



**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 CASTELLO DI SERRAVALLE**  
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 di base e degli eventi di riferimento.....</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 generale dell'Area Bazzanese.....</b>	<b>12</b>
3.1	Schema geologico e strutturale.....	12
3.2	Contesto litostratigrafico, strutturale e geomorfologico delle aree studiate.....	14
3.2.1	Area “Castello di Serravalle”.....	14
3.2.2	Area Castelletto di Serravalle e zona Industriale.....	15
3.2.3	Area frazione Bersagliera.....	16
3.2.4	Area frazione Zappolino.....	18
3.2.5	Aree frazione Fagnano e “ex caseificio”.....	19
<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 Castello di Serravalle.....	29
5.2	Area Castelletto di Serravalle e zona industriale.....	29
5.3	Area frazione di Bersagliera.....	31
5.4	Area frazione Zappolino.....	31
5.5	Aree frazione Fagnano e “ex caseificio”.....	32
<b>6</b>	<b>Interpretazioni e incertezze.....</b>	<b>33</b>
<b>7</b>	<b>Metodologie di elaborazione e risultati.....</b>	<b>34</b>
7.1	I fattori di amplificazione considerati.....	34
7.2	L'analisi del rumore sismico locale.....	35
<b>8</b>	<b>Elaborati cartografici.....</b>	<b>36</b>
8.1	Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica.....	36
8.2	Carta delle frequenze naturali dei terreni.....	38
8.3	Carta delle aree suscettibili di effetti locali.....	39
8.3.1	Zone stabili suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico).....	40
8.3.2	Zone suscettibili di instabilità.....	47
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 (Vs): il quadro normativo del PS Associato rimanda infatti alla fase di elaborazione dei PSC. L'approvazione del PSC di Castello di Serravalle 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 di base e degli eventi di riferimento

### 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 susseguitesi 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 Castello di Serravalle 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”.

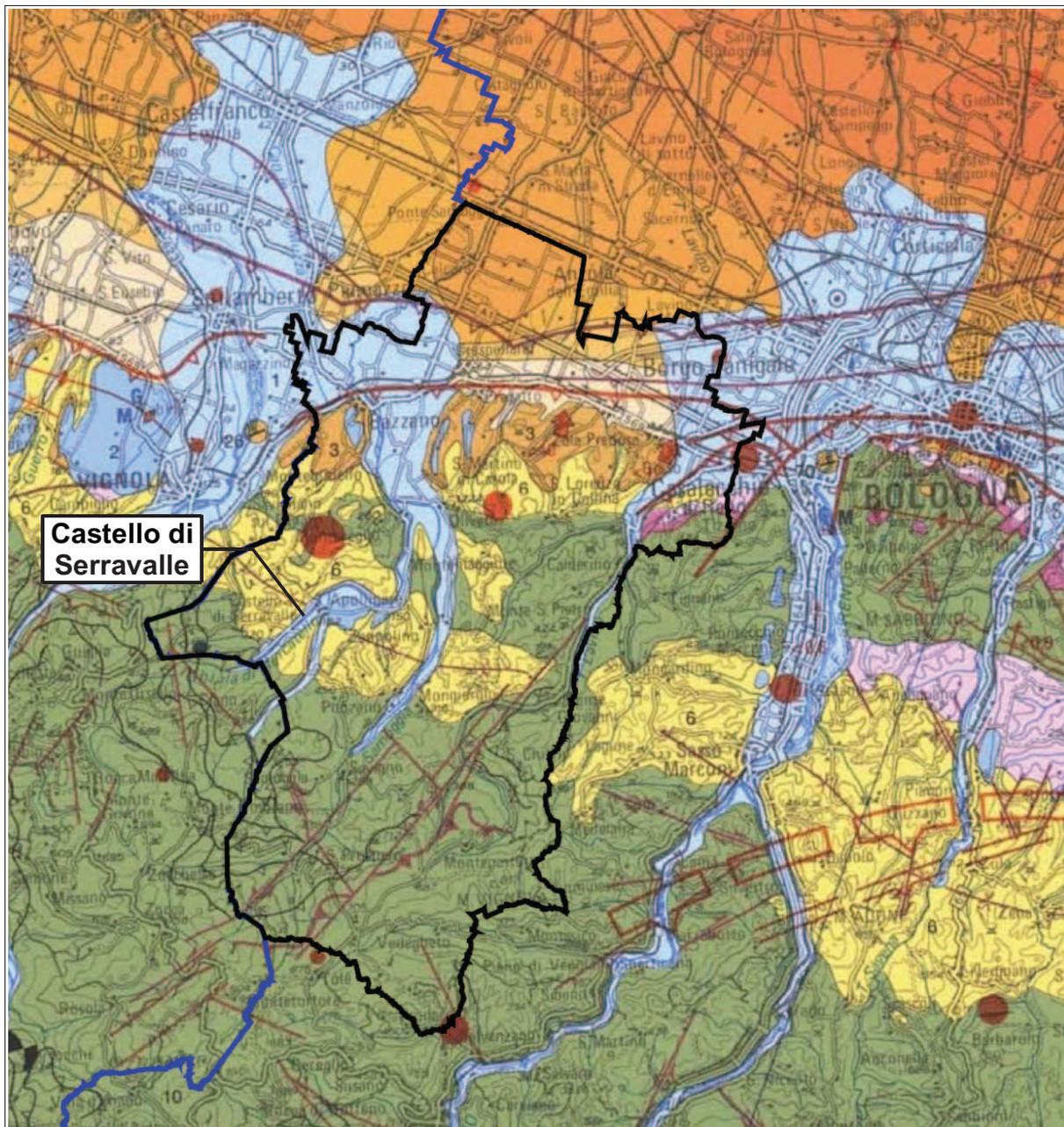


Figura 2.1- Sovrapposizione del territorio dei Comuni dell'Area Bazzanese (comprende anche il territorio di castello di serravalle) con la Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna (2004). Si riporta uno stralcio della legenda relativamente alla classificazione degli ipocentri dei terremoti strumentali 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.

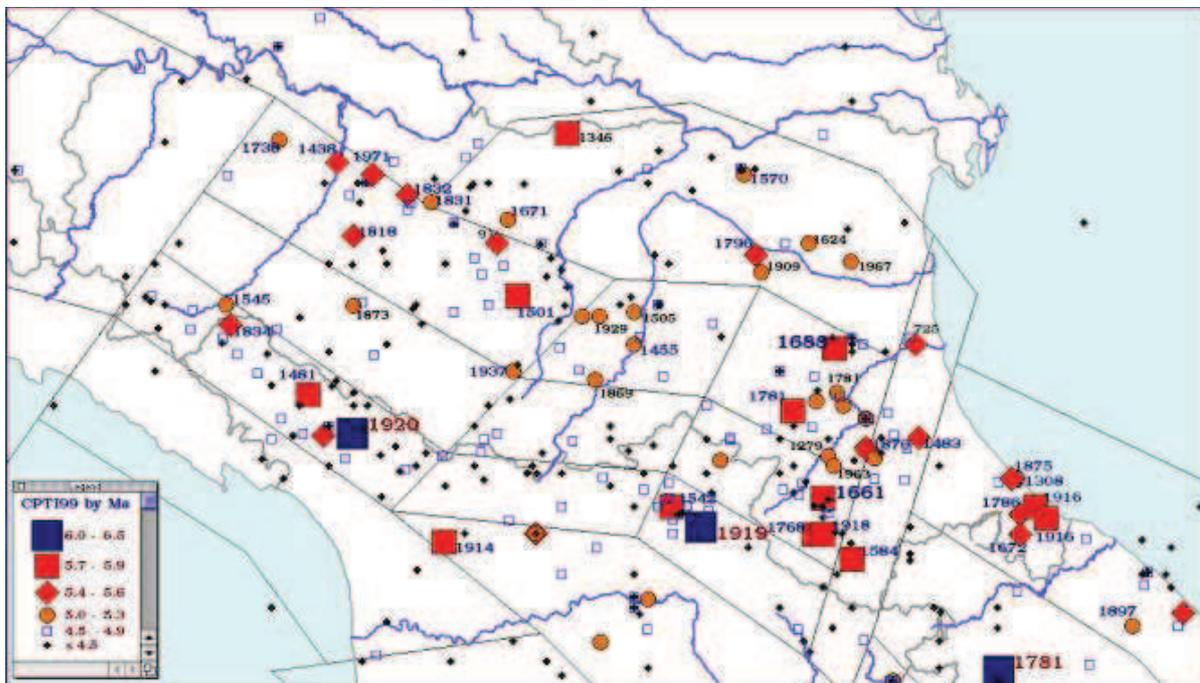


Figura 2.2- Carta degli epicentri dei terremoti (CPTI, 1999) della Regione Emilia-Romagna per classi di magnitudo, estrapolata dal sito del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli (SGSS) regionale.

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 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 Castello di Serravalle; 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 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).

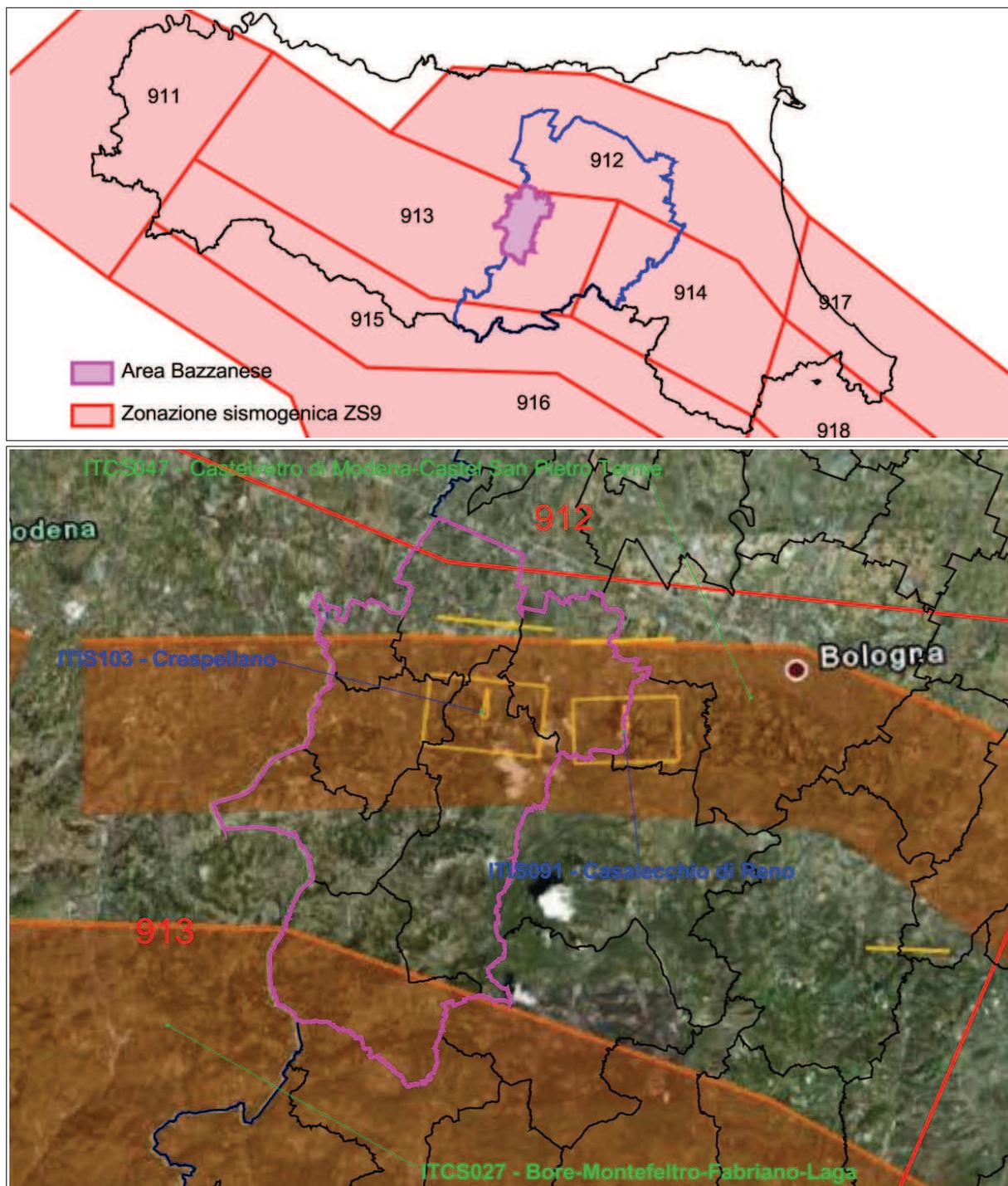
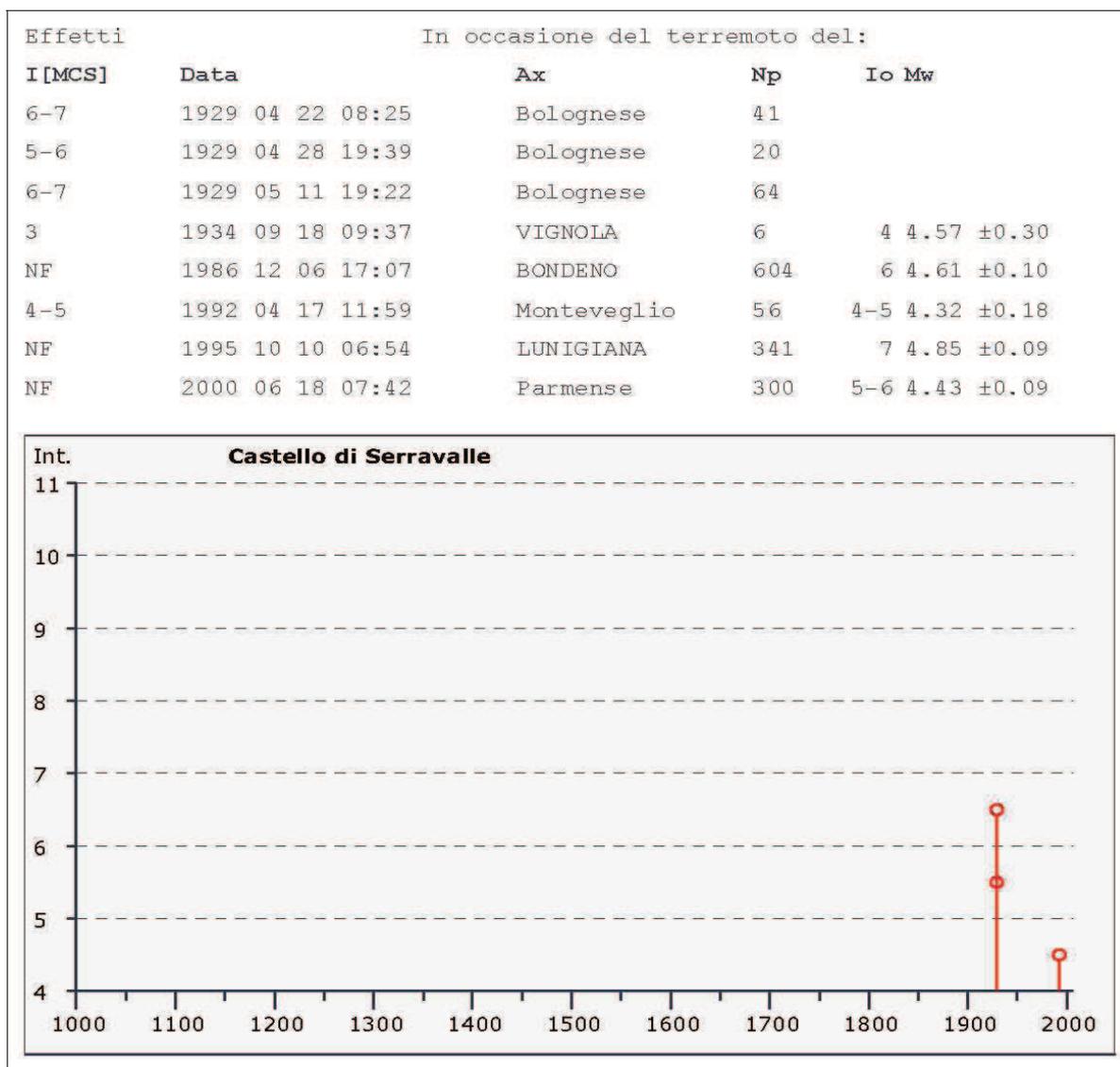


Figura 2.3 – Zonazione sismogenetica ZS9 e distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database DISS (versione aggiornata 3.1). Foto aerea: Google Earth. Nel database DISS le sigle ITCS corrispondono alle “zone” mentre le sigle ITIS corrispondono alle “sorgenti” sismogenetiche.

