

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia-Romagna Comune di Corniglio



Regione Emilia-Romagna	Soggetto realizzatore  Dott. Geol. Stefano Castagnetti	Data Gennaio 2020
----------------------------------	--	-----------------------------

INDICE

1.	INTRODUZIONE.....	1
2.	DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	5
3.	ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA.....	13
4.	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI.....	27
5.	MODELLO DEL SOTTOSUOLO	28
6.	INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....	30
7.	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	32
8.	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	34
9.	COMMENTI FINALI E CRITICITÀ	57
10.	ELENCO ELABORATI	58

1. INTRODUZIONE

Nella presente Relazione illustrativa vengono descritte le attività svolte e i risultati ottenuti nel corso dello Studio di microzonazione sismica di Livello 2 del Comune di Corniglio (Provincia di Parma), effettuato su incarico dell'Unione Montana Appennino Parma Est (Determinazione Dirigenziale n° 282 del 18/07/2019 – CUP: E12G18000090006 – CIG: ZA02915CB3) e finanziato con contributi derivanti dall'OCDPC n° 532/2018 “Attuazione dell'articolo 11 del decreto-legge 28 aprile 2009 n. 39, convertito, con modificazioni, dalla legge 24 giugno 2009, n. 77, in materia di contributi per gli interventi di prevenzione del rischio sismico – annualità 2016” e dalla DGR n° 2047/2018 e assegnati con Determinazione Dirigenziale n° 106 del 08.01.2019.

Gli studi di Microzonazione Sismica hanno l'obiettivo di incrementare 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 e alla ricostruzione post sisma.

La MS consente di suddividere il territorio esaminato in base alla presenza e alla distribuzione dei fenomeni di possibile amplificazione dello scuotimento, legati alle caratteristiche litostratigrafiche e morfologiche delle singole aree considerate ed ai possibili fenomeni di instabilità e deformazione permanente in esse attivati dal sisma. L'insieme di queste conoscenze sul comportamento dei terreni durante un evento sismico e sui possibili effetti indotti dallo scuotimento, è un indispensabile strumento di prevenzione e di riduzione del rischio sismico, particolarmente efficace, se realizzato e applicato durante la pianificazione urbanistica, per indirizzare le scelte di trasformazione verso aree a minore pericolosità e più in generale concorrono alla riduzione del rischio sismico.

Le attività di ricerca, acquisizione ed implementazione dati oltre che la predisposizione degli elaborati prodotti nell'ambito del presente studio, sono stati condotti in ottemperanza delle direttive e agli atti tecnici sotto elencati:

- Allegato A della D.G.R. 29 aprile 2019, n° 630. Atto di coordinamento tecnico sugli studi di microzonazione sismica per la pianificazione territoriale e urbanistica (artt. 22 e 49, L.R. n. 24/2017);
- “Indicazioni per l'archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell'analisi della condizione limite per

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	1 di 58

l'emergenza, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 e decreto del 15 aprile 2013 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile" della deliberazione di Giunta *Regionale* n. 1919 del 16.12.2013 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione dei contributi di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 52/2013 a favore degli Enti Locali" (Allegato D della delibera regionale);

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica" - Versione 4.1, Roma, novembre 2018 - Elaborato e approvato nell'ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011 (SRAI).
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" approvati dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (ICMS).

Il presente studio di Microzonazione Sismica, attuato in conformità a quanto stabilito dai riferimenti tecnici sopraelencati, è articolato in due distinti livelli di approfondimento:

➤ PRIMO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

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

➤ SECONDO LIVELLO DI APPROFONDIMENTO, con:

- conferma delle condizioni di pericolosità indicate dal 1° livello ed eventuale nuova perimetrazione delle aree ove effettuare la microzonazione sismica;
- suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, secondo aree a maggiore e minore pericolosità sismica;
- conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal livello di approfondimento precedente, in cui si ritengono necessari approfondimenti di terzo livello con l'indicazione delle indagini e analisi da effettuare.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	2 di 58

Le aree oggetto di microzonazione sismica ricomprendono i centri abitati di Corniglio Capoluogo, Bosco, Ghiare e Beduzzo (Fig. 1), coprendo una superficie di circa 474 Ha dove risiede la maggior parte della popolazione, pari a circa il 3% del territorio comunale.

Gli elaborati redatti sono stati predisposti in versione cartacea e in versione digitale (PDF con risoluzione di 300 dpi). I dati cartografici sono stati allestiti anche in formato vettoriale (*shapefile*).

Per l'archiviazione dei dati e l'editing dei documenti sono stati seguiti gli standard di riferimento forniti dall'Allegato D della DGR 1919/2013 e dagli SRAI (Standard di rappresentazione e archiviazione informatica) versione 4.1.

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.1.1.

Lo studio di MS è stato corredato dall'analisi della Condizione Limite per l'Emergenza, le cui risultanze sono riportate in specifica relazione.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	3 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

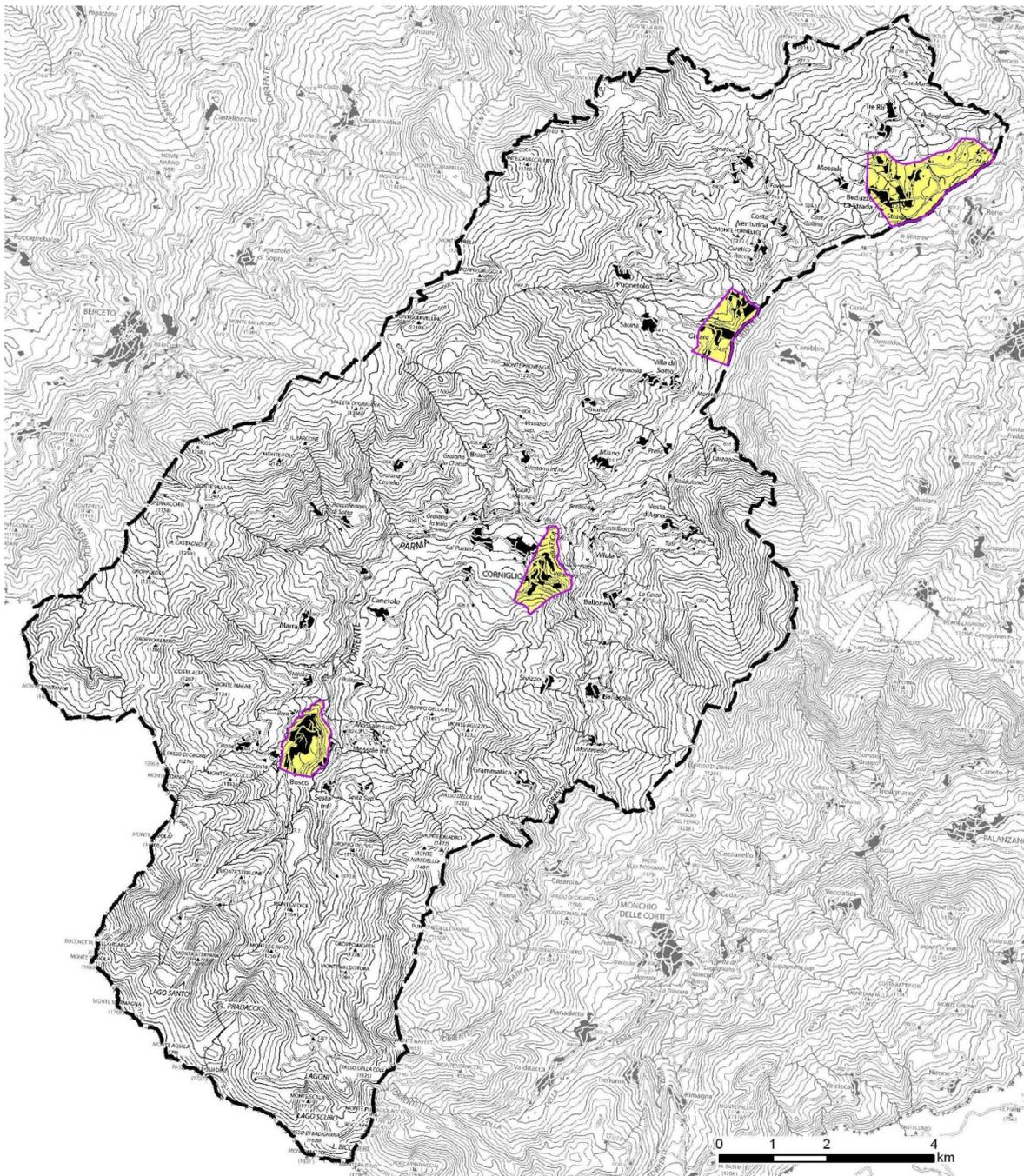


Fig. 1 – Aree oggetto di microzonazione sismica del Comune di Corniglio

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	4 di 58

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

2.1 INQUADRAMENTO

Il Comune di Corniglio appartiene alla Regione Emilia-Romagna e ricade nella fascia di alta montagna della Provincia di Parma (Fig. 2).



Fig. 2 - Ubicazione del Comune di Corniglio

Gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata "ZS9", che prevede una suddivisione in 36 zone (cfr. Fig. 3), i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche, geologico – strutturali e/o di differenti caratteristiche della sismicità (distribuzione spaziale, frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc.).

Essa risulta estremamente importante per gli studi pianificazione territoriale ed, in particolare, nelle valutazioni di pericolosità sismica.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	5 di 58

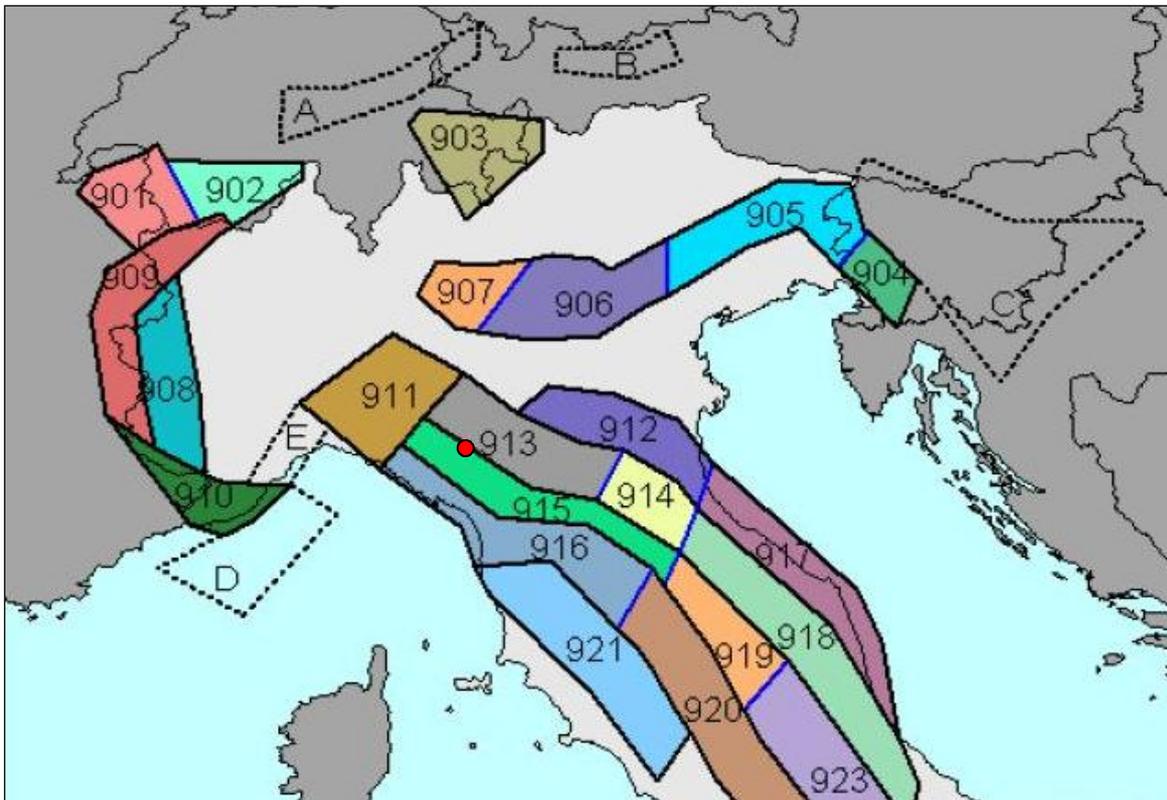


Fig. 3 – Zonazione sismogenetica ZS9 (Tratta da: “Redazione della Mappa di Pericolosità Sismica – Rapporto conclusivo – bozza aprile 2004” - INGV). Il punto rosso segna approssimativamente il Comune di Corniglio.

Il territorio comunale di Corniglio ricade a cavallo delle zone sismogenetiche “913” e “915”. La ZS913 è caratterizzata da movimenti prevalentemente compressivi in direzione NW e da meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo, che interrompono la continuità longitudinale delle strutture attive. Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 12 e 20 km e i valori di magnitudo massima previsti, sulla base dei meccanismi focali, sono pari a $M_{wmax} = 6,14$.

La ZS915 che è caratterizzata da movimenti prevalentemente distensivi; Il maggior numero di terremoti che si verificano in questa zona, presenta il proprio ipocentro a profondità comprese tra 8 e 12 km e i valori di magnitudo massima previsti sono pari a $M_{wmax} = 6,60$.

Per quanto concerne le caratteristiche sismotettoniche, l'inquadramento generale delle principali strutture attive sismogenetiche dell'Emilia-Romagna, è rappresentato nella Mappa di sintesi realizzata dal Servizio Geologico Sismico e dei Suoli dell'Emilia-Romagna (Fig. 4).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	6 di 58

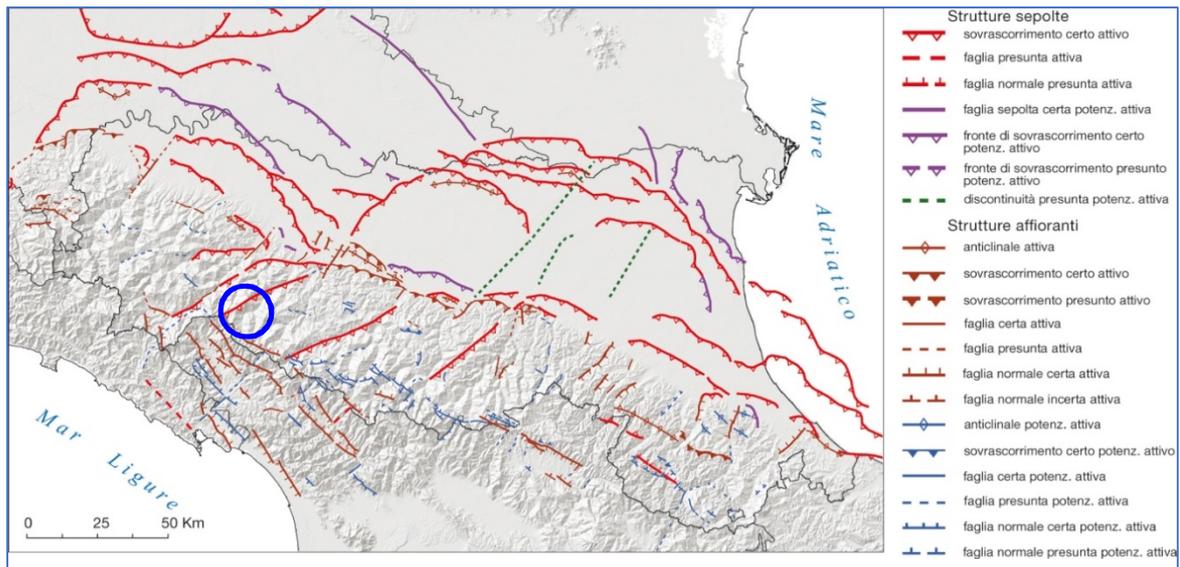


Fig. 4 - Mappa di sintesi delle strutture tettoniche attive e potenzialmente attive riconosciute in Emilia-Romagna (da: "Note illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia-Romagna ed aree limitrofe" - Servizio Geologico Sismico e dei Suoli - Regione Emilia-Romagna, 2017)

Le sorgenti sismogenetiche e le faglie potenzialmente attive e capaci, interessanti il territorio comunale di Corniglio, sono state ricavate dal *Database of Individual Seismogenic Sources* (DISS) dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), Version 3.2.1, che costituisce il database delle sorgenti sismogenetiche italiane, potenzialmente in grado di generare sismi con magnitudo superiore a M 5,5 nell'area Italiana¹.

