



PROTEZIONE CIVILE  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

# MICROZONAZIONE SISMICA

Regione Emilia Romagna  
Comune di Bobbio



Regione



Studio realizzato con il contributo regionale (determina n. 13338/2021) reso disponibile con DGR 566/2021

Soggetto realizzatore



**GEOINVEST** s.r.l.  
Geologia-Geofisica  
Via della Conciliazione 45/A Piacenza  
geoinvest@geoinvest.it - 0523 593622

Data

gennaio 2023

## Sommario

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	Inquadramento geografico.....	4
2	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....	4
2.1	Caratteristiche sismotettoniche.....	4
2.2	Sismicità del territorio.....	8
2.3	Classificazione sismica comunale.....	10
3	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	13
3.1	Inquadramento geologico.....	13
3.2	Inquadramento geomorfologico.....	19
4	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	21
5	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	22
6	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	23
7	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	24
8	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	24
8.1	Carta delle indagini.....	24
8.2	Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT_MS).....	25
8.3	Carta delle frequenze naturali (f0) dei terreni.....	28
8.4	Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS).....	30
8.5	Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs).....	34
8.6	Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS).....	35
8.7	Carte della distribuzione dei valori di $H_{SM}$ .....	38
9	CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI.....	39
10	BIBLIOGRAFIA.....	41
11	ALLEGATI.....	42

## 1 INTRODUZIONE

A seguito dell'incarico ricevuto dall'Unione Montana Valli Trebbia e Luretta - Bobbio (PC), con Determina n.63 del 05/10/2021, sono state condotte le analisi geologiche e geofisiche a supporto del presente Studio di Microzonazione Sismica (MS) di Livello 2, per il territorio del Comune di Bobbio (Provincia di Piacenza).

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

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla distribuzione degli eventuali fenomeni di instabilità e deformazione permanente attivati dal sisma e di amplificazione sismica stratigrafica, legati cioè alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle aree considerate.

L'insieme di queste conoscenze riguardanti il comportamento dei terreni durante un evento sismico e gli effetti indotti dall'evento stesso è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace se realizzato e applicato durante la fase di pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità.

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

- “Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” - Versione 4.2, Roma, dicembre 2020.
- “Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica” (ICMS) approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome nel 2008 più le successive modifiche e integrazioni.

Il presente studio di Microzonazione Sismica di Livello 2, in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, mira a:

- approfondire le indagini nelle aree zone stabili suscettibili di amplificazioni locali e nelle zone suscettibili di instabilità, definite al Livello 1 di approfondimento.
- quantificare, per le zone di cui sopra, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione.
- fornire una stima del parametro di pericolosità  $H_{SM}$ .

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato il plugin MzSTools di QGIS, sviluppato nel Laboratorio GIS dell'Istituto di Geologia Ambientale e Geoingegneria (IGAG) del CNR di Roma (<https://plugins.qgis.org/plugins/MzSTools/>).

I dati cartografici sono stati allestiti in formato vettoriale (*shapefile*) e gli elaborati sono stati prodotti in versione digitale (pdf con risoluzione di 300 dpi).

Le aree oggetto di MS presentano una superficie complessiva di 5.88 km<sup>2</sup>, corrispondente a circa il 5.5% dell'intero territorio comunale (106.83 km<sup>2</sup>).

## 1.1 Inquadramento geografico

Il territorio del Comune di Bobbio (Fig. 1), situato nel settore occidentale della provincia di Piacenza, ricade nell'ambito di transizione collinare-montano dell'Appennino piacentino e ha un'altimetria compresa tra 215 e 1456 m s.l.m.



Fig. 1. Ubicazione su mappa del rilievo Google Earth dell'area oggetto di studio (in rosso).

Dal punto di vista amministrativo confina:

- a nord, con i Comuni di Alta Val Tidone (PC), Piozzano (PC) e Travo (PC);
- a est, con i Comuni di Travo e Coli (PC);
- a sud, con il Comune di Corte Brugnatella (PC)
- a ovest, con il Comune di Romagnese, Menconico e Brallo di Pregola (PV);

## 2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Caratteristiche sismotettoniche

Un elemento fondamentale nella valutazione del rischio sismico di un'area è l'identificazione delle faglie attive: infatti, molte di esse sono considerate sorgenti sismiche, sebbene esistano anche strutture a scorrimento lento asismico (fault creep o tectonic creep).

Nelle faglie attive lo scorrimento istantaneo dei due blocchi, che avviene allorché lo stress supera la resistenza delle rocce, genera il rilascio di onde elastiche che si propagano in tutte le direzioni: a tali strutture sismogenetiche è associato il maggior rischio.



Normalmente, una faglia si definisce attiva se vi è la possibilità che essa si muoverà in futuro. D'altra parte, le faglie che hanno la maggiore probabilità di muoversi in un futuro prossimo sono da ricercarsi tra quelle che si sono attivate nelle fasi più recenti della storia geologica.

Perciò, una delle definizioni più comunemente accettate è quella della U.S Nuclear Regulatory Commission (1982), che definisce attive le faglie che presentano: un'attivazione negli ultimi 35.000 anni o almeno due attivazioni negli ultimi 500.000 anni.

La Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna alla scala 1:250.000, che può essere considerata lo schema di sintesi dell'attività neotettonica in Emilia-Romagna, oltre che individuare le strutture potenzialmente sismogenetiche offre anche un quadro delle relazioni esistenti fra l'attività tettonica attuale e i rischi naturali (Fig.2).

Esaminando la Carta Sismotettonica emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi  $>1$  mm/anno, sono situate nella parte alta della catena appenninica, che corrisponde al settore a monte del principale raddoppio crostale, a conferma dell'attività di questa struttura.

L'area a sollevamento intermedio, con tassi  $\geq 1$  mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro. Le aree a minore sollevamento ( $<1$  mm/anno) si collocano immediatamente a valle del raddoppio crostale.

In pianura, le zone di minore abbassamento, con tassi  $<1$  mm/anno, corrispondono alle aree maggiormente interessate dalle strutture attive sepolte. In particolare, il sistema attivo delle Pieghe Emiliane a nord di Parma corrisponde al limite tra la zona di minore sollevamento della catena e la zona di minore abbassamento della pianura.

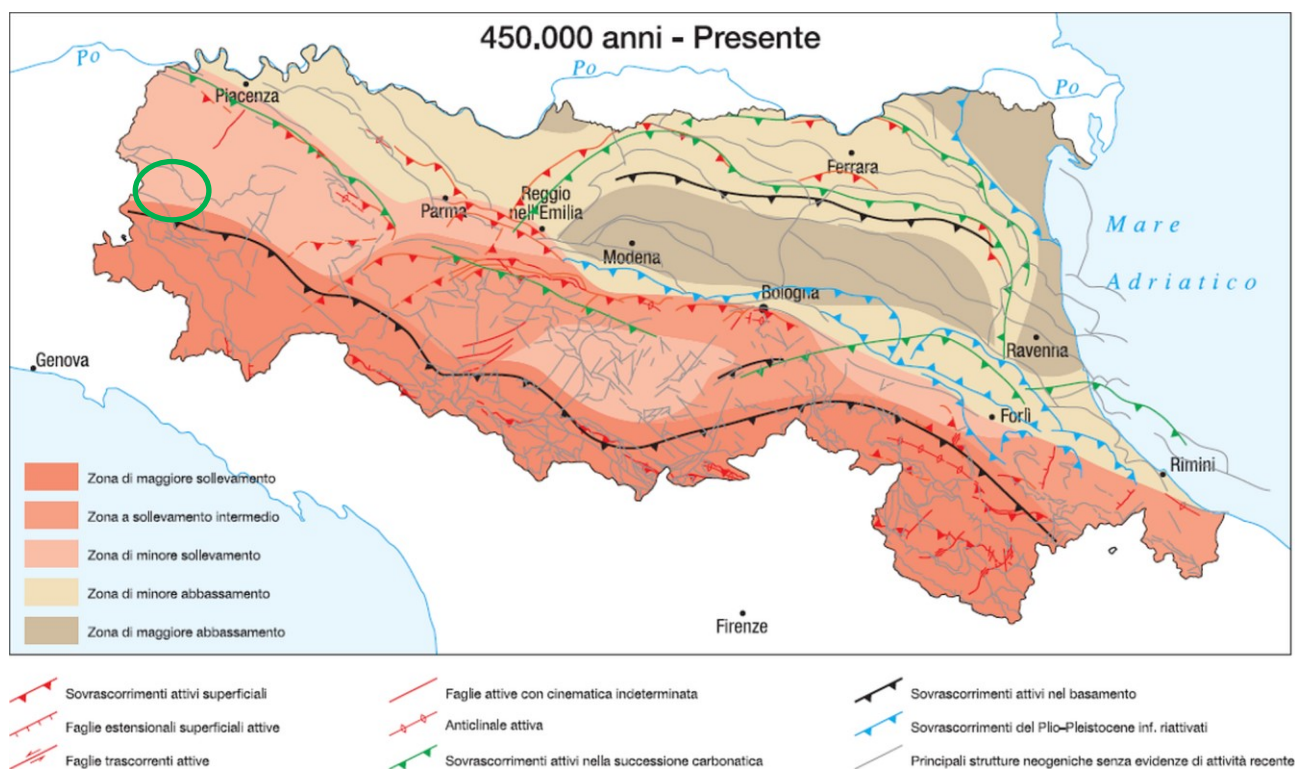


Fig. 2. Schema di sintesi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna; con ellisse verde è individuata l'area di Bobbio.

La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri a una profondità mediamente inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese. I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti e indicano direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari; si ha quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

La sismicità crostale, con ipocentri mediamente compresi tra 15 km e 35 km, mostra una distribuzione simile a quella più superficiale, ma con una densità inferiore. Anche in questo caso i meccanismi focali risultano compressivi e trascorrenti, con direzioni di compressione sia NW-SE che NE-SW, e i meccanismi distensivi sono rari e ben localizzati.

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano e decisamente meno diffusa in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori. Ne risulta così un modello geodinamico attivo, in cui le strutture superficiali delle coperture, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti fra loro e ascrivibili a un sistema transpressivo.

In Fig. 3 è riportata la distribuzione delle strutture attive della copertura, della crosta e del mantello, quindi una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività (in rosso). Per questa zonazione gli autori hanno tenuto in considerazione anche gli effetti superficiali quali: il sollevamento in catena, l'abbassamento in pianura e la frequenza dei fenomeni franosi. Il comune di Bobbio è situato almeno in parte in una zona di maggior risentimento degli effetti delle faglie attive.

Lo stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna comprendente il Comune di Bobbio è riportato in Fig. 4.

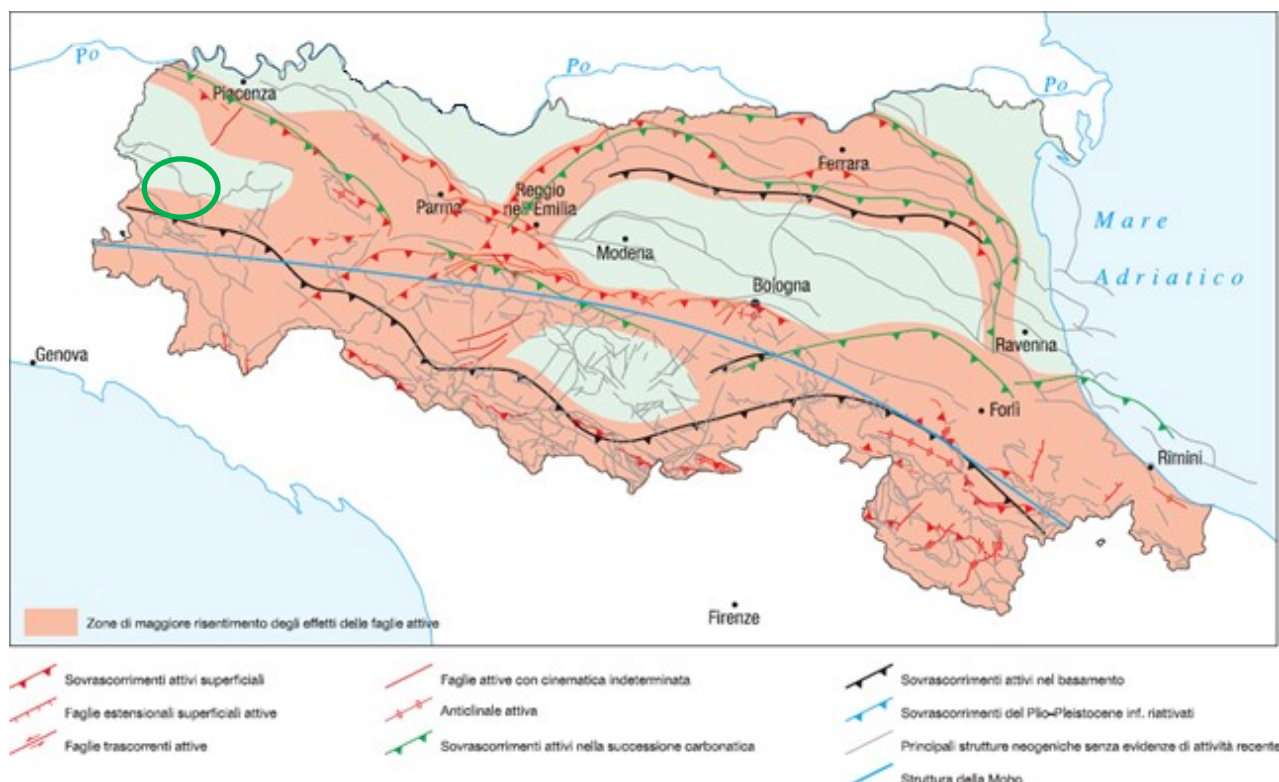


Fig. 3. Zonazione delle aree che maggiormente risentono delle faglie attive; con ellisse verde è individuata l'area di Bobbio.

Un catalogo delle sorgenti sismogenetiche e delle faglie attive e capaci è costituito dal DISS 3.3.0 (rev. dicembre 2021), ossia il “Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane”, che comprende le sorgenti potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a Mw 5.5 nell’area italiana.

Con riferimento all’immagine di Fig. 5, le sorgenti sismogenetiche nell’intorno dell’area di studio, le quali sono connesse con la subduzione denominata [ITSD002](#), sono le seguenti:

- [ITCS018 - Rivanazzano-Stradella](#), con magnitudo massima attesa  $M_w = 6.8$ ;
- [ITCS044 - Portalbera-Cremona](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w = 6.7$ ;
- [ITCS045 - San Giorgio Piacentino-Fornovo di Tarò](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w = 7.2$ ;
- [ITCS026 - Lunigiana](#), con una magnitudo massima attesa  $M_w = 7.0$ .

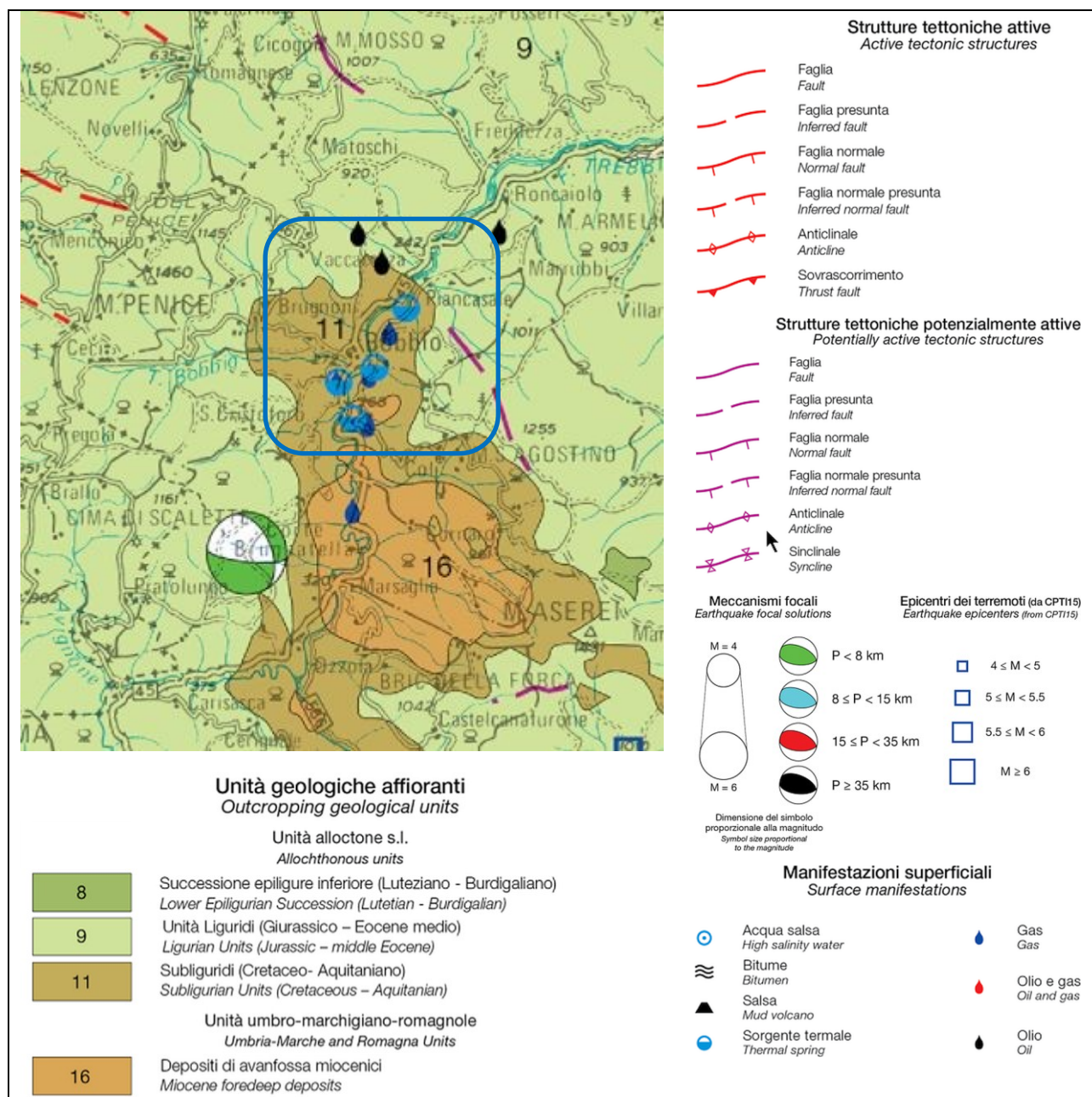


Fig. 4. Stralcio della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna comprendente il Comune di Bobbio.



