



PROTEZIONE CIVILE
Presidenza del Consiglio dei Ministri
Dipartimento della Protezione Civile



Regione Emilia-Romagna



CONFERENZA DELLE REGIONI E
DELLE PROVINCE AUTONOME

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione illustrativa

Regione Emilia – Romagna
Comune di Bedonia



Regione	Soggetto realizzatore	Data
Emilia Romagna	Dott. Geol. Gabriele Oppo	Dicembre 2014
	Collaboratori	
	Dott. Geol. Domenico Bianco	
	Dott. Geol. Massimiliano Trauzzi	

INDICE

1. INTRODUZIONE	3
2. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO	7
2.1 Inquadramento sismogenetico	7
2.2 Storia sismica dell'area	9
2.3 Classificazione sismica comunale	10
2.4 Analisi di disaggregazione	12
2.5 Spettro di risposta rappresentativo	13
2.6 Inquadramento tettonico	14
3. ASSETTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO DELL'AREA	19
3.1 Geologia	19
3.2 Geomorfologia	30
4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	33
5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO	37
6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE	39
7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	42
8. ELABORATI CARTOGRAFICI	44
8.1 I° livello di approfondimento	44
8.1.1. Carta delle indagini	44
Area di studio A_1 - Bedonia Centro	45
Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio	46
Area di studio A_3 - Forana - Borio	46
Area di studio A_4 - Piane di Carniglia	47
8.1.2. Carta geologico-tecnica	47
Area di studio A_1 - Bedonia centro	48
Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio	49
Area di studio A_3 - Forana - Borio	53
Area di studio A_4 - Piane di Carniglia	55
8.1.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni	56
Area di studio A_1 - Bedonia Centro	56
Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio	62
Area di studio A_3 - Forana - Borio	64

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

<i>Area di studio A_4 – Piane di Carniglia</i>	67
8.1.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	68
8.2 II° livello di approfondimento	74
8.2.1. Carta delle velocità delle onde S (Vs)	75
<i>Area di studio A_1 – Bedonia Centro</i>	75
<i>Area di studio A_2 – Cavadasca – Ceio</i>	77
<i>Area di studio A_3 – Forana – Borio</i>	77
<i>Area di studio A_4 – Piane di Carniglia</i>	78
8.2.2. Carta di microzonazione Livello 2	78
9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI.....	82
10. BIBLIOGRAFIA	83
11. ALLEGATI	84

1. INTRODUZIONE

Il presente lavoro, redatto su incarico del Comune di Bedonia (Provincia di Parma) con Determinazione n° 128/2014 del 15/04/2014, in seguito all'erogazione dei contributi, di cui all'*Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013* e al Decreto del *Capo Dipartimento della Protezione Civile* del 15 aprile 2013 a favore degli enti locali, riguarda la definizione della microzonazione sismica di I e II° livello di alcuni ambiti territoriali comprendenti il capoluogo e le aree di interesse urbanistico prossime ad esso, individuate in accordo con i tecnici comunali.

Lo studio ha comportato l'acquisizione di dati pregressi oltre all'esecuzione di una campagna di indagini, costituita da prove tomografiche *HVSR* e stendimenti sismici di tipo *MASW*.

Sempre a corredo dello studio è stata predisposta un'analisi della *Condizione Limite per l'Emergenza (CLE)*, come riferito dall'*art. 7 comma 4* dell'*Ordinanza* suddetta, che costituisce uno strumento fondamentale a sostegno del *Piano di Protezione Civile (PPC)* comunale, per far fronte nel miglior modo possibile alle emergenze generate dagli eventi sismici più distruttivi.

I documenti tecnici sono stati redatti in conformità alle seguenti disposizioni normative:

- *Atto di indirizzo e coordinamento tecnico ai sensi dell'art. 16, comma 1, della L.R. 20/2000 "Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio", in merito agli "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" approvati con Deliberazione dell'Assemblea Legislativa della Regione Emilia Romagna n° 112 del 2 maggio 2007.*
- *"Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" ("ICMS") approvati in data 13 novembre 2008 dalla Conferenza delle Regioni e Province Autonome.*
- *D.G.R. n° 1051 del 18 luglio 2011 "Approvazione dei criteri per gli studi di microzonazione sismica ed assegnazione e concessione dei contributi di cui all'O.P.C.M. 3907/2010 e ss.mm."*
- *Allegato C "Criteri per la realizzazione degli studi di microzonazione sismica, di cui all'Ordinanza del Capo Dipartimento della Protezione Civile n° 52/2013 e Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile del 15 aprile 2013" 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".*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