Con riferimento a Fig. 5, le sorgenti sismogenetiche più significative per l'area in studio sono:

- **ITCS026 – Lunigiana**, con una magnitudo massima attesa Mw = 6,0
- **ITCS027 – Bore-Montefeltro-Fabriano-Laga**, con magn. max attesa Mw = 6,2

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

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	7 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

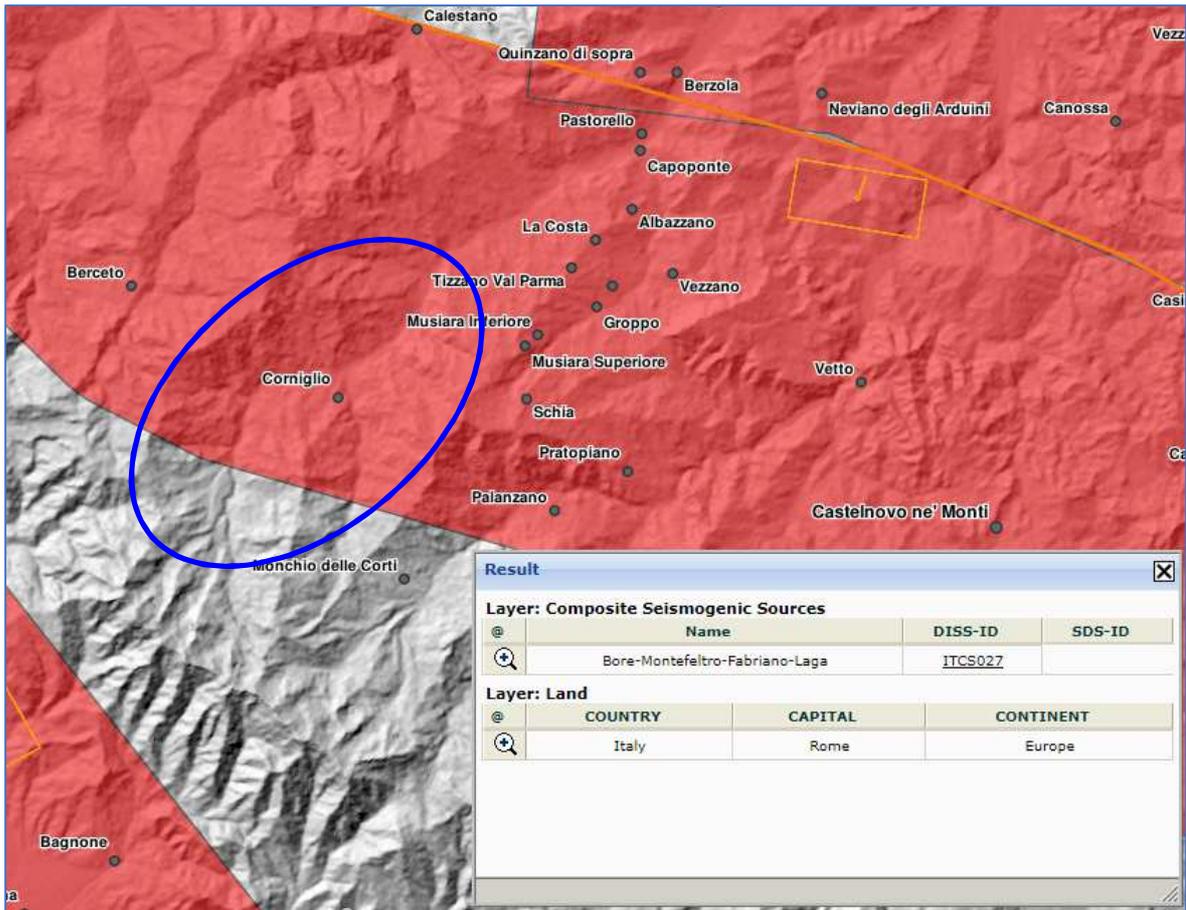


Fig. 5 - Ubicazione delle sorgenti sismogenetiche da DISS 3.2.1 <http://diss.rm.ingv.it/dissmap/dissmap.phtml> Il cerchio blu individua approssimativamente il territorio del Comune di Corniglio

2.2 STORIA SISMICA

La storia sismica del Comune di Corniglio è stata desunta dal Database Macrosismico Italiano, versione DBMI15 v2.0², e contiene 123.756 dati di intensità per 3.219 terremoti.

DBMI15 v2.0 Fornisce un set omogeneo di intensità macrosismiche provenienti da diverse fonti relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2017.

Secondo quanto riportato in DBMI15 v2.0, la storia sismica di Corniglio è riassunta graficamente nel diagramma riportato in Fig. 6, mentre in Tab. 1 sono elencati gli eventi di maggiore intensità, indicando per ciascuno di essi, oltre agli effetti provocati al sito, espressi come I(MCS), la data e l'ora in cui si è verificato, il numero di località in cui è stato registrato l'evento (Np), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

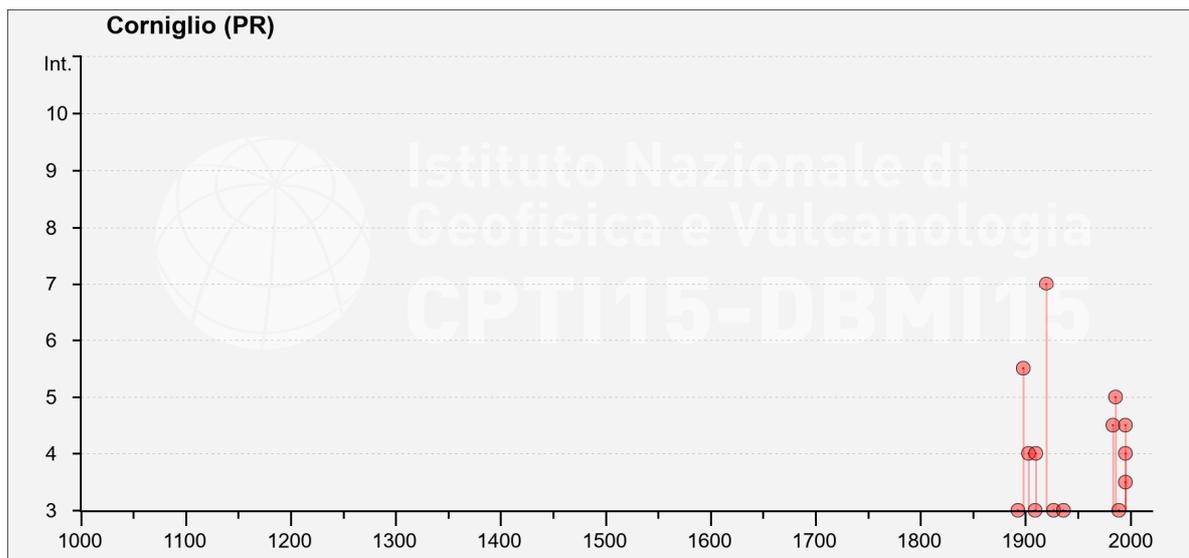


Fig. 6 – Eventi sismici di maggior intensità registrati nel Comune di Corniglio

² Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	9 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5-6	1898	03	04	21	05		Parmense	313	7-8	5.37
5	1986	10	01	19	53	3	Lunigiana	68	5	4.46
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
4-5	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
4	1903	07	27	03	46		Lunigiana	79	7-8	5.19
4	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
4	1995	03	03	16	16	4	Lunigiana	43	5	4.20
F	1957	10	25	23	02	0	Appennino reggiano	79	5-6	4.27
3-4	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
3	1893	10	20	20	15		Appennino parmense	25	4-5	4.04
3	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
3	1927	10	28	21	49		Alta Val di Taro	39	6	4.66
3	1936	10	18	03	10		Alpago Cansiglio	269	9	6.06
3	1989	10	03	09	41	3	Appennino parmense	91	4	4.04

I [MCS]	Intensità macrosismica espressa in scala MCS. Alcuni effetti non sono esprimibili con la scala MCS per cui vengono utilizzati dei codici alternativi (si veda la relativa tabella)
Data	Data del terremoto
Ax	Area epicentrale, area geografica in cui sono stati riscontrati gli effetti maggiori del terremoto
NMDP	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io	Intensità macrosismica epicentrale, da CPTI15, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg [dettagli]
Mw	Magnitudo momento, da CPTI15

Tab. 1 - Elenco dei terremoti più forti risentiti nell'area di Corniglio tra il 1000 ed il 2017 (Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E., Antonucci A. (2019). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 2.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.2> - parz. modificato)

Dall'analisi di Fig. 6 e Tab. 1 si evidenzia che il massimo evento sismico censito e osservato a Corniglio si è verificato il 07 Settembre 1920 con un'intensità al sito del VII-VIII grado della scala MCS. Le cronache dell'epoca raccontano che l'evento sismico causò spaccature nel terreno, frane con cadute di massi a Castiglione di Garfagnana e nelle frazioni di Rigoso e Trefiumi poste nel vicino Comune di Monchio delle Corti. Il sisma provocò effetti e modificazioni sul regime delle acque della zona (intorbidimento, e variazione dei regimi sorgentizi).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	10 di 58

2.3 CLASSIFICAZIONE SISMICA

A seguito dell'emanazione dell'OPCM n° 3274/2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e s.m.i., il Comune di Corniglio è stato classificato sismico in ZONA 3. In precedenza, sotto il profilo della normativa sismica, il Comune di Corniglio risultava non classificato.

Con la DGR n° 1164/2018 "Aggiornamento della classificazione sismica di prima applicazione dei comuni dell'Emilia-Romagna", il Comune di Corniglio è stato confermato sismico in ZONA 3 (Fig. 7).

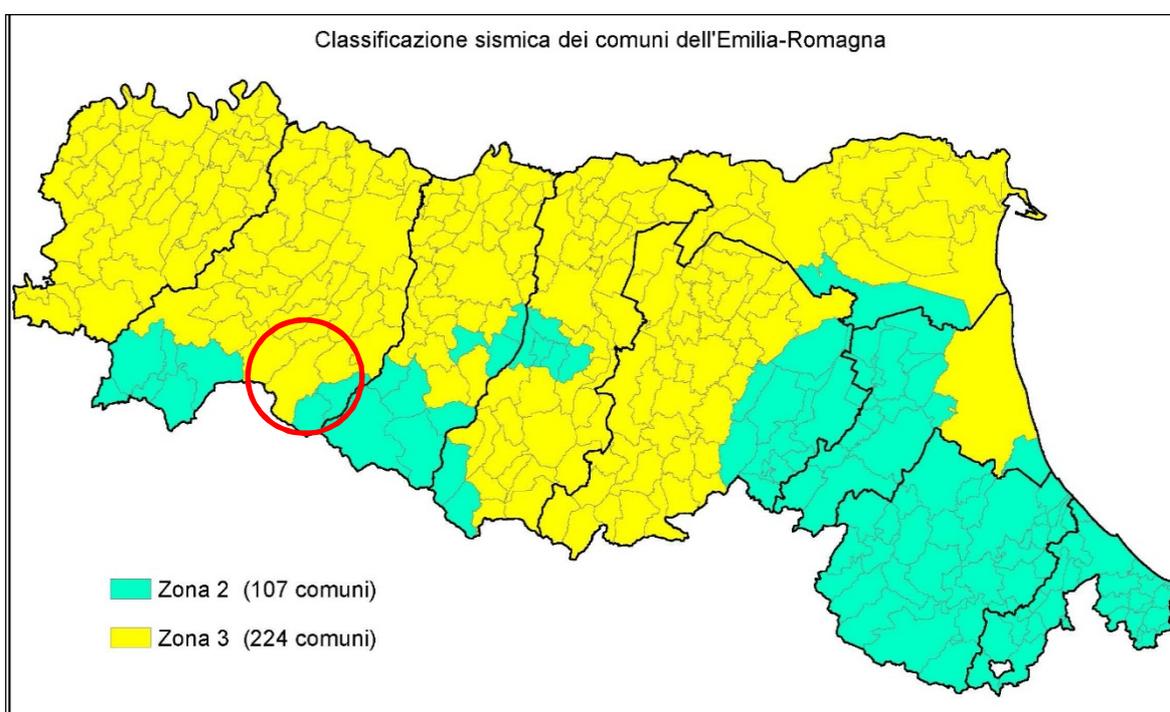


Fig. 7 - Classificazione sismica dell'Emilia-Romagna di cui alla DGR 1164 del 23.07.2018. Regione Emilia-Romagna. Il cerchio rosso individua il Comune di Corniglio

Sulla base della *Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale* elaborata dall'INGV (aprile 2004), il territorio cornigliese si colloca in un areale in cui si possono verificare terremoti caratterizzati da un'accelerazione massima del suolo compresa tra $0,150 \div 0,225 a_g$ (Figg. 8 e 9).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	11 di 58

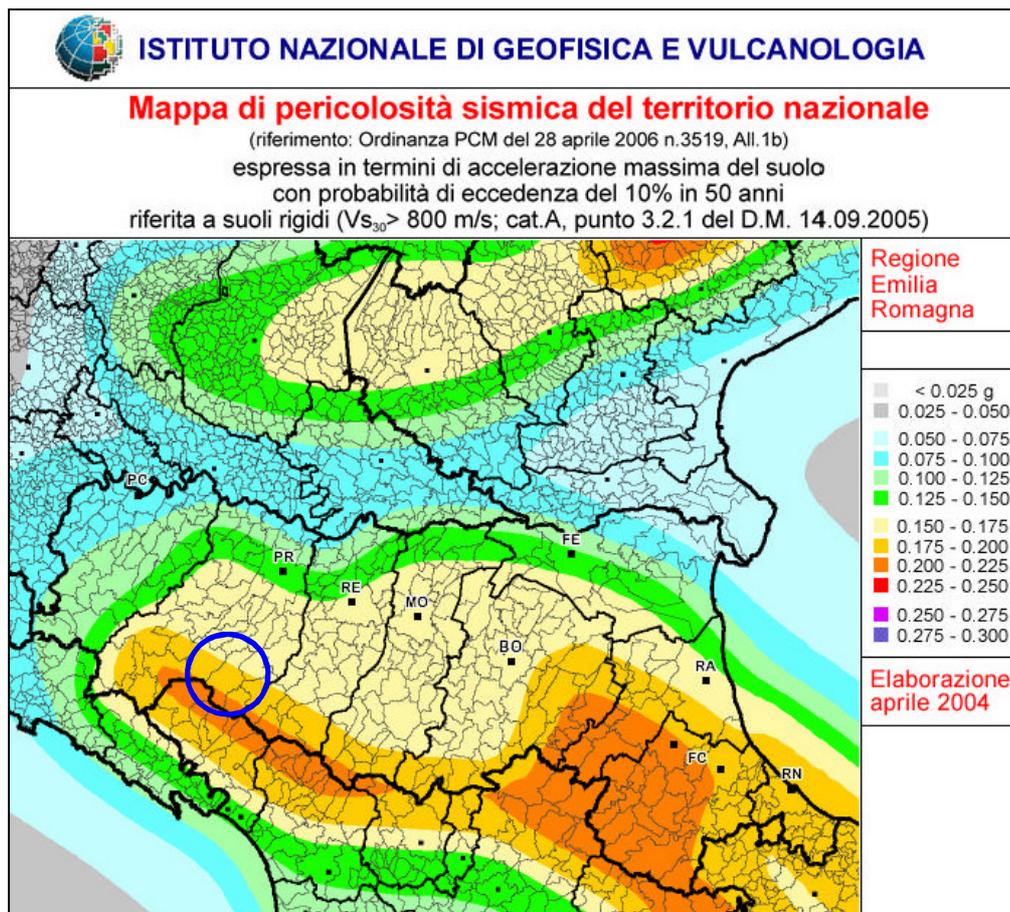


Fig. 8 - Estratto della Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale. Il cerchio di colore blu individua il Comune di Corniglio

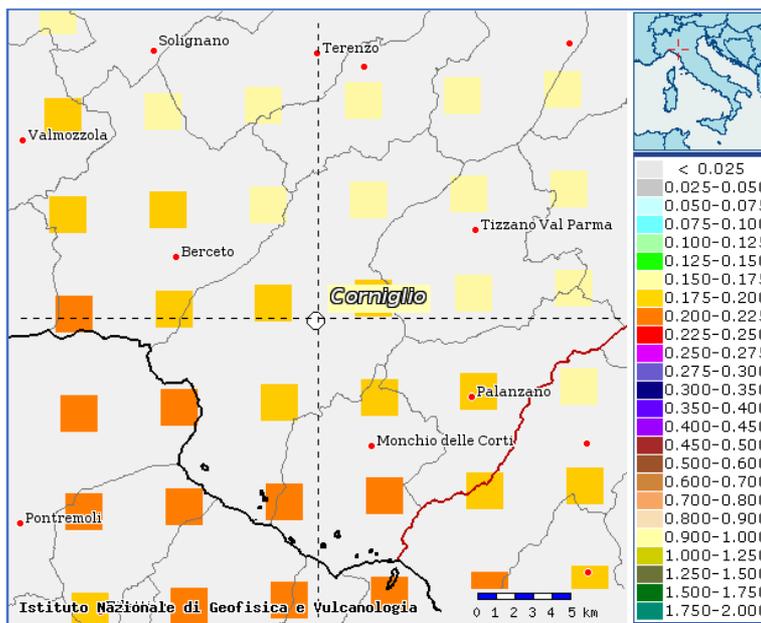


Fig. 9 - Stralcio della Mapa di pericolosità sismica del Comune di Corniglio espressa in termini di a(g) per un Tempo di ritorno di 475 anni

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	12 di 58

3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA

3.1 GEOLOGIA

L'assetto geo-strutturale dei luoghi è da mettere in relazione con l'impilamento di unità tettoniche secondo lo schema a falde di ricoprimento, nord-est vergenti per effetto del sovrascorrimento delle unità di origine marina più antiche (Unità Liguridi), attraverso l'interposizione delle unità Subliguri, sulle più recenti Unità Toscane, che si trovano nella posizione tettonicamente più bassa.

La storia geologica dell'area viene completata dalla deposizione, in discordanza con le sottostanti unità, della Successione Epiligure, caratterizzata da facies transizionali, che si depongono man mano che il fronte dell'accavallamento avanzava sulle sovrascorse Unità Liguridi e da sedimenti continentali fluvio-lacustri plio-pleistocenici, anch'essi in discordanza con le sottostanti Unità, prodotti per il riempimento di conche e bacini intramontani legati alla tettonica distensiva verificatasi successivamente alla dominante fase compressiva responsabile della struttura appenninica.

Il successivo innalzamento del crinale appenninico, avvenuto nel quaternario, ha determinato una rapida erosione delle Unità Liguridi ed Epiliguri e la venuta a giorno delle Unità Toscane nella zona della dorsale appenninica. Schematicamente, in tale edificio, alle quote più elevate si collocano le Unità appartenenti al Dominio Ligure, mentre verso il basso affiorano prima le Unità Toscane seguite dalle unità appartenenti al cosiddetto Autoctono Padano.

L'Insieme detto Esterno è costituito dal margine continentale della Placca Apula e dalla relativa copertura continentale.

L'Insieme Interno è formato da una serie di Unità tettoniche, deposte sul fondo oceanico come testimoniato dalla presenza di ofioliti. Tali unità hanno abbandonato il loro substrato originario, andando in subduzione, per sovrascorrere, come coltri alloctone, l'insieme Esterno, che ha assunto il ruolo di avampaese.

La struttura a falde è dovuta alla formazione di un prisma di accrezione per sottoscorrimento verso ovest delle unità prima oceaniche e poi continentali (Principi e Treves, 1984). Tutto questo ha provocato una struttura data dall'impilamento di unità più interne, sopra e più esterne, sotto.