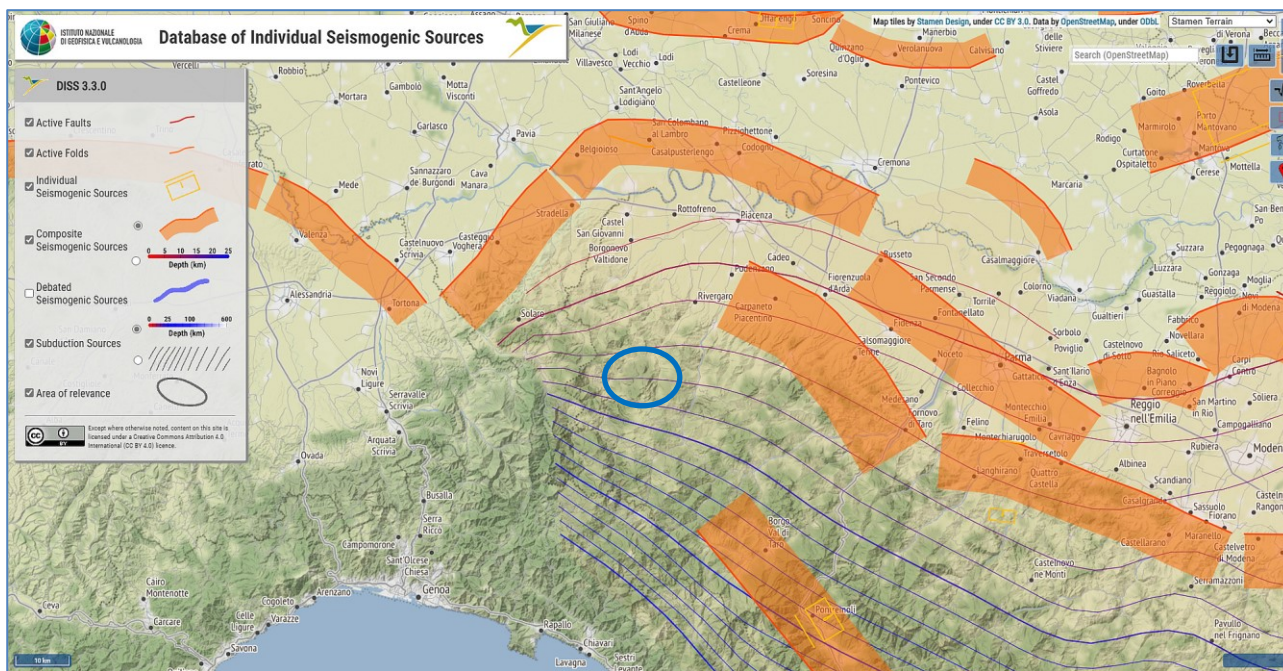


Fig. 5. Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche del DISS 3.3.0; con ellisse blu l'area oggetto di interesse.

Allo scopo di associare la sismicità dell'area con i meccanismi responsabili dell'innesco dei terremoti, si è fatto riferimento alla Zonazione Sismogenetica ZS9 (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004).

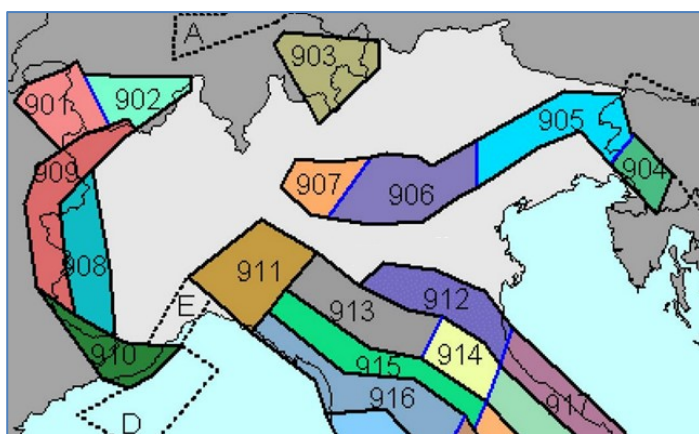


Fig. 6. Stralcio della Zonazione sismogenetica ZS9.

Il Comune di Bobbio ricade nella zona 911 (Fig. 6), che comprende il cosiddetto "arco di Pavia" e le strutture ad esso relative. Si suppone che la funzione delle strutture comprese all'interno di tale zona sia di "svincolo" cinematico del sistema supposto in migrazione.

L'area mostra una non trascurabile sismicità (magnitudo massima osservata  $M_w \approx 5,7$ ), la fagliazione è prevalentemente di tipo trascorrente lungo strutture trasversali.

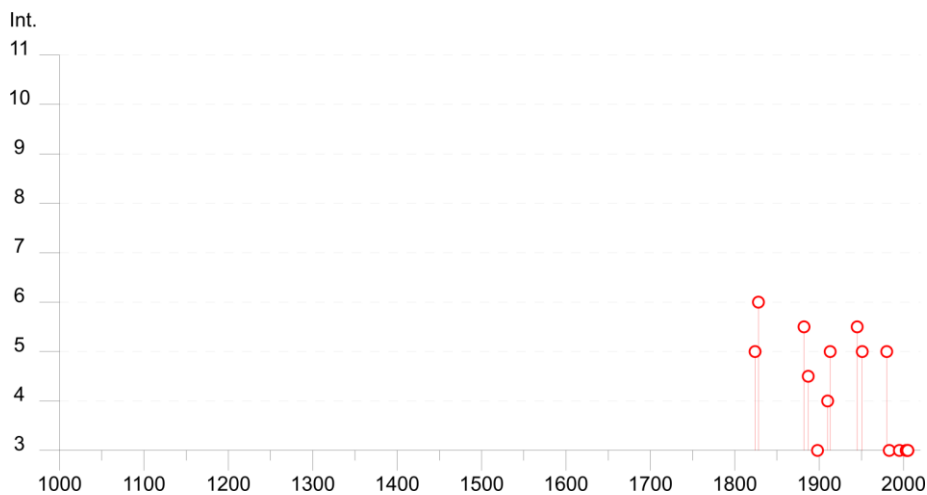
## 2.2 Sismicità del territorio

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità, evidenziando sia la distribuzione spaziotemporale degli eventi sia l'intensità degli stessi; in secondo luogo, occorre effettuare una valutazione della pericolosità locale determinata dagli aspetti geologico-morfologici del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database DBMI15 (v. 4.0, aggiornato al gennaio 2022), utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15 v4.0, aggiornato al gennaio 2022), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative all'abitato di Bobbio.



Nella tabella di Fig. 7 sono elencati gli eventi che hanno interessato il comune di Bobbio; per ciascuno di essi è indicato: l’anno, il mese (Me), il giorno (Gi), l’ora (Ho), il minuto (Mi) ed, eventualmente, il secondo (Se) in cui l’evento si è verificato, nonché la denominazione dell’area epicentrale, il numero di dati di intensità macrosismica (NMDP), l’intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1824	02	04	21	50		Oltrepò Pavese	8	5	4.49
6	1828	10	09	02	20		Oltrepò Pavese	110	8	5.72
5-6	1882	02	15	05			Val Borbera	18	6	4.77
4-5	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
3	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
NF	1906	11	10	17	55		Alta Val di Taro	43	5	4.22
4	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7	5.26
NF	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
5	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
NF	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
2	1939	10	15	14	05		Garfagnana	62	6-7	4.96
5-6	1945	06	29	15	37	1	Oltrepò Pavese	31	7-8	5.10
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1980	11	23	18	34	5	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1980	12	23	12	01	0	Piacentino	69	6-7	4.57
3	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
3	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
3	2003	04	11	09	26	5	Valle Scrvia	78	6-7	4.81
3	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
3	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

Fig. 7. Eventi sismici verificatisi con effetti in corrispondenza del territorio di Bobbio (DBMI15).

Dalla lettura delle informazioni tabellate si evidenzia che per Bobbio la massima intensità al sito secondo la scala MCS (colonna Int.) si è registrata in occasione dell'evento del 09/10/1828 con area epicentrale in Oltrepò Pavese.

Tale valutazione trova riscontro anche in un altro studio elaborato per il Dipartimento della Protezione Civile, a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise: "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA.

La valutazione fatta da Regione Emilia-Romagna inserisce il territorio di Bobbio nella classe "6-7" (Fig. 8).

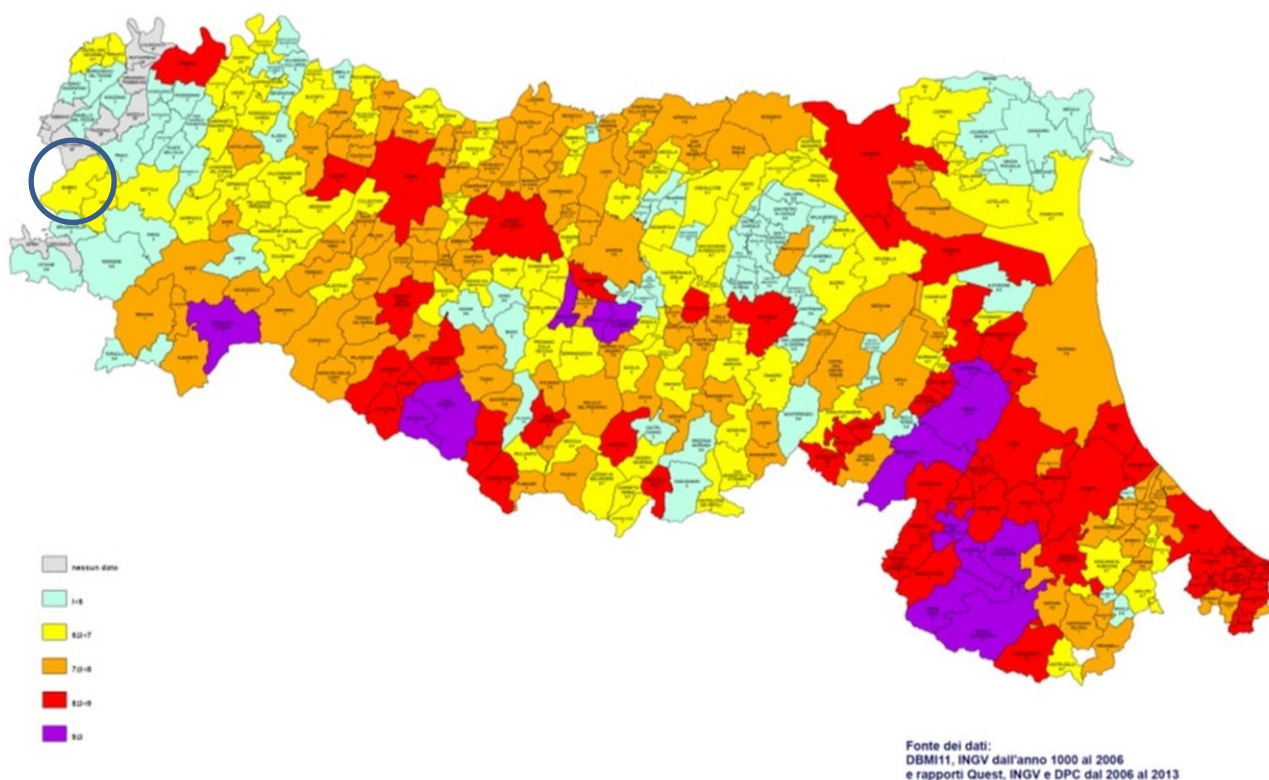


Fig. 8. Carta delle massime intensità macrosismiche risentite in Emilia-Romagna (1000-2017).

### 2.3 Classificazione sismica comunale

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

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta (S=12), media (S=9) e bassa (S=6), contemplate nella Legge 64/74, mentre la zona 4 è di nuova introduzione. Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Fig. 9).

Di fatto, vengono eliminate le aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La Regione Emilia-Romagna, con [DGR 1164 del 23/07/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna"](#), ha aggiornato quanto definito nella precedente classificazione (Fig. 10).

La classificazione vigente identifica il Comune di Bobbio in zona 3, a cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra  $0,05 \cdot g$  e  $0,15 \cdot g$ .

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Fig. 9. Zona sismica - Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g$ ).

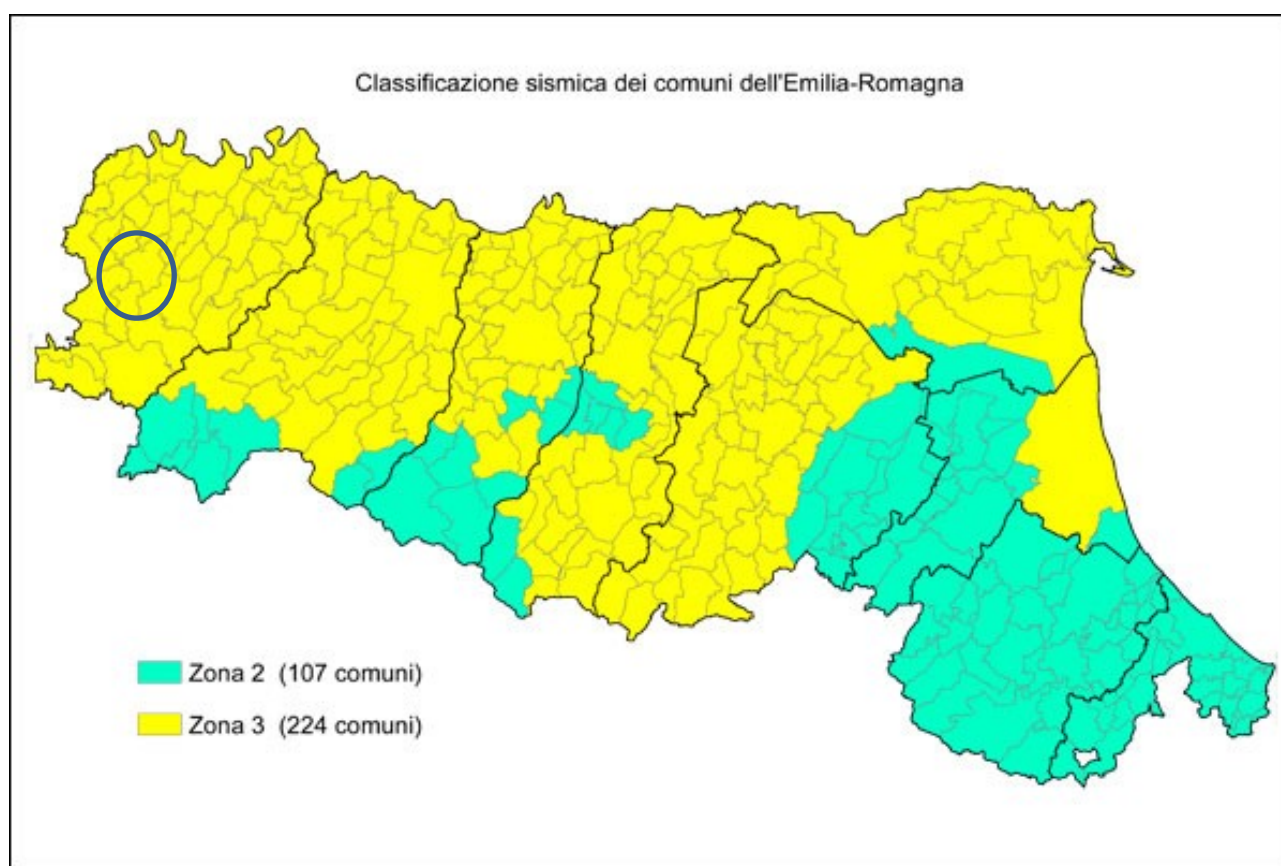


Fig. 10. Classificazione sismica della Regione Emilia-Romagna, 2018.

Con l'obiettivo di ridurre il rischio sismico, in adempimento agli obblighi della normativa nazionale, la Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione dell'Assemblea legislativa n. 112 del 2 maggio 2007, ha approvato l'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 di microzonazione sismica in Emilia Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica". L'atto di indirizzo è stato aggiornato con DGR n° 2193/2015 e, più recentemente, con DGR n° 630/2019, cui seguono aggiornamenti parziali del solo Allegato 4 con DGR n° 476/2021 (e integrazione DGR 564/2021).

Scopo di tali documenti è quello di fornire i criteri per la microzonazione sismica del territorio, in modo da orientare le scelte verso le aree caratterizzate da minore pericolosità sismica, e per l'individuazione delle aree per soggette a effetti locali.

In questi documenti si afferma che la pericolosità sismica dipende sia dalle caratteristiche sismiche dell'area, cioè dalle sorgenti sismiche, ossia dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica di base"), sia dalle caratteristiche geologiche e morfologiche del territorio. Queste ultime, infatti, possono modificare le caratteristiche del moto sismico in superficie e costituire elementi predisponenti al verificarsi di effetti locali quali: fenomeni di amplificazione o di instabilità dei terreni (aspetti comunemente indicati come "pericolosità sismica locale").

Conseguentemente, gli studi della pericolosità sismica hanno come obiettivo:

- l'individuazione delle aree dove, in occasione dei terremoti attesi, possono verificarsi effetti locali;
- la suddivisione del territorio in sottozone a diversa pericolosità sismica locale (Microzonazione Sismica, MZ);
- la stima quantitativa della risposta sismica locale dei depositi e delle morfologie presenti nell'area di indagine (Analisi della Risposta Sismica Locale, RSL).

Per questi studi sono previsti diversi livelli di approfondimento:

- Livello 1: volto a definire gli scenari di pericolosità sismica locale, cioè a identificare le parti di territorio suscettibili di effetti locali (amplificazione del moto sismico, instabilità dei versanti, fenomeni di liquefazione, rotture del terreno, ecc.).

Sulla base dei risultati della prima fase, nella seconda fase si attuano due diversi livelli di approfondimento:

- Livello 2: un'analisi semplificata è richiesta per la predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale.
- Livello 3: un'analisi approfondita
  - può essere svolta dal Comune nell'ambito della predisposizione e approvazione degli strumenti generali di pianificazione urbanistica comunale, al fine di accertare gli effettivi fattori limitanti o condizionanti le trasformazioni urbane presenti in detti areali;
  - è comunque richiesta obbligatoriamente per la predisposizione e approvazione degli strumenti di pianificazione urbanistica attuativa che prevedano la localizzazione e l'attuazione in detti areali dei seguenti interventi:
    - 1. nuove urbanizzazioni;
    - 2. l'addensamento e la sostituzione urbana
    - 3. la ristrutturazione urbanistica
    - 4. edifici di interesse strategico e opere infrastrutturali la cui funzionalità durante gli interventi sismici assume rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile e edifici e opere infrastrutturali che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso.



