



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia – Romagna
Comune di Borgo Tossignano



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Giorgio Gasparini	ottobre 2017

MICROZONAZIONE SISMICA
Regione Emilia Romagna
Comune di Borgo Tossignano
- RELAZIONE ILLUSTRATIVA -

1 INTRODUZIONE

Nell'ambito dell'incarico conferito dal Nuovo Circondario Imolese per l'adeguamento cartografico e informatico agli standard nazionali degli studi di microzonazione sismica di primo e secondo livello (realizzati nell'ambito della progettazione del Piano Strutturale Comunale dei Comuni che fanno parte del Nuovo Circondario Imolese) si è proceduto all'armonizzazione e ridefinizione degli elementi informatici e cartografici relativi alla microzonazione sismica comunale.

La presente relazione descrive pertanto gli studi e le indagini che sono stati condotti per la realizzazione della microzonazione sismica di I e di II livello del Comune di Borgo Tossignano (Provincia di Bologna) (Figure 1 e 2) a corredo del Piano Strutturale Comunale adottato con delibera del Consiglio Comunale n. 7 del 7 aprile 2014, nonché gli elaborati prodotti con lo scopo di adeguare cartograficamente e dal punto di vista informatico agli standard nazionali (versione 4.0b) gli elaborati a suo tempo prodotti.

Lo studio originale, che è stato eseguito elaborando sia dati bibliografici e d'archivio che dati originali, è stato condotto in conformità ai criteri, indirizzi tecnici e contenuti di cui agli:

- *Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica (ICMS)* approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome (Gruppo di Lavoro MS, 2008, *Indirizzi e criteri per la microzonazione*

sismica, Conferenza delle Regioni e delle Provincie Autonome-dipartimento della Protezione Civile, 3 Voll e DVD);

- Delibera Assemblea Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2 maggio 2007 (DAL 112/2007): Approvazione dell'Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16 comma 1, della L.R. 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- Delibera della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 1919 del 16 dicembre 2013 (Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione civile 52/13 a favore degli Enti locali);
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Bologna (Elaborati del Quadro Conoscitivo e del Piano attinenti agli studi previsti dalla Delibera della Giunta Legislativa della Regione Emilia-Romagna n. 112 del 2007, nonché indicazioni normative di cui all'art. 6.14 delle norme del PTCP) approvato con delibera del Consiglio Provinciale n. 57 del 28 ottobre 2010.

Si è fatto inoltre riferimento alla vasta bibliografia specifica e in particolare di cui al Supplemento alla Rivista trimestrale Ingegneria Sismica (Anno XXVIII, n.2-2011).

Sebbene lo studio originale sia stato prodotto prima della sua pubblicazione risulta nella sostanza coerente coi contenuti della delibera di Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21 dicembre 2015 (Art 16 della L.R. n. 20 del 24/3/2000. *Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112*). A tal proposito si evidenzia che, per quanto attiene la valutazione dei fattori di amplificazione stratigrafica (Il livello di approfondimento), in fase di revisione del lavoro sono stati rivalutati, facendo riferimento ai più recenti abachi contenuti nella DGR 2193/2015, a differenza dell'originario lavoro che era invece basato sugli abachi contenuti nella DAL 112/2007.

* * *

Il territorio del Comune di Borgo Tossignano si estende su una superficie di poco più di 29 Km², nel medio Appennino bolognese sud orientale, al confine con la Provincia di Ravenna (Figura 1).

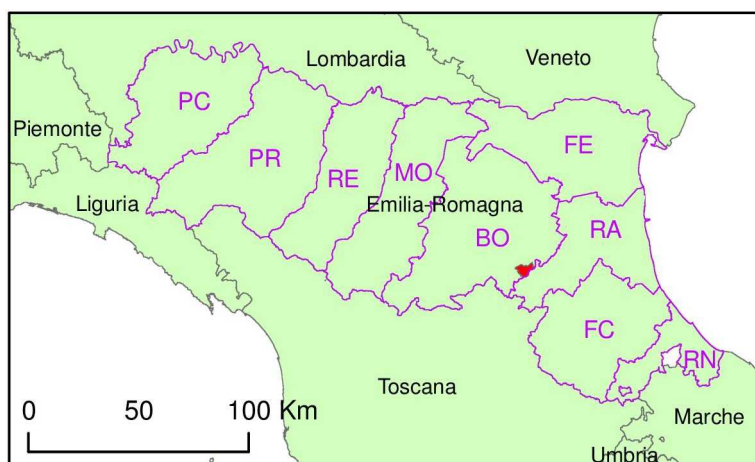


Figura 1 - Inquadramento a scala regionale del territoriale del Comune di Borgo Tossignano (evidenziato in rosso). (In magenta sono indicate le sigle delle Province della Regione Emilia-Romagna e i rispettivi confini).

Dal punto di vista cartografico, il territorio comunale è compreso nel foglio alla scala 1:50.000 nn. 238¹ e, più in dettaglio, negli elementi della Carta Tecnica Regionale alla scala 1:5000 nn.: 238082, 238111, 238112, 238121, 238122, 238123, 238124, 238161, 238164 e 239094².

Per la redazione delle tavole cartografiche allegate al presente studio è stata utilizzata la Carta Tecnica Regionale fornita dal Nuovo Circondario Imolese, comunque reperibile nel sito web dei dati cartografici della Regione Emilia-Romagna (<https://geoportale.regione.emilia-romagna.it/it>).

Lo studio di Microzonazione Sismica è stato realizzato utilizzando sia dati di archivio che dati originali acquisiti durante le varie fasi di realizzazione del Piano Strutturale Comunale. È stato comunque necessario procedere a un lavoro di revisione e selezione delle indagini, per rendere la documentazione compatibile con gli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica.

¹ Una piccola porzione di territorio comunale, di estensione molto limitata, ricade nel foglio 239.

² Vedi nota precedente.

2 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

Il Comune di Borgo Tossignano (Figura 2) è compreso nell'elenco dei comuni sismici classificati in zona 2 dall'Allegato n. 1 all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 (s.m.i) del 20 marzo 2003 (*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica*).

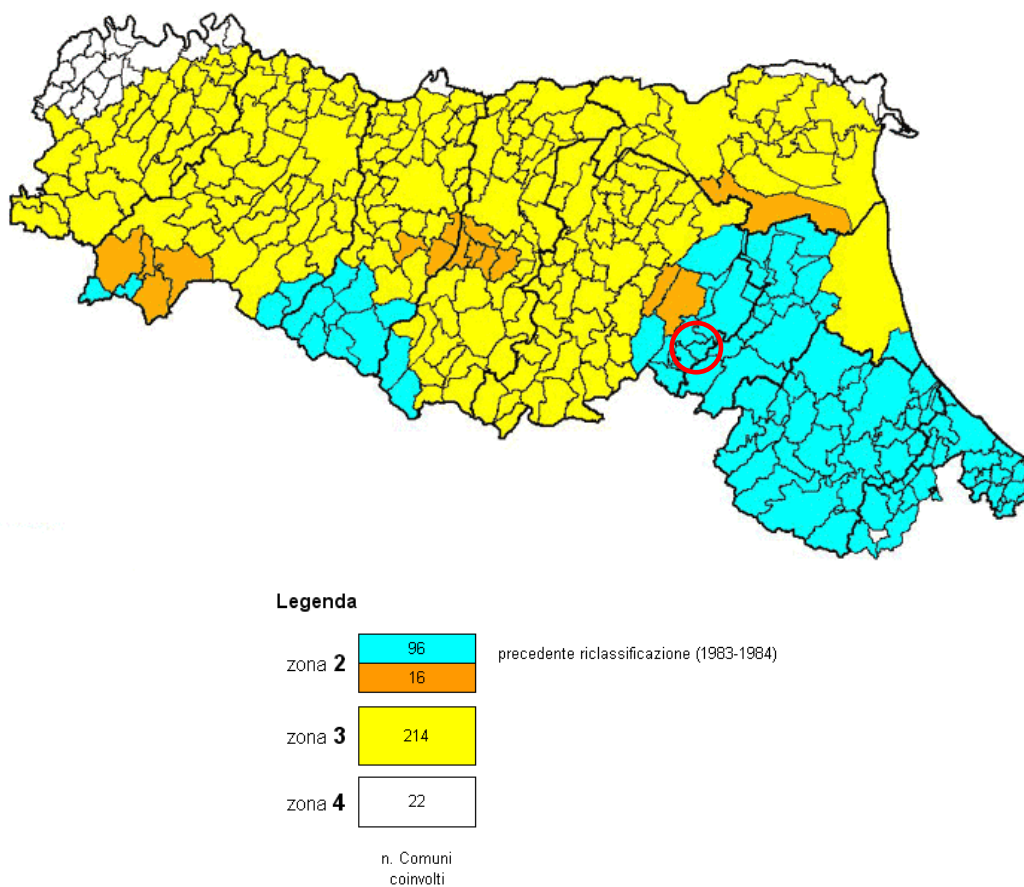


Figura 2 - Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274/2003 (Allegato 1, punto 3 "prima applicazione" (da sito web Regione Emilia-Romagna: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/temi/sismica/la-classificazione-sismica>)). Il cerchio in rosso individua il Comune di Borgo Tossignano.

Con l'entrata in vigore del DM 14.09.2005 (*Norme tecniche per le costruzioni*), poi sostituito dal DM 14.01.2008 (*Norme tecniche per le costruzioni*), la validità dell'ordinanza citata è cessata. Ciò nonostante la classificazione sismica dei comuni italiani della OPCM 3274/2003 resta valida (Del. di GR 1677/2005).

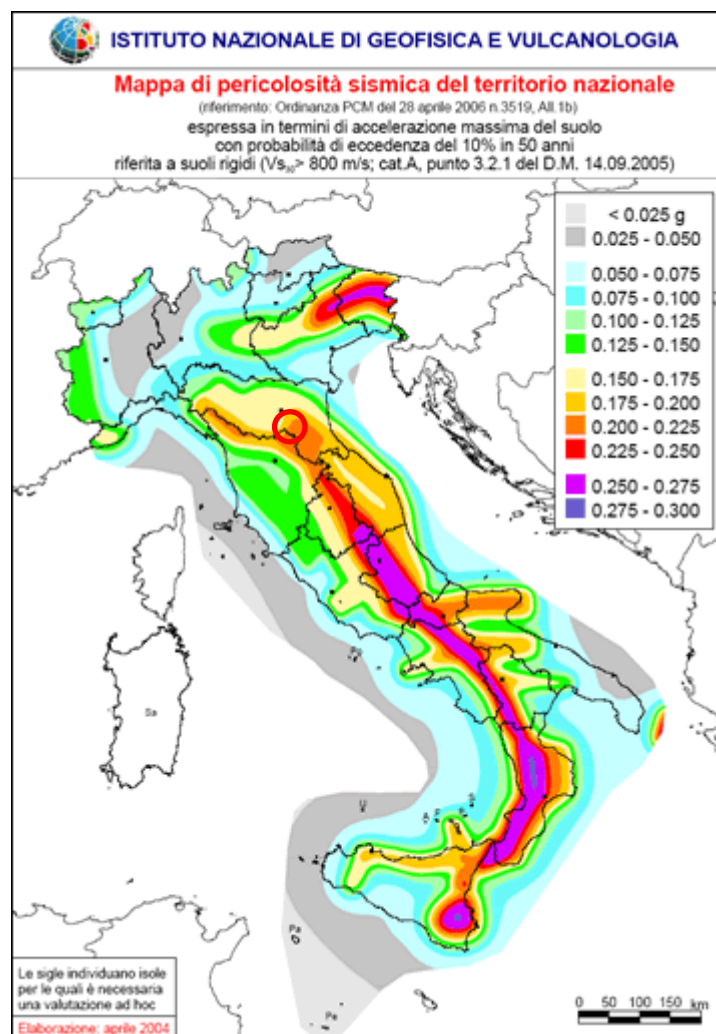


Figura 3 - Mappa della pericolosità sismica del territorio italiano. (Il cerchio rosso individua approssimativamente l'area in studio. (Tratto da sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia: http://zonesismiche.mi.ingv.it/mappa_ps_apr04/italia.html).