Le Liguridi sovrastano tettonicamente l'Unità Subligure di Canetolo, intermedia, che a sua volta sovrasta il cosiddetto Complesso Modino-Cervarola e l'Insieme Tosco – Umbro.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	13 di 58

L'edificazione di questa struttura è il risultato di una complessa storia tettonica, nella quale quanto più precoce è la deformazione, tanto più rapida è la perdita di significato paleogeografico e di identità deposizionale, le cui fasi possono essere raggruppate in tre cicli (Elter, 1973): il primo comprende le Fasi Liguri che hanno interessato esclusivamente l'insieme Interno, prima che si verificasse la sua traslazione sull'avampata toscana, e si conclude nell'Eocene sup.. Il secondo riguarda le Fasi Subliguri e corrisponde alla messa in posto dell'Unità Canetolo sul Macigno (Miocene inf.). Infine il terzo ciclo, miocenico, comprende le Fasi Toscane, grazie alle quali si ha la messa in posto delle Liguridi sull'insieme Esterno e si conclude nel Tortoniano.

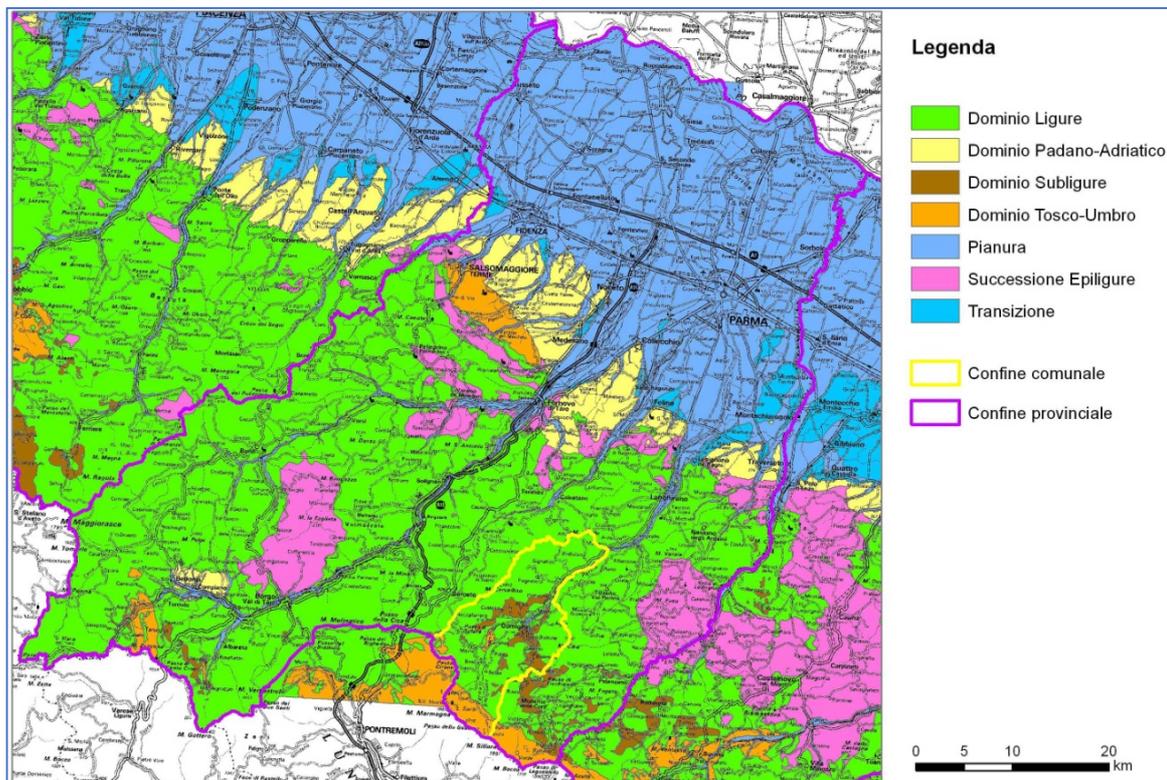


Fig. 10 – Schema geologico semplificato della Provincia di Parma con ubicazione del Comune di Corniglio

Martini e Plesi (1988) introducono una fase più recente di deformazione, datata Tortoniano – Pliocene medio, che comporta accavallamenti solo sul bordo esterno della catena, che si esprimono soprattutto nel ripiegamento di contatti già acquisiti.

Le Unità Epiliguri si trovano in discordanza stratigrafica sulle Unità Liguridi e si sono deposte in numerosi bacini dal Paleogene al Neogene. Questi depositi, che possono essere ricondotti ad un'unica successione, rappresentano i depositi sintettonici sul prisma

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	14 di 58

orogenico appenninico che si andava progressivamente strutturando durante l'avanzamento, est vergente, della catena.

Tali unità si depositano in bacini "Piggy back" o "satelliti". Il primo termine descrive la situazione di appoggio discordante e di traslazione passiva di questi bacini sulle unità alloctone liguridi del prisma di accrezione, mentre il secondo esprime la posizione marginale e laterale dei bacini stessi rispetto al grande bacino di avanfossa presente al fronte del prisma di accrezione, prodotto dalla flessione della litosfera sotto il carico del prisma stesso.

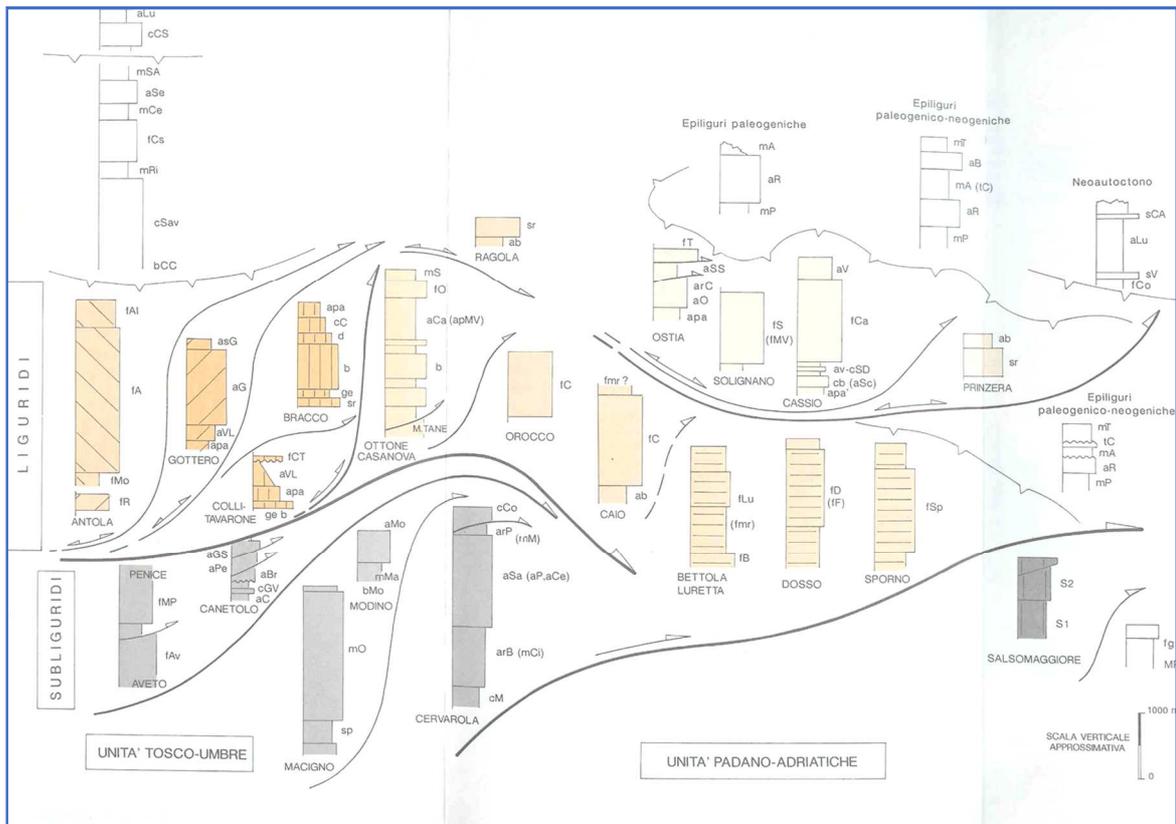


Fig. 11 – Schema strutturale della porzione di Appennino in esame

Lo stato deformativo, in aggiunta all'assetto lito-stratigrafico delle compagini rocciose, costituiscono i fattori geologici fondamentali che influiscono sulla risposta sismica dei terreni, in termini di amplificazione e velocità di propagazione delle onde S.

Pertanto, alla base degli studi di microzonazione sismica non deve mai mancare un'attenta ed approfondita analisi degli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio delle aree in esame.

Il territorio in esame costituisce uno spaccato significativo ed esplicativo della struttura a falde costituente la catena appenninica: in esso, infatti, possiamo individuare le

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	15 di 58

unità liguri alloctone sovrascorse (Flysch terziario di M. Caio e Complessi di Base pre-flysch) e le sottostanti unità intermedie Sub-liguri (Argille e Calcari di Canetolo, Arenarie di P. Bratica e Petrignacola, ecc.), che nella fascia di crinale lasciano spazio a depositi di avanfossa sottostanti di affinità toscano - umbra e costituiti dal Macigno (Fig. 12).

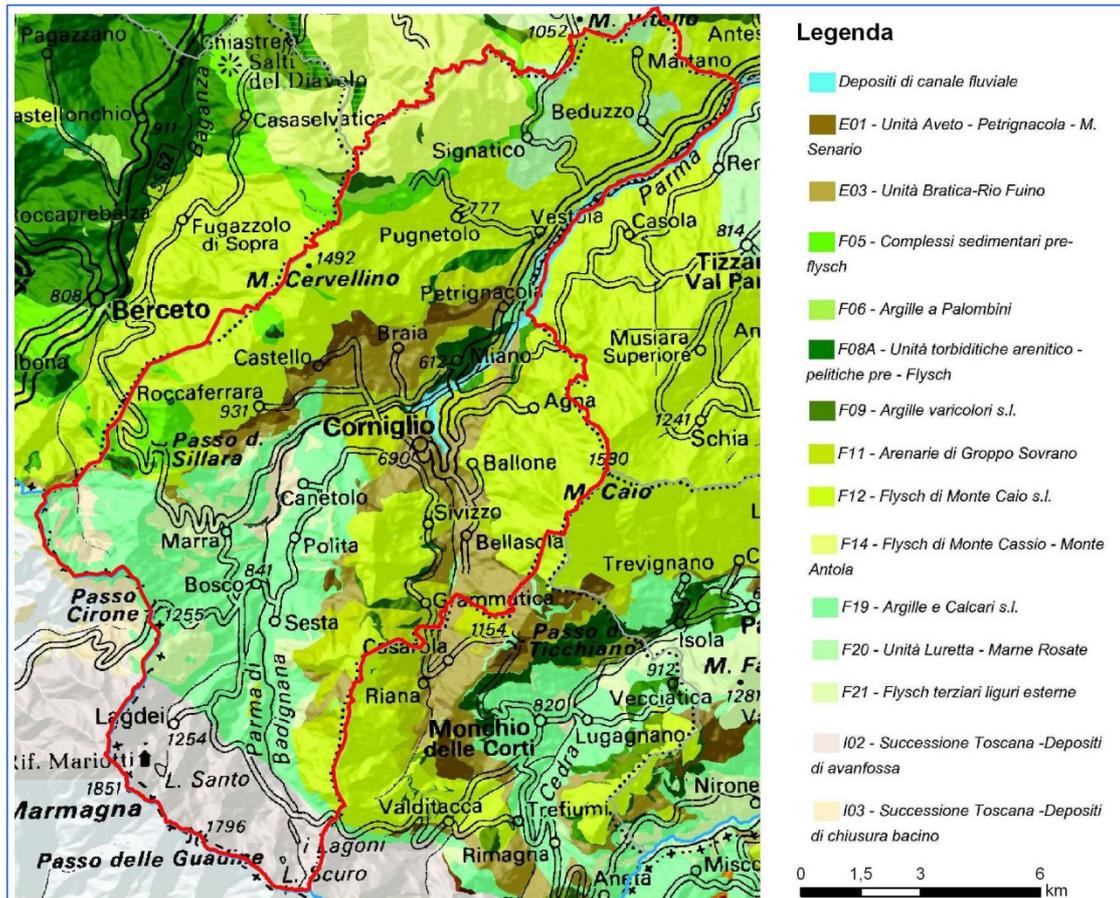


Fig. 12 - Inquadramento geologico schematico del Comune di Corniglio (Progetto CARG della Regione Emilia – Romagna, Servizio Geologico e Sismico dei Suoli)

Di seguito sono descritte le formazioni affioranti nel territorio comunale di Corniglio, seguendo la distinzione operata nelle Carte Geologiche dell'Appennino Emiliano – Romagnolo, alla scala 1:10.000, realizzate dalla Regione Emilia-Romagna nell'ambito del Progetto CARG.

L'analisi delle unità trattate è di tipo schematico e limitata alle principali caratteristiche petrografiche e giaciture, al fine di definire le proprietà geomeccaniche di resistenza caratteristiche di tali rocce.

Le unità tettonico-sedimentarie presenti sono state raggruppate nelle seguenti classi:

- Depositi Quaternari Continentali;

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	16 di 58

- Successione Neogenico – Quaternaria del Margine appenninico – padano;
- Unità Ligure;
- Unità Sub-liguri;
- Unità Toscane.

Depositi Quaternari Continentali

- **a1 – Depositi di Frane attive:** Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto (indipendentemente dalla entità e dalla velocità degli stessi). L'attività può essere continua o, più spesso, intermittente ad andamento stagionale o pluriennale. Vengono inclusi in questa categoria anche depositi di frane che al momento del rilevamento non presentano sicuri segni di movimento ma che denotano comunque una recente attività segnalata da indizi evidenti (lesioni a manufatti, assente o scarsa vegetazione, terreno rimobilizzato) all'occhio del tecnico rilevatore. Sono altresì incluse anche frane con velocità recepibile solo attraverso strumenti di precisione (inclinometri, estensimetri, ecc.), qualora esistenti.
- **a2 – Depositi di frana quiescente:** Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti. Generalmente si presenta con profili regolari, vegetazione con grado di sviluppo analogo a quello delle aree circostanti non in frana, assenza di terreno smosso e assenza di lesioni recenti a manufatti, quali edifici o strade. Per queste frane sussistono oggettive possibilità di riattivazione poiché le cause preparatorie e scatenanti che hanno portato all'origine e all'evoluzione del movimento gravitativo non hanno, nelle attuali condizioni morfoclimatiche, esaurito la loro potenzialità. Sono quindi frane ad attività intermittente con tempi di ritorno lunghi, generalmente superiori a vari anni. Rientrano in questa categoria anche i corpi franosi oggetto di interventi di consolidamento, se non supportati da adeguate campagne di monitoraggio o da evidenze di drastiche modifiche all'assetto dei luoghi.
- **a3 - Deposito di versante:** Accumulo di detrito su versante sulla cui attribuzione genetica permane un grado di incertezza, non escludendo che sia dovuto a fenomeni franosi, mancando spesso i caratteri di forma tipici delle frane stesse. Solo una indagine più approfondita del semplice rilevamento sul terreno potrebbe chiarire la natura dei processi che hanno generato il deposito. Generalmente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), solo localmente stratificato e/o cementato. Come indicato sopra la genesi può essere gravitativa, da ruscellamento superficiale, da soliflusso.
- **a4 - Deposito eluvio-colluviale:** Coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.
- **a6 - Detrito di falda:** Accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, generalmente a quote elevate o molto elevate, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, 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. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	17 di 58

- **b1 - Depositi alluvionali in evoluzione:** Deposito costituito da materiale detritico generalmente non consolidato (ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi argillosi) di origine fluviale, attualmente soggetto a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Può essere talora fissato da vegetazione (b1a).
- **i1 - Conoidi alluvionali:** Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallette trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, soggetti ad evoluzione dovuta alla dinamica torrentizia.

Successione Neogenico – Quaternaria del Margine appenninico - padano

- **AES:** Unità costituita da depositi alluvionali intravallivi terrazzati, di conoide alluvionale ghiaiosa e di interconoide, il tetto è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante su unità più antiche. Pleistocene medio – Olocene. Si individua: **AES8 Sintema di Ravenna.** Depositi di piana alluvionale, di terrazzo. Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura discontinua di limi argillosi. Depositi intravallivi terrazzati. Pleistocene sup. - Olocene; e **AES8a Unità di Modena.** Ghiaie prevalenti e sabbie ricoperte da una coltre limoso – argillosa discontinua. Depositi alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è esiguo. Olocene.

Si tratta di aree relativamente pianeggianti, di dimensioni variabili, che rappresentano vecchie superfici di origine fluviale, delimitate da scarpate, che risultano da un successivo intaglio. Spesso le scarpate dei terrazzi hanno una forma simile ad archi concavi, riconducibile all'erosione operata dalle anse ricurve dei torrenti.

Le alluvioni terrazzate, risultano sopraelevate rispetto a quelle recenti e si rinvengono quasi esclusivamente lungo l'incisione del T. Parma. Esse sono formate da depositi di origine fluviale, caratterizzati da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura sub-orizzontale e geometria lenticolare. Questi depositi sono ricoperti da un sottile strato di copertura limosa e/o argillosa che, allontanandosi dall'asse fluviale, aumenta progressivamente di spessore. I depositi di terrazzo in evoluzione orlano l'alveo inciso del torrente e per questo sono interessati dalle acque fluviali durante gli eventi di piena più significativi. Si tratta delle stesse ghiaie affioranti in alveo con clasti calcarei, calcareo-marnosi, arenacei, eterometrici e ben arrotondati. Se ne differenziano per il contenuto in matrice sabbiosa la quale è praticamente assente nei depositi d'alveo attuale mentre in questi è solitamente presente in percentuali variabili dal 10 al 30% circa.

