



**ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE AREA BAZZANESE**  
Comuni di Bazzano, Castello di Serravalle, Crespellano, Monte  
San Pietro, Monteveglio, Savigno, Zola Predosa  
Provincia di Bologna



**PIANO STRUTTURALE DEI COMUNI  
DELL'AREA BAZZANESE**

**MICROZONAZIONE SISMICA DEL COMUNE DI SAVIGNO**  
Relazione illustrativa

Adozione: Del. C.C. n. ... del .....

Approvazione: Del. C.C. n. ... del .....

**ASSOCIAZIONE INTERCOMUNALE AREA BAZZANESE**  
**Presidente del comitato di Pianificazione Associata: ALFREDO PARINI**

	Sindaci	Assessori
<i>Bazzano</i>	Elio RIGILLO	Moreno PEDRETTI
<i>Castello di Serravalle</i>	Milena ZANNA	Cesare GIOVANARDI
<i>Crespellano</i>	Alfredo PARINI	Alfredo PARINI
<i>Monte San Pietro</i>	Stefano RIZZOLI	Pierluigi COSTA
<i>Monteveglio</i>	Daniele RUSCIGNO	Daniele RUSCIGNO
<i>Savigno</i>	Augusto CASINI ROPA	Augusto CASINI ROPA
<i>Zola Predosa</i>	Stefano FIORINI	Stefano FIORINI

***Responsabile dello studio***

dr. geol. Samuel Sangiorgi

***Ufficio di Piano***

Marco LENZI (Coordinamento)

**OTTOBRE 2013**

## Indice generale

<b>1</b>	<b>Introduzione.....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Definizione della pericolosità sismica di base .....</b>	<b>5</b>
2.1	Sorgenti sismogeniche e terremoti di riferimento.....	5
2.2	Ulteriori elementi di pericolosità sismica ai fini della pianificazione territoriale: la DAL regionale n.112/2007.....	10
<b>3</b>	<b>Assetto geologico e geomorfologico dell'area.....</b>	<b>12</b>
3.1	Aspetti geologici e tettonici generali.....	12
3.2	Contesto litostratigrafico, strutturale e geomorfologico delle aree studiate.....	13
3.2.1	Area “Capoluogo”.....	14
3.2.2	Area frazione Ca' Bortolani.....	16
3.2.3	Altre frazioni.....	18
<b>4</b>	<b>Dati geotecnici e geofisici.....</b>	<b>24</b>
4.1	Dati pregressi.....	24
4.2	Dati ex novo.....	24
<b>5</b>	<b>Modello di sottosuolo.....</b>	<b>29</b>
5.1	Area “Capoluogo.....	29
5.2	Area “Ca' Bortolani”.....	31
5.3	Altre frazioni.....	32
<b>6</b>	<b>Interpretazioni e incertezze.....</b>	<b>35</b>
<b>7</b>	<b>Metodologie di elaborazione e risultati.....</b>	<b>36</b>
7.1	I fattori di amplificazione considerati.....	36
7.2	L'analisi del rumore sismico locale.....	37
<b>8</b>	<b>Elaborati cartografici.....</b>	<b>38</b>
8.1	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica.....	38
8.2	Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	40
8.3	Carta delle aree suscettibili di effetti locali.....	41
8.3.1	Zone suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico).....	42
8.3.2	Zone suscettibili di instabilità .....	46
8.4	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	48
8.5	Carta di Microzonazione sismica livello 2.....	48
<b>9</b>	<b>Appendice al RUE: prescrizioni normative in materia di pericolosità sismica .....</b>	<b>50</b>
<b>10</b>	<b>Bibliografia.....</b>	<b>55</b>

## 1 Introduzione

La Regione Emilia-Romagna, attraverso uno specifico apparato normativo (LR 20/2000 e delib. Regionale n.112/2007 (“Indirizzi per gli studi di Microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica”) ha imposto l'elaborazione degli studi di pericolosità e di Microzonazione sismica nella pianificazione territoriale, definendo criteri di approfondimento differenziati (<<livelli>>) a seconda delle fasi di programmazione affrontate e del contesto di pericolosità locale riscontrato.

La componente geologica del quadro conoscitivo (QC) del Piano Strutturale elaborata per l'Associazione intercomunale “Area Bazzanese” include nozioni per una conoscenza dei parametri geologici del territorio indagato, quali:

- assetto morfologico, strutturale generale; idrogeologia e idrologia
- pericolosità territoriale generale (sismicità; esondabilità; subsidenza; criticità di versante)
- pericolosità sismica preliminare (primo livello ai sensi della DAL 11272007).

La scala d'esecuzione delle analisi citate varia per ogni tema trattato a seconda del grado di accuratezza delle informazioni disponibili. Ad esempio, le analisi territoriali sismiche scontano la scarsità delle conoscenze di sottosuolo oltre che l'assenza delle necessarie informazioni per la valutazione della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ): il quadro normativo del PS Associato rimanda infatti alla fase di elaborazione dei PSC. L'approvazione del PSC di Savigno è comunque subordinata all'elaborazione degli approfondimenti sismici richiesti dalla DAL 112/2007 (approfondimenti della pericolosità sismica e Microzonazione di secondo livello).

In questo senso, l'Unione di Comuni Valle del Samoggia è risultata destinataria dei contributi per gli studi di Microzonazione sismica (MS) dei comuni di pertinenza (Bazzano; Castello di Serravalle; Crespellano; Monte San Pietro; Monteveglio) più il Comune di Zola Predosa, di cui all'OPCM n. 4007/2012 e succ. decreto del 16 marzo 2012 del capo del Dipartimento della Protezione Civile. L'Unione ha affidato allo Studio scrivente l'elaborazione delle analisi di Microzonazione sismica di “secondo livello” del territorio urbanizzato e urbanizzabile dei Comuni citati.

Il lavoro di approfondimento sismico per i Comuni citati è stato elaborato secondo i criteri generali dettati nell'OPCM 4007/2012 e secondo i criteri per gli studi di Microzonazione sismica riportati negli allegati della deliberazione della Giunta Regionale (Emilia-Romagna) n. 1302 del 10/09/2012. Più nel dettaglio, l'elaborazione dello studio di Microzonazione e la redazione degli elaborati richiesti sono impostati secondo i contenuti tecnici degli

<<Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica>> approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle regioni e delle provincie Autonome (di seguito indicate come “ICMS 2008”). Per i depositi e le forme che possono determinare effetti locali si è fatto riferimento agli Allegati della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia–Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 (di seguito indicata come “DAL 112/2007”).

Occorre infine rammentare che la Provincia di Bologna ha recentemente proceduto alla elaborazione degli studi di pericolosità sismica preliminare del territorio amministrativo competente. Gli esiti di tali studi sono contenuti nella <<Variante al PTCP in materia di Rischio Sismico>> che, al momento della stesura del presente lavoro, risulta già adottata (delibera n.4 del Consiglio provinciale del 14/01/2013). In sintesi, la Provincia di Bologna ha elaborato la nuova Tavola di Piano, denominata “TAV. 2.C – Rischio sismico – Carta degli effetti Locali Attesi”, alla scala 1:25.000 per quanto riguarda i Comuni della collina e montagna. Tale tavola costituisce il primo livello di approfondimento sismico richiesto dalla DAL 112/2007, identificando gli scenari di pericolosità sismica locale dell'intero territorio provinciale. La Variante al PTCP ha introdotto specifiche norme in materia di riduzione del rischio sismico (nuovo art.6.14 delle NTA del PTCP), con disposizioni sugli ulteriori approfondimenti da espletarsi nelle fasi di pianificazione comunale.

In conclusione, lo studio si è basato, come riferimento conoscitivo, sulle analisi già espletate per il PSC in forma associata e per il PTCP, considerando anche le nuove disposizioni della Provincia di Bologna in materia di rischio sismico. Lo studio ha aggiornato il quadro pregresso sulla base degli esiti delle nuove indagini geognostiche e geofisiche espletate per questo lavoro (descritte nei successivi capitoli) e sulla base degli esiti delle indagini pregresse acquisiti nel corso del lavoro. In particolare, si è potuto disporre di informazioni geognostiche pregresse recuperate dai seguenti archivi:

- banca dati delle indagini “in situ” predisposta dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) della regione Emilia–Romagna e gentilmente messi a disposizione;
- uffici Tecnici e di Pianificazione dei Comuni interessati (Relazioni Geologiche allegate a istanze di permessi di costruire e/o Relazioni Geologiche elaborate per la predisposizione di nuovi strumenti di pianificazione e/o Varianti).

Il presente lavoro ha dunque consentito un ulteriore affinamento della caratterizzazione sismica locale e in particolare ha prodotto:

1. un approfondimento della pericolosità sismica locale delle aree urbane e urbanizzabili, attraverso la definizione di <<zone omogenee>> dal punto di vista sismico;
2. la cartografia di Microzonazione sismica di <<secondo livello>>, elaborata per le



parti di territorio che comprendono l'urbanizzato e le aree di nuova previsione edificatoria del PSC;

3. una proposta normativa propedeutica al prosieguo degli studi geologici e sismici che dovranno accompagnare le successive fasi di pianificazione (POC e PUA) e progettuali di massima ed esecutive, coerenti con i contenuti della DAL 112/2007 e con le recenti disposizioni del PTCP (art. 6.14 delle NTA).

## 2 Definizione della pericolosità sismica di base

### 2.1 Sorgenti sismogeniche e terremoti di riferimento

L'elevata sismicità che caratterizza la penisola italiana è strettamente connessa al suo contesto tettonico-strutturale e quindi alla presenza di strutture geologicamente "attive"<sup>1</sup>. Alla base di ogni stima della pericolosità sismica di un territorio vi è dunque l'indispensabile conoscenza della sua storia sismica (cioè di tutte le informazioni sui sismi avvenuti nel passato e della geologia strutturale locale, entrambe strettamente connesse tra loro).

Le evoluzioni scientifiche e tecnologiche susseguitesesi in particolare dal 1800 hanno permesso catalogazioni sempre più dettagliate dei terremoti, analisi più raffinate dei meccanismi di innesco e di propagazione dei sisma e una progressiva migliore conoscenza delle zone o delle strutture responsabili della sismicità ("zone" o "sorgenti sismogenetiche") presenti nel territorio italiano.

Recentemente, la Regione Emilia-Romagna, a conclusione di un lungo lavoro iniziato alla fine degli anni '70 del secolo scorso, ha prodotto la <<Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna>>, edita nel 2004 alla scala 1:250.000, che riporta gli epicentri dei terremoti noti con Magnitudo  $M > 4$ , le strutture attive e quelle potenzialmente sismogenetiche (della catena appenninica, del suo margine e quelle correlate alle strutture del sottosuolo padano-adriatico) ed i relativi meccanismi focali tettonici. La localizzazione degli epicentri si è basata sulla catalogazione nazionale dei terremoti CPTI<sup>2</sup>. La figura 2.1 riporta la sovrapposizione del territorio di Savigno con la Carta Sismotettonica regionale, mentre la figura 2.2 riporta la cartografia degli epicentri dei terremoti della regione Emilia-Romagna, desunti dal catalogo CPTI e suddivisi per classi di magnitudo.

A livello nazionale si è invece giunti, attraverso varie fasi di studi e revisioni, all'ultima zonazione sismogenica del territorio nazionale, nota con la semplice sigla "ZS9" (2004), prodotta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Questa zonazione rappresenta il più recente riferimento per gli studi di pericolosità sismica del territorio italiano, elaborata riferendosi anche ai più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le ultime banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane: DISS 2.0<sup>3</sup> ed il già citato catalogo CPTI. Il catalogo CPTI, divulgato nel 1999 e frutto del lavoro sinergico di

---

<sup>1</sup> La definizione di faglia <<attiva>> è ancora fonte di accese discussioni scientifiche tra i vari Autori, riferendosi alla possibilità di riattivazione in un intervallo temporale che possa interferire con la nostra società: dall'olocenico (circa 12.000 anni, secondo l'U.S. E.P.A., 1981), al "regime tettonico corrente" (Muir Wood & Mallard, 1992)

<sup>2</sup> <<Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani>> (Gruppo di lavoro CPTI, 1999-2002)

<sup>3</sup> <<Database of Potential Sources for Earthquake Larger than M 5.5 in Italy>> (Valensise e Pantosti, 2001)

diversi gruppi di ricerca operativi nel settore della sismologia storica e della macrosismica (GNDT, INGV e SSN), rappresenta un catalogo parametrico dei terremoti nel territorio italiano e il primo prodotto comune di riferimento per le stime di “rischio”.

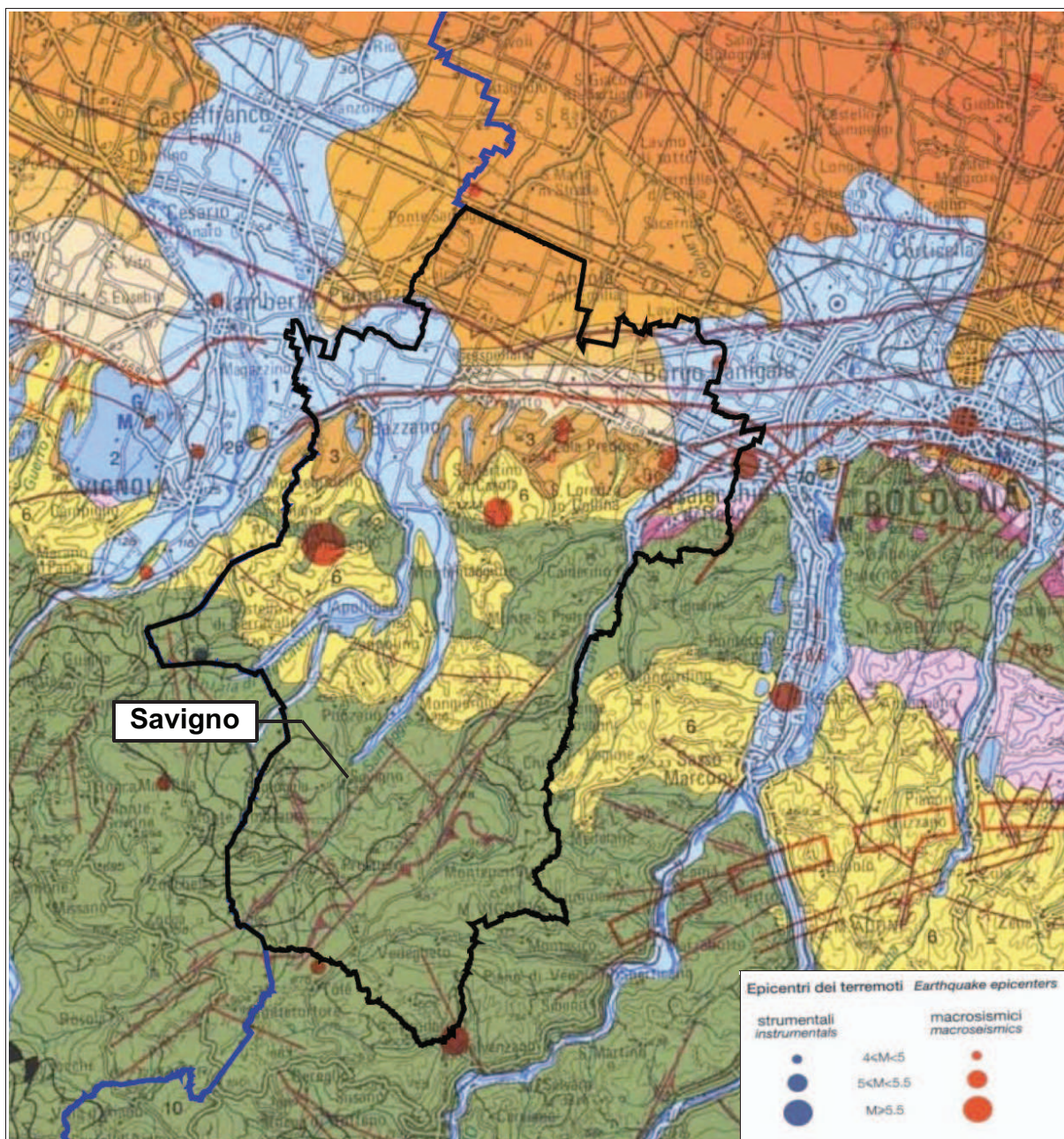


Figura 2.1- Sovrapposizione del territorio dei Comuni dell'Area Bazzanese (comprende anche il territorio di Savigno) con la Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (2004). Si riporta uno stralcio della legenda relativamente alla classificazione degli ipocentri dei terremoti strumentali di  $M_w > 4$  e l'epicentro dei più significativi effetti macrosismici. La fonte regionale degli eventi sismici riportati è il catalogo parametrico nazionale dei terremoti storici (CPTI, 1999).

Il catalogo CPTI, pur essendo un prodotto preliminare e in seguito affiancato da una ulteriore versione più aggiornata (2004), costituisce un riferimento fondamentale per le analisi di



pericolosità e per le stime di rischio. Il database DISS 3.1 costituisce invece la versione più aggiornata e disponibile di DISS, relativamente alla localizzazione, alla distribuzione e alle informazioni note delle sorgenti sismogeniche nel contesto italiano nazionale.

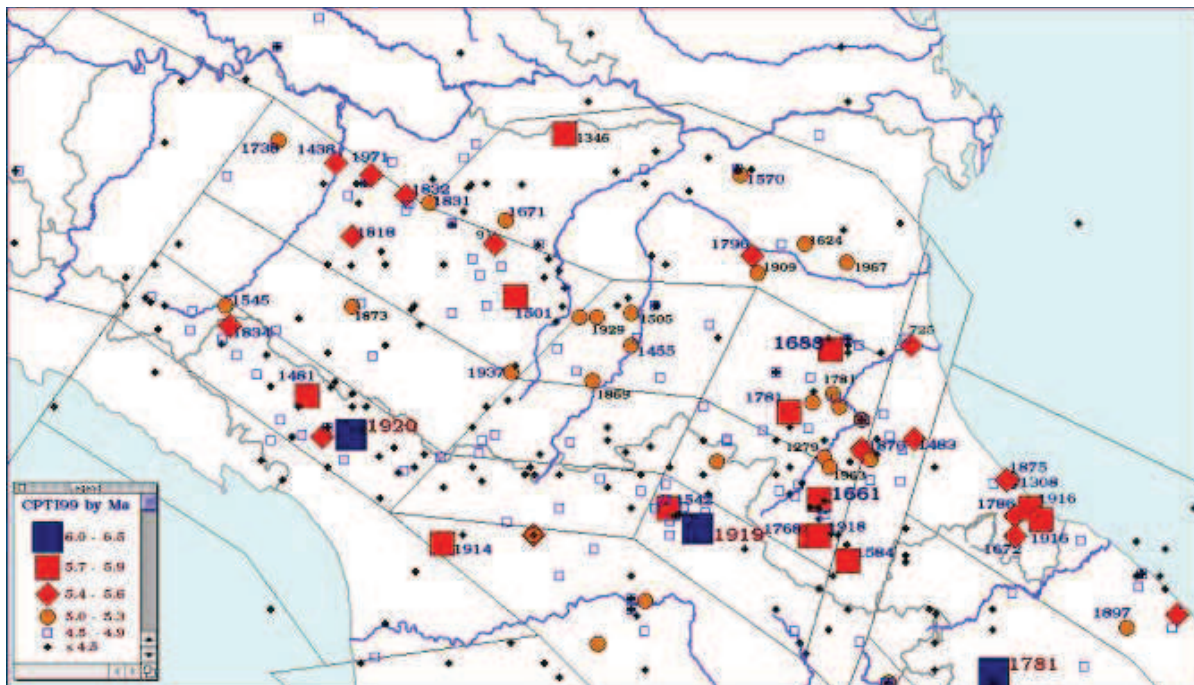


Figura 2.2- Carta degli epicentri dei terremoti (CPTI, 1999) della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo, estrapolata dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) regionale.

La figura 2.3 propone la sovrapposizione del territorio dei Comuni dell'Area Bazzanese con la zonazione ZS9: si evince che l'area studiata ricade nella zona 913 (Appennino Emiliano-romagnolo) cioè in una delle zone in cui è stato scomposto longitudinalmente l'arco appenninico settentrionale e centrale da Parma fino all'Abruzzo. In questa zona si verificano terremoti prevalentemente compressivi fino al suo margine, ma anche per meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo della struttura appenninica e ad essa viene attribuita una magnitudo massima  $M = 5,91$ . Tutta la fascia è dunque caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo (fonte: INGV).

La figura 2.3 offre anche la sovrapposizione con le sorgenti sismogeniche individuate nel database DISS, nella sua versione più aggiornata e disponibile (DISS 3.1). Questo fondamentale database riporta le tre principali sorgenti sismogeniche (contenute nella zona 913 di ZS9) limitrofe all'area di studio:

- la ITCS027 che rappresenta una lunga fascia di territorio che comprende anche il territorio appenninico settentrionale di Savigno; la sua magnitudo stimata è pari a  $M_w = 6,2$  ed è derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi associati a questa zona e comunque lontani dall'area studiata: Fabriano, 1741, Cagli, 1781, Camerino, 1799, Sarnanno, 1873);

- la ITCS047 che interessa i territori appenninici e pedeappenninici più a settentrione rispetto all'area studiata e cioè i Comuni di Castello di Serravalle, Monteveglio, Monte San Pietro, Zola Predosa, Crespellano e Bazzano (con una magnitudo stimata di  $M_w = 5,6$  derivata dalle magnitudo dei terremoti più significativi: bolognesi, 1505 e 1929, modenesi, 1399).