In particolare la banca dati DISS 3.1 evidenzia due sorgenti sismogenetiche che interessano l'Area Bazzanese :

- “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 Castello di Serravalle 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 Castello di Serravalle. 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'evento storico più significativo appare il sisma bolognese del 1929, con intensità massima stimate di sesto-settimo 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 2.4, 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 ISESD 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 Castello di Serravalle, 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 ISESD.

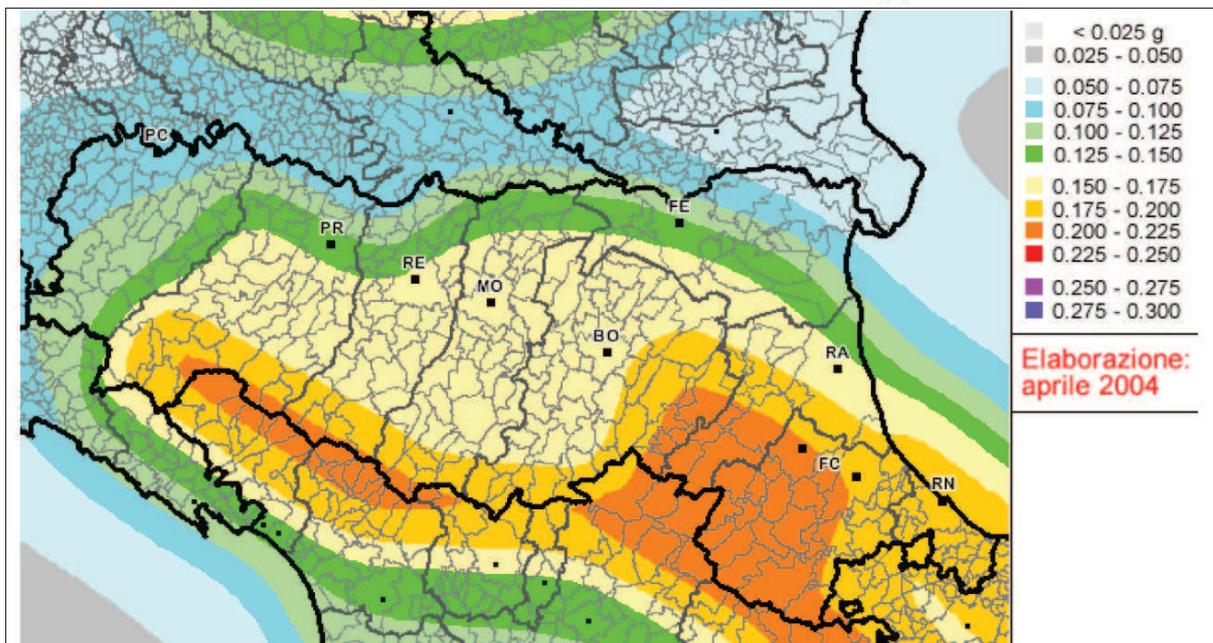
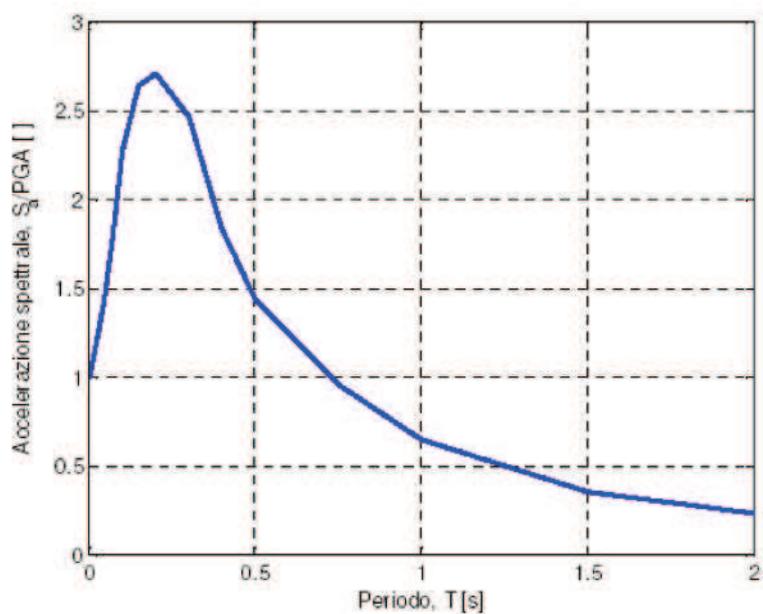


Figura 2.6- Pericolosità sismica di base: valori di PGA al suolo rigido (10% di probabilità di superamento in 50 anni) secondo la OPCM 3519/2006.

### 3 Assetto geologico generale dell'Area Bazzanese

#### 3.1 Schema geologico e strutturale

L'assetto geologico strutturale del territorio di Castello di Serravalle 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 Castello di Serravalle).

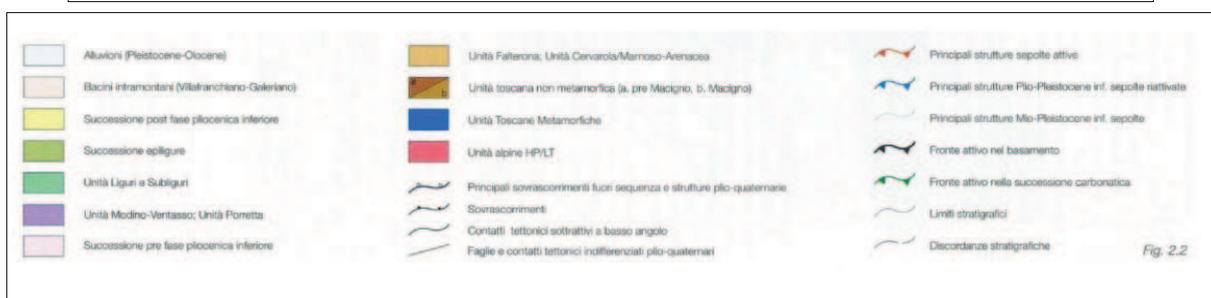
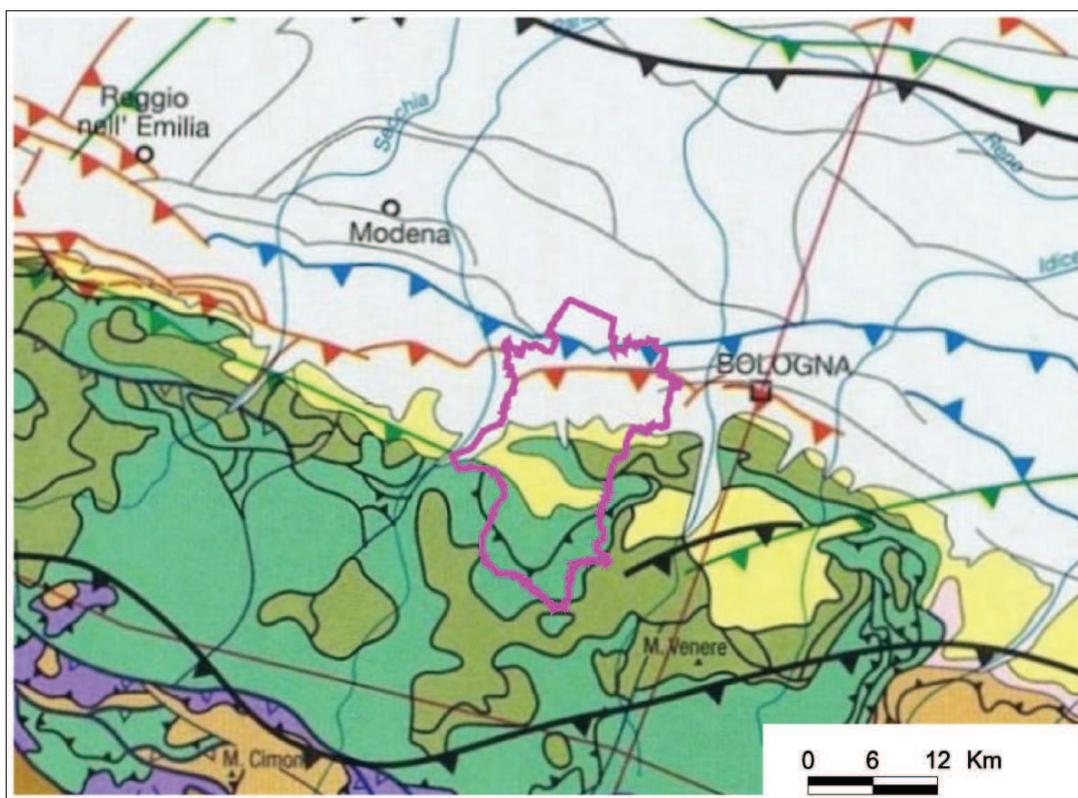


Figura 3.1 – Schema tettonico dell'area studiata, tratto dalle "Note Illustrative alla Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna". Il territorio dell'area bazzanese è perimetrato con linea fucsia.

Il sistema di sovrascorrimenti della pianura padana ha dunque indotto evidenti deformazioni e traslazioni nelle coperture sedimentarie tra il margine pedecollinare del bolognese fino al più esterno fronte ferrarese. Nella figura 3.1 si può così notare la presenza di una linea

tettonica nella pianura, sub parallela al margine morfologico della collina: si tratta di una faglia inversa (sovrascorrimento), la più interna delle “Pieghe Romagnole” (Pieri e Groppi, 1981), che disloca la catena e solleva il margine attuale, suturata ad oriente di Bologna solamente nel Quaternario (probabilmente medio), mentre ad occidente pare suturata già nel Pliocene medio superiore.

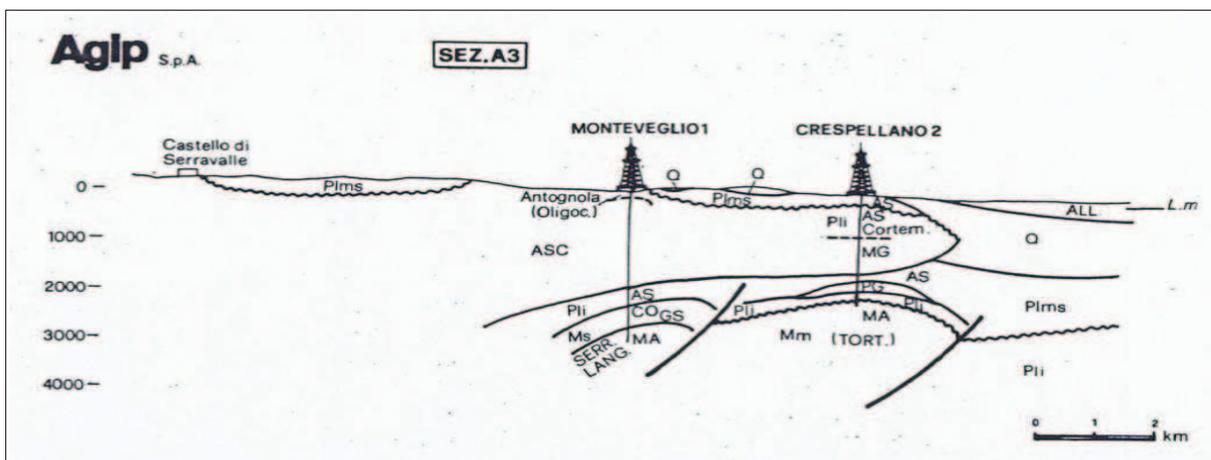


Figura 3.2 – Profilo dell'Appennino tratto dalle sezioni AGIP in Cremonini e Ricci Lucchi (1982). Si nota la “catena sepolta”, la sinclinale intrappenninica (estensione apparente di quella bolognese) e la suturazione delle strutture del margine appenninico e della pianura alluvionale realizzata soprattutto dal Quaternario marino (Q in figura).

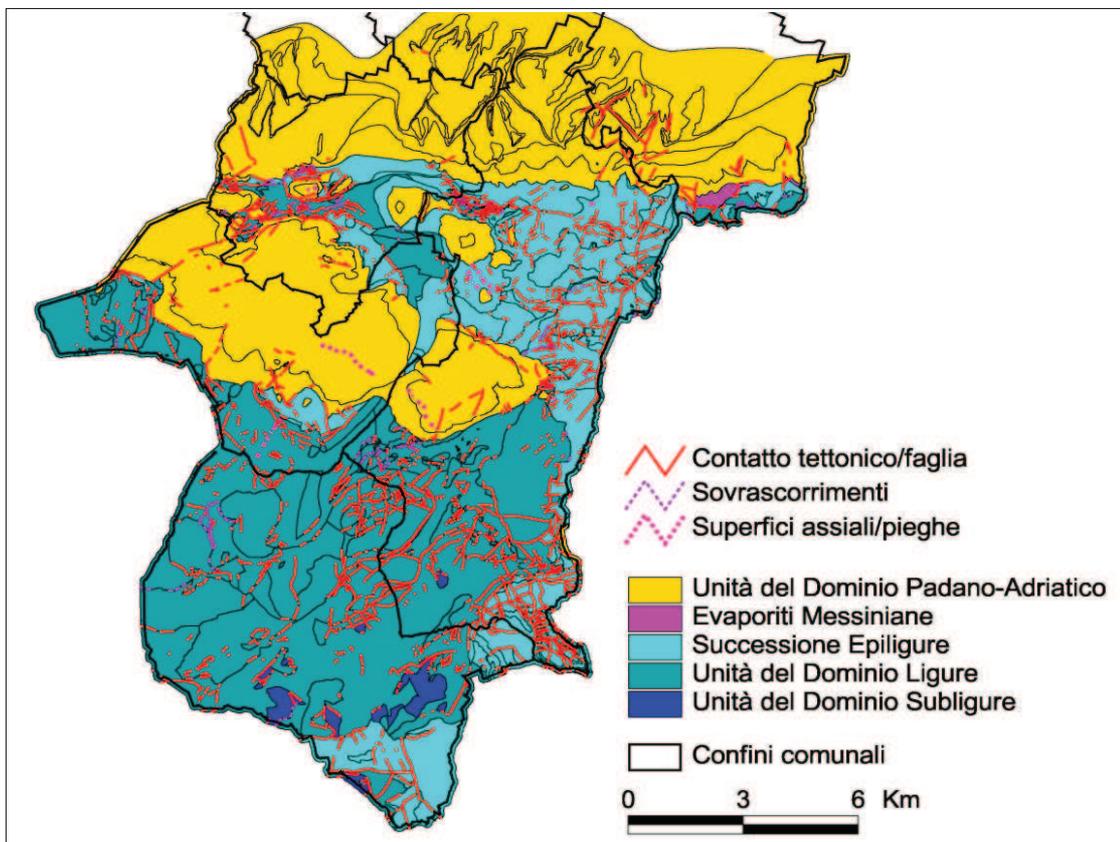


Fig. 3.3 Schema geo litologico del territorio montano e collinare di Castello di Serravalle e degli altri Comuni dell'Area Bazzanese

La figura 3.2 offre uno schema di profilo trasversale dell'Appennino da Castello di Serravalle fino alla pianura padana (oltre Crespellano).