Unità Liguri

- **MCS - Flysch di Monte Cassio:** Torbiditi a base calcarenitica fine e media passante a marne calcaree grigio-biancastre, marne e calcari marnosi in strati da spessi a molto spessi, passanti gradualmente ad un tetto argilloso-siltoso, alternate a pacchi di strati

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	18 di 58

torbiditici arenaceo-pelitici da sottili a spessi, grigiastri. Intercalazioni regolari di sottili livelli pelitici grigio-verdastri e neri e di arenarie medie e fini, quarzoso-feldspatiche, grigio chiare, in strati medi e sottili. Torbiditi e fanghi intrabacinali, in ambiente di piana, sotto la superficie di compensazione dei carbonati. Contatto per alternanze su AVV, localmente tettonizzato. Potenza parziale di un migliaio di metri. (Campaniano sup. - Maastrichtiano).

- **MRO1 - Formazione delle Marne Rosate di Tizzano – Membro di Bersatico:** Calcari e calcari marnosi biancastri, talvolta rosati, in strati molto spessi; marne e marne argillose rosso vinato in banchi alternati ad arenarie torbiditiche fini in strati medi e spessi; calcari marnosi dalla caratteristica alterazione zonata (pietra paesina) in strati medi, areniti calcilutiche e peliti grigio nocciola in strati medi e sottili. Localmente distinte una litofacies marnoso-calcareo (MRO1b) ed una litofacies calcareo-marnosa (MRO1c). Potenza parziale di alcune decine di metri. (Paleocene inf. - sup.).
- **CAO - Flysch di M. Caio:** Torbiditi calcareo-marnose, grigio-scure, in strati da medi a molto spessi con una base arenitica media o fine passante a marna; a tetto intervalli sottili e medi di argilla nerastra fissile. Si alternano a pacchi di torbiditi arenaceo-pelitici da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitici chiare in strati sottili e medi. Si intercalano localmente (Flysch di Testanello Auctt.) areniti grigio-nocciola da fini a grossolane passanti a marne siltose, in strati da medi a spessi e strati spessi di breccie monogeniche ad elementi calcareo-marnosi. Torbiditi di piana abissale e fanghi intrabacinali. Contatto inferiore netto con SSI. Potenza fino ad alcune centinaia di metri.
- **CAOa – Flysch di M. Caio – litofacies a breccie argillose:** Livelli lenticolari di breccie poligeniche, per lo più nella parte basale del flysch, clasto-sostenute e/o matrice-sostenute, a matrice argillitica o arenitico-siltitica con clasti eterometrici di ultramafiti, basalti, calcari, oficalciti, rocce granitoidi. (Campaniano sup. - Maastrichtiano).
- **ROD – Melange di Rio Rodiochiasso:** Argilliti nerastre e policrome inglobanti blocchi calcarei, lembi di strati arenacei e di alternanze argilloso-calcaree e arenaceo-pelitiche. Depositi da flussi gravitativi accompagnati da deformazioni tettoniche penecontemporanee. Spessore di qualche decina di metri. (Eocene medio).
- **CNL – Flysch di Rio Canalaccio:** Marne grigie, talvolta rossastre, intercalate da calcari micritici grigi e rosati in strati medi e spessi e da sottili livelli di arenarie. Sedimentazione torbiditica a prevalenti apporti intrabacinali. Spessore circa 20 m. (Eocene inf.).
- **AGS – Arenarie di Groppo Sovrano:** Arenarie grigio chiare bioclastiche da fini a molto grossolane, in strati spessi e molto spessi intercalati da peliti grigio-verdastre e, localmente, da sottili livelli micritici bianchi. Sedimentazione torbiditica da sorgenti terrigene ed intrabacinali con apporti da ambienti neritici. Spessore circa 90 m. (Eocene inf.).
- **GRM – Flysch di Grammatica:** Nella parte bassa arenaria fine grigio chiara a cemento carbonatico; verso l'alto argille siltose e marnose grigio-verdognole, nerastre e rosate, alternate a calcareniti fini grigio chiare e calcilutiti nere in strati da spessi a sottili, ricchi di tracce di organismi limivori. Si intercalano marne grigie erodate in strati spessi e molto spessi. Sedimentazione torbiditica con apporti di sedimenti intrabacinali e deposizione emipelagica. Spessore circa 25 m. (Eocene inf.).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	19 di 58

- **RIN – Argilliti di Riana:** Argilliti nerastre silicee e manganesifere ed argille rossastre in cui si intercalano livelli di arenarie cloritiche e brecce ad elementi di cloritoscisto; verso l'alto alternanze calcareo-marnose in strati medi e sottili a base calcarenitica. Sedimentazione emipelagica con apporti intrabacinali. Spessore minimo circa 50 m. (Campaniano sup.).
- **AVV – Argille varicolori di Cassio:** Argille, argilliti ed argille siltose rosse, violacee, grigio scure e verdastre, con intercalazioni di strati sottili o medi di arenarie litiche fini grigio chiare o scure, manganesifere e localmente cloritiche, di calcilutiti silicizzate grigio-verdine e di calciliti chiare, calcareniti, conglomerati poligenici, in strati medi e spessi, i cui elementi provengono da crosta continentale e arenarie litiche e feldspatiche grossolane. Nell'area del Foglio 218 presenti sporadici strati medio-sottili di arenarie a composizione ofiolitica. Contatti per lo più tettonizzati con SCB. Sedimentazione pelagica intervallata da correnti di torbidità s.l. e flussi concentrati di locale alimentazione insubrica. Potenza geometrica variabile da qualche decina a qualche centinaio di metri. (Turoniano? - Campaniano sup.).
- **AVVa – Argille Varicolori – litofacies pelitico-arenacea:** Distinta localmente, dove le intercalazioni di arenarie sono più frequenti e il rapporto A/P diventa circa uguale a 1. (Turoniano? - Campaniano sup.).
- **SCB – Arenarie di Scabiazza:** Torbiditi arenaceo-pelitiche e pelitico-arenacee con arenarie litiche grigio-nocciola, grigio-scure o grigio-verdastre, fini e medie in strati sottili e medi regolarmente alternate a peliti grigie o verdastre o marne siltose debolmente marnose; si intercalano talora marne grigio chiare a base arenacea fine e molto fine in strati da molto sottili a spessi (rapporto A/P da 1), conglomerati e calciliti in strati spessi. Possono essere presenti marne siltose grigie in strati molto spessi con base arenitica e conglomeratica fine ad elementi sedimentari. Localmente distinta una litofacies a brecce argillose (SCBa) costituita da brecce a blocchi di calcari grigio-verdini e biancastri e lembi eterometrici di marne grigiogiallastre, inglobati in matrice argillitica nera e verdastra, di potenza variabile da pochi metri a 50 m circa; una litofacies arenaceo-pelitica (SCBb); una litofacies calcareo-marnosa (SCBc) caratterizzata da strati molto spessi di marna siltosa grigio chiara a base arenacea grossolana e strati medi e spessi caratterizzati da basi ruditiche biancastre ad elementi di micriti e radiolariti, e da un tetto marnoso-calcareo; una litofacies conglomeratica (SCBd); una litofacies argillitica (SCBp) con siltiti nerastre passanti ad argille siltose rosso vinato e localmente lenti di brecce ad elevato tenore in clorite. Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri. (Cenomaniano - Santoniano).
- **SCBp – Arenarie di Scabiazza – litofacies argillitica:** Litofacies argillitica con siltiti nerastre passanti ad argille siltose rosso vinato e localmente lenti di brecce ad elevato tenore in clorite. Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. (Cenomaniano - Santoniano).
- **APA – Argille a palombini:** Argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi, biancastre o giallastre in superficie alterata, talora a base calcarenitica laminata, e più rari calcari marnosi grigi e verdi in strati spessi; intercalazioni di siltiti ed arenarie torbiditiche fini in letti molto sottili e sottili di colore grigio scuro o di calcareniti medio-grossolane in strati da medi a spessi; localmente si intercalano argilliti marnose grigie in strati spessi, marne grigio-verdastre in strati medi e arenarie fini laminate in strati sottili; gli strati calcilutitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	20 di 58

superfici di strato e frattura concoide. Si possono presentare in brecce monogeniche con scarsa matrice arenacea. Localmente distinta una litozona argillitica (APAA). Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. (Berriasiano - Santoniano p.p).

- **SSI – Argilliti di San Siro:** Argilliti rosso-violacee, brune o variegata, manganesifere, alternate con straterelli calcilitici o siltitici ed arenitici grigi e grigio-verdastri ad alterazione color ocra o ruggine, e spessore mediamente compreso fra 10 e 30 cm, molto discontinui e deformati e con intercalazioni di areniti torbiditiche in livelli medio-sottili e calcareniti sottili. Depositi di debris flow a matrice argillitica e clasti eterogenei: palombini, ofioliti e rocce granitoidi (Gr). Localmente si interpongono lembi da metrici a decametrici di marne grigio-ocree (litofacies marnosa - SS1a) e lembi di successioni pelitiche policrome fittamente stratificate (SS1b - litofacies argillitica). Nell'area dei Fogli 198 e parte del 216 viene attribuito il nome di Argilliti di S. Siro ad una formazione considerata parte dell'Unità tettonica Media Val Taro (tettonicamente indipendente dall'Unità Caio-Bettola); sono state in questi fogli distinte una litofacies marnoso-calcareo (SS1c) costituita da marne e marne calcaree grigio-giallastre, in strati molto spessi a base calcarenitica fine intercalati da orizzonti argillitici nerastri e policromi. (cfr. Marne di Pontolo Auctt.), ed una litofacies arenitica (SS1ar). Passaggio stratigrafico netto al sovrastante Flysch di M. Caio (nei Fogli 198 e 216 contatto discordante con APA). (Cenomaniano? - Santoniano?).
- **CCvb – Complesso di Casanova – litofacies a brecce mono e poligeniche a matrice pelitica:** Brecce monogeniche (prevalenti) e poligeniche, in strati molto spessi e banchi a geometria lenticolare, con abbondante matrice pelitica grigio scura e clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, di calciliti chiare, più rari clasti di areniti scure e calcareniti (nell'area del Foglio 216 anche serpentiniti e basalti); si interpongono spezzoni di alternanze argillitico-calcaree e calcareo-marnose sempre molto deformate; lembi intensamente fratturati di Argille a Palombini. La matrice può diventare nettamente prevalente (CCvb2 - litofacies a brecce prevalentemente pelitiche). Le brecce poligeniche (CCvb1 - litofacies a brecce poligeniche a matrice pelitica) sono costituite in prevalenza da clasti eterometrici di calciliti, riferibili alle Argille a Palombini, e, in subordine, di basalti (B), ultramafiti con differente grado Depositi marini profondi da scivolamento in massa e flussi gravitativi. Potenza geometrica da 0 a 120 m circa. (Campaniano inf.).

Unità Sub-liguri

- **APE – Arenarie di Petrignacola:** Arenarie torbiditiche grigio-verdastre ad elevato tenore in elementi andesitici, da fini a molto grossolane, talora conglomeratiche, in strati da medi a molto spessi intercalati a sottili livelli di torbiditi siltitiche grigie, pebbly sandstone e slumps. Sedimentazione torbiditica ad apporti terrigeni. Potenza di circa 60 m (Rupeliano).
- **TIC – Argille e calcari del Passo di Ticchiano:** Argille emipelagiche grigio scure e verdastre, localmente rossastre, alternate a calciliti grigie a fucoidi e ad arenarie torbiditiche fini in strati sottili e medi. (Eocene sup. - Oligocene inf.).
- **ARB – Arenarie di Ponte Bratica:** Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi a base arenitica grigio-giallastra e grigio-verdastri fine o media passante a siltiti o siltiti marnose grigio scure; nell'area del Foglio 218 subordinati strati medi o spessi di arenarie grossolane. Si distingue una litofacies arenacea (ARBa) costituita da siltiti,

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	21 di 58

siltiti marnose e subordinate areniti fini in strati sottili. Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo. Contatti tettonici con le formazioni circostanti (Oligocene).

- **ARBa – Arenarie di Ponte Bratica – litofacies arenacea:** Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati da sottili a medi a base arenitica grigio-giallastra e grigio-verdastra fine o media passante a siltiti o siltiti marnose grigio scure; nell'area del Foglio 218 subordinati strati medi o spessi di arenarie grossolane. Si distingue una litofacies arenacea (ARBa) costituita da siltiti, siltiti marnose e subordinate areniti fini in strati sottili. Torbiditi ed emipelagiti di ambiente marino profondo. Contatti tettonici con le formazioni circostanti (Oligocene).
- **MLA – Melange di Lago:** Argilliti nerastre inglobanti blocchi e lembi di calcari biancastri, di marne grigio chiare, di arenarie torbiditiche grigie e verdastre, di sequenze argilloso-calcaree, e di brecce clasto-sostenute ad elementi di calcari e di arenarie fini micacee. Depositi da flussi gravitativi accompagnati da deformazioni tettoniche penecontemporanee. Spessore massimo circa 50 m (Oligocene inf.).
- **ACC – Argille calcari di Canetolo:** Argilliti grigio-neri 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, calcareniti gradate, brecce ad elementi micritici, calcarenitici e arenacei; breccie organogene (Nummuliti, Discocyclina?), e calcari marnosi a base calcarenitica. Intercalazioni di areniti, spesso bioclastiche, e siltiti in strati gradati e laminati medio-sottili. Interazioni metriche di argilliti rosse alternate a strati spessi di calcsiltiti gradate marnose, arenacee alla base, di colore rosato (ACCac - litofacies varicolorata). Nell'area del Foglio 216, presso Montegroppe, si distinguono lembi di paleosuolo (costituiti da argilliti grigie profondamente alterate in ocreo inglobanti arenarie calcaree silicizzate e/o decalcificate con incrostazioni in ossidi ed idrossidi di ferro e manganese). Sedimentazione emipelagica, intervallata a torbiditi intrabacinali e terrigene. Spessore massimo circa 400 m. (Cretaceo sup.? - Eocene medio).
- **CGV – Calcari di Groppo del Vescovo:** Calcari micritici, talora marnosi, grigio chiari e biancastri, in strati da medi a molto spessi a basi calcarenitiche medio-fini gradate e laminate, alternati a sottili livelli argillitici grigi; localmente si intercalano arenarie fini grigie in strati spessi. Contatto stratigrafico con NIC. Potenza geometrica di circa 140 m. (Eocene inf.).
- **CGM – Formazione di Canalgrande:** Areniti litiche a grana fine, siltiti marnose verdastre e peliti nerastre organizzate in strati da sottili a medio-spessi. Localmente si intercalano calcilutiti generalmente in strati sottili, e banchi di calcari marnosi grigio-biancastri. Sedimentazione torbiditica terrigena intervallata ad emipelagiti. (Paleocene inf. - sup.).

Unità Toscane

- **MRR – Marne di Marra:** Siltiti marnose grigie, talora a patine giallastre, a stratificazione indistinta o con rare intercalazioni di arenarie torbiditiche fini in strati sottili. Localmente livelli di brecce sedimentarie poligeniche (bp1) ad elementi calcarei in matrice argillosa e lembi olistolitici di sequenze argillosocalcaree. Potenza geometrica di circa 300 m. (Chattiano - Aquitaniano).
- **MAC – Macigno:** Torbiditi arenaceo-pelitiche in strati gradati medi e spessi con basi arenitiche medie e localmente grossolane, a composizione da subarkosica a sublarenitica, alternate a torbiditi in strati da sottili a medi con base arenitica fine e tetto pelitico. Si distinguono intercalazioni di brecce (MACol - litofacies a brecce sedimentarie) costituite da elementi calcarei, calcareo-marnosi in blocchi e lembi

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	22 di 58

eterometrici in prevalente matrice argillitica. Presente uno slump intraformazionale (MACb) caratterizzato da deformazione penecontemporanea che coinvolge alternanze arenacee, corpi discontinui di conglomerati e di arenarie grossolane e lembi di marne siltose. Spessore massimo di circa 1000 m. (Chattiano - Aquitaniano).

3.2 Geomorfologia

L'attuale assetto geomorfologico dell'ambito territoriale del Comune di Corniglio è il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono imposti negli ultimi millenni ed hanno direttamente interagito sull'andamento morfologico del territorio.

Uno dei parametri geomorfologici più importanti nella modifica ed evoluzione del territorio è costituito dal diverso grado di morfoselezione presente, che risulta strettamente correlato con le litologie presenti e dipendente da altri fattori come clima, acclività, coperture boschive e arboree ecc...

La morfoselezione può essere definita come la tendenza dei terreni e delle rocce ad evolversi verso forme e strutture selettive sotto l'azione dei processi e degli agenti morfogenetici principali (acque superficiali e meteoriche, vento, gelo-disgelo, gravità, ecc.).

In questa ottica, la morfoselezione risulta correlata all'impedenza (capacità dei suoli di opporsi all'erosione operata dalle acque superficiali dilavanti) ed alla ritenzione idrica dei suoli (quantità di acque superficiali assorbita dai terreni superficiali), a loro volta condizionate dal tipo e grado di copertura vegetale esistente e dalla geologia e litologia del substrato; litofacies argillose o pelitiche offrono infatti una minore resistenza all'erosione rispetto a rocce arenacee o calcaree e, quindi, hanno meno possibilità di queste ultime di originare nel tempo forme selettive (picchi o rilievi rocciosi, scarpate strutturali, ecc.).

Tutti questi elementi condizionano in ultima analisi la stabilità idrogeologica dei versanti ed i tempi di corrivazione (velocità di ruscellamento delle acque superficiali verso valle) e quindi i tempi di formazione delle piene fluviali.

La bassa morfoselettività delle rocce pelitiche e di quelle argilloso-marnose in genere, è di norma abbinata ad una elevata e diffusa franosità, che col tempo si evolve verso morfologie più dolci e meno acclivi (ossia più stabili), che consentono, di conseguenza, una più agevole e conveniente utilizzazione antropica dei suoli e dei terreni.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	23 di 58

Non a caso, infatti, le zone meno densamente antropizzate della fascia appenninica risultano quelle in cui affiorano le rocce maggiormente morfoselettive, ossia quelle che originano una morfologia impervia, con acclività e pendenze elevate e che comportano la formazione di suoli di ridotto spessore e produttività; su tali superfici, localizzate per lo più nelle zone di crinale, si sviluppano quindi boschi, cespugli e praterie.