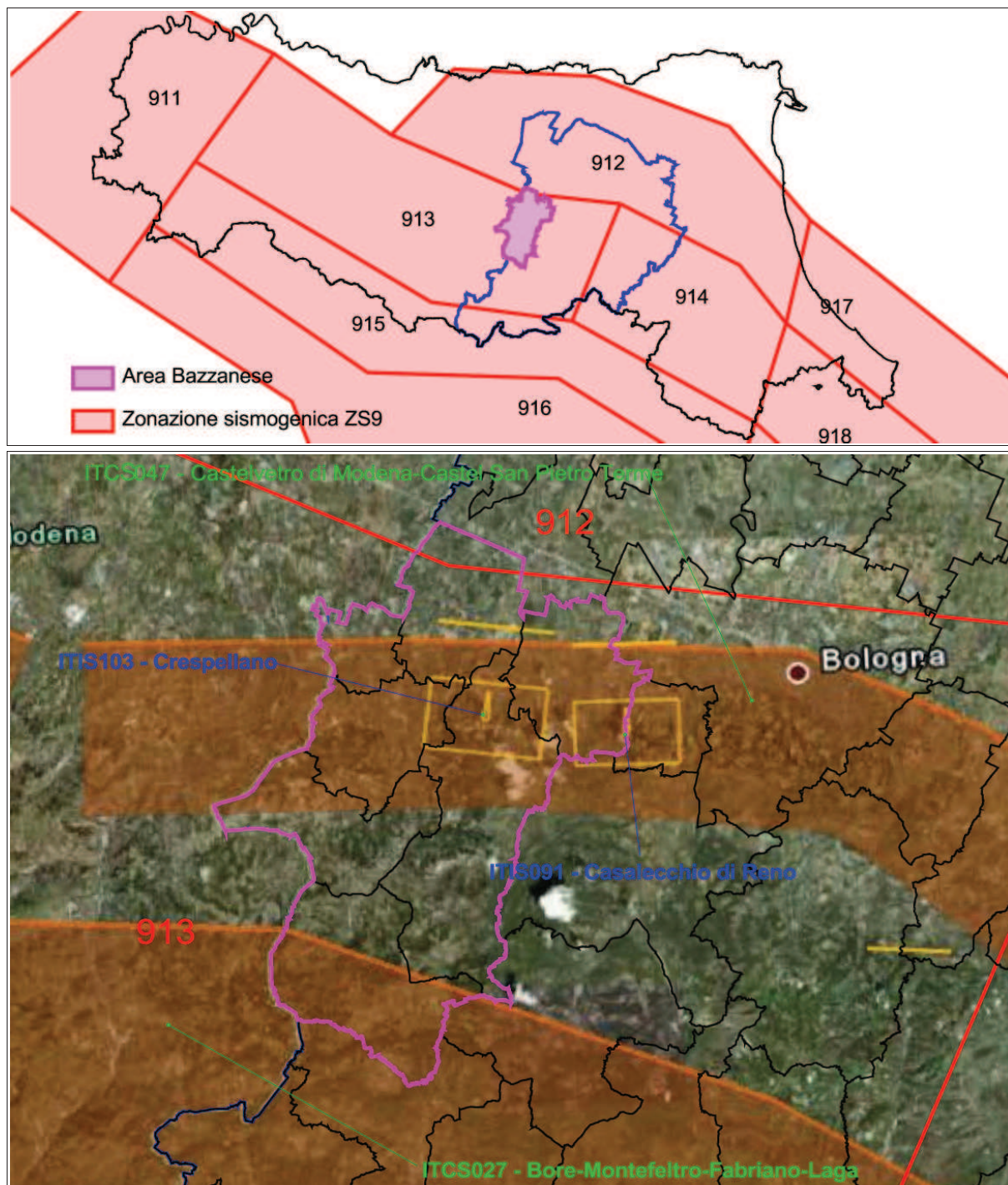


Figura 2.3 – Zonazione sismogenetica ZS9 e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS (versione aggiornata 3.1). Foto aerea: Google Earth. Nel database DISS le sigle ITCS corrispondono alle “zone” mentre le sigle ITIS corrispondono alle “sorgenti” sismogenetiche.

In particolare la banca dati DISS 3.1 evidenzia due sorgenti sismogenetiche che interessano l'Area Bazzanese e che risultano più a settentrione rispetto il territorio di Savigno:

- “ITIS103 - Crespellano” a cui è attribuita una magnitudo  $M_w = 5,6$  associata al terremoto del 20 aprile 1929 (fonte: CPTI, 2004); sono documentati danni ad edifici ed infrastrutture con intensità pari al grado VII della scala Mercalli (Zecchi, 1982) ed anche effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali, emissioni di gas (Boschi et al., 2000);
- “ITIS091 - Casalecchio di Reno” a cui è attribuita una  $M_w = 5,5$  associata al terremoto bolognese del 3 gennaio 1505 (fonte: CPTI, 2004); la zona epicentrale è stata stimata tra Zola Predosa e Bologna e sono documentati danni più consistenti a Zola Predosa, Bologna e S. Lorenzo in Collina (grado IX della scala Mercalli, cfr. Zecchi, 1882) ed i seguenti effetti indotti dal sisma: frane, fratture superficiali (Boschi et al., 2000), effetti di liquefazione a Zola Predosa (Prestininzi e Romeo, 2000).

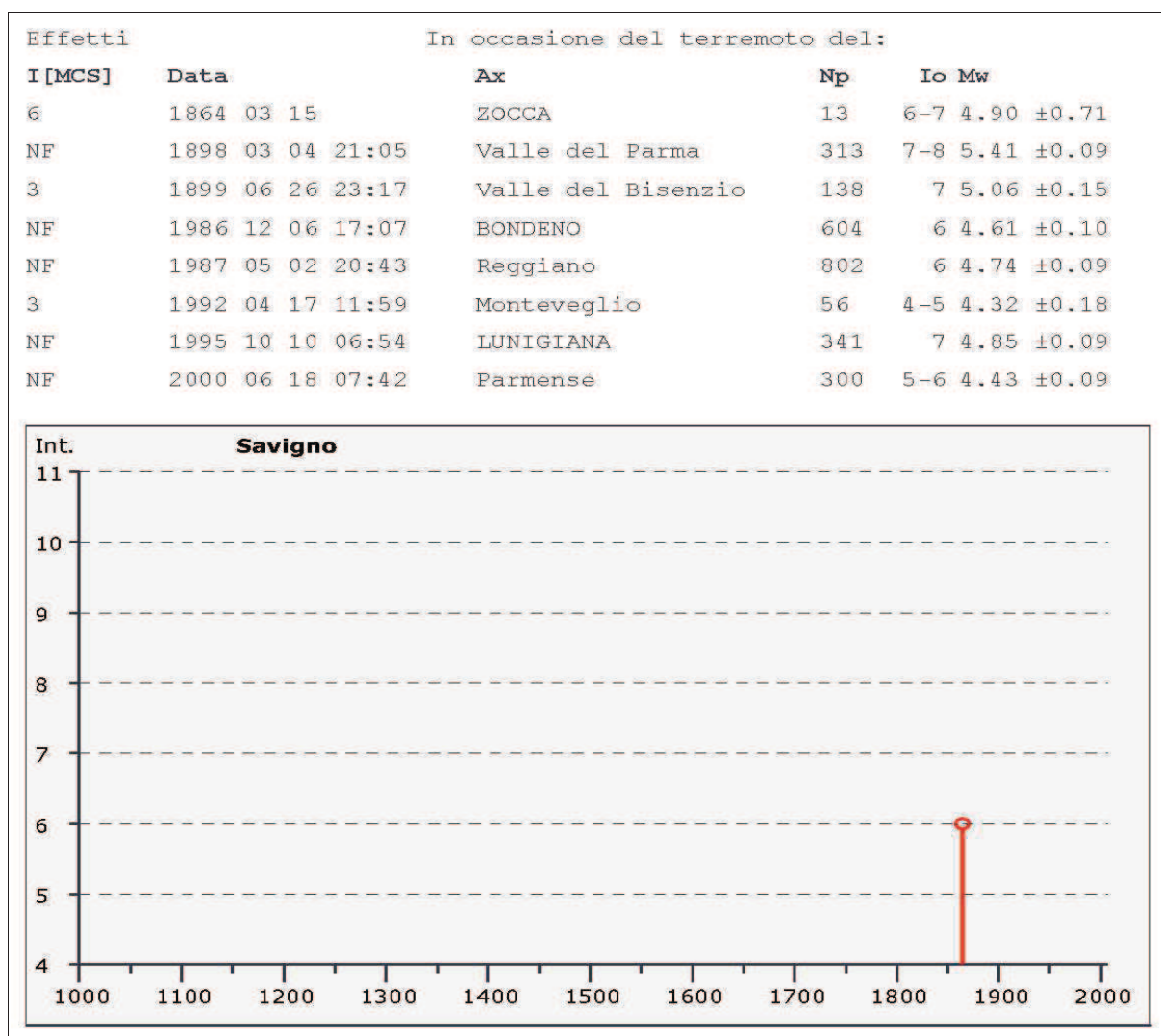


Figura 2.4 - Distribuzione dei terremoti significativi per il Comune di Savigno e macrointensità stimata (fonte: INGV - Database Macrosismico Italiano 2011).



Gli studi nazionali e quelli regionali attribuiscono al territorio studiato una pericolosità “media”, con terremoti locali moderatamente forti ed epicentri storici che hanno interessato località limitrofe, non direttamente il territorio di Savigno. In questo senso, la figura 2.4 riporta un grafico della distribuzione temporale dei terremoti più significativi che hanno coinvolto il territorio di Savigno e le relative intensità macrosismiche stimate sulla base dei danni e degli effetti percepiti nel territorio in questione: l'unico evento storico significativo appare il sisma con epicentro in località Zocca (appennino modenese) del 1864, con intensità massima stimata di sesto grado.

## **2.2 Ulteriori elementi di pericolosità sismica ai fini della pianificazione territoriale: la DAL regionale n.112/2007**

La Regione Emilia-Romagna ha elaborato ed approvato (con Delibera dell'Assemblea Legislativa n.112 del maggio 2007) gli <<Indirizzi per gli studi di Microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica>>, in coerenza con la L.R. n.20/2000 <<Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio>>.

Gli Indirizzi, sono stati elaborati sulla scorta degli esiti delle indagini sismiche che la Regione Emilia-Romagna ha effettuato nel territorio regionale a partire dalla fine degli anni '70 del secolo scorso e assumendo come riferimento, per la pianificazione, la pericolosità di base elaborata da INGV (recepita a livello nazionale dall'OPCM 3519/2006). In questo senso, la delibera fornisce tabelle e formule propedeutiche alla valutazione semplificata (secondo livello) dell'amplificazione locale, dati che tengono conto delle caratteristiche sismiche riscontrate nel contesto regionale.

Il documento fornisce anche i dati fondamentali per valutazioni più accurate della risposta sismica di terzo livello: lo spettro di risposta normalizzato per l'Emilia-Romagna (per  $T_r = 475$  anni cioè con il 10% di probabilità di superamento in 50 anni), riportato in figura 2.5, e i valori di PGA anch'essi normalizzati (riferiti al suolo rigido) per ogni Comune della Regione ed i tre accelerogrammi di riferimento, selezionati dalla Banca dati IESD attraverso una procedura che valuta la similarità tra la forma spettrale di riferimento e la forma degli spettri di risposta dei segnali.

È così possibile ricavare lo spettro di risposta e gli accelerogrammi di riferimento per ogni Comune riscaldando lo spettro normalizzato di figura 2.5 con la  $a_{refg}$  attribuita allo stesso Comune (figura 2.6). Per il territorio amministrativo di Savigno, la  $a_{refg}$  attribuita dalla Regione Emilia-Romagna risulta pari a 0,160g (vedi Allegato A4 della DAL 112/2007).

Figura 2.5- Spettro di risposta normalizzato impiegato per la selezione dei segnali di riferimento dalla banca dati accelerometrica IESD.

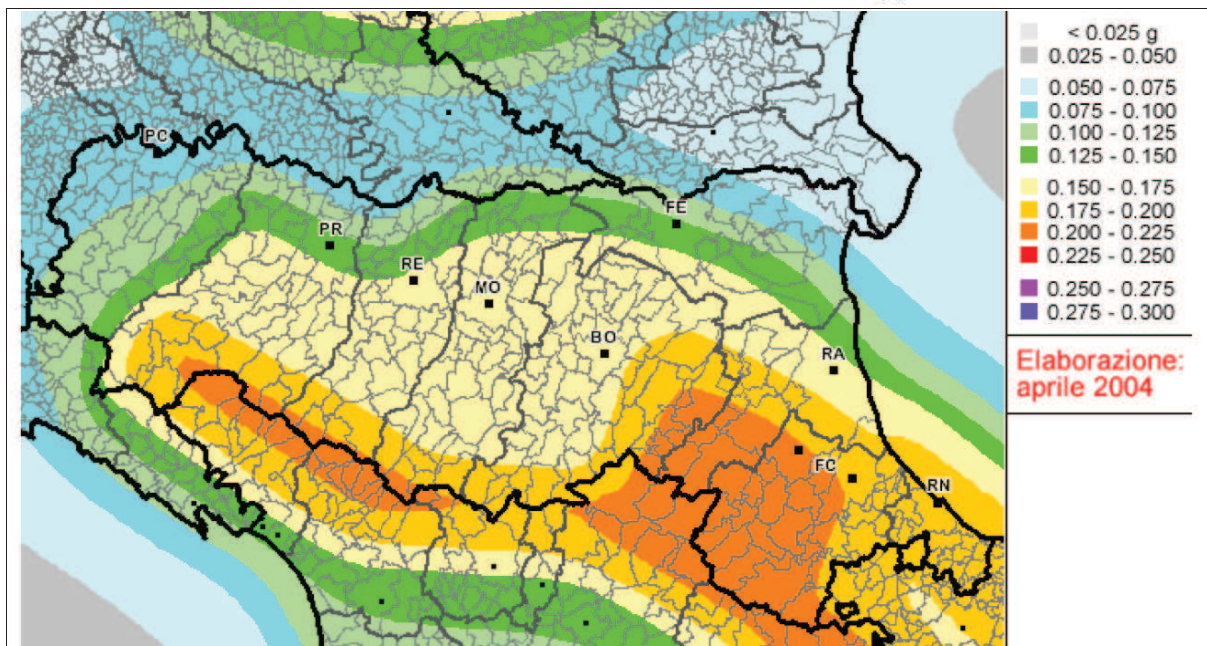
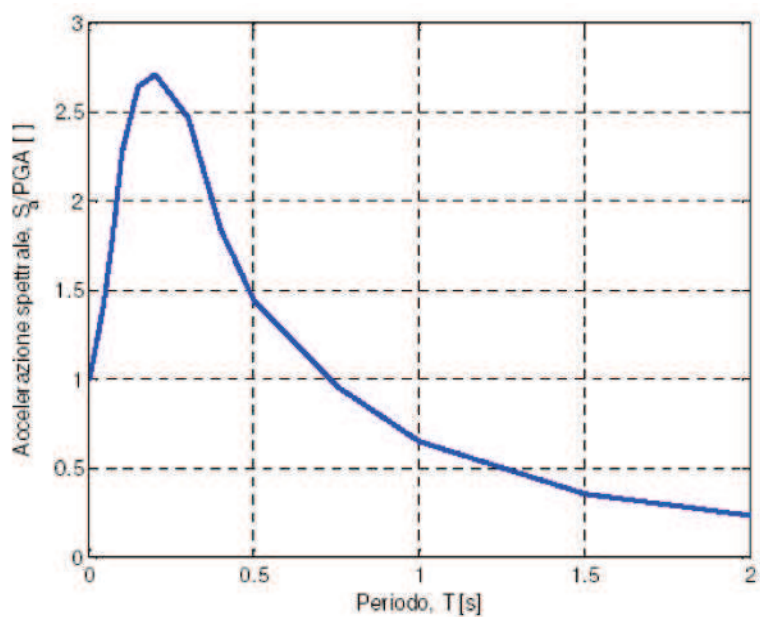


Figura 2.6- Pericolosità sismica di base: valori di PGA al suolo rigido (10% di probabilità di superamento in 50 anni) secondo la OPCM 3519/2006.



### 3 Assetto geologico e geomorfologico dell'area

#### 3.1 Aspetti geologici e tettonici generali

L'assetto geologico strutturale del territorio di Savigno è quello tipico di “catena appenninica”. In figura 3.1 è inquadrato il contesto tettonico locale relativo al territorio dei Comuni dell'Area Bazzanese (che comprende anche Savigno).

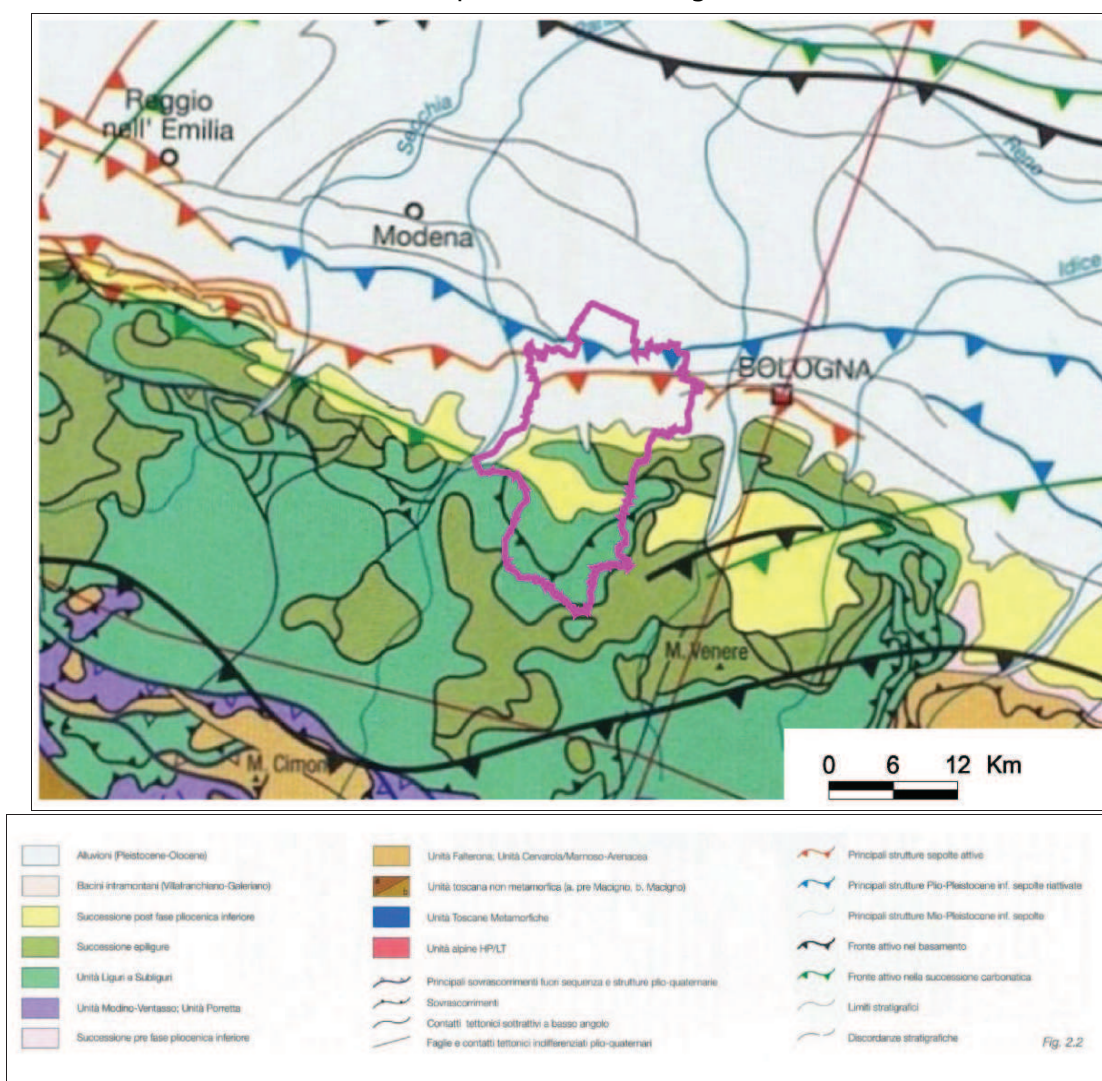


Figura 3.1 – Schema tettonico dell'area studiata, tratto dalle “Note Illustrative alla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna”. Il territorio dell'area bazzanese è perimetrato con linea fucsia.

Il settore di catena appenninica del territorio in esame è caratterizzato da un generale assetto strutturale a falde sovrapposte, dislocate a partire dal Miocene inferiore fino al Plio-Pleistocene e con affioranti (figura 3.2) le unità geologiche dei Domini Ligure e Sub-Ligure (arenarie ARB affioranti nella porzione di territorio comunale più meridionale di Savigno).

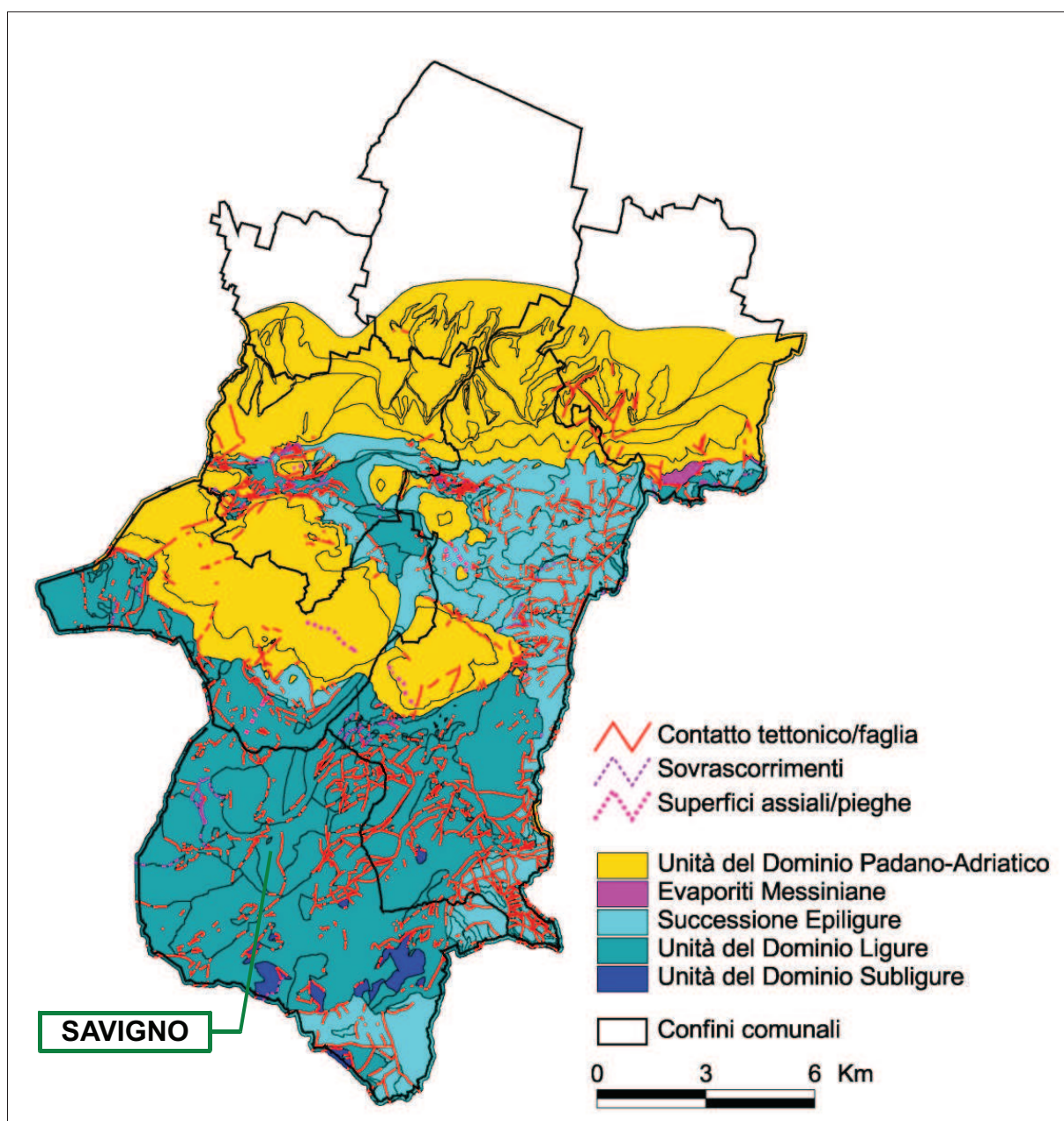


Figura 3.2 – Schema geo litologico del territorio montano e collinare di Savigno e degli altri Comuni dell'Area Bazzanese.