1. Il settore di catena appenninica del territorio in esame è caratterizzato da un generale assetto strutturale a falde sovrapposte che si sono dislocate a partire dal Miocene inferiore fino al Plio-Pleistocene. Il territorio collinare e montano in esame può essere schematicamente zonizzato fasce proposte nella figura 3.3:
2. una blanda struttura sinclinalica (a sud della più evidente anticlinale di Monteveglio ove affiorano depositi attribuiti alla successione Ligure ed Epiligure), che comprende gran parte del territorio comunale di Castello di Serravalle (vedi profilo di figura 3.2) nella quale affiorano le unità geologiche plioceniche (ADO, FAA);
3. la porzione meridionale del territorio studiato, caratterizzata da unità geologiche dei domini ligure ed epiligure affioranti. Le tessiture prevalenti in quest'ultima fascia di territorio sono pelitiche, fortemente caoticizzate e facile sede d'innescio di dissesti gravitativi per scivolamento e per colamento.

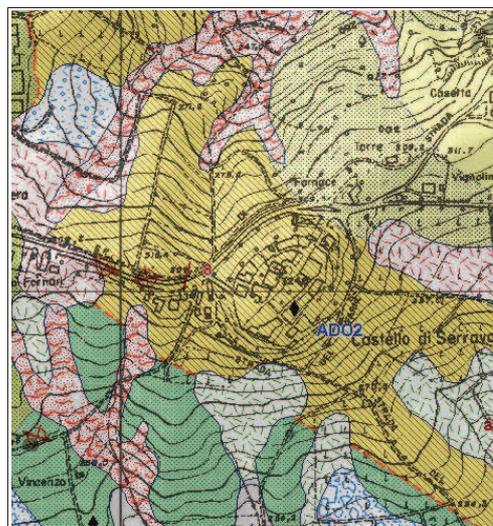
### 3.2 Contesto litostratigrafico, strutturale e geomorfologico delle aree studiate

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>.

#### 3.2.1 Area "Castello di Serravalle"

Per quanto riguarda il piccolo abitato storico di Castello di Serravalle (figura 3.4), l'area si insedia su un rilievo isolato costituito da bedrock affiorante della Formazione pliocenica di Monte Adone e in particolare del suo Membro delle Ganzole. Si tratta di areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi e a geometria prevalentemente tabulare, con giaciture che risultano immergenti verso ovest. La frequenza e lo spessore delle peliti aumentano verso l'alto.

*Figura 3.4 - Area di studio Castello di Serravalle: 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.*



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

### 3.2.2 Area Castelletto di Serravalle e zona Industriale

L'area di studio più importante (è l'insediato urbano e produttivo principale) si estende nel contesto di fondovalle del Torrente Ghiaie, che solca le sue alluvioni a ovest di Castelletto, per poi virare verso est immediatamente a nord della frazione. Tra l'abitato di Castelletto e la sua zona produttiva vi è una modesta vallecola con sedimenti alluvionali di fondocalle recenti attribuiti al più modesto Torrente Ombraro. La cartografia geologica (figura 3.5) distingue le coperture alluvionali secondo la convenzionale classificazione stratigrafica sequenziale (cicli deposizionali), comprese nel principale “Supersistema Emiliano–Romagnolo” (R.E.R., ENI–AGIP, 1998). I depositi alluvionali affioranti vengono attribuiti al “Sistema Emiliano–Romagnolo Superiore” (AES) e sono suddivisi in sequenze deposizionali di diverso ordine gerarchico (subsistemi identificati con sigle da AES5 – più antichi – ad AES8 – più recenti) delimitati in genere da scarpate di erosione.

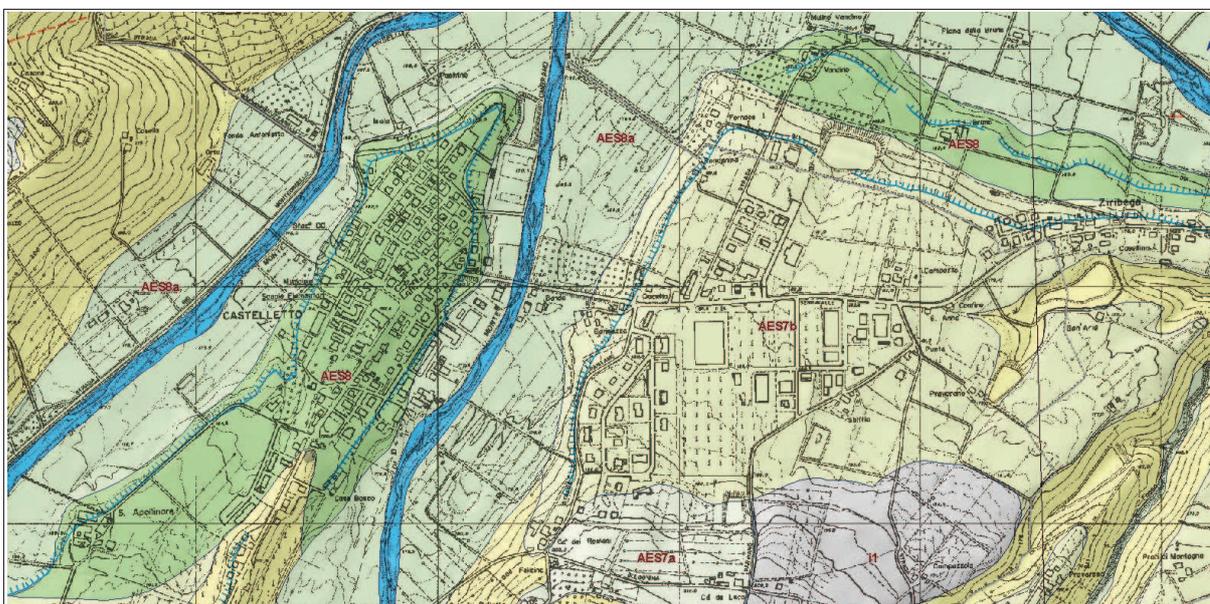


Figura 3.5 – Area di studio Castelletto di Serravalle e Zona Industriale: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia–Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

Le coperture alluvionali sovrastano il bedrock marino (non affiorante nell'area in questione), costituito da litotipi attribuiti alla formazione pliocenica delle Argille Azzurre. Più nel dettaglio, i depositi in affioramento nell'area in questione sono riconducibili a:

#### 1. UNITA' GEOLOGICHE PIOCENICHE DI “MARGINE APPENNINICO”

FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE (FAA) → si tratta di argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio–azzurre, talora grigio plumbeo, in strati medi e subordinatamente sottili, a giunti poco o non visibili per bioturbazione, con subordinati strati arenacei sottili risedimentati. Localmente sono presenti sottili livelli discontinui di biocalcareni fini e siltiti giallo, o ocre se alterate, sottilmente

laminare. Alla base, possono essere localmente presenti marne biancastre ricchissime in Foraminiferi planctonici per uno spessore massimo di 10 m. L'ambiente deposizionale è variabile da scarpata a piattaforma. Il suo limite inferiore è netto, discordante su unità più antiche, in particolare nell'area di studio si trova in rapporto di eteropia con ADO. Nell'area di studio affiorano al piede delle scarpate di incisione fluviale. L'età deposizionale è compresa tra il Pliocene inferiore e il Pleistocene inferiore.

## 2. COPERTURE CONTINENTALI QUATERNARIE

- Depositi alluvionali terrazzati “AES7” (Subsistema di Villa Verrucchio) → nell'area corrispondente al terrazzo fluviale ove è insediato la principale zona produttiva di Castelletto, le alluvioni affioranti sono riconducibili nella porzione settentrionale all'Unità di Niviano (AES7a), caratterizzate da ghiaie passanti a sabbie e limi anche argillosi nell'area di studio, di età deposizionale attribuita al Pleistocene sup. Nella porzione più ampia del terrazzo, le alluvioni sono invece attribuite all'Unità di Vignola (AES7b), caratterizzate anch'esse da ghiaie passanti a sabbie e limi anche argillosi nell'area di studio.
- Depositi alluvionali terrazzati “AES8” (Subsistema di Ravenna) → in particolare sembrano costituire le alluvioni terrazzate nella zona dell'insediato urbano di Castelletto (sebbene la posizione stratigrafica rispetto alle quote topografiche può giustificare un'attribuzione di tali sedimenti ancora all'Unità AES7b). Si tratta di depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi anche argillosi nell'area di studio, di età deposizionale attribuita al Pleistocene sup- Olocene. Sono inoltre rilevati ordini di terrazzi inferiori, attribuiti alla più recente Unità di Modena (sigla AES8a) di età Olocene – Attuale. Questi depositi, risultano morfologicamente ben distinti dalle alluvioni AES8 da una scarpata di erosione fluviale, di altezza generalmente contenuta entro i 10 metri; dal punto di vista tessiturale le alluvioni attribuite al Torrente Ghiaie (a ovest di Castelletto) risultano prevalentemente ghiaiose, mentre il più modesto apporto del Torrente Ombraro (tra Castelletto e la sua zona produttiva) ha depositato prevalentemente limi e argille.
- Depositi di conoide torrentizia in evoluzione → (sigla “i1”) si tratta di depositi riportati sulla cartografia geologica regionale (peraltro di dubbia attribuzione, appaiono allo scrivente da attribuire più propriamente al contesto alluvionale terrazzato AES7a)

### 3.2.3 Area frazione Bersagliera

La frazione Bersagliera si insedia sostanzialmente nei depositi alluvionali terrazzati del fondovalle del Torrente Ghiaie (figura 3.6), in destra idrografica e depositi di conoide torrentizia inattiva di due corsi d'acqua secondari (Rivo Fondamenti e Rio del Malpasso).

Il bedrock marino sottostante le coltri alluvionali è prevalentemente attribuito alle Unità delle Argille Azzurre (FAA), mentre nella parte settentrionale si riscontrerebbero unità litologiche

attribuite anche alla Formazione di Monte Adone (ADO2), mentre ancora più a settentrione l'area appare caratterizzata da bedrock attribuibile alla successione Epiligure (Formazione di Pantano). Più nel dettaglio, i depositi in affioramento sono riconducibili a:

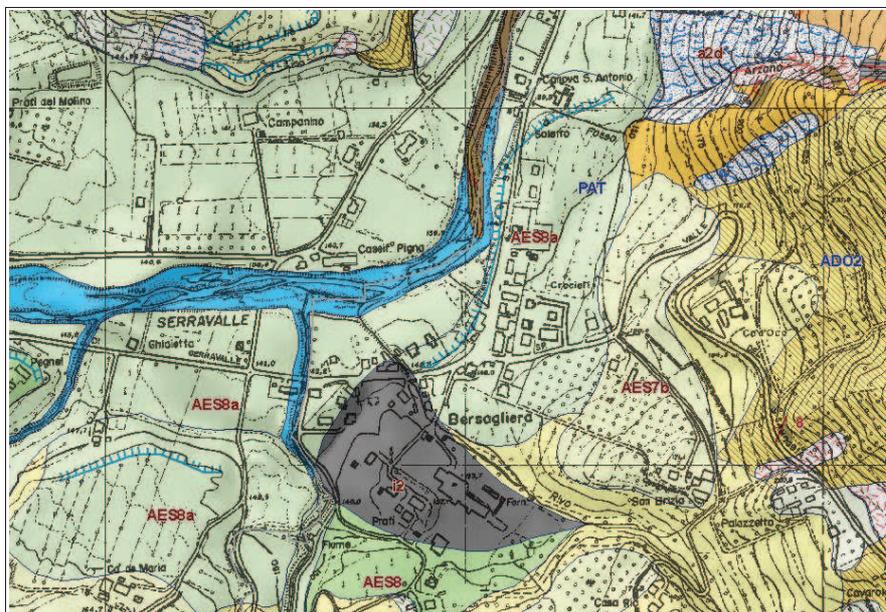


Figura 3.6 - Area di studio frazione Bersagliera: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000, consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

## 1. UNITA' GEOLOGICHE PIOCENICHE DI "MARGINE APPENNINICO"

FORMAZIONE DELLE ARGILLE AZZURRE (FAA) → si tratta di argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre, già descritte per l'area di Castelletto. Nell'area di studio costituiscono il substrato geologico di tutta la porzione centro-meridionale dell'area in questione. Il suo limite inferiore è netto, discordante su unità più antiche, in particolare nell'area di studio si trova in rapporto di eteropia con ADO.

- FORMAZIONE DI MONTE ADONE - Membro delle Ganzole (ADO2) → sono caratterizzate da areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi, di geometria tabulare, cuneiforme e concava. La comparsa di livelli pelitici rende più marcata la stratificazione, passando a una litofacies pelitico-arenacea (ADO2a) di transizione verso le sovrastanti FAA.

## 2. UNITA' GEOLOGICHE DELLA SUCCESSIONE EPIGIGURE

FORMAZIONE DI PANTANO (PAT) → si tratta di areniti siltose fini e finissime, grigie (beige se alterate), alternate a peliti marnose e siltose grigio-chiare, affiorano in un lembo di versante sovrastante l'area studiata; la stratificazione generalmente poco marcata o addirittura impercettibile a causa dell'intensa bioturbazione, quando visibile di spessore medio; sono presenti resti di Echinidi, Gasteropodi e Lamellibranchi. Alla base talora affiorano delle areniti glauconitiche. Talora la parte alta degli strati arenacei è gradata e con laminazione ondulata. Localmente si



sono caratterizzate da areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi, di geometria tabulare, cuneiforme e concava. La comparsa di livelli pelitici rende più marcata la stratificazione, che infatti è caratterizzata da un'immersione degli strati verso E-SE. Questa unità costituisce il substrato geologico affiorante nella porzione sommitale del crinale che si sviluppa da SO a NE.