Alla luce delle caratteristiche geologiche e litologiche principali delle rocce affioranti nel territorio di Monchio delle Corti, in grado di determinare un comportamento geomorfologico piuttosto omogeneo anche su grandi areali, sono state individuate le 4 classi di morfoselezione seguenti:

- 1) Terreni con grado di morfoselezione da basso a molto basso: comprendono, di norma, le litofacies pelitiche (argillose) e marnoso-argillose, ma anche quelle in cui la fitta stratificazione o l'alternanza di litologie diverse o l'elevato grado di fratturazione delle stesse (tipo rocce argilloso-caotiche), portano ad evidenziare un comportamento poco resistente nei confronti dell'erosione e dell'alterazione morfologica. In tale classe sono state pertanto comprese le formazioni argillose quali le Argilliti di S. Siro, le Argille e Calcari di Canetolo, le Marne di Marra, le Argilliti di Riana, ecc.
- 2) Terreni con grado di morfoselezione da basso a medio: sono composti da litologie con comportamento geomorfologico intermedio, in quanto costituiti da litofacies marnose, marnoso-argillose, marnoso-calcaree e marnoso-arenacee resistenti, ma condizionate negativamente dal grado di fratturazione della compagine rocciosa, o dalla costante presenza di livelli a bassa resistenza, che li rendono poco stabili o sufficientemente stabili. In tale classe sono state considerate le formazioni costituite da fitte alternanze pelitico – arenacee come le Arenarie di Scabiazza.
- 3) Terreni con grado di morfoselezione da medio ad alto: ricadono in questa classe le litofacies riferibili alle note sequenze flyschoidi e conglomeratiche, spesso intensamente fratturate, anche se porzioni di flysch particolarmente marnose possono far rientrare tali unità più tipicamente nella classe precedente. La stratificazione massiccia più o meno regolare di tali litofacies, porta alla formazione di rilievi selettivi tabulari (in condizioni geologico-strutturali particolari), o di picchi rocciosi e linee di crinale ben definite rispetto al territorio circostante. In tale classe sono state comprese le formazioni flyschoidi (Flysch di M. Caio, di Grammatica, di Rio Canalaccio, ecc).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	24 di 58

- 4) Terreni con grado di morfoselezione da alto a molto alto: comprende alcune formazioni rocciose, perlopiù con affioramenti di ridotta estensione, la cui resistenza all'erosione risulta talmente evidente da costituire una peculiarità geomorfologica unica e tipicamente riconoscibile sul territorio. Le litofacies che presentano tali caratteristiche di morfoselezione, sono quelle ad alta resistenza e spiccata energia di rilievo e comprendono le arenarie del Macigno, di Petrignacola e di Ponte Bratica.

In generale si può affermare che il territorio di Corniglio è contraddistinto da una morfologia "giovanile" caratterizzata da versanti più o meno acclivi, con incisioni vallive spesso pronunciate, dovute prevalentemente all'azione erosiva dei corsi d'acqua. Le forme di accumulo fluviale hanno estensione piuttosto limitata occupando le aree di fondovalle del T. Parma e del T. Bratica.

Molto più diffuse sono le forme di erosione fluviale, specialmente sulle sponde geologicamente instabili o costituite da depositi detritici o litologie "tenere" (argilliti, marne, formazioni flyschoidi ecc.). Spesso tali fenomeni sono la causa dell'innescarsi di movimenti franosi di neoformazione sui versanti o della riattivazione di vecchie frane quiescenti.

Risultano evidenti gli stretti legami esistenti tra l'aspetto morfologico ed i motivi stratigrafico – tettonici e le caratteristiche geomeccaniche delle rocce. Laddove predominano i litotipi arenacei e calcarei, il rilievo si presenta accidentato, con pendii ripidi che seguono quasi fedelmente l'inclinazione degli strati, quando disposti a franapoggio; mentre sono caratterizzati da una forte acclività con strati a reggipoggio. Al contrario dove affiorano i terreni prevalentemente marnoso – argillosi la morfologia assume caratteri attenuati ed un aspetto relativamente addolcito e si osservano frequentemente versanti interessati da diffusi e talora ampi fenomeni di dissesto.

In tale contesto, è chiaro che i fenomeni di gran lunga più significativi e diffusi nel territorio e che per i loro effetti hanno più rilevanti e significative ricadute sul territorio stesso, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono i fenomeni legati alla gravità.

Nel presente studio, per la definizione dei movimenti gravitativi che interessano le aree in esame, si è fatto riferimento, principalmente, alla Carta del Dissesto della Provincia di Parma, alla scala 1:10.000, che ne prevede l'identificazione e la classificazione sulla base dello stato di attività e della tipologia.

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

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	25 di 58

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

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

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

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

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	26 di 58

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

4.1 ACQUISIZIONE ED ELABORAZIONE DEI DATI

La ricerca effettuata presso gli archivi dell'Ufficio Tecnico Comunale, dell'Unione Montana Appennino Parma Est e dell'Agenzia Regionale Sicurezza Territoriale e Protezione Civile ha consentito di esaminare le relazioni geologiche, prodotte a corredo di varianti agli strumenti urbanistici, di progetti edilizi, di PUA e di opere pubbliche e di acquisire copia delle indagini geognostiche eseguite.

Una volta completato il quadro dei dati disponibili, è stata pianificata e condotta una specifica campagna di indagini integrative consistita nell'esecuzione di n° 3 MASW e n° 35 di misura di microtremori a stazione singola.

Tutte le indagini sono state trasformate in formato digitale con modalità georiferita, al fine di consentirne l'elaborazione in ambiente GIS. A tal proposito sia i dati di base, che i dati elaborati sono stati organizzati in formato vettoriale (*shapefile*).

In Tab. 2 è rappresentato il quadro d'insieme delle prove acquisite ricadenti nel territorio comunale o appositamente realizzate nelle aree interessate dal secondo livello d'approfondimento.

Prove in sito	Archivi locali	nuove prove	Totale
Sondaggi a carotaggio continuo	54		54
Saggi esplorativi con escavatore	18		18
Prove penetrometriche dinamiche super-pesanti (DS)	48		48
Prove penetrometriche dinamiche pesanti (DP)	27		27
Prove penetrometriche statiche con punta meccanica (CPT)	5		5
MASW	9	3	12
Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)	8	35	43
Profilo sismico a rifrazione	11		11
Profilo sismico a riflessione	3		3
Down Hole (DH)	4		4
Totali	187	38	225

Tab. 2 – Prove in sito disponibili per il Comune di Corniglio

L'ubicazione degli elementi stratigrafici e geofisici acquisiti è riportata nella Carta delle indagini in scala 1:5.000.

Come ricordato in precedenza, ad integrazione di tali dati, è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine costituita dalle seguenti prove (Tab. 3):

TIPOLOGIA INDAGINI	numero
MASW	3
Stazione microtremore a stazione singola (HVSR)	35

Tab. 3 – indagini di nuova esecuzione (campagna 2019-2020)

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	27 di 58

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

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

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

Rimandando al paragrafo 7.4 la descrizione specifica delle caratteristiche delle porzioni di territorio comunale oggetto del presente studio, di seguito ci si limita a proporre alcune considerazioni su come l'assetto geologico rilevato possa modificare il moto sismico in superficie e quali problematiche comporti per la determinazione degli effetti locali.

A riguardo, in primo luogo, va considerato che in tutta la zona in esame, al di sotto delle coperture quaternarie, sono presenti unità, talora stratificate e talora non stratificate, costituite da depositi a differente litologia (calcari, areniti, marne, peliti), all'interno dei quali le velocità di propagazione delle onde sismiche sono molto differenti tra loro, anche se in pochi casi raggiungono velocità da bedrock sismico, maggiori di 800 m/s.

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

Anche nelle coperture quaternarie si osservano significative variazioni nei profili delle Vs, sia in relazione allo stato di addensamento dei depositi, generalmente maggiore all'aumentare della profondità, che al tipo di litologie attraversate.

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

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

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	28 di 58

picchi, con contrasti d'impedenza bassi e simili tra loro, a frequenze associabili a differenti profondità.

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

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	29 di 58

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

La valutazione della risposta sismica locale, sia con approccio semplificato, sia con modellazioni avanzate, non può prescindere da un'accurata ricostruzione del modello geosismico del sottosuolo tramite l'utilizzo di indagini geofisiche specifiche. Le prove MASW e le misurazioni effettuate tramite stazione singola (HVSR), hanno permesso di ricostruire con una certa precisione i modelli sismo-stratigrafici locali, poiché spesso i segnali si presentano con un'elevata coerenza nel modo fondamentale.

Le misure HVSR si presentano chiare anche se, a volte, la presenza di disturbi antropici ne hanno alterato il naturale andamento; in generale i rapporti spettrali H/V, non sono particolarmente elevati e sono in genere compresi tra 2 e 3.

Per ciascuna prova è stato riportato il grafico del rapporto spettrale H/V naturale, in cui si possono osservare gli eventuali picchi caratteristici, in corrispondenza di determinate frequenze (Fig. 12).

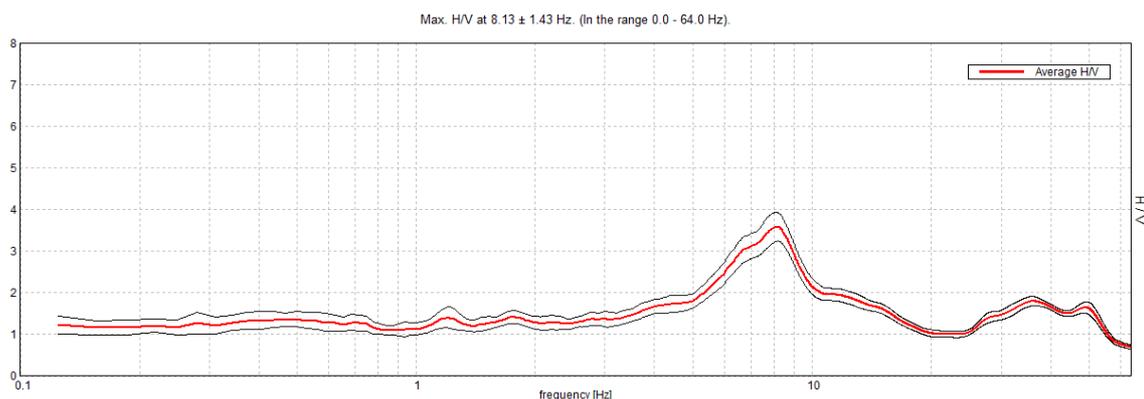


Fig. 13 – Esempio di curva H/V naturale della prova 034012P175HVSR213

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

Nello specifico si è proceduto all'analisi della durata complessiva delle singole registrazioni, utilizzando esclusivamente quelle capaci di produrre stime "robuste" del campo medio delle vibrazioni ambientali, soddisfacendo in tal senso i primi 3 criteri del progetto SESAME (linee guida 2005), relativi alla robustezza statistica del segnale. Inoltre, per ogni singola acquisizione è stato valutato l'andamento complessivo della curva

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	30 di 58

H/V, prestando particolare attenzione, durante la fase di elaborazione, alla plausibilità fisica della curva stessa, verificabile attraverso l'individuazione di massimi caratterizzati da una diminuzione localizzata di ampiezza dello spettro verticale.

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

Quanto ai criteri delle linee guida SESAME 2005 relativi alla “chiarezza” del picco di possibile risonanza, in alcuni casi non risultano soddisfatti, in quanto le caratteristiche geologiche del territorio esaminato fanno sì che spesso, nelle curve H/V, non siano presenti picchi ben pronunciati.

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	31 di 58

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, come descritto in precedenza, sono stati acquisiti tutti i dati bibliografici e di archivio disponibili, sono stati condotti puntuali rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica fruibile. In seguito, tenendo conto dell'insieme degli elementi acquisiti, è stata predisposta ed eseguita una campagna di rilievi integrativi e di controllo. A conclusione di questa fase sono stati predisposti i seguenti elaborati:

- **Carta delle indagini (scala 1:5.000)** - In questa carta è riportata l'ubicazione, di tutte le indagini in sito acquisite o realizzate in questa sede, distinte in base alla specifica tipologia (sondaggi, penetrometrie, prove geofisiche, ecc.); sono state realizzate quattro “finestre” relative ai centri abitati di Beduzzo, Bosco, Corniglio Capoluogo e Ghiare;
- **Carta geologico-tecnica (scala 1:10.000)** - Questa carta, estesa all'intero territorio comunale, prende in esame i terreni di copertura, il substrato geologico, le instabilità dei versanti, gli elementi geologici, morfologici e idrogeologici e gli ambienti genetico-deposizionali dei terreni di copertura. A causa dell'estensione del territorio, la carta è stata suddivisa in tre tavole, denominate rispettivamente Settore A (area settentrionale), Settore B (area centrale) e Settore C (area meridionale);
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni (scala 1:5.000)** - In questa carta sono riportate le ubicazioni dei punti ove sono state eseguite le indagini sismiche HVSR, con simbolicamente rappresentato il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (*frequenza principale*). A fianco di ciascun simbolo è riportata la frequenza relativa al primo picco significativo e, qualora presente, è indicata anche la frequenza di un secondo picco (*frequenza secondaria*). Le misure inoltre sono state suddivise in classi sulla base delle frequenze e dell'ampiezza del picco. Anche per questa tavola sono state realizzate quattro “finestre” relative ai centri abitati di Beduzzo, Bosco, Corniglio Capoluogo e Ghiare.
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (scala 1:10.000)** - In questa carta, estesa all'intero territorio comunale, sono state individuate le zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, distinte in nove zone, le zone di attenzione per instabilità di versante e i punti di misura di rumore ambientale. A

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	32 di 58

causa dell'estensione del territorio, anche questa la carta è stata suddivisa in tre tavole, denominate rispettivamente Settore A (area settentrionale), Settore B (area centrale) e Settore C (area meridionale).

Successivamente è stato predisposto il seguente elaborato:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (scala 1:10.000)** - In questa carta è stata riportata l'ubicazione delle prove MASW e a fianco di ciascuna prova è stato riportato il rispettivo valore di V_{s30} e/o V_{sH} in m/s. Anche per questa tavola sono state realizzate quattro "finestre" relative ai centri abitati di Beduzzo, Bosco, Corniglio Capoluogo e Ghiare.

Infine si è proceduto con la terza ed ultima fase di lavoro, che ha portato alla determinazione dei fattori di amplificazione e sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carte di microzonazione sismica (scala 1: 5.000)** - In queste carte sono raffigurate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. Più in particolare sono stati predisposti i seguenti elaborati cartografici:
 - Carta di microzonazione sismica - FA PGA
 - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,1 - 0,5 s
 - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,4 - 0,8 s
 - Carta di microzonazione sismica - FA SA 0,7 - 1,1 s
 - Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,1 - 0,5 s
 - Carta di microzonazione sismica - FA SI 0,5 - 1,0 s
 - Carta di microzonazione sismica - HSM

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	33 di 58

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

8.1 Carta delle indagini

Nell'aggiornamento della Carta delle indagini sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione, unitamente ai dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale.

Esse sono state distinte in base alla tipologia (Fig. 14).

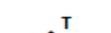
	Sondaggio a carotaggio continuo
	Sondaggio a carotaggio continuo che intercetta il substrato
	Sondaggio a distruzione di nucleo
	Sondaggio a carotaggio a distruzione di nucleo che intercetta il substrato
	Downhole
	Trincea o pozzetto esplorativo
	Prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)
	Prova penetrometrica dinamica super pesante (DS)
	Prova penetrometrica dinamica pesante (DP)
	Stazione microtremore a stazione singola (HVSr)
	Stratigrafia zona MS (teorica)
	MASW
	Profilo sismico a rifrazione
	Profilo sismico a riflessione

Fig. 14 – Legenda della Carta delle indagini

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri delle aree oggetto di microzonazione sismica di Livello 2 dove sono state indirizzate le analisi, ma ugualmente utili a definire le caratteristiche litostratigrafiche e/o geofisiche dei terreni.

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	34 di 58

L'assetto giaciturale e strutturale delle formazioni geologiche è rappresentato dalle sezioni geologiche rappresentate nelle Figg. 17, 18, 19 e 20, le cui tracce sono riportate nella carta geologico-tecnica e la cui ubicazione viene riproposta nella Fig. 16.