### 3.2 Contesto litostratigrafico, strutturale e geomorfologico delle aree studiate

La base conoscitiva litostratigrafica e strutturale locale è rappresentata dalla Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, consultabile anche on line nel sito del servizio geologico Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna<sup>4</sup>.

<sup>4</sup> Cartografia interattiva consultabile on line: [https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss).

Le figure 3.3 e 3.4 riportano uno stralcio della citata cartografia geologica regionale, comprendenti le due principali aree studiate: il Capoluogo e la frazione Ca' Bortolani.

### 3.2.1 Area "Capoluogo"

Per quanto riguarda il Capoluogo, l'area si estende in parte nel fondovalle del Torrente Samoggia, in particolare sulle sue alluvioni terrazzate di modesto spessore, e in parte nel sovrastante in versante caratterizzato dalla presenza di sedimenti del Dominio Ligure e da forme deposizionali recenti (depositi di conoide; depositi di versante; depositi di frana quiescenti e/o attivi). In particolare, i depositi in affioramento nell'area del Capoluogo sono riconducibili a:

#### 1. UNITA' GEOLOGICHE DELLA SUCCESSIONE LIGURE

- **FORMAZIONE DI SAVIGNO – Membro di Villa (SAG1)** → si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile tra 1/2 e 2/1; l'ambiente deposizionale risultava di mare aperto e profondo, con frequenti apporti torbiditici. Le arenarie sono quarzoso-feldspatiche, fini, da mediamente a poco cementate, di colore grigio o beige; le peliti sono generalmente siltose, di colore grigio scuro o marrone; sono presenti intervalli di strati sottili con arenarie nettamente subordinate. Talora affiorano anche livelli da medi a spessi di calcilutiti silicee biancastre o grigio chiare, marroni se alterate. Età deposizionale: Ypresiano – Luteziano. Questi depositi costituiscono il substrato roccioso del fondovalle e del piede versante in destra Samoggia, sul quale si insedia gran parte dell'abitato di Savigno. Nel fondovalle risultano in contatto tettonico con le Argille Varicolori della Valsamoggia, mentre verso est (versante) il suo limite inferiore appare stratigrafico con i depositi pelitici della Formazione di Poggio (FPG1).
- **FORMAZIONE DI POGGIO – Membro di Rio delle Praterie (FPG1)** → è costituita da depositi di colata, intercalati in argilliti rossastre, con matrice argillosa simile ai depositi caotici della successione epiligure. L'ambiente deposizionale era di scarpata o di alto strutturale, con apporti torbiditici silicoclastici. La matrice di questa breccia poligenica è sempre grigio scura, con inclusi di calcilutiti biancastre, areniti e calcari marnosi; la dimensione del pezzame varia da qualche decimetro ad oltre un metro. Nell'area di studio, costituiscono il substrato roccioso del versante più elevato in destra idrografica del Samoggia, con limite superiore in contatto stratigrafico con i depositi torbiditici della Formazione di Savigno (SAG1). Età deposizionale: Paleocene – Eocene inf.
- **ARGILLE VARICOLORI DELLA VAL SAMOGGIA (AVS)** → argilliti, talora siltose, rosse, grigio scure, nere, verdi sottilmente stratificate, con intercalati sottili livelli di arenarie fini e medie grigio scure e violacee, marne verdi, grigie o biancastre, calcari micritici silicizzati grigio-verdastri, grigio chiari o biancastri, talora a patine manganesifere. L'ambiente



deposizionale era pelagico, intervallato da correnti di torbidità distali. Nell'area studiata, sono affioranti nel versante in sinistra Samoggia, in contatto tettonico con i depositi dell'Unità di Savigno. Sono anche caratterizzate da presenza di breccie poligeniche grigie a matrice argillosa. Da: Cretacico inf. A: Eocene inf.

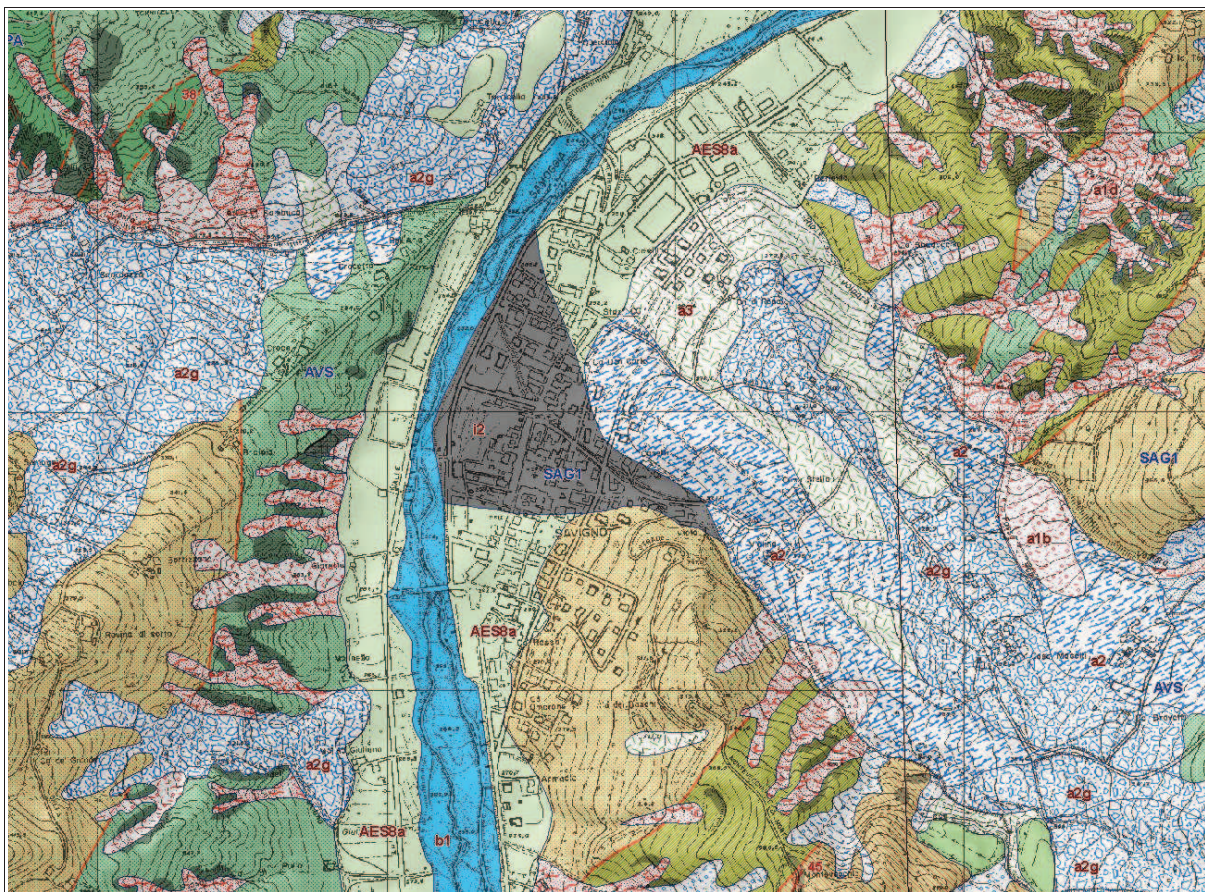


Figura 3.3 - Area di studio Capoluogo: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

## 2. COPERTURE CONTINENTALI QUATERNARIE

- Depositi alluvionali recenti terrazzati “AES8a” (Subsistema di Ravenna – Unità di Modena) → si tratta di alluvioni del samoggia costituiti prevalentemente da ghiaie passanti a sabbie e limi. Il limite inferiore è erosivo sui depositi marini. L'età deposizionale è riconducibile all'Olocene - attuale.
- Depositi di frana → il versante in destra idrografica del Samoggia, sul quale è insediato parte dell'abitato di Savigno, viene considerato come un'ampia zona di accumulo di frana quiescente (sigle “a2” e “a2g”) : si tratta, con probabilità, di un ampio e antico dissesto attivato secondo differenti meccanismi di movimento (stile “complesso”, secondo Cruden & Varnes, 1994). Il materiale coinvolto, costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici, è quello che costituisce il versante interessato dal movimento e in

particolare in corrispondenza del suo presumibile coronamento e cioè alternanze di depositi pelitici e lapidei (flysch) della Formazione di Savigno e Argille Varicolori).

In sinistra del Samoggia, il versante a ridosso del fondovalle è caratterizzato da movimenti franosi di modesta ampiezza, riconducibili per lo più a scivolamenti e/o colamenti della coltre più alterata del substrato marino affiorante (Argille Varicolori).

- Depositi di conoide torrentizia inattiva → (sigla "i2") si tratta di depositi riconducibili all'attività alluvionale di un corso d'acqua secondario, in corrispondenza dello sbocco della sua vallecola, e che attualmente non risulta soggetta ad evoluzione. Questi depositi, costituiscono i sedimenti meno profondi della porzione centrale del piede versante in cui si è insediato l'abitato di Savigno; si evidenzia, peraltro, la possibile sovrapposizione con i depositi caotici che costituiscono il piede dell'ampio dissesto gravitativo quiescente già descritto e dunque una attribuzione genetica non definibile chiaramente.
- Depositi di versante (sigla a3)→ rilevati in destra del Samoggia (sigla "a3") e costituiti anch'essi da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa. La genesi può essere dubitativamente gravitativa (peraltro, vengono classificati come depositi di versante porzioni versante probabilmente costituiti da accumuli eterometrici della frana già descritta), da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso (più verosimile nella porzione di versante più meridionale dell'area studiata).

### 3.2.2 Area frazione Ca' Bortolani

Per quanto riguarda la frazione Ca' Bortolani, l'area si estende in un ampio pianalto sub-pianeggiante che costituisce un'ampia superficie relitta che si sviluppa in direzione SO-NE e impostata su formazioni subliguri. In questo contesto, la carta geologica regionale rileva la presenza di estese coperture di origine eolica sovrastanti il substrato roccioso marino, prevalentemente pelitico (torbiditi della Formazione di Montepastore e Argille e Calcari del Torrente Lavinello) delle unità subliguri. In particolare, i depositi in affioramento nell'area di Ca' Bortolani sono riconducibili a:

#### 1. UNITA' GEOLOGICHE DELLA SUCCESSIONE SUBLIGURE

- FORMAZIONE DI MONTEPASTORE (MPA) → si tratta di una placca affiorante di alternanze torbiditiche calcarenitico-marnose in strati da medi a molto spessi e in banchi, sovrapposta in contatto tettonico con le Argille e Calcari del Torrente Lavinello. La base degli strati biocalcarenitica, da fine a grossolana, passante a marna calcarea biancastra. Rari orizzonti di biocalciruditi e biocalcareniti a macroforaminiferi. Nei depositi, sebbene



intensamente tettonizzati, è possibile ancora distinguere l'originario ordine stratigrafico. La potenza è riconducibile ad alcune decine di metri, mentre l'età deposizionale è compresa tra Ypresiano – Luteziano.



Figura 3.4 – Area di studio frazione Ca' Bortolani: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

- ARGILLE E CALCARI DEL TORRENTE LAVINELLO (AVN) → sono caratterizzate da argilliti rosse, rosate e grigie, con intercalati spezzoni di strato (da sottilissimi a molto spessi) e "boudins" di calcilutiti grigio chiare e verdastre e di calcareniti fini, biancastre e rosate o verdognole e marne grigio chiare. Nell'area di studio, risultano in contatto tettonico con le sovrastanti MPA e in affioramento soprattutto a SE di Ca' Bortolani. La formazione mostra nel complesso un aspetto caotico e la potenza stratigrafica non è valutabile a causa dell'intensa tettonizzazione e della mancanza di contatti stratigrafici. L'ambiente deposizione era di mare profondo, Età deposizionale: Campaniano sup.?– Ypresiano.

## 2. COPERTURE CONTINENTALI QUATERNARIE

- Depositi eolici (sigla d1) → la superficie relitta, sulla quale è insediato l'abitato di Ca' Bortolani, è caratterizzata da depositi affioranti di origine eolica (loess) a formare suoli fortemente pedogenizzati generalmente impostati su limi di colore giallo-arancio e con abbondanti concrezioni ferro-manganesifere. Si tratta di depositi che appaiono correlabili al periodo interglaciale Riss-Wurm (parte basale del Pleistocene superiore, circa 100.000



anni fa). Si tratta peraltro di modesti spessori (circa 1 ÷ 3 metri), che sovrastano substrato roccioso molto alterato, come risulta dagli esiti delle prove penetrometriche di repertorio: lo studio ha dunque tenuto conto dello spessore complessivo in grado di amplificare il moto sismico (coperture eoliche e bedrock molto alterato).

### 3.2.3 Altre frazioni

Le successive figure figure 3.5, 3.6, 3.7, 3.8, 3.9, 3.10 riportano, rispettivamente, uno stralcio della cartografia geologica regionale, comprendenti le altre frazioni studiate e cioè Villa, Goccia, San Prospero, Casa Costa, Vedegheto e Rodiano.

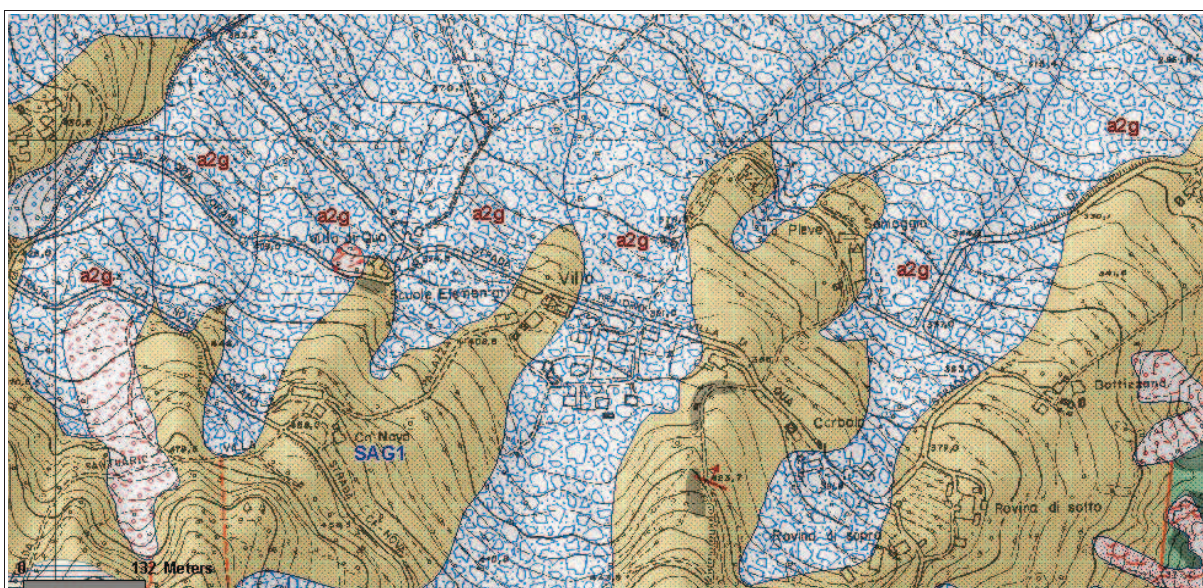


Figura 3.5 – Area di studio frazione Villa: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

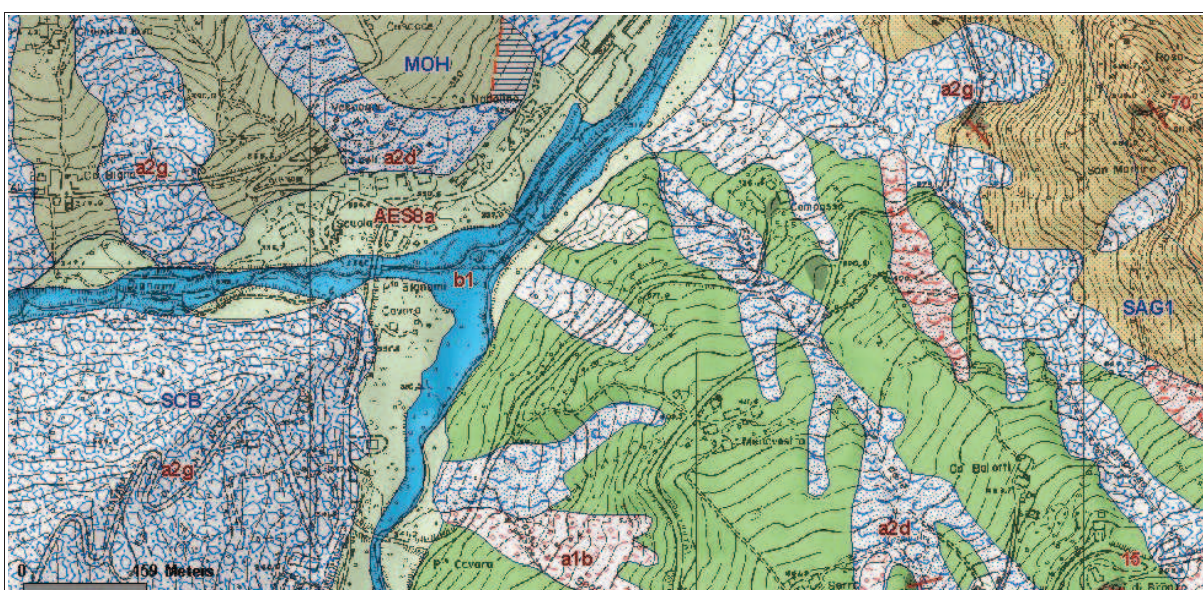


Figura 3.6 – Area di studio frazione Goccia: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.



Per quanto riguarda Villa, si evidenzia che la frazione ricade in un contesto di ampio versante nordvergente caratterizzato da substrato roccioso attribuito alla Formazione di Savigno – Membro di Villa (SAG1). Gli affioramenti evidenziano una stratigrafia immergente verso NNE, pertanto in un contesto di probabile assetto a “franapoggio”. La presenza di ampie superfici di frana evidenzia una generale e potenziale instabilità di versante, che impone, come vedremo particolare cautela nelle valutazioni di caratterizzazione sismica.

L'abitato di Goccia ricade invece in un contesto di fondovalle del Samoggia e in confluenza del torrente Bignami, con depositi fluviali recenti ghiaiosi caratterizzati da abbondante matrice fine e attribuiti a AES8a (Subsistema di Ravenna – Unità di Modena). Il versante è caratterizzato da ampi depositi di frana quiescenti, anche antichi (zona più meridionale Cavara) e con meccanismi di movimento di diversa tipologia. Il bedrock appare costituito dall'Unità delle Arenarie di Scabiazza (SCB), nel versante a sud della confluenza del Bignami: tale formazione è costituita da torbiditi arenaceo-pelitiche del cretaceo superiore, con prevalenza di peliti argillose e marnose. Il versante in sinistra idrografica a nord della confluenza del Bignami è invece caratterizzato da bedrock attribuito alla Formazione di Monghidoro (MOH), caratterizzata da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici con rapporto molto variabile  $(3 > L/P > 1/3)$ .

La frazione di San Prospero, si colloca invece su un modesto crinale, caratterizzato da bedrock roccioso attribuito alla Formazione di Savigno – Membro di Villa (SAG1) e alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB), in contatto per lo più di tipo tettonico. Il contesto particolarmente tettonizzato impone, come vedremo particolare cautela nella caratterizzazione sismica, anche per la presenza di forme di dissesto diffuse nei versanti circostanti.

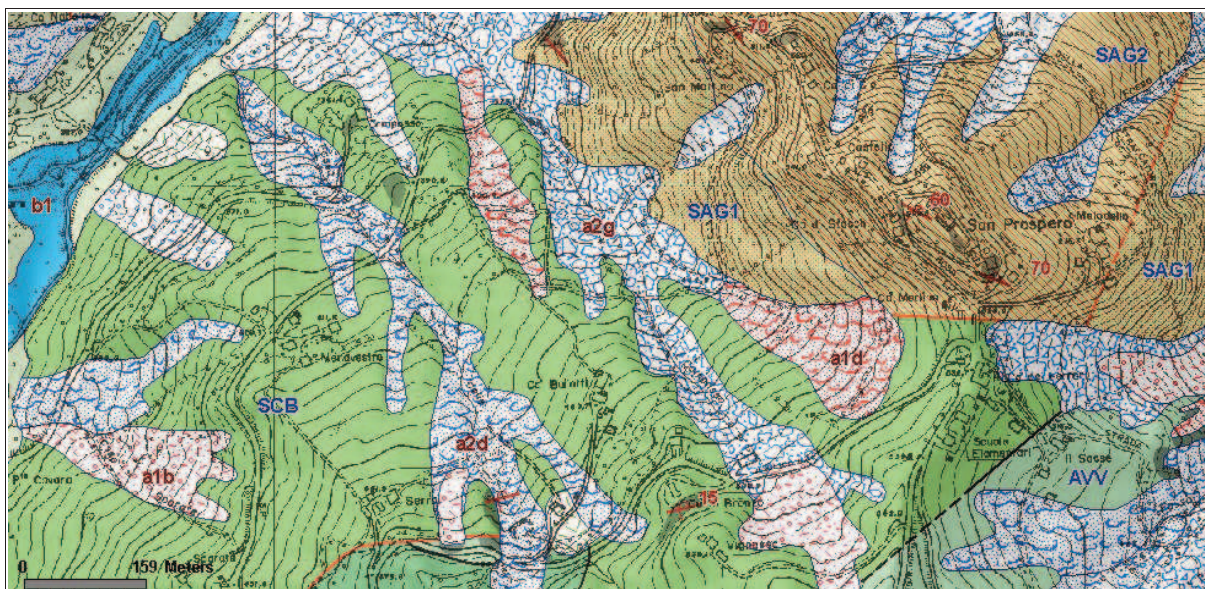


Figura 3.7 – Area di studio frazione San Prospero: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.







movimenti con meccanismi di innesco complesso) e per la presenza di bedrock fortemente alterato (Arenarie di Ponte Bratica – ARB – costituite da alternanze di Livelli lapidei e livelli pelitici e Formazione di Monte Pastore – MPA –) e di unità fortemente tettonizzate (Argille e Calcari del Torrente Lavinello – AVN –).