## 2. COPERTURE CONTINENTALI QUATERNARIE

Le coperture riscontrate nell'area studiata sono riconducibili a depositi terrazzati classificati nella cartografia geologica regionale come AES7a (Unità di Niviano). Si tratta di alluvioni del Torrente Samoggia, ghiaiose, passanti a sabbie e limi anche argillosi in superficie. La carta geologica RER rileva, nel versante sovrastante il terrazzo, coperture classificate come depositi eluvio-colluviali. In realtà le indagini geognostiche (penetrometrie e sondaggi) evidenziano che tali coperture eluvio-colluviali sono estrapolabili, come vedremo, a tutta la porzione di pendio (esposto a est) oggetto di studio: ciò è coerente anche con le caratteristiche di facile erodibilità/degradazione del substrato geologico che costituisce il versante (Argille Azzurre; ADO2 con strati peliti prevalenti). Infine la porzione di versante a est della chiesa risulta interessata da movimenti di versante, quiescenti, con zone di coronamento che lambiscono l'area di studio. Si evidenzia che, rispetto a quanto riportato nella cartografia geologica regionale, nell'area di studio di Zappolino il substrato geologico è attribuibile unicamente alla Formazione di Monte Adone (ADO2), mentre l'Unità delle Argille Azzurre (che le sovrastano stratigraficamente) risultano affioranti nel versante più a ovest rispetto all'area studiata.

### 3.2.5 Aree frazione Fagnano e “ex caseificio”

Le due aree di studio si insediano nel fondovalle del torrente Samoggia, in particolare il sottosuolo presso la frazione di Fagnano è caratterizzato dalle più recenti coperture alluvionali ghiaiose classificate AES8 e AES8a già descritte precedentemente, mentre il substrato roccioso è riconducibile all'unità epiligure della Formazione di Loiano (sigla LOI), caratterizzata da arenarie arcosiche, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati (facies sedimentaria torbidityca in bacino confinato profondo). La figura 3.8 riporta uno stralcio della cartografia geologica RER, dell'area in questione.

La località ex Caseificio è invece situato al limite di depositi di fondovalle attribuiti al terrazzo più antico del Samoggia e classificato AES7b, mentre il bedrock roccioso costituito dalla formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA) già descritta in precedenza (figura 3.9)

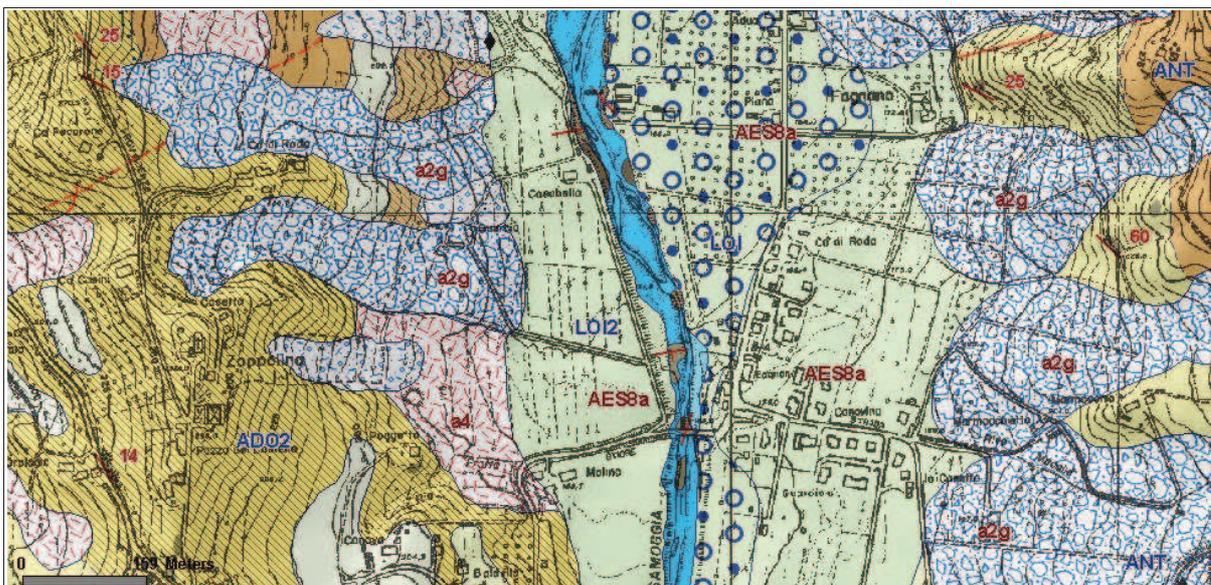


Figura 3.8 – Area di studio frazione Fagnano: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

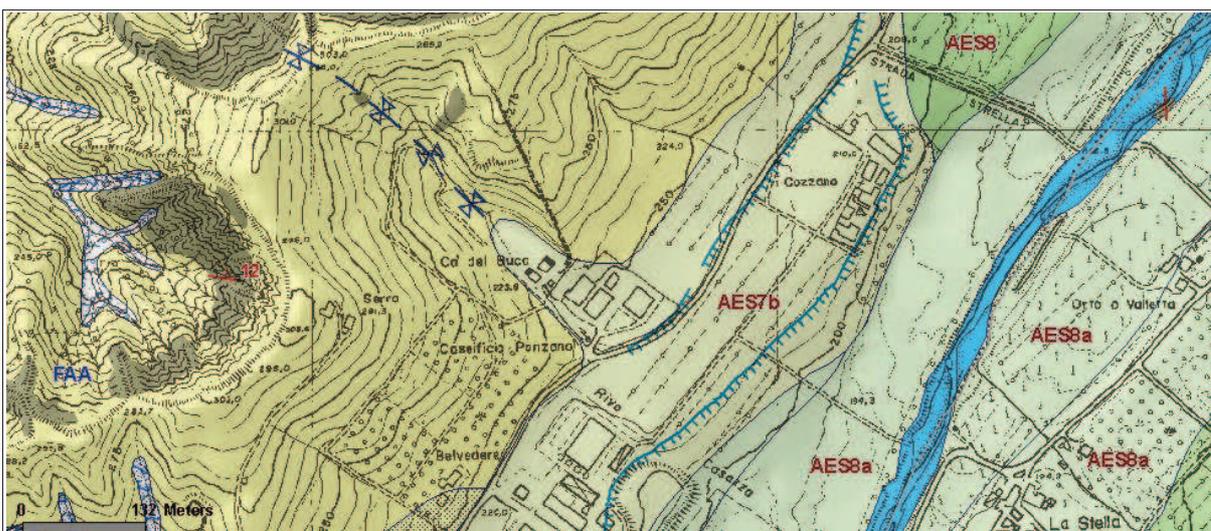


Figura 3.9 – Area di studio ex Caseificio: stralcio della Carta Geologica dell'Emilia-Romagna alla scala 1:10.000 , consultabile on line nel sito del Servizio geologico Sismico e dei Suoli RER.

Per 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). La figura 3.10 propone, ad esempio, la modellazione relativa a Castello di Serravalle.

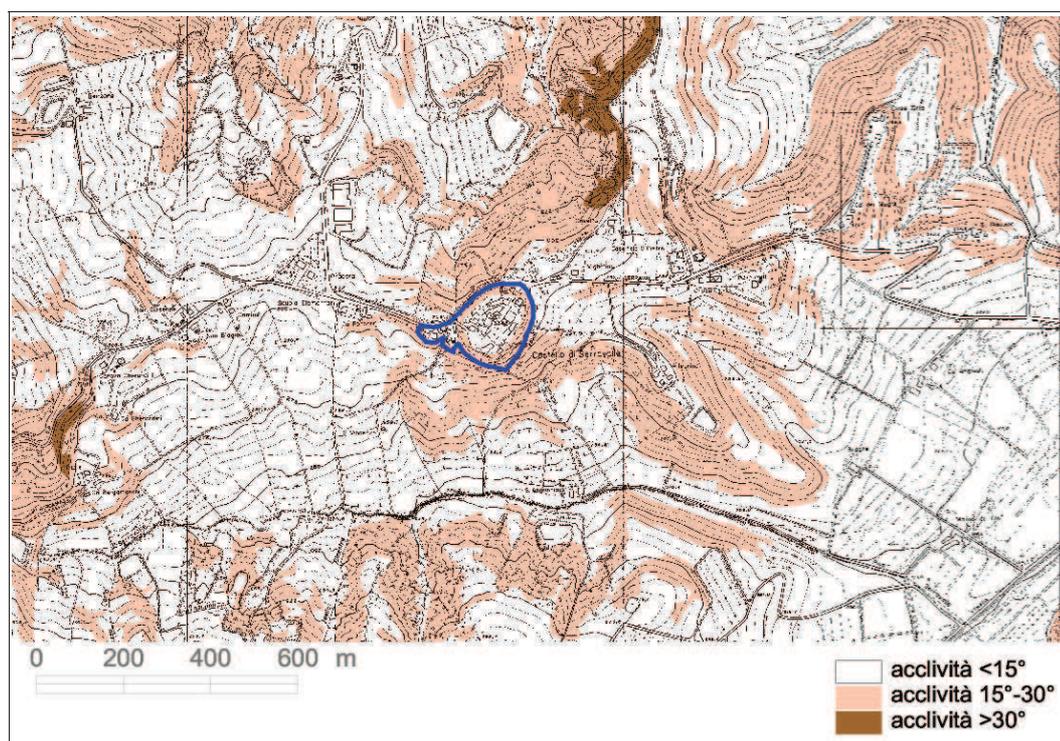


Figura 3.10- Area di studio Castello di Serravalle: esiti dell'elaborazione del modello digitale topografico (DTM).

Per Castello di Serravalle si è deciso di elaborare anche una sezione topografica di dettaglio (sigla A-A), basata sulle quote topografiche e sulle isoipse riportate nella cartografia topografica (figura 3.11): ciò è stato espletato per valutare, come vedremo, la possibile amplificazione del moto sismico legata a condizioni morfologiche. In conclusione, si evince come l'abitato storico sia situato su una cresta "appuntita"<sup>5</sup> e in particolare in un "picco isolato". Le figure 3.12 e 3.13 offrono rispettivamente il DTM ricavato per Castelletto e per le altre frazioni Bersagliera e Zappolino.

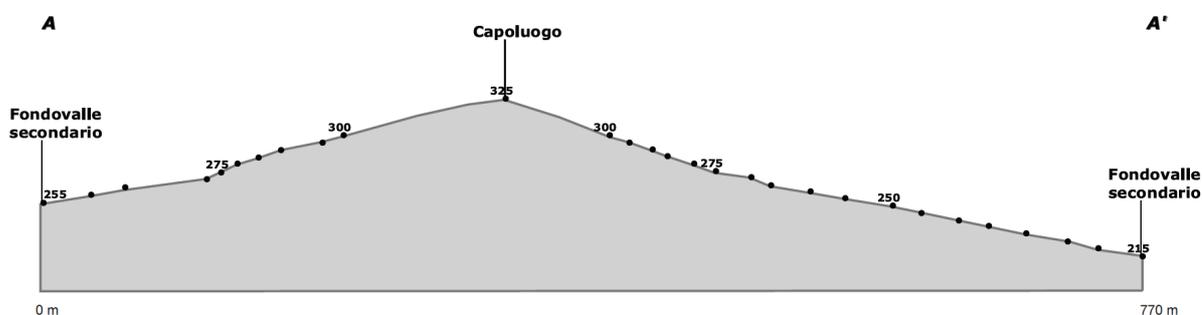


Figura 3.11 - Profilo topografico elaborato per l'area di studio Castello di Serravalle (il profilo è riportato sulla cartografia di microzonazione)

<sup>5</sup> Sulla base degli ICMS 2008 (parte III)

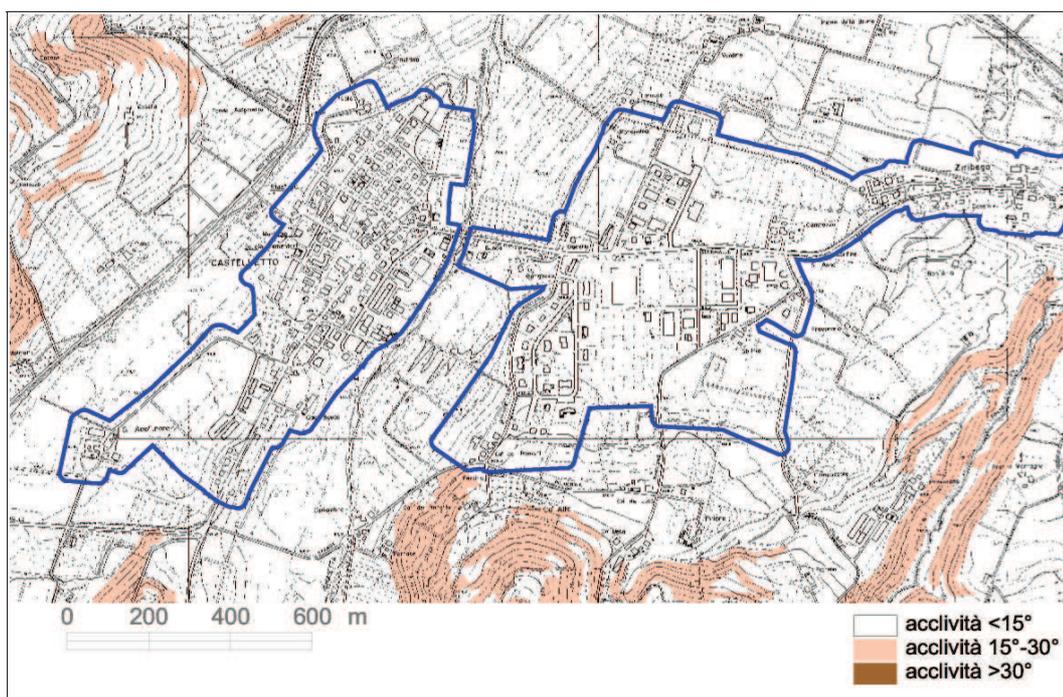


Figura 3.12 Area di studio Castelletto e relativa zona produttiva: esiti dell'elaborazione del modello digitale topografico (DTM).

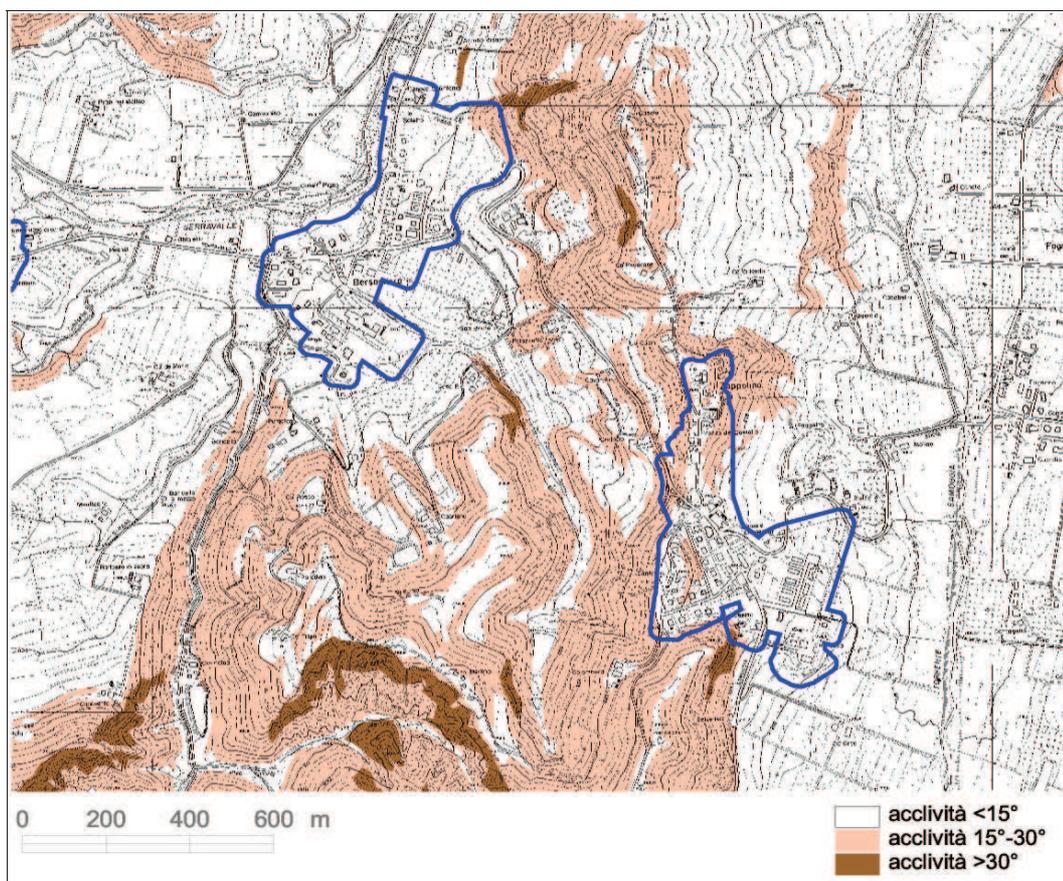


Figura 3.13 Area di studio frazioni Bersagliera e Zappolino: esiti dell'elaborazione del modello digitale topografico (DTM).