### 3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

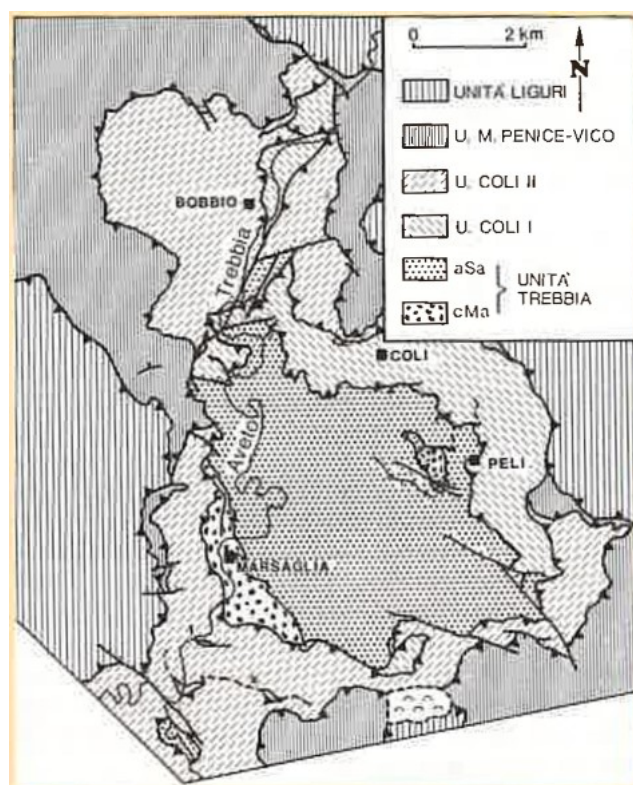
#### 3.1 Inquadramento geologico

L'Appennino Settentrionale è il risultato della sovrapposizione tettonica di due grandi insiemi, diversi per litologia, struttura ed origine paleogeografica: un Insieme Esterno Umbro-toscano e un Insieme Interno Ligure-emiliano.

L'insieme Esterno è costituito essenzialmente da uno zoccolo continentale appartenente alla Placca Apula (Adriatico-Padana Auctt.) su cui poggiano, anche se scollate e deformate, le successioni mesozoico-terziarie che ne rappresentano l'originale copertura sedimentaria.

L'insieme Interno consta di una serie di unità tettoniche che si sono invece originate in un oceano – e per questo motivo si riscontra la presenza di ofioliti, rocce ignee basiche e ultrabasiche tipiche della litosfera oceanica - e sulla parte più assottigliata dei margini continentali adiacenti.

Queste unità hanno comunque abbandonato il loro substrato originario, che è scomparso in subduzione, per sovrascorrere da ovest verso est (vergenza appenninica) l'Insieme Esterno, il quale ha avuto il ruolo di avampaese, andando a costituire una coltre alloctona.



La catena deriva quindi dalla complessa deformazione di sedimenti depositi in differenti domini paleogeografici meso-cenozoici: il **Dominio ligure**, corrispondente in larga misura all'area oceanica, il **Dominio epiligure**, che si imposta a partire dall'Eocene medio sulle unità liguri già tettonizzate, il **Dominio subligure**, sviluppato sulla crosta assottigliata africana adiacente alla zona oceanica, e il **Dominio toscano-umbro**, di pertinenza africana.

Dal punto di vista strutturale, il Comune di Bobbio insiste in parte (nel settore SE, lungo l'asta fluviale del F. Trebbia) su di una delle strutture più significative dell'Appennino settentrionale, definita "**Finestra di Bobbio**" (Fig.11).

Fig. 11. Schema geologico della "Finestra di Bobbio", in cui sono rappresentate: Unità liguri, Unità Subliguri (U.M. Penice e Vico) e Unità Toscane (Unità Trebbia con le sottounità di Coli e di Bobbio).

Tale struttura è immaginabile come una vasta antiforمة di unità tettoniche orientata in direzione NNW-SSE in corrispondenza della quale affiorano i livelli strutturali più profondi. Ecco che, al di sotto delle Unità Liguri e Subliguri più antiche, affiorano le unità più recenti riferibili al Dominio Toscano.

In Fig. 12 è riportato un estratto della Carta Geologica di Sintesi della Regione Emilia-Romagna, in cui è possibile osservare che l'area oggetto di studio è costituita da domini prevalentemente liguri nella maggior parte del suo areale e da domini subliguri e toско-umbri nella sua porzione meridionale ("Finestra di Bobbio").

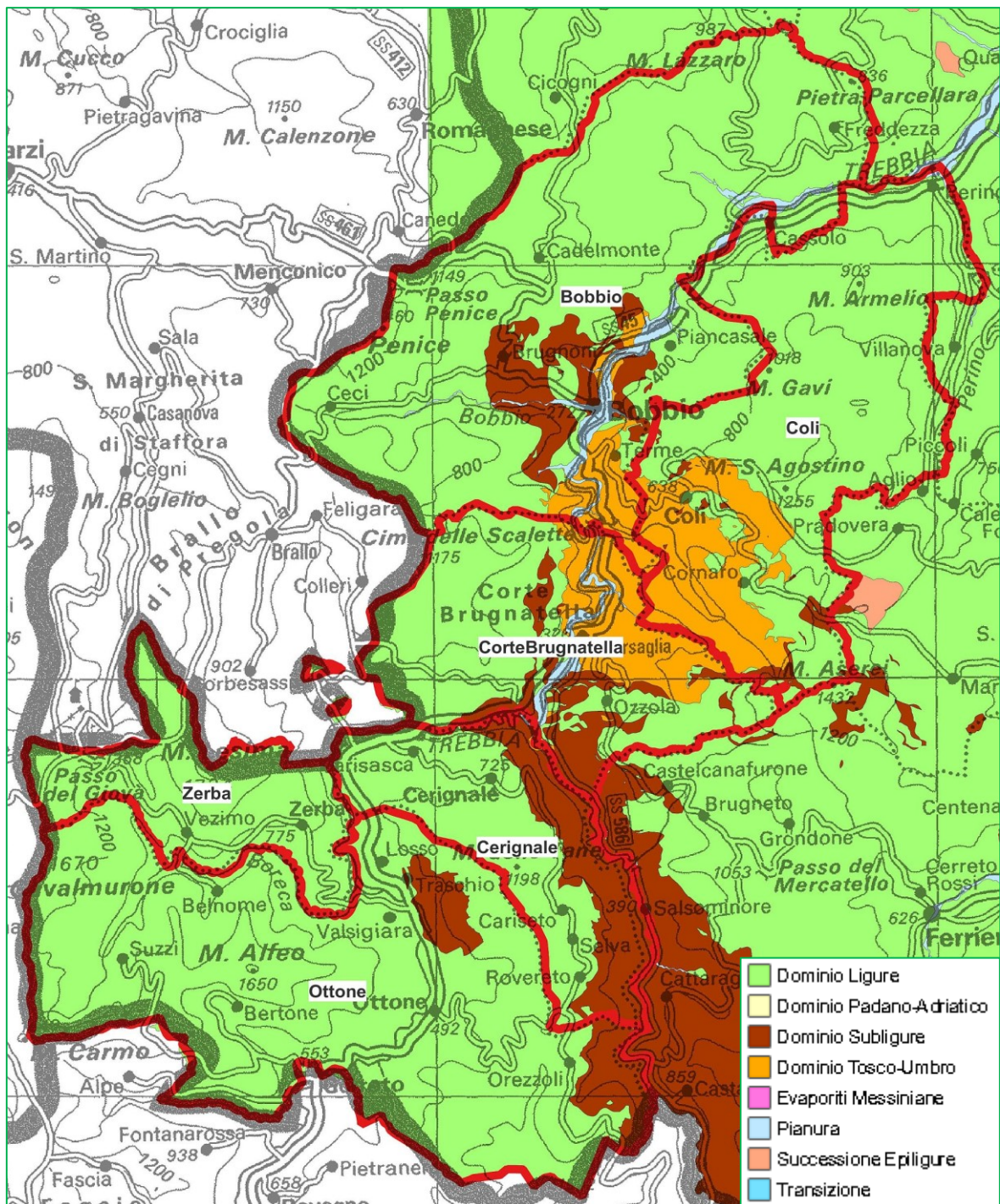


Fig. 12. Estratto della Carta Geologica di sintesi della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).



Nell'ambito del territorio comunale tali domini sono rappresentati dalle seguenti unità litostratigrafiche principali (Fig. 13):

- Unità appartenenti al Dominio Ligure

**Unità Tettonica di Bettola:** comprendente la **Formazione di Val Luretta (VLU)** (Paleocene-Eocene), che si individua come un unico lembo affiorante nel settore settentrionale, al confine con il Comune di Travo, in prossimità della località Brodo.

**Unità Tettonica Cassio:** comprendente una Sottounità Calenzone, costituita da **Flysch di Monte Cassio (MCS)** (Cretacico sup.) affiorante nella porzione settentrionale del territorio comunale (tra la Piana Caldarola e Piana della Crocetta), ed una Sottounità Scabiazza, comprendente le **Arenarie di Scabiazza (SCB)** (Cretacico Sup.), che affiorano nella parte nord-orientale e centrale del territorio comunale, e le **Argille a Palombini (APA)**.

**Unità Tettonica Monte delle Tane:** comprendente il **Complesso del Monte Ragola (MRAb)** (Cretacico sup.), presente a livello comunale nell'area centro-orientale.

- Unità appartenenti al Dominio Subligure

**Unità Tettonica Canetolo:** comprendente una Sottounità Penice (Paleocene – Eocene medio), costituita dal **Flysch di Monte Penice (PEN)** e affiorante nell'area occidentale del territorio comunale (da Vaccarezza a Monte Castello, Passo del Penice e Monte Penice, nella valle del T. Bobbio e in corrispondenza della località San Cristoforo), ed una Sottounità Vico (Eocene inf. - medio), costituita dalle **Argille e Calcari di Canetolo (ACC)**, presenti nelle zone sud-orientali del Comune ("Finestra di Bobbio").

**Unità tettonica Sanguinetto:** comprende le **Arenarie di Rio Fuino (ARF)** e la **Formazione di Salsominore (FSN)** ("Finestra di Bobbio").

- Unità appartenenti al Dominio Toscano

**Unità Tettonica Trebbia:** comprendente una Sottounità Coli (Miocene inf.), costituita da **Marne di Monte La Croce (MMC)**, ed una Sottounità Bobbio (Miocene inf.), costituita dalla **Formazione di Bobbio (BOB)** ("Finestra di Bobbio").

Di seguito vengono descritte le unità principali sopracitate, insieme ad altre unità che affiorano in lembi isolati sul territorio comunale:

La **Formazione di Val Luretta (VLU)** è costituita torbiditi di bacino relativamente profondo ed è una formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa. All'interno del territorio comunale affiora il **Membro di Poviago VLU<sub>1</sub>**, membro basale costituito da arenarie grigio-nocciola, medie e fini, localmente gradate, e marne siltose in strati medi e spessi. Localmente è stata distinta una litofacies arenaceo-pelitica (**VLU<sub>1a</sub>**).

Il **Flysch di Monte Cassio (MCS)** è costituito da torbiditi a base calcarenitica fine e media passanti a marne calcaree grigio-biancastre e da marne e calcari marnosi passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso. Sono presenti intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. È documentata inoltre la presenza di argilliti nere, non carbonatiche, in strati molto sottili. Si tratta quindi di torbiditi e di fanghi intrabacinali, di ambiente di piana, al di sotto della superficie di compensazione dei carbonati.

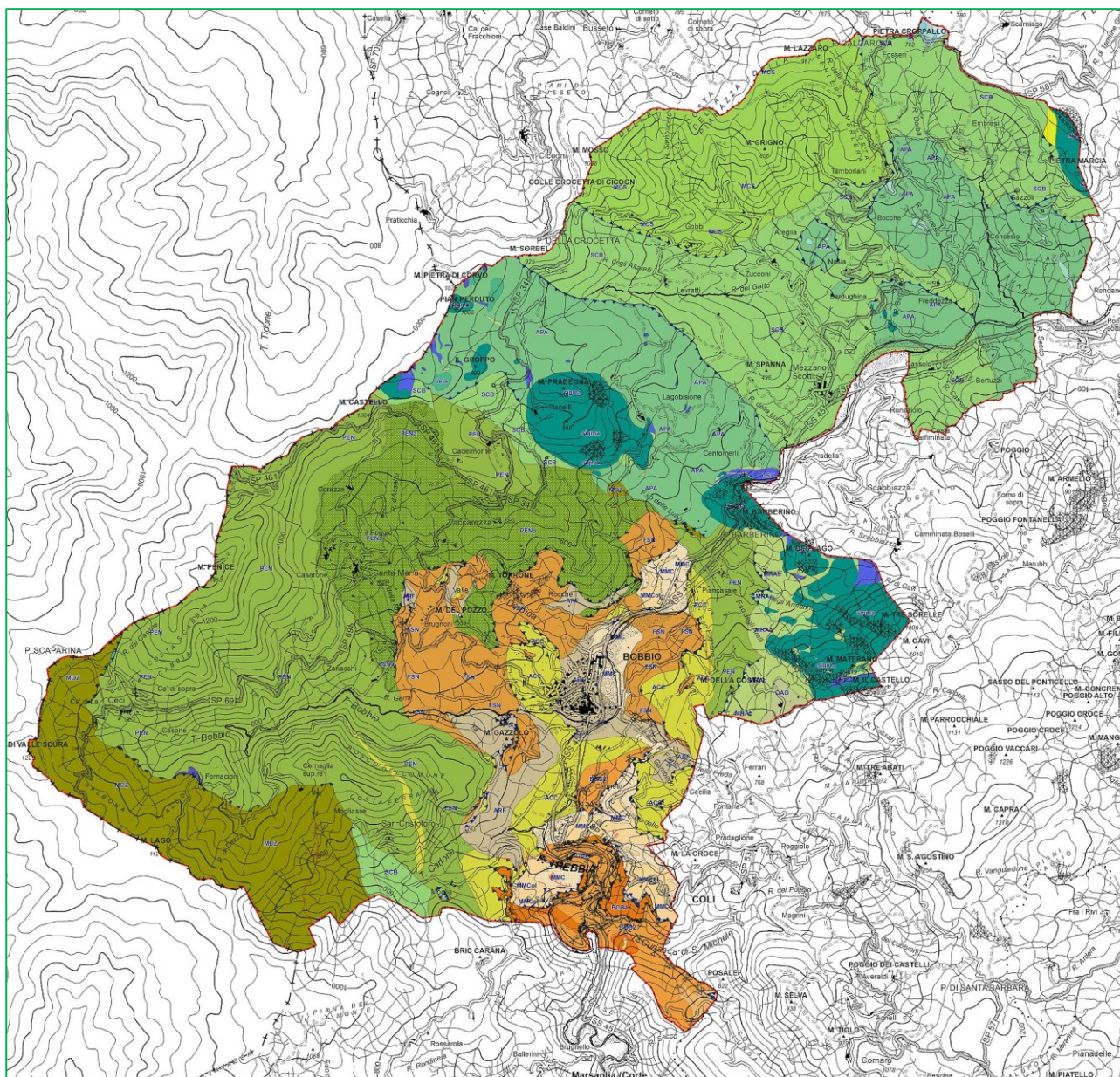


Fig. 13. Estratto della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).

Le **Arenarie di Scabiazza (SCB)** sono dei depositi torbiditici strutturalmente ordinati, costituiti da alternanze di livelli lapidei (arenarie cementate, calcareniti, calcilutiti) e di livelli pelitici, con livelli pelitici prevalenti.

Le **Argille a Palombini (APA)** sono costituite in prevalenza da argille che, a causa della loro storia tettonica, risultano intensamente piegate e fratturate dalla scala dell'affioramento fino alla scala del campione (cosiddette "Argille Scagliose"). In particolare, si tratta di strati argillosi con rari interstrati calcarei e calcareo-silicei (Palombini) abitualmente disarticolati.

La relativamente elevata permeabilità di questi interstrati può localmente consentire l'infiltrazione di acque superficiali, favorendo l'ammollimento delle argille, con conseguente innesco di frane anche in corrispondenza di versanti a debole pendenza. Trattandosi di una formazione rocciosa facilmente erodibile e predisposta a dissesti idrogeologici, lo sviluppo del suolo vegetale è alquanto ridotto.



Il **Complesso del Monte Ragola (MRAb)** è costituito da litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica, con clasti eterometrici da angolari a subarrotondati. Gli strati sono molto spessi (banchi) e a geometria lenticolare. Le brecce monogeniche sono costituite da clasti calcarei e lembi formazionali intensamente fratturati riferibili alle Argille a Palombini. Le brecce poligeniche hanno clasti di calcari, serpentiniti, ultramafiti, oficalciti, calcareniti, graniti granitoidi, granuliti quarzo-feldspatiche e basiche e basalti.

Le **Arenarie di Casanova (CSU)** sono caratterizzate da ruditi, peliti e areniti verdastre o grigio scure medio-grossolane a composizione marcatamente ofiolitica e subordinatamente sedimentaria, in strati gradati da medi a molto spessi. Frequenti le intercalazioni di areniti medio-fini e peliti scure, in strati gradati da medio-sottili a spessi, e di calcari marnosi e marne in strati spessi e molto spessi. Le Arenarie di Casanova affiorano in piccoli lembi distribuiti nella fascia centrale del Comune in corrispondenza delle Unità Serpentiniti (Sigma).

Le **Serpentiniti (Sigma)** sono caratterizzate da materiale lapideo massiccio non stratificato o con bancate di spessore >3m. Possono rientrare in questa classe anche le brecce ed i conglomerati ad elevato grado di cementazione, le peridotiti lherzolitiche serpentinite di colore scuro (verde chiaro all'alterazione). Le serpentiniti affiorano generalmente in corrispondenza dei rilievi più elevati: Monte Pradegna, Monte Barberino, Monte Tre Sorelle, Monte Materano e Monte Il Castello.

La **Formazione di Mogliazze (MOZ)** appartiene al Dominio Ligure ed è costituita da depositi torbiditici: intercalazioni ritmiche in strati molto spessi (o banchi) di peliti marnose ed arenarie fini gradate. Affiora nella porzione meridionale del territorio comunale tra P. Scaparina e la località Mogliazze.

Il **Flysch di Monte Penice (PEN)** risulta caratterizzato da calcari marnosi, calcari e marne a base arenitica, talora biocalcarenitica, in strati gradati generalmente spessi e molto spessi. Sono presenti intercalazioni di peliti grigio-verdi non carbonatiche in strati sottili, di areniti fini silicoclastiche in strati gradati medi e sottili e di argilliti di colore rosso vinato. Nella parte alta della Formazione affiora una litofacies costituita da calcilutiti silicee e peliti nere in strati da sottili a spessi **PEN<sub>a</sub>**: si tratta di una litofacies argilloso-calcareo.

