nelle stesse carte le zone di attenzione per liquefazione, per le quali sono richiesti approfondimenti di terzo livello, sono state cartografate a parte, 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 dove non sono presenti elevati contrasti d'impedenza (che, di solito, si osservano al passaggio a livelli prevalentemente ghiaiosi).

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.

Considerate le peculiari caratteristiche litostratigrafiche rilevate, per tale analisi, sono stati utilizzati due diversi approcci: dove la successione stratigrafica, fino ad oltre 50 m da p.c., è costituita da depositi con caratteristiche sismiche simili (argille, limi e sabbie) si è considerata la velocità delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo ( $V_{s30}$ ); nella porzione di territorio più a Sud, più precisamente in prossimità dell'abitato di Viarolo, invece, si è ragionato in termini di profondità (H) e velocità delle onde di taglio ( $V_{sH}$ ) nello strato soprastante quello che "potrebbe" rappresentare un *bedrock* sismico.

Si è così evidenziato, come aspetto più significativo, che tutte le zone indagate presentano fattori di amplificazione in termini di Intensità di *Housner* ( $S_I/S_{I0}$ ) moderati ( $\leq 2.0$ ), per intervalli di periodo proprio  $T_0$ . Ad esempio, per i Capoluoghi di Sissa e Trecasali, si è calcolato che F.A.  $S_I$  è uguale a 1.7 nell'intervallo  $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ .

In linea di massima tali fattori sono pressochè costanti sebbene valori leggermente più alti si riscontrino in prossimità della parte meridionale del territorio comunale dove, come già presentato nei paragrafi precedenti, è presente un banco di ghiaie più superficiale conseguenza dei processi deposizionali del Fiume Taro.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	50 di 58

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 Fa 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, in Comune di Sissa Trecasali, sono presenti zone suscettibili 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 2, Zona 3, Zona 4, Zona 5 e Zona 6 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.

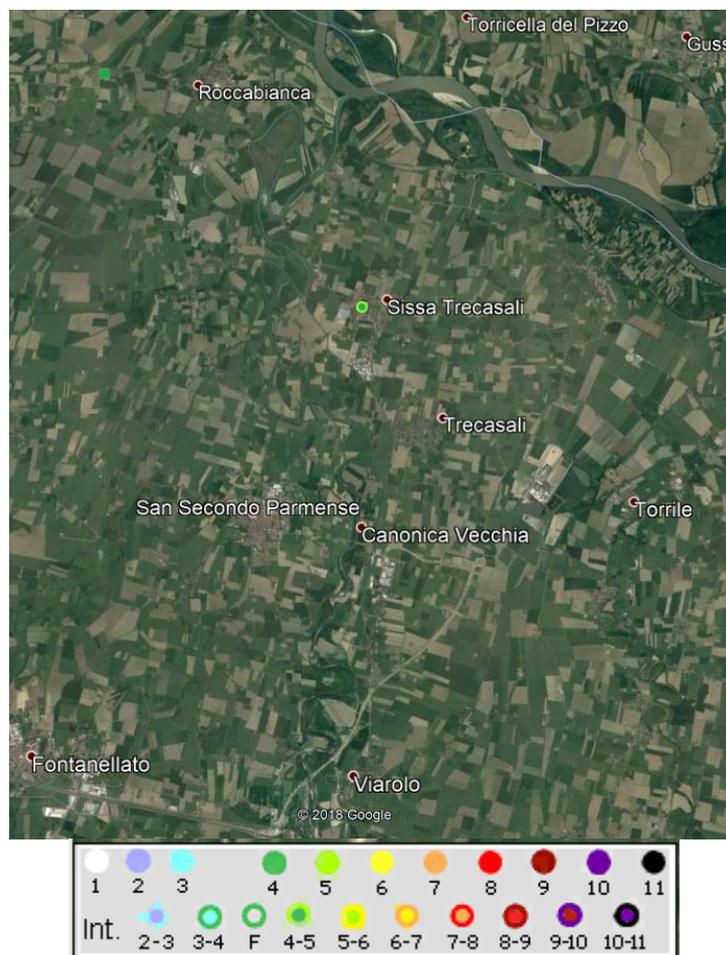
 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	51 di 58

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

In Comune di Sissa Trecasali, 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 Sissa Trecasali e nel suo intorno, in termini di intensità I(MCS), dai terremoti più forti che hanno colpito la zona, ovvero:

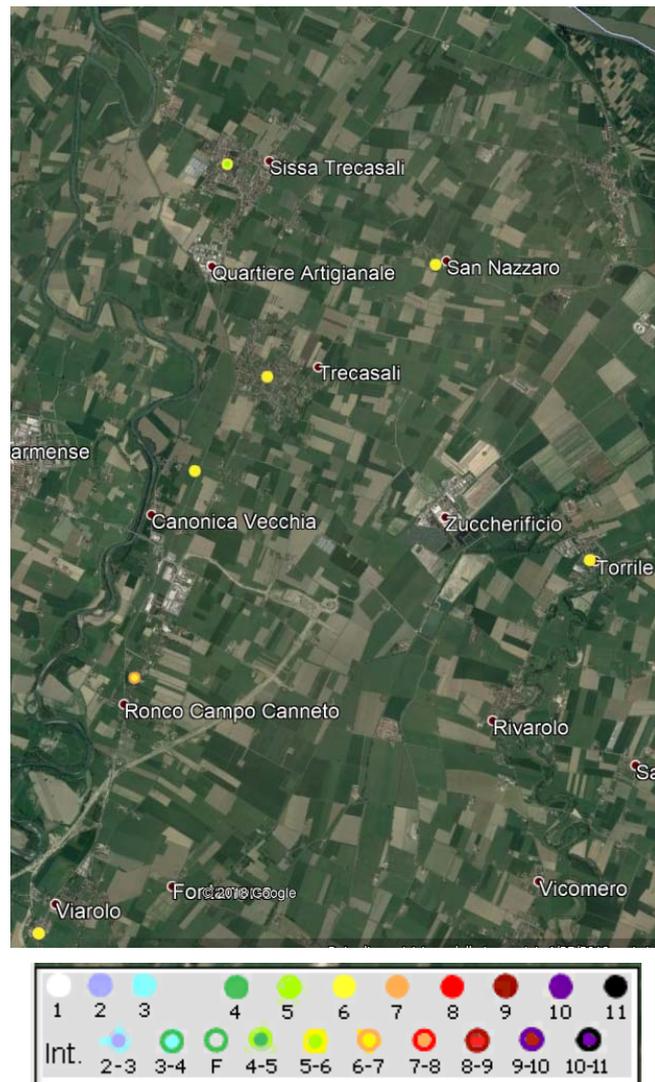
- Il terremoto del 4 Marzo 1898, con epicentro nel Parmense (cfr. Fig. 27)
- Il terremoto del 15 luglio 1971, con epicentro nel Parmense (cfr. Fig. 28)
- il terremoto del 9 novembre 1983, con epicentro nel Parmense (cfr. Fig. 29)



**Fig. 27 – Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), a Sissa Trecasali e zone limitrofe del sisma del 4 Marzo 1898 con epicentro nel Parmense**



**Fig. 28 – Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), a Sissa TreCasali e zone limitrofe del sisma del 15 luglio 1971 con epicentro nel Parmense**



**Fig. 29 - Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), a Sissa Trecasali e zone limitrofe del sisma del 9 novembre 1983 con epicentro nel Parmense**

Da tali figure si osserva che, a parità di terremoto, i danni censiti non dipendono solo dalla distanza dall’epicentro. Detto ciò non è possibile fare alcuna ipotesi relativa alla zonazione sismica, perché si tratta di informazioni limitate.

**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](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., Madiati 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., Compagnoni M., Fioravante V. e Giretti D. (2014) Analysis of the local seismic hazard

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	55 di 58

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 Infra-regionale 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

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	56 di 58

- 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

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Gennaio 2019	1	57 di 58

## 11. ALLEGATI

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

Elaborato 1.1	Carta delle indagini 1/2	scala 1:10.000
Elaborato 1.2	Carta delle indagini 2/2	scala 1:10.000
Elaborato 2.1	Carta geologico tecnica	scala 1:10.000
Elaborato 2.2	Carta geologico tecnica 2/2	scala 1:10.000
Elaborato 3.1	Carta delle frequenze naturali dei terreni 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 3.2	Carta delle frequenze naturali dei terreni 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 4.1	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 4.2	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 5.1	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 5.2	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.a.1	Carta di microzonazione sismica - $FA_{PGA}$ 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.a.2	Carta di microzonazione sismica - $FA_{PGA}$ 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.b.1	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$ 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.b.2	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,1-0,5\ s}$ 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.c.1	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$ 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.c.2	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,0\ s}$ 2/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.d.1	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,5\ s}$ 1/2	scala 1:5.000
Elaborato 6.d.2	Carta di microzonazione sismica - $FA_{IS\ 0,5-1,5\ s}$ 2/2	scala 1:5.000

Inoltre, alla presente relazione, sono allegati:

Elaborato 7	Prove penetrometriche
Elaborato 8	Prove HVSR