Per le aree di Castelletto non emergono particolari condizioni morfologiche che possono influenzare il moto sismico. Mentre anche per la frazione Zappolino sono state elaborate altre due sezioni topografiche (figure 3.14 e 3.15), denominate con sigla B-B' e C-C' per evidenziare la cresta sulla quale si insedia parte di questo abitato.

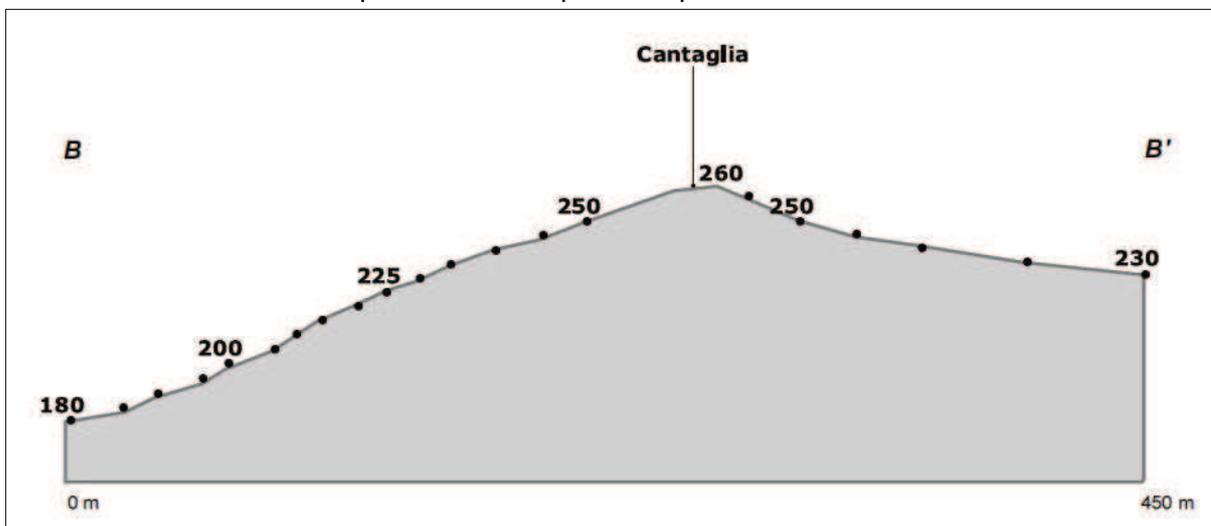


Figura 3.14 – Profilo topografico sud elaborato per l'area di studio Zappolino (il profilo è riportato sulla cartografia di microzonazione)

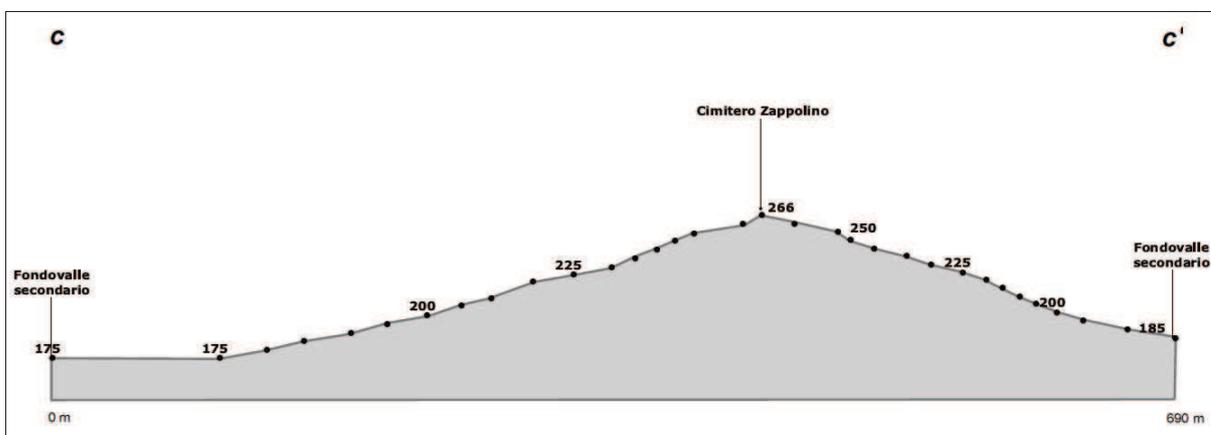


Figura 3.15 – Profilo topografico nord elaborato per l'area di studio Zappolino (il profilo è riportato sulla cartografia di microzonazione)

## 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, 4.2 e 4.3 localizzano i siti puntuali e lineari ove sono state svolte le prove di riferimento per lo studio di Microzonazione sismica di Savigno, utile per l'individuazione delle stesse indagini. I report e i diagrammi degli esiti delle indagini puntuali e lineari sono riportati anche in allegato.

La selezione delle prove di repertorio 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 stratigrafie dei pozzi e dei 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 87 prove, così distinte per tipologia:

- n. 5 sondaggi a distruzione di nucleo SDS (tutti hanno intercettato il substrato)
- n. 32 prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)
- n. 13 prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)
- n. 26 prove penetrometriche dinamiche leggere (DL)
- n. 3 stendimenti sismici attivi MASW
- n. 9 misure di microtremori a stazione singola (HVSr)
- n. 3 trincee/pozzi esplorativi (T)
- n. 2 sondaggi a trivella (S)

### 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 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 Castello di Serravalle 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. 1 prova penetrometrica dinamica superpesante DPSH → realizzata con strumento penetrometrico di max contrasto pari a 200 kN, montato su semovente cingolato "Pagani". Le penetrometrie sono state spinte fino a "rifiuto" strumentale.
- n. 31 registrazioni del rumore sismico con tecnica HVSR.
- n. 2 stendimenti geofisici tipo Re.Mi., disponendo 24 geofoni a 4.5 Hz con spaziatura regolare di 3 m. In allegato si riporta il grafico ad 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.

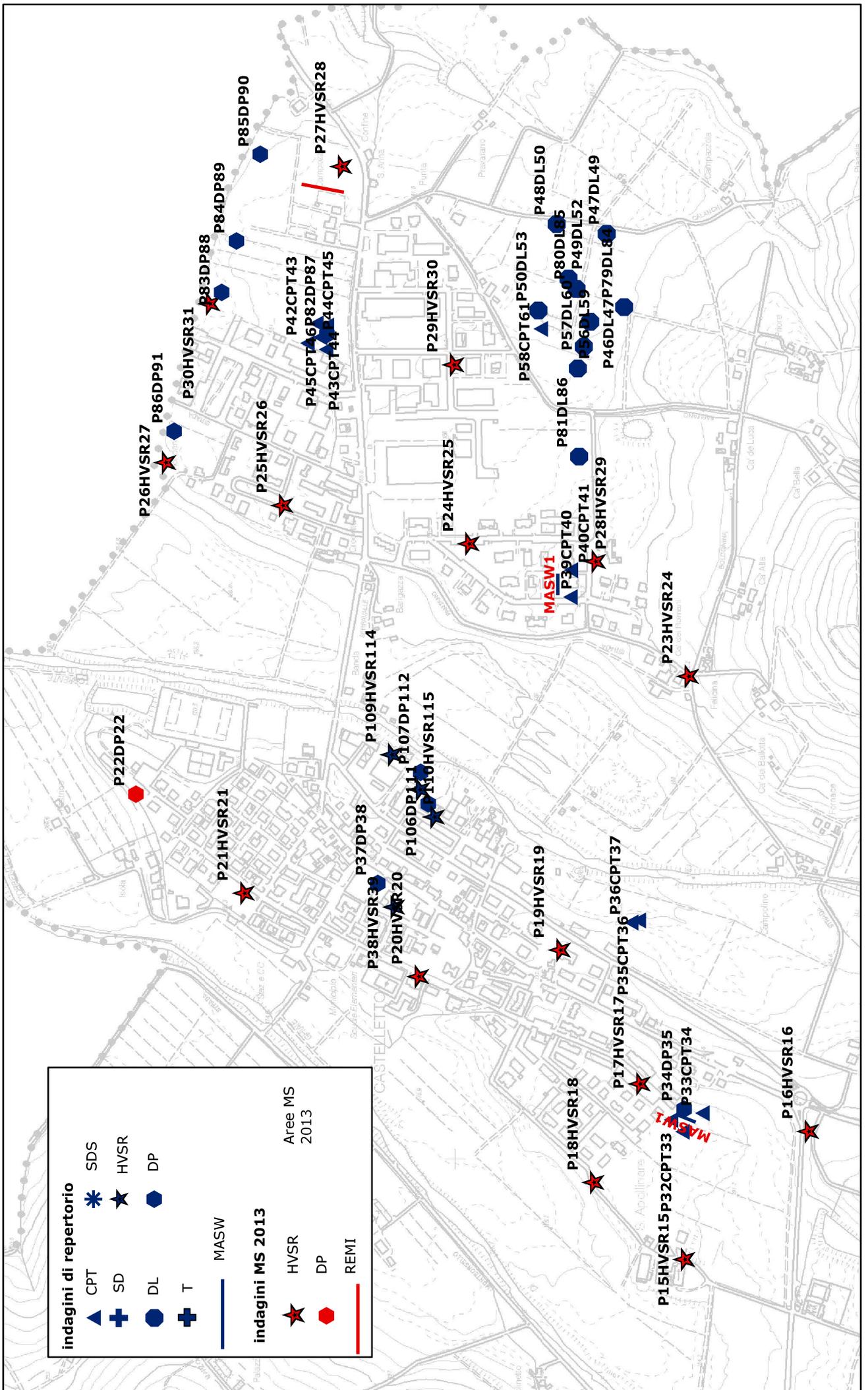
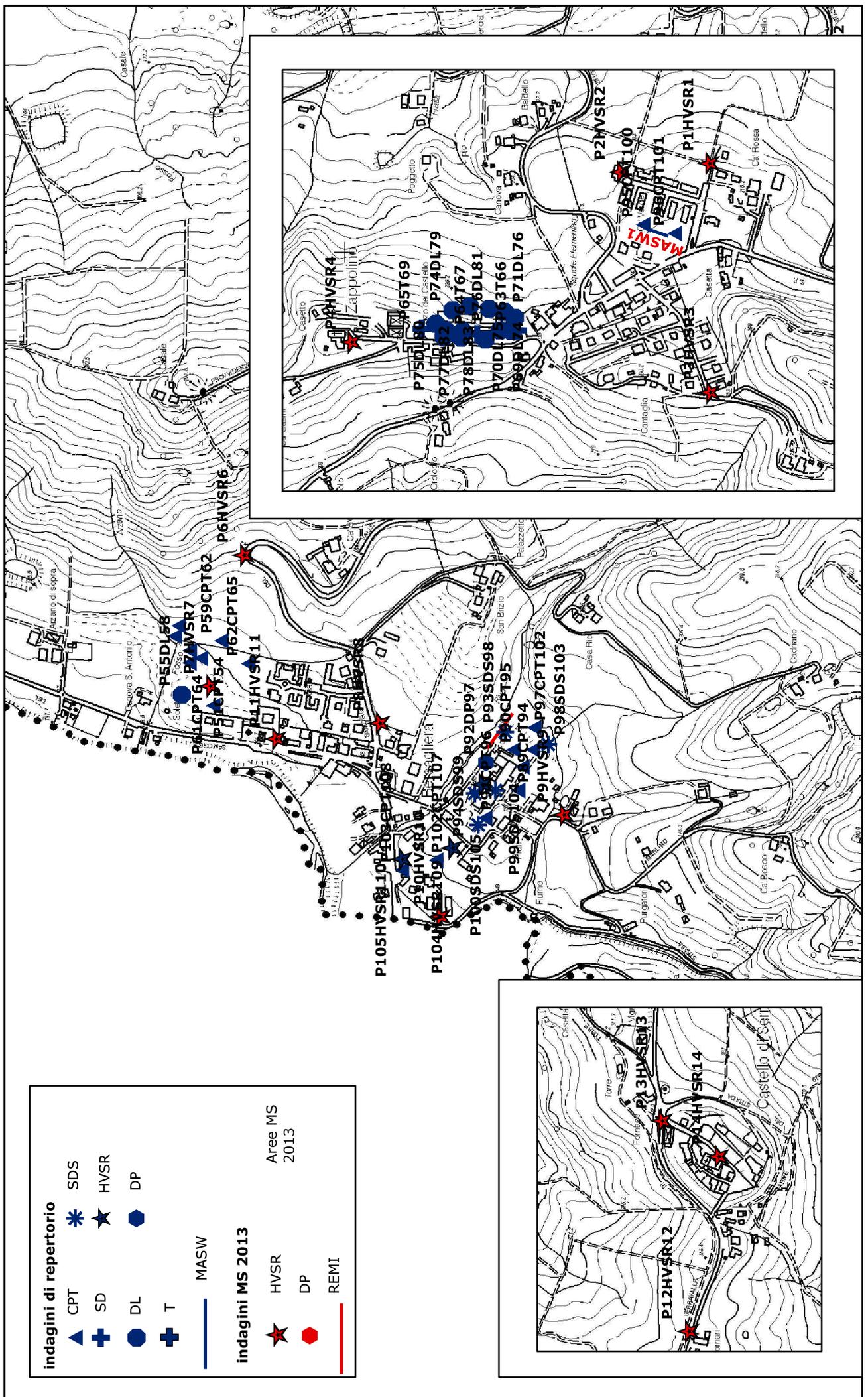