Le **Argille e Calcari di Canetolo (ACC)** sono caratterizzate da argilliti grigio-nere in strati medi e spessi alternate a calcilutiti grigie o grigio-scure in strati medio-sottili e calcari marnosi in strati spessi e molto spessi. Sono presenti intercalazioni di areniti, spesso bioclastiche, e siltiti in strati gradati e laminati medio-sottili.

Le **Arenarie di Rio Fuino (ARF)** risultano costituite da arenarie da medie a molto fini e peliti grigio-verdi in strati gradati medio-sottili, talora spessi. Gli strati mostrano frequentemente intensa bioturbazione per tutto il loro spessore. Alla base sono presenti corpi di ACC interpretabili o come base stratigrafica di questa formazione o come olistoliti all'interno di essa.

La **Formazione di Salsominore (FSN)** appartiene al Dominio Subligure ed è caratterizzata da peliti carbonatiche a stratificazione indistinta alternate a siltiti o arenarie fini-finissime in strati sottili. Sono presenti anche intercalazioni di emipelagiti e torbiditi fini con depositi da scivolamento in massa e da colata di detrito. Sono frequenti le intercalazioni di brecce mono- e poligeniche, con olistoliti di ACC, e ARF - **FSN<sub>ol</sub>** (litofacies a brecce argillose).

Le **Marne di Monte La Croce (MMC)** si presentano costituite da marne grigio-azzurre (alterate con patine giallastre) a stratificazione indistinta, frequentemente alternate a strati sottili e medi di marne con alla base

pochi mm di silt o di arenaria finissima. Frequenti sono le intercalazioni di breccie mono- e poligeniche a matrice pelitica: litofacies a breccie argillose – **MMC<sub>01</sub>**.

Il **Membro di Brugnello (BOB<sub>1</sub>)** della **Formazione di Bobbio** è costituito da peliti grigie prevalenti in strati gradati generalmente medio-sottili a base arenacea a grana fine-finissima ( $A/P \ll 1$ ). Nella parte basale prevalgono nettamente le peliti a stratificazione indistinta (**BOB<sub>1a</sub>** – litofacies pelitica) con intercalazioni di breccie monogeniche a matrice pelitica (**BOB<sub>101</sub>** – litofacies a breccie argillose), con clasti di ACC.

Il **Membro di S. Salvatore (BOB<sub>2</sub>)** della **Formazione di Bobbio** è caratterizzato da arenarie da fini a grossolane a composizione quarzoso-feldspatica, silti e peliti grigio-azzurre in strati gradati spessi, molto spessi e banchi. Gli strati sono frequentemente amalgamati e organizzati in pacchi con spessore da metrico a decametrico ( $A/P \gg 1$ ), cui si intercalano pacchi di strati medio-sottili di peliti grigie con alla base arenarie fini e molto fini ( $A/P \ll 1$ ). Quest'ultima facies diviene localmente prevalente (**BOB<sub>2a</sub>** – litofacies pelitico-arenacea di Peli) e contiene intercalazioni di breccie monogeniche a matrice pelitica (**BOB<sub>101</sub>** - litofacies a breccie argillose), con clasti di ACC.

Si segnala infine che nel territorio comunale di Bobbio sono stati istituiti tre geositi (Fig. 14):

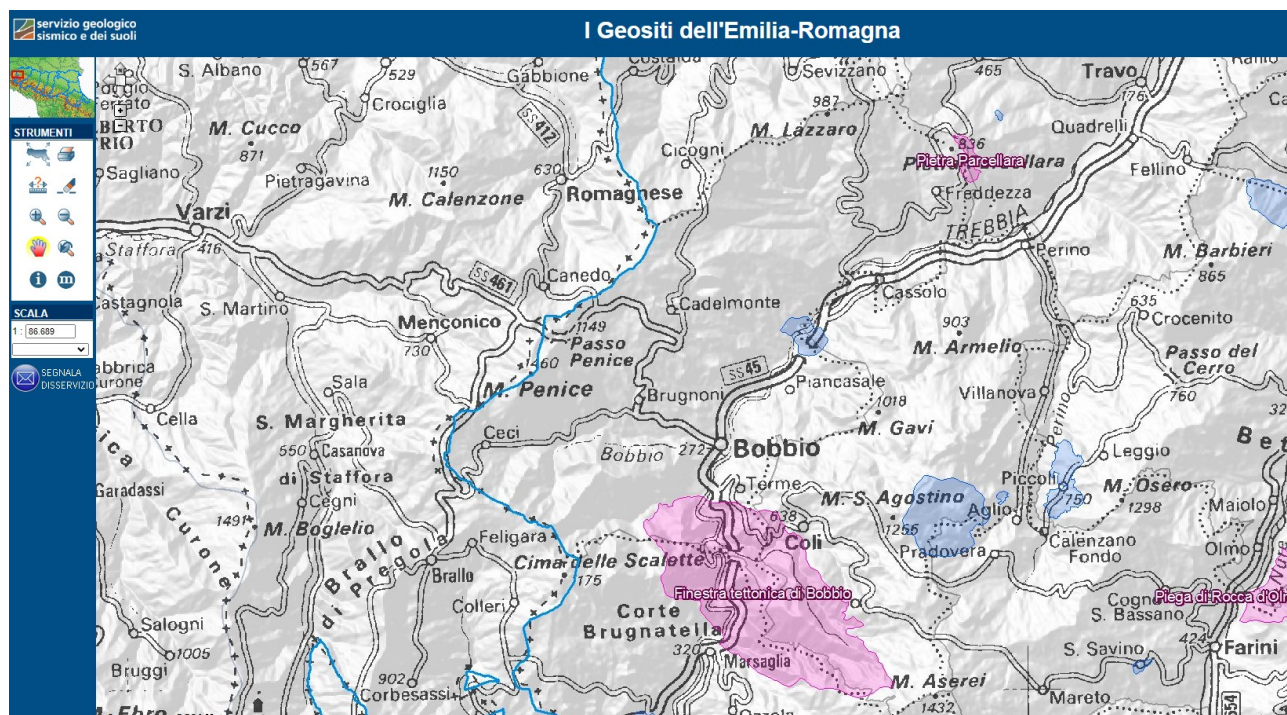


Fig. 14. Estratto del geoportale del Servizio Geologi Regionale "I Geositi dell'Emilia-Romagna".

- geosito di rilevanza regionale per interesse strutturale **Finestra tettonica di Bobbio**: "Tra Marsaglia e Bobbio la valle del Trebbia incide rocce sedimentarie torbiditiche prevalentemente arenacee riferite alla successione del Cervarola, affioranti in finestra tettonica ed esposte estesamente lungo i fianchi di spettacolari meandri incassati";
- geosito di rilevanza regionale per interesse geomorfologico **Pietra Parcellara**: "Spettacolare rilievo serpentinitico in forte risalto morfologico lungo il versante sinistro della val Trebbia; forma una sorta

*di dorsale rocciosa con pareti strapiombanti, che dalla sommità di Pietra Parcellara si allunga sino al rilievo di Pietra Marcia”;*

- geosito di rilevanza locale per interesse geomorfologico **Orrido di Barberino**: *“Tratto del F. Trebbia profondamente incassato tra serpentiniti. Lungo l'affioramento in sponda sinistra interessanti contatti tra serpentiniti, brecce poligeniche e Arenarie di Casanova, tra cui si apre la Grotta di San Colombano”.*

### 3.2 Inquadramento geomorfologico

Di seguito vengono descritti i principali lineamenti geomorfologici che caratterizzano il territorio comunale di Bobbio che appare irregolare e variamente acclive, ed è, chiaramente, in stretta connessione con l'assetto geolitologico del sottosuolo.

Difatti, i rilievi più aspri ed accentuati, così come i crinali si sono impostati dove il substrato roccioso è presente in condizioni affioranti e/o sub-affioranti (come MCS Flysch di Monte Cassio, PEN Flysch di Monte Penice e SIGMA Serpentiniti), mentre dove il paesaggio è modellato in terreni a facile erodibilità come la Formazione di Val Luretta (VLU), le Arenarie di Scabiazza (SCB) e le Argille a Palombini (APA) presenti nel settore settentrionale e centrale, assume forme generalmente più addolcite.

La facile erodibilità superficiale di quest'ultime litologie giustifica gli accumuli detritici di origine eluvio-colluviale che si rinvencono alla base dei versanti più acclivi, ovvero lungo i versanti a debole pendenza, ove all'azione della gravità si somma quella delle acque superficiali. Su queste litologie gli accumuli di frana risultano arealmente estesi anche se prevalentemente quiescenti.

I fenomeni di dissesto sul territorio comunale come si può osservare in Fig. 15 sono numerosi e di vario genere e grado, la spiegazione di un così diffuso fenomeno va ricondotta a molteplici cause:

- 1) Le caratteristiche litologiche rivestono importanza primaria, in quanto formazioni a componente prevalentemente pelitica e ricche di minerali argillosi facilmente rigonfiabili e plasticizzabili, se posti a contatto con acqua, sono maggiormente soggette a fenomeni di dissesto;
- 2) Il disarticolamento delle successioni stratificate, dovuto alle spinte orogenetiche che hanno prodotto dei campi di stress, con conseguenti fenomeni deformativi, sia di tipo duttile, sia di tipo fragile, che le hanno profondamente scompaginate alterandone le caratteristiche reologiche originarie.
- 3) l'infossamento dei corsi d'acqua.

Di seguito si elencano le forme deposizionali e i processi di versante presenti nel territorio comunali:

Le principali forme deposizionali sono ubicate lungo l'asta del F. Trebbia:

- Alluvioni attuali mobilizzabili dell'alveo attivo (b1).
- Alluvioni medio recenti (AES): caratterizzate da ghiaie prevalenti in scarsa matrice sabbioso limosa con copertura di suolo poco sviluppata e sopraelevati di circa 1,0 – 2,0 m rispetto alle alluvioni attuali.

I depositi dovuti all'azione della gravità e delle acque superficiali che scorrono lungo i versanti che spesso risultano di tipo misto, sono i seguenti:



- Frane in evoluzione (a1): Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica. Presentano evidenze di movimenti in atto;
- Frane quiescenti (a2): Accumuli caotici di elementi litoidi in matrice pelitica, attualmente quiescenti;
- Depositi di versante (a3): Depositi eterogenei ed eterometrici accumulati per gravità e ruscellamento lungo i versanti;
- Depositi eluvio colluviali (a4): Coperture detritiche costituite prevalentemente da frammenti litici immersi in matrice pelitica, talora sabbiosa;
- Depositi di falda (a6): Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi.

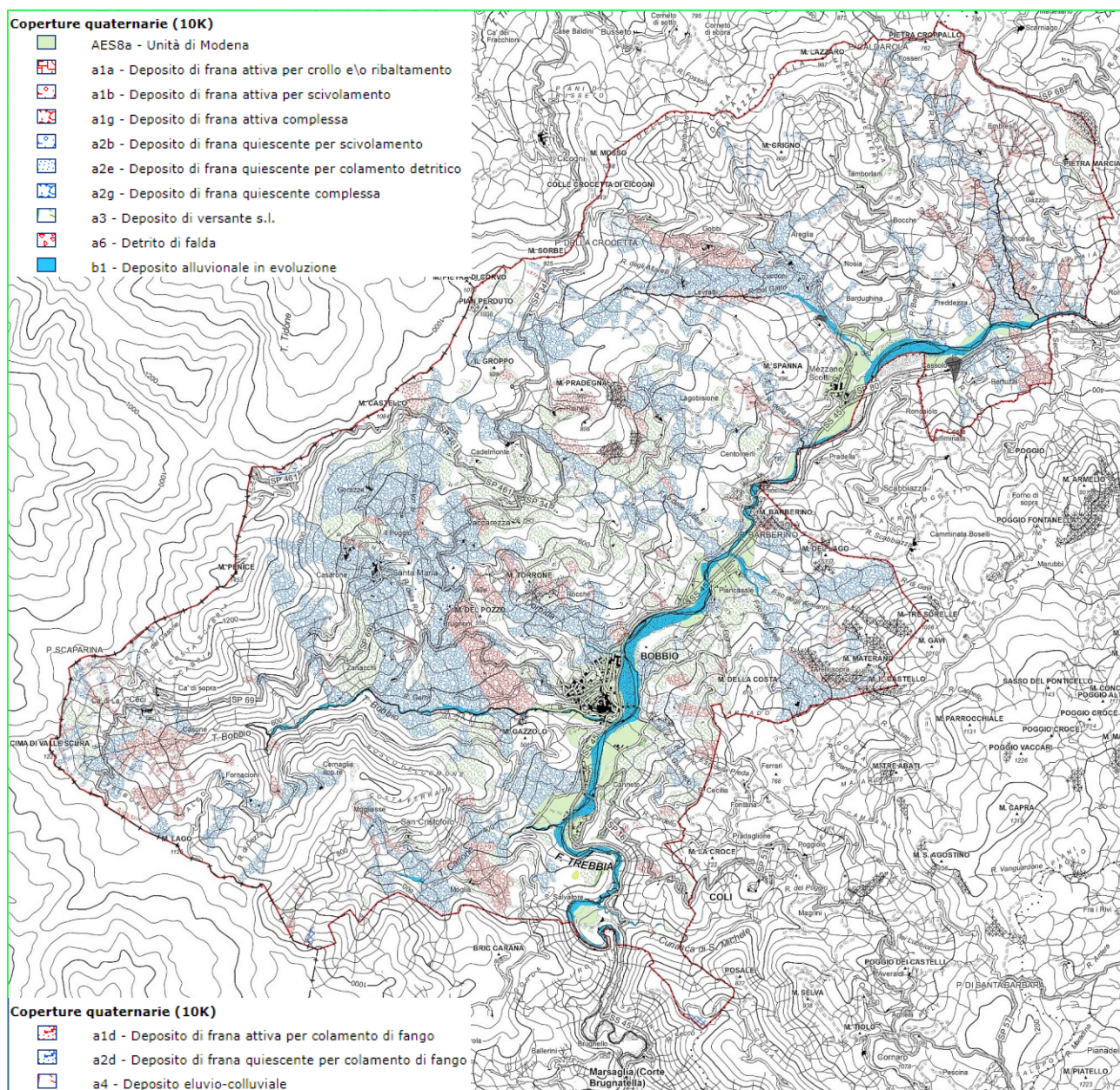


Fig. 15. Estratto della carta delle coperture quaternarie della Carta Geologica 1:10.000 della Regione Emilia-Romagna (fuori scala).



#### 4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Ai fini della ricostruzione dettagliata del Modello geologico di sottosuolo, della realizzazione della Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS) e della Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni, tutti prodotti nel livello 1, è stata effettuata un'approfondita ricerca bibliografica dei dati geotecnici e geofisici presenti negli areali oggetto di studio e sono state acquisite 33 prove HVSR (oltre alle 11 prove pregresse).

In particolare, sono stati consultati:

- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 179 “Ponte dell’Olio”, Foglio 197 “Bobbio”, Foglio 196 “Cabella Ligure” e relative Note Illustrative;
- Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, scala 1: 10.000 e portale cartografico online (database prove sottosuolo);
- Portale del Servizio Geologico d'Italia (ISPRA), in particolare l'archivio 'Indagini del sottosuolo' (L. 464/84);
- Archivi comunali ed Indagini geologico-tecniche di supporto agli strumenti urbanistici vigenti forniti dall’Ufficio Tecnico o studi di frane.

Nel secondo livello sono state integrate nuove indagini: sono state dunque acquisite 86 nuove prove HVSR e 27 prove MASW.

Sulla base di questi nuovi dati, sono stati revisionati e aggiornati i prodotti di primo livello; sono state inoltre realizzate: la Carta delle velocità delle onde di taglio Vs, le Carte di Microzonazione sismica di secondo livello e la Carta della distribuzione dei valori di  $H_{SM}$ .

In totale, sono stati inseriti (Fig. 16) i dati relativi a:

- n. 172 indagini puntuali
- n. 84 indagini lineari

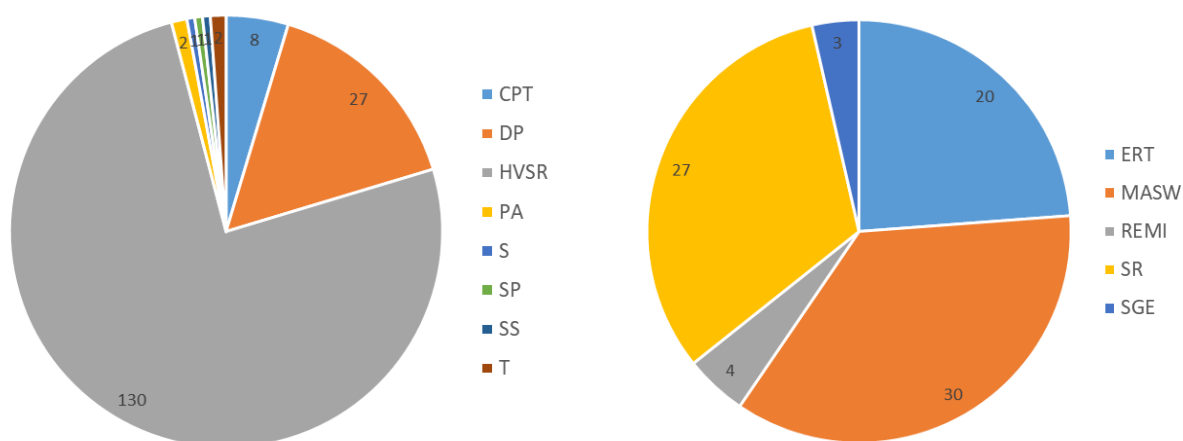


Fig. 16. Suddivisione per tipologia delle informazioni raccolte (indagini puntuali a sinistra e lineari a destra).

Le ubicazioni delle indagini raccolte, sia pregresse che di nuova realizzazione, sono state riportate nella Tav.01 - Carta delle Indagini, realizzata in formato digitale (pdf) in scala 1: 10.000.

I dati sono stati rappresentati in forma simbolica e per tipologia, utilizzando la legenda e le simbologie previste dagli 'Standard di Rappresentazione e Archiviazione Informatica' redatti dal DPC (versione 4.2, dicembre 2020).

## 5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

La base per uno studio di microzonazione sismica è la definizione, quanto più accurata possibile, del modello geologico del sottosuolo, sviluppata al fine di ricostruire la successione stratigrafica del sottosuolo delle aree in esame e la profondità del substrato.