Dalla consultazione delle mappe di pericolosità del territorio italiano prodotte dall'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) (Figure 3 e 4) si deduce che il territorio del Comune di Borgo Tossignano è compreso in aree nelle quali il valore dell'accelerazione di picco al suolo PGA (*Peak Ground Acceleration*), atteso per il terremoto con probabilità di accadimento 10% su un periodo di 50 anni, è dell'ordine di 0.200-0.225 volte l'accelerazione di gravità, con riferimento a suoli molto rigidi ($V_{s30} > 800$ m/s, cat. A di cui al DM 14.01.2008).

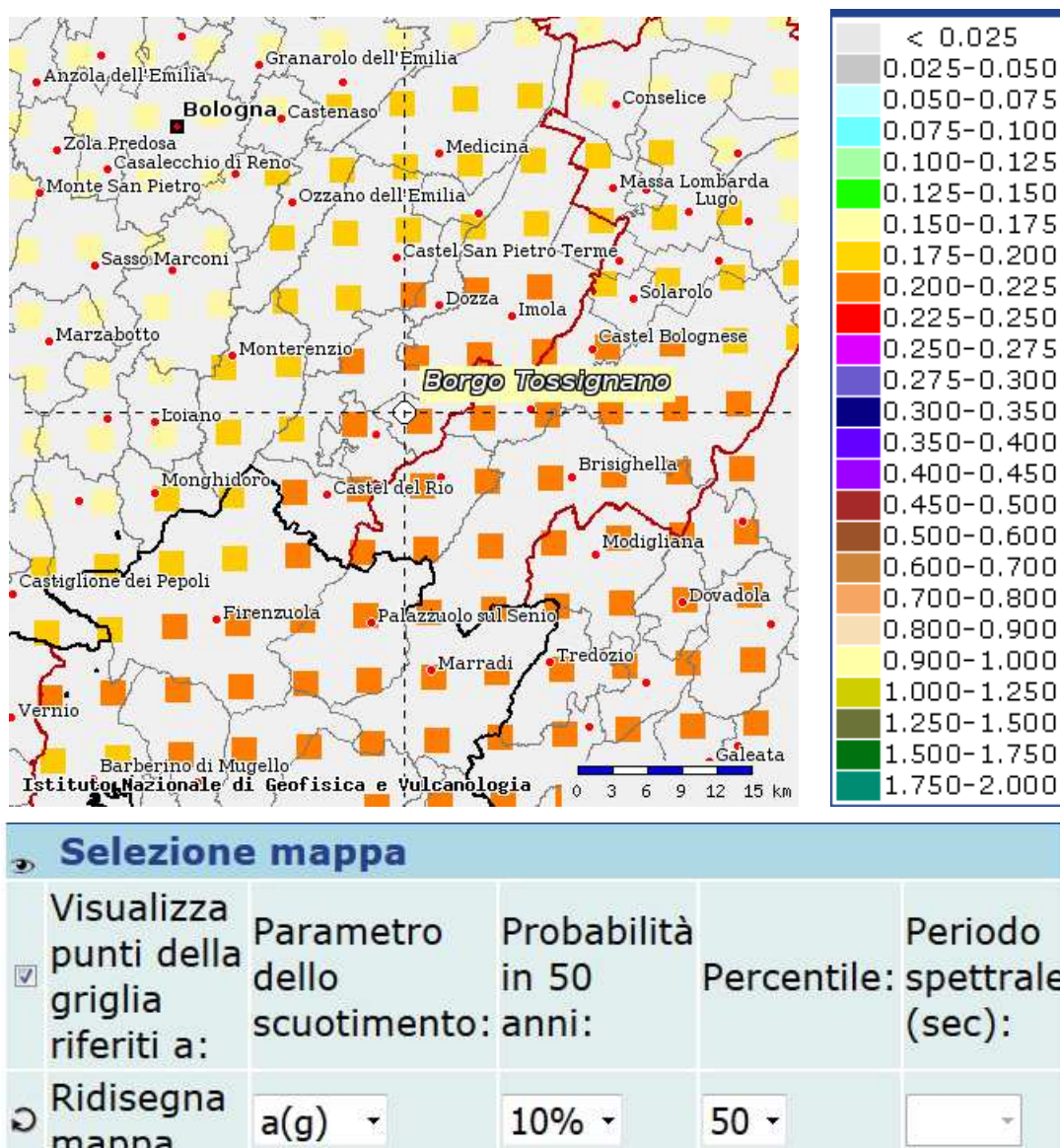
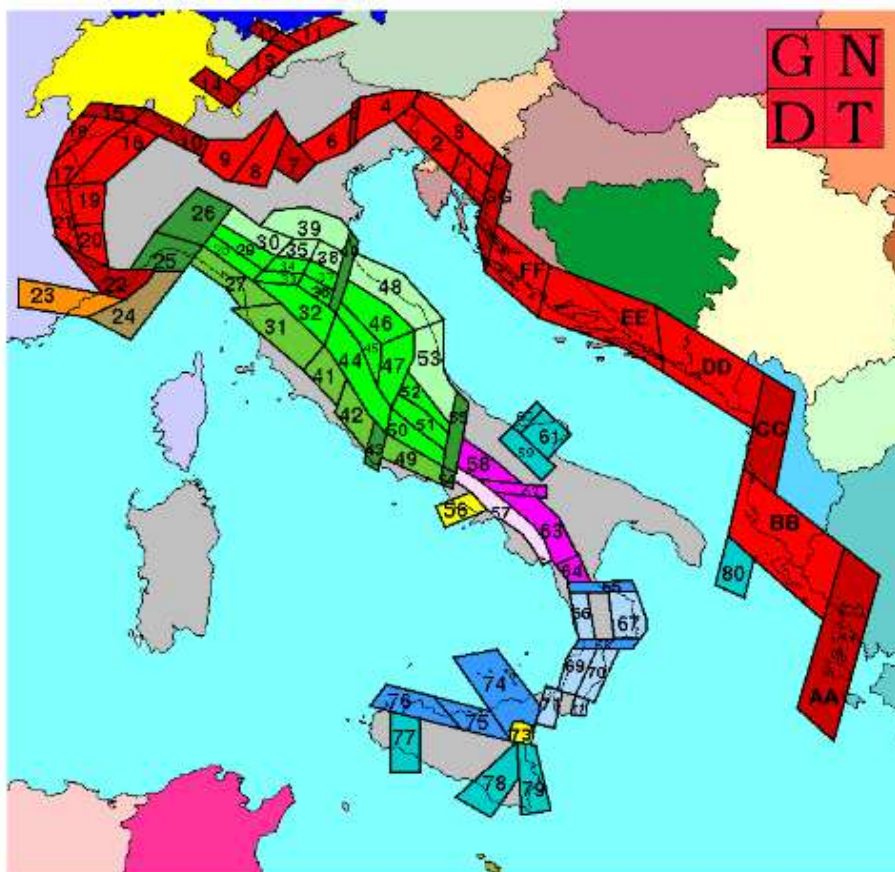


Figura 4 - Mappa Interattiva della pericolosità sismica. Zoom sul territorio comunale di Borgo Tossignano (BO). (Estratto da sito web dell'Istituto Nazionale di Geofisica e vulcanologia: <http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Dalla carta delle zone sismogenetiche italiane (Figura 5) si evince che il territorio in esame ricade principalmente nella così detta fascia intermedia dell'Appennino Settentrionale, caratterizzata da meccanismi di rottura attesi di tipo misto con prevalenza di movimenti *dip-slip* (Figura 5). Tale fascia sismogenetica, in corrispondenza dell'area in studio, è intersecata da una zona di svincolo trasversale per la quale, oltre ai meccanismi di *dip-slip*, sono attesi meccanismi di movimento tipo *strike-slip* (Figura 5).



B. Zone legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione sotto la catena appenninica.

- 2.1. Fascia padano-adriatica in compressione. Meccanismi di rottura attesi: thrust e strike-slip
 - 2.2. Fascia intermedia. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
 - 2.3. Fascia tirrenica in distensione. Meccanismi di rottura attesi: dip-slip
 - 2.4. Zone di svincolo (transfer). Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di strike-slip.
- Non è ancora definitivamente chiarito se l'Arco Calabro appartiene a questo gruppo o al gruppo 3. Nella prima ipotesi:*
- 2.5.a. Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip
 - 2.5.b. Zone di svincolo. Meccanismi di rottura attesi: strike-slip

Figura 5 - Zonazione sismogenetica ZS4. (estratto da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>).

Tale situazione è confermata dai dati estratti dal Catalogo Parametrico dei terremoti (PTI15), e relativo database (DBMI15), che mostrano come nelle vicinanze del territorio di Borgo Tossignano si siano registrati diversi eventi sismici caratterizzati anche da intensità macrosismica fino all'7° grado (terremoti del 1874, 1879 e 1886, Figure 6 e 7).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1874	10	07				Imolese	60	7	4.96
5	1879	04	27	04	06		Appennino tosco-emiliano	20	7	5.03
4	1886	09	05				Torinese	101	7	5.22
4	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
5	1967	12	30	04	19		Emilia Romagna orientale	40	6	5.05
3-4	1996	03	14	01	56	3	Appennino tosco-romagnolo	20	4-5	3.56
3	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
4	1999	01	25	22	45	5	Appennino forlivese	97	5	4.36
5	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
4-5	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
4	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
3	2002	11	02	10	57	4	Ferrarese	79	4	4.21
5	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
NF	2003	12	07	10	20	3	Forlivese	165	5	4.18
NF	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29

Figura 6 - Estrazione degli eventi sismici dal catalogo parametrico (CPTI15) e relativo database (DBMI15) dei terremoti di area italiana (estratto da: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

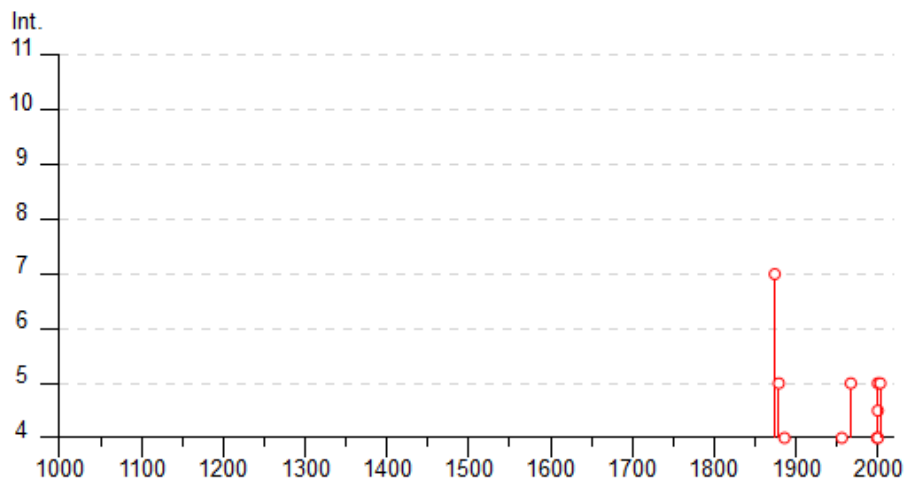


Figura 7 - Diagramma di distribuzione temporale dei dati di cui alla tabella precedente (Figura 6) (estratto da: https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

3 ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

L'assetto geologico descritto nel presente capitolo fa riferimento a tutto l'ambito territoriale compreso entro i Comuni del Nuovo Circondario Imolese, del quale fa parte anche il Comune di Borgo Tossignano. Vengono forniti alcuni approfondimenti specifici relativi al territorio comunale.