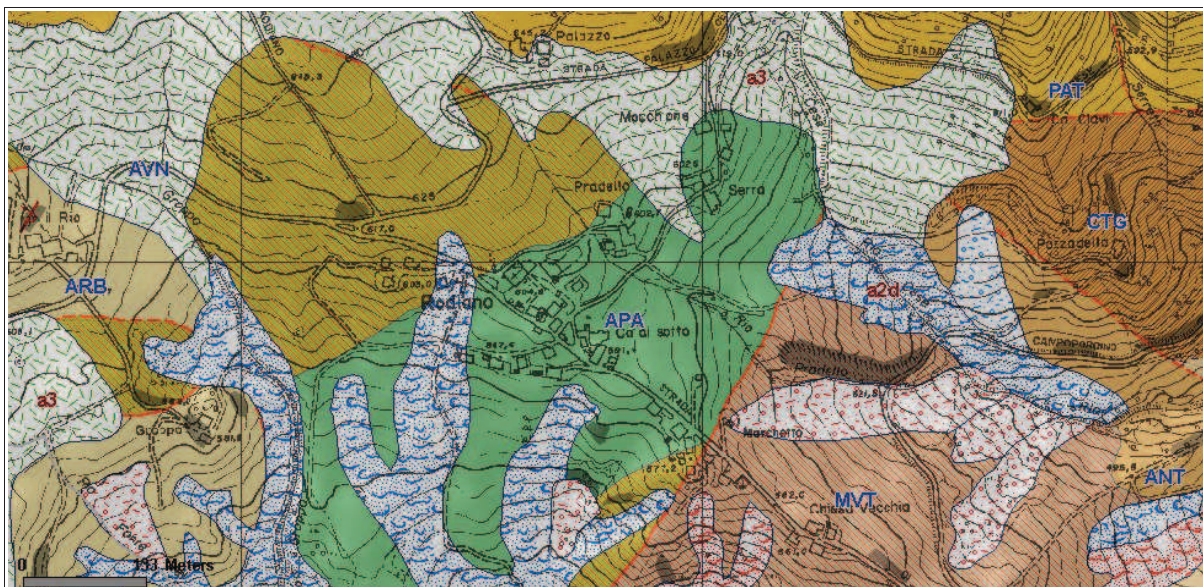


Figura 3.10 – Area di studio Rodiano: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

Infine, la frazione studiata di Rodiano, ricade anch'essa su un modesto crinale caratterizzato da affioramenti di unità rocciose fortemente alterate e in contatto per lo più tettonico tra loro: si tratta della ancora di bedrock attribuito alle Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN), all'Unità delle Argille a Palombini (APA), fortemente tettonizzate a struttura scagliosa e alle brecce argillose della Val Tiepido-Canossa MVT. I versanti limitrofi alla frazione risultano interessati da movimenti franosi per lo più classificati quiescenti. Anche per questa frazione, il contesto geologico generale impone cautela nella caratterizzazione sismica locale.

Per gli aspetti più propriamente morfologici, necessari per valutare e delimitare le zone di possibile amplificazione topografica, lo studio di microzonazione ha considerato anche un modello digitale del terreno (DTM) elaborato dallo scrivente per le analisi geologiche del Piano Strutturale Comunale. Il DTM si basa su un "grid" di punti quotati e georeferenziati forniti dal Servizio Cartografico RER, ed è stato costruito con maglia quadrata di 5x5 metri.

La modellazione morfologica ha dunque permesso la scomposizione della superficie topografica nelle tre classi di acclività (<15°; 15÷30°; >30°), considerate di riferimento anche per le normativa tecnica per le costruzioni a scala nazionale (NTC 2008). In questo senso le



figure 3.11 3 3.12 propongono rispettivamente l'elaborazione morfologica rispettivamente del Capoluogo e della principale frazione di Ca' Bortolani.

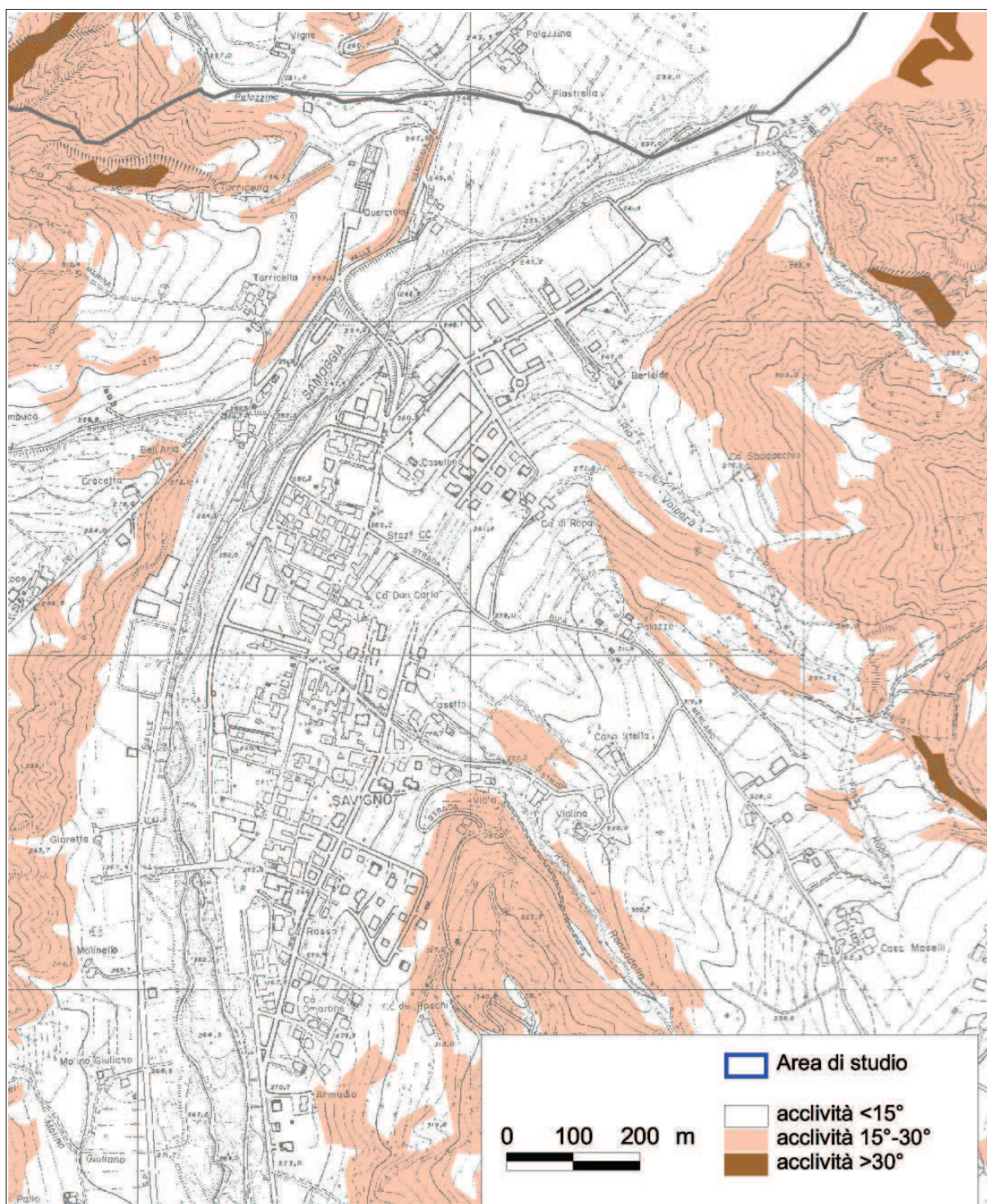


Figura 3.11- Area di studio Capoluogo: esiti dell'elaborazione del modello digitale topografico (DTM).



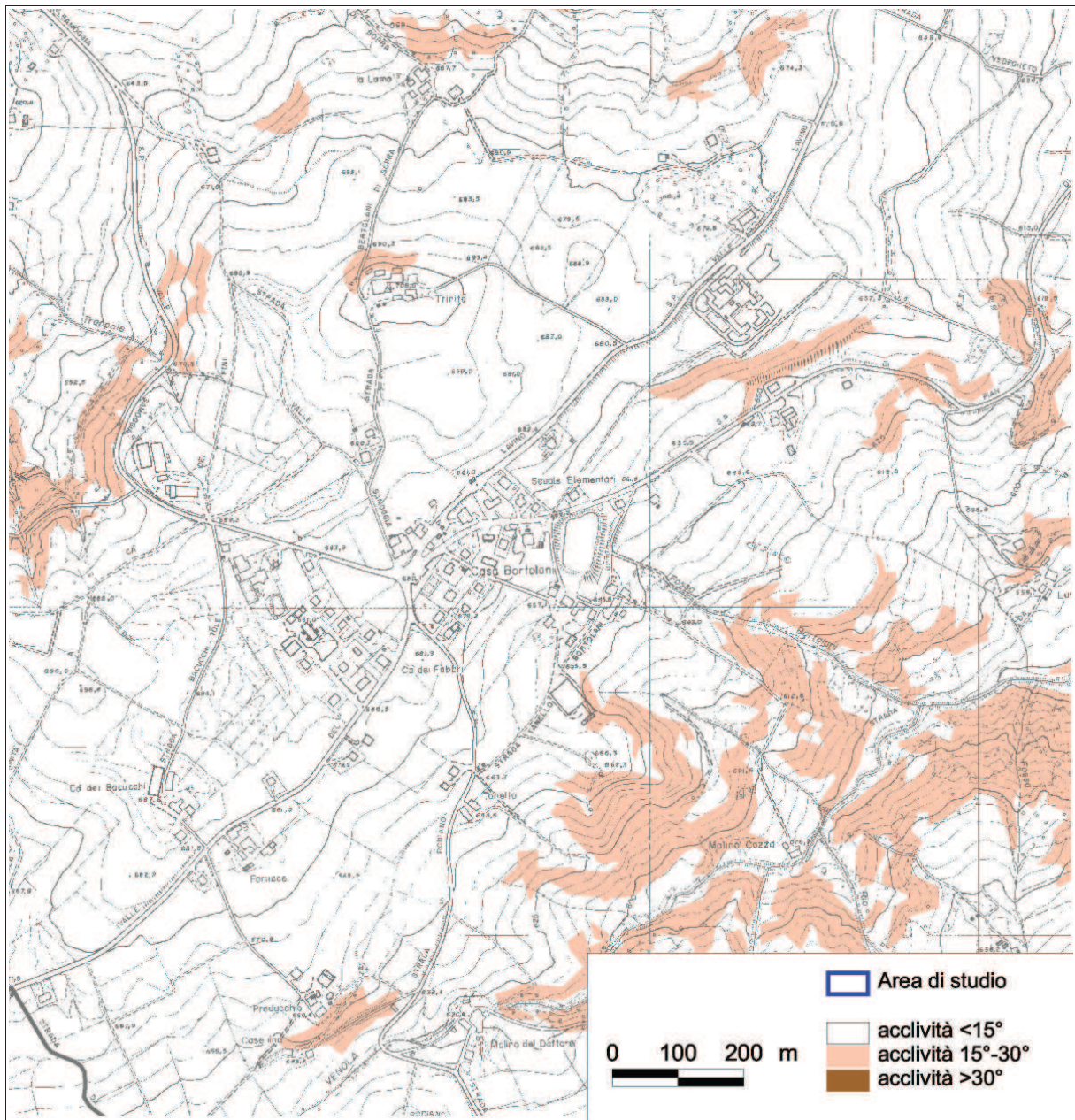


Figura 3.12- Area di studio frazione Ca' Bortolani: esiti dell'elaborazione del modello digitale topografico (DTM).

## 4 Dati geotecnici e geofisici

### 4.1 Dati pregressi

Lo studio di Microzonazione ha consentito di riordinare e selezionare le conoscenze di sottosuolo pregresse (Banca dati delle indagini geognostiche della Regione Emilia-Romagna; archivio Ufficio Tecnico comunale; ecc.), fondate sugli esiti delle indagini geognostiche e geofisiche di repertorio. In tal senso, le figure 4.1 e 4.2 localizzano i siti puntuali e lineari ove sono state svolte le prove di riferimento per lo studio di Microzonazione sismica di Savigno. I report e i diagrammi degli esiti delle indagini puntuali e lineari sono riportati anche in allegato.

La selezione delle prove di repertorio forniteci dall'Amministrazione comunale e dall'Unione dei Comuni Valle del Samoggia (ex Comunità Montana) ha considerato che molte prove risultano eseguite con attrezzature fuori standard (fornendo quindi esiti inutilizzabili o non interpretabili), oppure altre sono risultate troppo superficiali per poter essere pienamente usate per gli scopi del presente lavoro. In conclusione, i dati utilizzati sono quelli delle terebrazioni ((es. sondaggi) che hanno anche raggiunto o meno il substrato marino, le CPT di profondità (generalmente spinte fino a profondità maggiori di 10 metri oppure giunte a “rifiuto” strumentale), le penetrometrie dinamiche standard (pesanti; leggere).

In sintesi, il totale delle prove pregresse, considerate per lo studio di Microzonazione (e implementate nel database che costituisce l'archivio delle indagini per questo lavoro), risulta pari a 41 prove, così distinte per tipologia:

- n. 4 sondaggi a carotaggio continuo che hanno intercettato il substrato
- n. 6 sondaggi a distruzione di nucleo (di cui 2 hanno intercettato il substrato)
- n. 14 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 11 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 1 prova penetrometrica dinamica leggera (DL)
- n. 5 misure di microtremori a stazione singola (HVSR)

### 4.2 Dati ex novo

Per espletare questo ulteriore approfondimento della pericolosità sismica e di microzonazione, e in particolare per definire i depositi di copertura superficiali (detrito di

versante; depositi alluvionali; ecc.) e la parametrizzazione geofisica di tali coltri e del bedrock sottostante, si è reso indispensabile effettuare ulteriori indagini in sito, sia di tipo geofisico, sia di tipo geognostico. Sulla base degli obiettivi dell'incarico avuto dall'Unione di Comuni Valle del Samoggia, le indagini si sono concentrate nelle aree di studio (urbanizzate e urbanizzabili) forniteci dall'Ente committente. Per il Comune di Savigno si è pertanto deciso di eseguire stendimenti geofisici tipo Re.Mi. (per la stima della distribuzione delle Vs nel sottosuolo), registrazioni del rumore sismico passivo con tecnica HVSR e penetrometrie dinamiche superpesanti (tipo DPSH).

Più in dettaglio, per questo lavoro sono stati effettuate le seguenti prove in sito:

- n. 2 prove penetrometriche dinamiche superpesanti DPSH → realizzate con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani" dotato di ancoraggi supplementari per migliorare l'ancoraggio al suolo e consentire il massimo approfondimento delle prove. Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 27 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 6 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m. In allegato si riporta il grafico a isolinee sul quale è identificata la curva di dispersione delle onde di Rayleigh e sulla quale si esegue il picking del modo fondamentale.

In allegato si riportano i diagrammi e/o report delle prove eseguite.



