



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 Langhirano



<p>Regione Emilia-Romagna</p>	<p>Soggetto realizzatore  <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY www.engeo.it</p> <p>Direzione tecnica Dott. Geol. Carlo Caleffi Dott. Geol. Francesco Cerutti</p> <p>Collaboratori Dott. Geol. Matteo Baisi Dott. Geol. Domenico Bianco Dott. Geol. Alessandro Ferrari Dott.ssa Giulia Mainardi Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi</p>	<p>Data Settembre 2017</p>
-----------------------------------	--	--------------------------------

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

## INDICE

1.	Introduzione .....	2
2.	Definizione della pericolosità di base e degli eventi di riferimento .....	5
2.1	Zonizzazione sismogenetica .....	5
2.2	Sismicità del territorio .....	6
2.3	Classificazione sismica comunale .....	8
2.4	Pericolosità sismica .....	10
3.	Assetto geologico e geomorfologico dell'area .....	13
3.1	Geologia .....	13
3.2	Geomorfologia .....	23
4.	Dati geotecnici e geofisici .....	25
5.	Modello del sottosuolo .....	27
6.	Interpretazioni e incertezze .....	29
7.	Metodologie di elaborazione e risultati .....	31
8.	Elaborati cartografici .....	33
8.1	Carte delle indagini .....	33
8.1.1	Langhirano .....	34
8.1.2	Casatico .....	34
8.1.3	Giarreto e Pastorello .....	34
8.1.4	Pilastro .....	35
8.1.5	Riano e Le Bore .....	35
8.1.6	Strognano .....	36
8.1.7	Tabbiano e Costa di Castrignano .....	36
8.1.8	Torrechiara .....	36
8.2	Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica .....	37
8.2.1	Langhirano .....	38
8.2.2	Casatico .....	40
8.2.3	Giarreto e Pastorello .....	40
8.2.4	Pilastro .....	42
8.2.5	Riano e Le Bore .....	42
8.2.6	Strognano .....	45
8.2.7	Tabbiano e Costa di Castrignano .....	45
8.2.8	Torrechiara .....	45
8.3	Carte delle frequenze naturali dei terreni .....	48
8.4	Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica .....	50
8.5	Carte delle velocità delle onde di taglio S .....	55
8.6	Carte di microzonazione sismica .....	58
8.7	Commenti finali e criticità .....	61
9.	Confronto della distribuzione dei danni degli eventi passati .....	63
10.	Bibliografia .....	66
11.	Allegati .....	68

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	1 di 68

## 1. INTRODUZIONE

Nel presente documento vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello *Studio di microzonazione sismica del Comune di Langhirano*, effettuato su incarico dell'Unione Montana Appennino Parma Est (cfr. Determinazione n° 25 del 30/01/2017) e finanziato con Ordinanza Presidenza Consiglio Ministri 26 ottobre 2015 n. 293 "Attuazione dell'articolo 11 del Decreto legge 28 aprile 2009 n° 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n° 77. Contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico per l'anno 2014 (G.U. n° 257 del 4.11.2015).

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

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

Lo studio ha comportato l'acquisizione di dati pregressi oltre all'esecuzione di una campagna d'indagini, costituita da 30 prove tomografiche.

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

- Allegato A2 "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica e analisi della condizione limite per l'emergenza, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 293/2015 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 14 dicembre 2015" della deliberazione di Giunta regionale n. 573 del 28/04/2016 "O.C.D.P.C. 26 Ottobre 2015, N. 293 - Annualità 2014 - Criteri per l'attribuzione di contributi per la realizzazione di interventi di riduzione del rischio sismico in edifici pubblici strategici e rilevanti, in edifici privati e per studi di microzonazione sismica, di cui all'art. 2, comma 1, lettere A), B) E C). Modalità di concessione e liquidazione dei contributi (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. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	2 di 68

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

- Allegato A della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2.5.2007: Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art.16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", 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")

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

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

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

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

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

Quali aree oggetto di studio è stato preso in esame il territorio urbanizzato e urbanizzabile, definito in accordo con l'Amministrazione Comunale, in corrispondenza di tutti i centri abitati principali, in cui sono stati reperiti dati geognostici in numero sufficiente da consentire una zonazione del territorio, ovvero:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	3 di 68

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

- Langhirano
- Casatico
- Giarreto e Pastorello
- Pilastro
- Riano e Le Bore
- Strognano
- Tabbiano e Costa di Castrignano
- Torrechiara

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 D della delibera regionale e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica).

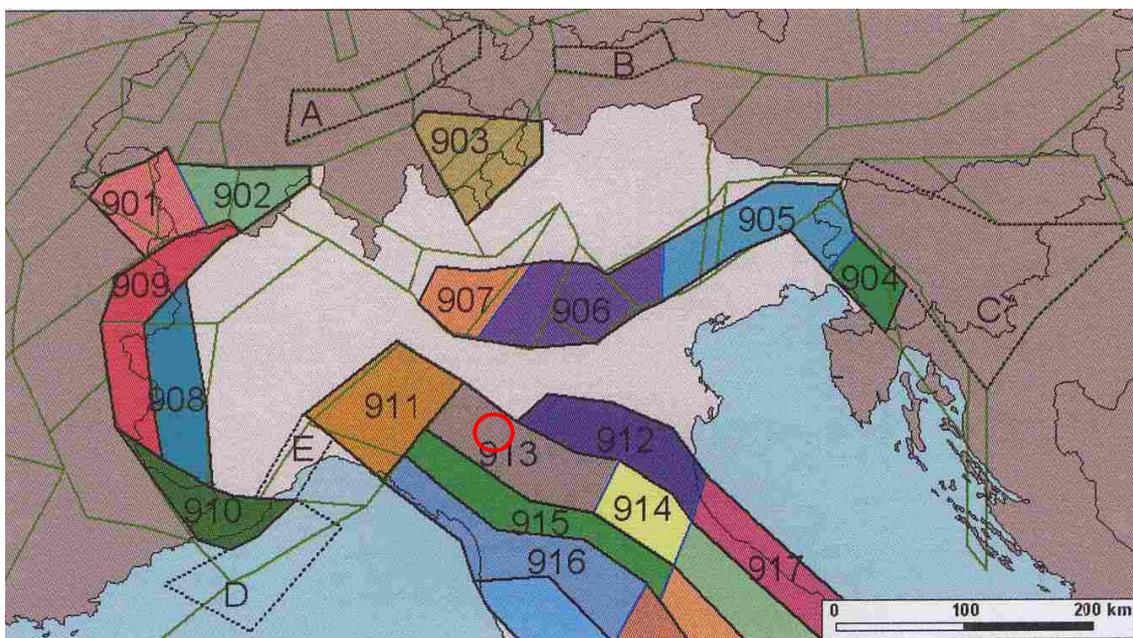
L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito software: "MS – SoftMS" nella versione 4.0.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	4 di 68

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

### 2.1 Zonizzazione sismogenetica

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (I.N.G.V.), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata “ZS9” (cfr. Fig. 1), a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004, che prevede una suddivisione in 36 zone, i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.). Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.



**Fig. 1 - Stralcio della zonizzazione sismogenetica ZS9**

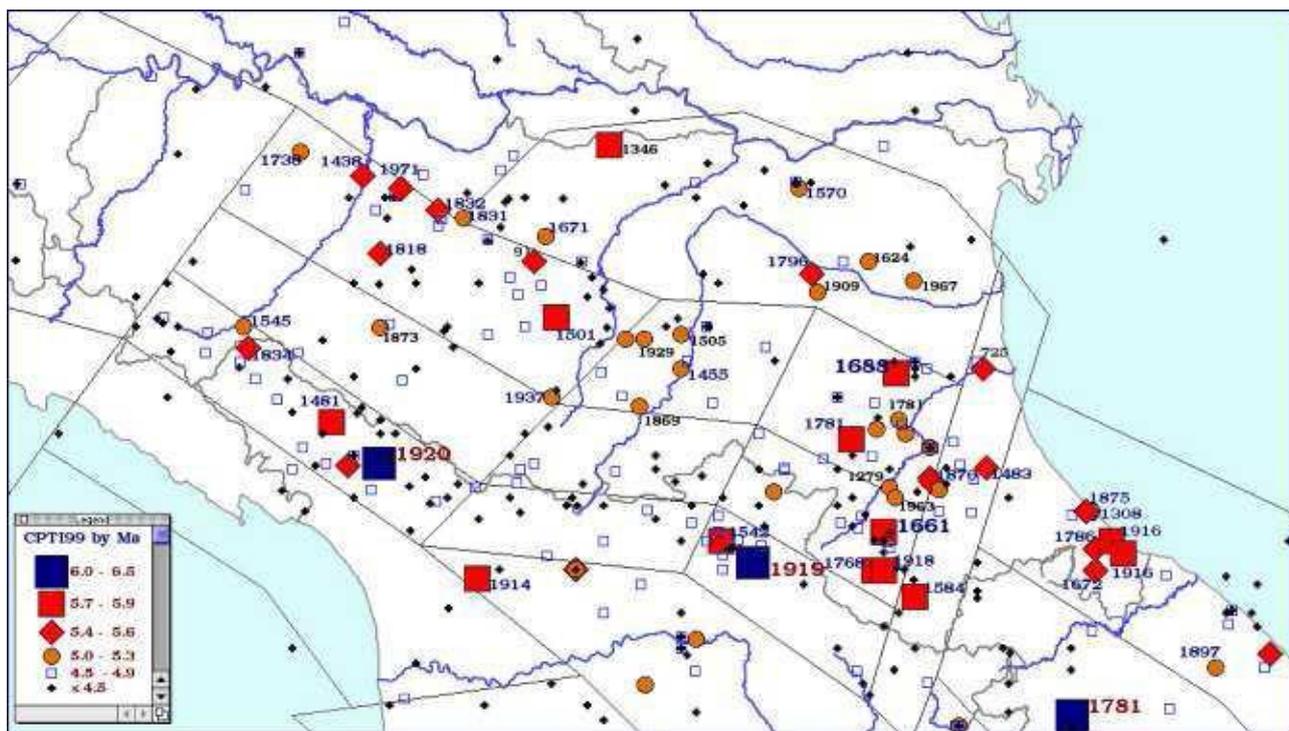
Più specificatamente, il territorio di studio ricade nella Zona Sismogenetica “913”, caratterizzata da terremoti di magnitudo medio – bassa, originati da movimenti prevalentemente compressivi NW con meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture sepolte attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km ed i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a  $M_{wmax} = 5,91$ .

Le Zone 913 e 915 fanno parte di uno dei sistemi di maggior rilascio di energia dell'Appennino settentrionale; esse corrispondono con il settore più interno della catena

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	5 di 68

appenninica, generalmente interessato da importanti faglie primarie e relative zone sismogenetiche. Tali faglie nella zona toscana più prossima all'area di studio, immergono verso NE.

A corredo degli studi di zonizzazione sono stati raccolti ed analizzati quasi 2.500 terremoti, spalmati sugli ultimi 1000 anni, limitatamente agli eventi contraddistinti da intensità epicentrale pari ad almeno il V-VI della scala MCS.



**Fig. 2 - Principali terremoti in Emilia -Romagna dall'anno 1.000 d.c. al 1990 con indicazione della magnitudo**

## 2.2 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 comunale è stata dedotta dal database DBMI15 utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15)<sup>1</sup> aggiornato al

<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>

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	6 di 68

2014, nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative all'abitato di Langhirano.

Essa è riassunta nella Tab. 1, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito (Int.), 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
6-7	1818	12	09	18	55		Parmense	26	7	5.24
4	1886	10	15	02	20		Collecchio	44	6	4.70
4-5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
4	1891	06	07	01	06	1	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
2-3	1893	10	20	20	15		Appennino parmense	25	4-5	4.04
3-4	1895	05	12	20	29		Reggiano	13	4-5	3.98
NF	1895	05	18	19	55	1	Fiorentino	401	8	5.50
7	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1904	06	10	11	15	2	Frignano	101	6	4.82
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
6	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
NF	1921	05	07	06	15		Lunigiana	19	6	4.64
4	1921	11	29	12	04		Val di Taro	10	4	4.15
4	1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
4	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
3	1930	05	24	22	02		Appennino tosco-emiliano	43	5	4.91
NF	1937	09	17	12	19	0	Parmense	34	7	4.77
F	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27
4	1961	08	13	22	34	1	Parmense	22	5-6	4.37
3	1967	04	03	16	36	1	Reggiano	45	5	4.44
3-4	1967	05	15	10	03	3	Appennino reggiano	2	4	4.07
4-5	1970	05	03	04	17	4	Parmense	3	4	4.08
6-7	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
5	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
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
3-4	1988	03	15	12	03	1	Reggiano	160	6	4.57
NF	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
4-5	1996	10	15	09	55	5	Pianura emiliana	135	7	5.38
NF	1996	12	16	09	09	5	Pianura emiliana	115	5-6	4.06
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	19	22	11	1	Frignano	52	3	4.03
3	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
6	2008	12	23	15	24	2	Parmense	291	6-7	5.36

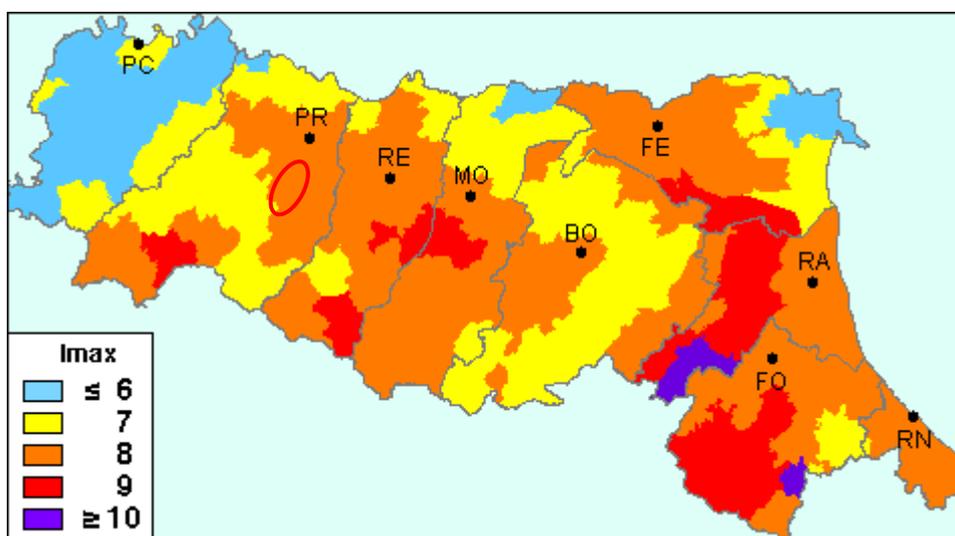
**Tab. 1 - Massimi eventi sismici verificatisi nel Comune di Langhirano**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	7 di 68

Dalla lettura di Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito a Langhirano si è verificato il 4 Marzo 1898 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 Langhirano è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari all'VIII grado della scala MCS.



**Fig. 3 - Carta della massima intensità macrosismica in Emilia Romagna**

### 2.3 Classificazione sismica comunale

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

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

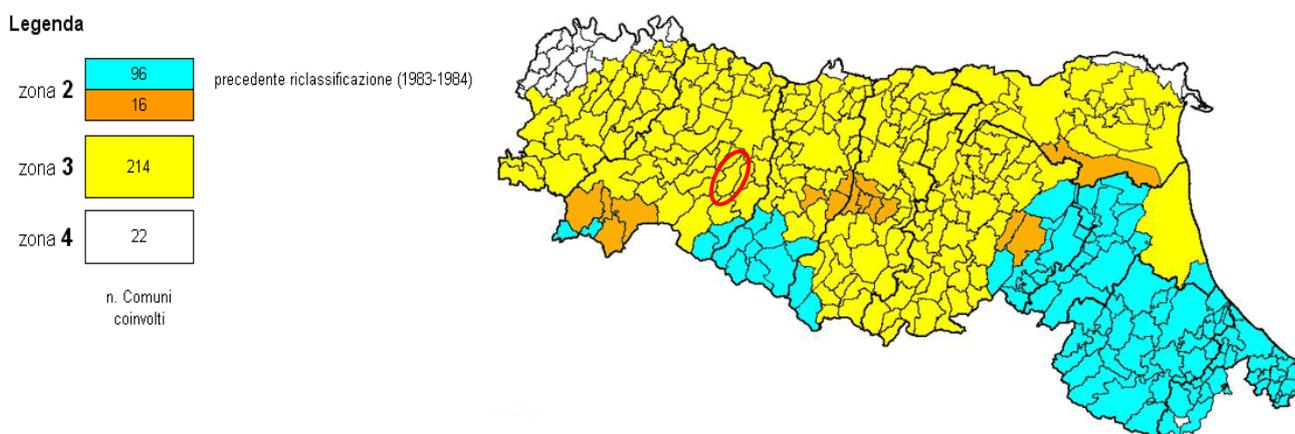
Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (ag) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Tab. 2), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale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

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	8 di 68

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

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

La classificazione vigente, identifica il Comune di Langhirano in zona 3 (Fig. 4), 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).