3.1 Inquadramento tettonico e strutturale

Dal punto di vista geologico, il territorio del Nuovo Circondario Imolese è ricompreso nel sistema dell'Appennino Settentrionale, che è una catena montuosa (Figure 8, 9 e 10) formata dalla sovrapposizione di "falde tettoniche", strutturalmente inquadrabile nel contesto del modello di prisma d'accrescimento (Treves, 1984). Secondo gli studiosi di geologia, la genesi e l'evoluzione della catena appenninica sarebbero iniziati a partire almeno dall'Eocene, se non nel Cretaceo superiore, durante la fase orogenica mesoalpina (AA.VV., 1992). In tale periodo, le successioni liguri furono impilate le une sulle altre, a formare un prisma di accrescimento che, secondo alcuni autori, sarebbe da considerare un elemento strutturale della catena alpina successivamente inglobato nella struttura geologica Appenninica (Cerrina Ferroni et al., 2004).

La frequente attività sismica che si riscontra soprattutto nell'area di pianura, ma anche nell'alto Appennino, sono la testimonianza diretta e attuale che l'evoluzione della catena non si è ancora conclusa.

Le principali unità tettoniche (falde) che formano il prisma d'accrescimento appenninico settentrionale (Treves, 1984) sono denominate come segue³ (dall'alto verso il basso in ordine di sovrapposizione):

- Unità liguri (Liguridi)
- Unità subliguri
- Falda toscana
- Unità umbro-romagnole e marchigiano-adriatiche.

Secondo il modello del prisma d'accrescimento (Treves, 1984) le Liguridi sovrastano geometricamente le Unità subliguri⁴ che, a loro, volta si pongono al di

³ Le denominazioni possono differire a seconda degli autori consultati.

⁴ Studi recenti (Bettelli et al., 2012) attribuirebbero all'unità Sestola-Vidiciatico e a suoi equivalenti (anche per i settori qui esaminati) un ruolo strutturale analogo a quello esercitato dalle unità subliguri dell'Appennino emiliano occidentale.

sopra della Falda toscana e delle Successioni Umbro-Romagnola e Marchigiano-Adriatica, etc. a complicare ulteriormente tale quadro strutturale (semplificato) interverrebbero accavallamenti tettonici fuori sequenza e faglie distensive neotettoniche.

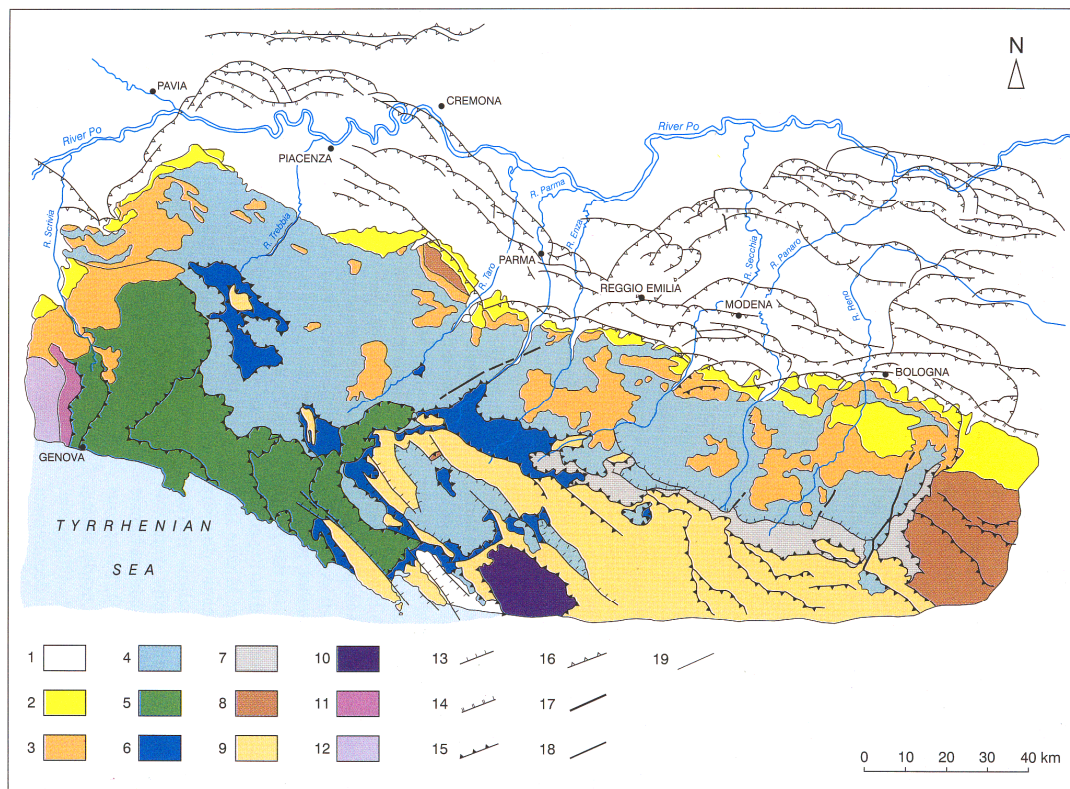


Figura 8 - Carta geologica schematica dell'Appennino Settentrionale (Estratto da Bettelli & De Nardo, 2001). LEGENDA: 1) depositi quaternari; 2) Depositi marini del Miocene Sup.-Pleistocene; 3) Successione epiligure; 4) Unità liguri esterne; 5) Unità liguri interne; 6) Unità subliguri; 7) Unità tettonica Sestola-Vidiciatico e Melange di Firenzuola; 8) Unità umbro-romagnole; 9) Unità toscane; 10) Unità metamorfiche toscane; 11) Zona Sestri-Voltaggio; 12) Gruppo di Voltri; 13) Faglie dirette; 14) Faglie dirette (nel sottosuolo); 15) Faglie inverse e sovrascorrimenti; 16) Faglie inverse (nel sottosuolo); 17) Faglie trascorrenti, di strappo o di trasferimento; 18) Faglie ad alto angolo a cinematica ignota (nel sottosuolo); 19) Limiti litologici.

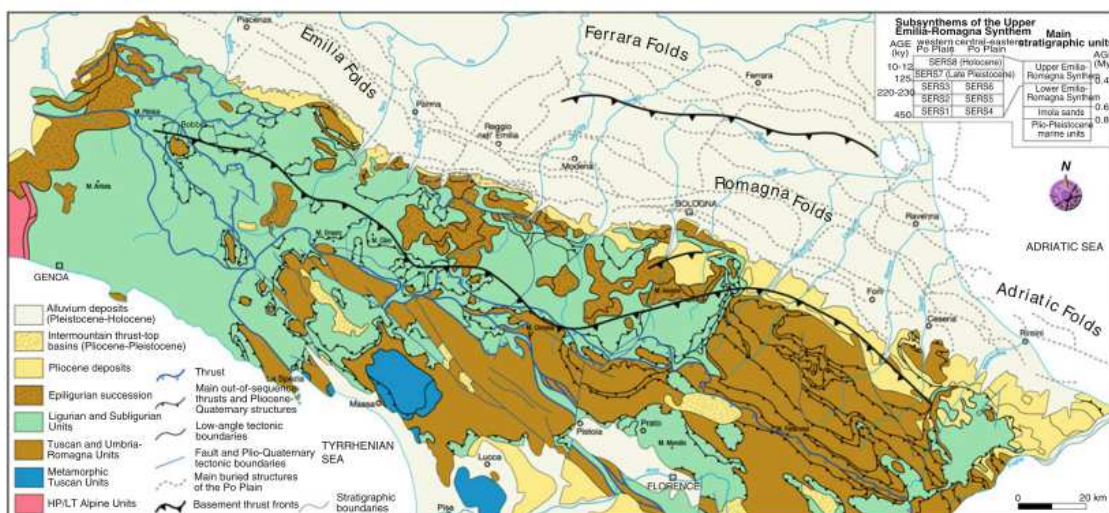


Fig. 2 Tectonic scheme of the Northern Apennines (after Pieri and Groppi 1981; Cerrina Feroni et al. 2002). Inset on right upper corner shows a stratigraphic scheme of the Neogene-Quaternary units of the Po Plain and the Apennines-Po Plain margin

Figura 9 - Schema tettonico dell'Appennino Settentrionale (estratto da Boccaletti et al., 2011)..

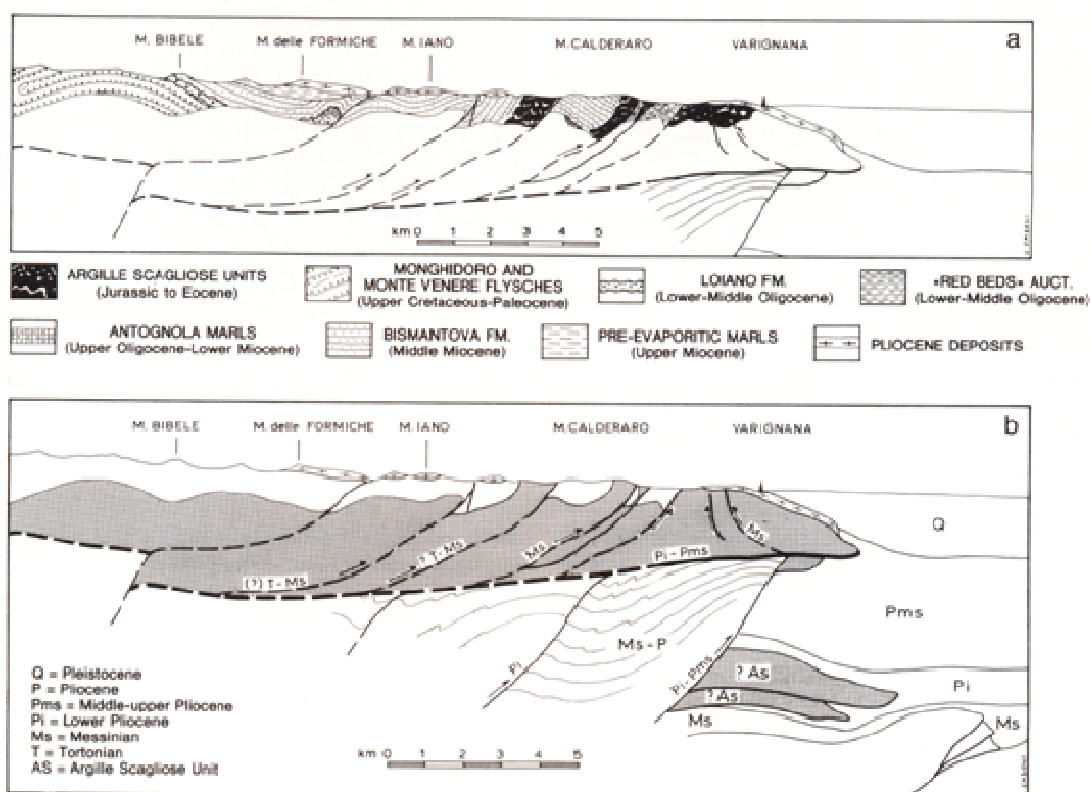


Fig. 5 - Sezione geologica (a) attraverso la coltre ligure del Bolognese tra Monghidoro, Varignana (Castel San Pietro) e il

Figura 10 - Sezione Geologica attraverso la coltre ligure del bolognese tra Monghidoro, Varignana (Castel San Pietro) e il margine padano (da Castellarin & Pini, 1989).