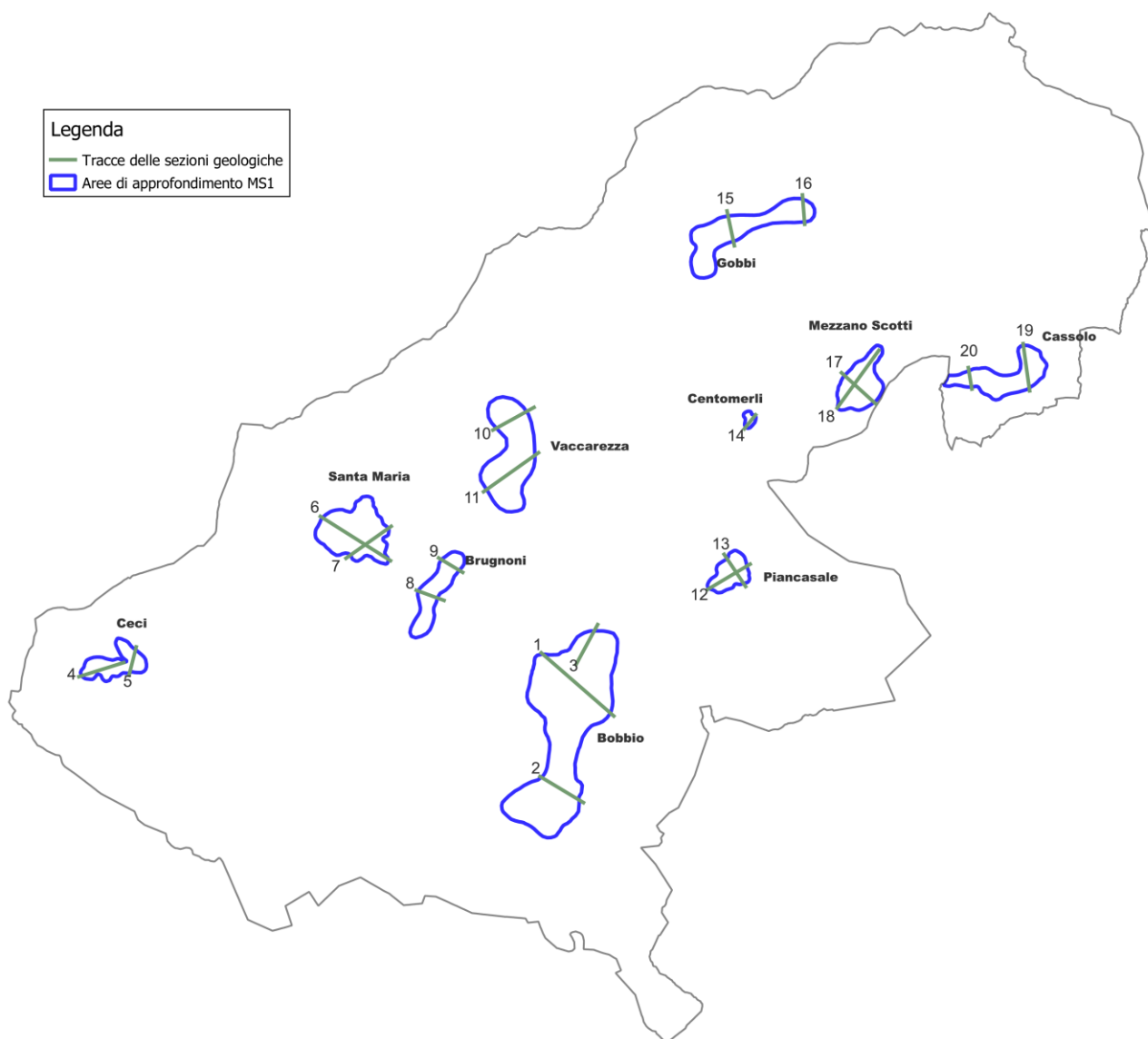


Fig. 17. Mappa d'insieme delle aree di approfondimento e relative sezioni geologico-tecniche.

Per l'area comunale di Bobbio, il modello del sottosuolo è stato ricostruito sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche pregresse disponibili e delle differenti cartografie tematiche del Servizio Geologico regionale, a diverse scale di dettaglio.

Il modello del sottosuolo per l'area comunale di Bobbio è stato ricostruito sulla base dei risultati delle indagini geognostiche e geofisiche visionate.

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale, nella Tavola allegata alla presente Relazione, sono proposte 20 sezioni geologico-tecniche orientate sia trasversalmente che longitudinalmente ai principali elementi geologici/geomorfolologici riscontrabili nelle aree di approfondimento (Fig. 17).

A titolo esemplificativo, è mostrata una sezione fra quelle riportate nella tavola allegata (Fig. 18).

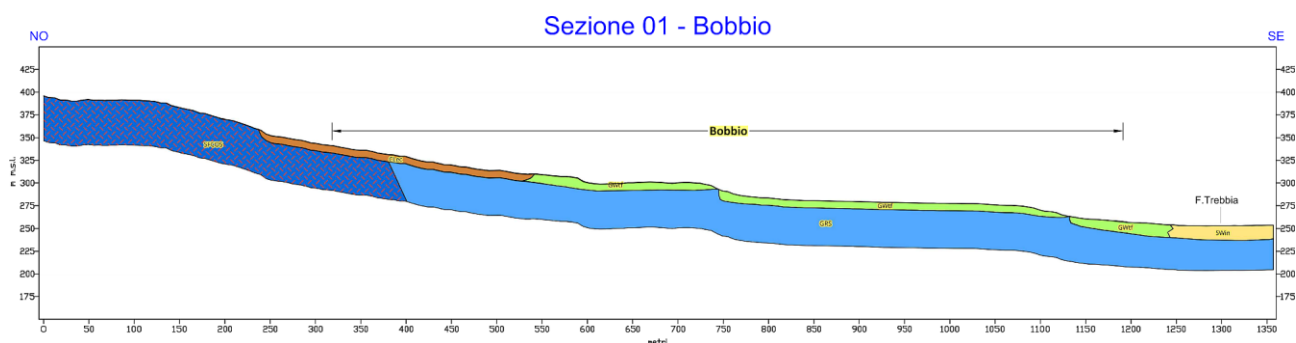


Fig. 18. Stralcio della Sezione n. 1 (Bobbio).

## 6 INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La definizione del modello del sottosuolo, descritto nel capitolo precedente, deriva dal combinato disposto dei seguenti dati:

- geologia di vasta area del contesto comunale e intercomunale in esame;
- indagini dirette e indirette eseguite nel territorio comunale nel corso degli anni, loro numerosità e posizione;
- studi precedenti su scala regionale realizzati da altri autori a supporto di altri lavori;
- prove acquisite ex novo: misure di microtremore ambientale (HVSr) e prove in array tipo MASW.

L'analisi combinata di tali dati ha dunque permesso di differenziare le coperture presenti sulla base delle loro caratteristiche litotecniche: l'area oggetto di studio presenta un'estrema mutevolezza morfologica, dunque importanti incertezze legate, in particolare, a:

- estensione del territorio, dunque considerevole variabilità geologica, tipica del contesto appenninico;
- talvolta esiguo numero di indagini disponibili all'interno delle aree oggetto di approfondimento;
- livello di affidabilità delle prove raccolte, talora non sufficiente all'ottenimento di informazioni precise.

Comunque, l'acquisizione di nuove prove ha consentito di ricavare informazioni aggiuntive, quindi di aggiornare il modello del terreno che era stato proposto nel primo livello.



## 7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

La ricostruzione del modello del sottosuolo, lo studio geomorfologico dell'area e l'analisi dei dati geofisici e geotecnici esistenti e di nuova acquisizione (par. 4), hanno permesso di produrre i diversi elaborati e prodotti cartografici richiesti dal secondo livello di approfondimento. Tutti i prodotti cartografici sono stati realizzati in scala 1:10.000.

Sulla base degli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province autonome (Versione 4.2), i risultati dello studio di Microzonazione Sismica (Livello 1 e 2) sono rappresentati dai seguenti prodotti:

- **Carta delle Indagini**, dove sono riportate le indagini pregresse e quelle acquisite nel corso della campagna di raccolta dati effettuata.
- **Carta Geologico Tecnica per la Microzonazione Sismica (CGT\_MS)**, in cui è rappresentata una sintesi degli elementi geologici e geomorfologici presenti all'interno dell'area di studio, tale da poter visualizzare la distribuzione dei terreni di copertura.
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni  $f_0$** , che riporta l'ubicazione dei punti di misura delle prove di sismica passiva a stazione singola (HVSr) e l'indicazione del valore  $f_0$  del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale del terreno.
- **Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)**, che mostra la divisione del territorio in: zone stabili, zone suscettibili di amplificazioni e zone suscettibili di instabilità.
- **Carta delle velocità delle onde di taglio S**, che contiene l'ubicazione delle prove MASW e l'indicazione, per ciascuna di esse, del valore di  $V_{sH}$ , che corrisponde alla velocità dello spessore equivalente di copertura al di sopra del bedrock sismico o alla velocità del substrato se affiorante.
- **Carte di Microzonazione Sismica (MS)**: si tratta di carte che rappresentano le amplificazioni stimate, per ciascuna MOPS, tramite procedure semplificate.
- **Carta della distribuzione dei valori di  $H_{SM}$** , parametro che esprime lo scuotimento atteso in superficie, espresso in frazione di g.

## 8 ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 Carta delle indagini

La carta delle indagini è comprensiva di tutte le indagini, pregresse e di nuova esecuzione, che sono comprese all'interno del territorio comunale. Esse sono state distinte, in base alla tipologia, in:

- Indagini puntuali
  - CPT prova penetrometrica statica con punta meccanica
  - DP prova penetrometrica dinamica pesante
  - HVSr misura di microtremore sismico a stazione singola
  - PA pozzo per acqua
  - S sondaggio a carotaggio continuo
  - SP sondaggio con piezometro
  - SS sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
  - T trincea / pozzetto esplorativo

- Indagini lineari
  - ERT Electrical Resistivity Tomography (Sezione Tomografia elettrica)
  - MW Multichannels Analysis Surface Waves (Prova M.A.S.W.)
  - RM Refraction Microtremor (Prova Re.Mi.)
  - SGE Sezione geologica
  - SR Seismic Refraction (Sezione sismica a rifrazione)

Al fine di apprezzare visivamente la distribuzione delle indagini puntuali, si riporta una mappa di densità delle informazioni puntuali raccolte sul territorio comunale (Fig. 19).

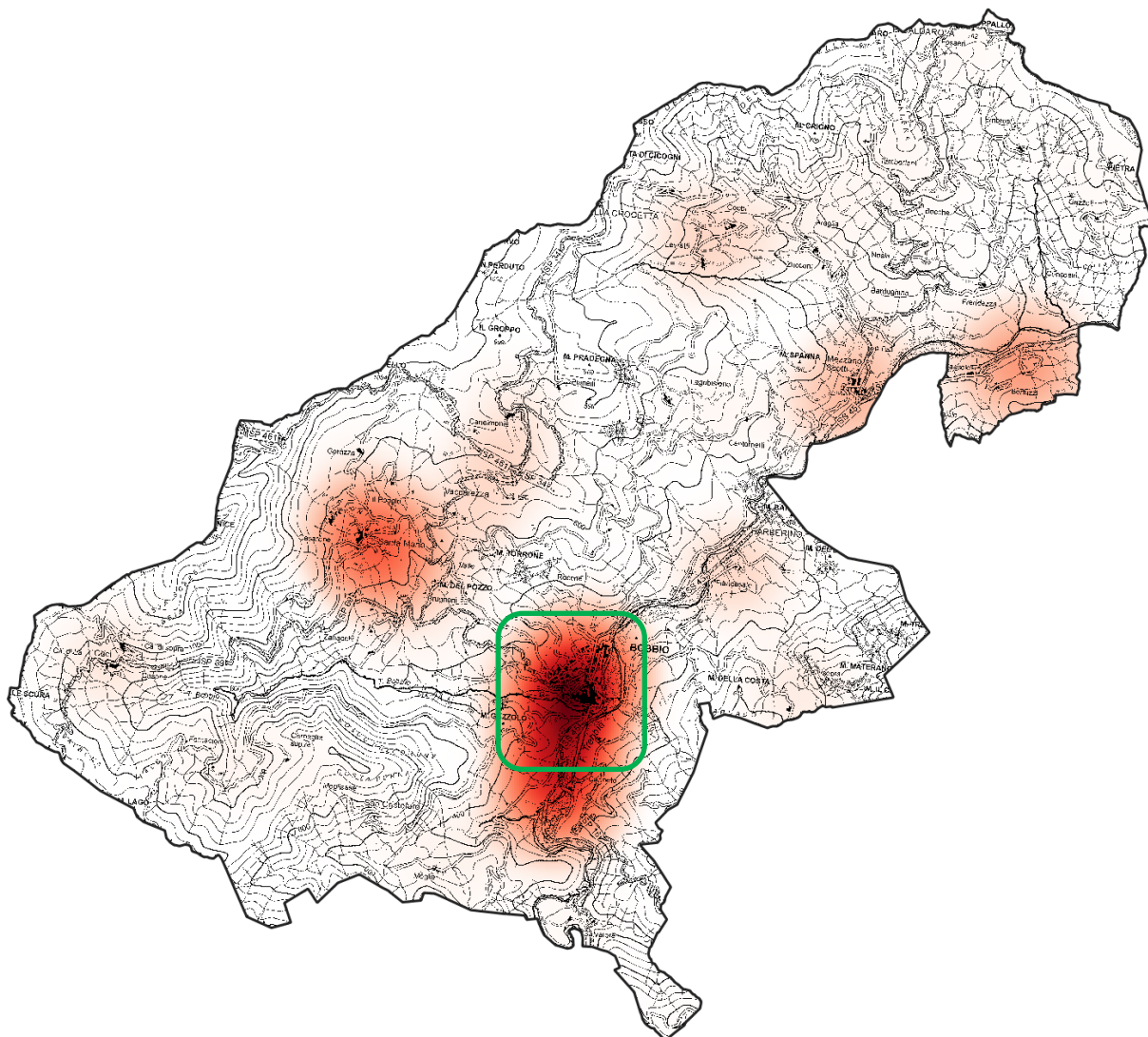


Fig. 19. Mappa di densità delle indagini puntuali raccolte (con riquadro verde Bobbio).

## 8.2 Carta Geologico-Tecnica per la microzonazione sismica (CGT\_MS)

Nella Carta Geologico-Tecnica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche/geofisiche pregresse. Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle MOPS (Livello 1).

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

- elaborati del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale vigente;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Foglio 197 “Bobbio”, Foglio 196 “Cabella Ligure”, realizzati secondo le indicazioni del Progetto CARG;
- Carta Geologica dell’Emilia-Romagna, scala 1: 10.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- Cartografia del dissesto della Regione Emilia-Romagna (webgis e geoportale);
- indagini puntuali (si veda il paragrafo precedente).

Nella Carta Geologico-Tecnica sono rappresentate le caratteristiche litologiche dei terreni dei primi cinque metri di profondità dal piano campagna, classificati sulla base della tessitura prevalente (Fig. 20).

La rappresentazione di un substrato affiorante corrisponde a una copertura di spessore inferiore a tre metri; la presenza del substrato geologico, nell’area di studio, è ricondotta alle seguenti unità geotecniche:

- ALS Alternanza di litotipi stratificato
- COS Coesivo sovraconsolidato stratificato
- GRS Granulare cementato stratificato
- LP Lapideo
- LPS Lapideo stratificato
- SFCOS Coesivo sovraconsolidato, stratificato fratturato / alterato
- SFISS Substrato geologico incoerente o poco consolidato, stratificato fratturato / alterato
- SFLP Substrato geologico lapideo fratturato / alterato

Sono inoltre rappresentati i terreni di copertura, classificati sulla base della tessitura prevalente e della loro genesi. Sulla base degli Standard di rappresentazione, sono state distinte le seguenti unità di copertura:

- CL Argille inorganiche di media-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose, argille magre, associate a depositi eluvio-colluviali (ec) e falda detritica (fd)
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo, associate ai terrazzi fluviali (tf)
- GW Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaia e sabbie, associate ai terrazzi fluviali (tf)
- LC Litoide di copertura, associato a falda detritica (fd)
- SW Sabbie pulite e ben assortite, sabbie ghiaiose, associabili a depositi di piana intramontana (in)

Le instabilità di versante sono identificate da un codice del tipo 30xy: in Tabella 1 sono riportate tutte le casistiche previste dagli ICMS/08. Nella tabella sono messe in evidenza le classi presenti all’interno del territorio comunale di Bobbio.

Infine, nella Carta sono stati riportati:

- giaciture di strato, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- faglie/fratture, da banca dati Geologia 10.000 Regione Emilia-Romagna,
- sondaggi che hanno raggiunto il substrato geologico,
- i depositi franosi, suddivisi per tipologia.



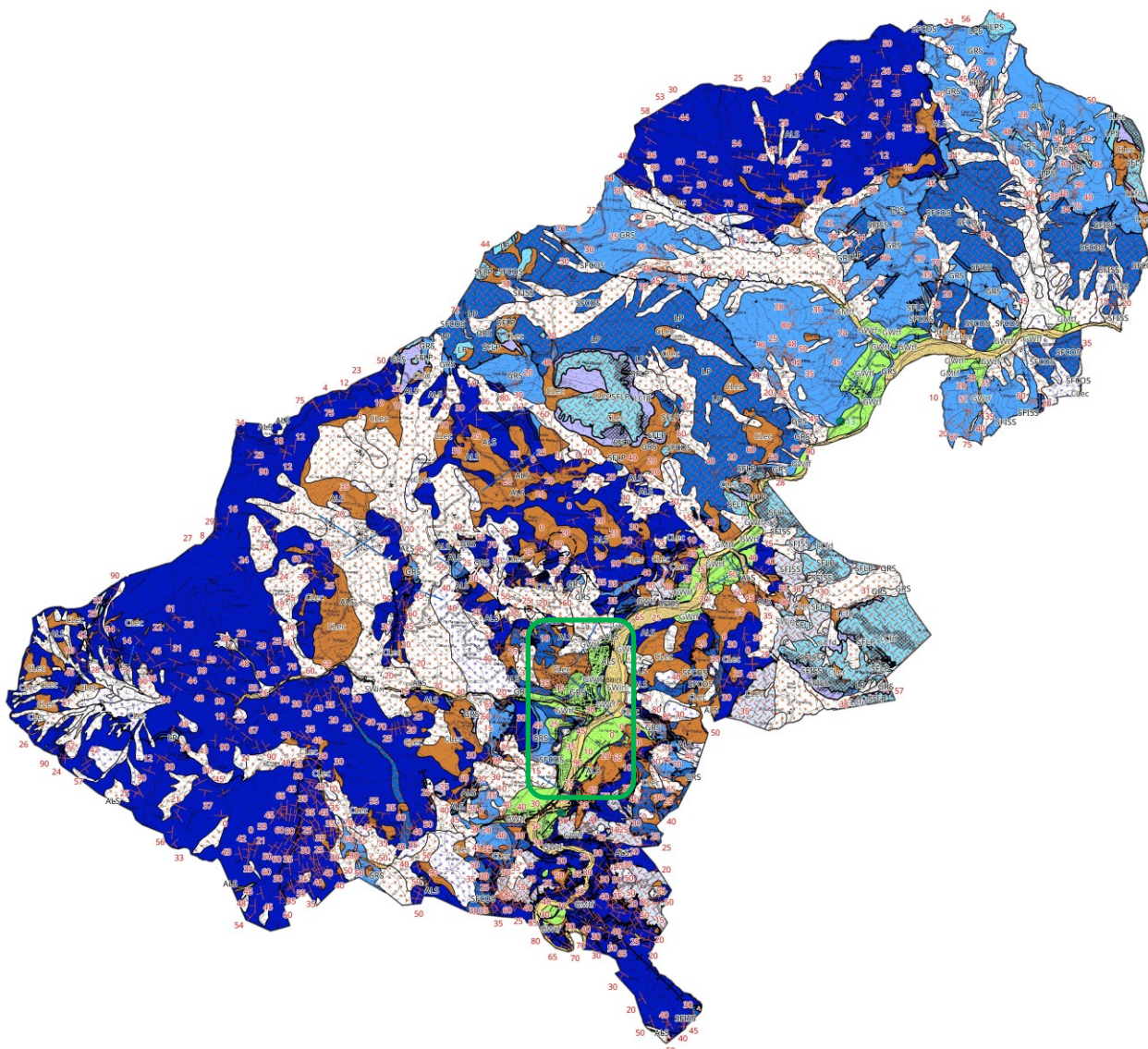


Fig. 20. Estratto della Carta Geologico-Tecnica (CGT\_MS) (fuori scala) (con riquadro verde Bobbio).