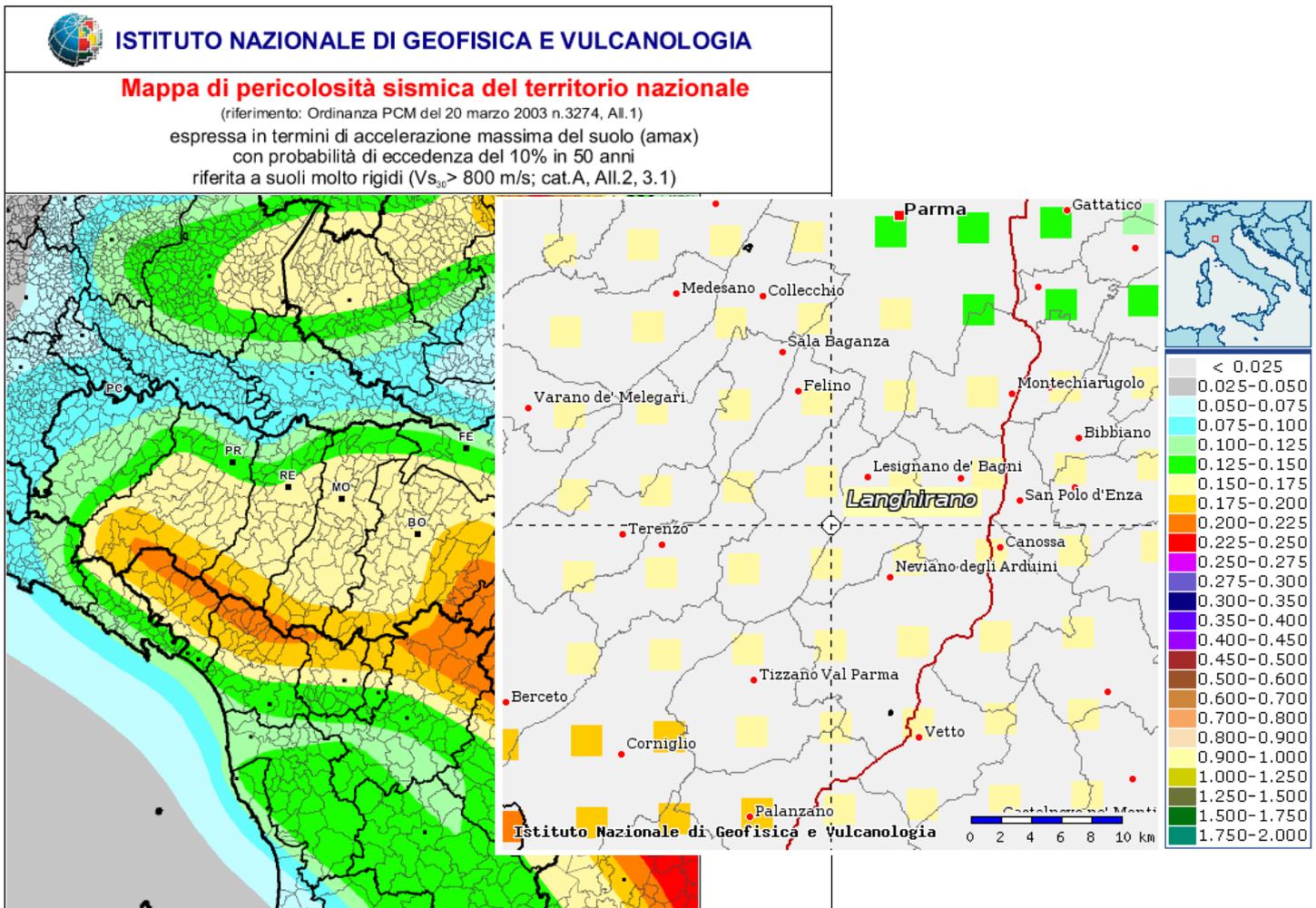
**Fig. 4 - Nuova classificazione sismica regionale dei Comuni dell'Emilia Romagna**

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su 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 la fascia territoriale in oggetto, valori di accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni compresi tra:  $ag = 0,150/0,175$  g (ricavato dalle mappe interattive di pericolosità sismica dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia - INGV. Fig. 5).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	9 di 68



**Fig. 5 – Mappa di pericolosità sismica ricavata dal sito dell'Istituto di Geofisica e Vulcanologia**

**2.4 Pericolosità sismica**

Il Rischio Sismico è espresso quantitativamente, in funzione dei danni attesi a seguito di un terremoto, in termini di perdite di vite umane e di costo economico dovuto ai danni alle costruzioni ed al blocco delle attività produttive.

Esso è determinato dalla convoluzione probabilistica  $Rischio = f [(PB \cdot PL) \cdot (V \cdot E)]$  dei seguenti tre fattori: Pericolosità, Vulnerabilità ed Esposizione.

La pericolosità sismica di un'area dipende dalle caratteristiche sismiche (sorgenti sismogenetiche, energia, tipo e frequenza dei terremoti) e da aspetti locali (geomorfologia e stratigrafia), in tal senso è suddivisibile in una pericolosità di base (PB) e in una pericolosità locale (PL).

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	10 di 68

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

La prima, peraltro illustrata nei paragrafi precedenti, consiste nella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verifichino forti terremoti che possono provocare danni.

La pericolosità sismica di base di una zona, in senso lato, è determinata dalla frequenza con cui avvengono i terremoti e dall'intensità che raggiungono.

Tale dato, in senso probabilistico, è la probabilità che un valore prefissato di pericolosità, espresso da un parametro di moto del suolo (quale ad es. l'accelerazione massima PGA o il grado di intensità macrosismica), venga superato in un dato sito entro un fissato periodo di tempo.

Le caratteristiche sismiche, comunemente indicate come componenti della pericolosità sismica di base, sono quelle considerate per definire la zonazione della classificazione sismica nazionale.

La classificazione nazionale esprime la sismicità di un'area sulla base dei terremoti avvenuti in epoca storica e della distanza dalle potenziali sorgenti sismogenetiche, senza però considerare le caratteristiche locali del territorio che possono modificare il moto sismico atteso.

La pericolosità locale è influenzata dalla presenza di alcune tipologie di depositi e forme del paesaggio che possono amplificare il moto sismico in superficie favorendo fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione (effetti locali).

Nella determinazione del rischio sismico interviene pertanto, oltre alla pericolosità sismica di base (frequenza e intensità dei terremoti), anche l'assetto geologico-morfologico al contorno.

A parità di pericolosità, un'area densamente popolata e caratterizzata da costruzioni poco resistenti al terremoto avrà un rischio elevato, mentre un'area deserta avrà rischio nullo.

Pertanto elevata pericolosità sismica non significa necessariamente elevato rischio sismico, ma, per le ragioni sopra riportate, risulta possibile anche il verificarsi della relazione contraria.

In tal senso una suddivisione del territorio, operata sulla base della diversa risposta sismica del terreno, assume un importante ruolo nel processo di pianificazione territoriale e urbanistica come strumento di prevenzione e mitigazione del rischio sismico, individuando aree a diversa pericolosità sismica.

Tale operazione è particolarmente efficace se applicata a partire dalle prime fasi della pianificazione territoriale e urbanistica (PTCP e PSC), attraverso la realizzazione di cartografia di analisi e apparati normativi, che sostengano l'obiettivo comune di indirizzare le scelte di pianificazione verso ambiti a minore rischio sismico.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	11 di 68

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

Ai sensi dell'art.A-2 comma 4 della L.R. 20/2000 "Disciplina Generale sulla Tutela e uso del Territorio *"nei territori regionali individuati come zone sismiche, ai sensi dell'art. 145 della L.R. n. 3 del 1999, gli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica concorrono alla riduzione ed alla prevenzione del rischio sismico, sulla base delle analisi di pericolosità, vulnerabilità ed esposizione"*.

L'art.37 della L.R. 31/2002 Disciplina Generale dell'Edilizia e s.m.i. indica che nelle zone sismiche il parere di compatibilità degli strumenti di pianificazione riguarda le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"*; il punto 9.3 della circolare n.6515 del 21/3/2003, sull'applicazione di alcune disposizioni della L.R. 31/2002 chiarisce che le *"condizioni di pericolosità locale degli aspetti fisici del territorio"* sono tutti gli aspetti fisici del territorio che influiscono sulla pericolosità locale, quali le caratteristiche geologiche, geomorfologiche, geotecniche e idrogeologiche che possono determinare instabilità dei versanti, effetti di amplificazione del moto sismico, addensamento e liquefazione.

Si segnala inoltre che, a seguito dell'entrata in vigore del D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni", preceduto dal D.M. 14.9.2005 (pubblicato sul Supplemento Ordinario n.159 alla Gazzetta Ufficiale n.222 del 23 settembre 2005 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"), sono richiesti specifici studi per la valutazione della risposta sismica locale ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto (punto 3.2.1).

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	12 di 68

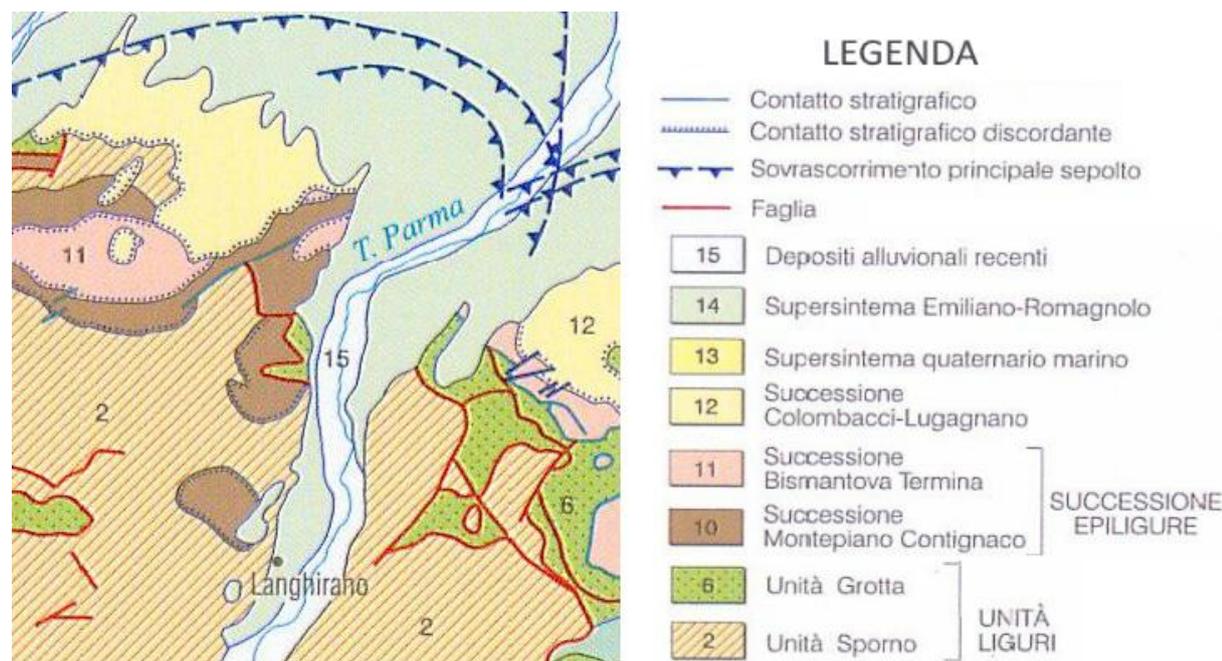
### 3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

#### 3.1 Geologia

Nel Comune di Langhirano si distinguono due settori con caratteristiche molto differenti: la zona collinare, posta più a sud, principalmente destinata all'uso agricolo e in cui ricadono solo centri abitati di piccole dimensioni, e la zona di pianura, densamente urbanizzata, che si estende nella porzione settentrionale e sul confine orientale, in adiacenza al torrente Parma.

Sulla fascia collinare risultano affioranti o sub-affioranti le unità liguri ed epiliguri che si affacciano sulla Pianura Padana e che si immergono sotto la successione terrigena quaternaria (cfr. Fig. 6).

Questa 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.



**Fig. 6 - Schema strutturale del settore di territorio in cui ricade il Comune di Langhirano (da Foglio 199 "Parma Sud" della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000)**

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 (Supersistemi secondo la terminologia delle U.B.S.U.) denominate come segue:

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	13 di 68

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

- Supersistema del Quaternario Marino, costituito da terreni paralici e marini depositi tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore.
- Supersistema Emiliano-Romagnolo, costituito da depositi di ambiente continentale depositi a partire da 800.000 anni BP, a sua volta suddiviso in 2 sistemi: l'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore (AEI) databile tra gli 800.000 e i 450.000 anni BP (Pleistocene medio) e quella Emiliano-Romagnola Superiore (AES), di età Pleistocene medio-Olocene.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore 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)

Tutta la porzione settentrionale e occidentale del Comune di Langhirano ricade all'interno del sistema deposizionale di pianura pedemontana ad alimentazione appenninica.

Il sistema deposizionale della Pianura pedemontana è caratterizzato da depositi prevalentemente ghiaiosi nelle aree attigue e contigue dei corsi d'acqua principali e limi e/o argille prevalenti o, comunque, più abbondanti nelle aree perfluviali d'interconoide.

Il rapporto tra materiali grossolani e fini, elevato nella zona di alta pianura, decresce linearmente procedendo verso valle e verso le zone più interne delle aree perfluviali (zone d'interconoide), fino a valori medi, generalmente superiori all'unità.

I sedimenti sono organizzati in grandi sistemi di conoide alluvionale, dove le litologie grossolane (ghiaie e sabbie) costituiscono estesi corpi tabulari, interdigitati da cunei di materiali essenzialmente fini (limi e argille).

In altri termini la "Pianura pedemontana" è il frutto della coalescenza dei sistemi di conoide alluvionale e delle zone d'interconoide.

Nel complesso i depositi superficiali, nella ***fascia di pianura*** del territorio comunale di Langhirano, corrispondono ai *Depositi alluvionali in evoluzione* dell'alveo del torrente Parma (ghiaie, talora embriciate, sabbie e subordinati limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale, detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	14 di 68

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

matrice sabbiosa) o sono relativi al SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE della **Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano** e, in particolare, ai seguenti tre Subsistemi (dal più recente al più antico):

*Subsistema di Ravenna (pleistocene superiore-olocene)*

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 metri. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m. Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie deposizionale, per gran parte relitta, corrispondente al piano topografico, mentre il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sugli altri subsistemi e sulle unità più antiche.

Su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno del Subsistema di Ravenna, viene distinta l'unità di Modena.

*Unità di Modena*

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. L'unità di Modena è sedimentata nell'intervallo temporale 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. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di centimetri).

*Subsistema di Villa Verucchio (pleistocene superiore)*

Vengono distinte le 2 unità:

*Unità di Vignola*

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi del reticolo idrografico secondario. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino ad 1.5-2.0 m. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m.

*Unità di Niviano*

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e può raggiungere i 4÷5 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo è di circa 15 metri.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	15 di 68

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

Passando alla ***fascia collinare***, affiorano le seguenti unità:

### **Successione Neogenico-Quaternaria del Margine Appenninico Padano**

#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE

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

Ghiaie e ghiaie sabbioso-argillose prevalenti: depositi alluvionali di conoide ghiaiosa; sabbie e limi argillosi, con subordinati livelli di ghiaie, localmente stratificati: depositi di interconoide. Presentano comunemente un livello fine di spessore metrico alla base dell'unità. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 6÷7 m di profondità. Alla sommità dell'intervallo fine delle aree terrazzate si rinvencono manufatti del Paleolitico medio. Il contatto di base è erosivo e discordante. Lo spessore è variabile da alcuni metri a 55 metri circa.

#### SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO INFERIORE

##### SINTEMA DI COSTAMEZZANA (Pleistocene inferiore)

E' costituito grossolanamente da 3 associazioni di facies, sovrapposte ciclicamente e giustapposte, che individuano, nel complesso, un prisma sedimentario costiero con tendenza regressiva e progradante verso nord, nord-ovest.

1. Sabbie e ghiaie argillose in strati spessi, frequentemente gradati e amalgamati, con intercalati livelli argillosi sottili, discontinui, biancastri, sterili, alternate a banconi argilloso-limosi con livelli ricchi in resti vegetali lignitizzati: depositi prossimali di delta-conoide.
2. Sabbie medio-fini in strati sottili e medi con laminazione piano-parallela oppure di tipo *hummocky*, intercalate a limi argillosi verdi, debolmente bioturbati, contenenti talora macrofaune oligotipiche: depositi lagunari.
3. Sabbie, sabbie ghiaiose e subordinatamente ghiaie ciottolose in strati massivi o con una gradazione diretta poco sviluppata e comunque sovente mascherata dalle frequenti amalgamazioni tra strati successivi che possono inglobare clasti pelitici di dimensioni anche metriche. Frequenti anche la stratificazione obliqua a grande scala e le laminazioni trattive. La matrice delle ghiaie è costituita sempre da sabbia medio grossolana: depositi di delta-conoide ad alta energia fluviale e marina.

Il contatto di base è erosivo o netto e discordante. Lo spessore complessivo varia da 0 a 400 m circa.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	16 di 68

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

### SINTEMA DEL TORRENTE STIRONE (Pliocene superiore-Pleistocene inferiore)

Unità costituita da depositi paralicci e marini che si compone di due *litofacies*, una pelitica e una sabbiosa (assente nelle porzioni di territorio raffigurate negli elaborati 2.a e 2.b) in parte eteropiche. Il limite basale è netto e discordante, marcato dalla presenza di un livello calcarenitico di spessore plurimetrico (“crostone fossilifero” nei Profili al mille dei pozzi AGIP). Lo spessore di questa alloformazione varia da poche decine a circa 1200 m.

#### litofacies pelitica

*Litofacies* prevalentemente fine, costituita da peliti sovente bioturbate e con presenza di fossili marini. Si intercalano strati sottili di sabbie fini, gradati, talvolta con detrito conchigliare alla base e con laminazione piano-parallela oppure di tipo *hummocky*. Eccezionalmente, intercalati alle peliti, si possono rinvenire livelli con ghiaie e ciottoli in matrice pelitica: depositi di prodelta, piattaforma e scarpata sottomarina.

### ARGILLE AZZURRE (Pliocene inferiore-medio)

Peliti marnose, grigio-azzurre massive a frattura concoide, in genere a stratificazione poco evidente, con rari livelli sabbioso-siltosi per lo più concentrati nella porzione basale della formazione e rari livelli siltosi in quella superiore. Frequenti microfossili (foraminiferi planctonici) e macrofossili (lamellibranchi, gasteropodi, pteropodi, eccezionalmente resti di mammiferi sia marini che terrestri). Abbondanti anche resti di frammenti vegetali lignitizzati e livelli ad intensa bioturbazione. Depositati distali di piattaforma e di bacino. Contatto netto sulla Formazione a Colombacci. Spessore massimo 800 m.