L'evoluzione strutturale della catena appenninica continua anche ai giorni nostri, come mostrano con la loro attività sismica le strutture tettoniche che hanno controllato la sedimentazione nel bacino padano, talora dislocando pure le unità sedimentarie più recenti plio-pleistoceniche di ambiente marino (che affiorano nei pressi del margine pedecollinare) e i depositi continentali del Pleistocene e dell'Olocene) che affiorano principalmente nelle valli o che formano il sottosuolo della pianura).

Tale attività sismogenetica si localizza in settori specifici della catena montuosa (Martelli, 2011):

- 1) nell'alto Appennino, soprattutto in corrispondenza del crinale principale;
- 2) nel basso Appennino, soprattutto nell'area pedemontana;
- 3) in pianura, in corrispondenza delle strutture tettoniche sepolte (così dette Pieghe Emiliane e delle Pieghe Ferraresi) (Figure 11 e 12) e a nord del Po.

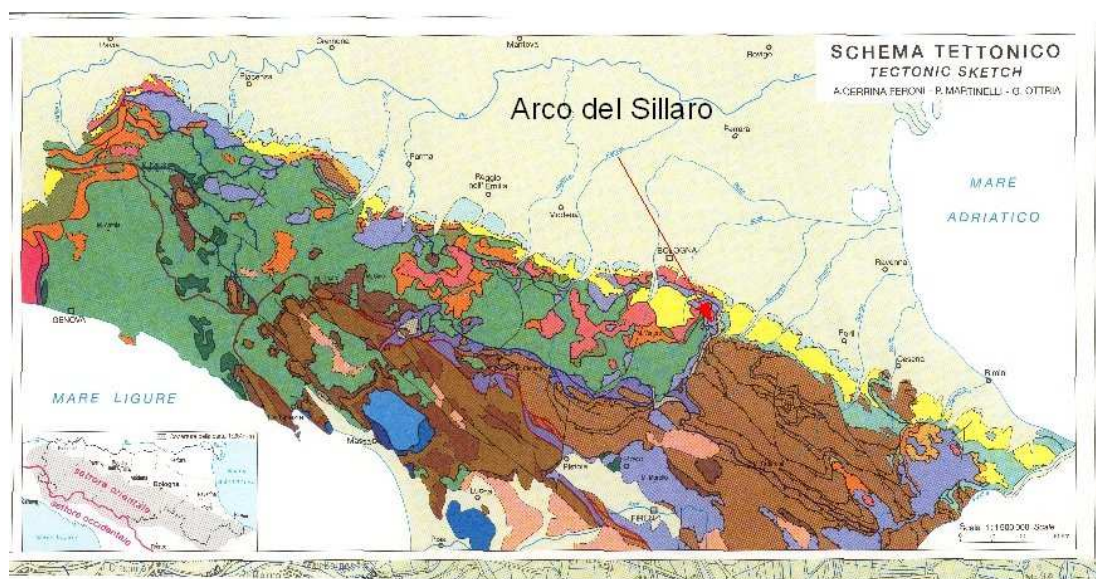


Figura 11 - Schema tettonico dell'appennino emiliano-romagnolo (Estratto da Cerrina Ferroni et al., 2002). La freccia in rosso sta a indicare l'ubicazione del sistema strutturale noto in letteratura come "Arco del Sillaro" o "Linea del Sillaro" (Castellarin & Pini, 1987). Lungo tale sistema strutturale si attua la sovrapposizione tettonica (accavallamento) delle unità afferenti al dominio Ligure (in verde a ovest) e le unità Umbro-Romagnole (in marrone a est). A est del Sillaro non vi sono più affioramenti di unità liguridi per diverse decine di chilometri fino a ridosso della Val Marecchia. Il sistema di sovrascorrimenti dell'"Arco del Sillaro" determina inoltre la scomparsa, in affioramento, della così detta "Vena del gesso" la cui presenza ed evidenza morfologica si annullano proprio in corrispondenza degli accavallamenti più orientali.

Dati geologici, morfologici e strutturali mostrano che il settore romagnolo dell'Appennino Settentrionale (a est della Linea del Sillaro) risulta più sollevato rispetto al settore emiliano (Martelli, 2011). I dati GPS confermerebbero l'attuale

sollevamento differenziale della catena in diminuzione relativa da est verso ovest (Martelli, 2011).

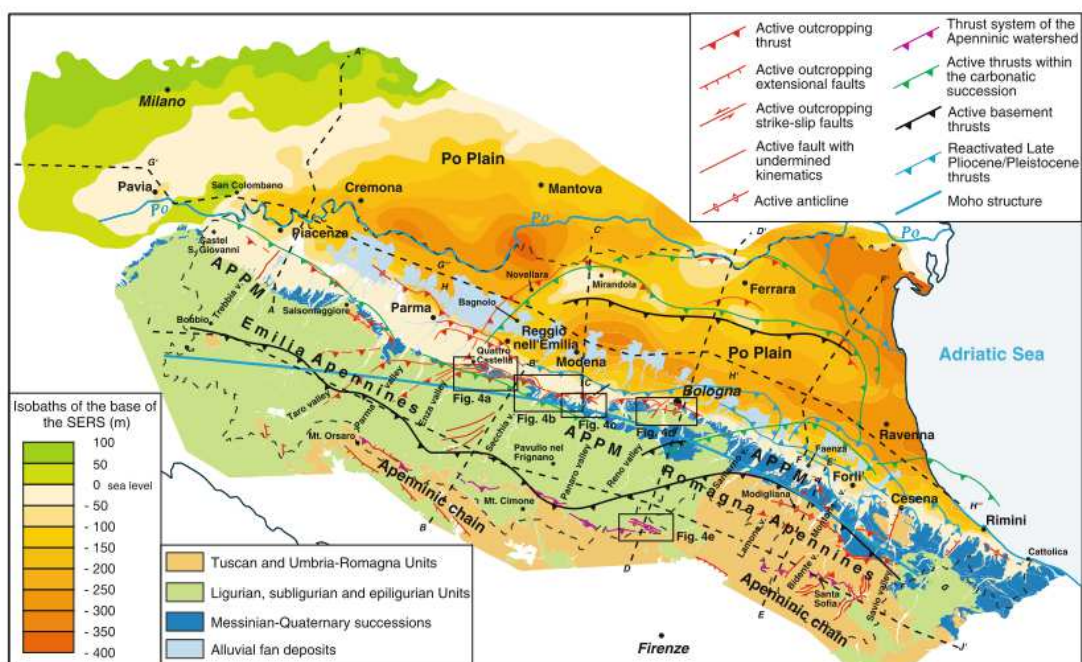


Figura 12 - Strutture tettoniche attive del settore padano dell'Appennino Settentrionale (estratto da Boccaletti et al., 2011).

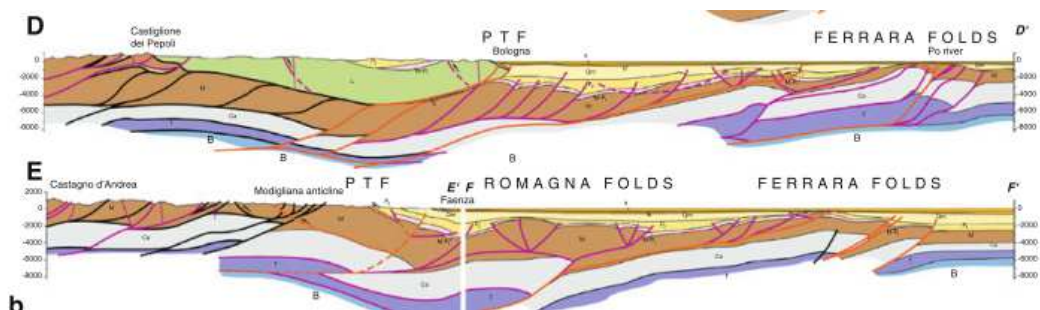


Figura 13 - Sezioni geologiche attraverso l'Appennino Settentrionale (per l'ubicazione si veda la figura precedente) (estratto da Boccaletti et al., 2011).

Nel settore di alta montagna (presso il crinale principale) i dati sismologici evidenziano meccanismi focali sia di tipo estensionale che di tipo compressivo, con i primi localizzati prevalentemente a bassa profondità relativa (entro 12-15 Km) rispetto i secondi (generalmente oltre i 20 km) (Boccaletti et al., 2004 e 2010; *Catalogo dei meccanismi dei terremoti mediterranei RCMT*, <http://www.bo.ingv.it/RCMT/>).

La zona pede-appenninica è caratterizzata da meccanismi focali prevalentemente di tipo compressivo (Boccaletti et al., 2004; 2011) che si

concentrano in una fascia nella quale le evidenze geologiche di attività tettonica sono particolarmente significative (dislocazione di depositi continentali, modifiche del reticolo idrografico, ecc.: Ghiselli e Martelli, 1997; Boccaletti et al., 2004; Boccaletti et al., 2011; Martelli, 2011) e che è riconducibile a un sistema di strutture di accavallamento che nel complesso formano il così detto Fronte di Accavallamento Pedemontano (*Piedmont Thrust Front*, Boccaletti et al., 1985).

Per quanto riguarda i settori della pianura, dove le conoscenze geologiche profonde sono legate principalmente agli studi per la ricerca petrolifera (Pieri & Groppi, 1981) le strutture che mostrano maggiori dislocazioni recenti sono le Pieghe Emiliane, l'arco delle Pieghe Ferraresi e le Pieghe Adriatiche (Figure 12 e 13) (Martelli, 2011), come anche confermato dalle recenti sequenze sismiche del 2012.