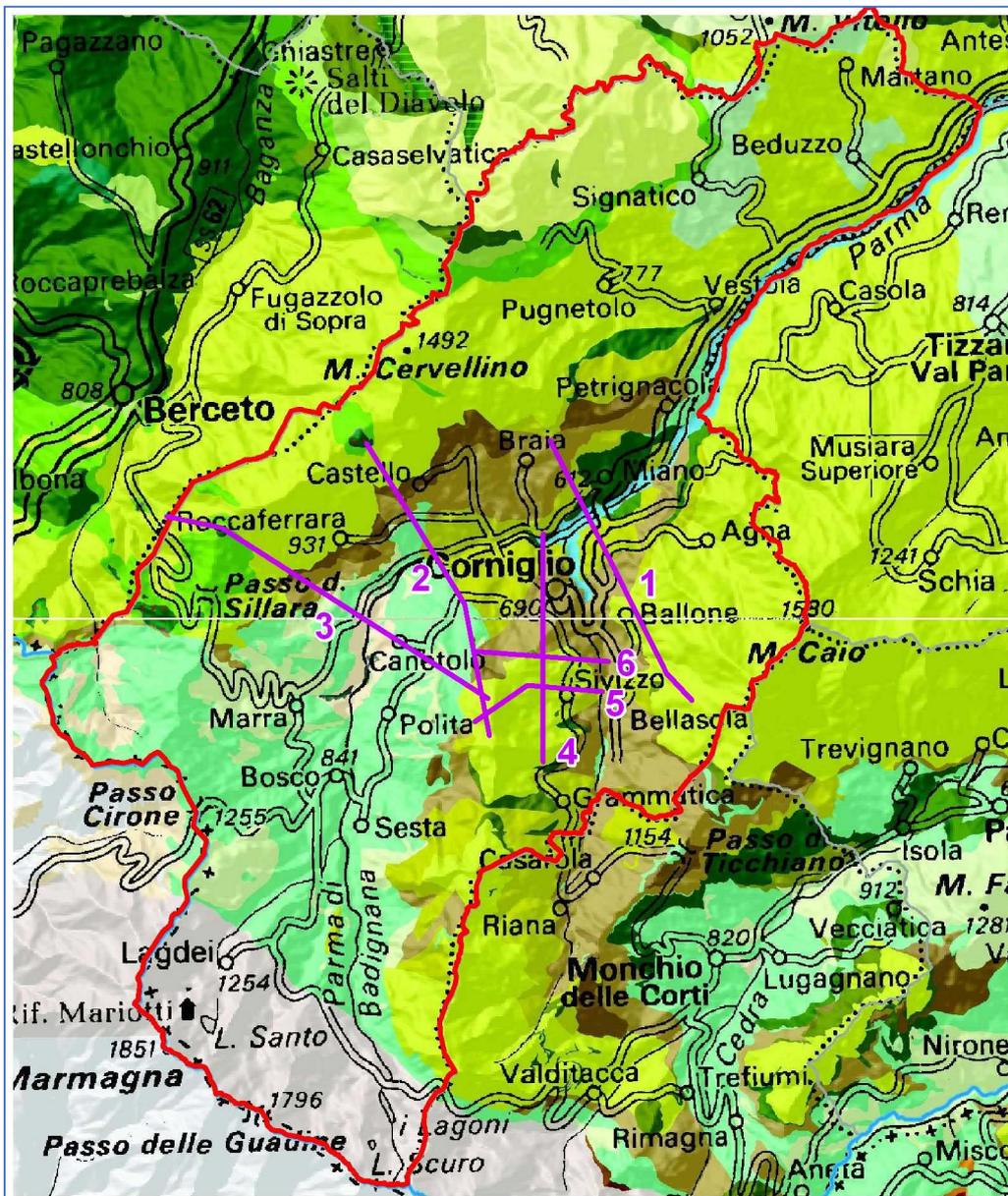


Fig. 16 – Ubicazione delle sezioni geologiche

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	36 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

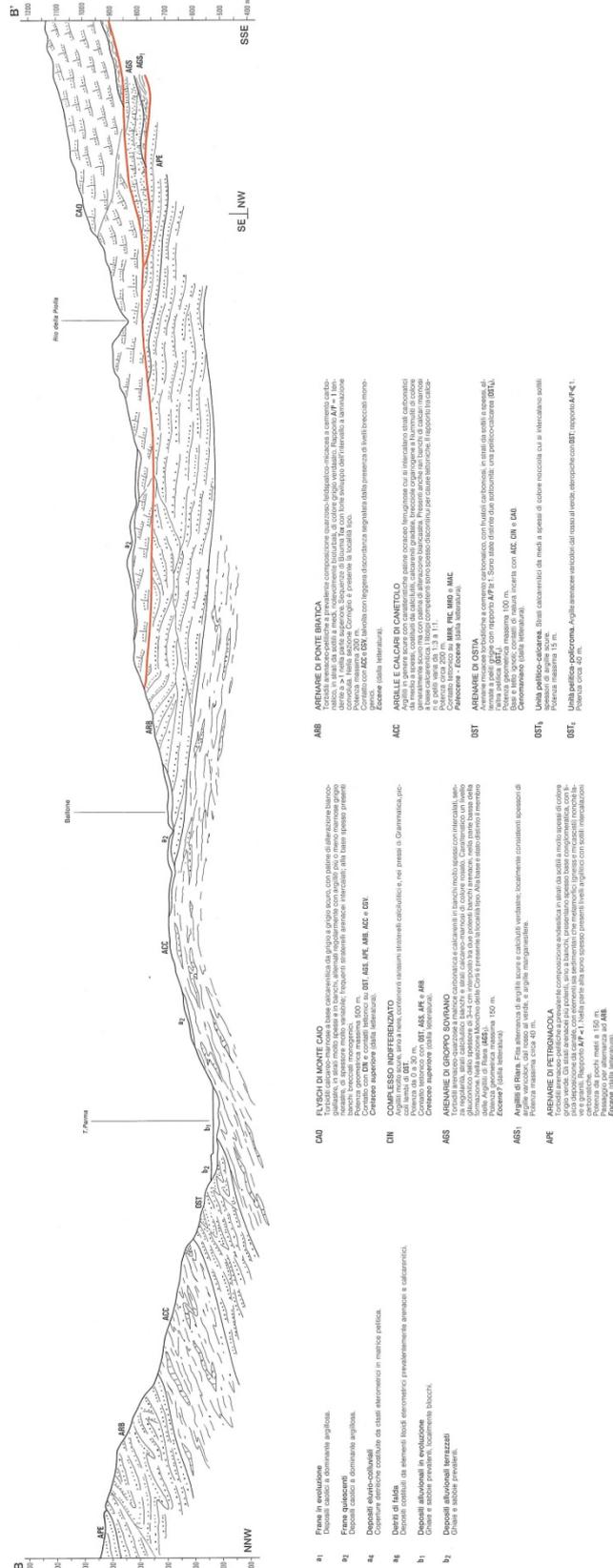
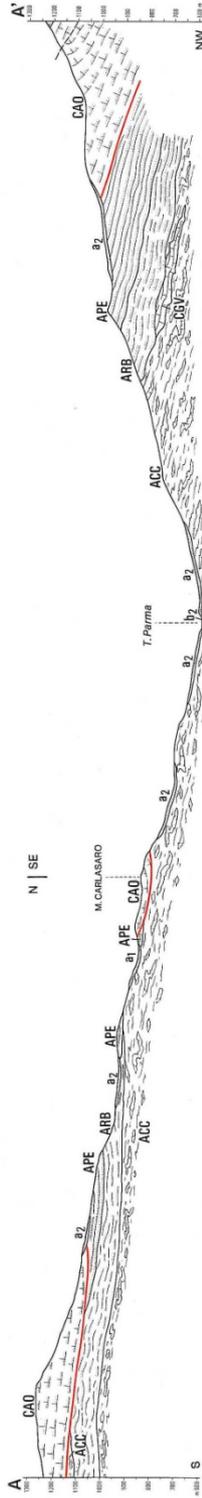


Fig. 17 – Sezione geologica 1

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	37 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

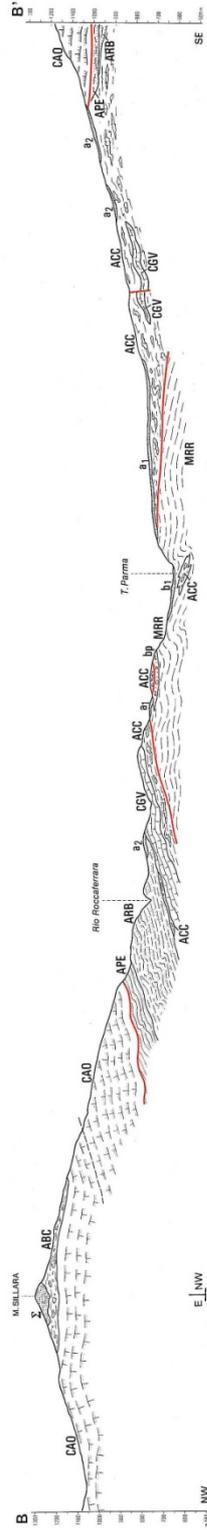


- a1** **Frane in evoluzione**
Depositi caolici a dominante argillosa.
- a2** **Frane quiescenti**
Depositi caolici a dominante argillosa riconoscibili anche per l'aspetto morfologico.
- a6** **Detriti di falda**
Depositi costituiti da elementi litoidi eterometrici prevalentemente arenacei.
- b1** **Depositi alluvionali in evoluzione**
Ghiale e sabbie prevalenti, localmente blocchi.
- b2.3** **Depositi alluvionali terrazzati**
Ghiale e sabbie prevalenti.
- c3.4** **Depositi morenici**
Conglomerati arenacei eterometrici, scarsamente consolidati; würmiani (ca) e rissiani ? (ca).
- fl** **Depositi palustri**
Depositi di materiale prevalentemente organico.
- CA0** **FLYSCH DI MONTE CAIO**
Torbiditi marmoso-calcarei a base calcarenitica grigio scuro con patine di alterazione bianco giallastre, in strati molto spessi e in banchi, alternanti regolarmente con argilliti più o meno marmose grigio scure, da molto spesse e spesse con frequenti straterelli arenacei intercalati. Sono presenti anche strati di calcareo scuro con sabbie e argille, in strati di spessore variabile. Il tutto è sotteso da un saggio per alternanze con **ABC** conservato solo localmente (Val Boganzana); altrove contatto tettonico. *Sarotoniano - Campaniano*
- ABC 2** **COMPLESSO DELLE ARGILLE A BLOCCHI**
Argille scure inglobanti clasti da fini a grossolani e blocchi con distribuzione caprica, costituiti prevalentemente da ofiolti (Σ), calcari di tipo Palombini, subordinatamente breccie ofiolitiche mono e poli-geniche, Calcari a Calpionelle, diaspri e graniti (Υ); si alternano a volte strati torbidolitici arenacei con abbondanti clasti ofiolitici.
Potenza non valutabile. Contatto verosimilmente con **CA0**.
Senomaniano - Turoniano
- APE** **ARENARIE DI PETRIGNACOLA**
Torbiditi arenaceo-pellicci a prevalente composizione andesitica, in strati da sottili a molto spessi; le arenarie per lo più grossolane hanno spesso base conglomeratica. Rapporto **AP** < 1. Colore da verde a grigio.
Potenza massima 150 metri; passaggio concordante su **ARB** con frequente interposizione di un livello di argille vari colorati.
Eocene - Oligocene
- ARB** **ARENARIE DI PONTE BRATICA**
Torbiditi arenaceo-pellicci a prevalente composizione quarzoso-feldspatica, in strati da sottili a medi, con base conglomeratica; spesso verdastra; rapporto **AP** >> 1. Sequenza di Bourma Tce con forte sviluppo dell'intervallo a laminazione convoluta.
Potenza massima 200 metri. Contatto verosimilmente stratigrafico con **CBV**, **ACC** e talvolta con leggera discordanza (Rio Roccalerrata).
Eocene - Miocene inf. (dalla letteratura)
- ACC** **ARGILLE E CALCARI DI CANNETOLO**
Argilliti in genere scure con caratteristiche patine ocraceo-rugginose cui si intercalano strati carbonatici da medi a spessi, costituiti da calcilutiti, calcareniti gradate, brecciole organogene a Nummuliti di colore generalmente scuro ma con patine d'alterazione biancastra, in genere il rapporto calcareo/argilla è = 1/3.
Potenza parzialmente valutabile in circa 200 metri. Base stratigrafica ignota.
Paleocene - Eocene inf.
- CBV** **CALCARI DI GROppo DEL VESCOVO**
Strati torbidolitici calcarei e calcarenitici con fossili planctonici, a base calcarenitica per lo più da medio a spessi, con calcareniti olistotromi; sottili livelli pellicci grigio scuri e verdastrati. Sembrano intercalati come estese lenti nella parte superiore di **ACC** e al suo letto.
Potenza valutabile da 0 a oltre 100 metri.
Eocene
- MRR** **MARNE DI MARRA**
Siltiti marmose fessili (emipelagali) talora con stratificazione marcata da sottili livelli arenacei gradati rappresentanti basi torbiditiche. Contengono frequentemente olistotromi di **ACC** e livelli discontinui di breccie poligeniche ad elementi calcarei (tp). Colore d'insieme grigio biancastro.
Potenza non superiore a 350 metri. Rapporti stratigrafici con frequenti discordanze per erosione sulle Arenarie di Praccheta (PR).
Oligocene ? - Miocene inf. medio

Fig. 18 – Sezione geologica 2

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	38 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO



- a1** Frano in evoluzione
Depositi calcarei a dominante argillosa.
- a2** Frano quiescenti
Depositi calcarei a dominante argillosa riconoscibili anche per l'aspetto morfologico.
- ag** Detriti di falda
Depositi costituiti da elementi liofici eterometrici prevalentemente arenacei.
- b1** Depositi alluvionali in evoluzione
Ghiale e sabbie prevalentemente localmente biccchi.
- b2,3** Depositi alluvionali terrazzati
Ghiale e sabbie prevalentemente.
- c3.4** Depositi morenici
Conglomerati arenacei eterometrici, scarsamente consolidati; wülfmiani (c4) e rissiani? (c3).
- fl** Depositi palustri
Depositi di materiale prevalentemente organico.
- CAO** ELYSCHI DI MONTE CAO
Turbiditi micaceous calcaree a base calcarenitica grigio scuro con patine di alterazione bianco giallastre, in strati molto spessi e in banchi, alternanti regolarmente con argilliti più o meno marrose grigio nerastre, da molto spesse a spesse con frequenti straterelli arenacei intercalati.
Il deposito è molto eterometrico, con un spessore medio di circa 10 metri.
Saranno per alterazione con **ARB** conservato solo localmente (V. Bagnusa), altrove contatto litologico.
Santoniano - Campaniano
- ABC** COMPLESSO DELLE ARGILLE A BLOCCHI
2
Turbiditi micaceous calcaree a base calcarenitica calcarea, calcaree, scattoli, argillite prevalentemente da argilliti (3) calcari di tipo Palombini, subordinatamente breccie olistocrome mono e poligeniche, Calcari a Capionelle, disipri e grantiti (7); si alternano a volte strati turbiditici arenacei con abbondanti ciesti olistoclici.
Campaniano - Turoniano
- APE** ARENARIE DI PETRIGNACCOLA
Turbiditi arenaceo-pelliche a prevalente composizione andesitica, in strati da sottili a molto spessi; le arenarie per lo più grossolane hanno spesso base conglomeratica. Rapporto AP < 1. Colore da verde a grigio.
Potenza massima 150 metri; passaggio concordante su **ARB** con frequente interposizione di un livello di argille varicolori.
Eocene - Oligocene
- ARB** ARENARIE DI PONTE BRATICA
Turbiditi arenaceo-pelliche a prevalente composizione quarzoso-felsitica, in strati da sottili a medi, notevolmente bioturbate, grigio verdastre; rapporto AP >> 1. Sequenza di Bouma Tce con forte sviluppo dell'intervallo a laminazione convoluta.
Potenza massima 200 metri. Contatto verosimilmente stratigrafico con **CSGV**, **ACC** e sovratta con leggera erosione.
Eocene - Miocene inf. (dalla letteratura)
- ACC** ARGILLE E CALCARI DI CANETOLO
Argilliti in genere scure con caratteristiche asfisse, spesso ferruginose, cui si intercalano, strati calcareo-marmosi con calcari calcareo-argillosi, calcari calcareo-argillosi, calcareo-organogeni a Nummuliti di colore generalmente scuro ma con patina di alterazione biancastra, in genere il rapporto calcareo/argilla è ~ 1/3.
Potenza parzialmente valutabile in circa 200 metri. Base stratigrafica ignota.
Palaeocene - Eocene inf.
- CSGV** CALCARI DI GROPPO DEL VESCOVO
Strati turbiditici calcarei e calcareo-marmosi con fossili planctonici, a base calcarenitica per lo più da bianchi a grigi con strati molto spessi, strati di calcareo grigio scuro e verdastri. Sembrano intercalati con strati calcareo-argillosi.
Potenza valutabile da 0 a oltre 100 metri.
Eocene
- MRR** MARNIE DI MARRA
Strati micaceous calcareo-argillosi (omipaleggi) laterali con stratificazione marcata da sottili livelli arenacei gradati rappresentati lasti torbiditiche. Contengono frequentemente olistocromi di **ACC** e livelli discontinui di breccie poligeniche ad elementi calcarei (b3). Colore d'insieme grigio biancastro.
Potenza massima 300 metri. Rapporti stratigrafici con frequente discordanze per erosione sulle Arenarie di Roccaferrea.
Oligocene ? - Miocene inf. medio

Fig. 19 – Sezione geologica 3

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	39 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

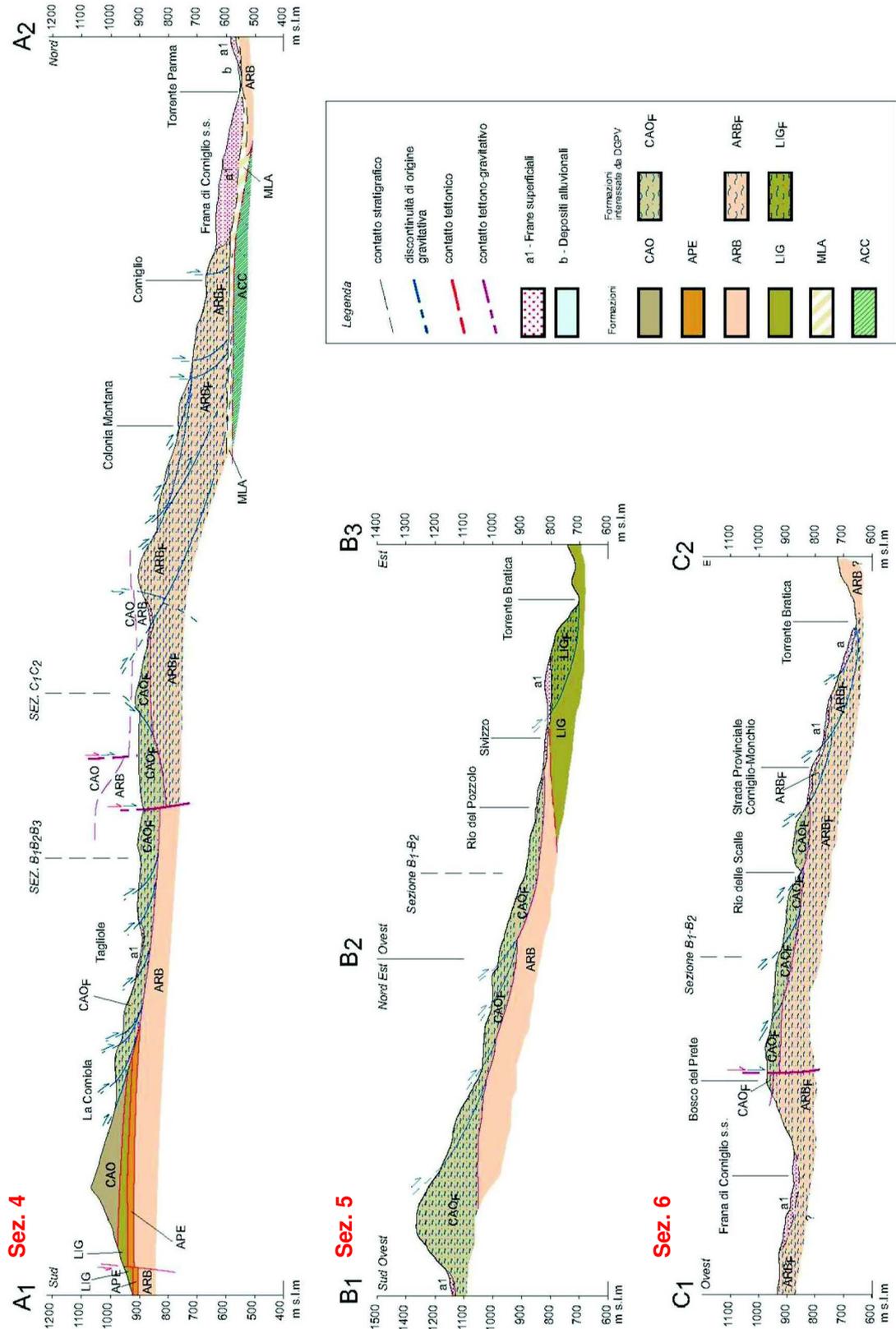


Fig. 20 – Sezioni geologiche 4, 5 e 6

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	40 di 58

8.3 Carta delle frequenze naturali dei terreni

Sulla base di tutti i dati tomografici disponibili, sia contenuti nell'archivio comunale, sia di nuova acquisizione, è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni a scala 1:5.000.