Figura 4.1 - Prove geognostiche e geofisiche di riferimento



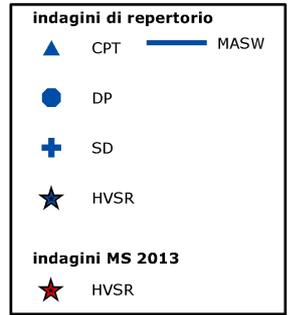
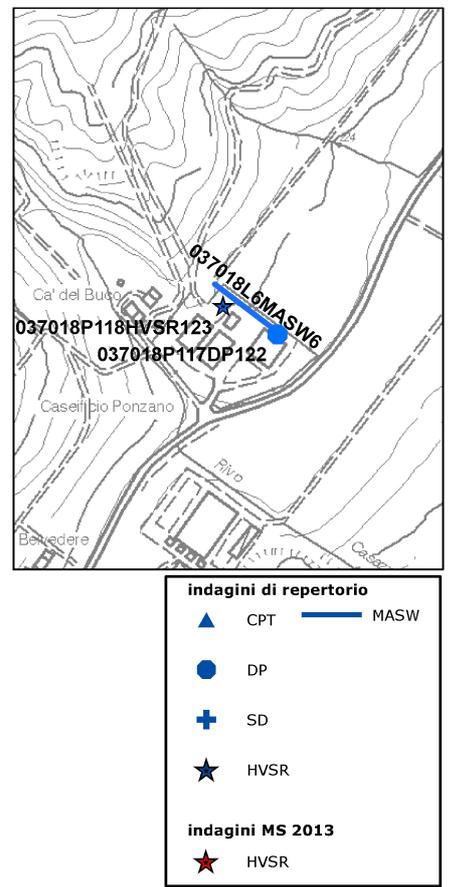
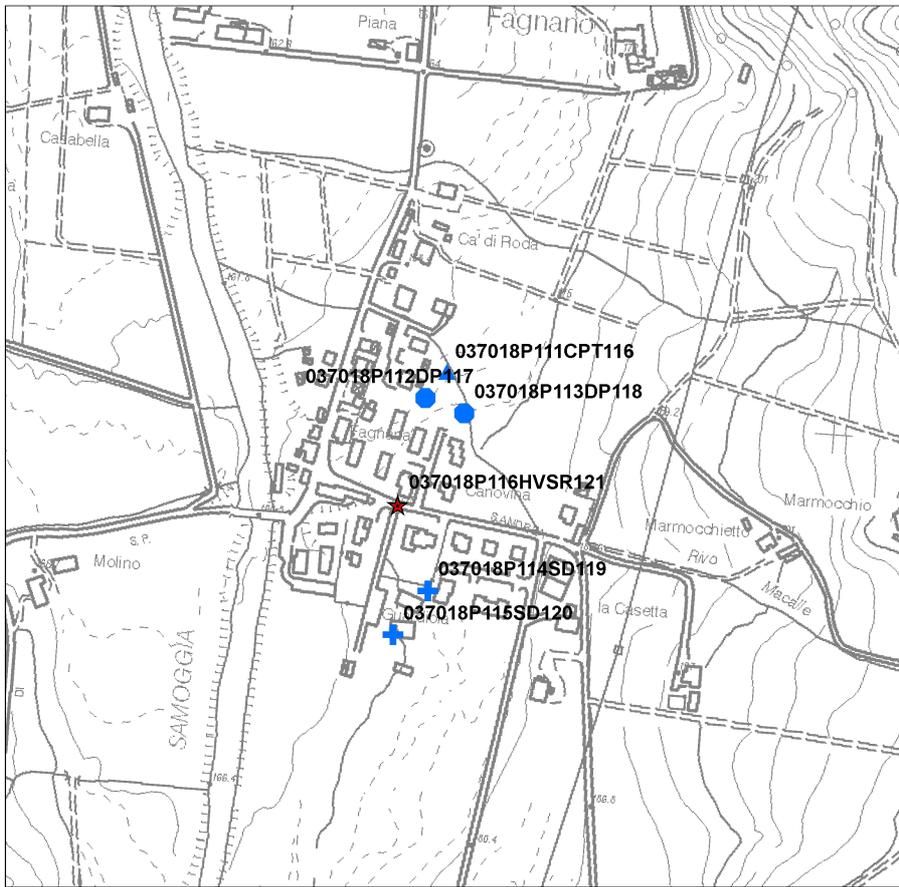


Figura 4.3 - Prove geognostiche e geofisiche di riferimento

## 5 Modello di sottosuolo

### 5.1 Area Castello di Serravalle

Per l'area corrispondente all'abitato storico di Castello di Serravalle, lo stralcio della carta geologica regionale, riportata nella figura 3.4 permette di comprendere il contesto litostratigrafico locale: il rilievo è costituito da bedrock affiorante della Formazione pliocenica di Monte Adone e in particolare del suo Membro delle Ganzole (ADO2). Si tratta di areniti fini e subordinate peliti sabbiose, con giaciture verso ovest. I dati geofisici (registrazioni HVSR) non rilevano particolari amplificazioni del moto sismico, mentre stendimenti geofisici Re.Mi. eseguiti sulla stessa unità<sup>6</sup> evidenziano una distribuzione delle Vs pari a circa 700 m/s, pertanto riconducibile dal punto di vista sismico a “bedrock non rigido”.

### 5.2 Area Castelletto di Serravalle e zona industriale

Per l'area di studio più importante si sono elaborate due sezioni geologiche (in calce alla Relazione), distinte con le sigle 1-1' e 2-2' (la localizzazione delle tracce è riportata sulle tavole di microzonazione sismica), per consentire di comprendere i rapporti stratigrafici del bedrock marino e le coltri quaternarie sovrastanti. 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. Entrambe le sezioni offrono, pertanto, uno spaccato del fondovalle del torrente Ghiaie in cui si colloca l'area studiata, caratterizzato da coperture quaternarie alluvionali terrazzate che sovrastano il bedrock marino, costituito dalla formazione pliocenica delle Argille Azzurre.

Come già scritto, l'abitato di Castelletto è situato su terrazzi fluviali classificati come AES7b e AES8a (vedi paragrafo 3.2.2). Le indagini geognostiche relative al terrazzo più antico (AES7b) evidenziano spessori di sedimenti alluvionali caratterizzati da ghiaie passanti a sabbie e limi anche argillosi. Si rammenta che la coltre alluvionale ghiaiosa risulta ospitare falda acquifera, con una significativa degradazione anche del sottostante substrato geologico pelitico (FAA) per un intervallo generalmente contenuto in alcuni metri. Ciò detto, le indagini geofisiche permettono di ricostruire un modello semplificato di sottosuolo

---

<sup>6</sup> Indagini geofisiche per lo studio di microzonazione del limitrofo Comune di Monteveglio (S. Sangiorgi, 2013)

esautivo per l'area di interessa, caratterizzato da uno spessore di coperture superficiali (comprendente anche il sottostante bedrock argilloso più alterato) approssimabile a circa 20 metri. La prova MASW1 di repertorio realizzata nell'area meridionale di Castelletto riscontra una Vs media pari a 235 m/s riferito a un intervallo di 22 metri circa. Le registrazioni HVSR evidenziano amplificazioni nello spettro H/V a frequenze fondamentali comprese tra 2÷3 Hz, confermando il modello di sottosuolo sopra descritto; amplificazioni a frequenze più elevate sono invece riconducibili a livelli sabbioso ghiaiosi meno profondi, meno significativi dal punto di vista della risposta sismica locale. La superficie terrazzata più recente (AES8a), situata tra Castelletto e la sua area produttiva e solcate dal Torrente Ombraro, evidenzia spessori di coperture più modeste (es. penetrometrie P106DP111 e P107DP117), stimata pari a circa 10 metri: anche le più marcate amplificazioni riscontrate dalle prove HVSR risultano a frequenze più elevate (4,4 ÷ 4,6 Hz), confermando il contesto sopra descritto. Per quest'ultimo terrazzo (costituito da sedimenti prevalentemente argillosi e con resistenze alla punta mediocri), la Vs media di tale intervallo corrispondente alle coperture è stimato sulla base degli esiti tomografici e delle prove penetrometriche, pari a circa 200 m/s. Al di sotto di tali profondità, la velocità di taglio del bedrock marino supera i 450–500 m/s, pertanto a tale quota viene considerato raggiunto il “substrato geologico non rigido”.

L'area industriale situata a est di Castelletto, si insedia anch'essa su un ampio terrazzo fluviale, riconducibili prevalentemente a all'Unità di Vignola (AES7b), mentre nella porzione settentrionale risulterebbero meglio attribuite all'Unità di Niviano (AES7a); in una modesta porzione a SE dell'area produttiva, la cartografia geologica riporta depositi di conoide torrentizia in evoluzione (sigla “i1”), peraltro di dubbia attribuzione: appaiono allo scrivente da attribuire più propriamente al contesto alluvionale terrazzato AES7a. Le prove geognostiche e geofisiche di repertorio e realizzate ex novo evidenziano una buona correlazione dei dati con il contesto di terrazzo alluvionale sul quale si insedia a ovest l'abitato di Castelletto: si tratta, con buona sicurezza di un terrazzo con medesime caratteristiche deposizionali e anche le quote topografiche ne dimostrano la stessa origine. Le indagini geofisiche, evidenziano uno spessore pressoché costante di alluvioni e di bedrock pliocenico (Argille Azzurre) molto alterato e che viene ancora inteso come copertura (con Vs <400 m/s), in particolare la prova Re.Mi eseguita nella parte NE dell'area produttiva evidenzia uno spessore di circa 20 m caratterizzato da Vs media di 325 m/s, sostanzialmente confermato dalla MASW di repertorio, eseguita a NO della stessa zona produttiva (spessore delle coperture pari a circa 22 m con Vs media di tale intervallo pari a 320 m/s). Le registrazioni HVSR riscontrano amplificazioni più marcate nello spettro H/V a frequenze comprese tra poco più di 3 Hz fino a circa 4 Hz. Al di sotto di tali profondità, la velocità di taglio del bedrock marino supera i 450–500 m/s, pertanto a tale quota viene considerato raggiunto il “substrato geologico non rigido”.

### 5.3 Area frazione di Bersagliera

La frazione di Bersagliera si insedia in parte sulle alluvioni terrazzate (AES8a e AES7b) del Torrente Ghiaie e sui depositi di conoide torrentizia inattiva di due corsi d'acqua secondari (Rivo Fondamenti e Rio del Malpasso), mentre il bedrock marino sottostante le coltri alluvionali è prevalentemente attribuito alle Unità delle Argille Azzurre (FAA) e in minor estensione alla Formazione di Monte Adone (ADO2) e all'Unità di Pantano (PAT). Per un maggior dettaglio si rimanda al precedente paragrafo 3.2.3. Per quest'area si sono elaborate due sezioni geologiche (in calce alla Relazione) che evidenziano i rapporti stratigrafici tra il bedrock marino e le sovrastanti coperture: la prima, denominata con sigla 3-3' risulta trasversale al pendio e fondovalle più settentrionale dell'area studiata, mentre la seconda (4-4') è uno spaccato del versante e fondovalle rappresentativo della porzione sud. In sintesi, le indagini geognostiche di repertorio evidenziano uno spessore di coperture alluvionali di modesto spessore, prevalentemente ghiaiose nel fondovalle più recente (AES8a), cioè a valle della SP "Valsamoggia", mentre a monte risultano ghiaiose passanti verso l'alto a sabbie e limi anche argillosi. In entrambi i casi, gli spessori delle coperture risultano comprese tra circa 3 metri fino a circa 6÷7 metri. Le velocità di taglio delle coperture prevalentemente ghiaiose che costituiscono il terrazzo AES8a, sono desunte da stendimenti Re.Mi.<sup>7</sup> eseguiti poco a valle e risultano mediamente di circa 250 m/s, mentre le coperture alluvionali del terrazzo AES7b e i depositi di conoide inattiva (anch'essi con tessiture prevalentemente fini - limi e argille) rilevati agli sbocchi vallivi dei due corsi d'acqua Rivo Fondamenti e Rio del Malpasso, sono caratterizzate da Vs comprese tra 190 m/s e 220 m/s, come si desume dagli esiti delle prove HVSR (opportunamente tarati con gli esiti delle indagini penetrometriche e i sondaggi di repertorio). Sulla conoide argillosa del Rio Fondamenti è stata eseguita uno stendimento Re.Mi. che ha evidenziato uno spessore superficiale (circa 4,5 m) di sedimenti poco rigidi con vs media di 195 m/s, confermando il contesto sopra descritto. Le registrazioni HVSR evidenziano le maggiori amplificazioni a frequenze comprese tra circa 6 Hz e 10 Hz, compatibili con gli spessori già descritti. In quest'area di studio, bedrock marino non risulta affiorante: le unità già descritte (FAA; ADO2; PAT) sono peraltro ascrivibili a "substrato geologico non rigido".

### 5.4 Area frazione Zappolino

Come già scritto, la frazione Zappolino si insedia in parte su un crinale con substrato affiorante pliocenico (Formazione di Monte Adone) e in parte sul versante caratterizzato da coperture eluvio-colluviali e alluvionali (terrazzo alluvionale AES7a del torrente Samoggia)).

---

<sup>7</sup> Indagini geofisiche per lo studio di microzonazione del limitrofo Comune di Monteveglio (S. Sangiorgi, 2013)

Anche per quest'area di studio è stata elaborata la sezione geologica 5-5' (in calce alla relazione) trasversale al versante che permette di comprendere più facilmente i rapporti stratigrafici del bedrock marino e le coltri quaternarie sovrastanti. Per quanto detto, le indagini di repertorio (CPT; MASW1) eseguite sul terrazzo alluvionale evidenziano uno spessore della copertura (comprendendo anche alcuni metri di bedrock molto alterato) pari a circa 7÷10 metri, in particolare la MASW di repertorio indica un primo intervallo corrispondente alla copertura pari a 8 metri con Vs media di 315 m/s. Le prove geognostiche di repertorio effettuate nel versante sovrastante, indicano la presenza di coperture fino a circa 10 metri di profondità: tali coperture sono da attribuirsi a depositi prevalentemente fini e/o sabbiosi di degradazione eluvio-colluviale e a un intervallo di bedrock molto alterato (M. Adone). La Vs di quest'ultimo intervallo, sulla base degli esiti penetrometrici e degli esiti delle registrazioni VHSR, è stimata pari a circa 200 m/s. La porzione di crinale è invece da considerarsi con bedrock affiorante (Formazione di Monte Adone – Membro delle Ganzole ADO2): si tratta di areniti fini e subordinate peliti sabbiose bioturbate in strati da medi a molto spessi, di geometria prevalentemente tabulare, con immersione degli strati verso E-SE. I dati geofisici (registrazioni HVSR) non rilevano particolari amplificazioni del moto sismico, mentre stendimenti geofisici Re.Mi. eseguiti sulla stessa unità<sup>8</sup> evidenziano una distribuzione delle Vs pari a circa 700 m/s: pertanto riconducibile dal punto di vista sismico a “bedrock non rigido”.

Infine, la porzione di versante a est della chiesa risulta interessata da movimenti di versante, quiescenti, con zone di coronamento che lambiscono l'area di studio.

## 5.5 Aree frazione Fagnano e “ex caseificio”

Le due aree di studio si insediano nel fondovalle del torrente Samoggia, in particolare il sottosuolo presso la frazione di Fagnano è caratterizzato dalle più recenti coperture alluvionali ghiaiose classificate AES8 e AES8a già descritte precedentemente, mentre il substrato roccioso è riconducibile all'unità epiligure della Formazione di Loiano (sigla LOI), caratterizzata da arenarie arcose, da fini a molto grossolane, a luoghi microconglomeratiche, in genere scarsamente cementate, con subordinati conglomerati, in strati medi e banchi frequentemente amalgamati (facies sedimentaria torbida in bacino confinato profondo). Le terebrazioni di repertorio si arrestano con probabilità sulla base più ghiaiosa dell'intervallo alluvionale, mentre la registrazione HVSR evidenzia una traccia piatta con amplificazione del segnale a 9,5 Hz. Tale esito, pertanto giustifica uno spessore potenzialmente amplificabile (costituito dalle alluvioni e dall'intervallo più alterato del bedrock roccioso LOI) pari a circa 10 metri, con una VsH riconducibile a 250 m/s.