3.2 Inquadramento litologico-stratigrafico

Dal punto di vista litostratigrafico e strutturale il territorio del Nuovo Circondario può essere suddiviso in quattro settori (Figura 14):

- settore sud, delimitato a nord dalla fascia di affioramento delle evaporiti messiniane (così detta Vena del Gesso) e a ovest dalle strutture di accavallamento del così detto sistema dell'Arco del Sillaro (Castellarin & Pini, 1987; Bettelli & Panini, 1992; Bettelli et al., 2012). Nel settore in oggetto affiorano principalmente rocce afferenti al Dominio paleogeografico Umbro-Romagnolo, appartenenti alla Formazione Marnoso-Arenacea;
- settore ovest, dove affiorano rocce afferenti principalmente ai Domini Ligure e Subligure, nonché alla sovrastante Successione epiligure (Figura 14);
- settore centrale (o settore collinare) nel quale affiorano principalmente rocce ascrivibili al Dominio Padano Adriatico e in particolare appartenenti alla Formazione delle Argille Azzurre e alla Formazione delle Sabbie di Imola (così dette Sabbie Gialle) che sul margine collinare (e nelle valli) sono ricoperte in discordanza dai depositi continentali pleistocenici e recenti che formano i terrazzi morfologici del margine pedecollinare o quelli intravallivi (Figura 14);
- settore nord, corrispondente al settore di pianura del Circondario, che è caratterizzato da un sottosuolo formato dai depositi continentali dell'alta e media pianura bolognese (Figura 14) che ricoprono il substrato marino con successioni che raggiungono anche alcune centinaia di metri di spessore.

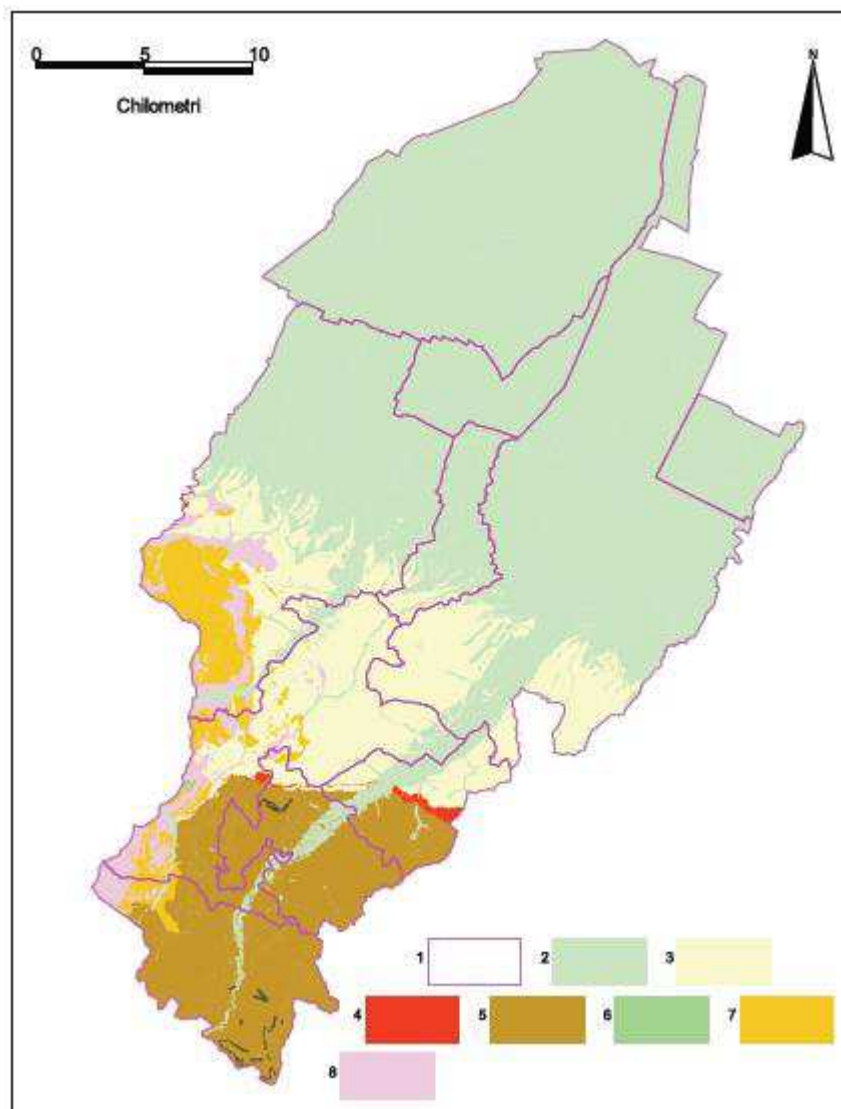


Figura 14 - Domini paleogeografici: le diverse rocce ascrivibili a varie unità litostatigrafiche e successioni sono riconducibili a domini paleogeografici distinti. Legenda: 1) confini comunali; 2) Depositi fluviali terrazzati e della pianura (Settore Nord); 3) Rocce del Dominio Padano-Adriatico (Settore centrale); 4) Evaporiti messiniane (Settore sud); 5) Rocce del Dominio Umbro-romagnolo (settore sud), 6) Rocce del Dominio Subligure (Settore ovest); 7) Rocce appartenenti alla Successione Epiligure (Settore ovest); 8) Rocce del Dominio Ligure (settore ovest). (Elaborato sulla base dei dati della Carta Geologica dell'Appennino emiliano-romagnolo alla scala 1:10.000, forniti dall'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della Regione Emilia-Romagna).

A grandi linee i quattro settori soprarichiamati presentano una propria omogeneità distintiva dal punto di vista della composizione delle rocce che ne costituiscono il substrato, che nei settori collinari e montani è visibile anche in affioramento:

- il settore sud presenta substrati di consistenza lapidea (torbiditi della Formazione Marnoso-Arenacea);
- il settore ovest ha un substrato prevalentemente dato da litotipi argillosi con tessitura a "blocchi in pelite" (unità prevalentemente argillitiche delle unità Liguri e

Epiliguri) e solo localmente da rocce lapidee (principalmente della Successione epiligure);

- il settore centrale è dominato dai depositi marini pliocenici prevalentemente argillosi (Argille Azzurre) o sabbioso/arenacei (Sabbie Gialle), anche se localmente sono presenti estesi depositi fluviali terrazzati secondo più ordini gerarchici (sia lungo i fiumi principali (Santerno *in primis*) che sul margine (ad esempio nella zona di Dozza);
- il settore nord, come già accennato, presenta un primo sottosuolo alluvionale recente con ghiaie prevalenti (sub affioranti o a profondità relativamente bassa) presso il margine e/o successioni date da sabbie, limi e argille con prevalenza dell'uno o delle altre tipologie a seconda del contesto (in relazione all'evoluzione fluviale recente d'epoca storica).

Nello specifico il territorio comunale di Borgo Tossignano si colloca al confine tra il settore meridionale, caratterizzato dalla presenza (testimoniata anche da numerosi affioramenti in parete e lungo i tracciati fluviali) di rocce a consistenza principalmente lapidea ascrivibili alla Formazione Marnoso-Arenacee e quello centrale. Più in particolare, proprio in corrispondenza del capoluogo si riconosce, la presenza della parte stratigraficamente più alta della Formazione Marnoso-Arenacea (sezioni visibili ad esempio lungo il corso del Torrente Santerno) e della sovrastante Formazione dei Ghioli di letto. Ma forse l'elemento litostratigrafico più spettacolare sul quale sorge una parte del paese è rappresentato dalla così detta *Vena del Gesso*, formazione evaporitica molto ben conosciuta in Romagna e che in questo settore del Nuovo circondario Imolese mostra gli affioramenti più occidentali.

3.3 Inquadramento morfologico

I grandi settori descritti al paragrafo precedente, proprio perché basati su caratteristiche geologico-strutturali, si distinguono anche per la presenza di differenti forme del paesaggio.

I settori occidentale e centrale, a substrato caratterizzato da prevalente componente argillosa, mostrano forme correlate principalmente a processi di versante (frane, calanchi).

Il settore centrale presenta spesso valli secondarie asimmetriche (affluenti del Santerno) con i versanti esposti verso nord, più franosi, estesi e meno acclivi, rispetto a quelli esposti a sud che sono più ripidi, meno estesi e presentano ampie forme erosive di tipo calanchivo.

Il settore sud, a substrato prevalentemente lapideo, è invece caratterizzato da forme aspre, con gradienti del pendio localmente elevati (rupi, pareti e scarpate alte anche diverse decine di m, valli profondamente incise e forre).

Il settore nord (di pianura) presenta forme poco pronunciate, se non localmente in corrispondenza dei corsi d'acqua principali.

Tra i singoli elementi morfologici di preminente importanza a scala sovracomunale si ricordano:

- la cosiddetta Vena del Gesso: una sorta di dorsale stretta e allungata che si erge sulle aree circostanti, delimitando sostanzialmente il passaggio dalla zona collinare alla zona montana e di fatto dal settore sud a quello centrale;
- il sistema dei terrazzi alluvionali del Santerno (primo, secondo e terzo ordine) idrogeologicamente connessi con il fiume e il sistema dei terrazzi fluviali antichi (quinto, sesto e settimo ordine) riconoscibili lungo il margine pedecollinare;
- i vari sistemi calanchivi riconoscibili nei settori centrale e occidentale.

Dal punto di vista morfologico Borgo Tossignano presenta due elementi principali caratterizzanti il paesaggio: alcuni estesi areali pianeggianti su dei terrazzi fluviali e la Vena del gesso (sulla quale sorge buona parte della parte antica del capoluogo). La vena del gesso spicca in maniera molto evidente non solo nel paesaggio, essendo spesso marcata da scarpate molto ripide, ma anche nel sottosuolo, dove è segnalata la presenza di sistemi di grotte, cunicoli e inghiottitoi con locale possibilità di crolli di blocchi di evaporiti.

4 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per le analisi a supporto degli studi di microzonazione sismica dei comuni del Nuovo Circondario Imolese ci si è avvalsi delle informazioni geologiche, tecniche e sismiche deducibili da un insieme piuttosto articolato e voluminoso di fonti che in parte erano già state raccolte in occasione dell'indagine geologica contenuta nel Quadro Conoscitivo del PSC, ma che per una buona parte sono state acquisite come dati originali.

Con la collaborazione delle unità tecniche comunali e dell'Ufficio di Piano, è stata raccolta una grande mole di indagini geognostiche (meccaniche e geofisiche) nonché stratigrafiche puntuali, giungendo alla realizzazione di una Banca Dati Geognostici che consiste di oltre 800 prove e sondaggi puntuali e/o lineari.

Tale insieme di dati è stato identificato informalmente come "Banca Dati NCI" (Banca dati del Nuovo Circondario Imolese).

A questi dati si sono poi aggiunti quelli che facevano parte della Banca Dati Geognostici di Pianura della Regione Emilia-Romagna (messi a disposizione dall'Ufficio Geologico Sismico e dei Suoli regionale) per complessivi circa 1300 dati puntuali riferiti ai territori dei comuni di pianura del Nuovo Circondario Imolese.

Per ampliare la base dati, soprattutto in relazione alle informazioni di natura geofisica, si è proceduto all'acquisizione di oltre un centinaio di misure di microtremore a stazione singola, di 9 prove penetrometriche con cono sismico e di 8 rilievi attivi in onde di superficie (MASW). Questi dati originali sono stati inizialmente raggruppati sotto la denominazione informale "Banca dati PSC".