### FORMAZIONE A COLOMBACCI (Messiniano)

Unità di ambiente transizionale tra quello fluviale e quello lagunare prevalentemente arenitica, ad evoluzione trasgressiva, suddivisa in sottounità. Contatto discordante sulla successione epiligure e sulle unità liguri. Potenza massima 90 m circa

### **Successione Epiligure**

#### FORMAZIONE DEL TERMINA (Tortoniano)

Marne e marne argillose grigie, debolmente siltose e laminate nella porzione superiore della formazione, a stratificazione piano-parallela poco evidente in strati medi o spessi. Nella porzione basale si intercalano localmente sottili letti arenitico-siltosi. Rari livelli più scuri per arricchimento in materia organica. Depositati emipelagici di bacino profondo. Contatto paraconcordante sulla Formazione di Cigarello. Potenza parziale stimata 170 m.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	17 di 68

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

#### FORMAZIONE DI CIGARELLO (Langhiano – Serravalliano)

Marne siltoso-sabbiose, talora argillose, grigie, grigio scure o beiges se alterate, bioturbate e fossilifere; con comuni intercalazioni di strati e pacchi di strati medi o sottili di siltiti e areniti fini; sono presenti sia bioclasti che biosomi. Stratificazione generalmente poco evidente per bioturbazione. Ambiente di sedimentazione di piattaforma esterna e scarpata-bacino. Il limite inferiore è discontinuo, localmente in discordanza angolare, sulla Formazione di Pantano. Potenza di qualche decina di metri.

#### FORMAZIONE DI PANTANO (Burdigaliano superiore–Langhiano inferiore)

Alternanze di areniti fini siltose, siltiti e marne siltose di colore grigio chiaro, ocraceo se alterate, in strati da medi a molto spessi, talora gradati. Rapporto A/P da circa 1 a >5. Stratificazione piano-parallela spesso obliterata dalla completa bioturbazione del sedimento, con strutture sedimentarie generalmente non preservate. Possono essere intercalati sporadici pacchi di strati, di spessore medio, di calcareniti da grossolane a fini a marcata componente bioclastica e abbondante contenuto fossile (Echinodermi, Bivalvi, Coralli aermatipici e Gasteropodi) ed alla base livelli di conglomerati minuti a ciottoli di metamorfiti alpine. Depositi di piattaforma ad alimentazione mista terrigeno-carbonatica, con evoluzione trasgressiva da ambienti costieri a piattaforma esterna. Contatto discordante su Formazione di Contignaco e Marne di Antognola. Potenza fino ad alcune centinaia di metri.

#### FORMAZIONE DI CONTIGNACO (Aquitaniiano – Burdigaliano)

Marne selciose, più o meno siltose, di colore grigio, con patine manganesifere nerastre e ocracee, o arenarie risedimentate da fini a spesse grigie. Selce generalmente diffusa, localmente in noduli e liste. Possono essere presenti banchi tripolacei chiari spessi fino a 8-10 m, ricchissimi in silice sia di origine vulcanoclastica che biogenica. Sono intercalate nella formazione anche argille fogliettate grigio-verdastre in livelli da sottili a spessi. Il limite inferiore è sfumato per alternanza con le Marne di Antognola. La potenza varia da qualche decina di metri a circa 200 m.

#### MARNE DI ANTOGNOLA (Rupeliano terminale – Aquitaniiano)

Marne argillose e marne siltose verdognole o grigie con patine manganesifere. Stratificazione difficilmente percepibile. Sono presenti livelli torbiditici sottili e medi di arenarie vulcanoclastiche, arcosiche e quarzoso-feldspatiche. Il limite inferiore è rapido o discordante sulla Formazione di Ranzano e sul substrato ligure. La potenza totale della formazione varia da pochi metri a oltre 500 m.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	18 di 68

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

### FORMAZIONE DI RANZANO (Priaboniano – Rupeliano)

Data da più corpi sedimentari con geometria da lenticolare a tabulare e con *facies* deposizionali molto variabili da arenaceo-conglomeratiche a pelitico-arenacee. Dove la formazione non è suddivisibile in sottounità è costituita da un'alternanza monotona di areniti fini grigie, micacee, e peliti grigie e grigioverdi, in strati sottili e medi, talora spessi,  $A/P < 1$ , localmente  $\ll 1$ ; sono presenti sottili livelli arenitici vulcanoclastici e strati medi di marne calcaree chiare a base arenitica. Limite inferiore netto, talora erosivo, con Marne di Monte Piano, marcato dalla comparsa di livelli arenacei; localmente poggia direttamente sul substrato ligure. Limite superiore netto, talora discordante, con Marne di Antognola, marcato dalla scomparsa dei livelli arenacei. Origine prevalentemente torbiditica; ambiente di scarpata e di bacino, con presenza di frane sottomarine. Potenza variabile da qualche metro ad oltre 250 m.

### MARNE DI MONTE PIANO (Luteziano superiore-Priaboniano)

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbiditici. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri o netto su Breccie Argillose di Baiso, limite superiore netto con le Arenarie di Ranzano. La potenza affiorante è non superiore a 180 m.

### **Unità Liguri**

#### MCS - FLYSCH DI MONTE CASSIO (Campaniano superiore – Maastrichtiano)

Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto per alternanze sulle Argille Varicolori di Cassio, localmente tettonizzato. Potenza parziale di un migliaio di metri.

#### ARGILLE VARICOLORI DI CASE CROVINI (Campaniano superiore – Maastrichtiano inferiore)

Argille ed argilliti grigio-bluastre, grigio-verdi, nerastre e rosse, a struttura scagliosa, con intercalate arenarie torbiditiche grigio scure e più rari straterelli calcareo marnosi chiari ed inclusi arenacei, conglomeratici e calcarei "boudinati". Bacino profondo a

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	19 di 68

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

sedimentazione emipelagica, con limitati rapporti torbiditici estremamente diluiti. Spessore geometrico da 0 a 300 m.

#### FORMAZIONE DELLE “MARNE ROSATE” DI TIZZANO (Daniano- Luteziano inferiore)

Successione calcareo-marnosa che verso l'alto evolve ad arenaceo-pelitica e arenaceo-peliticocalcareo. La formazione, sedimentata per flussi torbiditici da sorgenti terrigene ed intrabacinali, è suddivisa in tre membri. Contatto inferiore di natura incerta sul Flysch di Monte Caio, originariamente stratigrafico.

##### Membro di Bersatico

Calcarei e calcari marnosi biancastri, talvolta rosati, in strati molto spessi; marne e marne argillose rosso vinato in banchi alternati ad arenarie torbiditiche fini in strati medi e spessi; calcari marnosi dalla caratteristica alterazione zonata (pietra paesina) in strati medi, areniti calcilittiche e peliti grigio nocciola in strati medi e sottili. Localmente distinte una litofacies marnoso-calcareo ed una litofacies calcareo-marnosa. Potenza parziale di alcune decine di metri.

#### FLYSCH DI MONTE CAIO (Campaniano superiore-Maastrichtiano)

Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelittiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelittiche chiare in strati sottili e medi. Si intercalano localmente areniti grigio-nocciola da fini a grossolane passanti a marne siltose, in strati da medi a spessi e strati spessi di brecce monogeniche ad elementi calcareomarnosi. Torbiditi di piana abissale e fanghi intrabacinali. Potenza fino ad alcune centinaia di metri.

#### FLYSCH DI MONTE SPORNO (Paleocene superiore-Eocene medio)

Unità torbiditica calcareo-marnosa e pelitico-marnosa suddivisa in 3 sottounità (in Comune di Langhirano affiorano solo il Membro di Calestano e quello di Armorano). Bacino profondo a sedimentazione torbiditica, prevalente su quella emipelagica.

##### Membro di Calestano

Marne e marne argillose grigie a frattura da concoide a poliedrica e marne siltose fogliettate, grigio scuro-verdastre, in strati spessi e molto spessi, intercalate a set di strati sottili e medi di areniti medie grigio-nocciola e peliti brune. Alla base degli strati marnosi sono talora presenti calcari e calcari marnosi color crema, in strati medi laminati ben

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	20 di 68

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

stratificati. Rari livelli marnosi rosati verso il tetto del membro. Contatto graduale sottostante Membro di Armorano. Potenza massima stimata 350 m circa.

#### Membro di Armorano

Calcari marnosi e calcari chiari in strati da medi a molto spessi, a base spesso calcarenitica grigio-verde, e marne e marne argillose grigio-nocciola in sequenze plurimetriche, alternati ad areniti e peliti marnose grigio scure in strati sottili e medi. Sono presenti alcuni livelli marnosi rosati. I calcari presentano talora livelli o liste di selce bruna, come pure base biocalcarenitica grigio-verde, con lamine parallele e ripples, localmente biocalciruditica con numerosi macroforaminiferi (Nummuliti e Orbitoididi). Localmente presente una facies caotica spessa poche decine di metri, costituita da argille scagliettate grigie e rossastre, inglobanti caoticamente lembi di calcare fine, chiaro, ed arenarie fini e medie, nocciola. Spessore parziale massimo 1200 m.

#### ARGILLE VARICOLORI DI CASSIO (Turoniano? - Campaniano superiore)

Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, manganese e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare, calcareniti, conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri.

Sui pendii sono inoltre presenti depositi di versante e depositi di frana (in evoluzione o quiescente), connessi a fenomeni gravitativi descritti nel successivo paragrafo 3.2.

Strutturalmente, il Comune di Langhirano ricade sul margine meridionale del Bacino Sedimentario Padano, vasta depressione delimitata a cintura dai rilievi appenninici ed alpini e colmata da un potente accumulo di depositi marini ed alluvionali di età pliocenica e quaternaria.

L'attuale assetto trae origine dalle spinte deformative che, a partire dal Miocene superiore, hanno coinvolto l'Appennino Settentrionale e l'antistante substrato padano, provocandone la deformazione secondo un modello generale a falde sovrapposte ed embrici NE vergenti.

Come precedentemente indicato, nella porzione più meridionale della zona di studio si rinvengono le unità tettoniche più recenti che costituiscono l'edificio appenninico

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	21 di 68

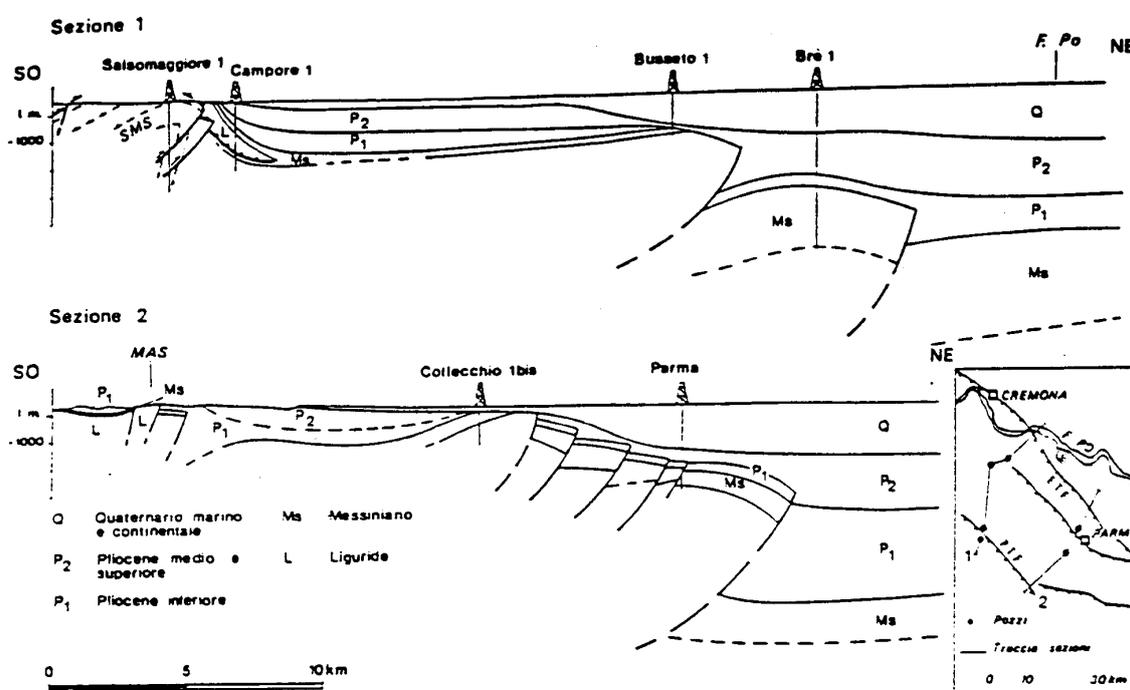
emiliano: è, infatti, presente una porzione della complessa struttura a sinclinali rovesciate del Flysch di Monte Sporno, appartenente alle Unità Liguri, sulla quale appoggia in discordanza la Successione Epiligure.

Inoltre, è interessante rilevare l'estensione notevole dei sedimenti neautoctoni pliocenico-quaternari, in facies marine.

Nelle aree di pianura sono noti, grazie soprattutto ai profili sismici dell'AGIP, due archi di accavallamenti, in gran parte sepolti, sviluppati con orientamento NO-SE. Si tratta di gruppi di strutture anticlinali, associate a piani di scollamento ed accavallamento (*thrust*) immergenti generalmente verso SO con inclinazioni comprese tra 20 e 30, separati da ampie zone sinclinali fortemente subsidenti.

Il primo arco è impostato in corrispondenza dell'attuale margine morfologico dell'Appennino, il secondo, più a settentrione, si estende dall'Appennino vogherese fino a Reggio Emilia sull'allineamento Cremona-Parma.

L'arco di accavallamenti più meridionale è conosciuto nella letteratura geologica con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Pedeappenninico" (*Pedeapenninic Thrust Front*, PTF), il secondo, più settentrionale, è conosciuto con il nome di "Fronte di Sovrascorrimento Esterno" (*External Thrust Front*, ETF) e costituisce l'arco di accavallamenti sepolti attualmente attivi nel Bacino Padano, come dimostrano i recenti terremoti (cfr. Fig. 7).



**Fig. 7 - Sezioni geologiche dal Fronte di accavallamento pedeappenninico (PTF) al Fronte di accavallamento esterno (ETF) (da Bernini e Papani, 1987)**

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	22 di 68

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

### 3.2 Geomorfologia

Sotto l'aspetto geomorfologico sono particolarmente evidenti le differenze tra il settore sud-occidentale, collinare, e quello settentrionale e orientale, di pianura.

Nel primo caso, le dorsali rilevate si alternano a valli o zone depresse, entrambe allungate secondo l'andamento delle strutture tettoniche.

Dominando le litologie poco coerenti l'incidenza dei movimenti gravitativi è notevole e determina un tipico paesaggio di frana.

Nel presente studio, per la definizione di tali fenomeni, si è fatto riferimento, principalmente, alla Carta del Dissesto della Provincia di Parma, alla scala 1:10.000, che ne prevede l'identificazione e la classificazione sulla base dello stato di attività e della tipologia.

Più precisamente, sulla base dello stato di attività, si distinguono solo due classi:

- **frana attiva:** movimento gravitativo ritenuto attivo o riattivato (in un settore di corpo di frana quiescente) all'atto dell'indagine fotointerpretativa, ovvero rilevato o confermato da controllo sul terreno; l'attività può trovare conferma anche in dati documentali recenti (pubblicazioni, carte geologiche, relazioni tecniche, ecc.);
- **frana quiescente:** riguarda tutti i tipi di dissesto in cui è possibile desumere, da indizi di natura geomorfologica e considerazioni di evoluzione morfoclimatica del territorio appenninico, la temporanea inattività del corpo di frana e della scarpata principale ad essa connessa.

Infatti, in Comune di Langhirano, non sono mai stati individuati corpi di frana ritenuti inattivi, intesi come fenomeni le cui cause e processi che li hanno generati non sono più presenti o sono stati rimossi (definiti "frane relitte" nella Carta del Dissesto della Provincia di Parma).

Quanto alla tipologia, esaminando la Carta del Dissesto della Provincia di Parma, che fa riferimento alla classificazione dei movimenti gravitativi di *Cruden & Varnes* (1996), e tenendo conto delle classi stabilite dagli ICMS, nel territorio in esame, si sono distinte le seguenti frane:

- Scorrimento: classe in cui sono accorpati gli scivolamenti rotazionali e quelli traslazionali o planari
- Colata: che può essere di terra o di fango
- Complessa: data dalla combinazione di 2 o più movimenti di tipo semplice
- Non definita: indicata, altrimenti, come indeterminata (quando la tipologia di movimento non è chiara)

Sempre sul settore collinare sono presenti anche dei depositi di versante, ovvero, dei depositi costituiti da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici la cui genesi

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	23 di 68

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

può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso; frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato.

Il settore più a nord e a est è, invece, ubicato, della pianura pedemontana parmense (alta pianura) che comprende quella fascia di territorio che borda il margine appenninico estendendosi fino alla Via Emilia e poco oltre.

Questo ambiente è formato dalla coalescenza delle conoidi fluviali e dei terrazzi alluvionali intravallivi raccordandosi alla bassa pianura con un passaggio graduale ed eteropico.

Le caratteristiche stratigrafico-sedimentologiche sono tipiche dei corsi d'acqua con canali intrecciati a bassa sinuosità e ad alta energia, dove la sedimentazione all'interno dell'alveo è prevalentemente grossolana (ghiaie), mentre nelle aree perifluviali essenzialmente fine (argille, limi).

Il paesaggio della pianura pedemontana è contraddistinto da corsi d'acqua ad andamento rettilineo che scorrono nelle aree topograficamente inferiori e da zone perifluviali pianeggianti e terrazzate.

Allontanandosi dai corsi d'acqua verso le porzioni più interne delle zone perifluviali si possono infatti individuare vari ordini di terrazzi, impostati a quote progressivamente superiori e caratterizzati da superfici pianeggianti, degradanti verso N-NE, interrotte lateralmente da scarpate di alcuni metri (orli di terrazzi fluviali).