Per quanto riguarda l'area ex Caseificio, le penetrometrie e la MASW di repertorio confermano anche in questo caso la stima cautelativa dello spessore amplificabile pari a circa 10 m, caratterizzato da VsH sempre riconducibile a 250 m/s.

---

<sup>8</sup> Indagini geofisiche per lo studio di microzonazione del limitrofo Comune di Monteveglio (S. Sangiorgi, 2013)

## 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). Pertanto le incertezze risultano 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.

## 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.

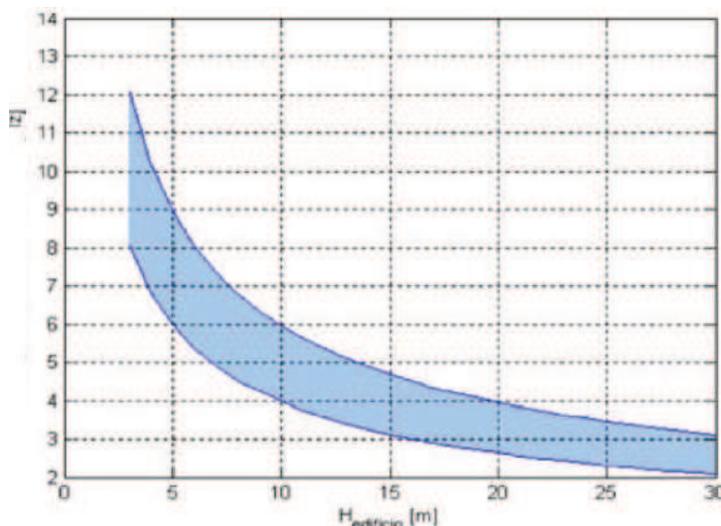
Le variabili fondamentali, da inserire nelle tabelle per la stima dell'amplificazione locale sono dunque la velocità equivalente delle onde di taglio nel sottosuolo e gli spessori dei sedimenti superficiali che possono amplificare il moto sismico e/o la profondità del bedrock sismico. La scelta del macro 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 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>9</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 risultano affiorare presso il nucleo storico di Castello di Serravalle e a Zappolino (Formazione di Monte Adone – Membro delle Ganzole ADO2).
- Forme di superficie e sepolte → riconducibili a orli di scarpata fluviale di altezza compresa tra 10 metri e 20 m rilevati nel fondovalle del Chiaie presso Castelletto di Serravalle ), cresta (Castello di Serravalle e Zappolino), conoide alluvionale (torrentizia) presso la zona industriale di Castelletto.
- Tracce delle sezioni topografiche → sono state elaborate tre sezioni per l'analisi delle condizioni di amplificazione morfologica (nominate da progressivamente da A–A' a C–C') , rispettivamente a Castello di Serravalle e Zappolino.

---

<sup>9</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

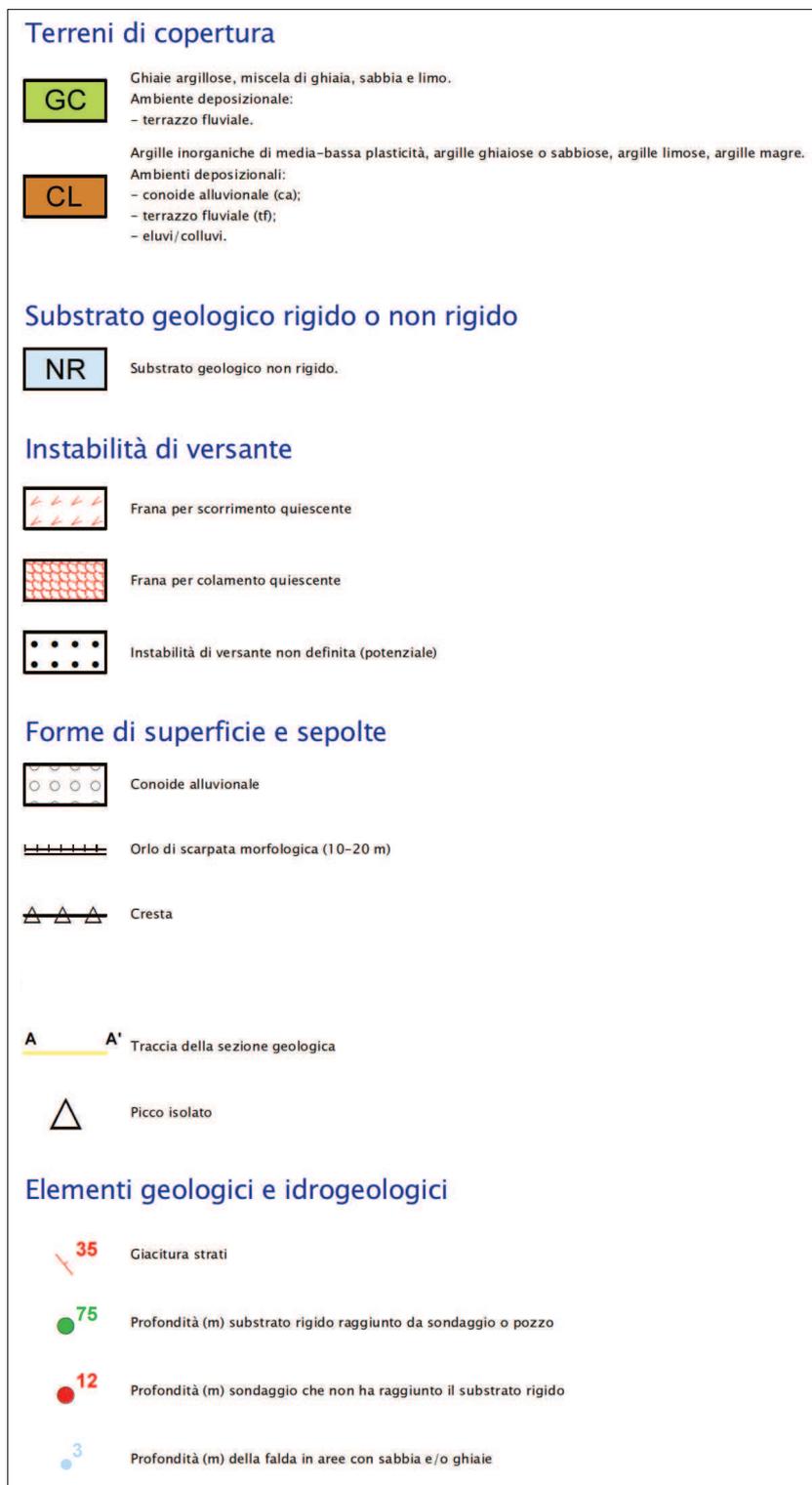


Figura 8.1 – Stralcio della legenda della <<Carta geologico–tecnica>> elaborata per lo studio di microzonazione sismica di Castello di Serravalle.

- Instabilità di versante → in particolare le frane sono state perimetrare 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 di versante non definita” anche alcune porzioni di pendio (situati a Bersagliera e a Zappolino) 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).

- la localizzazione delle terebrazioni che hanno raggiunto o meno il bedrock sismico.
- la localizzazione dei pozzi freatici (rilevati nel fondovalle del Ghiaie (a Castelletto di Serravalle e Bersagliera), 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  $H/V^{10}$  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)

---

<sup>10</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.

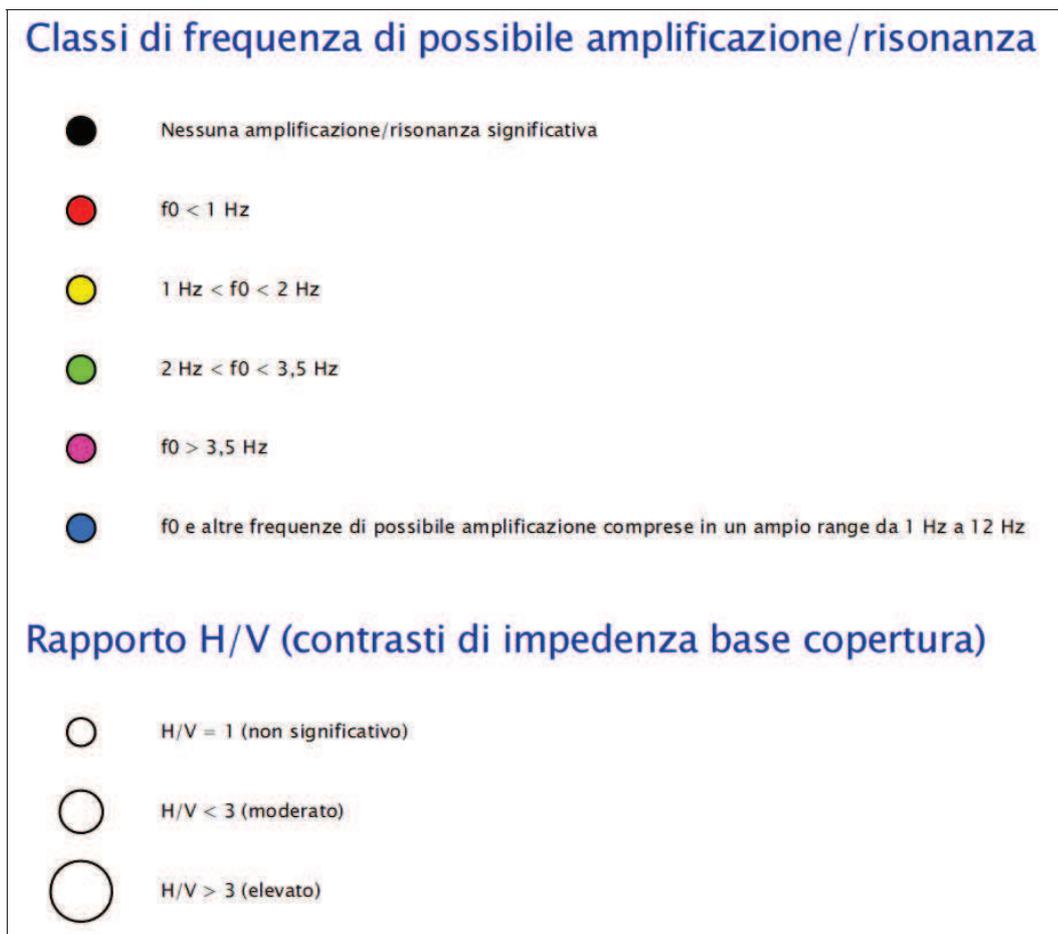


Figura 8.2 - Stralcio della legenda della <<Carta delle frequenze naturali dei terreni>> elaborata per lo studio di microzonazione sismica di Savigno.

- $f_0$  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 le prove che hanno ricavato rapporti H/V minori di 1, compresi da 1 a 3 e maggiori di 3.

Ulteriori elementi relativi agli esiti delle registrazioni HVSR sono riportati nel successivo paragrafo 8.3, mentre la figura 8.2 riporta uno stralcio della legenda elaborata per la rappresentazione cartografica.

### 8.3 Carta delle aree suscettibili di effetti locali

La <<carta delle aree suscettibili di effetti locali>>, 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 il territorio studiato e lo classifica in “*zone stabili suscettibili si 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 stabili 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 Comune di Monte San Pietro distingue le seguenti zone::

- *ZONA 2001*  $\equiv$  *Bedrock non rigido affiorante (ADO2)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*  
si tratta di bedrock affiorante attribuito alle Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 - Areniti fini e subordinate peliti sabbiose), in pendio con acclività variabili da 20° a 35° (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,1$ , di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Le indagini geofisiche evidenziano la discreta rigidità locale che caratterizza questo substrato sismico ( $V_{s30} = 700$  m/s).
- *ZONA 2002*  $\equiv$  *Bedrock non rigido affiorante (ADO2)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*  
anche in questo caso si tratta di bedrock affiorante attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 - Areniti fini e subordinate peliti sabbiose), in cresta appuntita con picco isolato (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,2$ , di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Le indagini geofisiche evidenziano la discreta rigidità locale che caratterizza questo substrato sismico ( $V_{s30} = 700$  m/s).
- *ZONA 2003*  $\equiv$  *Coperture alluvionali terrazzate (AES7b?) sovrastanti bedrock non rigido (FAA)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*  
si tratta di sedimenti alluvionali, prevalentemente fini e sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è piana. Le indagini geofisiche (tomografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo

suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 20 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 250 m/s.

- *ZONA 2004 ≡ Coperture alluvionali terrazzate (AES7b?) sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta ancora di sedimenti alluvionali, prevalentemente fini e sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è sub-piana. Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 15 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 250 m/s.

- *ZONA 2005 ≡ Coperture alluvionali terrazzate recenti (AES8a) sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali, prevalentemente ghiaioso argillosi, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è piana. Le indagini geofisiche (tromografie 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 2006 ≡ Coperture alluvionali terrazzate recenti (AES8a) sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali, argilloso ghiaioso, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è piana. Le indagini geofisiche (tromografie 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 200 m/s.

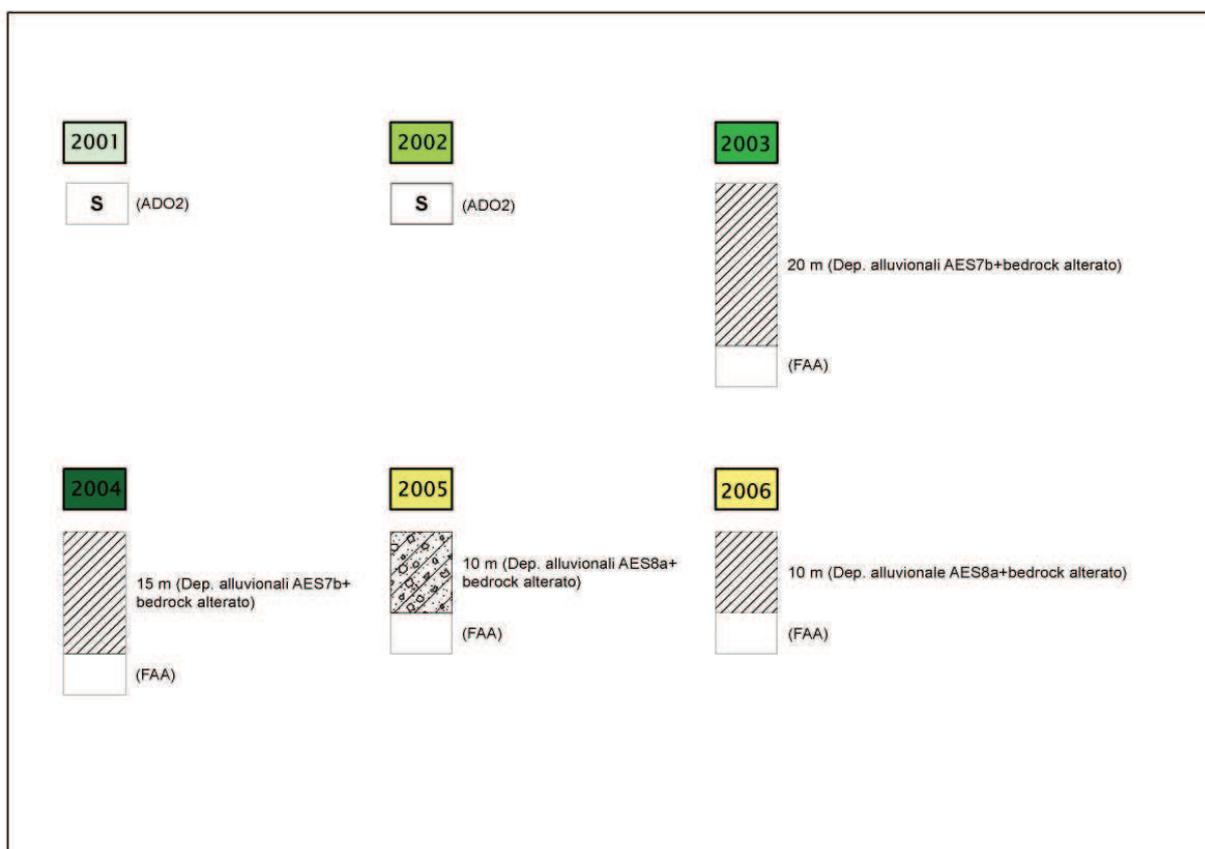


Figura 8.3 – Colonne stratigrafiche rappresentative delle microzone omogenee 2001–2002–2003–2004–2005–2006.