Con il lavoro di adeguamento agli standard di rappresentazione e archiviazione informatica si è provveduto a riunire in un'unica banca dati, una per ciascun comune del Nuovo Circondario Imolese, le tre banche dati originali.

Per quanto riguarda nello specifico il comune di Borgo Tossignano, la base dati comprende all'incirca 30 indagini riferibili ad altrettanti siti di indagine, sia puntuali che lineari. Si tratta di prove penetrometriche dinamiche e statiche, sondaggi a rotazione, misure di microtremore a stazione singola e indagini sismiche attive in onde di superficie (MASW).

5 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda i settori di pianura del Nuovo circondario Imolese (Comuni di Medicina, Castelguelfo, Castel San Pietro, Dozza, Imola e Mordano) nell'ambito della microzonazione sismica realizzata per il Piano Strutturale Comunale coordinato a livello di Circondario, è stata condotta un'analisi dettagliata delle informazioni stratigrafiche, litologiche e sedimentarie deducibili, oltre che dalle carte geologiche, soprattutto dalle indagini geognostiche (principalmente stratigrafie di pozzi e sondaggi, nonché diagrammi penetrometrici) contenute nelle banche dati descritte nel capitolo precedente, elaborando un modello di architettura stratigrafia a scala dell'intero areale della pianura. Il lavoro, data la mole di dati disponibile, ha richiesto un notevole sforzo di analisi, prima, e di sintesi, poi, che ha originariamente portato alla definizione di 15 "Zone" (Figura 15) a ciascuna delle quali corrisponde un modello geologico di riferimento descritto sotto forma di una tabella sintetica stratigrafica (Figura 16).

Data la complessità geologica dei settori montuosi e collinari, non è stato possibile procedere in maniera analoga, elaborando un'analisi di natura tecnico-stratigrafica valida su tutto l'areale collinare-montuoso del Nuovo Circondario Imolese, come fatto per i territori di pianura. Si è proceduto pertanto alla definizione dei modelli geologici nei territori classificati come territorio urbanizzato e come territorio urbanizzabile dal PSC comunale, definendo delle zone omogenee caratterizzate da modelli geologici definiti sulla base delle conoscenze di natura geologica regionale e geognostica. Per la numerazione delle nuove zone omogenee si è partiti dal numero 16 proseguendo pertanto la numerazione identificativa utilizzata per i territori di pianura.

Tale procedura ha pertanto portato alla definizione di 58 modelli geologici (23 di pianura e 35 di collina-montagna) riferibili alle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS) descritte nell'omonima carta.

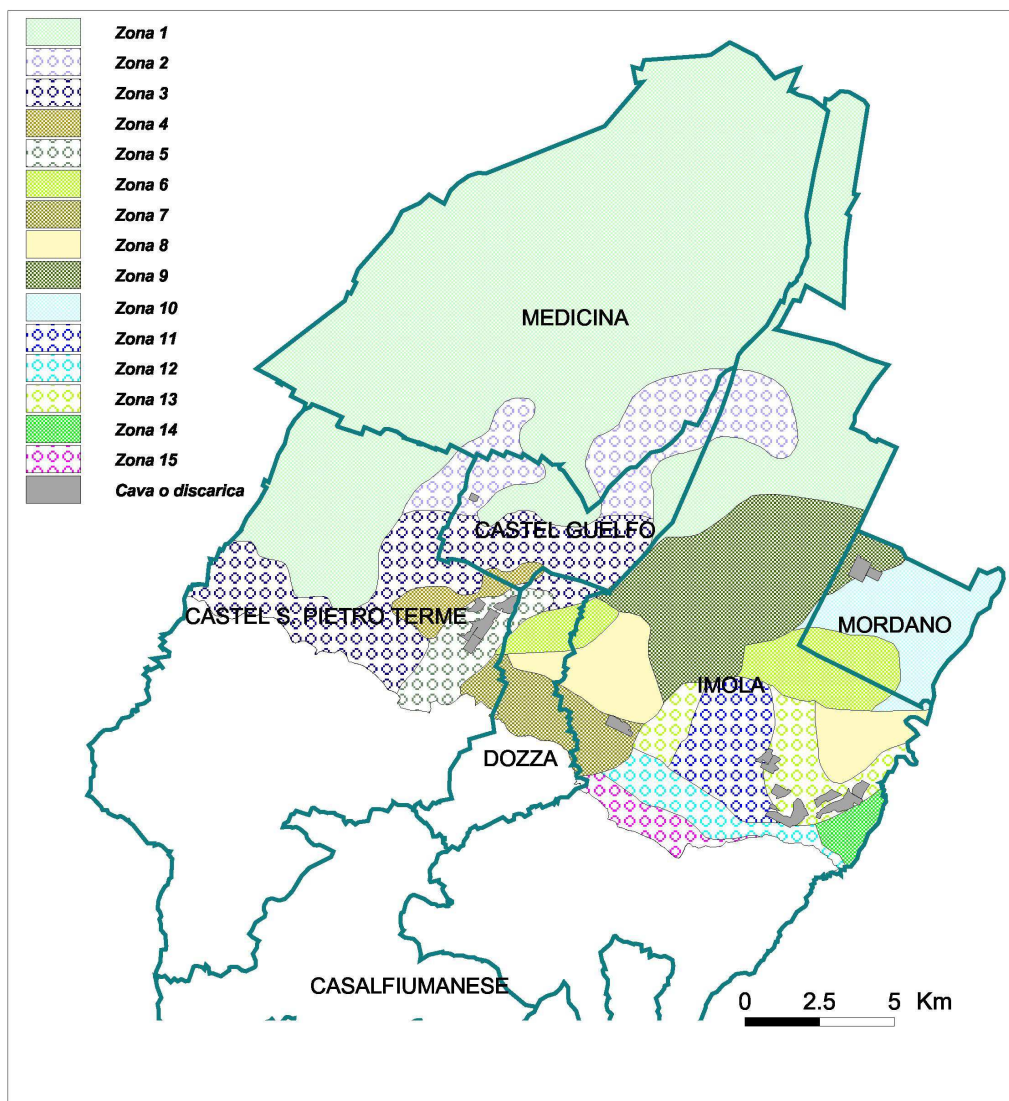


Figura 15 - Distribuzione delle zone omogenee di pianura per ciascuna delle quali è stato definito un modello geologico di riferimento (versione originale del PSC che è stata successivamente integrata distinguendo al suo interno gli ulteriori modelli delle Zone dalla 41 alla 48, laddove sono presenti spessori significativi cumulati di strati sabbiosi).

Zona 11		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Depositi di copertura prevalentemente limosi (con argille più raramente sabbie) di spessore limitato a pochi metri (massimo 5-6)	Conoide del Santerno. Localmente (estremità settore a NO della Zona) nell'Unità 1 possono essere presenti strati sabbiosi potenzialmente liquefacibili
Unità 2	Depositi prevalentemente ghiaiosi pluridecametrici derivanti dall'amalgamazione di orizzonti grossolani riferibili a unità stratigrafiche diverse. Sono presenti intercalazioni sporadiche (1-2m) di peliti e/o sabbie limose	

Figura 16 - Esempio di tabella riassuntiva di un modello geologico (Zona 11).

Essendo state definite a scala di tutto il territorio del Nuovo Circondario imolese la numerazione identificativa completa fa riferimento non ad un singolo comune ma alla totalità dei 10 comuni del NCI.

Nello specifico, nel Comune di Borgo Tossignano sono presenti le zone omogenee identificate (Carta delle MOPS) come (Figura 17):

- Zona 17
- Zona 19
- Zona 20
- Zona 21
- Zona 51;
- Zona 55.

Zona 15		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Depositi superficiali di spessore complessivo pari a circa 5-7 m, dati da terreni prevalentemente limosi (1-2 m di spessore) e ghiaie in matrice limoso sabbiosa.	Settori terminale dei terrazzi del Santerno di collegamento al conoide apicale
Unità 2	Substrato marino (Argille Azzurre e/o Sabbie Gialle di Imola)	
Zona 21		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Alluvione limo-sabbiosa con livelli ghiaiosi (spessore 5-6m)	
Unità 2	Substrato: Formazione Marnoso Arenacea (Ar/P>1)	
Zona 22		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Alluvione ghiaioso-sabbiosa con copertura superficiale limo-sabbiosa di 1-3 m (spessore complessivo 10-14m)	
Unità 2	Substrato: Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	
Zona 25		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Alluvione ghiaioso-sabbiosa (spessore 5-6m)	
Unità 2	Substrato: Formazione delle Argille Azzurre plioceniche	
Zona 26		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Alluvione limo-sabbiosa con livelli ghiaiosi (spessore 13-15m)	
Unità 2	Substrato: Formazione gessoso-Solfifera e/o Formazione dei Ghioli di letto	

Zona 27		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Detrito eluvio-colluviale limo-argilloso (spessore 4-5m)	
Unità 2	Alluvione limo-sabbiosa con livelli ghiaiosi alla base (spessore 9-10m)	
Unità 3	Substrato: Formazione Marnoso Arenacea (Ar/P<<1)	

Zona 28		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Detrito eluvio-colluviale e Formazione gessoso-Solfifera alterata e decompressa (spessore 5-8m)	
Unità 2	Substrato: Formazione Gessoso-Solfifera	

Zona 30		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Detrito eluvio-colluviale e Formazione delle Argille Azzurre alterata e decompressa (spessore 3-6 m)	
Unità 2	Substrato: Formazione delle Argille Azzurre	

Zona 40		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Detrito eluvio-colluviale limo-argilloso e breccia a blocchi e massi arenitici (spessore da 1 a 3 m)	
Unità 2	Substrato: Formazione Marnoso Arenacea	

Zona 51		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Deposito di frana prevalentemente argilloso derivante principalmente dalla porzione alterata e decompressa della formazione delle Argille Azzurre (spessore da decimetrico a plurimetrico)	
Unità 2	Substrato: Formazione delle Argille Azzurre con eventuale porzione meno profonda alterata e decompressa	

Zona 55		
	Descrizione litologico-tessiturale	Note
Unità 1	Accumulo franoso derivate principalmente da detrito originatosi per alterazione e/o franamento di blocchi e frammenti della Formazione gessoso-Solfifera (spessore metrico)	
Unità 2	Substrato: Formazione Gessoso-Solfifera	

Figura 17 – Tabelle stratigrafiche descrittive dei modelli geologici ascrivibili alle zone omogenee in prospettiva sismica definite nei settori del territorio comunale di Borgo Tossignano oggetto di Microzonazione sismica.

6 INTERPRETAZIONE E INCERTEZZE

In qualsiasi studio a scala territoriale, basato principalmente su dati che hanno valenza puntuale (o tutt'al più rilevati lungo un allineamento di sensori che comunque resta di lunghezza limitata), la maggiore o minore densità della distribuzione delle informazioni condiziona fortemente il grado di incertezza interpretativa.

Già una carta geologica non è un documento cartografico oggettivo, ma una carta che riporta pochi dati oggettivi (l'ubicazione degli affioramenti, gli assetti stratigrafici nell'ipotesi che il rilievo non sia stato affetto da errore e che la polarità fosse evidentemente chiara, ecc.), mentre in gran parte deriva da un processo interpretativo "soggettivo", basato su alcune ipotesi che hanno lo scopo di rendere conto dei pochi dati disponibili (spesso puntuali e comunque lacunosi) e di inquadrarli in un contesto più generale.