In questo settore, gli eventi morfogenetici, responsabili dell'attuale assetto del territorio, sono riconducibili essenzialmente all'attività tettonica e alla dinamica fluviale manifestatasi nel periodo pleistocenico ed olocenico. Nel periodo storico si è sovrapposta anche 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 dinamici hanno condizionato un paesaggio relativamente omogeneo, contraddistinto da superfici pressoché piane debolmente degradanti verso nord/nord-est con basso gradiente topografico.

L'alveo del torrente Parma è rimasta l'unica zona che mantiene ancora, nonostante i massicci interventi di regimazione (arginature, pennelli, traverse, ecc.), un alto grado di naturalità con frequenti emergenze morfologiche.

Al contrario le aree perifluviali esprimono il congelamento di una situazione originatasi antecedentemente alla limitazione degli alvei fluviali entro percorsi prefissati, in cui le opere di bonifica agraria, infrastrutturazione e insediamento hanno conferito al rilievo un assetto costante ed uniforme, livellando molte asperità del terreno.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	24 di 68

#### 4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

La prima fase del presente studio è stata contraddistinta dall'acquisizione dei dati pregressi.

Allo scopo è stata effettuata, presso l'Ufficio Tecnico Comunale, una scrupolosa ricerca d'archivio, consultando tutti gli studi geologici allegati alle pratiche edilizie istruite tra il 2005 e il 2017.

Complessivamente sono stati raccolti i risultati delle seguenti indagini geognostiche:

- 68 sondaggi a carotaggio continuo
- 8 sondaggi a distruzione
- 108 saggi con escavatore
- 167 prove penetrometriche (tra CPT, DL, DN, DP e DS)

e delle seguenti indagini geofisiche:

- 35 MASW
- 2 ReMi
- 8 prove sismiche a rifrazione
- 25 prove tomografiche
- 4 tomografie elettriche
- 1 profilo di resistività

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

A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*) nel rispetto gli SRAI.

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

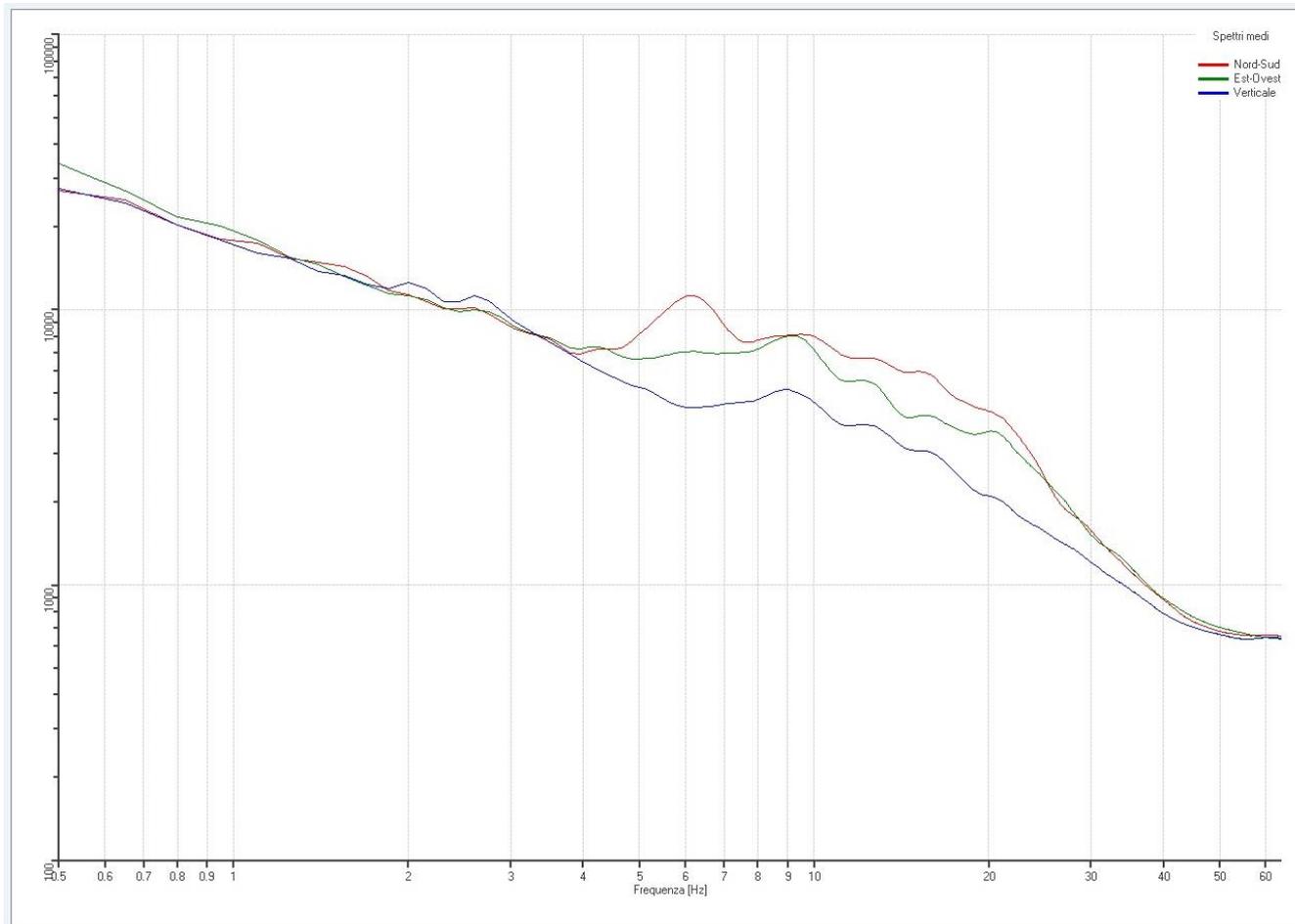
Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine.

Più in particolare sono state eseguite n° 30 indagini di sismica passiva mediante misure di ascolto delle vibrazioni ambientali secondo la tecnica HVSR a stazione singola.

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

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	25 di 68

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



**Fig. 8 - Esempio di spettro delle singole componenti**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	26 di 68

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

## 5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

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

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

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

A riguardo, in primo luogo, va considerato che in tutta la zona in esame, sotto i depositi quaternari, sono presenti unità liguri o epiliguri, quasi sempre stratificate, e, costituite da depositi a differente litologia (calcari, areniti, marne, peliti) all'interno dei quali le velocità di propagazione delle onde sismiche sono molto differenti tra loro, anche se in pochissimi casi raggiungono velocità da *bedrock* sismico, maggiori di 800 m/s.

Si consideri, inoltre, che dette velocità risultano fortemente condizionate anche dal grado di fratturazione degli ammassi rocciosi, determinato da vari fattori, primi fra tutti, l'azione tettonica, la gravità e gli agenti atmosferici. Ciò interessa, in particolare, il livello di roccia più superficiale, di spessore variabile, fortemente alterato (regolite).

Anche nei depositi quaternari si osservano significative variazioni nei profili delle Vs, sia in relazione allo stato di addensamento dei depositi, generalmente maggiore all'aumentare della profondità, che al tipo di litologie attraversate, con significativi incrementi al passaggio tra un orizzonte fine ad uno prevalentemente ghiaioso, mentre a una diminuzione di tessitura consegue un'inversione di velocità.

Le conoscenze geognostiche, quando possibile, consentono di individuare le prime superfici di discontinuità, ad esempio, all'interno delle alluvioni, dove la copertura, prevalentemente limoso-argillosa, poggia sul livello granulare più superficiale o al contatto tra i depositi quaternari e il substrato marino. Quanto alle discontinuità più profonde, come potrebbe essere il limite regolite/roccia in posto o determinate dal passaggio tra strati costituiti da litotipi differenti, all'interno del substrato marino, è difficile che si abbiano informazioni attendibili.

D'altra parte, come verrà illustrato nel prosieguo della relazione, le indagini tromografiche effettuate restituiscono curve H/V in cui, sotto i 20 Hz, sono generalmente

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	27 di 68

presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi, a frequenze associabili a differenti profondità.

E' evidente che, in un tale contesto, definire la risposta sismica locale non sia sempre facile, così come risulta spesso una discreta forzatura assimilare l'assetto geologico delle varie zone ad un modello fisico monodimensionale.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	28 di 68

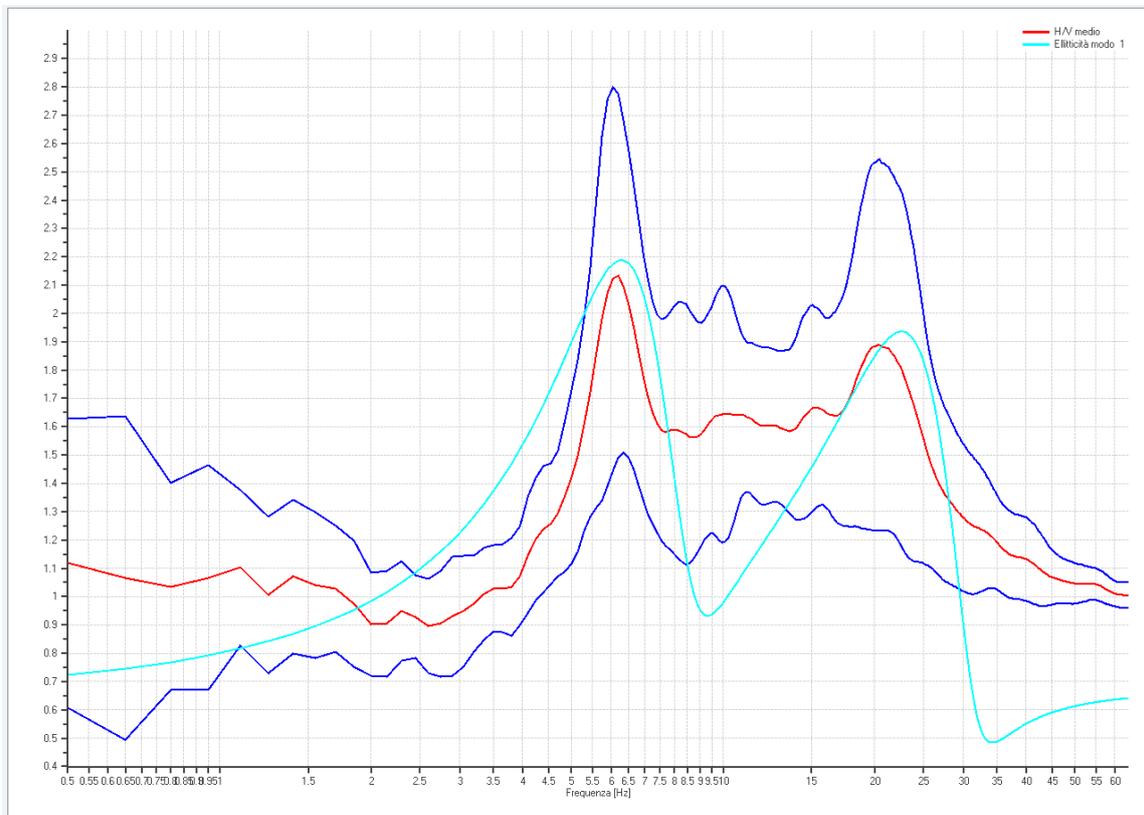
**6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE**

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

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

I risultati ottenuti per ciascuna prova, riportati nell'Elaborato 7 - Prove tomografiche, sono:

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



**Fig. 9 - Esempio di curva H/V naturale con curva H/V sintetica**

2. La velocità media delle onde di taglio Vs

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

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

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	29 di 68

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

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

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

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

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

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

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

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla "chiarezza" del picco di possibile risonanza, essi risultano, in alcuni casi, non soddisfatti per i motivi già anticipati nel capitolo 5 (le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che, nelle curve H/V, per frequenze inferiori a 20 Hz, siano generalmente presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro).

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	30 di 68

## 7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, di concerto con l'Ufficio Tecnico Comunale, sono stati definiti i limiti degli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica.

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

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

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

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

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

In questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	31 di 68

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

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

Le elaborazioni sono state rappresentate nelle varie cartografie, ciascuna delle quali costituita da due tavole, una avente per oggetto il Capoluogo e l'altra tutti gli altri ambiti esaminati, ovvero, Casatico, Giarreto e Pastorello, Pilastro, Riano e Le Bore, Strognano, Tabbiano e Costa di Castrignano, Torrechiara.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	32 di 68

## 8. ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 Carte delle indagini

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

Esse sono state distinte in base alla tipologia come raffigurato nella legenda riportata nella successiva Fig. 10.

### Legenda

	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Prova penetrometrica dinamica leggera
	Prova penetrometrica dinamica media
	Prova penetrometrica dinamica pesante
	Prova penetrometrica dinamica super pesante
	Sondaggio a carotaggio continuo
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
	Sondaggio da cui sono stati prelevati campioni
	Sondaggio a distruzione di nucleo
	Sondaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
	Trincea o pozzetto esplorativo
	Stazione microtremore a stazione singola
	MASW
	Prova REfractionMicrotremors
	Tomografia elettrica
	Profilo sismico a rifrazione
	Profilo di resistività

Fig. 10 – Legenda delle Carte delle indagini

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	33 di 68

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

Nei successivi paragrafi vengono specificati numero e tipologia di indagini con riferimento ai vari ambiti oggetto di studio.

### **8.1.1 Langhirano**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 43 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n° 4 esterni al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 5 sondaggi a distruzione di nucleo
- N° 38 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 30 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, di cui n° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 37 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 10 stazioni microtremore a stazione singola
- N° 15 MASW, di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 1 Prova *REfraction Microtremors*
- N° 3 tomografie elettriche
- N° 1 prova sismica a rifrazione
- N° 1 profilo di resistività

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 15 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSr).

### **8.1.2 Casatico**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo, di cui n° 1 esterno al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 1 trincea o pozzetto esplorativo
- N° 1 stazione microtremore a stazione singola

### **8.1.3 Giarreto e Pastorello**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 7 sondaggi a carotaggio continuo

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	34 di 68

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

- N° 3 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT) , di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 1 prova penetrometrica dinamica pesante, esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 4 MASW, di cui n° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 3 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

#### **8.1.4 Pilastro**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 2 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 5 prove penetrometriche dinamiche super pesanti
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- N° 10 prove penetrometriche dinamiche medie
- N° 4 prove penetrometriche dinamiche leggere
- N° 30 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 3 stazioni microtremore a stazione singola
- N° 6 MASW
- N° 1 Prova *REfraction Microtremors*
- N° 2 prove sismiche a rifrazione

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 5 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

#### **8.1.5 Riano e Le Bore**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 3 sondaggi a distruzione di nucleo
- N° 4 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 3 prove penetrometriche dinamiche super pesanti
- N° 3 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 3 MASW

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	35 di 68

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

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 1 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

### **8.1.6 Strognano**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 2 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 5 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- N° 2 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 1 stazione microtremore a stazione singola
- N° 1 MASW
- N° 1 tomografia elettrica

### **8.1.7 Tabbiano e Costa di Castrignano**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 4 sondaggi a carotaggio continuo
- N° 8 prove penetrometriche dinamiche super pesanti, di cui n° 2 esterne al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 7 trincee o pozzetti esplorativi
- N° 1 MASW
- N° 1 prova sismica a rifrazione

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 3 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

### **8.1.8 Torrechiara**

La ricerca effettuata presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale ha consentito di acquisire le seguenti indagini:

- N° 8 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT), di cui n° 1 esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 1 prova penetrometrica dinamica super pesante, esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile
- N° 2 prove penetrometriche dinamiche medie
- N° 1 prova penetrometrica dinamica leggera
- N° 1 MASW, esterna al perimetro del territorio urbanizzato e urbanizzabile

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	36 di 68

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

Ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita da n° 3 misure di ascolto di microtremori a stazione singola (HVSR).

## 8.2 Carte geologico-tecniche per la microzonazione sismica

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

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

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

- “Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna”. Sezioni 199110, 199120, 199150, 199160, 217030 e 217040, alla scala 1:10.000, Servizio Geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna
- “Carta del dissesto” da Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Parma”. sempre Sezioni 199110, 199120, 199150, 199160, 217030 e 217040, alla scala 1:10.000. Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma.
- indagini puntuali, per la descrizione delle quali si rimanda al precedente paragrafo (cfr. 8.1).

Sulla base di tali fonti informative, le unità geologico-litotecniche sono state distinte tra terreni di copertura (cartografati quando presentano uno spessore minimo di 3 m) e substrato geologico che, nelle zone di studio, risulta sempre costituito da “alternanza di litotipi, stratificato”.

Esse sono identificate da un codice che, nel caso del substrato, differenzia quello fratturato/alterato da quello “sano”, mentre, per le coperture, identifica sia le caratteristiche tessiturali che l’ambiente genetico-deposizionale.

A parte sono raffigurate le aree interessate da instabilità di versante, con retini che ne indicano la tipologia e lo stato di attività.

Nelle Carte geologico tecniche sono stati indicati anche gli elementi tettonico-strutturali, quali le faglie e la giacitura degli strati.

Altri elementi geologici rappresentati sono i pozzi o sondaggi, distinti a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato geologico, la profondità della falda e le tracce delle sezioni geologiche significative e rappresentative del modello del sottosuolo.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	37 di 68

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

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

Nei successivi paragrafi viene sinteticamente descritto l'assetto litostratimetrico che caratterizza i vari ambiti oggetto di studio.

### **8.2.1 Langhirano**

Il Capoluogo è posto lungo la sponda idrografica sinistra del torrente Parma, interessando, interamente, la corrispondente zona terrazzata, nonché i primi rilievi appenninici.

Nella porzione più pianeggiante, sulla base dei differenti ambienti di sedimentazione, si sono potute distinguere le seguenti unità:

- GPes - Depositi fluviali costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie: corrispondente con i depositi alluvionali in evoluzione del torrente Parma.
- GPzz - Depositi di origine antropica costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie, che interessano solo una limitata porzione di territorio nel settore settentrionale dell'abitato.
- GCtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla, sulla quale è stato edificato gran parte dell'abitato è che coincide con l'Unità di Modena.