Tabella 1. Codici relativi alle instabilità di versante rappresentate nella CGT: in evidenza le tipologie che si riscontrano all’interno del territorio comunale di Bobbio.

Instabilità di versante	1 – crollo o ribaltamento	2 – scorrimento	3 – colata	4 – composta	5 – non definito
1 – attiva	3011	3012	3013	3014	3015
2 – quiescente	3021	3022	3023	3024	3025
3 – inattiva	3031	3032	3033	3034	3035
4 – non definita	3041	3042	3043	3044	3045



### 8.3 Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni

Sulla base dei dati HVSR acquisiti, è stata aggiornata la Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni, nella quale sono state riportate le ubicazioni dei punti di misura e i valori delle frequenze fondamentali (Fig. 21). Per ogni sito di misura, il valore di  $f_0$  si riferisce al picco, fra quelli eventualmente presenti, avente minore frequenza. Non sono stati presi in considerazione i picchi con frequenze superiori a 20 Hz, essendo questi non significativi in prospettiva sismica.

Gli indirizzi tecnici di riferimento prescrivono di utilizzare colori differenti a seconda del valore della frequenza fondamentale e diverse dimensioni del simbolo in relazione all'ampiezza del picco. In particolare, si è fatto riferimento allo schema di legenda proposto dal plugin MzTools (Fig. 22).

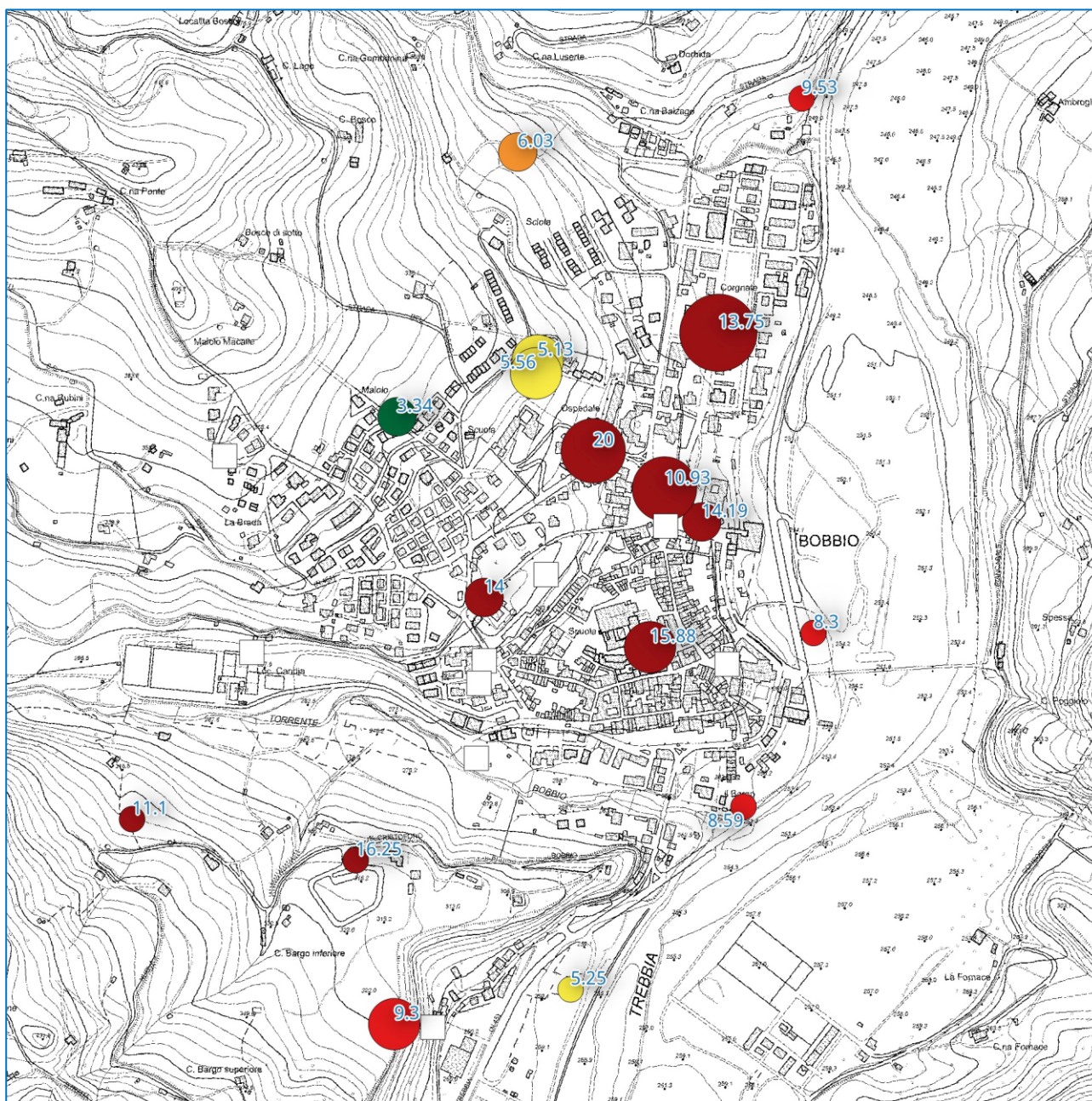


Fig. 21. Estratto della Carta delle Frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni (fuori scala).

Dalla Carta delle frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni si evince che, all'interno del Comune di Bobbio, sono presenti picchi presso: Areglia, Bobbio paese, C. Bargo inferiore, il Borgo, Ca' di La (frana), Campore (frana), Casarone (frana), Castighino (frana), Embresi, greto del Fiume Trebbia (nei pressi del ponte della SP che collega Bobbio con Coli), Gobbi (frana), Levratti (frana), Moglia (frana), M.o Renati, Santa Maria (frana), Terme, Vaccarezza, Valle e Valle (frana).

Tali picchi sono stratigrafici e rappresentano i riflettori che segnano il passaggio fra il substrato e le coperture, siano esse costituite da materiale eluviale/colluviale o ghiaioso-sabbioso alluvionale oppure da depositi di instabilità gravitativa di versante.

Al contrario, non sono stati registrati picchi significativi presso: Altarelli, Arelli sopra (frana), Bobbio Loc. Bocche, Brodo, Cadelmonte, Ca' di La, Ca di sopra, Canale, Caminata di Ceci (frana), Candia, Case Caldarola, Case Cavarelli (frana), Case il Poggiolo, Casone, Cassolo, Centomerli, Centomerli (frana), Cernaglia superiore e inferiore (frana), Dezza (frana), Fornazioni (frana), Fosseri, Freddezza, Gazzoli, Gerbidi, Gorazze (frana), Lagobisione, C. Melugani, Mezzano Scotti, Moglia (frana), Mogliasse (frana), C.na Mozzi (frana), Nosia, Piancasale, il Poggio, Schiavi, S. Cristoforo, S. Martino Renati di sotto, Santa Maria (frana), S. Salvatore, Tamborlani, Telecchio, Znacchi (frana) e Zucconi (frana).

Si evidenzia il fatto che i depositi di instabilità gravitativa di versante non presentano necessariamente una frequenza di risonanza (o più). L'assenza del picco di risonanza è da intendersi come un'assenza del contrasto di impedenza fra il bedrock e il deposito franoso, che si traduce spesso in un ridotto spessore del deposito stesso, circostanza che si verifica prevalentemente in corrispondenza delle frane stesse.

All'interno del comune di Bobbio si osserva che la maggior parte dei siti in cui si ha risonanza è costituita dalle frane, le quali raggiungono anche spessori ragguardevoli. Comunque, le ampiezze maggiori dei picchi di risonanza di registrano all'interno dell'area di approfondimento di Bobbio, in corrispondenza dei terrazzi fluviali del Fiume Trebbia: in questi casi il contrasto di impedenza fra le coperture e il substrato è elevato.



Fig. 22. Estratto della legenda della carta delle Frequenze naturali ( $f_0$ ) dei terreni.



## 8.4 Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (Carta delle MOPS)

La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica rappresenta il documento fondamentale del primo livello di approfondimento. La Carta individua, sulla base di osservazioni geologiche e geomorfologiche e di dati geognostici e geofisici, le microzone in cui possono verificarsi gli effetti locali o di sito prodotti dall'azione sismica.

Nel presente studio di secondo livello, la Carta delle MOPS prodotta nel primo livello è stata aggiornata, sulla base dei nuovi dati geofisici disponibili (Fig. 23).

Nella Carta delle MOPS, il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

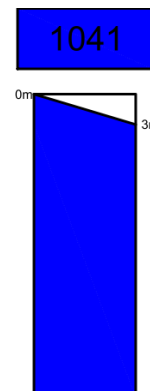
1. **zone stabili:** zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.
2. **zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** zone in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.
3. **zone di attenzione (ZA) per instabilità:** zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali: liquefazioni, densificazione, faglie attive e capaci e/o fenomeni di instabilità gravitativa. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

La Carta delle MOPS è stata realizzata per le aree urbanizzate e urbanizzabili ritenute più significative in base al numero di residenti e/o villeggianti (individuate dal Comune) e per quelle designate come zone di emergenza dal Piano di Emergenza Comunale. La cartografia e il geodatabase ad essa associato sono stati realizzati tenendo conto delle indicazioni fornite negli ICMS/08, nelle specifiche tecniche regionali e negli "Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica" - Versione 4.2.

### Zone stabili

Alla luce delle indagini integrative svolte per la seconda fase, questa classe non risulta rappresentata nel territorio di Bobbio, ad eccezione degli affioramenti dell'unità geologica BOB2. L'analisi dei profili Vs desunti dalle prove MASW ha permesso di verificare che il substrato roccioso dell'area in esame non può definirsi rigido dal punto di vista sismico, non raggiungendo generalmente velocità > 800 m/s.

- **Zona 1041:** Substrato rigido – Alternanze litologiche con copertura minore di 3 m.



### Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali <sup>1</sup>

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 15 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Esse sono distinte in coperture prevalentemente fini o grossolani, differenziati sulla base degli spessori e a seguire dei substrati prevalenti. Per il substrato affiorante non rigido, è stata istituita una

<sup>1</sup> Poiché il presente studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito contemporaneamente per tutti i comuni facenti parte dell'Unione Montana dei Comuni della Val Trebbia e Val Luretta, al fine di garantire omogeneità di lettura, si è scelto di predisporre un'unica classificazione delle zone per l'intero territorio dell'Unione. Da ciò ne deriva che alcune zone di seguito elencate non sono presenti nella Carta delle MOPS di questo Comune.

specifica classe (2098), in analogia con la classe 2099 che identifica il substrato alterato/fratturato (anch'esso di fatto non rigido).

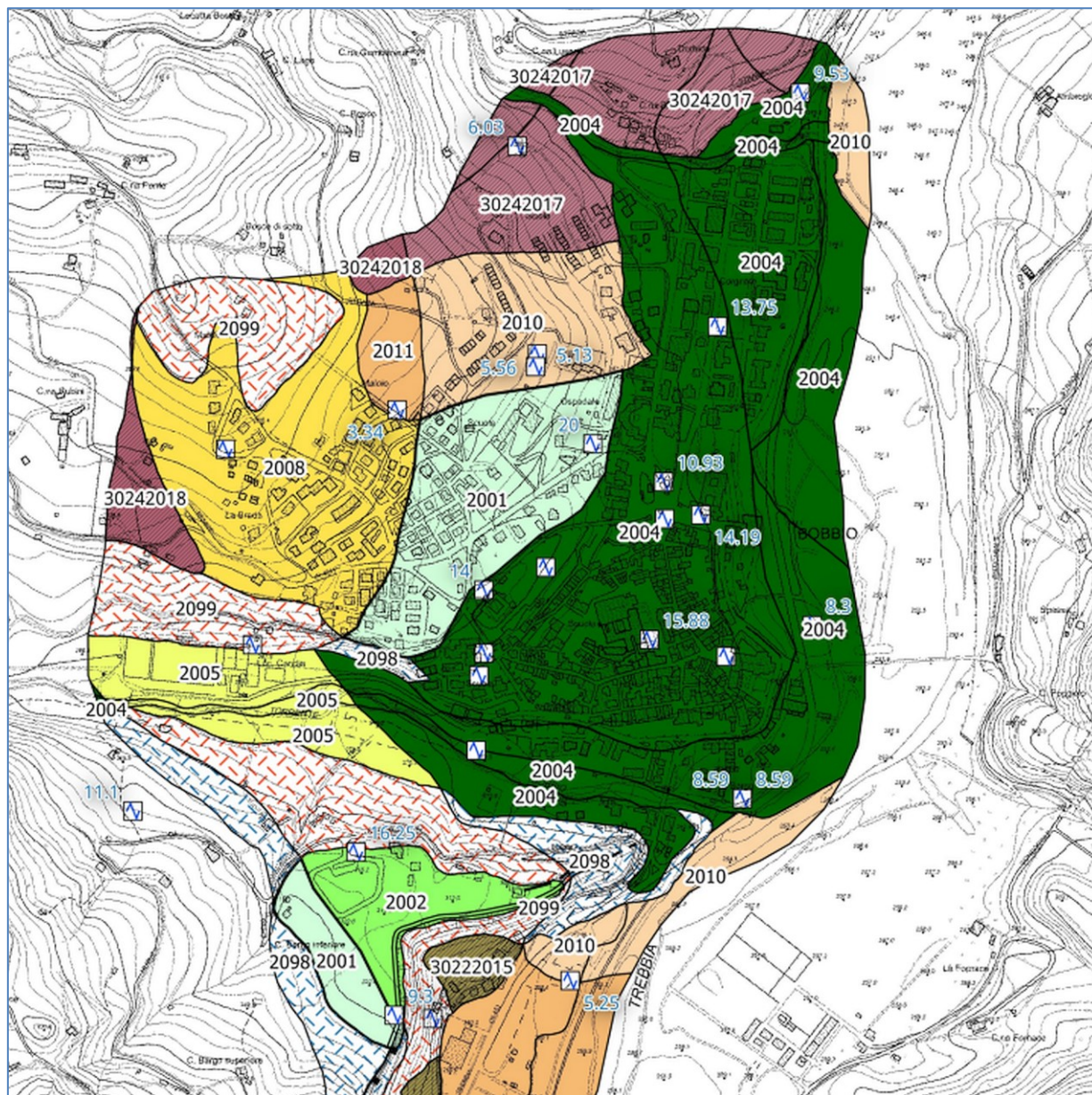


Fig. 23. Estratto della Carta delle MOPS (fuori scala).

Per ogni zona è stata redatta una specifica colonna stratigrafica tipo, riferita ai primi 30 m di sottosuolo (Fig. 24). Di seguito viene fornita una breve descrizione di ciascuna microzona; sono evidenziate in **giallo** quelle presenti nel territorio comunale di Bobbio.

- **Zona 2001:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2002:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2003:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.



- **Zona 2004:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2005:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2006:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 3 e 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2007:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.

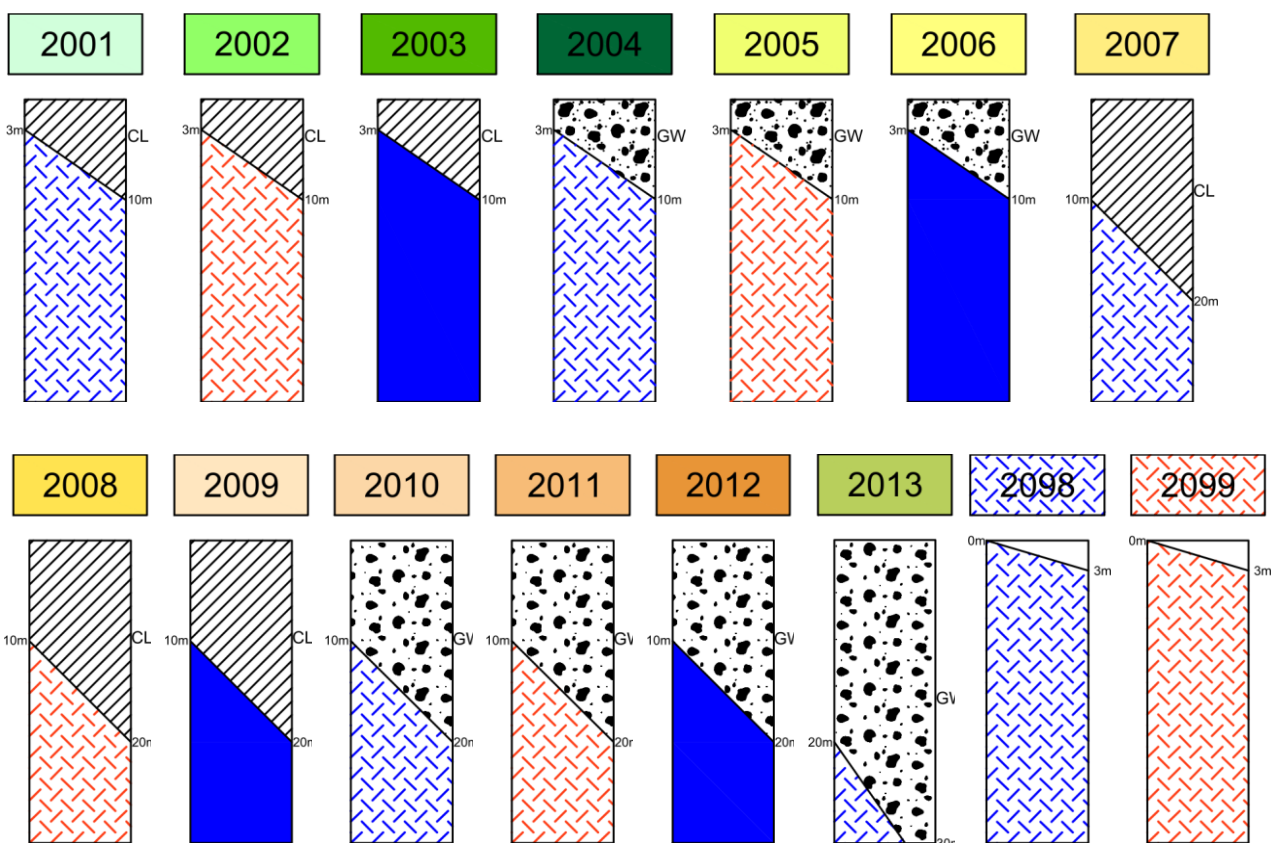


Fig. 24. Rappresentazione schematica della stratigrafia delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

- **Zona 2008:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2009:** Copertura eluvio-colluviale tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2010:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2011:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.