- *Allegato D “Indicazioni per l’archiviazione informatica, rappresentazione e fornitura dei dati degli studi di microzonazione sismica e dell’analisi della condizione limite per 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”.*
- *“Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica” (“SRAI”)- Versione 3.0, Roma, ottobre 2013 - Elaborato e approvato nell’ambito dei lavori della Commissione tecnica per la microzonazione sismica, nominata con DPCM 21 aprile 2011.*

Si è fatto altresì riferimento alle pubblicazioni scientifiche in materia ed in particolare:

- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n° 2 - 2011 “Indirizzi di microzonazione sismica”.*
- *“Microzonazione sismica” – uno strumento consolidato per la riduzione del rischio sismico. L’Esperienza della Regione Emilia-Romagna (a cura del Servizio Geologico Sismico e dei Suoli, 2012).*

Per “*Microzonazione Sismica*” si intende la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l’individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo, ovvero nella localizzazione e caratterizzazione delle zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità.

Risulta perciò estremamente importante sviluppare gli studi di microzonazione già in fase pianificatoria, per poter indirizzare al meglio le scelte urbanistiche dell’Amministrazione al di fuori delle aree contraddistinte da elevata pericolosità sismica e, in una fase successiva, per fornire indicazioni supplementari ai tecnici progettisti di nuove opere.

Il lavoro è stato condotto in accordo con il Dirigente del Servizio Tecnico del Comune di Bedonia, Ing. Alberto Gedda, coadiuvato dal Geom. Michele Belli.

L’analisi di carattere generale è stata sviluppata ed estesa all’intero territorio comunale, mentre gli studi specifici sono stati limitati ai macroambiti individuati in accordo con l’Amministrazione Comunale, concentrati in particolar modo nell’immediato intorno capoluogo comunale (**Bedonia Centro, A_2 Cavadasca - Ceio, A_3 Forana – Borio**) e a breve distanza da esso (**A_4 Piane di Carniglia**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Contestualmente alla scala di dettaglio degli studi esistenti (*P.S.C.*, *P.O.C.*, *P.U.A.* ed esecutivi) e alle problematiche geologiche da affrontare, sono stati definiti 2 livelli di approfondimento, di seguito ordinati, con complessità d'analisi e costi d'esecuzione via via crescenti:

- *I° Livello di approfondimento: riguarda la raccolta e l'analisi di dati esistenti e, se possibile, la realizzazione di nuove indagini in sito. L'obiettivo finale consiste nella realizzazione della Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (MOPS), che suddivide il territorio in microzone sismicamente omogenee;*
- *II° livello di approfondimento: oltre a correggere gli studi di I° Livello, si assegna un fattore moltiplicativo di amplificazione a ciascuna zona, attraverso l'impiego di abachi regionalizzati e formule empiriche. Il documento finale prodotto è rappresentato dalla Carta di microzonazione sismica;*

Nel corso dello studio sono stati redatti oltre alla presente relazione gli elaborati elencati nel *Capitolo 11*.

Essi sono stati predisposti, oltre che in versione cartacea, su supporto digitale (*pdf*, con risoluzione 300 *dpi*).

I dati vettoriali sono forniti anche in formato vettoriale (*shapefile*). Per l'archiviazione dei dati e l'*editing* dei documenti sono stati seguiti gli standard di rappresentazione e archiviazione informatica dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (*Versione 3.0, Roma, ottobre 2013*).

L'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri delle indagini è stato facilitato dall'utilizzo dell'apposito *software*: "*MS – SoftMS*" nella versione 3.0.

Il Comune di Bedonia è attualmente dotato di *P.S.C.* e delle sue varie componenti, approvati con delibera di *C.C. n° 16 del 23/03/2004*. All'interno di tale strumento pianificatorio sono individuate e sviluppate scelte amministrative e urbanistiche, orientate al recupero e alla trasformazione di aree già urbanizzate, al completamento delle aree esistenti, cercando di limitare al minimo il consumo di suolo. La realizzazione del presente studio consentirà di raccogliere gli elementi necessari al completamento del *Quadro Conoscitivo*, andando a costituire un supporto efficace nella scelta degli ambiti di trasformazione previsti nelle parti progettuali del *P.S.C.*.