I numerosi dati stratigrafici raccolti hanno consentito di stimare che, in tali zone, la copertura del substrato marino, costituita da depositi alluvionali a differente tessitura, principalmente ghiaiosa, presenta spessori variabili, mediamente pari a 15 m in adiacenza al torrente e a 5 m in vicinanza dei versanti.

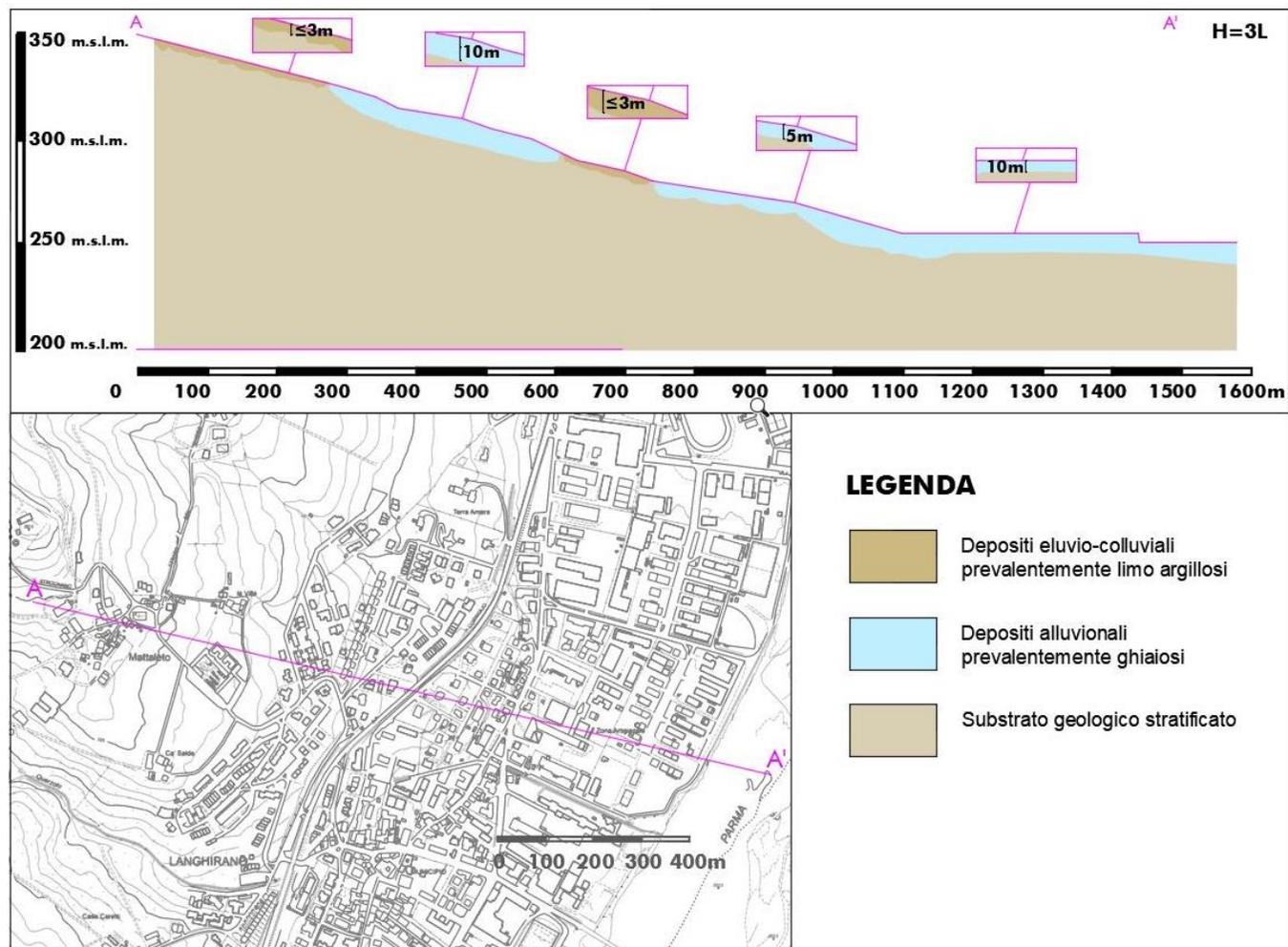
Viceversa alle quote più elevate, nel settore meridionale e su gran parte del confine orientale del territorio urbanizzato e urbanizzabile, il substrato geologico risulta affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m), a meno che non siano presenti depositi collegati a movimenti gravitativi quasi sempre quiescenti, più o meno estesi e di diversa tipologia, o identificati come unità "GMtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo", coincidente con l'Unità di Niviano, cartografata in corrispondenza del cimitero di Mattaleto e nel suo intorno.

Il substrato risulta sempre non rigido e stratificato, perlopiù appartenente alla formazione del Flysch di Monte Sporno, membro di Calestano.

Le giaciture degli strati indicano, pur con una certa variabilità, una generale immersione verso NW.

La sezione riportata nella successiva Fig. 11 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	38 di 68



**Fig. 11 - Sezione geologica a Langhirano**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	39 di 68

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

### **8.2.2 Casatico**

L'abitato di Casatico è stato quasi interamente realizzato su una porzione di territorio in cui il substrato geologico, non rigido e stratificato, appartiene alla formazione del Flysch di Monte Sporno – membro di Calestano, con eccezione dell'estremità settentrionale interessata dalla Formazione di Contignaco.

Esso risulta affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m) se si escludono limitatissimi settori che ricadono all'interno di ampie frane attive del tipo colata o complessa.

La sezione B-B' riportata nella Fig. 12 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

### **8.2.3 Giarreto e Pastorello**

Giarreto e Pastorello sono ubicati all'estremità sud-orientale del Comune e, analogamente al Capoluogo interessano sia la zona terrazzata del torrente Parma che i primi rilievi appenninici.

Anche qui, nella porzione più pianeggiante, sulla base dei differenti ambienti di sedimentazione, si sono potute distinguere le seguenti unità:

- GPes - Depositi fluviali costituiti da ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie: corrispondente con i depositi alluvionali in evoluzione del torrente Parma.
- GCtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla, che coincide con l'Unità di Modena.

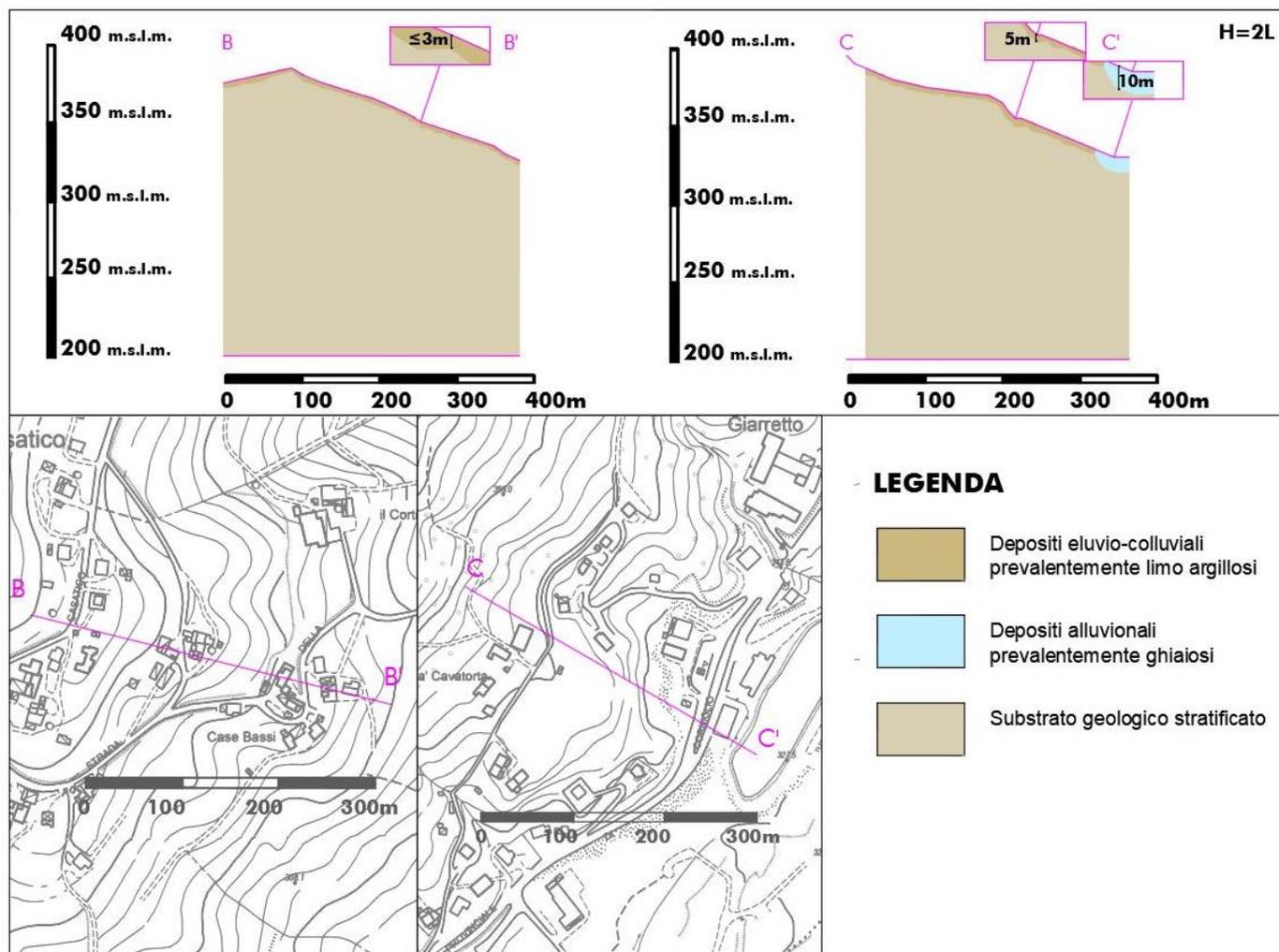
Lo spessore di entrambe le tipologie di depositi è mediamente di una decina di metri.

Essi appoggiano su un substrato geologico, non rigido e stratificato (sempre appartenente alla formazione del Flysch di Monte Caio); lo stesso substrato che, più a nord-ovest, risulta affiorante o ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali generalmente inferiore a 3 m.

Fa eccezione una piccola porzione di territorio urbanizzato o urbanizzabile in cui è stato cartografato del detrito di versante e quelle coinvolte in fenomeni di instabilità, del tipo scorrimenti (sia quiescenti che attivi, di piccole dimensioni) o complessi (solo attivi e molto più vasti).

La sezione C-C' riportata nella Fig. 12 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	40 di 68



**Fig. 12 - Sezioni geologiche a Casatico e Giarretto**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	41 di 68

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

### **8.2.4 Pilastro**

L'abitato di Pilastro si trova all'estremità settentrionale del Comune.

Nel settore più pianeggiante, a nord e a est, è stata cartografata l'unità "GCtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla" che coincide con il Subsistema di Ravenna.

Dai dati stratigrafici raccolti si tratta di sedimenti prevalentemente grossolani, con tetto delle ghiaie sub-affiorante (<3 m), anche se, al loro interno, si possono rinvenire lenti di depositi a tessitura fine, di dimensione variabile.

La base dell'AES si approfondisce da sud verso nord, passando da poco più 30 m di profondità, all'estremità meridionale dell'abitato, agli oltre 100 sul confine col comune di Parma.

Il settore, occidentale, invece, dove affiorano, alle quote più basse, l'Unità di Niviano e, a quelle più alte, il Subsistema di Agazzano, è stato accorpato nell'unità "GMtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo", caratterizzata dalla presenza, sopra al primo banco di ghiaie, di una copertura di depositi prevalentemente limosi di spessore medio pari a 5 m.

Anche in questo caso si osserva un approfondimento della base dell'AES da sud a nord, passando all'incirca dai 50 ai 75 m da p.c.

Sui versanti è presente anche qualche movimento gravitativo: sia degli scorrimenti attivi di piccole dimensioni che una frana complessa quiescente più vasta.

La sezione riportata nella Fig. 13 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

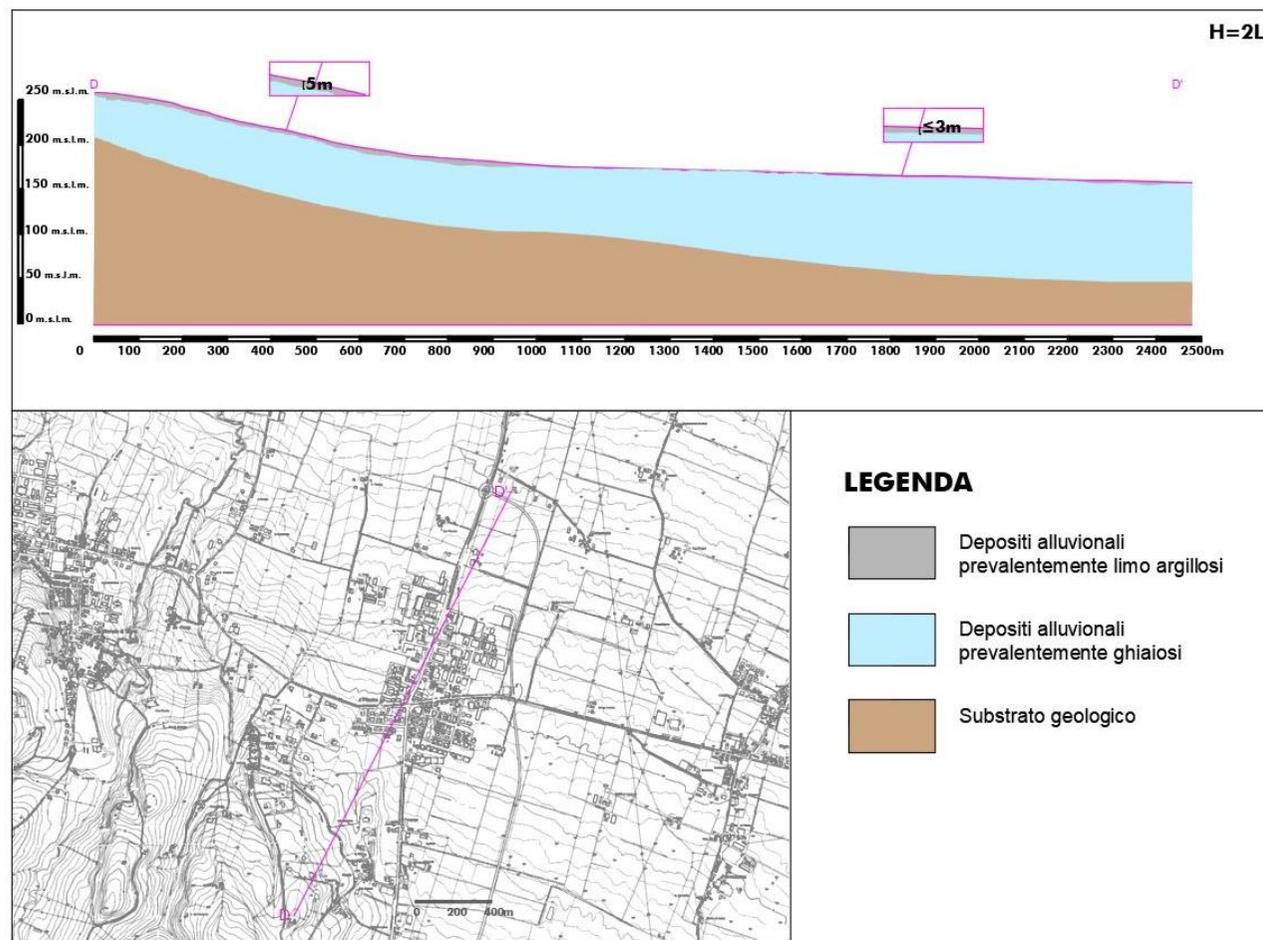
### **8.2.5 Riano e Le Bore**

Gli abitati di Riano e Bore sono ubicati su una porzione di territorio in cui il substrato geologico, non rigido e stratificato, appartiene alla formazione del Flysch di Monte Sporno (membro di Calestano, con eccezione dell'estremità nord-occidentale, dove è presente il membro di Armorano).

Si osservano, tuttavia, ampi settori interessati da coperture quaternarie: principalmente, depositi eluvio-colluviali a sud, il cui spessore è stato stimato pari a circa 5 m, e depositi appartenenti a vaste colate quiescenti, a nord, di spessore pari a circa 10 m.