- **Zona 2012:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato rigido.
- **Zona 2013:** Depositi alluvionali di bacino intramontano, di terrazzo fluviale e di conoide alluvionale, materiali tendenzialmente grossolani, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2098:** Substrato marino non rigido ( $V_s < 800$  m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.
- **Zona 2099:** Substrato fratturato/alterato non rigido ( $V_s < 800$  m/s) con livello di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 metri.

### Zone di Attenzione per instabilità di versante $ZA_{FR}^2$

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate 7 Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica. Si tratta di zone caratterizzate da instabilità gravitative di versante, quiescenti o attive, che coinvolgono materiali prevalentemente fini con presenza eventuale di materiale più grossolano.

Le zone sono state distinte in funzione dello spessore del materiale instabile e del differente basamento su cui esso insiste. Gli spessori sono stati valutati sulla base delle indagini pregresse disponibili e delle registrazioni di microtremore ambientale di nuova esecuzione (HVSr), realizzate a tale scopo.

Per ogni zona è stata redatta una specifica colonna stratigrafica tipo, riferita ai primi 30 m di sottosuolo. La simbologia prevista per i fenomeni di dissesto dagli “Standard di rappresentazione e archiviazione Informatica” (Versione 4.2) consiste in un retino obliquo nero, dove il colore di fondo dipende dallo spessore del materiale coinvolto e dal tipo di substrato (Fig. 25).

Di seguito viene fornita una breve descrizione di ciascuna microzona; sono evidenziate in **giallo** quelle presenti nel territorio comunale di Bobbio.

- **Zona 2014:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2015:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2016:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore inferiore a 10 m, su substrato rigido.
- **Zona 2017:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2018:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore variabile fra 10 e 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.
- **Zona 2019:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato marino non rigido.
- **Zona 2020:** Deposito detritico di frana tendenzialmente fine, di spessore superiore a 20 m, su substrato fratturato/alterato non rigido.

<sup>2</sup> Poiché il presente studio di Microzonazione Sismica è stato eseguito contemporaneamente per tutti i comuni facenti parte dell’Unione Montana dei Comuni della Val Trebbia e Val Luretta, al fine di garantire omogeneità di lettura, si è scelto di predisporre un’unica classificazione delle zone per l’intero territorio dell’Unione. Da ciò ne deriva che alcune zone di seguito elencate non sono presenti nella Carta delle MOPS di questo Comune.

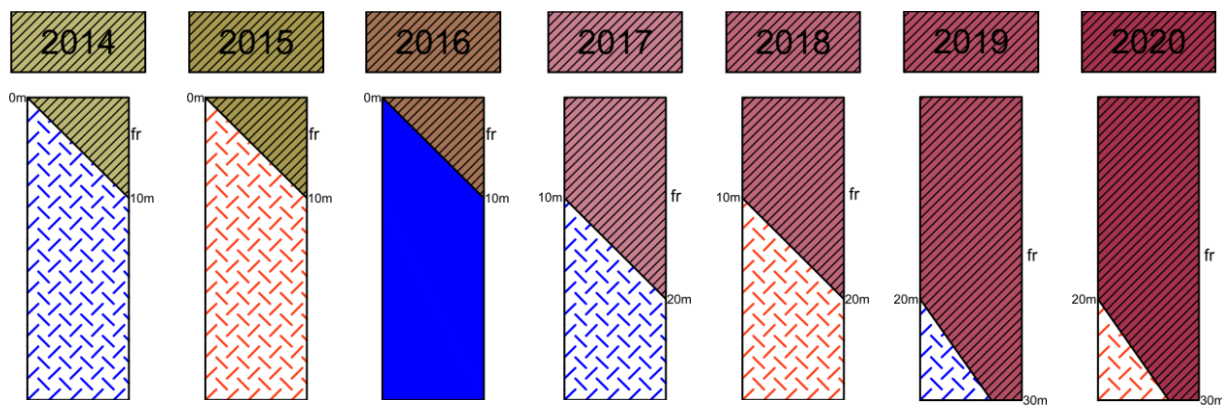


Fig. 25. Rappresentazione schematica della stratigrafia delle Zone di Attenzione per instabilità di versante ZAFr.

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

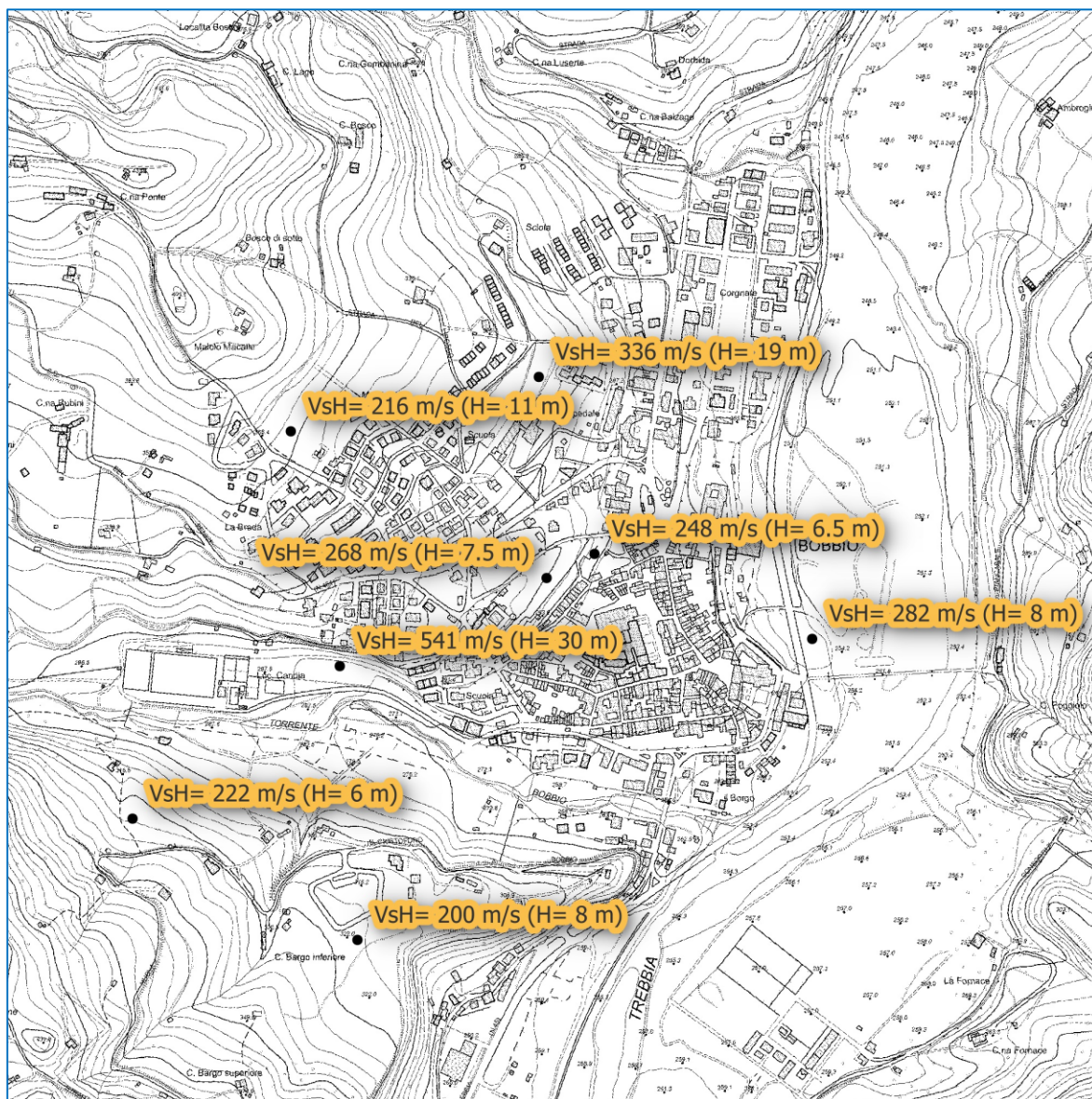


Fig. 26. Estratto della Carta delle velocità delle onde di taglio S (Vs) (fuori scala).

Nella Carta è riportata l'ubicazione delle misure disponibili per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio nei terreni compresi all'interno delle aree di approfondimento (Fig. 26). In particolare, l'analisi dei dati geofisici ha permesso di ricostruire un contesto caratterizzato da coperture su un substrato non rigido, avente  $V_s < 800$  m/s, ad eccezione delle aree precedentemente citate.

L'analisi congiunta dei diversi dati geofisici a disposizione ha quindi permesso di definire lo spessore totale (H in m) dei terreni di copertura e la velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato ( $V_{sH}$  in m/s) del deposito di copertura, con  $V_{sH}$  definita dalla seguente equazione:

$$V_{sH} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s_i}}}$$

Dove: N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura (fino al bedrock sismico),  $h_i$  è lo spessore (in m) dello strato i-esimo,  $V_{s_i}$  è la velocità (in m/s) dello strato i-esimo (fino al bedrock sismico). Per l'area di studio lo spessore H è da intendersi come: spessore del terreno di copertura poggiante su un substrato non rigido, avente  $V_s < 800$  m/s.

L'analisi dei dati mette in luce valori di  $V_{sH}$  variabili e compresi tra 148 m/s e 393 m/s (per le coperture), misurati rispettivamente presso la località Vaccarezza (H=8.5 m) e il vivaio di Bobbio capoluogo (H=20 m).

## 8.6 Carte di Microzonazione Sismica di secondo livello (Carta di MS)

Le Carte di Microzonazione Sismica hanno lo scopo di quantificare, per ciascuna MOPS, l'amplificazione locale del moto sismico di base mediante differenti fattori di amplificazione (FA). La stima dell'amplificazione stratigrafica è stata effettuata tramite procedure semplificate, attraverso la consultazione di appositi Abachi regionali (DGR 476/2021), dopo aver definito H e  $V_{sH}$  (cfr. Paragrafo 8.5).

Le tabelle relative al settore appenninico, con coperture poggianti su substrato non rigido, sono il riferimento per la stima semplificata dell'amplificazione stratigrafica nelle aree collinari e montane dell'Emilia-Romagna, come nel caso delle aree di approfondimento comprese all'interno del Comune di Bobbio (Fig. 27).

I FA riportati nelle tabelle sono stati calcolati per un tempo di ritorno  $T_R=475$  anni, con smorzamento  $\zeta=5\%$ , e sono relativi ai seguenti parametri rappresentativi dello scuotimento sismico:

- **accelerazione di picco orizzontale, PGA** (Fig. 28);

- **intensità spettrale SA**  $= \int_{T_1}^{T_2} A(T, \zeta) dT$  (Fig. 29);

dove: A è lo spettro di risposta in accelerazione, T è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati tre intervalli di periodo proprio T, ottenendo tre valori di intensità spettrale:

- **SA1 o FA<sub>0105</sub>**:  $T_1 = 0,1$  s e  $T_2 = 0,5$  s
- **SA2 o FA<sub>0408</sub>**:  $T_1 = 0,4$  s e  $T_2 = 0,8$  s
- **SA3 o FA<sub>0711</sub>**:  $T_1 = 0,7$  s e  $T_2 = 1,1$  s

- **intensità spettrale SI**  $= \int_{T_1}^{T_2} V(T, \zeta) dT$  (Fig. 30)



dove:  $V$  è lo spettro di risposta in velocità,  $T$  è il periodo proprio e  $\zeta$  è lo smorzamento; sono stati considerati due intervalli di periodo proprio  $T$ , ottenendo due valori di intensità spettrale:

- **SI1 o FH<sub>0105</sub>**:  $T_1 = 0,1$  s e  $T_2 = 0,5$  s
- **SI2 o FH<sub>0510</sub>**:  $T_1 = 0,5$  s e  $T_2 = 1,0$  s

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,3	2,0	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	1,2	
10	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,2	2,2	2,1	2,0	1,8	1,6	1,4	1,3	1,2	
20	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2	
25	2,1	2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
30		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,4	1,3	
35		2,1	2,1	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		2,0	2,0	2,0	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		1,9	1,9	1,9	1,9	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **PGA**

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,2	1,8	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,2	
10	2,5	2,3	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,2	
15	2,5	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,2	
20	2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	1,3	
25	2,4	2,4	2,3	2,2	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,3	2,3	2,2	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,2	2,2	2,2	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,1	2,1	2,1	2,1	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
50		2,0	2,0	2,0	2,0	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,6	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
10	2,3	1,8	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
15	2,8	2,3	1,9	1,5	1,4	1,4	1,4	1,4	1,3	
20	3,2	2,9	2,3	1,8	1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	
25	3,4	3,2	2,7	2,0	1,7	1,5	1,5	1,4	1,3	
30		3,3	2,9	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,4	
35		3,3	3,0	2,5	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
40		3,2	3,1	2,7	2,3	2,0	1,7	1,5	1,4	1,2
50		3,0	3,0	2,8	2,5	2,2	1,9	1,7	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SA2** ( $0,4s \leq T \leq 0,8s$ )

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
15	1,9	1,7	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
20	2,4	2,1	1,6	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
25	3,4	2,5	1,9	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
30		3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	
35		3,3	2,7	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,1
40		3,6	3,1	2,2	1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,2
50		3,6	3,4	2,9	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2

Fattore di Amplificazione **SA3** ( $0,7s \leq T \leq 1,1s$ )

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2,1	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,7	2,6	2,3	1,9	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3	
20	2,6	2,6	2,4	2,1	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	
25	2,6	2,6	2,5	2,3	2,0	1,7	1,6	1,4	1,3	
30		2,4	2,4	2,3	2,1	1,8	1,6	1,5	1,3	
35		2,4	2,4	2,3	2,2	1,9	1,7	1,5	1,4	1,2
40		2,2	2,2	2,2	2,2	2,0	1,8	1,6	1,4	1,2
50		2,1	2,1	2,1	2,1	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI1** ( $0,1s \leq T \leq 0,5s$ )

$V_{SH}$ (m/s) → H (m) ↓	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	1,3	
10	1,8	1,6	1,4	1,4	1,3	1,4	1,3	1,3	1,3	
15	2,3	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	
20	2,9	2,6	1,9	1,6	1,4	1,4	1,4	1,3	1,3	
25	3,6	3,0	2,3	1,7	1,5	1,4	1,4	1,4	1,3	
30		3,3	2,7	1,9	1,7	1,5	1,4	1,4	1,3	
35		3,5	3,0	2,2	1,8	1,6	1,5	1,4	1,3	1,1
40		3,5	3,2	2,6	2,0	1,8	1,6	1,5	1,4	1,2
50		3,3	3,3	3,0	2,4	2,0	1,8	1,6	1,5	1,3

Fattore di Amplificazione **SI2** ( $0,5s \leq T \leq 1,0s$ )

Fig. 27. Abachi utilizzati per la stima dei FA, relativi al settore Appennino con coperture su substrato non rigido avente  $V_s < 800$  m/s.

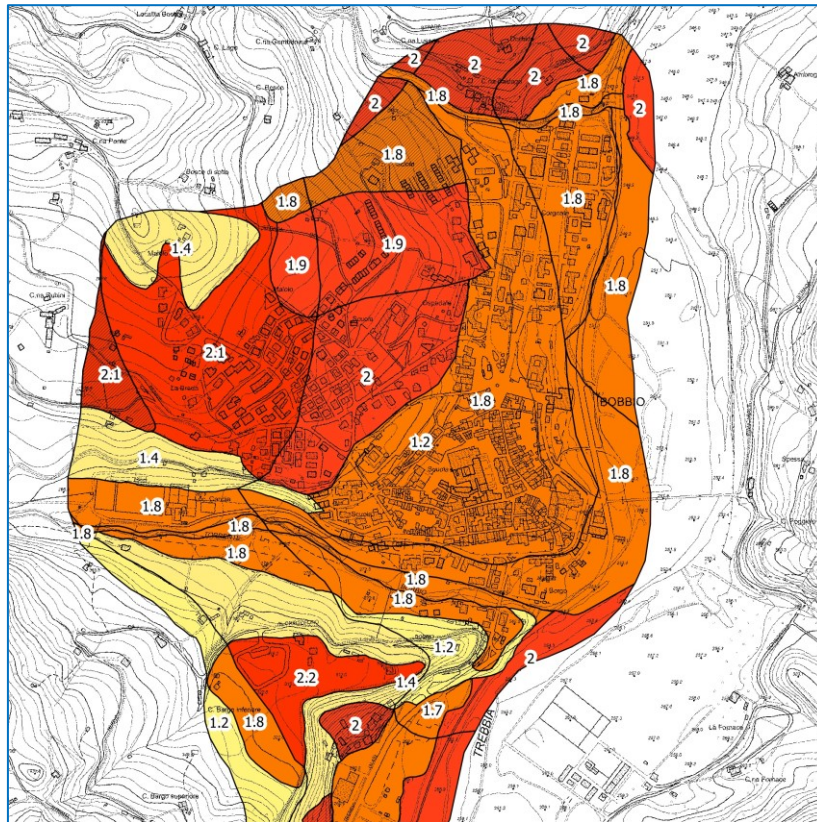


Fig. 28. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica F(PGA) (fuori scala).