Nel dettaglio, gli obiettivi del lavoro possono essere così riassunti:

- a) Analisi delle condizioni di pericolosità del territorio comunale e perimetrazione delle aree in cui effettuare la Microzonazione Sismica;*
- b) determinazione delle frequenze naturali dei terreni, ai fini della individuazione di fenomeni di risonanza significativi;*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

c) suddivisione dettagliata del territorio, in base all'amplificazione attesa, in aree a maggiore e minore pericolosità sismica;

d) conferma o migliore definizione delle aree, indicate dal primo livello di approfondimento, in cui si ritengono eventualmente necessari approfondimenti di terzo livello, con indicazione delle indagini e delle analisi da effettuare.

In via preliminare, è stato condotto un esame bibliografico a scala comunale, seguito da un'attenta analisi dei dati raccolti, relativamente alla pericolosità sismica di base, definibile come quella probabilità che, in un certo intervallo di tempo, si verifichino in una determinata zona, terremoti di intensità tale da provocare danni. A integrazione delle ricerche, sono stati svolti degli approfondimenti denominati di "disaggregazione" volti a stabilire le coppie di magnitudo-distanza predominanti che caratterizzano gli eventi sismici dell'area.

I sopralluoghi e i rilievi eseguiti in campagna, hanno permesso di ricostruire in maniera sufficientemente dettagliata, l'assetto geologico-morfologico degli areali in esame evidenziando, tutti quegli aspetti che possono influire sul moto sismico di base oppure, dar luogo ad effetti indotti quali, instabilità dei versanti, cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia ecc..

L'incrocio tra i dati geologici e geotecnici con quelli ottenuti in seguito all'esecuzione di prove sismiche passive *HVSR* e degli stendimenti *MASW*, integrate da quelle pregresse, ha consentito la riproduzione del modello sismo-stratigrafico di massima del sottosuolo, che si colloca alla base di futuri approfondimenti III° Livello.

Il calcolo dei fattori di amplificazione è stato ottenuto dal rapporto tra il picco d'accelerazione, determinato a piano campagna a partire da segnali sismici di riferimento naturali e amplificati sulla base dell'assetto sismo-stratigrafico dei depositi, e il picco d'accelerazione su terreno rigido di riferimento.

Quale base cartografica, si sono utilizzati gli stralci della *Carta Topografica Regionale* alla scala 1:5.000 (Elementi 215081, 215082, 215083, 215084, 215121, 215123 e 215124), georeferenziati con il sistema di riferimento *WGS84-UTM 33N*, secondo quanto raccomandato dagli "Standard di rappresentazione e archiviazione informatica (Versione 3.0)".

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

2.1 Inquadramento sismogenetico

Allo scopo di associare la sismicità dell'area di studio con i meccanismi responsabili dell'innesco dei principali terremoti, si è fatto riferimento alla *Zonazione Sismogenetica ZS9* (a cura del gruppo di lavoro coordinato da C. Meletti e G. Valensise, 2004), che prevede la suddivisione del territorio nazionale in 36 zone, 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.).

Tale studio, che sostituisce la precedente zonazione ZS4, individua delle fasce contraddistinte da proprietà sismo-tettoniche omogenee (Cfr. **Fig. 1**). Esso risulta importante nei confronti della pianificazione territoriale e, nello specifico, nelle valutazioni di pericolosità sismica. Come evidenziato in **Fig. 1**, all'interno di tale suddivisione il Comune di Bedonia ricade nel settore occidentale della zona 915.

L'Appennino nord – occidentale è caratterizzato da una sismicità da moderata a media, che si manifesta principalmente lungo le zone di accavallamento frontale del margine appenninico e secondo una fascia con direttrice appenninica che, dalla zona di Varzi, si estende quasi con continuità sino a Borgo Val di Taro e alla Lunigiana, proseguendo poi verso strutture del *graben* della Garfagnana. Concentrazioni di terremoti si localizzano anche lungo lineamenti trasversali alle due fasce longitudinali e sembrano quasi collegarle; risulta particolarmente evidente la distribuzione di sismi lungo la Val Parma e la Val Taro.