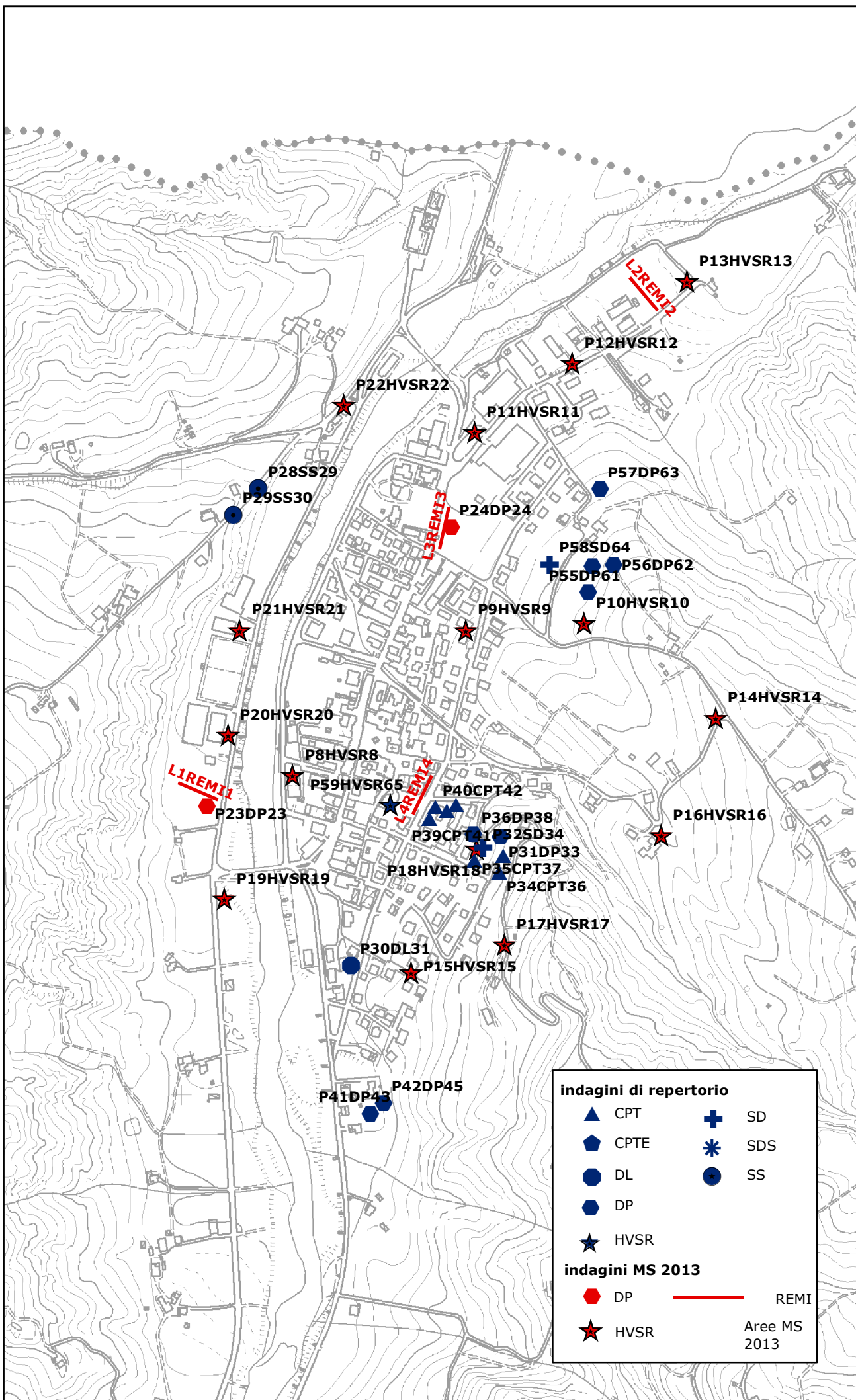


Figura 4.1 Prove geognostiche e geofisiche di riferimento

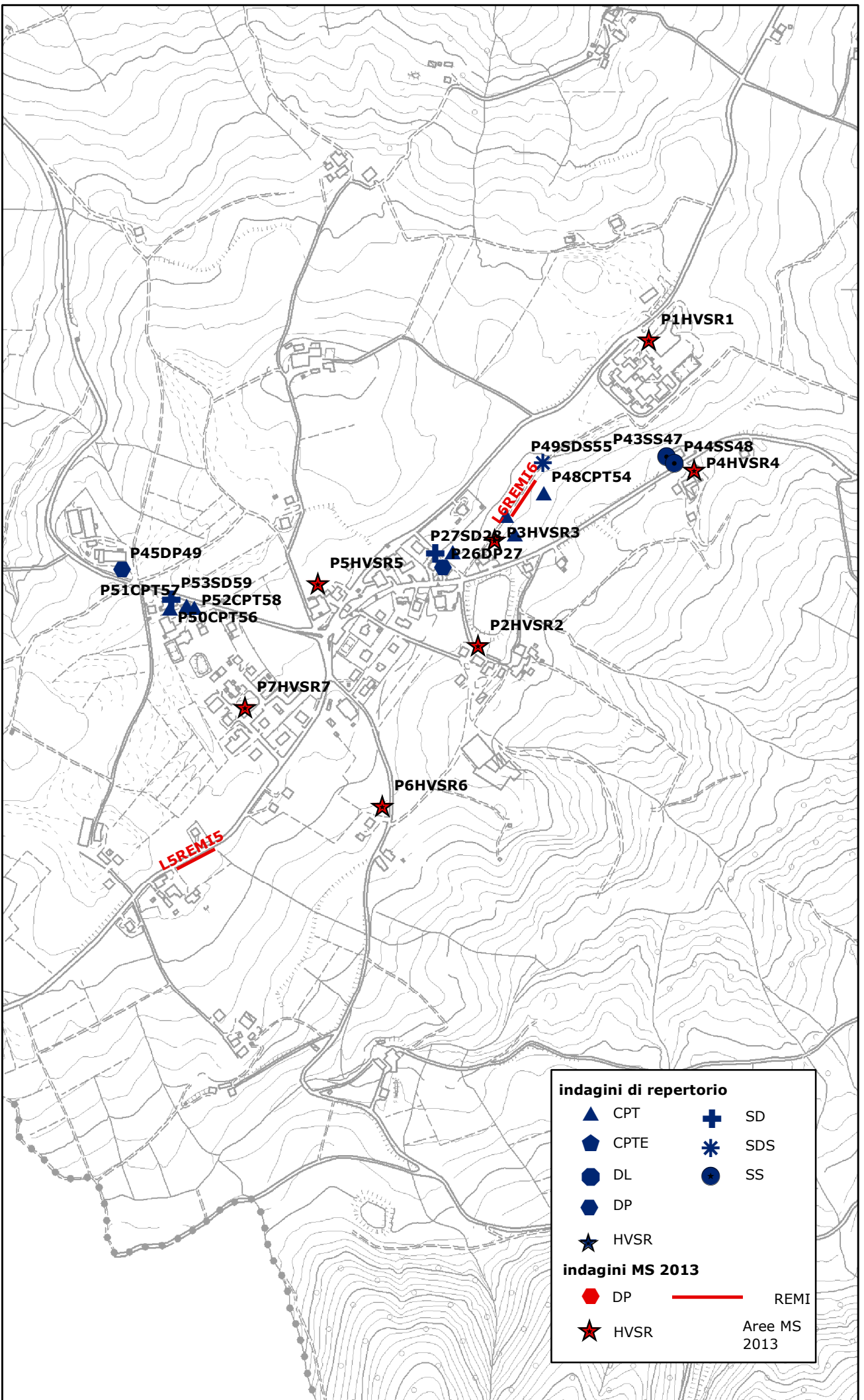
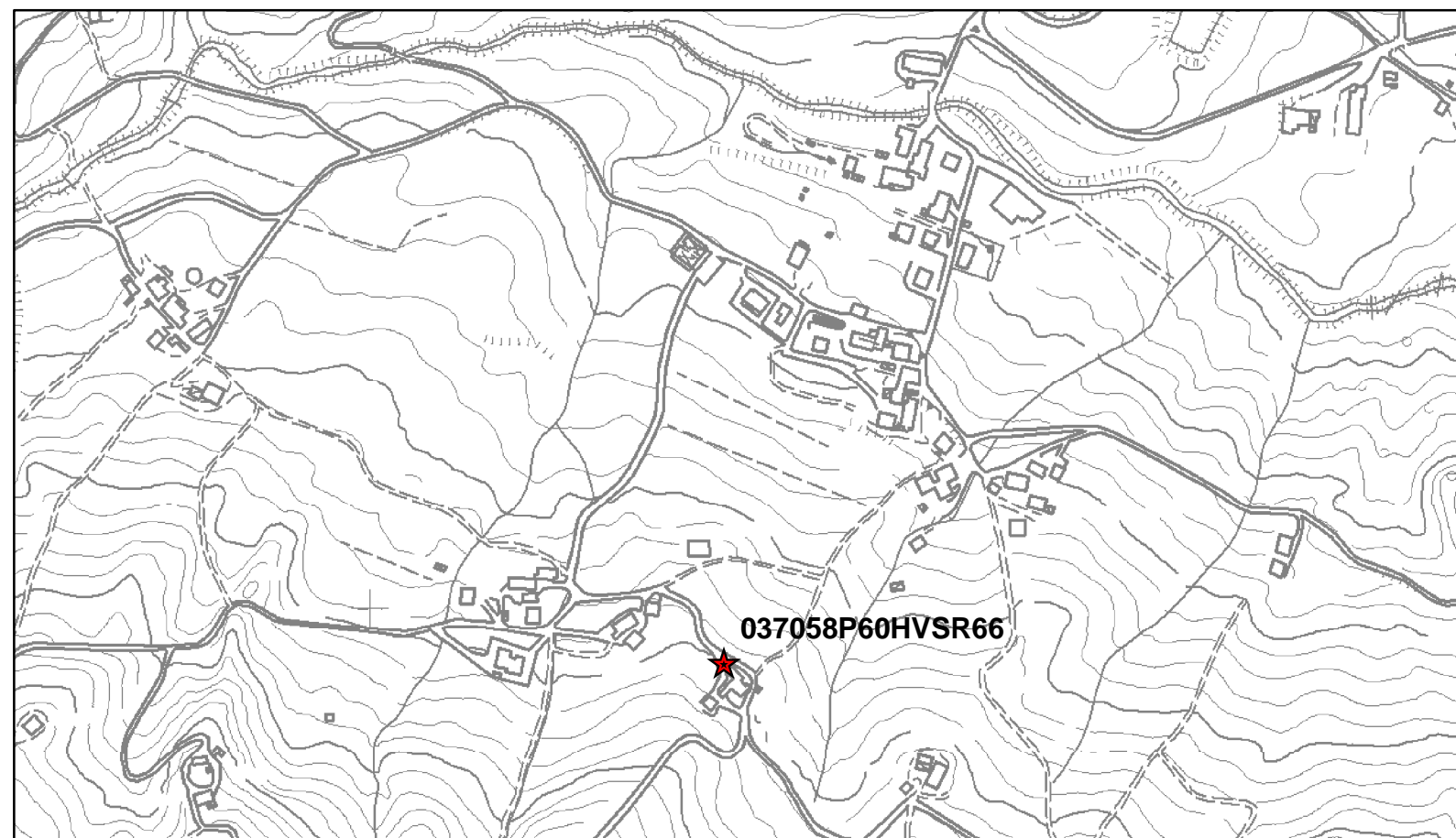
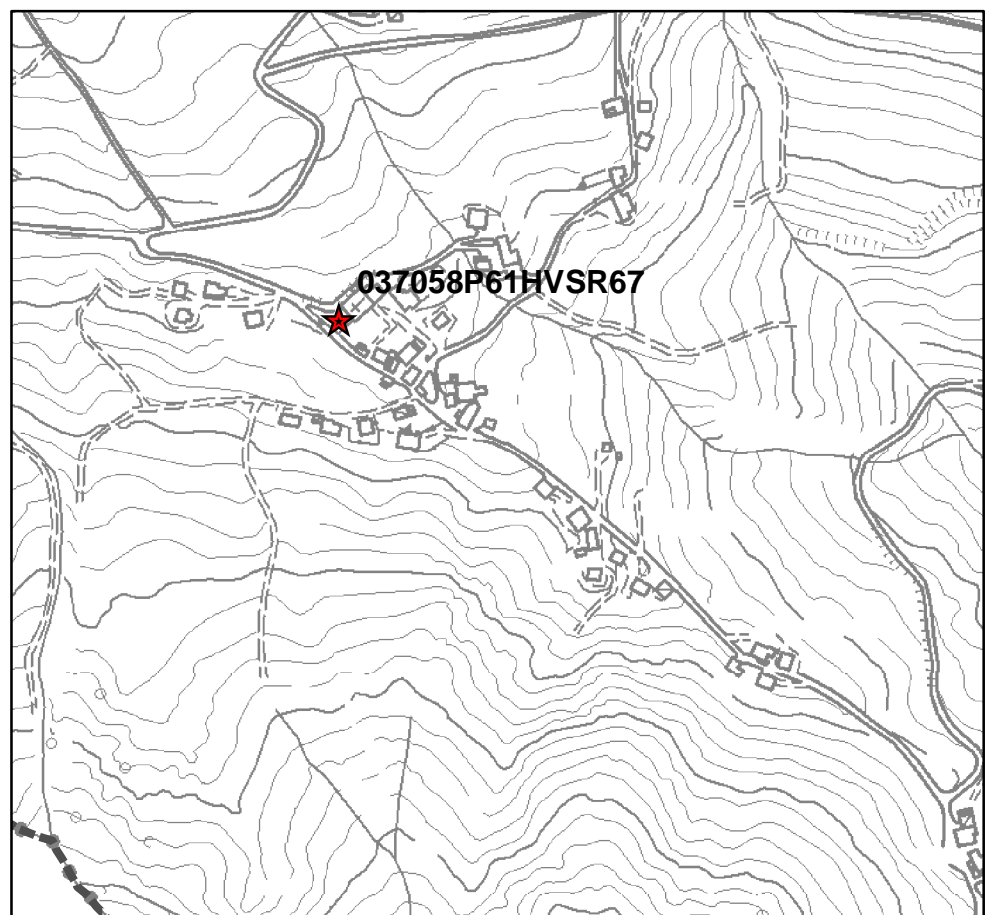
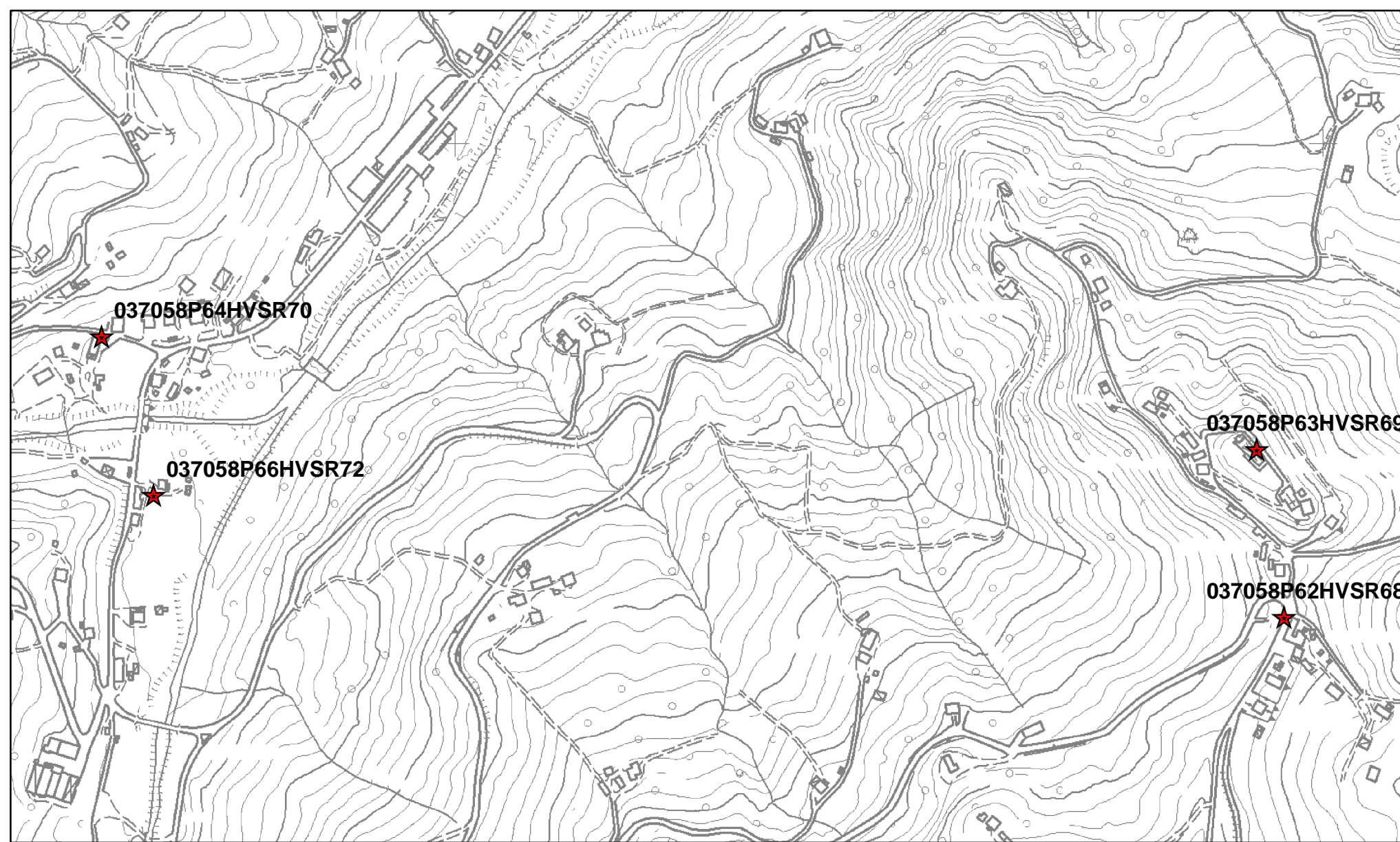
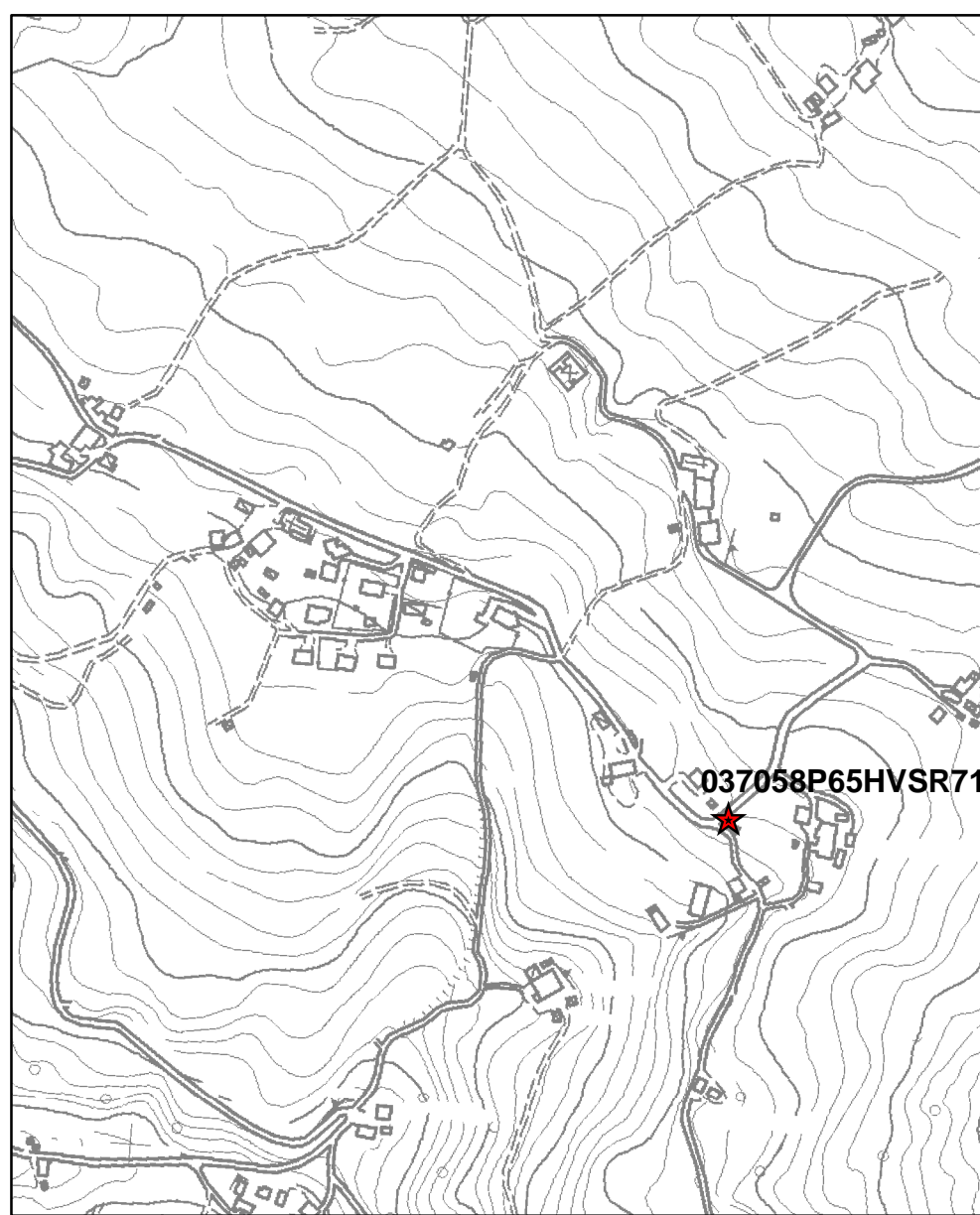


Figura 4.2 Prove geognostiche e geofisiche di riferimento





**indagini MS 2013**

★ HVSr

Figura 4.3 - Prove geognostiche e geofisiche di riferimento

## 5 Modello di sottosuolo

### 5.1 Area “Capoluogo”

Le indagini geognostiche e geofisiche, integrate con gli esiti del rilievo e della cartografia geologica regionale, hanno infatti permesso di approfondire le conoscenze per quanto riguarda gli spessori e le tessiture delle coperture meno profonde, mentre le indagini geofisiche offrono ulteriori elementi di valutazione riguardo gli spessori degli intervalli in grado di amplificare il moto sismico.

Il versante è caratterizzato prevalentemente da coperture quaternarie (depositi alluvionali; depositi di conoide “inattiva”; depositi di versante/falda detritica; accumuli di frana), sovrastanti il bedrock marino, costituito da unità riconducibili alla successione ligure (Formazione di Savigno; Formazione di Poggio; Argille Varicolori della Val Samoggia), le cui caratteristiche tessiturali sono state già descritte nel paragrafo 3.2.

Le indagini evidenziano che il fondovalle del Samoggia è caratterizzato da coperture alluvionali recenti (sigla AES8a) prevalentemente ghiaiose, potenti circa 4÷8 metri, attualmente incise dall'alveo attivo e con una velocità delle onde sismiche di taglio ( $V_s$ ) stimata pari a circa 280 m/s (prova L1REM11). In sinistra idrografica, le alluvioni AES8a poggiano in contatto erosivo con il sottostante bedrock argilloso AVS, che risulta particolarmente alterato per alcuni metri<sup>5</sup>, prima di risultare impenetrabile alle prove penetrometriche dinamiche. Questa situazione di alterazione, è stata considerata, come vedremo, anche nella valutazione dello spessore complessivo, in grado di amplificare il moto sismico (coperture e/o bedrock molto alterato).

In destra idrografica, dove è insediato l'abitato storico di Savigno, le indagini geognostiche disponibili evidenziano la presenza di depositi caotici, a matrice prevalentemente argillosa e con clasti di varie dimensioni: si tratta di un'ampia zona di accumulo di frana quiescente (sigle “a2” e “a2g”), con probabilità un ampio e antico dissesto attivato secondo differenti meccanismi di movimento (stile “complesso”, secondo Cruden & Varnes, 1994). Il materiale coinvolto, costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici, è quello che costituisce il versante interessato dal movimento e in particolare in corrispondenza del suo presumibile coronamento e cioè alternanze di depositi pelitici e lapidei (flysch) della Formazione di Savigno e dell'Unità delle Argille Varicolori).

La porzione centrale del capoluogo, è invece insediata sopra depositi di conoide torrentizia inattiva (sigla “i2”), riconducibili all'attività alluvionale di un corso d'acqua secondario, in

---

<sup>5</sup> Frequentemente, la coltre alluvionale ghiaiosa induce una significativa degradazione al sottostante substrato roccioso marino per la presenza di falda acquifera, in particolare se il bedrock risulta prevalentemente pelitico. Le prove penetrometriche statiche e dinamiche, in grado di oltrepassare lo spessore alluvionale, evidenziano resistenze penetrometriche molto basse nei primi metri di bedrock, per poi rapidamente arrivare a “rifiuto” strumentale nel substrato roccioso meno alterato.

corrispondenza dello sbocco della sua vallecchia, e che attualmente non risulta in evoluzione. Questi depositi costituiscono i sedimenti meno profondi della porzione centrale del piede versante in cui si è insediato l'abitato di Savigno, peraltro in sovrapposizione con i depositi caotici che costituiscono il piede del citato dissesto gravitativo. Gli esiti delle indagini geofisiche (registrazioni HVSR e stendimenti Re.Mi., in particolare le prove L2REMI2, L3REMI3, tarati con i risultati delle indagini geognostiche, permettono di stimare uno spessore delle descritte coperture caotiche sostanzialmente omogeneo nella porzione di fondovalle e pari a circa 20 m, con una Vs media di tale intervallo che risulta rispettivamente compresa tra 327 m/s e 345 m/s, dunque dimostrando un discreto grado di addensamento di tali spessori. Le registrazioni HVSR, confermano ulteriormente il contesto sopra descritto, in particolare evidenziano picchi di amplificazione nello spettro H/V a frequenze di 3,4÷4,3 Hz per la porzione centrale e settentrionale del fondovalle di Savigno.

La citata cartografia geologica regionale (§ 3.2), indica anche presenza di detrito di versante, in particolare è rilevato al piede del pendio sovrastante l'abitato storico: anche in questo caso si tratta di depositi comunque di carattere caotico, con clasti arenacei immersi in matrice pelitica e l'attribuzione è peraltro incerta, in quanto risulterebbero parte dell'accumulo franoso stabilizzato già descritto. Più certa è l'attribuzione del detrito di versante nella porzione di versante situato nella porzione più meridionale dell'abitato e che risulta infatti attraversato dalle prove penetrometriche di repertorio: le terebrazioni e le indagini geofisiche evidenziano che si tratta di depositi recenti e poco addensati, con valori medi di Vs che si attestano attorno a 200 m/S, con spessori variabili fino a poco oltre 10 metri.

Come già scritto, il bedrock nel versante in destra idrografica è costituito dalla Formazione di Savigno e in particolare da litotipi riconducibili al suo Membro di Villa (sigla SAG1), caratterizzato da alternanze arenaceo-pelitiche. Le arenarie sono quarzoso-feldspatiche, fini, da mediamente a poco cementate, di colore grigio o beige, mentre le peliti appaiono generalmente siltose, di colore grigio scuro o marrone. Questi depositi, costituiscono il substrato roccioso del fondovalle e risultano in contatto tettonico con le Argille Varicolori della Valsamoggia (che costituiscono il versante in sinistra del Samoggia). Verso est, cioè nel versante in destra del Samoggia, le SAG1 sono sovrastate dalle già descritte coperture detriche e, al limite più orientale dell'area di studio, risulterebbero in contatto di tipo stratigrafico con i depositi pelitici della Formazione di Poggio (FPG1). Le indagini geofisiche REMI2, REMI3 e REMI4 hanno stimato per il substrato SAG1 una distribuzione delle Vs variabile da 460 m/s a circa 600 m/s, pertanto riconducibile dal punto di vista sismico a "bedrock non rigido".