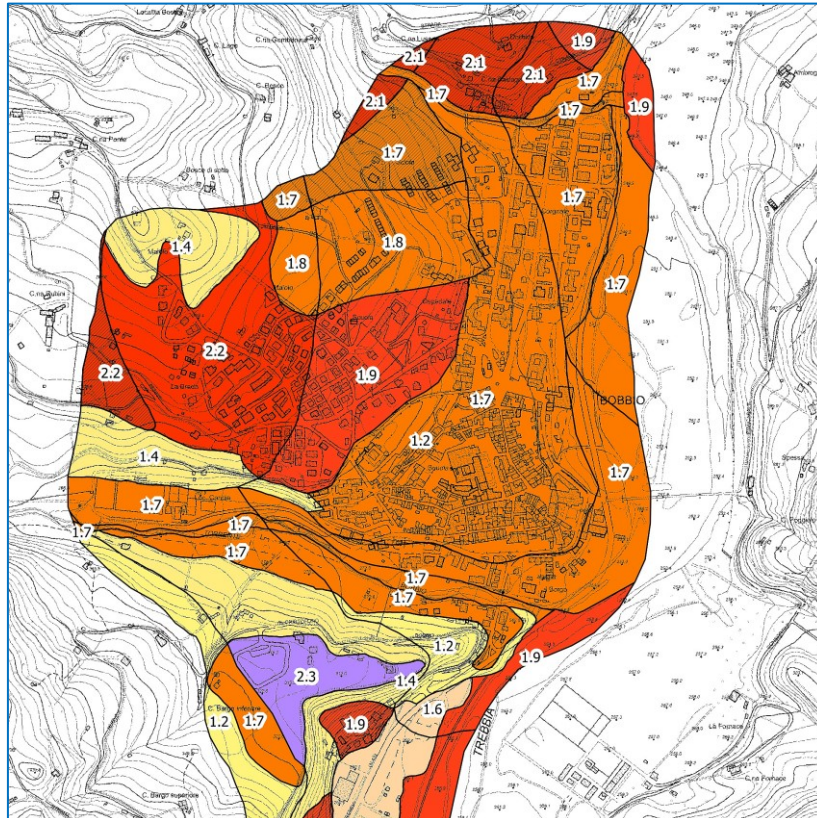


Fig. 29. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FA<sub>0105</sub> (fuori scala).



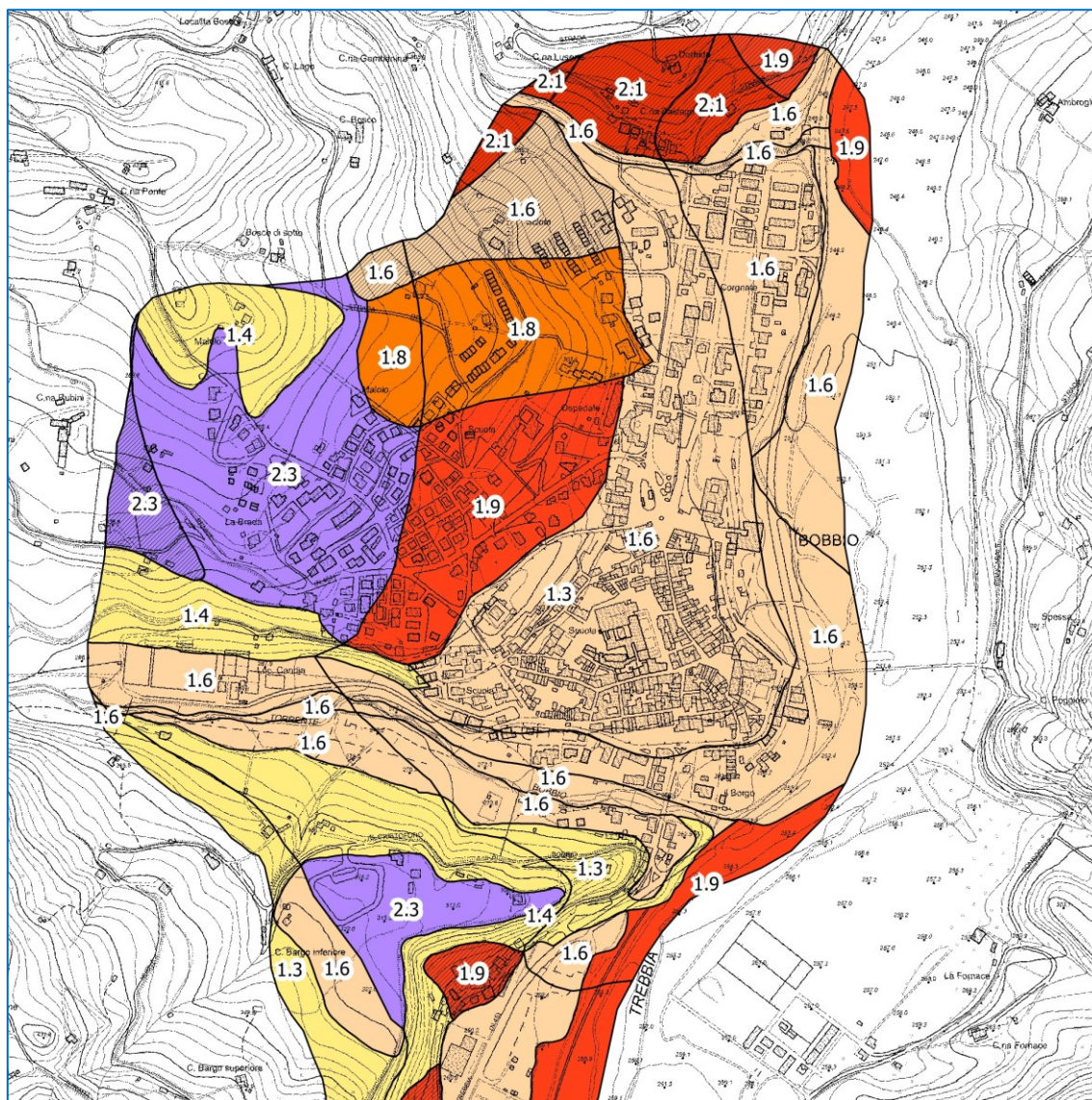


Fig. 30. Estratto della Carta di Microzonazione Sismica FH<sub>105</sub> (fuori scala).

### 8.7 Carte della distribuzione dei valori di H<sub>SM</sub>

E' stata infine prodotta una carta della distribuzione sul territorio dei valori di H<sub>SM</sub> (Fig. 31), parametro che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in %g), dato dal prodotto del parametro Acceleration Spectrum Intensity (ASI<sub>UHS</sub>), valore integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi  $0,1s \leq T \leq 0,5s$ , diviso per  $\Delta T$  (in questo caso pari a 0,4 s), per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodo.

I valori di ASI<sub>UHS</sub>/ $\Delta T$  derivano dal file *all\_4\_coord.kmz* messo a disposizione dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna. I valori puntuali della griglia di riferimento RER sono stati interpolati linearmente al fine di creare un grid continuo e quindi interrogati in funzione del centroide calcolato per ogni area omogenea.



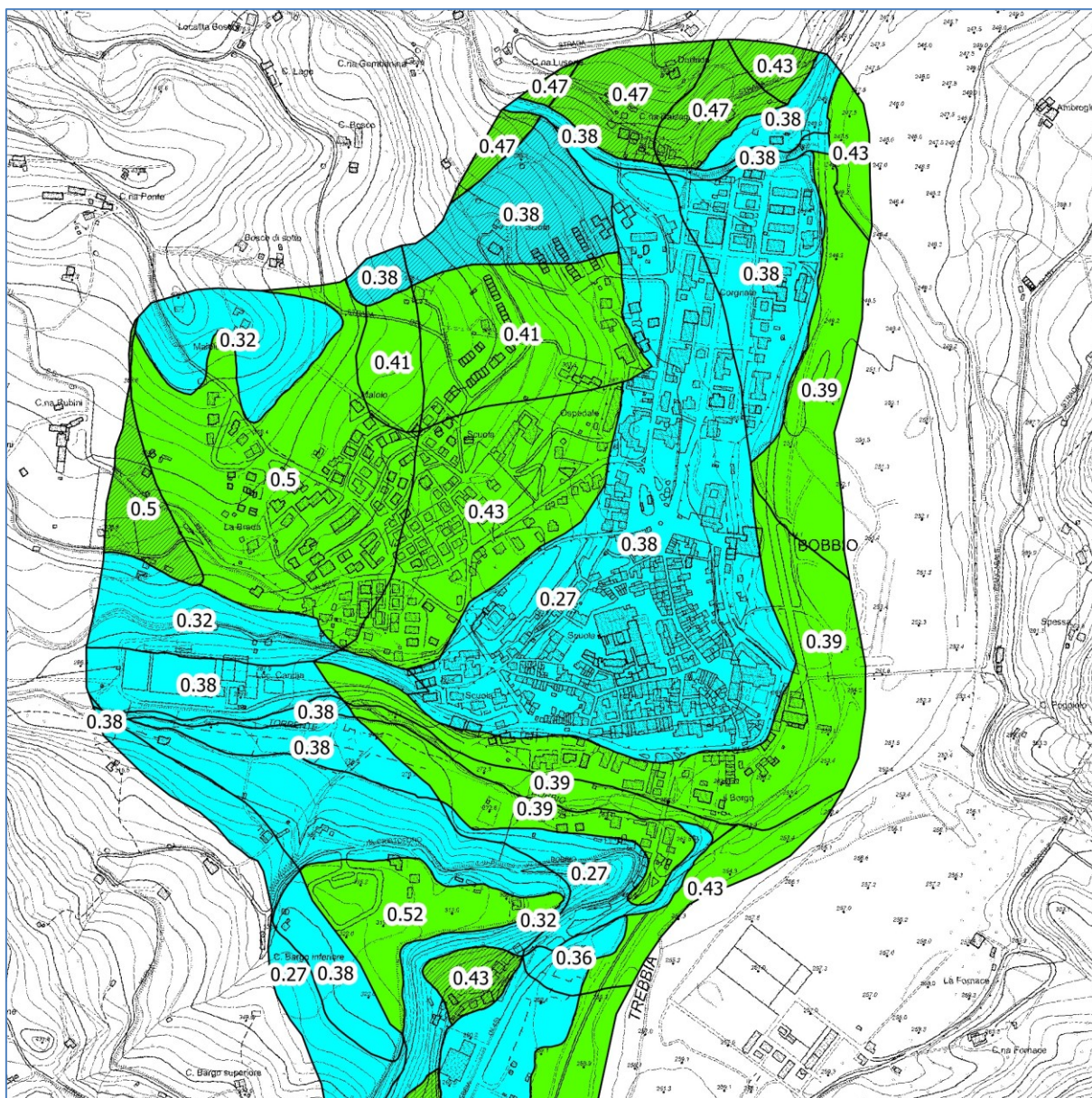


Fig. 31. Estratto della Carta della distribuzione dei valori di HSM (fuori scala).

## 9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Per tentare un confronto tra quanto emerso dal presente studio e la distribuzione dei danni degli eventi passati si è provveduto a verificare le informazioni riportate nel Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI), di cui si riporta un estratto in Fig. 32.

Dei quindici terremoti censiti, in otto casi *“i commenti storico-critici su questa sequenza sismica e le descrizioni degli effetti nelle varie località non sono attualmente disponibili”*.

Per i restanti sette terremoti sono disponibili le seguenti informazioni:

- 9/10/1828      Valle Staffora      *“Caddero dei camini”*
- 29/6/1945      Valle Staffora      *“La scossa fu abbastanza forte”*

- 23/2/1887 Liguria occidentale “La scossa principale fu di mediocre intensità e non provocò danni”
- 4/3/1898 Valle del Parma “La scossa fu avvertita da poche persone e durò 2 o 3s”
- 9/11/1983 Parmense “Non sono note descrizioni degli effetti. Margottini et al. (1984) hanno valutato l’intensità della scossa di III grado MCS”
- 19/2/1911 Romagna meridionale “La scossa non fu avvertita”
- 23/11/1980 Irpinia-Basilicata “La scossa non fu avvertita”

Allo stato attuale delle conoscenze bibliografiche, non è possibile effettuare tale confronto.

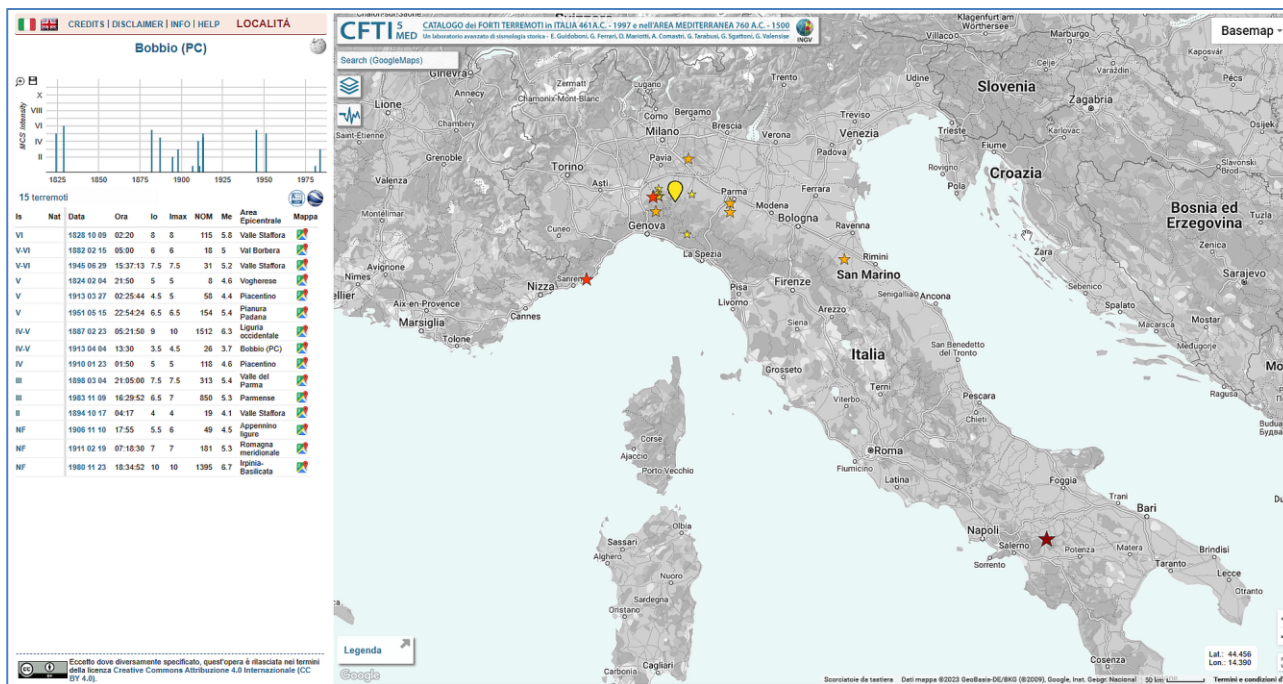


Fig. 32. Estratto del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (CFTI) per il Comune di Bobbio.



## 10 BIBLIOGRAFIA

- Albarello D. & Castellaro S. (2011). *Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola*. Ingegneria Sismica, Anno XXVIII - n. 2, Appendice I e II, pp 50-62.
- DISS Working Group (2021). *Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- Gruppo di lavoro MS (2008). *Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica*. Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd. [http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir\\_pk=395&cms\\_pk=15833](http://www.protezionecivile.it/cms/view.php?dir_pk=395&cms_pk=15833)
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G. & Valensise G. (2018). *CFT15Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500)*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cft15>
- Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G. & Valensise G. (2019). *CFT15Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area*. Nature, Scientific Data 6, No. 80 (2019). doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>
- ITHACA Working Group (2019). *ITHACA (ITaly HAZard from Capable faulting), A database of active capable faults of the Italian territory. Version December 2019*. ISPRA Geological Survey of Italy. Web Portal <http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/Mappatura.aspx>
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S. & Antonucci A. (2022). *Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>
- Madiati C., Facciorusso J. Vannucchi G. & Martelli L. (2012) – *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia Romagna*. RER 2012.
- Martelli L., Calabrese L., Ercolessi G., Severi P., Tarabusi G., Pileggi D., Rosselli S., Minarelli L., Pergalani F., Compagnoni M., Vannucchi G., Madiati C., Facciorusso J., Fioravante V., Giretti D., Mucciarelli M., Priolo E. & Laurenzano G. (2014). *Cartografia speditiva dell'amplificazione e del rischio di liquefazione nelle aree epicentrali del terremoto dell'Emilia 2012 (ML=5.9)*. Atti del 32 convegno GNGTS 2013.
- Martelli L., Severi P., Biavati G., Rosselli S., Camassi R., Ercolani E., Marcellini A., Tento A., Gerosa D., Albarello D., Guerrini F., Lunedei E., Pileggi D., Pergalani F., Compagnoni M., Fioravante V. & Giretti D. (2014). *Analysis of the local seismic hazard for the stability tests of the main bank of the Po River (northern Italy)*. Boll. Geof. Teor. Appl., 55, 119-134.
- Meletti C. & Valensise G. (2004). *Zonazione Sismogenetica ZS9-APP. 2 Al rapporto conclusivo*. In: Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.
- Molin D., Stucchi M. & Valensise G. (1996). *Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani*. Elaborato per il Dipartimento dalla Protezione Civile.
- Naso G., Martelli L., Baglione M., Brammerini F., Castenetto S., D'Intinosante V. & Ercolessi G. (2019). *Maps for land management: from geology to seismic hazard*. Boll. Geof. Teor- Appl., Vol. 60.
- Regione Emilia-Romagna – ENI, Agip (1998). *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna*. A cura di G. Di Dio.



- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli. *Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna, Foglio 179 "Ponte dell'Olio", alla scala 1: 50.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze (2004). *Carta Sismotettonica della regione Emilia-Romagna – Scala 1:250.000.*
- Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli (2012). *Microzonazione sismica, uno strumento consolidato per la riduzione del rischio. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna.*
- Rota M., Zuccolo E., Taverna L., Corigliano M., Lai C. G. & Penna A. (2012). *Mesozonation of the Italian territory for the definition of real spectrum-compatible accelerograms.* Bulletin of Earthquake Engineering, Vol. 10, No. 5, pp. 1357-1375.
- SESAME European research project (2004). *Guidelines for the implementation of the H/V spectral ratio technique on ambient vibration measurements, processing and interpretation.*

## 11 ALLEGATI

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

- All. 1 – Tavola Sezioni geologico-tecniche rappresentative, scala 1: 2.500
- All. 2 – Monografie prove MASW eseguite
- All. 3 – Monografie prove HVSR eseguite

Piacenza, gennaio 2023

Dr. Geol. Davide Roverselli