Si tratta di una carta derivata dalle indagini sveditive di sismica passiva (HVSR sulle vibrazioni ambientali). In questa carta sono stati riportati tutti i punti di misura, con associato il risultato della prova (valore di F_0 del picco significativo a più bassa frequenza corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale e di eventuali altri picchi significativi a più alta frequenza).

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

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, da un contrasto d'impedenza più o meno alto.

In Fig. 21 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico.

frequenza picco significativo (Hz)	ampiezza picco			spessore atteso (m)
	$1,5 \leq \text{HVSR} < 2$	$2 \leq \text{HVSR} < 3$	$\text{HVSR} \geq 3$	
$F_0 \leq 0,6$				> 200
$0,6 < F_0 \leq 1$				200 - 100
$1 < F_0 \leq 2$				100 - 30
$2 < F_0 \leq 8$				30 - 10
$F_0 > 8$				< 10
Assenza di picchi significativi				

A lato del simbolo sono riportate la frequenza relative al primo picco significativo (in rosso) e al secondo picco (in blu) se presente

Fig. 21 – Legenda della Carta delle frequenze

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	41 di 58

8.4 Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

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

In tale elaborato l'intero territorio comunale viene distinto a seconda dell'appartenenza a una delle seguenti categorie:

- 1) zone stabili.** Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido;
- 2) zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.** Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello;
- 3) zone suscettibili di instabilità.** Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni (queste ultime non presenti sul territorio monchiese) e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Le zone stabili sono state individuate dove affiora il substrato lapideo e risultano particolarmente estese in corrispondenza del settore meridionale del territorio comunale.

La categoria dominante è quella delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono stati identificate 9 microzone omogenee ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo (cfr. Fig. 16):

- Zona 1 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo ALS, ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m;
- Zona 2 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s) di tipo AL o GR o COS, ricoperto da una coltre di depositi eluvio-colluviali di spessore medio inferiore a 3,00 m;
- Zona 3 - Successione stratigrafica costituita da substrato geologico non rigido ($V_s < 800$ m/s), ricoperto da depositi di versante, a granulometria prevalentemente argillosa e spessore medio pari a circa 5,00 m;

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	42 di 58

- Zona 4 - Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi alluvionali grossolani di spessore generalmente non superiore a 5,00 m;
- Zona 5 - Successione stratigrafica costituita da substrato rigido ($V_s > 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi morenici di spessore medio pari a circa 15,00 m;
- Zona 6 - Successione stratigrafica costituita da un substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi a granulometria prevalentemente fine, di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici;
- Zona 7 - Successione stratigrafica costituita da un substrato non rigido ($V_s < 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi a granulometria prevalentemente grossolana, di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici;
- Zona 8 - Successione stratigrafica costituita da un substrato rigido ($V_s > 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi a granulometria prevalentemente fine, di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici;
- Zona 9 - Successione stratigrafica costituita da un substrato rigido ($V_s > 800$ m/s), ricoperto da una coltre di depositi a granulometria prevalentemente grossolana, di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici.

Le Fig. 22 mostra le colonne stratigrafiche sintetiche che caratterizzano le MOPS delle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	43 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

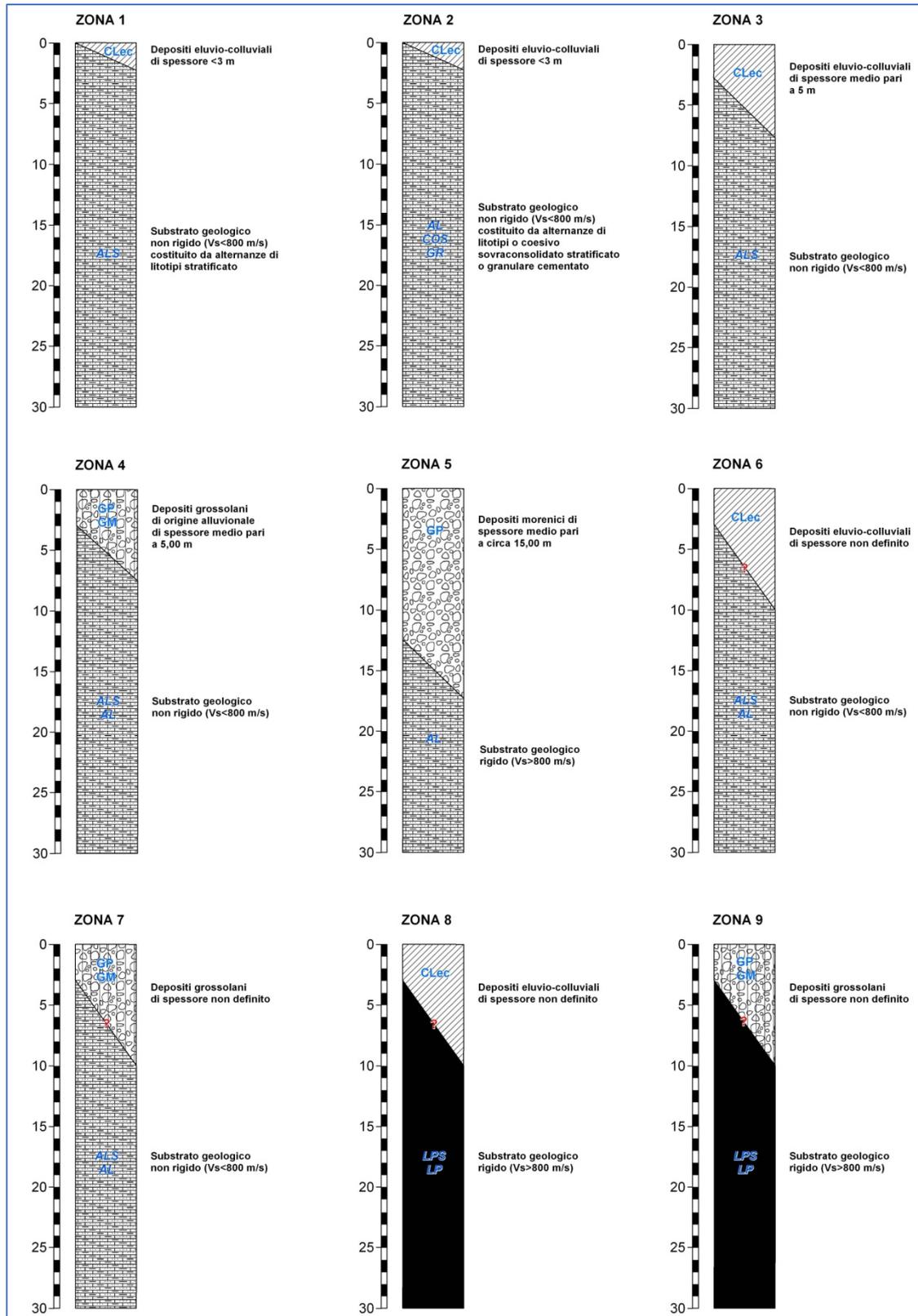


Fig. 22 - Colonne stratigrafiche sintetiche relative alle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

 <p>Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti</p>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	44 di 58

In estesi settori del territorio comunale sono state cartografate zone di attenzione per instabilità, riconducibili a fenomeni di instabilità di versante attivi e quiescenti come di seguito descritte (cfr. Fig. 23):

- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 10. Coltre di spessore <7,5 m, costituita da materiali prevalentemente argilloso-limosi con frammenti lapidei eterometrici, sovrastante ad un substrato di alternanze di litotipi stratificati di tipo non rigido ($V_s < 800$ m/s);
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 11. Coltre di spessore compreso tra 7,5 e 15 m, costituita da materiali prevalentemente argilloso-limosi con frammenti lapidei eterometrici, sovrastante un substrato di alternanze di litotipi stratificati di tipo non rigido ($V_s < 800$ m/s);
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 12. Breccia di marna calcarea e di arenaria in matrice argillosa, interessata da scivolamenti in blocco;
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 13. Corpo di frana di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici, impostato su un substrato di tipo non rigido ($v_s < 800$ m/s);
- ZAFR - Zona di Attenzione per instabilità di versante - Zona 14. Corpo di frana di spessore non definibile per carenza di dati litostratimetrici, impostato su un substrato di tipo rigido ($v_s > 800$ m/s).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	45 di 58

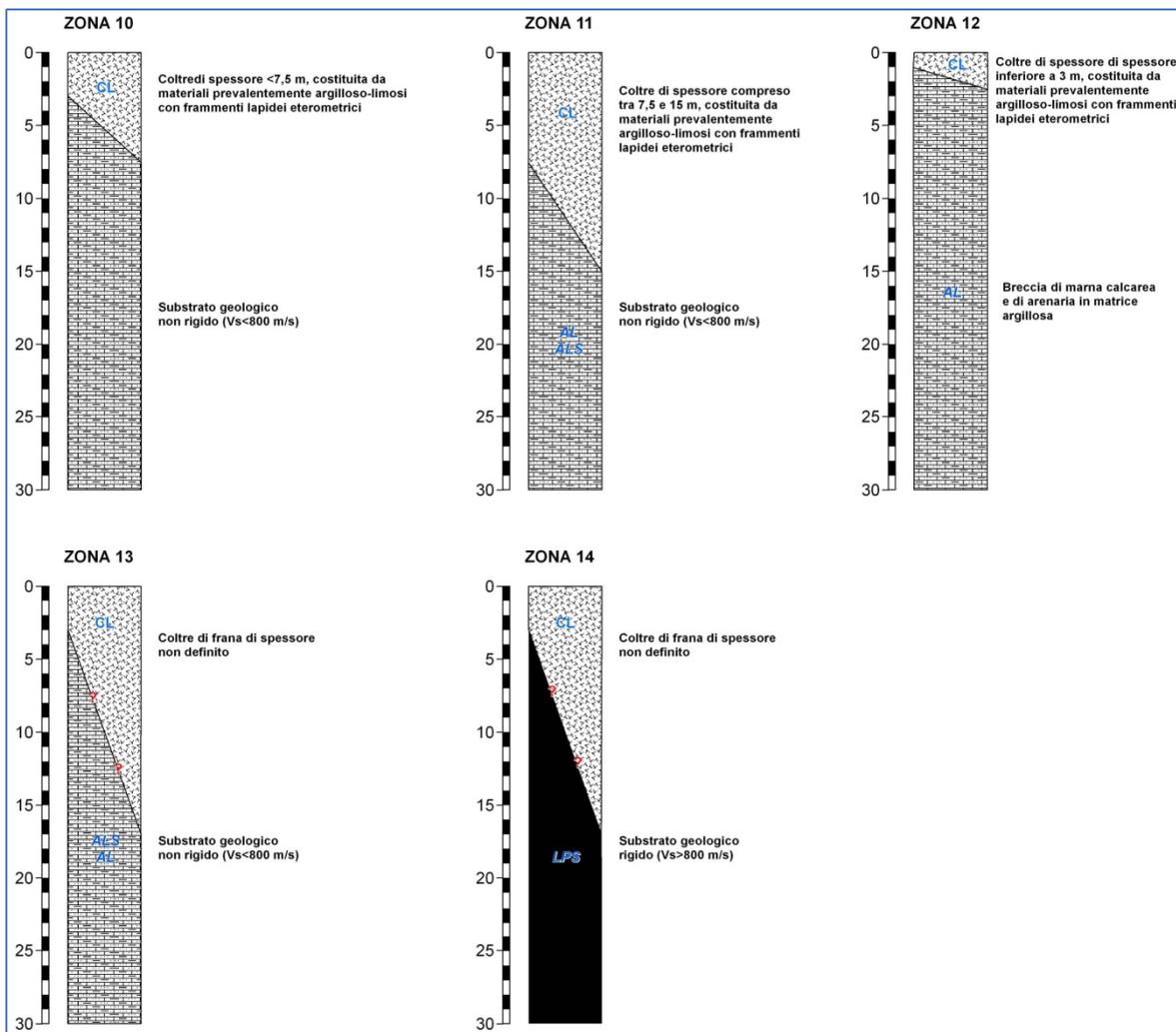


Fig. 23 - Colonne stratigrafiche sintetiche relative alle zone di attenzione per instabilità di versante

Infine nella carta delle MOPS sono state riportate le forme di superficie e sepolte (conoide alluvionale, falda detritica) e le tracce per gli approfondimenti delle amplificazioni topografiche.

8.5 Carta delle velocità delle onde di taglio S

In ottemperanza ai riferimenti tecnici citati nelle premesse, per tutte le aree oggetto di studio è stata redatta la Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s).

In tali elaborati sono ubicati tutti i punti di misura, distinguendoli a seconda della tipologia di prova effettuata (HVSR, MASW) e indicando il corrispondente valore di V_sH (in m/s), dove:

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	46 di 58

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

H = spessore totale (in metri) dei terreni di copertura o profondità del *bedrock*
 h_i = spessore (in metri) dello strato *i*-esimo (fino al *bedrock*)
 V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato *i*-esimo (fino al *bedrock*);

o di V_{S30} (sempre in m/s), dove:

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

h_i = spessore (in metri) dello strato *i*-esimo (fino alla profondità di 30 m);
 V_{S_i} = velocità (in m/s) dello strato *i*-esimo (fino alla profondità di 30 m).

In Fig. 24 si riporta uno stralcio della legenda di tale elaborato cartografico:

 MASW		
8	H	Profondità (m) da p.c. del contrasto di velocità più significativo
250	VSH	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S dei terreni di copertura sovrastanti al substrato rigido ($V_s \geq 800$ m/s) o non rigido ($V_s < 800$ m/s)
450	VS30	Velocità V_s (m/s) delle onde di taglio S nei primi 30 m di terreno
 Confine comunale		
 Aree oggetto di microzonazione sismica di livello 2		

Fig. 24 – Legenda della Carta delle velocità delle onde di taglio S

8.6 Carte di microzonazione sismica

Le Carte di microzonazione sismica di Livello 2 in scala 1:5.000 fanno parte degli elaborati grafici conclusivi del presente studio.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di:

	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	47 di 58

- $F_{PGA} = PGA/PGA_0$, dove PGA_0 è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ al suolo di riferimento e PGA è l'accelerazione massima orizzontale a periodo $T=0$ alla superficie del sito;
- $FA = SA/SA_0$, dove SA_0 è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione al suolo di riferimento e SA è l'integrale dello spettro di risposta in accelerazione alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : $SA1$ per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, $SA2$ per $0,4s \leq T \leq 0,8s$, $SA3$ per $0,7s \leq T \leq 1,1s$;
- $FH = SI/SI_0$, dove SI_0 è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (Intensità di Housner) al suolo di riferimento e SI è l'integrale dello spettro di risposta in velocità (o corrispondente grandezza di Intensità di Housner) alla superficie del sito per prefissati intervalli di periodi T : $SI1$ per $0,1s \leq T \leq 0,5s$, $SI2$ per $0,5s \leq T \leq 1,0s$.

Per le aree sottoposte ad analisi di secondo livello i valori dei fattori di amplificazione (FA) sono stati ricavati dalle tabelle allegate alla DGR n. 630 del 29 aprile 2019 della Regione Emilia-Romagna (Tabb. 4-5-6).

La scelta dell'abaco per la stima dei fattori di amplificazione è stata effettuata sulla base delle caratteristiche sismo stratigrafiche del sottosuolo.