Le Argille Varicolori della Valsamoggia (AVS) sono invece in affioramento nel pendio in sinistra idrografica e sono appaiono caratterizzate da argilliti siltose di colore rosse e/o grigio scuro, a volte anche nere e verdi, con intercalati sottili livelli di arenarie fini e medie grigio scure e violacee, e marne verdi, grigie o biancastre. Nel versante in sinistra, la litologia argillosa AVS determina una certa instabilità di carattere gravitativo, con presenza di movimenti franosi di modesta ampiezza, relativamente recenti, riconducibili per lo più a



scivolamenti e/o colamenti della coltre più alterata del substrato marino affiorante. La prova LIREMI1 riscontra, per l'unità AVS, una distribuzione della Velocità di taglio in progressivo aumento con la profondità e una Vs media stimata di circa 450÷500 m/s: anche in questo caso si tratta di “bedrock non rigido”. Infine, il bedrock della Formazione di Poggio (Membro di Rio delle Praterie, sigla FPG1) lambisce come già detto la porzione più orientale del versante studiato, sempre in destra idrografica, costituito da depositi di colata, intercalati in argilliti rossastre, con matrice in breccia poligenica di colore grigio scuro (pezzame di dimensioni variabili da qualche decimetro ad oltre un metro). Le unità della FPG1 non sono affioranti nell'area di studio (sepolte da depositi di frana, e dalla coltre alluvionale del fondovalle; la carta geologica regionale riporta un contatto stratigrafico con i depositi torbiditici della Formazione di Savigno (SAG1). Anche in questo caso, la Vs media della formazione risulta (per le caratteristiche litologiche della stessa unità), un bedrock classificato “non rigido” ( $V_s < 800$  m/s).

## 5.2 Area “Ca' Bortolani”

Il sottosuolo della frazione Ca' Bortolani è caratterizzato da substrato geologico prevalentemente pelitico, costituito sia da torbiditi della Formazioni di Montepastore (Sigla MPA), sia dalle Argille e calcari del Torrente Lavinello (sigla AVN), le cui caratteristiche tessiturali sono state già descritte nel paragrafo 3.2.

Le coperture quaternarie sono riconducibili a coltri di origine eolica, fortemente pedogenizzati (suoli) e caratterizzate da limi di colore giallo-arancio con abbondanti concrezioni ferro-manganesifere, e a depositi riconducibili ad alterazione di versante (porzione NE dell'area studiata).

Il bedrock che costituisce la porzione sommitale della superficie relitta (sulla quale si insedia la frazione), è costituito da una placca della Formazione di Montepastore (MPA), caratterizzata prevalentemente da alternanze torbiditiche calcarenitico-marnose, sovrapposta in contatto tettonico con le Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN); queste ultime, sono in affioramento nei blandi declivi circostanti l'abitato, soprattutto a SE di Ca' Bortolani. Le AVN mostrano un complessivo aspetto caotico per l'intensa tettonizzazione e contatti tettonici con MPA, in particolare, è presumibile un contatto netto per fagliazione (diretta?) tra le due unità nel versante SE della frazione. Presso la frazione di Ca' Bortolani sono state eseguite due prove geofisiche Re.Mi. (rispettivamente L5REMI5 e L6REMI6) e registrazioni HVSr che, tarate con le indagini geognostiche (penetrometrie statiche CPT e prove dinamiche) di repertorio hanno permesso di stimare lo spessore della coltre quaternaria e/o di bedrock molto alterato fino a circa 10 metri, con una Vs media di tale intervallo da circa 200 m/s a circa 230 m/s. Il sottostante bedrock è invece caratterizzato da una distribuzione delle Vs variabile da poco oltre 400 m/s a circa 550 m/s, pertanto riconducibile dal punto di vista sismico a “bedrock non rigido”.

Parte della superficie relitta sulla quale si insedia Ca' Bortolani è inoltre stata considerata con

substrato roccioso MPA affiorante (HVSR prive si contrasti significativi e penetrometrie a “rifiuto strumentale” entro 1 ÷ 2 m).

Nella porzione NE dell'area studiata, le indagini di repertorio (sondaggi P43SS47 e P44SS48) riscontrano spessori pari a circa 3 ÷ 6 m di depositi riconducibili a coperture di versante e/o di bedrock molto alterato: la Vs relativa a tale spessore è stata stimata pari a circa 200 m/s, sulla base degli esiti della registrazione HVSR (P4HVSR4) che indica un'amplificazione nello spettro h/V alla frequenza di 10,1 Hz. Per quanto riguarda l'unità AVN, le caratteristiche litologiche ne permettono una sicura classificazione come “bedrock non rigido” (Vs < 800 m/s).

L'area studiata di Ca' Bortolani non appare interessata da movimenti di versante in atto, mentre si ritengono necessari ulteriori approfondimenti, come vedremo, relativamente alla porzione di versante situato a SE della frazione e in particolare nelle zone di contatto tettonico tra le l'unità MPA e il bedrock argilloso e molto fratturato AVN.

### 5.3 Altre frazioni

La frazione di Villa ricade in un contesto di ampio versante nordvergente caratterizzato da substrato roccioso attribuito a un'ampia placca della Formazione di Savigno – Membro di Villa (SAG1). Si tratta di torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile tra 1/2 e 2/1. Gli affioramenti evidenziano una stratigrafia immergente verso NNE, pertanto in un contesto di probabile assetto a “franapoggio”. La presenza di ampie superfici di frana evidenzia una generale e potenziale instabilità di versante, di cui si è tenuto conto nelle valutazioni di caratterizzazione sismica. In tal senso anche la registrazione HVSR eseguita tra i toponimi “Rovina di Sopra” e “Rovina di Sotto” evidenzia una blanda amplificazione del segnale sismico alla frequenza di circa 2,3 Hz a dimostrare un riflettore sismico la cui profondità è stimata tra 25 e 40 metri circa (bedrock alterato o presenza di una coltre di frana?). In conclusione, si ritiene che per tutto il territorio di Villa siano necessari ulteriori approfondimenti.

L'abitato di Goccia, ricade invece in un contesto di fondovalle del Samoggia e in confluenza del torrente Bignami, con depositi fluviali recenti ghiaiosi caratterizzati da abbondante matrice fine e attribuiti a AES8a (Subsistema di Ravenna – Unità di Modena). Il rilievo della scarpata dell'alveo (si evince che lo spessore delle coltri alluvionali è pari a circa 2 metri) e gli esiti delle registrazioni HVSR (con picchi di amplificazione riscontrati a frequenze tra 8 ÷ 9 Hz) portano a valutare uno spessore complessivo di sedimenti amplificanti (alluvioni e bedrock alterato) pari a circa 8 ÷ 9 metri. Il versante in sinistra idrografica è caratterizzato da ampi depositi di frana quiescenti, anche antichi (zona più meridionale Cavara), con meccanismi di movimento di diversa tipologia (slide e flow). Il bedrock appare costituito

dall'Unità delle Arenarie di Scabiazza (SCB), nel versante a sud della confluenza del Bignami: tale formazione è costituita da torbiditi arenaceo-pelitiche, con prevalenza di peliti argillose e marnose. Il versante a nord della confluenza del Bignami è invece caratterizzato da bedrock attribuito alla Formazione di Monghidoro (MOH), caratterizzata da alternanze di livelli lapidei e livelli pelitici con rapporto molto variabile ( $3 > L/P > 1/3$ ). Sia per SCB, sia per MOH, le caratteristiche litologiche locali e dati geofisici raccolti anche in altri Comuni, ne permettono una cautelativa classificazione come “bedrock non rigido” ( $V_s < 800$  m/s).

La frazione di San Prospero, si colloca su un modesto crinale, caratterizzato da bedrock roccioso attribuito alla Formazione di Savigno – Membro di Villa (SAG1) e alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB), in contatto per lo più di tipo tettonico. In particolare, si segnala la discontinuità tettonica (faglia presumibilmente diretta) che separa le due Unità presso il toponimo “Ca' Merlino, le cui condizioni di possibile attività (in caso di sisma) dovranno essere oggetto di ulteriori analisi. Le due registrazioni HVSR eseguite nella frazione hanno inoltre evidenziato picchi di amplificazione del segnale sismico a frequenze relativamente elevate (tra 3 Hz e 11 Hz circa) a dimostrare la presenza di spessori superficiali di bedrock molto alterato o rimaneggiato. In conclusione, il contesto particolarmente tettonizzato e la presenza di forme di dissesto diffuse nei versanti circostanti impongono, ineludibilmente, ulteriori approfondimenti di carattere sismico (terzo livello).

La località Casa Costa è situata su un pendio poco acclive ( $< 15^\circ$ ) con substrato argilloso affiorante e attribuito alla Formazione delle Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN): le caratteristiche litologiche ne permettono una sicura classificazione come “bedrock non rigido” e in particolare i dati geofisici disponibili (indagini Re.Mi. e MASW eseguiti in altre località e Comuni limitrofi) ne consigliano cautelativamente una  $V_{s30} \leq 450$  m/s. Solamente la porzione di versante più orientale appare caratterizzato da coperture detritiche di spessore variabile, con dubbia attribuzione a movimento franoso: per tale motivo, la caratterizzazione sismica di questa parte di pendio dovrà necessariamente richiedere ulteriori studi di risposta sismica locale e di stabilità.

Anche la frazione Vedegheto, come già scritto nel cap. 3, è da valutare con particolare cautela dal punto di vista sismico: il pendio su cui si insedia l'abitato è caratterizzato dalla presenza di ampie superfici di frana, individuate anche nella cartografia geologica regionale; si tratta di movimenti con meccanismi di innesco complesso (prevalentemente slide). Anche il bedrock risulta fortemente alterato, costituito da Arenarie di Ponte Bratica (– ARB – alternanze di Livelli lapidei e livelli pelitici), da depositi della Formazione di Monte Pastore (MPA) e dall'unità fortemente tettonizzata delle Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN). In questo senso, anche la registrazione HVSR eseguita presso il toponimo “Poggiolo” evidenzia una blanda amplificazione per un ampio range di frequenze (da 2 Hz a circa 10

Hz), a dimostrare la presenza di substrato roccioso fortemente alterato. In conclusione, per la frazione di Vedegheto, si richiedono, ineludibilmente, ulteriori approfondimenti di carattere sismico (terzo livello).

La località di Rodiano, è situato su uno stretto crinale, caratterizzato da affioramenti di unità rocciose fortemente alterate e in contatto per lo più tettonico tra loro: si tratta della ancora di bedrock attribuito alle Argille e Calcari del Torrente Lavinello (AVN), all'Unità delle Argille a Palombini (APA), fortemente tettonizzate a struttura scagliosa e alle brecce argillose della Val Tiepido–Canossa MVT. In particolare, si segnala la discontinuità tettonica (faglia presumibilmente diretta) che separa e depositi dell'unità APA dalle brecce MVT presso il toponimo “Marchetto”, le cui condizioni di possibile attività (in caso di sisma) dovranno essere oggetto di ulteriori analisi. I versanti limitrofi alla frazione risultano interessati da movimenti franosi per lo più classificati quiescenti. La registrazione HVSR, eseguita nei pressi della chiesa, evidenzia possibilità di amplificazioni del segnale sismico per un ampio range di frequenze (in particolare si riscontrano picchi a 2, Hz, 4,5 Hz e 6,3 Hz) a dimostrare un contesto di bedrock fortemente alterato. In conclusione, anche per questa frazione, il contesto geologico generale impone ulteriori approfondimenti della caratterizzazione sismica locale (terzo livello).

## 6 Interpretazioni e incertezze

Lo studio di microzonazione sismica ha permesso una preliminare cernita delle indagini di repertorio eseguite con attrezzature fuori standard (fornendo quindi esiti inutilizzabili o non interpretabili). Peraltro, i dati geognostici considerati offrono una sufficiente “copertura” conoscitiva delle aree studiate e le indagini geofisiche espletate ex novo per questo studio di microzonazione (stendimenti Re.Mi e registrazioni HVSR) consentono una modellazione del sottosuolo esaustiva per l'elaborazione della risposta sismica locale semplificata (secondo livello) e che le incertezze siano comunque accettabili in funzione del grado di approfondimento che si è inteso espletare. Lo studio, come vedremo, ha inoltre ben definito le aree che dovranno ineludibilmente approfondire gli aspetti di pericolosità sismica.

Per quanto detto, gli aspetti più critici che potrebbero essere comunque oggetto di ulteriori approfondimenti possono ricondursi ai seguenti punti:

- 1) Area Capoluogo → maggiore dettaglio nella caratterizzazione e perimetrazione delle coperture (detritiche e/o corpo di frana stabilizzata), così come dei limiti delle unità geologiche sepolte (in particolare le formazioni AVS e SAG1), mediante indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) e geofisiche (stendimenti geoelettrici e sismici a rifrazione; ecc.), sebbene l'urbanizzazione costituisca un evidente limite alla esecuzione di tali prove;
- 2) Area Ca' Bortolani → maggiore dettaglio nella caratterizzazione del substrato roccioso non affiorante MPA (sottostante paleosuoli e coperture eoliche), anche in questo caso mediante indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) e geofisiche (stendimenti geoelettrici e sismici a rifrazione; ecc.).
- 3) altre frazioni → maggiore dettaglio nella caratterizzazione del substrato roccioso, delle condizioni di stabilità in caso di sisma e analisi delle condizioni di possibile attività delle citate discontinuità tettoniche, mediante indagini dirette (sondaggi a carotaggio continuo) e geofisiche (stendimenti geoelettrici e sismici a rifrazione; ecc.) e rilievi di campagna.



## 7 Metodologie di elaborazione e risultati

### 7.1 I fattori di amplificazione considerati

Per i depositi e le forme che possono determinare effetti locali si è fatto riferimento agli Allegati della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della regione Emilia-Romagna n.112 del 2 maggio 2007 (DAL 112/2007). La delibera regionale propone la definizione semi quantitativa degli effetti di amplificazione locale semplificata (secondo livello di approfondimento) per le aree urbane e urbanizzabili comprese <<nelle aree pianeggianti o sub-pianeggianti, incluse le zone di fondovalle appenniniche, con stratificazione orizzontale e sub-orizzontale, e sui versanti con acclività  $\leq 15^\circ$ , in cui il deposito ha spessore costante>>.

Per le aree stabili suscettibili di amplificazione, la risposta sismica locale è stata quantificata secondo i seguenti parametri FA riferiti alla superficie:

- $FA_{PGA}$  → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento  $D$  e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- $FA_{SI}$  – Intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, è definito come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità; nel nostro caso, si sono determinati i fattori di amplificazione per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e da  $0.5 < T_0 < 1$  s ( $FA_{0,1-0,5s}$  e  $FA_{0,1-0,5s}$ )

I fattori di amplificazione sopra descritti, sono desunti dagli abachi riportati nella DAL 112/2007 (Allegato A2), riferiti a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche che tengono conto delle caratteristiche litologiche e morfologiche e della profondità del bedrock sismico.

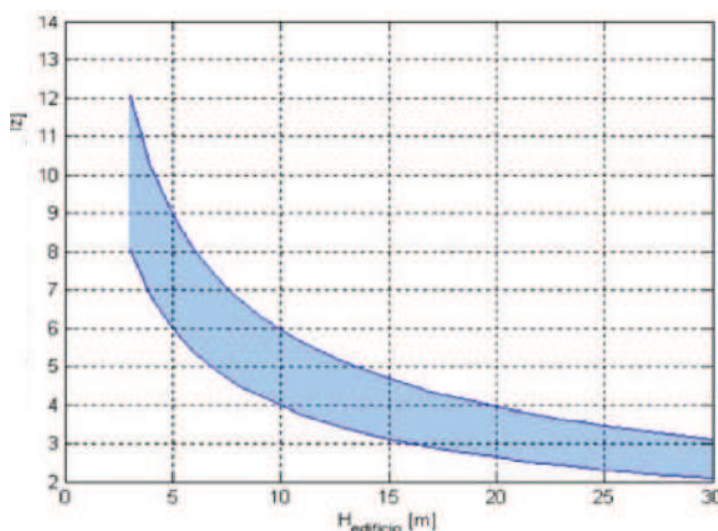
Le variabili fondamentali, da inserire nelle tabelle per la stima dell'amplificazione locale sono dunque la velocità equivalente delle onde di taglio nel sottosuolo e gli spessori dei sedimenti superficiali che possono amplificare il moto sismico e/o la profondità del bedrock sismico. La scelta del macro contesto morfologico-stratigrafico è stata inoltre giustificata, come vedremo, dagli esiti delle indagini geofisiche di registrazione dei microtremiti sismici con tecnica HVSR espletati nel territorio comunale.

## 7.2 L'analisi del rumore sismico locale

La risposta sismica locale deve essere anche valutata in funzione delle amplificazioni del moto di vibrazione in termini frequenze dell'impulso sismico. Infatti, il moto sismico può essere amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, corrispondenti alle frequenze naturali  $f_n$  di vibrazione della colonna stratigrafica. In questo senso, molto importante risulta la prima frequenza naturale di vibrazione  $f_1$  denominata frequenza fondamentale, in corrispondenza della quale la funzione di amplificazione assume un valore massimo.

Per quanto scritto, lo studio di microzonazione ha compreso anche una serie di misurazioni del rumore sismico con tecnica HVSR e l'analisi degli spettri di amplificazione H/V ricavati dalle registrazioni. Occorre comunque premettere che tale analisi deve intendersi puramente indicativa, e certamente non può consentire una quantificazione certa delle amplificazioni in termini di frequenze. Peraltro, le indagini HVSR rappresentano un utile strumento per valutazioni riguardo la possibile presenza di riflettori sismici e per le prime indicazioni riguardo la vulnerabilità dei manufatti di previsione e/o esistenti rispetto agli effetti di amplificazione locale del moto sismico. È infatti noto come le strutture siano caratterizzate da differenti modi di vibrazione, in funzione di molti parametri tra cui l'elevazione, la tipologia, il materiale costruttivo, etc. Dal punto di vista analitico, la vibrazione di un edificio è governata soprattutto dalla sua altezza: la figura 7.1 riporta un abaco di possibile relazione tra altezza di un edificio in c.a. e frequenza di risonanza propria.

*Figura 7.1 - Abaco di relazione tipica tra altezza edificio in c.a. - primo modo flessionale (da Masi et al., 2007)*



Un'ulteriore relazione empirica che lega la frequenza di vibrazione di un edificio e la sua altezza è la seguente:  $f = (10 \div 12) / n$ .piani.

La coincidenza tra frequenze di risonanza naturale del terreno e frequenze di vibrazione delle strutture può dunque causare pericolose amplificazioni nel caso di impulsi ciclici dovuti ad un evento sismico (effetto di "doppia risonanza").

## 8 Elaborati cartografici

### 8.1 Carta geologico–tecnica per la microzonazione sismica

La <<Carta geologico–tecnica>> elaborata per lo studio di microzonazione alla scala 1:5.000, costituisce una revisione delle cartografie geologiche e geomorfologiche esistenti e in particolare della Carta Geologica dell'Emilia–Romagna in scala 1:10.000 (realizzata, come già scritto, dal Servizio geologico Sismico e dei Suoli della RER). Tale revisione si è basata sugli esiti delle indagini geognostiche e geofisiche analizzate (di repertorio ed ex novo) e sugli ulteriori rilevamenti di controllo espletati per le aree di studio. Per quanto detto, si è posta particolare attenzione alla perimetrazione delle aree caratterizzate da bedrock geologico affiorante, alle coperture e alla perimetrazione di tutti gli elementi geologici e morfologici locali che si ritengono potenzialmente in grado di modificare il moto sismico. La figura 8.1 riporta lo stralcio della relativa legenda.

La cartografia riporta:

- Terreni di copertura → la tavola perimetra le aree interessate da coperture significative dal punto di vista sismico (con spessori maggiori di 2 metri), discriminate in unità litologiche in base alle prevalenti caratteristiche tessiturali medie riscontrabili nel suo spessore
- Substrato geologico rigido o non rigido → in particolare si sono perimetrato le aree ove risulta affiorante<sup>6</sup> il bedrock geologico. In questo senso, la carta discrimina gli affioramenti del bedrock geologico “non rigido” (cioè con Vs medie <800 m/s) “NR” che nell'area di studio affiora, ad esempio, a ovest del Capoluogo (Argille Varicolori della Valsamoggia –AVS–) dagli affioramenti di substrato geologico ancora definito “non rigido” ma stratificato (es. unità liguridi della formazione di Montepastore – MPA – e delle Argille e Calcari del torrente Lavinello – AVN –)
- Forme di superficie e sepolte → riconducibili a orli di scarpata morfologica di altezza <20 metri (rilevata a SE del cimitero di Ca' Bortolani), valle sepolta larga (fondovalle del Samoggia nei pressi del Capoluogo), conoide alluvionale e falda detrica
- Instabilità di versante → in particolare le frane sono state perimetrato e classificate sulla base della tipologia di movimento e dello stato di attività con i differenti retini come riportato negli <<Standard di rappresentazione e archiviazione informatica v.2.0>>. In questo senso, occorre segnalare che la tavola riporta cautelativamente come “instabilità

---

<sup>6</sup> Il bedrock è stato considerato affiorante ove le coperture sono risultate di spessore <2 metri e con amplificazioni dello spettro H/V ricavato dalle registrazioni HVSR non significative



di versante non definita” anche alcune porzioni di pendio che risultano allo stato di fatto stabili, con fattori di predisposizione al dissesto in condizioni sismiche (contesto litologico; l'acclività; parti di versante limitrofi ad aree già interessate da franamenti).