Ad aumentare e a rendere variabile il grado di incertezza interpretativa contribuisce la forte variabilità latero-verticale delle caratteristiche litologiche e degli spessori rilevabile nel primo sottosuolo, sia in pianura, ma soprattutto nei territori collinari e montani, dove tali variabilità non sono correlate solamente all'evoluzione del sistema idrografico (come avviene principalmente nei territori di pianura) ma anche ad altri fenomeni morfogenetici che possono coesistere, e insistere, sul medesimo sito (instabilità gravitative di versante, quali i fenomeni franosi; erosione selettiva su formazioni rocciose a composizione bifasica o più complessa; erosione a rivoli, formazione di calanchi; azione fluviale; depositi da sbarramento; formazione di coltri detritiche di varia origine e spessore, eluvio-colluviale, falde di detrito, depositi eolici; carsismo; ecc.).

In un siffatto contesto, può essere alquanto opinabile l'estendere la validità di un modello geologico, magari basato solamente su uno o due dati puntuali, su settori territoriali anche di estensione non particolarmente grande.

Si è pertanto sempre cercato di raggiungere un compromesso tra conoscenze stratigrafiche e litologico-tecniche legate a pochi dati puntuali e coerenza con il contesto geologico all'intorno.

Per quanto riguarda l'interpolazione di determinati valori di dati, effettuata solamente per i territori di pianura, non si è proceduto con l'applicazione di algoritmi sofisticati, ma con interpretazioni visive, forse meno oggettive, ma che proprio perché

meno oggettive inglobano già al loro interno il grado di incertezza correlato alla mal distribuzione delle conoscenze⁵.

Alla disomogenea distribuzione dei dati si associa anche la loro disomogenea affidabilità interpretativa. Trattandosi infatti di indagini eseguite da soggetti diversi (tra dati di archivio e prove originali la scansione di esecuzione temporale copre un lasso di tempo di quasi 40 anni), per finalità generalmente edilizie, si notano a volte delle contrapposizioni e contraddizioni nell'interpretazione di indagini eseguite da soggetti diversi anche in aree tra loro limitrofe.

In alcuni casi, poi, c'è conflitto tra l'interpretazione data a un determinato trend o andamento di curve descrittive di un certo parametro (dispersione delle onde di superficie, rapporto HVSR, componenti spettrali, ecc.) da parte di chi ha prodotto l'indagine e quella prettamente visuale (per non disponibilità della registrazione o del dato originale) di chi ha utilizzato tali dati per la Microzonazione sismica. Per tali motivi, alcune indagini di archivio sono state utilizzate attribuendo loro un peso diverso rispetto ad altre o rispetto a quelle eseguite in originale.

⁵ La maggiore concentrazione di dati si presenta, banalmente, laddove l'uomo ha avuto un interesse ad intervenire: per costruire edifici o manufatti in generale, per cercare materie prime (materiali per costruzione, acqua, idrocarburi); per bonificare (aree a maggior tendenza all'impaludamento), ecc.

7 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come già accennato nel capitolo 1, il riferimento principale per la redazione della microzonazione sismica per il Piano Strutturale Comunale redatto in forma associata dai Comuni del Nuovo Circondario Imolese, sono stati

- la Delibera dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n. 112 del 2007 (atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, c. 1, della LR 20/2000 per "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica";
- la Variante in materia di riduzione del rischio sismico (adeguamento alla LR19/2008) del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) della Provincia di Bologna. Quest'ultima non rappresenta altro che l'elaborato a scala provinciale previsto dalla delibera regionale 112/2007.

Lo studio di microzonazione sismica ha avuto come scopo:

- l'approfondimento a scala comunale delle analisi sismiche di primo livello (sensu DAL 112/2007) condotte dalla Provincia di Bologna nell'ambito della variante in materia di riduzione del rischio sismico del PTCP;
- la microzonazione sismica degli ambiti del territorio urbanizzato e urbanizzabile (analisi di secondo livello).

Il lavoro ha previsto tre fasi.

Nella prima fase si è proceduto:

- alla raccolta sistematica dei dati disponibili;
- alla sistematizzazione dei dati raccolti all'interno di una struttura SIT in maniera che ogni singolo dato fosse associato alla sua posizione spaziale nonché a un file (in formato .pdf) contenente i diagrammi, le tabelle e tutto ciò che fosse utile per una lettura e interpretazione delle informazioni derivanti dall'indagine specifica;
- a una prima valutazione della distribuzione dei dati (sia stratigrafici, ma anche di natura più specificatamente geofisica) con lo scopo di verificare l'esistenza di aree più o meno "scoperte" in relazione alle conoscenze disponibili riguardo le caratteristiche del sottosuolo.

In una seconda fase si è proceduto all'analisi dei dati sia visivamente sia approntando alcune tavole cartografiche di analisi (soprattutto per i settori della pianura) che hanno permesso di meglio definire oltre che i modelli geologici del sottosuolo anche l'andamento spaziale di certe grandezze e parametri (presenza di sedimenti liquefacibili, presenza di sedimenti cedevoli, profili verticali della velocità

delle onde S, valori del VS30 o del VSh in condizioni particolari, valori della frequenza di sito, ecc.). Durante questa fase si è verificata la necessità di realizzare un set di nuove indagini geofisiche (misure di microtremore a stazione singola, MASW e SCPTU) in quanto quelle disponibili in banca dati non erano sufficienti a caratterizzare dal punto di vista sismico gli areali in studio, in particolare per l'analisi di secondo livello.

Nella terza fase dello studio si è proceduto all'allestimento delle cartografie specifiche sia per l'analisi di primo livello su tutto il territorio del Nuovo Circondario Imolese (che sono andate a interessare le cartografie già presenti nel QC del PSC) sia per l'analisi di secondo livello, condotta solo per il territorio urbanizzato e urbanizzabile, con esclusione quindi del territorio rurale. Nell'ambito di questa fase di lavoro sono stati anche approntati delle norme ed indirizzi normativi, conformi alla normativa approntata dalla Provincia nell'ambito della variante specifica al PTCP, nonché delle schede riassuntive degli specifici elementi di pericolosità sismica eventualmente presenti, per ciascun ambito del territorio urbanizzabile.

A queste tre fasi (per la realizzazione della microzonazione sismica redatta in fase di redazione del PSC) si è poi aggiunta una quarta fase di lavoro che ha previsto:

- la verifica della coerenza del lavoro con la sopraggiunta Delibera della Giunta della Regione Emilia-Romagna n. 2193 del 21 dicembre 2015 (Art 16 della L.R. n. 20 del 24/3/2000. *Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112*), riguardo alla quale si è provveduto a rivalutare i fattori di amplificazione stratigrafica basandosi sull'applicazione degli abachi contenuti nella citata deliberazione DGR 2193/2015;
- l'adeguamento delle banche dati e degli elaborati cartografici agli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b* (Commissione Tecnica per la Microzonazione sismica, ottobre 2015).

8 ELABORATI CARTOGRAFICI

Sono state elaborate le cartografie previste dai più volte citati standard e pertanto:

- Carta delle indagini;
- Carta geologico-tecnica per la microzonazione sismica;
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS);
- Carta di microzonazione sismica (Carta di MS).

A tali elaborati si aggiungono la Carta delle velocità e la Carta delle frequenze, richieste specificatamente dalla Regione Emilia-Romagna.

8.1 Carta delle indagini

Descrive la distribuzione spaziale delle indagini geognostiche (meccaniche e geofisiche), spesso travalicando i confini delle parti di territorio comunale che sono state oggetto della microzonazione.

Per le motivazioni già espresse in precedenza, la distribuzione delle indagini non risulta omogenea, ma evidenzia zone di concentrazione e zone di rarefazione dovute alla presenza/assenza di interventi di natura edilizia o infrastrutturale.

Nella carta s'individuano le posizioni dei siti puntuali dove sono state eseguite prove (ad esempio prove penetrometriche dinamiche o statiche, sondaggi; HVSR, ecc.) e dei siti lineari dove sono state eseguite indagini geofisiche, generalmente tipo MASW.

8.2 Carta geologico-tecnica (CGT_MS)

Descrive le caratteristiche del substrato, qualora affiorante o subaffiorante, e la natura delle coperture stabili (coltri detriche) e di quelle instabili o in equilibrio metastabile (forme franose). Vi sono inoltre riportati alcuni elementi di natura morfologica (scarpate e orli di terrazzo, ad esempio) o tettonica (faglie), nonché la traccia della (o delle sezioni geologiche) riportate in allegato.

Come la carta delle indagini anche la carta geologico-tenica (a differenza delle carte delle MOPS e di Microzonazione) è stata redatta a copertura dell'intero territorio comunale.

8.3 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (Carta delle MOPS)

Per le aree oggetto di microzonazione (zone classificate urbanizzate o urbanizzabili) la carta individua:

- le aree stabili suscettibili di amplificazione sismica in conseguenza del fatto che nel primo sottosuolo sono presenti terreni (o rocce fratturate e/o alterate) caratterizzati da valori di velocità delle Vs inferiori a 800 m/s, ma non soggetti a fenomeni di instabilità;
- le zone di attenzione per instabilità di versante, coincidenti con le forme franose che possono eventualmente interessare anche in maniera limitata aree oggetto di microzonazione.

8.4 Carta di microzonazione sismica (Carta di Ms)

La carta è stata realizzata in tre versioni considerando il fattore di amplificazione rispetto la PGA ovvero rispetto l'intensità spettrale (di Housner), nell'intervallo di periodi 0.1-0.5 secondi, ovvero sempre rispetto all'intensità spettrale (di Housner), ma nell'intervallo di periodi 0.5-1.0 secondi, conformemente a quanto richiesto dalle delibere regionali (DAL 112/2007 e DGR 2193/2015).

Per la determinazione dei fattori di amplificazione stratigrafica, in corso di revisione del lavoro si è proceduto alla rivalutazione facendo riferimento agli abachi contenuti nella più recente DGR 2193/2015 rispetto a quanto fatto nel lavoro originale che era invece basato sugli abachi contenuti nella DAL 112/2007.

9 CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI DEGLI EVENTI PASSATI

Non sono state reperite informazioni o descrizioni al riguardo.

Bastiglia, ottobre 2017

Dott. Geol. Giorgio Gasparini



A handwritten signature in black ink, appearing to read "Giorgio Gasparini".