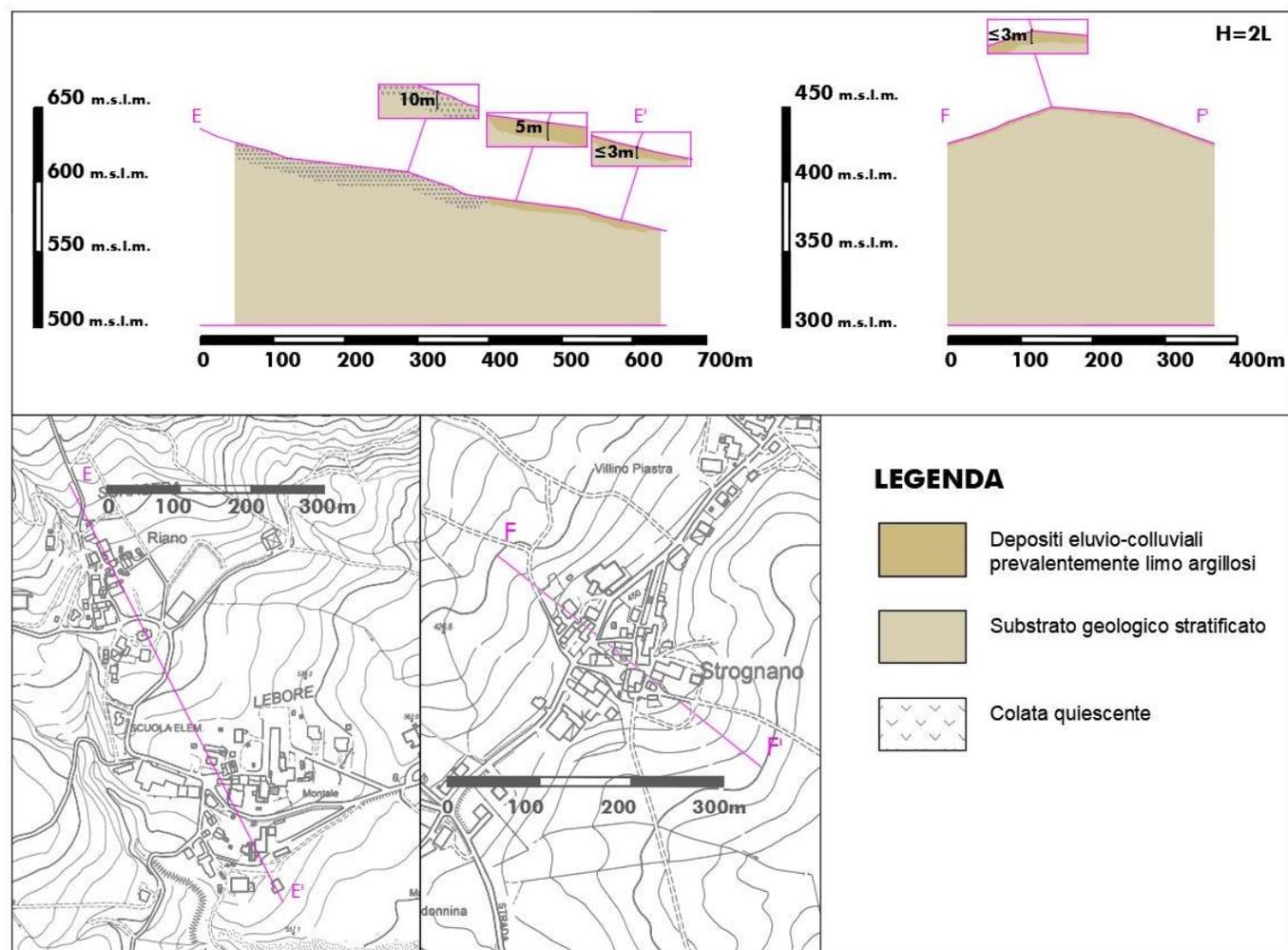
La sezione E-E' riportata nella Fig. 14 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	42 di 68



**Fig. 13 - Sezione geologica a Pilastro**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	43 di 68



**Fig. 14 - Sezioni geologiche a Riano e Strogano**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	44 di 68

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

### **8.2.6 Strognano**

L'abitato di Strognano è ubicato su una porzione di territorio in cui il substrato geologico, non rigido e stratificato, appartiene alla formazione del Flysch di Monte Sporno – membro di Calestano

Esso risulta sempre affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m) se si esclude un limitatissimo settore che ricade all'interno di un'ampia frana del tipo complessa quiescente.

La sezione F-F' riportata nella Fig. 14 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

### **8.2.7 Tabbiano e Costa di Castrignano**

Anche gli abitati di Casatico e di Castrignano sono ubicati in zone in cui il substrato geologico, non rigido e stratificato, appartiene alla formazione del Flysch di Monte Sporno (membro di Armorano, ad ovest, e membro di Calestano, ad est), in pratica, sempre affiorante o sub-affiorante (con terreni di copertura di spessore inferiore a 3 m).

La sezione riportata nella Fig. 15 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

### **8.2.8 Torrechiara**

Le caratteristiche geologico-tecniche dell'abitato di Torrechiara presentano analogie con quelle di Pilastro (cfr. paragrafo 8.2.4) posto poco più a nord.

Infatti, anche qui, nel settore più pianeggiante, settentrionale e orientale, è stata cartografata l'unità "GCtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla" che coincide con il Subsistema di Ravenna e dove si trovano sedimenti prevalentemente grossolani, con tetto delle ghiaie sub-affiorante (<3 m), anche se, al loro interno, si possono rinvenire lenti di depositi a tessitura fine, di dimensione variabile.

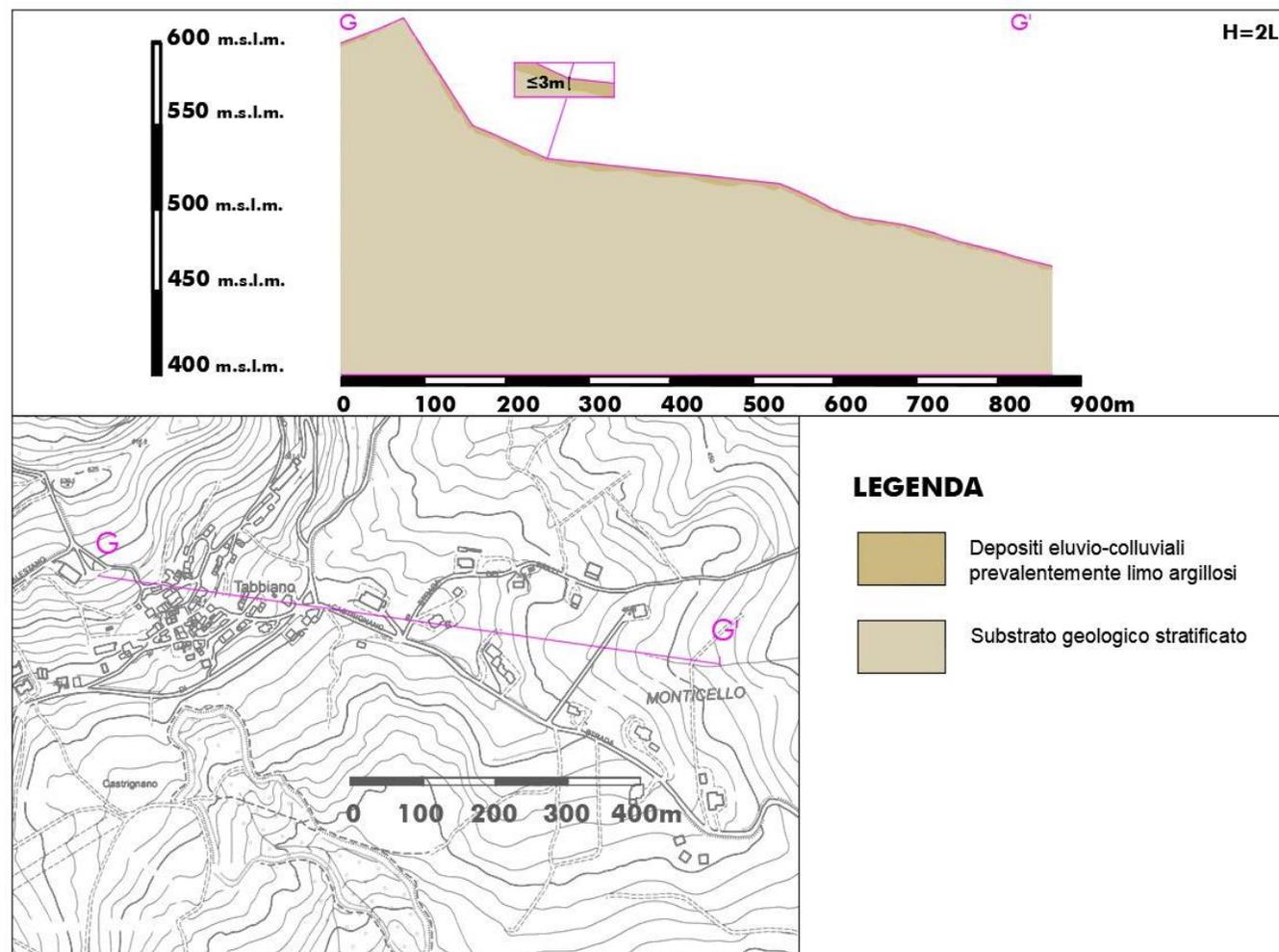
In questo caso la base dell'AES si approfondisce da sud verso nord, passando da circa 25 a 50 m di profondità.

Più ad ovest, invece, affiora l'Unità di Vignola cartografata, nel rispetto degli SRAI, come "GMtf - Depositi terrazzati costituiti da ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo", caratterizzata dalla presenza, sopra al primo banco di ghiaie, di una copertura di depositi prevalentemente limosi di spessore medio pari a 10 m e con base dell'AES mediamente a 25 m da p.c.

Ancora più a ovest, alle quote maggiori, si rinvengono depositi della Successione Epiligure: la Formazione di Contignaco, a sud, su cui sorge il Castello, e, a nord, separata da una stretta valle in cui è presente il Subsistema di Ravenna, la Formazione del Termina

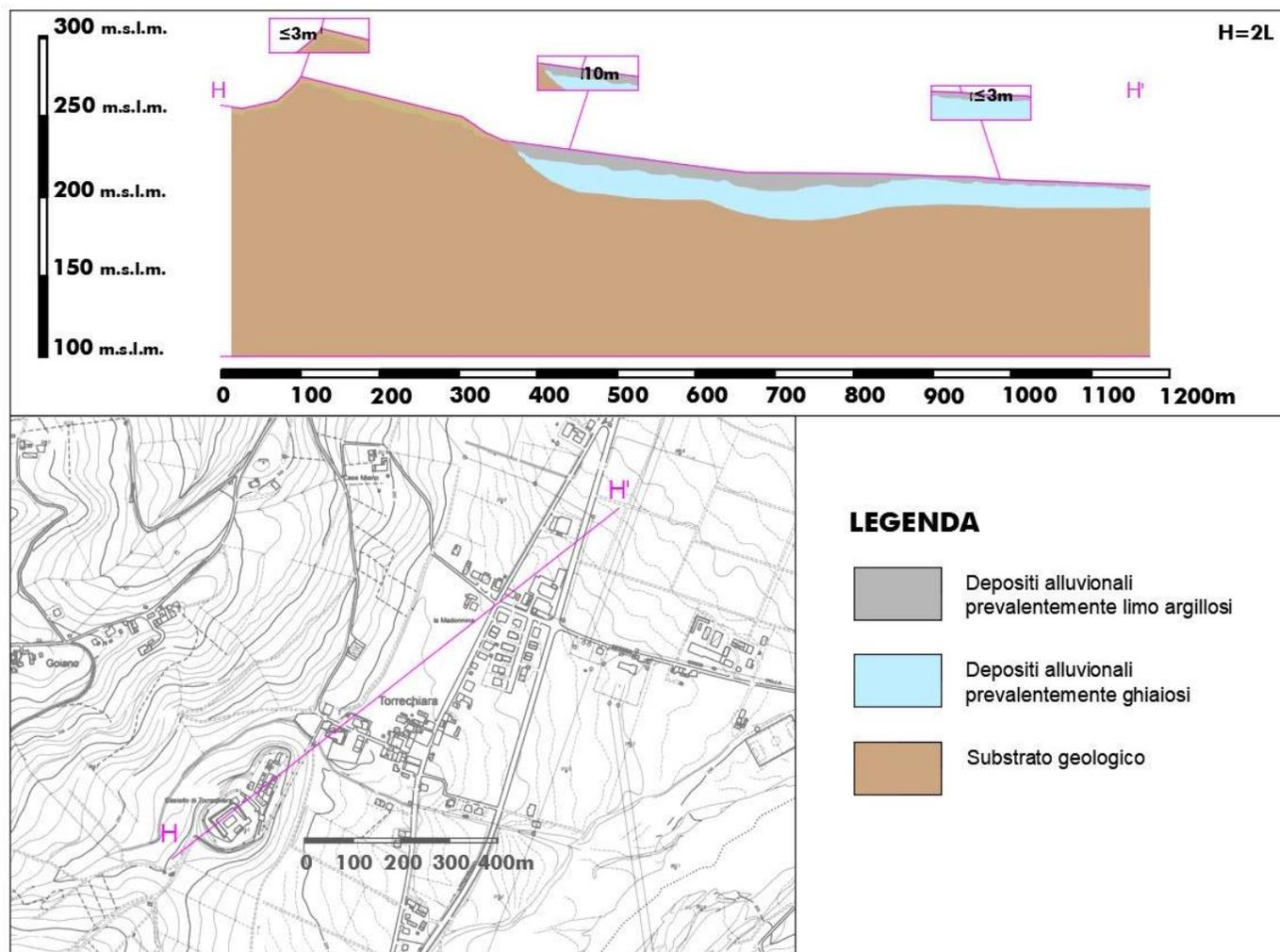
La sezione riportata nella Fig. 16 raffigura, parzialmente, quanto sopradescritto.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	45 di 68



**Fig. 15 - Sezione geologica a Tabiano**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	46 di 68



**Fig. 16 - Sezione geologica a Torrechiara**

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	47 di 68

### 8.3 Carte delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili (n° 44), sia contenuti nell'Archivio Comunale, sia di nuova acquisizione, sono state redatte le Carte delle frequenze naturali dei terreni, sempre a scala 1:5.000.

In queste carte sono stati riportati tutti i punti di misura relativi agli abitati in esame (n° 34), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore  $F_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo ( $F_1$ ).

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

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

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da:

- un contrasto di impedenza elevato ( $HSVR \geq 3$ )
- un contrasto di impedenza moderato ( $2 \leq HSVR < 3$ )
- un contrasto di impedenza basso ( $1,5 \leq HSVR < 2$  Hz)
- assenza di significativi contrasti d'impedenza ( $HSVR < 1,5$  Hz)

Di seguito, viene proposta una tabella riepilogativa dei risultati delle prove tomografiche eseguite in Comune di Langhirano, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, oltre all'ubicazione e le caratteristiche geologiche:

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034018P310	Langhirano	substrato affiorante	6,44	4,98		
034018P313	Langhirano	substrato affiorante	11,25	2,10		
034018P153	Langhirano	substrato affiorante	8,90	1,70		

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	48 di 68

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

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034018P394	Langhirano	substrato affiorante	5,30	2,19	12,50	1,66
034018P397	Langhirano	substrato affiorante	8,45	2,10		
034018P398	Langhirano	substrato affiorante	14,75	2,83	10,55	2,64
034018P404	Langhirano	substrato affiorante	9,05	2,86	19,10	1,84
034018P365	Langhirano	terrazzo con substrato a - 5 m da p.c.	9,38	3,30		
034018P383	Langhirano	terrazzo con substrato a - 5 m da p.c.	5,30	2,77	17,00	1,79
034018P273	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	1,53	1,90		
034018P342	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	17,69	4,20		
034018P63	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	2,50	1,60		
034018P196	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	14,06	2,00		
034018P271	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	17,45	2,75	10,10	2,00
034018P270	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	4,10	1,10		
034018P384	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	12,20	5,83		
034018P392	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	19,40	2,76	5,00	1,69
034018P393	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	2,80	2,10		
034018P396	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	15,95	2,15	3,95	1,55
034018P399	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	17,75	3,33		
034018P405	Langhirano	terrazzo con substrato a - 10 m da p.c.	7,55	5,51	14,45	2,38
034018P370	Casatico	substrato affiorante	1	2		
034018P386	Castrignano/Tabbiano	substrato affiorante	13,25	1,58		
034018P406	Costa di Castrignano	substrato affiorante	7,45	2,04		
034018P390	Giarreto/Pastorello	substrato affiorante	4,90	2,14		
034018P388	Giarreto/Pastorello	frana complessa quiescente con substrato a -15 m da p.c.	4,85	2,29		
034018P61	Pilastro	alluvioni con tetto ghiaie <3 m da p.c.	0,70	2,30		
034018P190	Pilastro	alluvioni con tetto ghiaie <3 m da p.c.	8,00	1,50		
034018P380	Pilastro	alluvioni con tetto ghiaie a 5 m da p.c.	6,20	2,13	10,40	1,64

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	49 di 68

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

prova	ubicazione	caratteristiche geologiche	picco principale F0		picco secondario F1	
			frequenza Hz	ampiezza H/V	frequenza Hz	ampiezza H/V
034018P387	Riano	colata quiescente con substrato a -15 m da p.c.	9,20	1,55		
034018P179	Strognano	substrato affiorante	3,40	2,10		
034018P377	Torrechiara	alluvioni con tetto ghiaie <3 m da p.c.	2,60	1,70		
034018P379	Torrechiara	alluvioni con tetto ghiaie <3 m da p.c.	14,60	2,71		
034018P378	Torrechiara	alluvioni con tetto ghiaie a 10 m da p.c.	5,75	2,67		

**Tab. 3 – Riepilogo dei risultati delle prove tomografiche in Comune di Langhirano**

Esaminando sia le Carte delle frequenze naturali dei terreni che Tab. 3, si osserva un'ampia variabilità dei risultati; fatto che si giustifica con le caratteristiche del territorio in esame, che restituisce curve H/V di difficile interpretazione e tale da non consentire la suddivisione delle aree di studio in base a classi di frequenza.

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

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

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza 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 instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione.