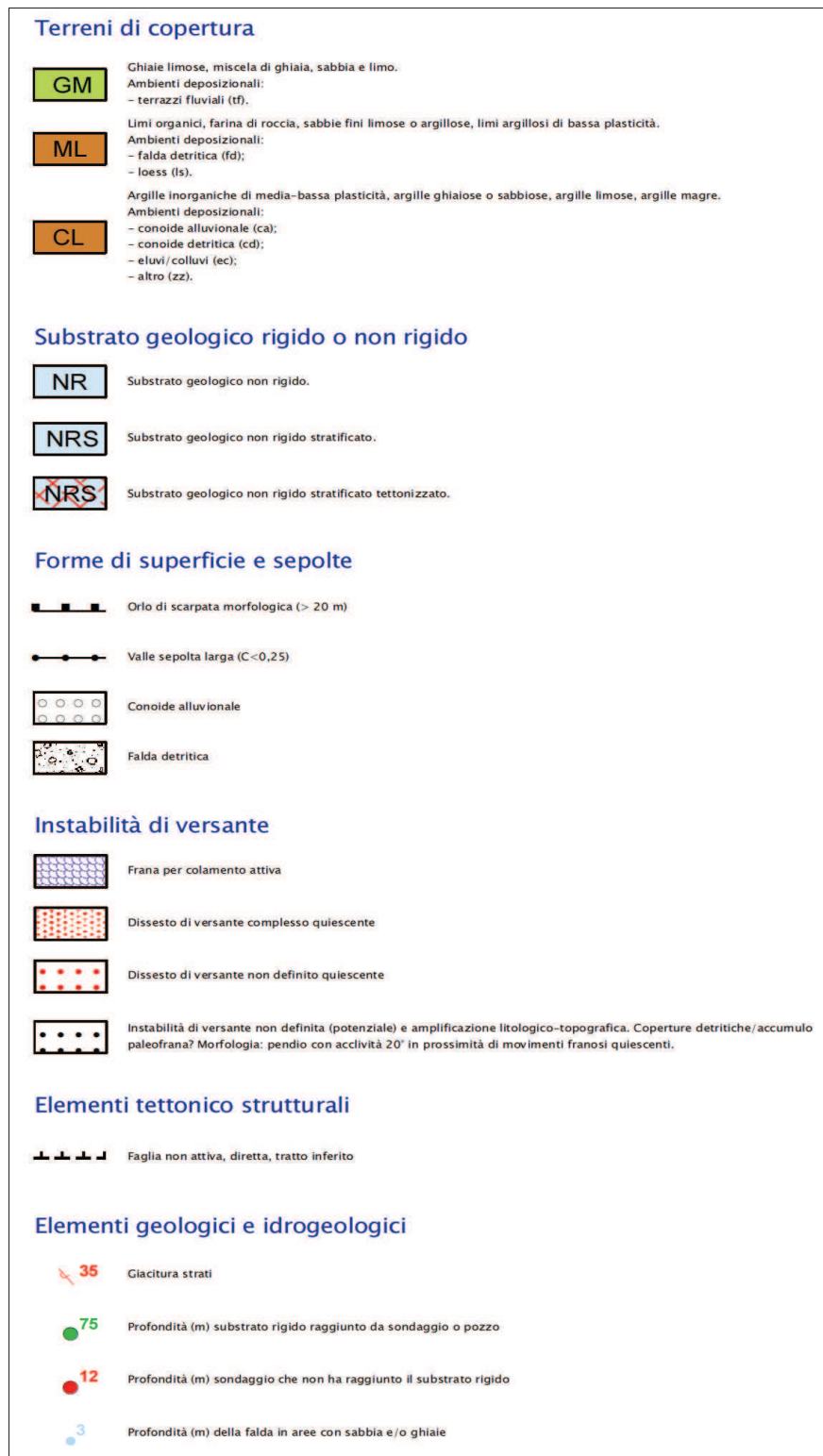


Figura 8.1 – Stralcio della legenda della <<Carta geologico-  
 tecnica>> elaborata per lo studio di  
 microzonazione sismica di Savigno.

- Elementi tettonico strutturali → riconducibili a faglie presumibilmente dirette, già riportate nella cartografia geologica regionale, che risulterebbero “non attive”
- Localizzazione delle terebrazioni che hanno raggiunto o meno il bedrock sismico
- Localizzazione dei pozzi freatici (rilevati nel fondovalle del Samoggia, nei pressi del capoluogo), con indicata la relativa soggiacenza (in metri) misurata della falda.

## 8.2 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Come già scritto nel paragrafo 7.2, la <<Carta delle frequenze naturali dei terreni>>, elaborata alla scala 1:5.000, localizza tutti i punti di misura dei microtremori sismici registrati a stazione singola (con tecnica HVSR). Ad ogni punto, nella cartografia viene indicato il valore stimato di  $F_0$  (valore del “picco” più significativo a più bassa frequenza, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale); sono anche riportate le eventuali ulteriori frequenze ove lo spettro  $H/V^7$  evidenzia altri “picchi” di amplificazione del segnale passivo registrato.

Lo studio di microzonazione ha dunque permesso di proporre una classificazione delle frequenze di possibile amplificazione/risonanza distinguendo le seguenti classi (con colori differenti):

- registrazioni senza amplificazioni significative (traccia spettrale  $H/V$  priva di picchi)
- registrazioni con  $f_0 < 1$  hz (indica la presenza di riflettori sismici profondi (oltre 50 m) e possibilità di risonanza, in caso di sisma, per edifici/manufatti molto elevati (oltre 10 piani)
- registrazioni con  $1 < f_0 < 2$  hz
- registrazioni con  $2 < f_0 < 3,5$  hz
- registrazioni con  $f_0 > 3,5$  hz (possibilità di risonanza per edifici/manufatti di modesta altezza – certamente inferiore a due piani – che rappresentano la tipologia di abitazione più diffusa)
- $f_0$  e altre frequenze di possibile amplificazione comprese in un più ampio range (da 1 Hz fino a circa 12 Hz)

La tavola permette di discriminare le misure anche in base all'entità del rapporto spettrale  $H/V$  riferito a contrasti di impedenza alla base delle coperture, in particolare discriminando

---

<sup>7</sup> L'analisi delle prove HVSR, ha ovviamente comportato anche il controllo dell'andamento delle singole componenti spettrali registrate (N-S; E-O; up-down), in grado di fornire ulteriori elementi di valutazione delle possibili amplificazioni del moto sismico locale.

le prove che hanno ricavato rapporti H/V minori di 1, compresi da 1 a 3 e maggiori di 3.

In sintesi, per il Capoluogo si evince, ad esempio, una sostanziale possibilità di amplificazione del segnale sismico per un ampio range di frequenze, in particolare elevate (dunque con possibilità di risonanza per edifici bassi), così come per la principale frazione di Ca' di Bortolani. Tali esiti sono ben spiegabile per la presenza delle coperture cartografate, in grado di amplificare il moto sismico al suolo. Le registrazioni effettuate nelle altre frazioni minori evidenziano condizioni particolarmente complesse, riconducibili a spessori alterati di bedrock e/o aspetti tettonici, che necessitano di ulteriori approfondimenti. Ulteriori elementi relativi agli esiti delle registrazioni HVSR sono riportati nel successivo paragrafo 8.4, mentre la figura 8.2 riporta uno stralcio della legenda elaborata per la rappresentazione cartografica.

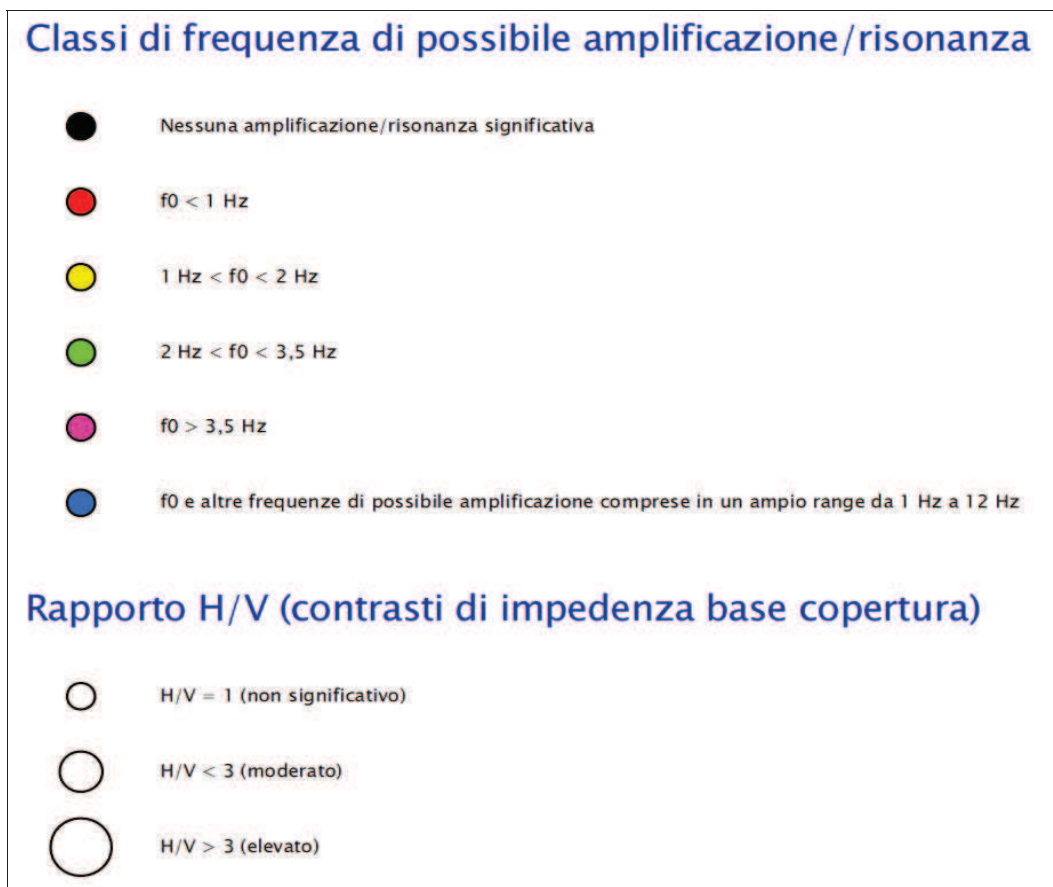


Figura 8.2 - Stralcio della legenda della <<Carta delle frequenze naturali dei terreni>> elaborata per lo studio di microzonazione sismica di Savigno.

### 8.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

La <<carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica>> (MOPS), elaborata alla scala 1:5000, riporta tutte le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di



microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari per le aree studiate. In questo senso, la cartografia distingue e classifica le aree studiate in “*zone suscettibili di amplificazione*” (ove è sufficiente un approfondimento sismico di secondo livello) e in “*zone suscettibili di instabilità*” (ove è invece ritenuto opportuno un ulteriore approfondimento di terzo livello).

### 8.3.1 *Zone suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico)*

Nelle zone suscettibili di amplificazioni, sono attese amplificazioni del moto sismico come effetto dell'assetto litostratigrafico e morfologico locale. Queste zone sono state distinte con numero arabo a quattro cifre, secondo le disposizioni di classificazione della Protezione Civile (formato numerico: “20xy”). Per ogni zona si è infine riportata la relativa equivalenza rispetto alle macrozone definite dal PTCP e come richiesto dalla nuova normativa attuativa provinciale (art. 6.14 NTA). La cartografia elaborata per il Savigno distingue le seguenti zone:

- *ZONA 2001* ≡ *Coperture alluvionali terrazzate recenti (AES8a) sovrastanti bedrock non rigido (SAG1; FPG1; AVS) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali recenti di contesto deposizionale torrentizio del Samoggia, prevalentemente ghiaiosi e sovrastanti in contatto erosivo con bedrock non rigido attribuiti sia alla Formazione di Savigno e in particolare al suo Membro di Villa (sigla SAG1 – Torbiditi arenaceo pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile da ½ a 2), sia alla Formazione di Poggio (FPG – Argilliti siltose). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi.). La morfologia è pertanto piana. Le indagini geofisiche (tomografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 10 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 250 m/s.

- *ZONA 2002* ≡ *Bedrock non rigido affiorante (AVS) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di bedrock affiorante attribuito alle Unità delle Argille Varicolori della Valsamoggia (sigla AVS – Argilliti, talora siltose), al piede di un pendio con acclività media pari a 20°–25°. Le indagini geofisiche (Re.Mi.) evidenziano la modesta rigidità che caratterizza questo substrato sismico (Vs30 = 450 m/s).

- *ZONA 2003* ≡ *Coperture detritiche di versante/accumulo paleofrana? sovrastanti bedrock non rigido (SAG1; AVS) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di coperture detritiche che costituiscono il probabile piede di accumulo (potente circa 20 metri), di una paleofrana ormai stabilizzata, sulla quale si insedia parte

dell'abitato di Savigno, e con acclività media pari a 15°–20°.

Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo di tali coperture in grado di amplificare il moto sismico, approssimabile a 20 metri (spessore detritico), sovrastante il bedrock non rigido della Formazione di Savigno e in particolare al suo Membro di Villa (sigla SAG1 – Torbiditi arenaceo pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile da ½ a 2) più alterato) e/o della Unità delle Argille Varicolori della Valsamoggia (sigla AVS – Argilliti, talora siltose) e con VsH misurato pari a 350 m/s. Il substrato geologico è considerato non rigido ( $V_s < 800$  m/s), come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi.).

- *ZONA 2004* ≡ Coperture detritiche di versante sovrastanti bedrock non rigido (SAG1; FPG1). Morfologia: piede pendio con acclività 15°–20° ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta di depositi di copertura detritiche di versante, sovrastanti il bedrock non rigido della Formazione di Savigno e in particolare al suo Membro di Villa (sigla SAG1 – Torbiditi arenaceo pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile da ½ a 2) e alla Formazione di Poggio, in particolare al suo Membro di Rio delle Praterie (sigla FPG1 – depositi di colata, intercalati in argilliti), al piede di pendio con acclività media pari a 15°–20°.

Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 5 metri (costituito dalle coperture detritiche e dal sottostante bedrock più alterato) e con una VsH stimata pari a circa 200 m/s. Il substrato geologico è considerato in entrambi i casi non rigido ( $V_s < 800$  m/s).

- *ZONA 2005* ≡ Coperture detritiche di versante sovrastanti bedrock non rigido (SAG1) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta ancora di coperture detritiche di versante, sovrastanti il bedrock non rigido della Formazione di Savigno e in particolare al suo Membro di Villa (sigla SAG1 – Torbiditi arenaceo pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile da ½ a 2), al piede di un pendio con acclività media <15°.

Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 10 metri. Tale spessore è costituito dalle coperture detritiche e dal sottostante bedrock più alterato, e con VsH misurata pari a circa 200 m/s.

- *ZONA 2006* ≡ Coperture di conoide torrentizia e detritiche di versante sovrastanti bedrock non rigido (AVS; SAG1) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta di depositi attribuibili all'azione conoide di carattere torrentizio e/o detriti di

versante, sovrastanti bedrock non rigido attribuito sia alla Formazione di Savigno e in particolare al suo Membro di Villa (sigla SAG1 – Torbiditi arenaceo pelitiche in strati medi, con rapporto A/P variabile da ½ a 2), sia alle Unità delle Argille Varicolori della Valsamoggia (sigla AVS – Argilliti, talora siltose). La morfologia risulta sub-piana (<15°). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo e pressoché costante di queste delle coperture (probabilmente sovrapposte a depositi detritici e/o all'accumulo della già descritta frana stabilizzata), suscettibile di amplificazioni del moto sismico e approssimabile a 20 metri, con VsH misurato pari a 350 m/s.

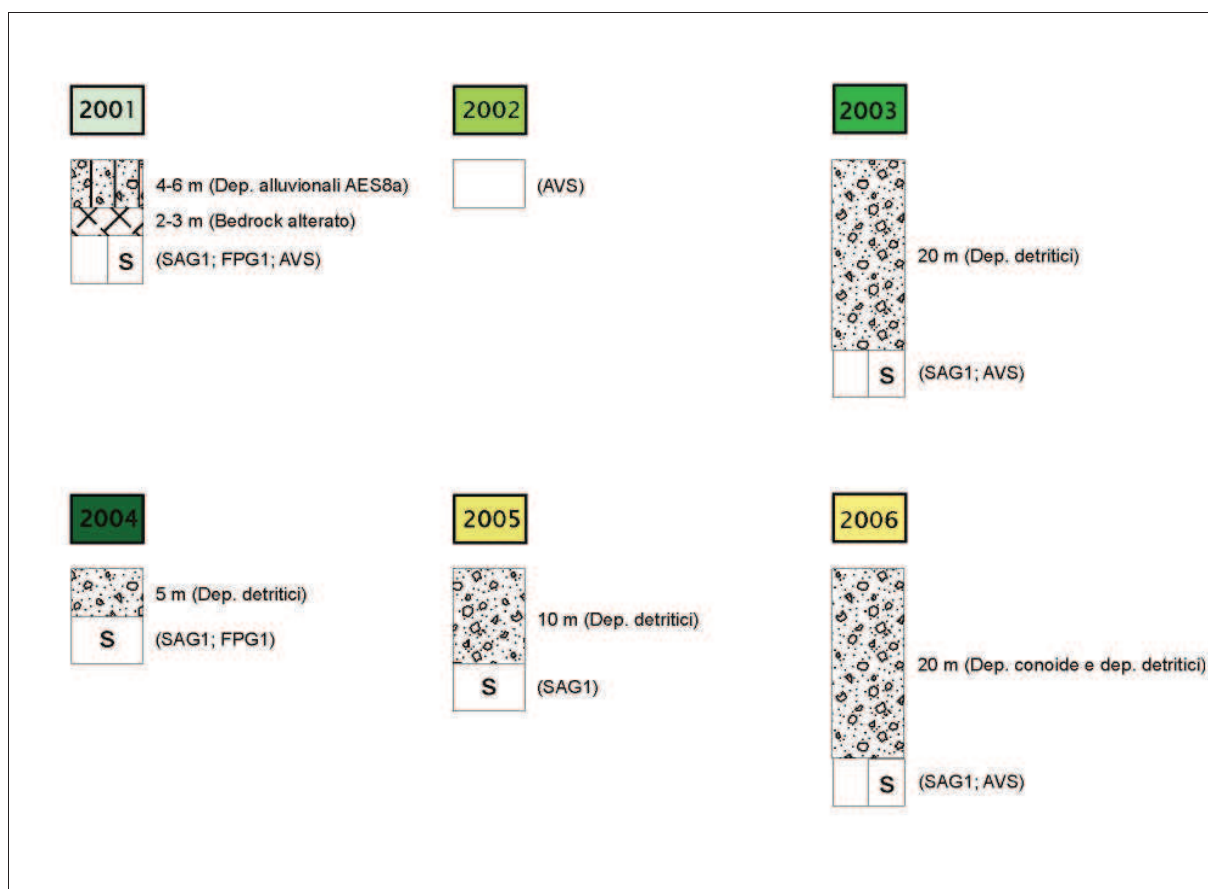


Figura 8.3 - Colonne stratigrafiche rappresentative delle microzone omogenee 2001-2002-2003-2004-2005-2006.

- **ZONA 2007** ≡ Coperture detritiche di versante sovrastanti bedrock non rigido (MPA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta ancora di coperture detritiche di versante, in questo caso sovrastanti il bedrock non rigido della Formazione di Monte Pastore (sigla MPA – Torbiditi arenaceo pelitiche), al piede di un pendio/scarpatata con acclività sub piana (<15°). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di



amplificazioni del moto sismico pari a circa 3÷6 m (costituito dalle coperture detritiche e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 200 m/s.

- *ZONA 2008* ≡ *Bedrock non rigido affiorante stratificato (MPA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di bedrock affiorante attribuito alle Formazione di Monte Pastore (sigla MPA – Torbiditi arenaceo pelitiche). La morfologia è sub-piana (<15°). Le indagini geofisiche evidenziano la modesta rigidità locale che caratterizza questo substrato sismico, con Vs da poco oltre 400 m/s a circa 550 m/s. Cautelativamente, è stato considerato non rigido, con Vs30 = 450 m/s.

- *ZONA 2009* ≡ *Coperture eoliche/paleosuoli sovrastanti bedrock non rigido (MPA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di coperture fini attribuibili ad alterazione eolica o a paleosuoli, sovrastanti il bedrock non rigido della Formazione di Monte Pastore (sigla MPA – Torbiditi arenaceo pelitiche). La morfologia è sub-piana (<15°). Il substrato geologico è considerato non rigido (Vs <800 m/s), come confermano le indagini geofisiche (tomografie e prove Re.Mi.). Le prospezioni geofisiche evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 10 metri (costituito dalle coperture eoliche/paleosuoli e dal sottostante bedrock più alterato), con VsH misurato pari a 250 m/s.

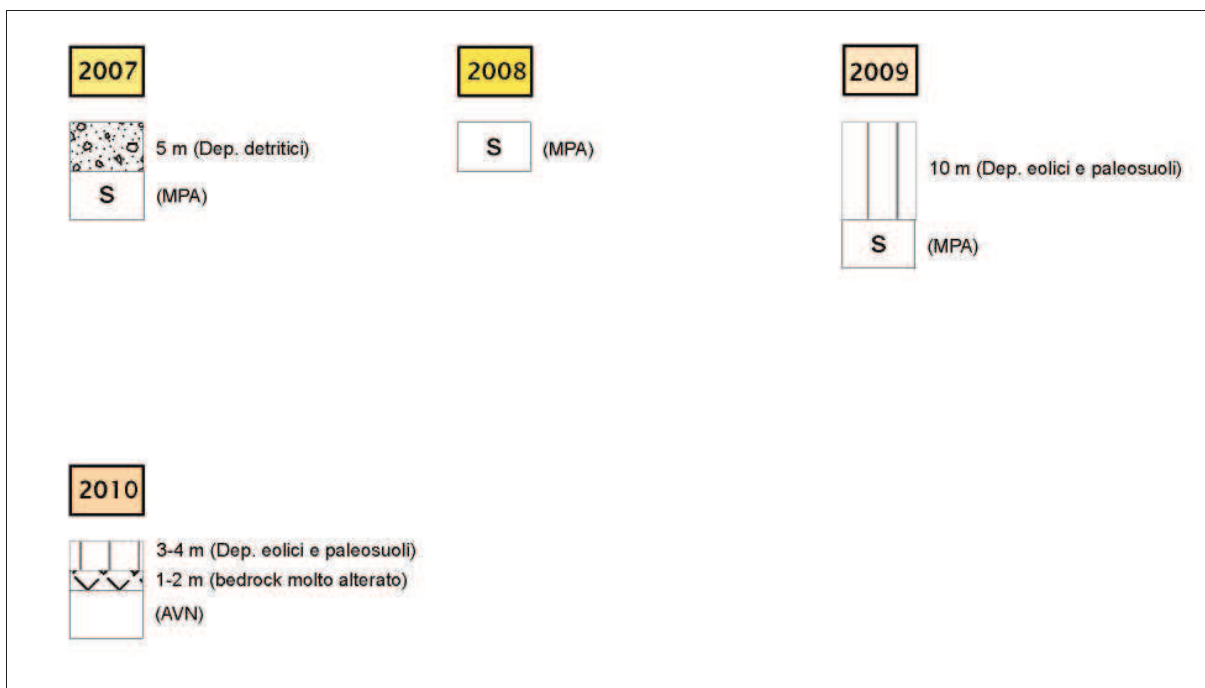


Figura 8.4 – Colonne stratigrafiche rappresentative delle microzone omogenee 2007–2008–2009–2010.