10 BIBLIOGRAFIA

- ◆ AA.VV. (1992) - *Appennino Tosco-Emiliano. (A cura di Bortolotti V.) Guide geologiche regionali*. N. 4, pp. 336, BE-MA Editrice, Firenze.
- ◆ AA. VV. (1997) – *La microzonazione sismica nella pianificazione urbanistica e territoriale: l'esperienza del "Masterplan" del Rubicone e prospettive regionali*. Proc. Conv. Geologia delle grandi aree urbane, Bologna 4/5 novembre 1997.
- ◆ AA.VV. (2001) – *Il rischio sismico in Italia. Ingegneria Sismica*, 1/2001, 5-36.
- ◆ AA.VV. (2005) - *Aspetti geotecnici della progettazione in zona sismica. Linee guida*. Patron Editore, Bologna, edizione Provvisoria.
- ◆ Benini A., Martelli L., Poccianti C. & Rosselli S. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000, foglio 253- Marradi*. (sito web cartografico dell'Ufficio Geologico, Sismico e dei Suoli della regione Emilia-Romagna.
- ◆ Bettelli G. & De Nardo M.T. (2001) – *Geological outlines of the Emilia Apennines (Italy) and introduction into the rock units cropping out in the areas of landslides reactivated in the 1994-1999 period*. Quad. Geol. Appl. N. 8/1(2001), 1-26, Pitagora Ed., Bologna.
- ◆ Bettelli G. & Panini F. (1989) - *I Melanges dell'Appennino Settentrionale dal T. Tresinaro al T. Sillaro*. Mem. Soc. Geol. It., 39(1987), 187-214.
- ◆ Bettelli G. & Panini F. (1992) – *Liguridi, melanges e tettoniti nel Complesso caotico lungo la «linea del Sillaro» (Appennino settentrionale, Province di Firenze e Bologna)*. Mem. Descr. Carta geol. D'It. XLVI(1991), 387-415.
- ◆ Bettelli G., Panini F., Fioroni C., Nirta G, Remitti F., Vannucchi P e Carlini M. (2012) - *Revisiting the Geology of the "Sillaro Line", Northern Apennines, Italy*. Rend. Soc. Geol. It., 22, 14-17.
- ◆ Boccaletti M, Coli M, Eva C, Ferrari G, Giglia G, Lazzarotto A, Merlanti F, Nicolich R, Papani G, Postpischl D (1985) *Considerations on the seismotectonics of the Northern Apennines*. Tectonophysics 117,7–38.
- ◆ Boccaletti M. Corti G. e Martelli L. (2011) - *Recent and active tectonics of the external zone of the Northern Apennines (Italy)*. Int J Earth Sci. Pubbl. online 19may2010.
- ◆ Boncio P., Bracone V. (2009) - *Active stress from earthquake focal mechanisms along the Padan–Adriatic side of the Northern Apennines (Italy), with considerations on stress magnitudes and pore-fluid pressures*. Tectonophysics 476,180–194.
- ◆ Burrato P., Ciucci F., Valensise G. (2003) - *An inventory of river anomalies in the Po Plain, Northern Italy: evidence for active blind thrust faulting*. Ann Geophys 46(5), 865–882.
- ◆ Calabrese L. & Cibin U. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 222 Lugo*. Regione Emilia-Romagna.

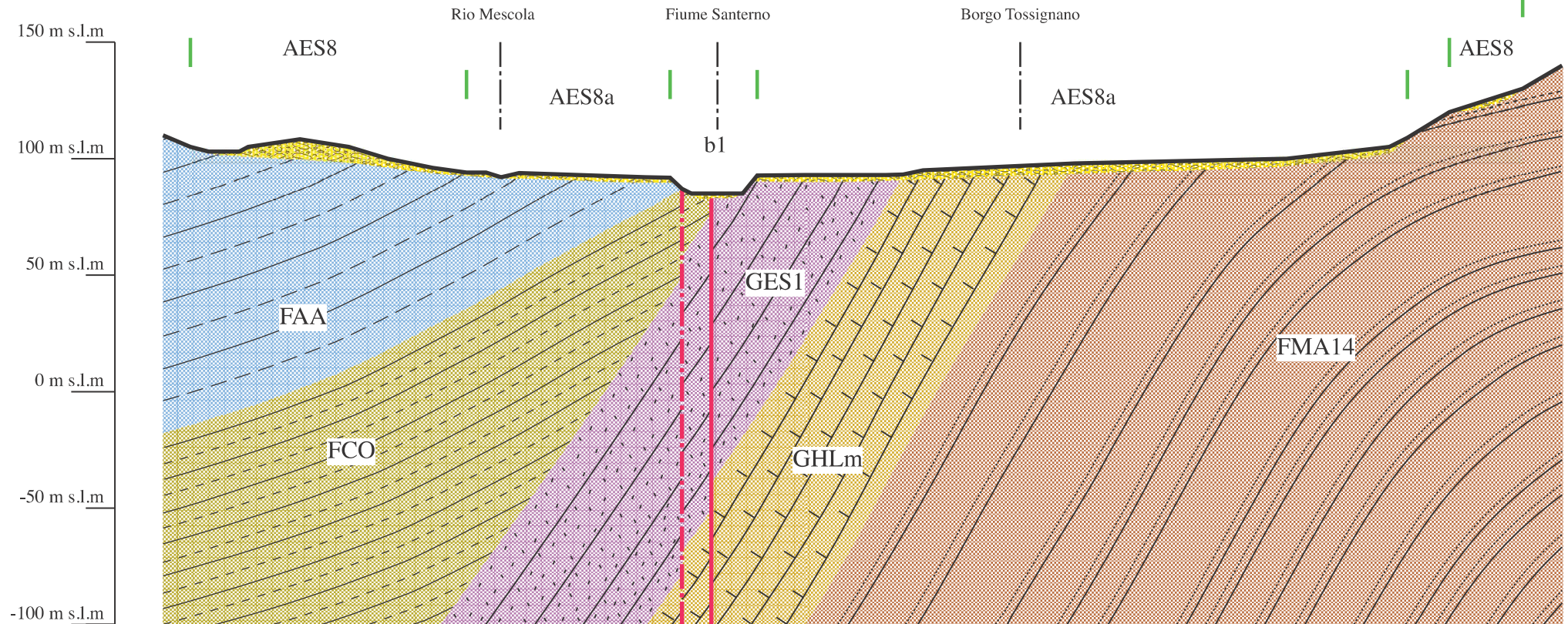
- ◆ Camassi R & Stucchi M. (1996) – *NT4.1-Un catalogo parametrico di terremoti di area italiana alla di sopra della soglia di danno.*
- ◆ Castellarin A., Eva C., Giglia G. e Vai G.B. (1986) – *Analisi strutturale del fronte appenninico padano.* Giornale di Geologia, 47, (1-1) (1985), 47-75.
- ◆ Castellarin A. & Pini G.A. (1989) (con contributo di Borsetti A.M. e Rabbi E.) - *L'arco del Sillaro: la messa in posto delle argille scagliose al margine appenninico padano (Appennino bolognese).* Mem. Soc. geol. It., 39(1987), 127-141.
- ◆ Cerrina Ferroni A., Martelli L., Martinelli P & Ottria G. (2002) – *Carta geologico-strutturale dell'Appennino emiliano-romagnolo.* Scala 1:250.000. Carta e Note Illustrative, S.EL.CA, Firenze.
- ◆ Cerrina Ferroni A., Ottria G. & Ellero A. (2004) – *The Northern Apennines, Italy: Geological structure and transpressive evolution.* In "Geology of Italy" Spec. Vol. of the Italian Geological Society for the IGC 32 Florence-2004, 15-32.
- ◆ Elmi C. & Zecchi R. (1974) - *Caratteri sismotettonici dell'Emilia Romagna.* Quad. Mercanzia n. 21, Cam. Comm. Ind. Art. e Agr., Bologna.
- ◆ Martelli L., Filippini M., Bagli S., Severi P. & Tomasetti F. (2006) - *Riduzione del rischio sismico nella pianificazione territoriale e urbanistica in Emilia-Romagna: definizione e rappresentazione della pericolosità sismica locale. L'esempio della cartografia per il quadro conoscitivo del PTCP di Rimini.* Il Geologo dell'Emilia Romagna, n. 24, 7-17.
- ◆ Martelli L., Amorosi A. & Severi P. (a cura di) (in stampa) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio n. 221 Bologna.*
- ◆ Martelli L. (2011) – *Quadro sismo tettonico dell'Appennino Emiliano-Romagnolo e della Pianura Padana centrale.* Atti del GNGTS 2011, sessione 1.2.
- ◆ Michetti A, Giardina F., Livio F., Mueller Karl, Serva L., Sileo G, Vittori E., Devoti R., Riguzzi F., Carcano C., Rogledi S., Bonadeo L., Brunamonte F. e Fioraso G (2012) - *Active compressional tectonics, Quaternary capable faults and the seismic landscape of the Po Plain (Northern Italy).* Ann. Geophys. 55, 5, 969-1001.
- ◆ Pagani M. & Marcellini A. (a cura di) (2003) - *Castelnuovo ne' Monti: analisi di pericolosità sismica.* CNR-Regione Emilia-Romagna. Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- ◆ Pieri M. & Groppi G. (1981) – *Subsurface Geological Structure of the Po Plain, Italy.* C.N.R., Prog. Finaliz. Geodinamica, Pubbl. n. 414, pp. 13.
- ◆ Regione Emilia-Romagna. (2003) – *Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna.* Regione Emilia-Romagna e CNR.
- ◆ Regione Emilia-Romagna, ENI-AGIP (1998) – *Riserve idriche sotterranee della Regione Emilia-Romagna.* A cura di G. Di Dio. S.EL.CA Firenze, pp. 120.
- ◆ Regione Lombardia (1996) - *Determinazione del rischio sismico a fini urbanistici in Lombardia.*

- ◆ TC4 (1993) Technical Committee for earthquake engineering, ISSMGE (1993) - *Manual for zonation on seismic geotechnical hazard*. The Japanese Society of Soil Mechanics and Foundation Engineering.
- ◆ Tento A., Arrigoni V., Frassinetti G. & Martelli L. (2002) - *Elementi di microzonazione sismica dell'area di Predappio Bassa*. Scaricabile da Sito Web Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna.
- ◆ Treves B. (1984) - *Orogenic belts as accretionary prism: the example of the Northern Apennines*. *Ofioliti*, 9/3, 577-618.
- ◆ Vai G.B. & Castellarin A. (1993) – Correlazione sinottica delle unità stratigrafiche nell'appennino settentrionale. *Studi Geol. Camerti, CROP 1/1, Vol. Spec. (1992/2)*, 171-185.

11 ALLEGATI

- Sezione Geologica

Sezione Borgo Tossignano A - A'



Unità Stratigrafiche

b1	Deposito alluvionale in evoluzione Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale	FCO	Formazione a Colombacci Argille, argille marnose e sitose, marne argillose laminate, stratificazione da sottile a media; spessore da qualche decina a oltre 150 metri.
AES8	Subsistema di Ravenna: Ghiaie da molto grossolane a fini con matrice sabbiosa, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi, limi e limi sabbiosi	GES1	Formazione Gessoso Solfifera - membro di Monte La Pieve Prevalenti gessoruditi e gessoareniti rosate per alterazione, in strati da sottili a sottilissimi piano-paralleli o piano-ondulati; spessore fino a 200 m.
AES8a	Unità di Modena: Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua	GHLM	Formazione dei Ghioli di Letto - litofacies marnosa Marne argillose e marne leggermente siltose, grigie, in strati da sottili a medi; potenza massima circa 100 m.
FAA	Argille Azzurre Argille, argille marnose, marne argillose e siltose grigie e grigio-azzurre; Potenza fino a 250 m circa.	FMA14	Formazione Marnoso-Arenacea - membro di Borgo Tossignano litofacies pelitico-arenacea (A/P compreso tra 1/5 e 3/1); localmente presenti livelli caotici da "slumping" e "slump-scars"; potenza fino a 400m.

Scala 1:5.000

esagerazione verticale 2X