- ZONA 2007** ≡ Coperture alluvionali terrazzate (AES7b?) sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta ancora di sedimenti alluvionali, prevalentemente fini e sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA – Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è sub-piana. Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 20 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 300 m/s.
- ZONA 2008** ≡ Coperture alluvionali terrazzate (AES7b?) sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta ancora di sedimenti alluvionali, prevalentemente fini e sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA – Argille e marne). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le

indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è sub-piana. Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 15 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 300 m/s.

- *ZONA 2009 ≡ Coperture di conoide torrentizia sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di depositi attribuibili all'azione conoide di carattere torrentizio, sovrastanti bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). La morfologia risulta sub-piana (<15°). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo delle coperture, suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 20 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 300 m/s.

- *ZONA 2010 ≡ Coperture alluvionali terrazzate recenti (AES8a) sovrastanti bedrock non rigido (FAA; PAT; ANT; ADO2 alterato?) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali, ghiaioso argillosi, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito a diverse Formazioni rocciose. Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). La morfologia è piana. 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 alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 250 m/s.

- *ZONA 2011 ≡ Coperture alluvionali terrazzate (AES7b?) sovrastanti bedrock non rigido (FAA; PAT; ANT; ADO2 alterato?) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali, argillosi con sabbie e ghiaie, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito a diverse Formazioni rocciose. Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). 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 coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 200 m/s.

- *ZONA 2012 ≡ Coperture di conoide torrentizia sovrastanti bedrock non rigido (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per*

*caratteristiche litologiche*>>

si tratta di depositi attribuibili all'azione conoide di carattere torrentizio, sovrastanti bedrock non rigido attribuito alla Formazione delle Argille Azzurre (sigla FAA - Argille e marne). La morfologia risulta sub-piana (<15°). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo delle coperture, suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 5 metri (costituito dalle coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 200 m/s.

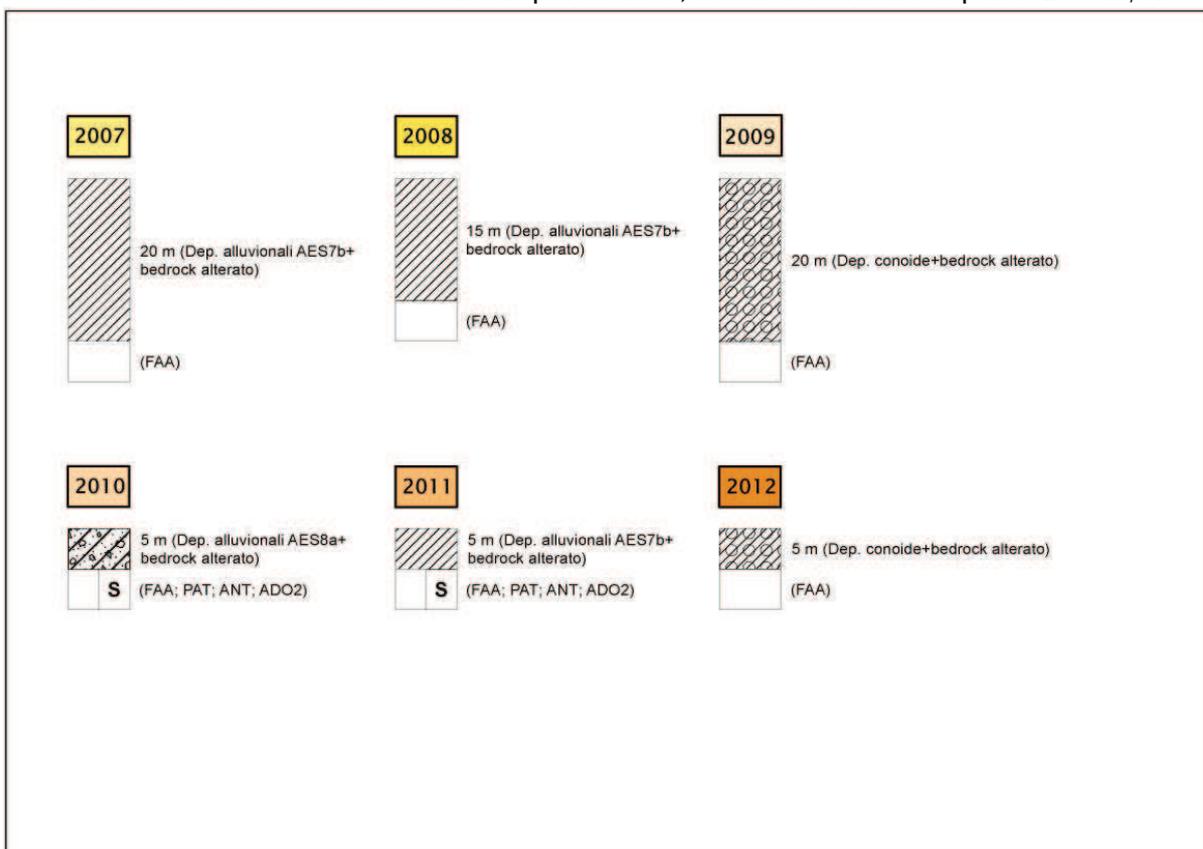


Figura 8.4 - Colonne stratigrafiche rappresentative delle microzone omogenee 2007-2008-2009-2010-2011-2012.

- **ZONA 2013** ≡ Coperture alluvionali terrazzate (AES7a?) sovrastanti bedrock non rigido (ADO2 alterato?) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta di sedimenti alluvionali, argillosi con sabbie e ghiaie, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 - Areniti fini e subordinate peliti sabbiose). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). 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 10 metri (costituito dalle

coperture alluvionali e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 300 m/s.

- *ZONA 2014 ≡ Coperture colluviali sovrastanti bedrock non rigido (ADO2 alterato?) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di coperture colluviali fini, sovrastanti il bedrock non rigido attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 – Areniti fini e subordinate peliti sabbiose). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). 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 10 metri (costituito dalle coperture e dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 200 m/s.

- *ZONA 2015 ≡ Coperture colluviali sovrastanti bedrock non rigido (ADO2 alterato?) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di coperture colluviali fini, sovrastanti il bedrock non rigido attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 – Areniti fini e subordinate peliti sabbiose), in pendio con acclività da 15° a 20° (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,1$  di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). Le indagini geofisiche (tromografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 10 metri (costituito dalle coperture dal sottostante bedrock più alterato) e con VsH misurato pari a 200 m/s.

- *ZONA 2016 ≡ Bedrock non rigido affiorante (ADO2) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di bedrock affiorante attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 – Areniti fini e subordinate peliti sabbiose), in pendio con acclività media 20° (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,1$  di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Le indagini geofisiche evidenziano la discreta rigidezza locale che caratterizza questo substrato sismico ( $V_{s30} = 700$  m/s).

- *ZONA 2017 ≡ Bedrock non rigido affiorante (ADO2) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

anche in questo caso si tratta di bedrock affiorante attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 – Areniti fini e

subordinate peliti sabbiose), in cresta da ritenersi appuntita (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,2$ , di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Le indagini geofisiche evidenziano la discreta rigidità locale che caratterizza questo substrato sismico ( $V_{s30} = 700$  m/s).

- **ZONA 2018**  $\equiv$  Coperture colluviali sovrastanti bedrock non rigido (ADO2)  $\equiv$  equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>

si tratta di coperture colluviali fini, sovrastanti il bedrock non rigido attribuito alla Formazione di Monte Adone e in particolare al suo Membro delle Ganzole (sigla ADO2 – Areniti fini e subordinate peliti sabbiose), in pendio con acclività media  $20^\circ$  (si è calcolato un fattore di amplificazione cautelativo pari a  $F_t = 1,1$  di cui si terrà conto nella stima dei fattori amplificazione della MS). Si tratta in ogni caso di Bedrock non rigido, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove Re.Mi. e MASW). Le indagini geofisiche (tomografie e prove Re.Mi.) evidenziano uno spessore significativo suscettibile di amplificazioni del moto sismico approssimabile a 5 metri (costituito dalle coperture dal sottostante bedrock più alterato) e con  $V_{sH}$  misurato pari a 200 m/s.

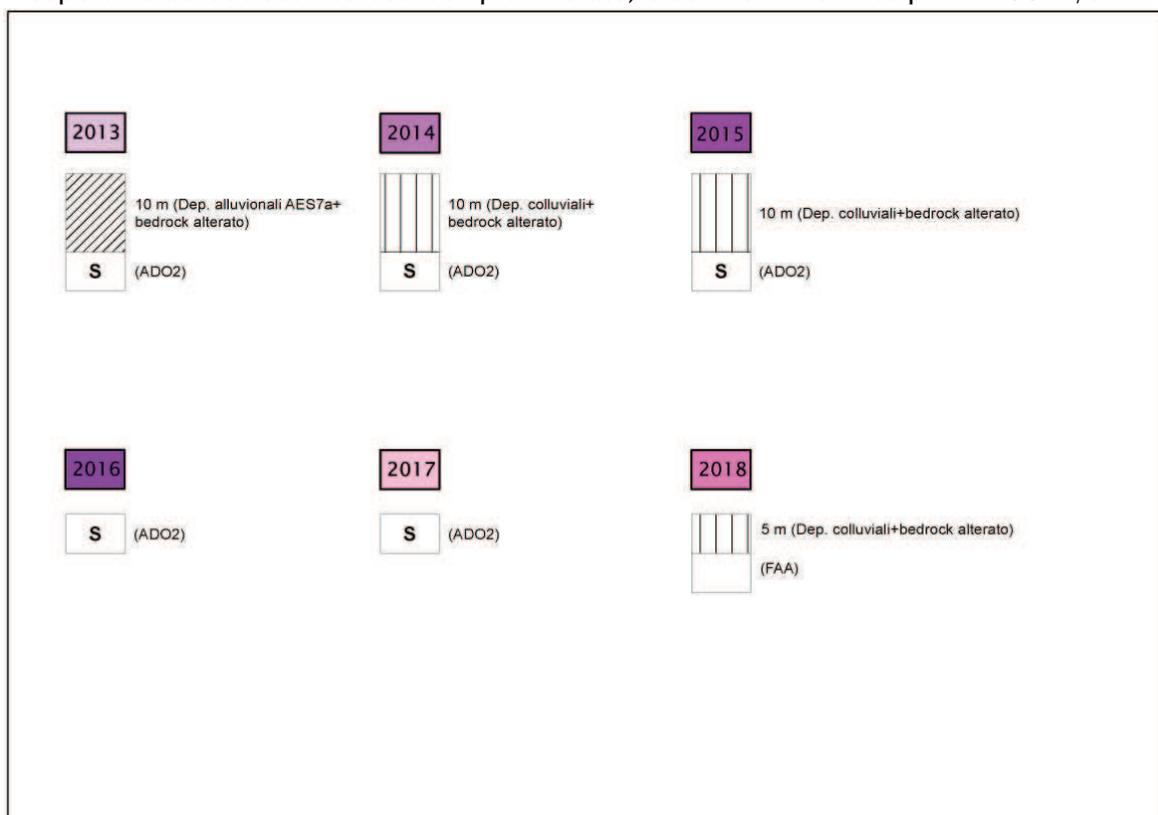


Figura 8.5 - Colonne stratigrafiche rappresentative delle microzone omogenee 2013-2014-2015-2016-2017-2018.

- **ZONA 2019**  $\equiv$  Coperture alluvionali terrazzate recenti ghiaiose (AES8a) sovrastanti

*bedrock non rigido alterato (LOI) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali, ghiaiosi e sabbiosi con matrice fine, sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito a LOI, come confermano le indagini geofisiche espletate localmente (prove HVSR). La morfologia è piana (<15°). Le indagini geognostiche e geofisiche (tomografie) 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 2020 ≡ Coperture alluvionali terrazzate prevalentemente fini (AES7b) sovrastanti bedrock non rigido alterato (FAA) ≡ equivalente ad A (PTCP) cioè <<Area potenzialmente soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche>>*

si tratta di sedimenti alluvionali prevalentemente fini con livelli sabbiosi e ghiaiosi, , sovrastanti in contatto erosivo il bedrock non rigido attribuito a FAA, come confermano le indagini geognostiche e geofisiche espletate localmente. La morfologia è piana (<15°). Le indagini geognostiche e geofisiche (tomografie) 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 (prova MASW).

### 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>> vengono contraddistinte con diverso colore, riportando in legenda gli approfondimenti di terzo livello richiesti.

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 Castello di Serravalle, sono state definite le seguenti aree, che dovranno necessariamente essere oggetto di ulteriori approfondimenti sismici di terzo livello:

- *Instabilità di versante quiescente ≡ equivalente a QP (PTCP) cioè <<Area potenzialmente instabile e soggetta ad amplificazione per caratteristiche litologiche e topografiche>>*  
si tratta di frane classificate quiescenti situate in pendii con acclività  $\geq 15^\circ$ .
- *Instabilità di versante non definita ≡ definire equivalenza con macrozone PTCP sulla base degli ulteriori approfondimenti di terzo livello*  
si tratta di pendii con acclività fino a  $30^\circ$  , in prossimità di movimenti franosi quiescenti);

## 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 1:5.000 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 Castello di Serravalle, le Vs sono desunte da indagini sismiche Re.Mi. e MASW eseguite per questo lavoro e di repertorio 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 per tutte le “zone stabili suscettibili di amplificazione” (individuate nella già descritta <<Carta delle aree suscettibili di effetti locali>>) 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 pertanto quantificata secondo i seguenti parametri FA riferiti alla superficie:

- FA<sub>PGA</sub> → rapporto tra la massima ampiezza dell'accelerazione su affioramento rigido (amax,r) e la massima ampiezza dell'accelerazione alla superficie del deposito (amax,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<sub>S1</sub> – 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 < T0 < 0.5 s e da 0.5 < T0 < 1 s (FA<sub>0,1-0,5s</sub> e FA<sub>0,1-0,5s</sub>)

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>>”.*