In Fig. 25 sono state rappresentate le Zone oggetto di studio, distinte sulla base delle tabelle utilizzate per l'attribuzione dei fattori di amplificazione.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	48 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

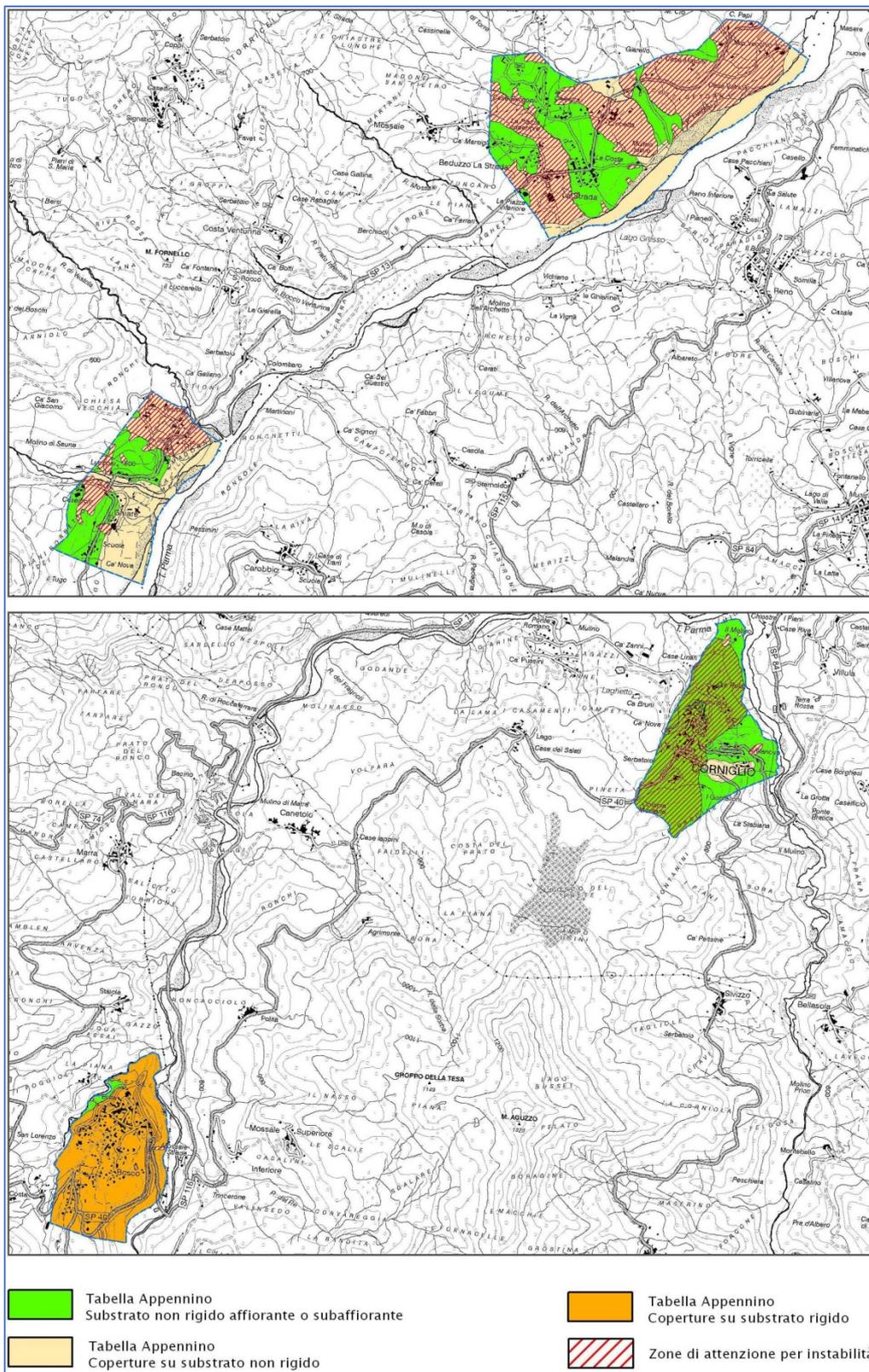


Fig. 25 - Suddivisione delle zone in base alle tabelle allegate alla DGR n. 630/2019 utilizzate per la determinazione dei fattori di amplificazione

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	49 di 58

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
PGA					1,9	1,8	1,6	1,4	1,2	1,1

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SA1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,2	1,1
SA2					1,7	1,6	1,5	1,4	1,3	1,3
SA3					1,4	1,4	1,3	1,3	1,3	1,2

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$)

V_{S30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
SI1					1,9	1,7	1,6	1,4	1,3	1,2
SI2					1,5	1,5	1,4	1,4	1,3	1,3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$)

Tab. 4 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI, nel caso di substrato marino non rigido con $V_s \ll 800$ m/s affiorante o subaffiorante (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

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

Fattore di Amplificazione SA2 (0,4s ≤ T ≤ 0,8s)

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

Fattore di Amplificazione SA1 (0,1s ≤ T ≤ 0,5s)

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

Fattore di Amplificazione SA3 (0,7s ≤ T ≤ 1,1s)

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

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

Fattore di Amplificazione SI2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)

Tab. 5 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI, nel caso di substrato marino rigido con Vs >800 m/s con sovrastanti depositi di copertura maggiori di 2,5 metri (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

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	2,0	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 ≤ T ≤ 0,5s)

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 SII (0,1s ≤ T ≤ 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 SII2 (0,5s ≤ T ≤ 1,0s)

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 ≤ T ≤ 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 ≤ T ≤ 1,1s)

Tab. 6 – Tabella da utilizzare per la stima di F.A., in termini di PGA, SA e SI, nel caso di substrato marino non rigido con Vs <<800 m/s con sovrastanti depositi di copertura maggiori di 2,5 metri (da Allegato 2 degli indirizzi regionali)

STUDIO DI MICROZONAZIONE SISMICA DI SECONDO LIVELLO

La Tab. 7 riporta i Fattori di Amplificazione determinati secondo la DGR 29 aprile 2019, n. 630.

MOPS	ZONA	TABELLA F.A.	VS (m/s)	FORMAZIONE GEOLOGICA	FATTORI DI AMPLIFICAZIONE					
					PGA	SA 0,1-0,5S	SA 0,4-0,8S	SA 0,7-1,1S	SI 0,1-0,5 S	SI 0,5-1,0 S
STAB	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs30 = 450	CAO-MRO1- ACC-CNL	1,6	1,6	1,5	1,3	1,6	1,4
	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs30 = 500	ARB	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4
	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs30 = 600	AGS	1,2	1,2	1,3	1,3	1,3	1,3
	2001	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs30 = 400	SCB-RIN	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5
	2002	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs30 = 400	MLA	1,8	1,7	1,6	1,4	1,7	1,5
	2003	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 250		1,6	1,5	1,4	1,3	1,5	1,4
	2004	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 350		1,4	1,3	1,4	1,3	1,4	1,3
	2005	Appennino - Substrato con Vs >800 m/s	Vs15 = 550		1,3	1,1	1	1	1	1
INSTAB	2010	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs5 = 200		2,0	1,8	1,4	1,3	1,7	1,4
	2011	Appennino - Substrato con Vs <<800 m/s	Vs10 = 300		1,8	1,7	1,4	1,3	1,6	1,4
	2012	Appennino - Substrato affiorante con Vs <<800 m/s	Vs30 = 500	ARB	1,4	1,4	1,4	1,3	1,4	1,4

Tab. 7 – Fattori di Amplificazione

Dal momento che gli abitati di Bosco e Corniglio ricadono in contesti morfologici caratterizzati da pendii di altezza > 30 m e con inclinazione media > 15°, sono state eseguite le verifiche al fine di valutare l'amplificazione dell'impulso sismico generata dalle condizioni topografiche (Figg. 26 e 27).

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	53 di 58

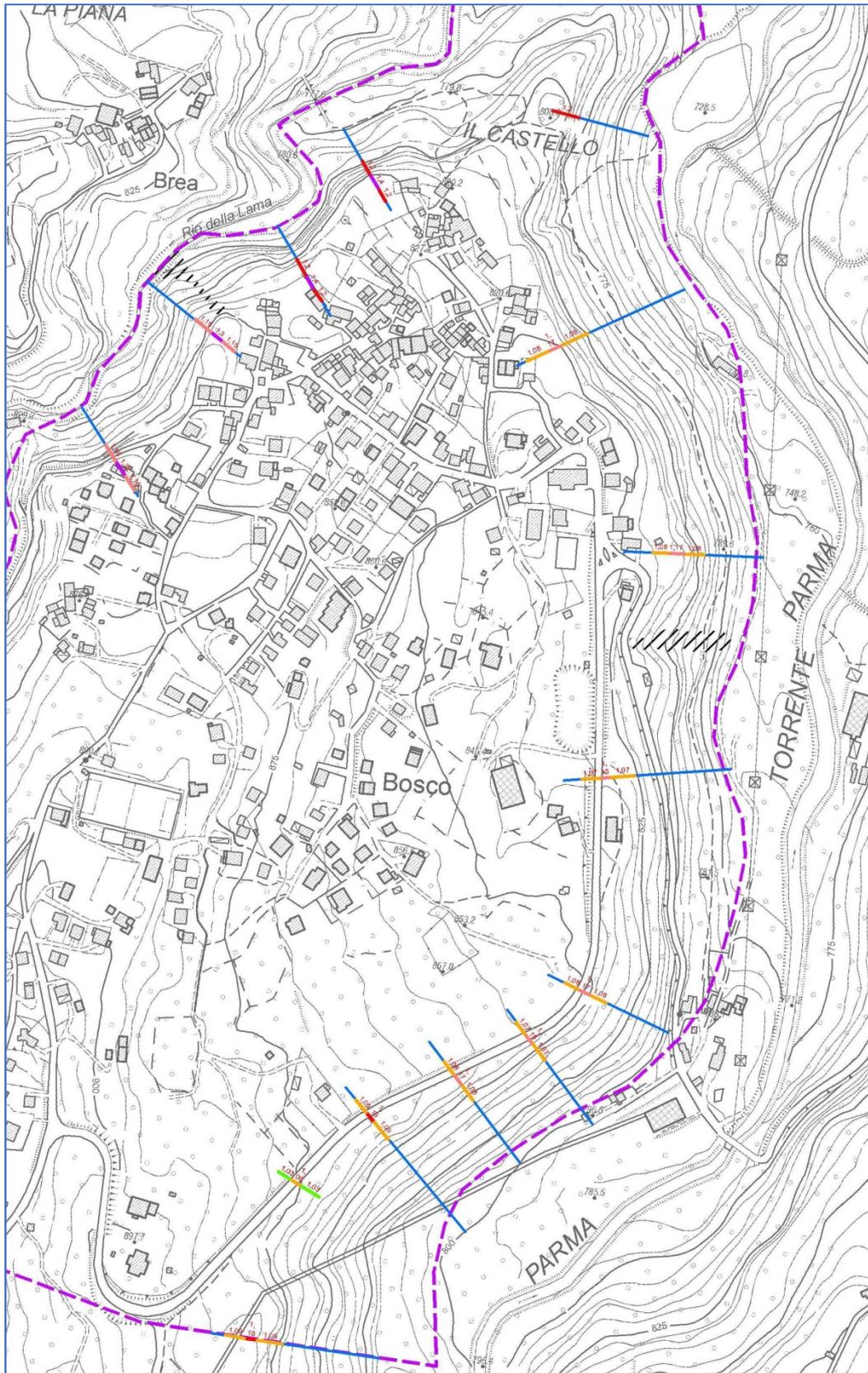


Fig. 26 – Ubicazione tracce sezioni topografiche Bosco



Elaborato	Data	Agg.	Pag.
RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	54 di 58

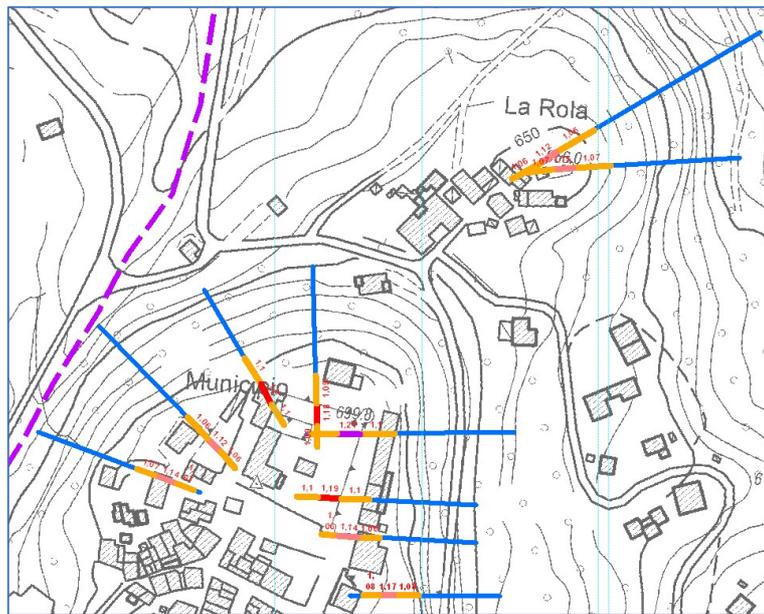


Fig. 27 – Ubicazione tracce sezioni topografiche Corniglio

Per il calcolo del Fattore di Amplificazione topografica S_T , sono state seguite le disposizioni e i suggerimenti contenuti nell'Allegato A2.2 degli indirizzi regionali (Fig. 28)

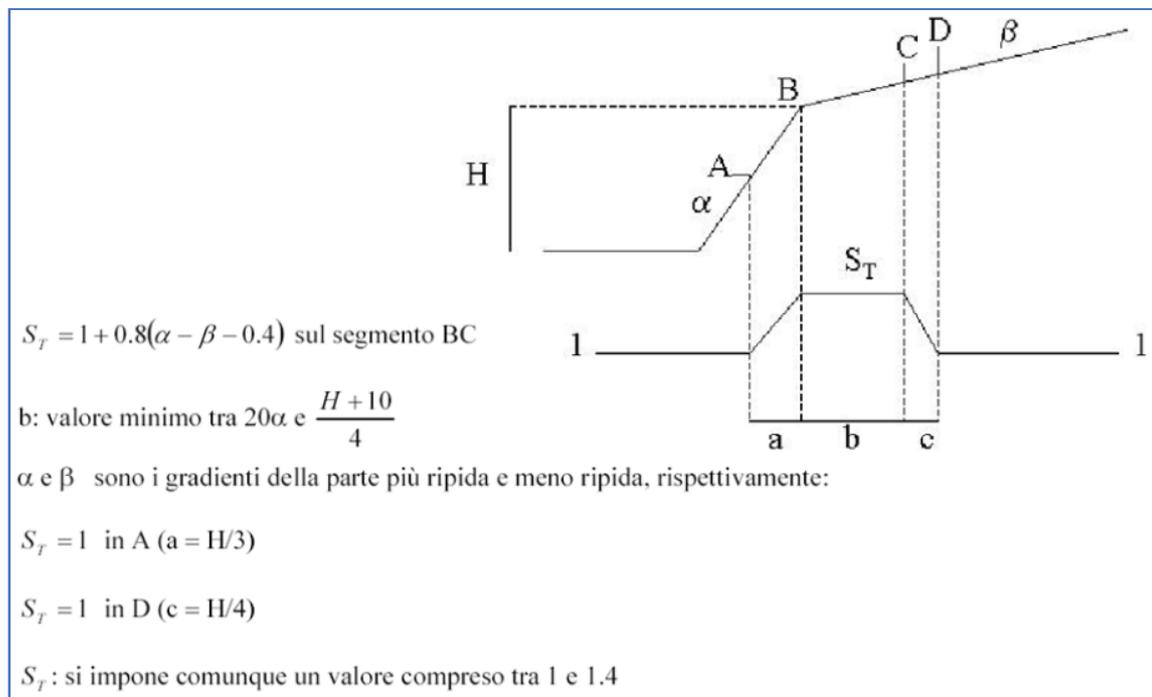


Fig. 28 – Calcolo del fattore di amplificazione topografica secondo gli indirizzi regionali.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	55 di 58

Infine è stata inoltra prodotta la carta Hsm, che rappresenta lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) per l'intervallo di periodo $0,1 \leq T \leq 0,5\text{s}$. Tale scuotimento è espresso attraverso il parametro H, dato dal prodotto dell'Acceleration Spectrum Intensity (ASI), integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per determinati intervallo di periodi, diviso per ΔT e moltiplicato per il fattore di amplificazione in accelerazione (FA) calcolato per lo stesso intervallo di periodi:

$$H = \frac{ASI}{\Delta T} \times FA$$

I valori di ASI sono stati determinati attraverso gli spettri di risposta a pericolosità uniforme in pseudo-accelerazione con Tr pari a 475 anni, riferiti al baricentro di ogni MOPS.

 Studio di geologia <i>dott. Stefano Castagnetti</i>	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	56 di 58

9. COMMENTI FINALI E CRITICITÀ

Innanzitutto, va precisato che il presente studio di microzonazione sismica è stato condotto mediante l'applicazione dei criteri contenuti negli ICMS e negli indirizzi regionali riferiti agli studi con approfondimento di secondo livello e, pertanto, ricorrendo a metodi semplificati per la stima dell'amplificazione sismica.

Nei capitoli precedenti, è stato ampiamente evidenziato come l'assetto geologico delle aree indagate sia tale per cui la risposta sismica locale risulti condizionata da vari fattori, spesso di non facile definizione, con le informazioni litostratigrafiche e sismiche, sia già disponibili che reperibili a costi sostenibili, primo fra tutti, la definizione della profondità del *bedrock sismico* (sequenza litostratigrafica caratterizzata da una velocità delle onde di taglio V_s maggiore o uguale a 800 m/s).

In particolare la stima dell'amplificazione nelle aree di attenzione per instabilità di versante deve essere considerata puramente indicativa, in quanto in tali aree risulta necessario effettuare approfondimenti di terzo livello che consentono una quantificazione più precisa dell'amplificazione a seguito di studi di risposta sismica locale.

Ciononostante, per l'intero territorio urbanizzato e urbanizzabile, è stato possibile effettuare, una microzonazione del territorio con attribuzione dei fattori di amplificazione.

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	57 di 58

10. ELENCO ELABORATI

- Relazione illustrativa
- Carta delle indagini in scala 1:5.000
- Carta geologico-tecnica in scala 1:10.000
- Carta delle frequenze naturali dei terreni in scala 1:5.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica in scala 1:10.000
- Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s) in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - FA_{PGA} in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,1 - 0,5\ s}$ in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,4 - 0,8\ s}$ in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - $FA_{SA\ 0,7 - 1,1\ s}$ in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - $FA_{SI\ 0,1 - 0,5\ s}$ in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - $FA_{SI\ 0,5 - 1,0\ s}$ in scala 1:5.000
- Carta di microzonazione sismica - H_{SM} in scala 1:5.000

 Studio di geologia dott. Stefano Castagnetti	Elaborato	Data	Agg.	Pag.
	RELAZIONE ILLUSTRATIVA	Gennaio 2020	0	58 di 58