Dalla lettura delle Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Langhirano, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili. Invece, sono state individuate le seguenti 7 Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:

- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore

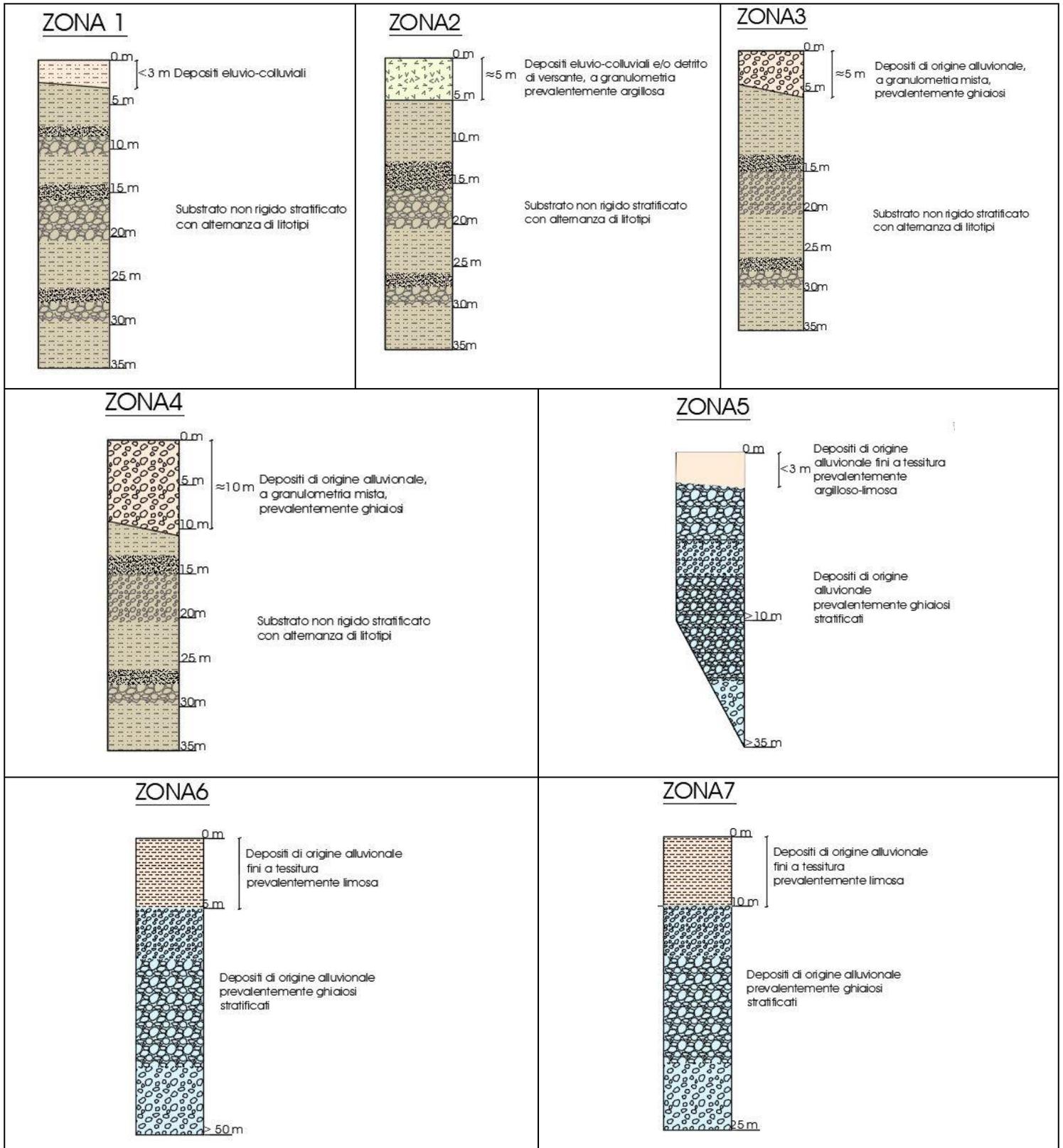
	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	50 di 68

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

medio inferiore a 3 m. Si rinviene diffusamente in tutte le aree esaminate, con eccezione di Pilastro, caratterizzando le porzioni di territorio alle quote più elevate; in particolare a Casatico, Strognano, Tabbiano e Costa di Castrignano occupa la totalità, o quasi, dell'abitato.

- Zona 2 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi, ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali e/o detrito di versante, a granulometria prevalentemente argillosa, di spessore medio pari a 5 m. cartografata in piccole porzioni di territorio, all'estremità meridionale e nel settore settentrionale del Capoluogo, nei pressi di Giarreto e a Le Bore.
- Zona 3 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi, ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a 5 m. Si rinviene solo a Langhirano in un'ampia porzione del Capoluogo a caratterizzare il settore occidentale del terrazzo su cui è stato edificato.
- Zona 4 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi, ricoperto da depositi di origine alluvionale, a granulometria mista, prevalentemente ghiaiosi di spessore medio pari a 10 m. Caratterizza le superfici terrazzate di Langhirano, per quel che riguarda sia la vasta porzione più vicina al torrente Parma del terrazzo citato al punto precedente che per quella posta alle quote più elevate, oltre quelle presenti a Giarreto e Pastorello.
- Zona 5 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore inferiore a 3 m, di depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente argilloso-limosa sotto la quale si rinvencono dei depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati. Riguarda i settori settentrionali e orientali degli abitati di Pilastro e Torrechiara.
- Zona 6 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore medio pari a circa 5 m, di depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente limosa sotto la quale si rinvencono dei depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati. E' stata cartografata nel settore occidentale dell'abitato di Pilastro.
- Zona 7 - Successione stratigrafica costituita da una copertura, di spessore medio pari a circa 10 m, di depositi di origine alluvionale, fini, a tessitura prevalentemente limosa sotto la quale si rinvencono dei depositi di origine alluvionale, prevalentemente ghiaiosi, stratificati, Corrisponde al settore occidentale dell'abitato di Torrechiara, fino al perimetro del territorio urbanizzato o urbanizzabile o a dove si rinviene il substrato geologico sub-affiorante (cfr. zona del Castello).

 <b>EN GEO S.r.l.</b> ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	51 di 68



**Fig. 17 - Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative delle microzone stabili**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	52 di 68

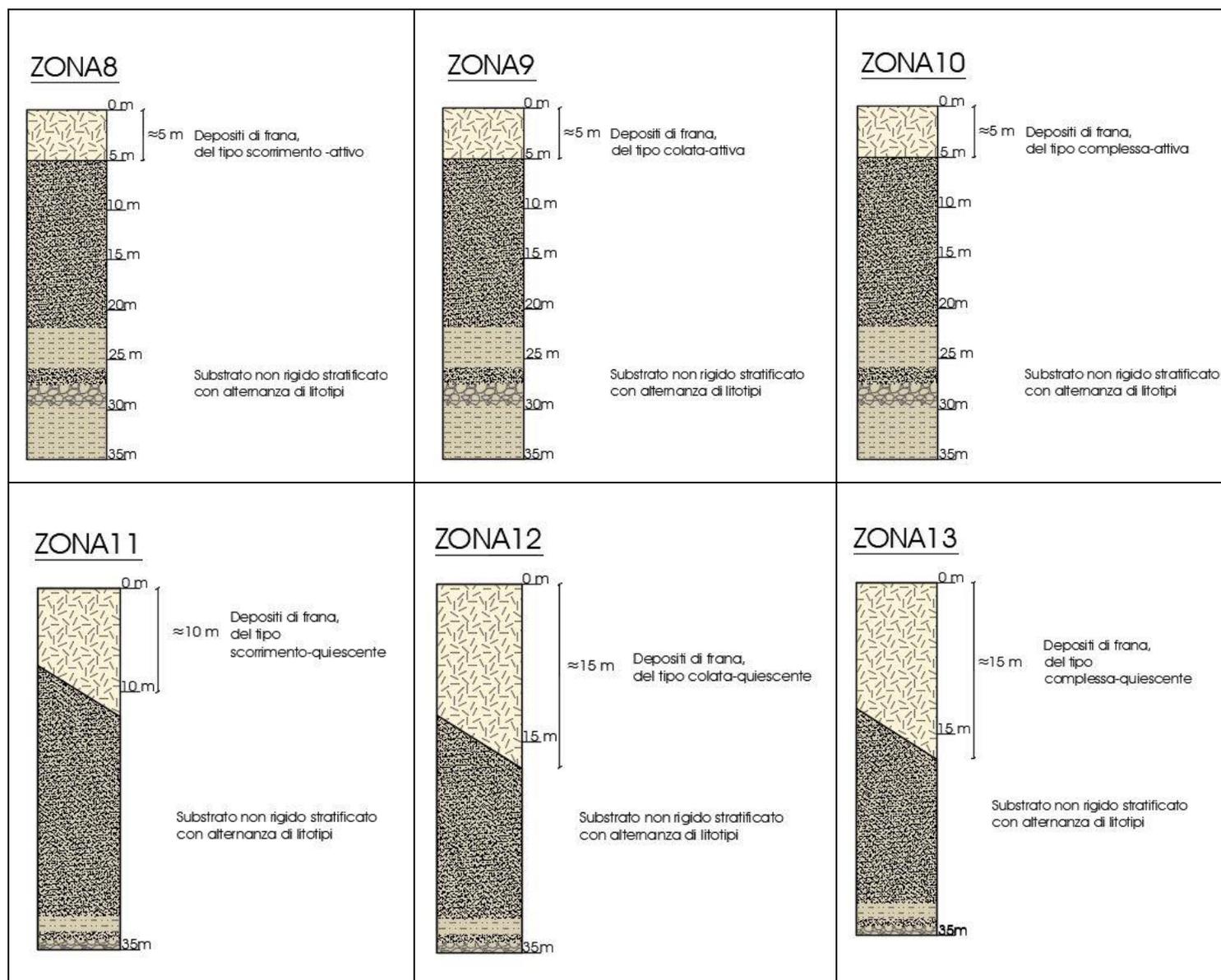
<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI LANGHIRANO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Sempre nella Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica sono state raffigurate anche 6 Zone di attenzione per instabilità di versante:

- ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 8, corrisponde a piccoli settori nel territorio urbanizzato di Langhirano, Giarreto, Pilastro, Riano e Tabbiano, caratterizzati da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 5 m di depositi di frana, del tipo scorrimento-attiva, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.
- ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 9, E' stata cartografata nel settore meridionale del Capoluogo oltre che a Casatico e in località Le Bore, su superfici di dimensioni quasi trascurabili. Risulta caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 5 m di depositi di frana, del tipo colata -attiva, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.
- ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 10, interessa una piccola zona nella porzione settentrionale dell'abitato di Langhirano e due aree, ancora più piccole, all'estremità occidentale dell'abitato di Casatico. E' caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 5 m di depositi di frana, del tipo complessa-attiva, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.
- ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 11, interessa varie porzioni di versante in corrispondenza del Capoluogo e 2 in località Pastorello, è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 10 m di depositi di frana, del tipo scorrimento-quiescente, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.
- ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 12, che coinvolge una buona parte dell'abitato di Riano e una piccola area all'estremità meridionale del territorio urbanizzato e urbanizzabile di Langhirano, è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 15 m di depositi di frana, del tipo colata-quiescente, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	53 di 68

ZA\_FR – Zona di attenzione per instabilità di versante – Zona 13, che riguarda vari settori, sia del Capoluogo che di alcune frazioni (Pilaastro, Giarreto e Pastorello Tabbiano e Costa di Castrignano) e che è caratterizzata da una successione stratigrafica costituita da uno spessore medio pari a 15 m di depositi di frana, del tipo complessa-quiescente, costituiti da elementi litoidi eterometrici immersi in una matrice prevalentemente argilloso-limosa, poggianti sul substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi.



**Fig. 18 – Colonne litostratigrafiche sintetiche, rappresentative della microzone di attenzione per instabilità di versante**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	54 di 68

## 8.5 Carte delle velocità delle onde di taglio S

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

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (prova tromografica, MASW o ReMi) e indicando il corrispondente valore di  $V_{s_{30}}$  o di  $V_{s_H}$  (in m/s), dove:

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

$H$  = 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*);

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

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

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

A riguardo, va chiarito che, con eccezione di alcune prove pregresse che non consentivano di ricavare uno dei 2 dati, si è indicato la  $V_{s_{30}}$  per le indagini effettuate all'interno della zona 1 o della zona 5, in quanto, presumibilmente, il contrasto di velocità più significativo si rinviene a una profondità compresa tra 3 e 50 m, mentre, per tutte le altre zone definite nel paragrafo 8.4, è stata riportata la  $V_{s_H}$  e la relativa profondità  $H$ .

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

PROVA	UBICAZIONE	MOPS	$V_{s_{30}}$	$V_{s_H}$
034018L1	Langhirano	zona 1	304	
034018P310	Langhirano	zona 1	393	
034018P153	Langhirano	zona 1	390	
034018P394	Langhirano	zona 1	512	
034018P397	Langhirano	zona 1	481	
034018P398	Langhirano	zona 1	590	
034018P404	Langhirano	zona 1	487	
034018L5	Langhirano	zona 11		223

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	55 di 68

PROVA	UBICAZIONE	MOPS	Vs <sub>30</sub>	Vs <sub>H</sub>
034018P391	Langhirano	zona 11		153
034018L16	Langhirano	zona 3		287
034018L40	Langhirano	zona 3		185
034018P365	Langhirano	zona 3		209
034018P383	Langhirano	zona 3		205
034018L14	Langhirano	zona 4		332
034018L20	Langhirano	zona 4		195
034018L21	Langhirano	zona 4		193
034018L23	Langhirano	zona 4		334
034018L28	Langhirano	zona 4		349
034018L37	Langhirano	zona 4		183
034018L38	Langhirano	zona 4		269
034018L42	Langhirano	zona 4		245
034018L45	Langhirano	zona 4		307
034018L46	Langhirano	zona 4		265
034018P273	Langhirano	zona 4		369
034018P63	Langhirano	zona 4		222
034018P196	Langhirano	zona 4		266
034018P271	Langhirano	zona 4		271
034018P270	Langhirano	zona 4		308
034018P382	Langhirano	zona 4		232
034018P384	Langhirano	zona 4		210
034018P392	Langhirano	zona 4		180
034018P393	Langhirano	zona 4		120
034018P396	Langhirano	zona 4		160
034018P399	Langhirano	zona 4		166
034018P403	Langhirano	zona 4		265
034018P405	Langhirano	zona 4		277
034018P370	Casatico	zona 1	456	
034018L24	Castrignano/Tabbiano	zona 1	370	
034018P385	Castrignano/Tabbiano	zona 1	314	
034018P386	Castrignano/Tabbiano	zona 1	438	
034018P406	Costa di Castrignano	zona 1	277	
034018P390	Giarreto/Pastorello	zona 1	600	
034018L31	Giarreto/Pastorello	zona 13		309
034018P388	Giarreto/Pastorello	zona 13		310
034018P389	Giarreto/Pastorello	zona 13	456	
034018L3	Pilastro	zona 5	565	
034018L7	Pilastro	zona 5	487	
034018L15	Pilastro	zona 5	563	
034018L17	Pilastro	zona 5	411	

PROVA	UBICAZIONE	MOPS	Vs <sub>30</sub>	Vs <sub>H</sub>
034018L27	Pilastro	zona 5	551	
034018L30	Pilastro	zona 5	544	
034018L33	Pilastro	zona 5	547	
034018P61	Pilastro	zona 5	414	
034018P190	Pilastro	zona 5	378	
034018P160	Pilastro	zona 5	462	
034018P381	Pilastro	zona 5	622	
034018P400	Pilastro	zona 5	373	
034018P401	Pilastro	zona 5	481	
034018P402	Pilastro	zona 5	448	
034018P380	Pilastro	zona 6		114
034018L48	Riano	zona 1	351	
034018P387	Riano	zona 12		199
034018L6	Riano	zona 2		264
034018L18	Riano	zona 2		219
034018L43	Strognano	zona 1	279	
034018P179	Strognano	zona 1	342	
034018P377	Torrechiara	zona 5	499	
034018P379	Torrechiara	zona 5	296	
034018P378	Torrechiara	zona 7		185

**Tab. 4 - Risultati delle misure di velocità delle onde di taglio S in Comune di Langhirano**

I risultati sopraindicati, una volta mediati e con alcune correzioni a favore di sicurezza, hanno consentito di definire dei valori di Vs<sub>30</sub> o di Vs<sub>H</sub> da assumere per ciascuna MOPS, definita nel paragrafo 8.4, e che sono serviti per calcolare i fattori di amplificazione sismica nel successivo paragrafo 8.6.

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 in presenza del Flysch di Monte Caio	600	
Zona 1 in presenza della altre formazioni	500	
Zona 2		250
Zona 3		200
Zona 4		300
Zona 5 a Pilastro	500	
Zona 5 a Torrechiara	400	
Zona 6		150
Zona 7		200
Zona 8 (di attenzione per instabilità di versante)		200
Zona 9 (di attenzione per instabilità di versante)		150

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

ZONA	$V_{s30}$ (m/s)	$V_{sH}$ (m/s)
Zona 10 (di attenzione per instabilità di versante)		300
Zona 11 (di attenzione per instabilità di versante)		200
Zona 12 (di attenzione per instabilità di versante)		150
Zona 13 (di attenzione per instabilità di versante)		300

**Tab. 5 – Tabella riepilogativa delle velocità delle onde di taglio S in Comune di Langhirano**

## 8.6 Carte di microzonazione sismica

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

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

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

La scelta dell'abaco per la stima è stata valutata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche del sottosuolo.