- *ZONA 2010*  $\equiv$  Coperture eoliche/paleosuoli sovrastanti bedrock non rigido (AVN)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>  
si tratta di coperture fini attribuibili ad alterazione eolica o a paleosuoli, sovrastanti il bedrock non rigido dell'Unità delle Argille e calcari del Torrente Lavinello (sigla AVN – Argilliti prevalenti). La morfologia è sub-piana (<15°). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 5 metri (costituito dalle modeste coperture eoliche/paleosuoli e, soprattutto, dal sottostante bedrock più alterato), con VsH misurato approssimabile a 200 m/s.
- *ZONA 2011*  $\equiv$  Bedrock non rigido affiorante (AVN)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>  
si tratta di bedrock affiorante attribuito alle Unità delle Argille e calcari del Torrente Lavinello (sigla AVN – Argilliti prevalenti), in pendio di modesta acclività (<15°). I dati di repertorio e indagini geofisiche anche in altri comuni evidenziano la modesta rigidità che caratterizza questo substrato sismico (Vs30 = 450 m/s).
- *ZONA 2012*  $\equiv$  Coperture alluvionali terrazzate recenti (AES8a) sovrastanti bedrock non rigido (FPG; SCB; MOH)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>  
si tratta di sedimenti alluvionali recenti di contesto deposizionale torrentizio del Samoggia, prevalentemente ghiaiosi e con matrice fine abbondante, sovrastanti in contatto erosivo su bedrock alterati, attribuiti a alla Formazione di Poggio (FPG – Argilliti siltose), alla Formazione delle Arenarie di Scabiazza (SCB – torbiditi arenaceo-pelitiche) e alla Formazione di Monghidoro (MOH – alternanza di livelli lapidei e livelli pelitici con rapporto molto variabile). Tali substrati sismici, per le caratteristiche litologiche locali e per dati geofisici disponibili (anche raccolti in altri Comuni limitrofi), vengono classificati come “bedrock non rigido” (Vs<800 m/s). Le indagini geofisiche e il rilievo delle scarpate fluviali evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 10 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 250 m/s.

### 8.3.2 Zone suscettibili di instabilità

Nelle zone suscettibili di instabilità oltre ai fenomeni di amplificazione stratigrafica e/o morfologica, sono attesi effetti sismici riconducibili a deformazioni permanenti del territorio. Nella <<Carta delle aree suscettibili di effetti locali>> tali zone vengono contraddistinte, con diverso colore, riportando in legenda gli approfondimenti di terzo livello richiesti. La cartografia riporta anche le <<aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate>> ai sensi

dell'art. 6.2 delle NTA del PTCP di Bologna.

Per ogni zona è riportata la relativa equivalenza rispetto alle macrozone definite dal PTCP, come richiesto dalla nuova normativa attuativa provinciale (art. 6.14 NTA). In conclusione per il territorio di Savigno, sono state definite le seguenti aree, che dovranno necessariamente essere oggetto di ulteriori approfondimenti sismici di terzo livello:

- Instabilità di versante attiva  $\equiv$  equivalente a FP (PTCP) cioè <<Area instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche>>  
si tratta di frane classificate attive situate in pendio con acclività  $\geq 15^\circ$ .
- Instabilità di versante quiescente  $\equiv$  equivalente a Q (PTCP) cioè <<Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>  
si tratta di frane classificate quiescenti situate in pendii con acclività  $< 15^\circ$ .
- Instabilità di versante non definita  $\equiv$  definire equivalenza con macrozone PTCP sulla base degli ulteriori approfondimenti di terzo livello  
sono porzioni di versante con particolari caratteristiche tali da includerle nelle aree di ulteriore approfondimento, per valutare le condizioni di stabilità anche se sottoposte a impulsi ciclici – sisma. In particolare, sono state distinte le seguenti sub zone potenzialmente instabili in condizioni sismiche:  
“A”  $\rightarrow$  pendii con acclività fino a  $30^\circ$  con coperture detritiche, in prossimità di movimenti franosi attivi e/o quiescenti;  
“B”  $\rightarrow$  pendii con acclività fino a  $30^\circ$  caratterizzato da bedrock affiorante alterato/tettonizzato, in prossimità di movimenti franosi attivi e/o quiescenti;  
“C”  $\rightarrow$  zone di potenziale interferenza ovvero possibile evoluzione o influenza, possibile arrivo/accumulo di movimenti franosi limitrofi;  
“D”  $\rightarrow$  pendii con acclività fino a  $30^\circ$  potenzialmente instabili per condizioni litologiche (coperture e/o bedrock alterato) e/o morfologiche.
- Sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti  $\equiv$  equivalente a D (PTCP) cioè <<Fascia soggetta ad amplificazione e potenziali cedimenti differenziali>>  
si tratta di aree caratterizzate da bedrock molto fratturato, con presenza di faglie dirette, classificate per questo lavoro come “non attive” ma necessariamente da verificare nel caso di interventi edificatori ricadenti entro tale zona.
- Cedimenti differenziali  $\equiv$  equivalente a C (PTCP) cioè <<Area soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e a potenziali cedimenti>>  
Per la presenza di coperture prevalentemente argillose di conoide torrentizia, di spessore variabile (non valutabile con uno studio generale e semplificato) e di presumibile scarsa consistenza.
- Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate



oltre alle aree omogenee di pericolosità sismica sopra descritte, si sono riportate le aree a rischio di frana già zonizzate e perimetrate e soggette a specifica normativa (si demanda all'art. 6.2 delle NTA del PTCP di Bologna).

#### 8.4 Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs)

La <<Carta delle velocità delle onde di taglio S>>, è stata elaborata alla scala 1:7.000 e localizza tutti i punti di misura di Vs, con indicazione, per ogni punto di controllo, del valore di Vs<sub>H</sub> (in m/s) e H (spessore delle coperture).

Nel caso di Savigno, le Vs sono desunte da indagini sismiche Re.Mi. eseguite per questo lavoro e la cartografia riporta per ognuna di esse (nell'etichetta creata per ogni singola prova di riferimento) la profondità del bedrock sismico considerato e la stima della relativa VsH.

Peraltro, lo studio di microzonazione semplificata (secondo livello) ha tenuto anche conto degli esiti delle registrazioni HVSR, che opportunamente tarati con gli esiti delle prove dirette (penetrometrie e/o sondaggi) hanno consentito la stima della VsH degli intervalli corrispondenti a coperture potenzialmente amplificabili riscontrate per alcune microzone omogenee e che non sono risultate investigate da indagini geofisiche di altra tipologia. Ulteriori informazioni relativamente agli esiti delle Vs misurate nelle aree di studio, e in particolare nelle singole microzone omogenee dal punto di vista sismico, sono riportate nel paragrafo 8.3, a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.

#### 8.5 Carta di Microzonazione sismica livello 2

La <<carta di microzonazione sismica livello 2>>, elaborata alla scala 1:5.000, riporta:

1. le <<zone stabili suscettibili di amplificazione>> (individuate nella carta delle MOPS), con gli esiti dell'amplificazione tramite procedura semplificata (secondo livello). L'amplificazione è stata quantificata riferendosi agli Allegati della deliberazione dell'Assemblea Legislativa della regione Emilia-Romagna n.112 del 2 maggio 2007 (DAL 112/2007). Per tali aree, l'amplificazione è stata quantificata secondo i seguenti parametri FA riferiti alla superficie:

- $FA_{PGA}$  → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido ( $a_{max,r}$ ) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito ( $a_{max,s}$ ) alla frequenza  $f$ . Il fattore di amplificazione dipende dalla frequenza di eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento  $D$  e dal rapporto tra l'impedenza sismica, prodotto tra densità-velocità, della roccia base e quella del deposito;
- $FA_{SI}$  – Intensità spettrale di Housner → indicatore della pericolosità sismica, è definito

come l'area sottesa dello spettro di risposta di pseudovelocità, nel nostro caso si sono determinati i fattori di amplificazione per i due intervalli di frequenze, rispettivamente da  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e da  $0.5 < T_0 < 1$  s ( $FA_{0,1-0,5s}$  e  $FA_{0,1-0,5s}$ )

I fattori di amplificazione sopra descritti, sono desunti dagli abachi riportati nella DAL 112/2007 (Allegato A2), riferiti a grandi situazioni morfologico-stratigrafiche che tengono conto delle caratteristiche litologiche e morfologiche e della profondità del bedrock sismico.

Dal punto di vista cartografico, sono state prodotte tre differenti carte: ognuna di esse riporta, per una migliore comprensione, un solo fattore di amplificazione e cioè  $FA_{PGA}$ ,  $FA_{SI}$  per l'intervallo  $0.1 < T_0 < 0.5$  s e  $FA_{SI}$  per l'intervallo  $0.5 < T_0 < 1$  s. Gli esiti dell'amplificazione, per ogni fattore, sono stati ordinati in classi crescenti secondo quanto richiesto dagli <<standard di rappresentazione e archiviazione informatica>> (v.2.0, giugno 2012) della Protezione Civile, che consentono di evidenziare con dovuta chiarezza quali aree risultano più critiche dal punto di vista della risposta sismica.

La cartografia di Microzonazione riporta nuovamente le “zone suscettibili di instabilità”, riportando in legenda gli approfondimenti di terzo livello richiesti. Si rammenta che, per quanto riguarda le situazioni di instabilità di versante, la cartografia di Microzonazione non discrimina le differenti tipologie di dissesto in termini di stato di attività: per questa ulteriore informazione si rimanda alla consultazione della precedente <<Carta delle aree suscettibili di effetti locali>> ove si riportano anche i principali approfondimenti richiesti nelle successive fasi di pianificazione.

## **9 Appendice al RUE: prescrizioni normative in materia di pericolosità sismica**

Le seguenti prescrizioni si intendono applicabili a tutti i Comuni dell'Area Bazzanese.

### **Art .\_1 – Norme e indirizzi di riferimento per le indagini e gli approfondimenti sismici**

1. Delibera Assemblea Legislativa Regione E.R. n.112 del 2 maggio 2007: approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 *“Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio” in merito a “Indirizzi per gli studi microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale”*.
2. 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.
3. Linee guida AGI sulle costruzioni in zone sismiche (pubblicate in forma provvisoria e in corso di stesura definitiva).
4. Variante 2013 al Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale in materia sismica: nuovo art. 6.14 delle NTA (definisce le macrozone di pericolosità sismica; fornisce le prime indicazioni sui limiti e sulle condizioni per orientare le scelte di pianificazione alla scala comunale). La normativa, indica per le macrozone il dettaglio di approfondimento richiesto e le eventuali limitazioni edificatorie di riferimento per la pianificazione comunale .
5. PSC dei Comuni dell'Area Bazzanese: Norme (capo 1 *“valutazione del rischio sismico e adempimenti relativi”*). Le norme riportano ulteriori disposizioni di carattere tecnico per gli approfondimenti sismici da espletare.

### **Art .\_2 – Studi sismici conoscitivi di riferimento per la pianificazione comunale e per gli interventi diretti**

1. Per le aree urbane e urbanizzabili costituiscono riferimento conoscitivo e cartografico gli approfondimenti della pericolosità sismica e lo studio di microzonazione sismica di *“secondo livello”* elaborati a scala comunale (vedi successivo Art. .\_3).
2. Per le aree escluse dallo studio di microzonazione sismica costituiscono riferimento conoscitivo e cartografico i seguenti elaborati:

*<<Tavola 2.C – Rischio sismico – Carta provinciale degli effetti locali attesi>>* (elaborato della Variante 2013 al PTCP in materia sismica, alla scala 1:60.000 per la pianura e alla scala 1:25.000 per la collina/montagna). Costituisce un primo livello di approfondimento sismico dell'intero territorio provinciale, identificando gli scenari di pericolosità sismica).

*<<Tavola AB.B2.04a/b – Pericolosità sismica preliminare>>* (elaborato del PSC in forma



associata, alla scala 1:25.000). Anch'essa costituisce un primo livello di approfondimento sismico dell'intero territorio comunale)

Per tali aree si dovranno assumere, come riferimento per le eventuali ulteriori indagini sismiche, il contesto di pericolosità sismica più gravoso (cautelativo) che emerge dal confronto delle due citate tavole. Si rimanda, infine, alle disposizioni dettate dall'art. 6.14 del PTCP per il contesto di pericolosità sismica riscontrato, in particolare per il dettaglio di approfondimento richiesto e per le eventuali limitazioni edificatorie.

### **Art .3 Microzonazione sismica elaborata in sede di Piano Strutturale Comunale**

1. Il PSC ha elaborato, esclusivamente per le aree urbanizzate e urbanizzabili (e per alcune porzioni o fasce ristrette di territorio limitrofo), gli approfondimenti di pericolosità e la microzonazione sismica, così come richiesto dalla DAL 112/2007 e dal nuovo art. 6.14 delle NTA del PTCP.
2. Per ogni Comune si sono prodotti i seguenti elaborati:
  - Relazione illustrativa;
  - Carta Geologico–tecnica; Carta delle frequenze naturali dei terreni; Carta delle velocità delle onde di taglio Vs (a scale variabili da 1:5.000 a 1:10.000);
  - Carta delle aree suscettibili di effetti locali (alla scala 1:5.000);
  - Carta di microzonazione sismica livello 2 (scala 1:5.000).
3. La tavola <<*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*>> (scala 1:5.000) suddivide il territorio studiato in zone omogenee dal punto di vista della risposta sismica locale. In particolare, tale cartografia distingue:
  - “Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali”, per le quali è sufficiente un approfondimento di “secondo livello” (già espletato per le zone urbane e urbanizzabili), ai sensi della DAL 112/2007. La cartografia riporta, in legenda, il contesto geologico sintetico caratteristico. Le zone vengono distinte con un numero progressivo (codice tipo “20xy”). Per ogni zona è riportata la relativa equivalenza rispetto alle macrozone definite dal PTCP, come richiesto dalla nuova normativa attuativa provinciale (art. 6.14 NTA).
  - “Zone suscettibili di instabilità”, per le quali sono ineludibili gli ulteriori approfondimenti sismici spinti fino al “terzo livello” conoscitivo, ai sensi della DAL 112/2007. La cartografia riporta, in legenda, il contesto di criticità sintetico per ogni zona e gli approfondimenti sismici necessari per le ulteriori fasi di pianificazione. Per ogni zona è riportata la relativa equivalenza rispetto alle macrozone definite dal PTCP, come richiesto dalla nuova normativa attuativa provinciale (art. 6.14 NTA): ad essa si rimanda per ulteriori disposizioni sul livello di approfondimento richiesto e per le eventuali limitazioni edificatorie.

4. La tavola <<*Carta di microzonazione sismica livello 2*>> (scala 1:5.000) riporta gli esiti di risposta sismica semplificata (secondo livello) elaborata per territorio urbano e urbanizzabile, secondo i criteri dettati dalla DAL n.112/2007, ovvero stimando i seguenti fattori di amplificazione (FA):

- FA (Pga)
- FA S.I. (intervallo da 0,1s a 1,0s)
- FA S.I. (intervallo da 0,5s a 1,0s)

I tre fattori di amplificazione vengono riportati separatamente in altrettante cartografie, suddivisi in classi di intensità (rappresentate da diverso colore pieno), per discriminare gli esiti di risposta sismica locale ricavati dalla modellazione semplificata.

#### **Art \_4 Aree individuate dallo studio di microzonazione comunale che richiedono approfondimenti sismici di “terzo livello”**

1. Per le aree urbane/urbanizzabili ricadenti completamente o parzialmente nelle “Zone suscettibili di instabilità”, individuate cartograficamente nella tavola comunale <<*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*>> alla scala 1:5.000 (vedi precedente art. \_3), sono ineludibili i seguenti approfondimenti di carattere sismico, così come dettato anche dall'art. 6.14 delle NTA del PTCP che li richiama in funzione della definizione dell'ammissibilità degli interventi di previsione ammessi per tali aree:

- nelle zone con “instabilità di versante” attiva, quiescente e non definita (per ogni Comune, la legenda discrimina e descrive sinteticamente le situazioni localmente riscontrate), sono richiesti rilievi in sito di dettaglio, verifiche di stabilità con metodi pseudo-statici e/o dinamici e analisi numerica della risposta sismica locale. Per le zone con instabilità non definita, gli approfondimenti consentiranno di attribuire l'area studiata alla macrozona del PTCP (vedi art. 6.14 delle NTA), necessario per definire le eventuali limitazioni edificatorie.
- nelle aree con “cedimenti differenziali” (comprese le zone caratterizzate da terreni con valori di  $c_u \leq 70$  kPa), sono richiesti rilievi in sito di dettaglio, verifiche geotecniche, analisi numerica della risposta sismica locale;
- nelle aree con “liquefazioni” (per ogni Comune, la legenda discrimina e descrive sinteticamente le situazioni localmente riscontrate), sono richieste verifiche quantitative della liquefazione/densificazione (con prove CPTU), stima dei cedimenti post-sisma e analisi numerica della risposta sismica locale;
- nelle aree con “sovrapposizione di zone suscettibili di instabilità differenti” (per ogni Comune, la legenda discrimina e descrive sinteticamente le situazioni localmente riscontrate), sono richiesti rilievi in sito di dettaglio, verifiche di stabilità con metodi

pseudo-statici e/o dinamici e analisi numerica della risposta sismica locale anche bidimensionale se necessaria.

2. Per le aree urbane/urbanizzabili ricadenti completamente nelle zone stabili “suscettibili di effetti locali” (con amplificazione del moto sismico), è invece sufficiente l'approfondimento di “secondo livello” già espletato per il PSC. Peraltro, se ulteriori indagini geologiche riscontrassero, per determinati ambiti o siti, condizioni locali significative di potenziale instabilità di versante, di potenziale liquefacibilità e/o di potenziali cedimenti in caso di evento sismico, allora sarà ineludibile procedere con gli ulteriori approfondimenti di “terzo livello”. In tal senso, si rammenta che la presenza di spessori significativi di depositi fini poco coesivi ( $c_u \leq 70$  kPa) e poco consistenti impone la stima dei cedimenti post-sisma, come indicato dalla DAL 112/2007 (allegato A3.E).
3. I riferimenti tecnici (indirizzi e linee guida) e normativi per espletare gli ulteriori approfondimenti di terzo livello sono richiamati nel precedente Art. \_1.

#### **Art \_5 Adempimenti e prescrizioni per la pianificazione operativa e attuativa (POC e PUA)**

1. La tavola <<*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*>> (scala 1:5.000) elaborata per il PSC costituisce il riferimento conoscitivo per le aree urbane e urbanizzabili: la cartografia distingue per quali aree si richiedono ulteriori approfondimenti sismici di “terzo livello” da espletarsi nelle successive fasi di pianificazione (POC e/o PUA se previsto) e per quali aree sono sufficienti gli approfondimenti di “secondo livello” (microzonazione sismica semplificata).
2. In fase di elaborazione dei Piani Operativi Comunali (e delle eventuali varianti) e/o dei Piani Urbanistici Attuativi, si dovranno espletare le analisi di massimo approfondimento sulla sismica, ovvero il “terzo livello” come previsto dagli indirizzi regionali (DAL 112/2007), se l'area di interesse è compresa o intersecante le zone che necessitano di questi ulteriori studi. In ogni caso, il POC dovrà stabilire un programma di indagini (scelta degli strumenti d'indagine da utilizzare e densità minima delle prove da svolgere), in relazione all'ampiezza del territorio interessato e in funzione del contesto geologico e sismico di riferimento.
3. Per gli approfondimenti sismici di “terzo livello”, costituiscono fondamentale riferimento tecnico e normativo gli elaborati richiamati nel precedente Art. \_1.

#### **Art \_6 Adempimenti e prescrizioni per gli interventi diretti**

1. Il riferimento normativo fondamentale è costituito dalle *Norme Tecniche per le Costruzioni* (NTC) vigenti. Peraltro, gli studi di pericolosità sismica elencati nel precedente Art. \_2 costituiscono base conoscitiva anche per gli interventi diretti. In questo senso, se tali interventi ricadono in zone per le quali sono richiesti



approfondimenti sismici di “terzo livello”, il permesso a costruire è ineludibilmente subordinato agli esiti delle analisi di dettaglio, coerentemente con quanto indicato nelle NTC vigenti, ed elaborate in funzione delle caratteristiche prestazionali del manufatto/i di progetto.

#### **Art x.7 Aree di rilevante interesse pubblico**

1. Per le aree di rilevante interesse pubblico (classificate strategiche in base alla DGR 1661/2009, a prescindere dal contesto di pericolosità sismica in cui ricadono, è comunque necessario effettuare approfondimenti di “terzo Livello” (art. 4.2 DAL 112/2007). In questo senso, gli studi elaborati alla scala provinciale (PTCP) e comunale (PSC) costituiranno base conoscitiva essenziale e propedeutica agli ulteriori approfondimenti.

#### **Art x.8 Aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate (PSAI)**

1. La tavola <<*Carta delle aree suscettibili di effetti locali*>> (scala 1:5.000) riporta le aree a rischio di frana perimetrate e zonizzate (PSAI e Comuni), che risultano soggette a specifica normativa sovraordinata. Si rimanda alla normativa attuativa del PTCP e in particolare all'art. 6.2 e all'art. 6.14 per gli aspetti di valutazione sismica.

## 10 Bibliografia

Basili R., G (>1 m) Classificazione Inella li, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008) – The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology. Tectonophysics.

Elmi, Zecchi (1982) – *Note sulla sismicità dell'appennino emiliano-romagnolo*. In Guida alla geologia del margine appenninico-padano. Società Geologica Italiana – Guide Geologiche regionali, Bologna.

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.

INGV – DISS Working Group (2010) – *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta Sismica Locale*. Edizioni Hevelius

Locati, R. Camassi e M. Stucchi (a cura di), 2011. *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: 10.6092/INGV.IT-DBMI11.

Meletti, Valensise (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto conclusivo*. Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 3274/2003), Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Ministero delle Infrastrutture (2008) – D.M. 14/01/2008 (G.U. n.29 del 04/02/2008 – Norme Tecniche per le Costruzioni, Roma

Oikos Ricerche srl – (2010) – *Piano Strutturale dei Comuni dell'Area Bazzanese – Relazione Geologica e Sismica* (a cura di Sangiorgi S.).

Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, CNR – Istituto di Geoscienze e Georisorse (2004) – *Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna – scala 1:250.000*. Ed. SELCA, Firenze.

Regione Emilia Romagna – Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – *Carta Geologica in scala 1:10.000 della regione Emilia-Romagna – cartografia interattiva consultabile on line*: [https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia\\_sgss](https://applicazioni.regione.emilia-romagna.it/cartografia_sgss)

Regione Emilia Romagna – *Legge Regionale n.20/2000 – “Disciplina generale sulla tutela e*

*l'uso del territorio”.*

Regione Emilia Romagna – *Delibera Regionale n.112/2007 – “Approvazione dell'atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della LR 20/2000 Disciplina generale sulla tutela del territorio, in merito a <<Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia–Romagna per la pianificazione territoriale ed urbanistica>>”.*