Nello specifico, si sono usate le seguenti tabelle, proposte nell'Allegato A2 degli indirizzi regionali, paragrafo A2.1.1 - APPENNINO (zone collinari e montane), in caso di substrato non rigido, vale a dire caratterizzato da  $V_s \ll 800$  m/s:

- Tabelle riportate in Tab. 6 quando il substrato sismico risulta affiorante o sub-affiorante, (cfr. Zona 1 e Zona 5 nel paragrafo 8.4)
- Tabelle riportate in Tab. 7 quando il substrato sismico non risulta affiorante o sub-affiorante (cfr. Zone 2, 3, 4, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13 nel paragrafo 8.4)

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
F.A. PGA					1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.1
F.A. SI1					1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.2
F.A. SI2					1.5	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3

**Tab. 6 – Tabelle da utilizzare per la stima di F.A. per APPENNINO in caso substrato sismico affiorante caratterizzato da  $V_s \ll 800$  m/s (da Allegato A2 degli indirizzi regionali)**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	58 di 68

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ( $0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$ ). Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI2** ( $0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$ ). Colonna 1  $H(m)$ , riga 1  $V_{SH}(m/s)$

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

Il calcolo dei singoli fattori di amplificazione è stato effettuato considerando la profondità del substrato già definita, per ciascuna microzona, nel paragrafi 8.4; mentre, per quanto concerne le velocità, sono stati assunti i valori indicati nel paragrafo 8.5, Tab. 5.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	59 di 68

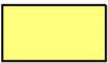
<i>PROGETTO</i>	<i>LIVELLO</i>
<b>COMUNE DI LANGHIRANO</b> Studio di microzonazione sismica	Primo e secondo livello di approfondimento

Conseguentemente, per gli areali oggetto di microzonazione sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella (Tab. 8):

ZONA	F.A. PGA	F.A. SI1	F.A. SI2
Zona 1 in presenza del Flysch di Monte Caio	1,2	1,3	1,3
Zona 1 in presenza della altre formazioni	1,4	1,4	1,4
Zona 2	1,6	1,5	1,4
Zona 3	2,0	1,7	1,4
Zona 4	1,8	1,6	1,4
Zona 5 a Pilastro	1,4	1,4	1,4
Zona 5 a Torrechiara	1,8	1,7	1,5
Zona 6	2,3	2,1	1,4
Zona 7	2,2	2,3	1,6
Zona 8 (di attenzione per instabilità di versante)	2,0	1,7	1,4
Zona 9 (di attenzione per instabilità di versante)	2,3	2,1	1,4
Zona 10 (di attenzione per instabilità di versante)	1,5	1,4	1,3
Zona 11 (di attenzione per instabilità di versante)	2,2	2,3	1,6
Zona 12 (di attenzione per instabilità di versante)	2,2	2,7	2,3
Zona 13 (di attenzione per instabilità di versante)	2,0	1,9	1,4

**Tab. 8 - Valori dei fattori di amplificazione sismica**

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

	1.1 - 1.2
	1.3 - 1.4
	1.5 - 1.6
	1.7 - 1.8
	1.9 - 2.0
	2.1 - 2.2
	2.3 - 2.4
	2.5 - 3.0
	3.1 - 3.5
	>3.5

**Fig. 19 - Legenda adottata per l'accorpamento dei fattori di amplificazione nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali**

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	60 di 68

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

Nelle stesse carte le zone di attenzione per instabilità di versante, 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

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

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

Anche l'interpretazione delle indagini tomografiche effettuate - che restituiscono curve H/V in cui sono generalmente presenti più picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro, a frequenze associabili a differenti profondità, anche tali da non trovare un riscontro stratigrafico attendibile - non è sempre facile.

Ciononostante, per i centri abitati principali, in cui sono stati raccolti un sufficiente numero di dati geognostici, è stato possibile effettuare, pur tramite procedure semplificate, una microzonazione del territorio con attribuzione di differenti fattori di amplificazione.

In estrema sintesi, si è osservato che, in un contesto caratterizzato dalla presenza di un substrato marino con Vs variabili, sempre minori di 800 m/s, generalmente prossimo al piano campagna, ma che si approfondisce nel settore nord-orientale, applicando gli abachi regionali, i fattori di amplificazione più elevati, non prendendo in considerazione le zone di attenzione per instabilità di versante, si hanno sui primi rilievi degli abitati di Pilastro e Torrechiara. Ciò a causa del contrasto d'impedenza che si osserva al passaggio tra la copertura, costituita da paleosuoli a tessitura fine, e le alluvioni, prevalentemente ghiaiose, sottostanti.

A fronte della sopradescritta criticità, si raccomanda che, in fase progettuale, si tenga conto delle indicazioni di pericolosità fornite, e, nello specifico, per quanto riguarda le aree in cui sono stati calcolati Fa maggiori 2, sia valutato con attenzione se possa essere ritenuto sufficiente un approccio di tipo semplificato (probabilmente con utilizzo del profilo E) o sia preferibile effettuare un'analisi della risposta sismica locale.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	61 di 68

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

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

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	62 di 68

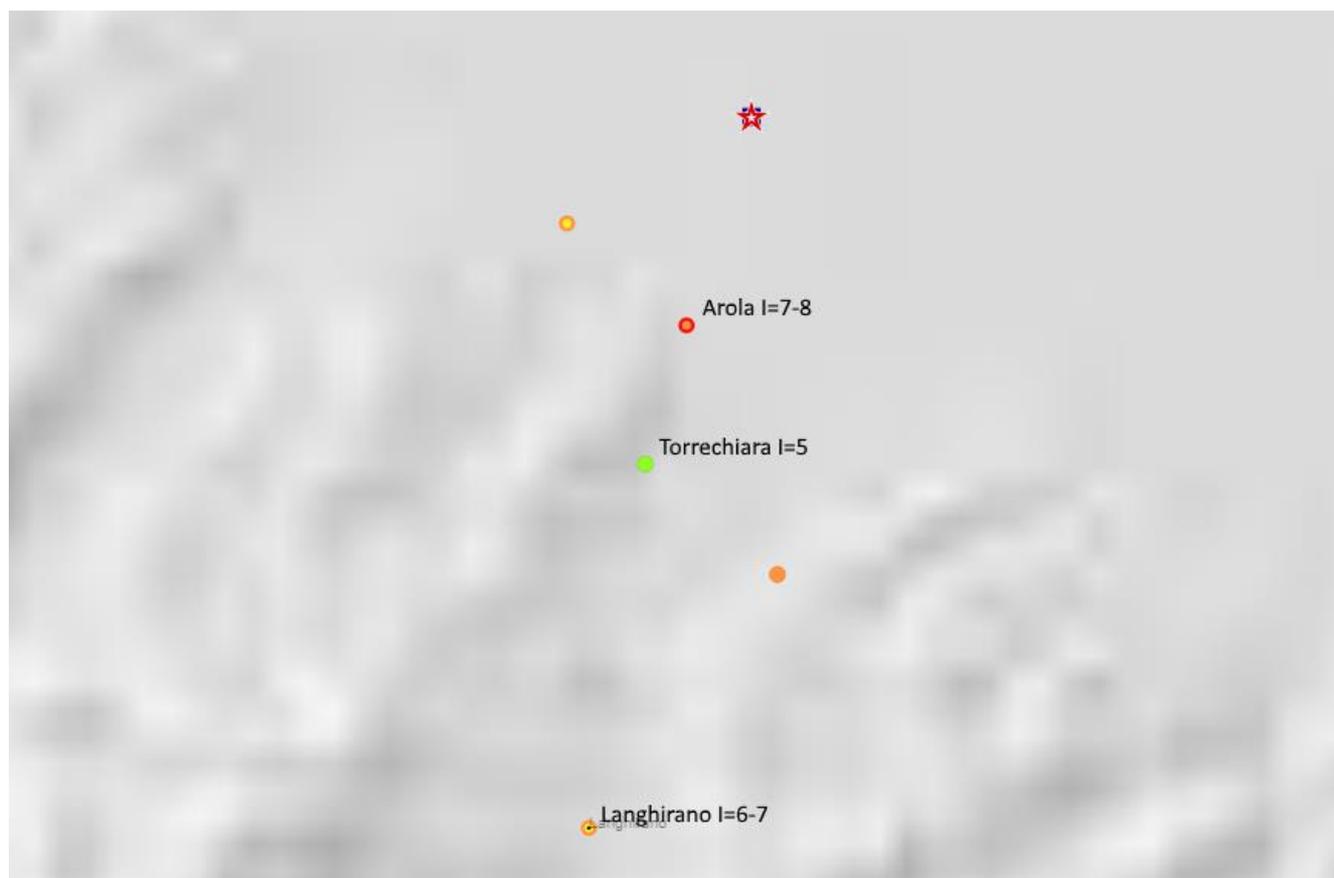
## 9. CONFRONTO DELLA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

In Comune di Langhirano, 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 2.2, nel quale sono considerate più località ricadenti all'interno del territorio comunale.

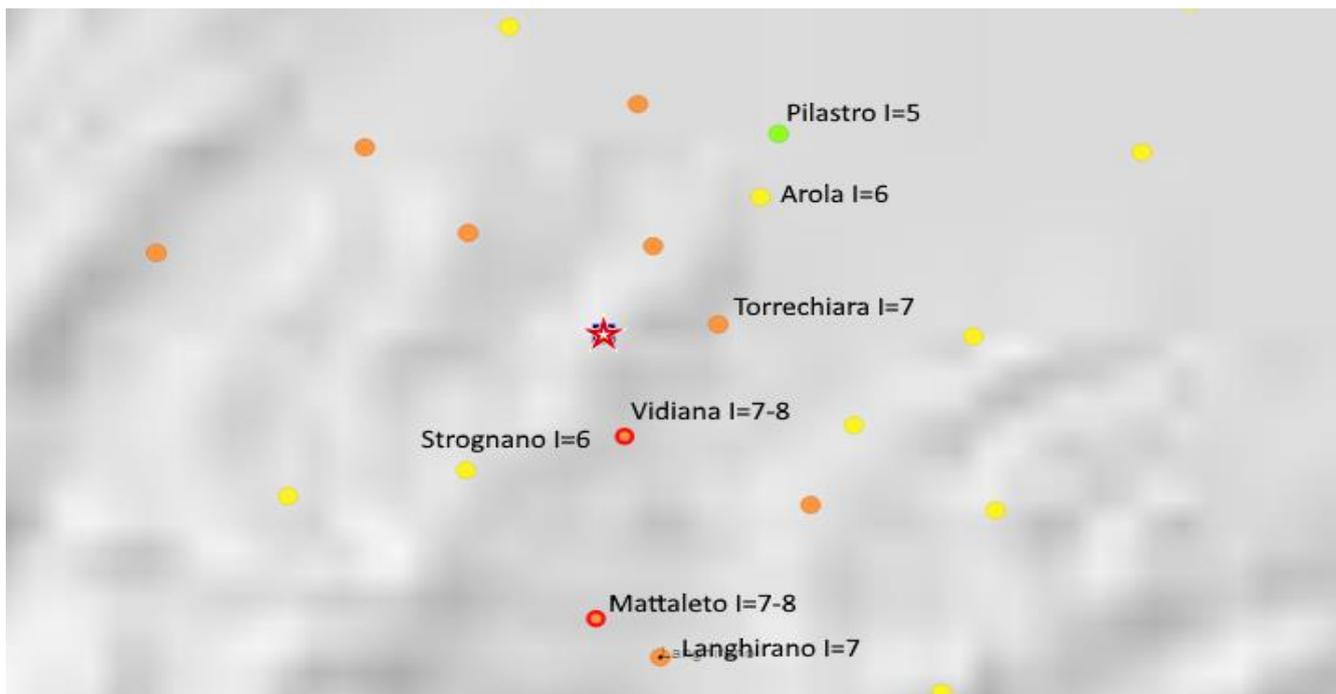
In particolare, si sono osservati gli effetti prodotti in questi siti, in termini di intensità I(MCS), dai terremoti più forti che hanno colpito la zona, tutti con epicentro nel parmense, ovvero:

- Il terremoto del 09 dicembre 1818 (cfr. Fig. 20)
- Il terremoto del 04 marzo 1898 (cfr. Fig. 21)
- il terremoto del 15 luglio 1971, (cfr. Fig. 22).

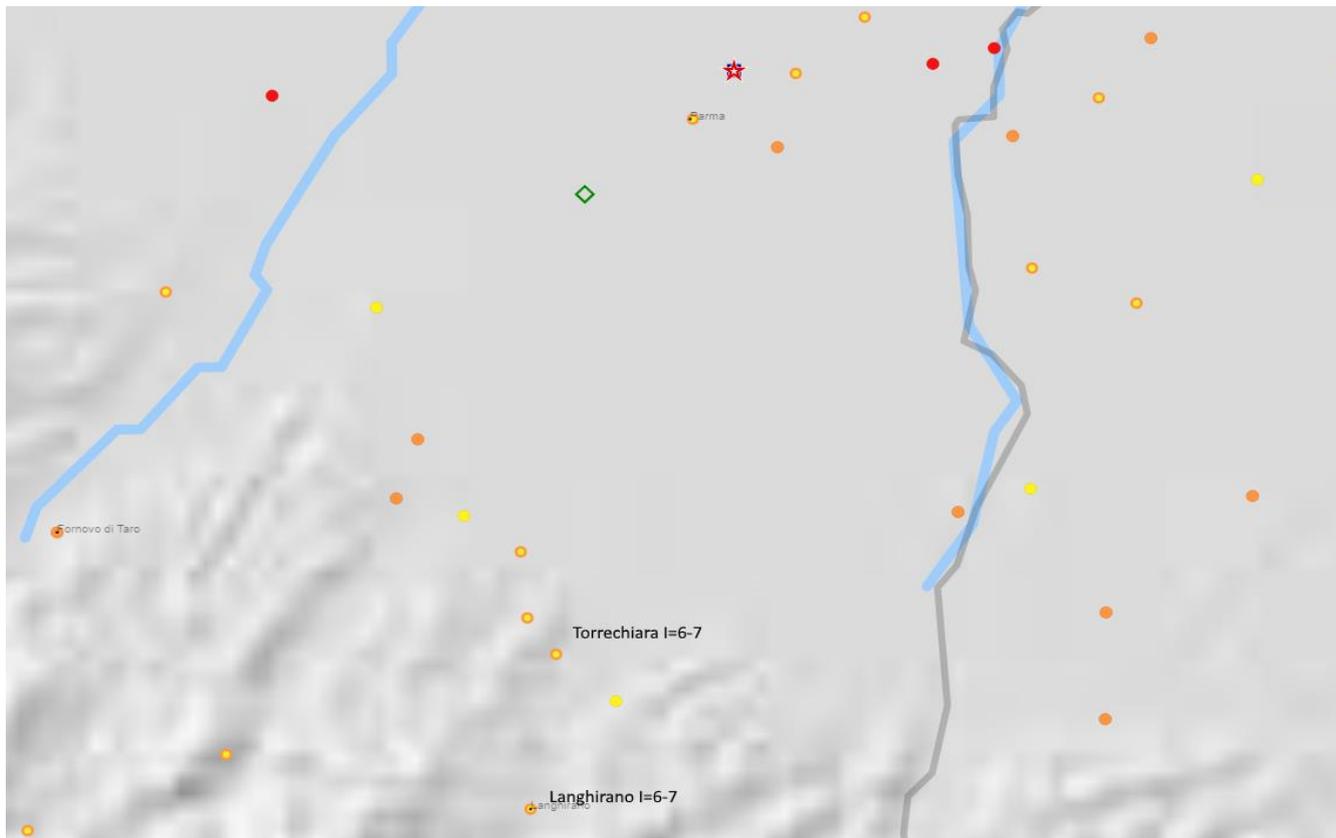


**Fig. 20 – Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), in comune di Langhirano del sisma del 09 dicembre 1818**

 <b>EN GEO</b> S.r.l. <small>ENGINEERING GEOLOGY</small>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	63 di 68



**Fig. 21 - Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), in comune di Langhirano del sisma del 04 marzo 1898**



**Fig. 22 - Distribuzione degli effetti, espressi in I(MCS), in comune di Langhirano del sisma del 15 luglio 1971**

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	64 di 68

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

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 e in contrasto tra loro.

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	65 di 68

## 10. BIBLIOGRAFIA

- Albarelo D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 - 2011, Appendice I e II, pp 50-62
- Baldi M., Baldini U., Bevivino R., Castagnetti S., Daminelli R., Gianferrari C., Marcellini A., Martelli L. e Tinto A., 2010: UNIONE TERRE DI CASTELLI: VALIDAZIONE DELLA MICROZONAZIONE SISMICA DI II LIVELLO (2010) - 29° Convegno Nazionale Gruppo Nazionale Geofisica della Terra Solida, Prato.
- Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.  
[http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (a cura di) (2011) . DBMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna,  
<http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- 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)
- Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SIMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- CARTA DEL DISSESTO DA PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE DI PARMA. Sezioni 199110, 199120, 199150, 199160, 217030 e 217040, alla scala 1:10.000. Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 199 "Parma Sud" - Regione Emilia Romagna: Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Stampa: S.EL.CA. s.r.l., Firenze 2005
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA - FOGLIO 217 "Neviano degli Arduini" - Regione Emilia Romagna: Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Stampa: S.EL.CA. s.r.l., Firenze 2002

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGIST	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	66 di 68

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

- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- GUIDELINES FOR THE IMPLEMENTATION OF THE H/V SPECTRAL RATIO TECHNIQUE ON AMBIENT VIBRATIONS MEASUREMENTS, PROCESSING AND INTERPRETATION - SESAME European research project, dicembre 2004
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – FOGLIO 199 APAT – REGIONE EMILIA-ROMAGNA
- NOTE ILLUSTRATIVE DELLA CARTA GEOLOGICA D'ITALIA – FOGLIO 217 APAT – REGIONE EMILIA-ROMAGNA

 <b>EN GEO</b> S.r.l. ENGINEERING GEOLOGY	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	67 di 68

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

## 11. ALLEGATI

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

Elaborato 1.a	Carta delle indagini - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 1.b	Carta delle indagini- Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 2.a	Carta geologico tecnica - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 2.b	Carta geologico tecnica - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 3.a	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 3.b	Carta delle frequenze naturali dei terreni - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 4.a	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 4.b	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 5.a	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 5.b	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 6.a1	Carta di microzonazione sismica $FA_{PGA}$ - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 6.a2	Carta di microzonazione sismica $FA_{PGA}$ - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 6.b1	Carta di microzonazione sismica $FA_{IS\ 0,1 - 0,5\ s}$ - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 6.b2	Carta di microzonazione sismica $FA_{S\ 0,1 - 0,5\ s}$ - Frazioni	scala 1:5.000
Elaborato 6.c1	Carta di microzonazione sismica $FA_{IS\ 0,5 - 1,0\ s}$ - Capoluogo	scala 1:5.000
Elaborato 6.c2	Carta di microzonazione sismica $FA_{S\ 0,5 - 1,0\ s}$ - Frazioni	scala 1:5.000

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

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	Relazione illustrativa	Settembre 2017	0	68 di 68