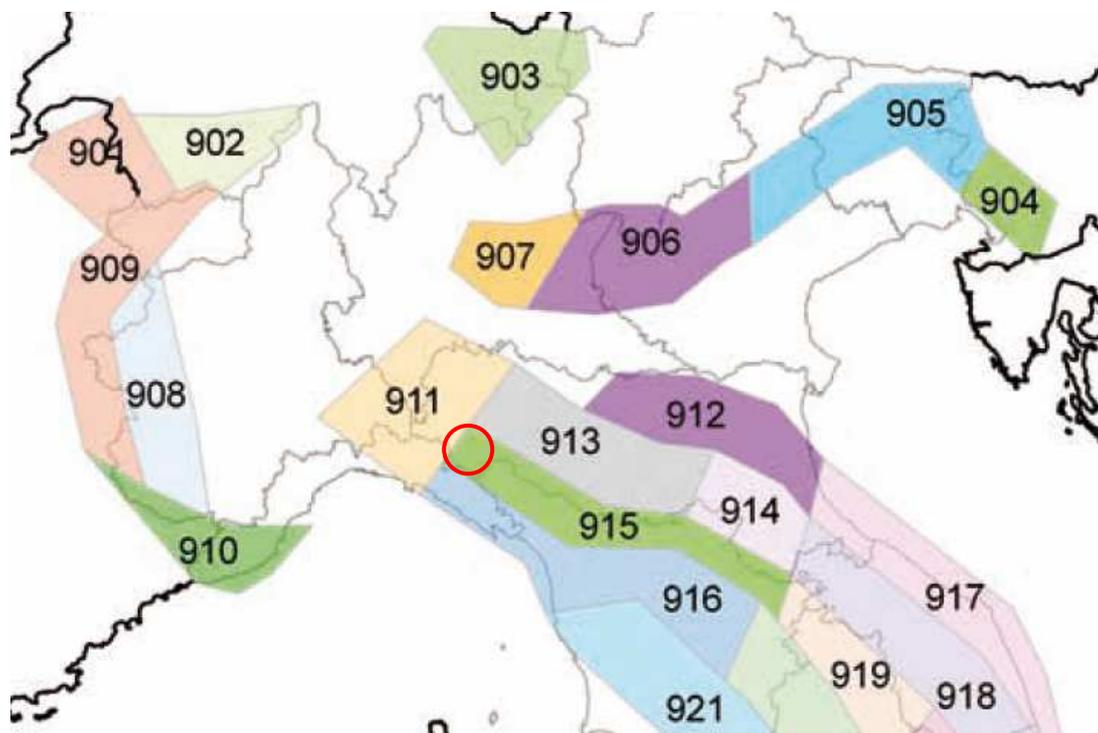


Fig. 1 – ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9 (2004)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

La porzione di territorio su cui ricade il Comune di Bedonia si colloca a ridosso del crinale appenninico principale, nella zona più interna della catena, inserendosi in una delle aree di maggior rilascio di energia dell'Appennino settentrionale. La fascia sismogenetica di riferimento (915) delimitata a nord dal cosiddetto "Arco di Pavia" è interessata da faglie primarie e relative sorgenti sismogenetiche, che nel settore di interesse, immergono verso NE. Tali sorgenti hanno in genere espressioni superficiali che consentono la caratterizzazione e la quantificazione degli aspetti cinematici mediante tradizionali approcci geomorfologici e paleosismologici.

La zona sismogenetica "915" è caratterizzata da faglie e sistemi di faglie legati all'estensione appenninica, con meccanismo di fagliazione prevalente di tipo normale. La maggior parte dei terremoti che si verificano in questa zona avvengono a profondità tra 8 - 12 km, con profondità efficace pari a 8 km, dove per profondità efficace si intende l'intervallo di profondità nel quale viene rilasciato il maggior numero di terremoti in ogni zona – sorgente. Il valore di magnitudo massima prevista per la **ZS915** è pari a $Mw_{max} = 5,91$ (Cfr. **Fig. 2**).

Nella precedente zonazione sismogenetica, **ZS4** (1996), il territorio del Comune di Bedonia veniva ricompreso nelle "Zone legate al margine interno della piastra padano-adriatico-ionica in subduzione alla catena appenninica" ed in particolare alla fascia intermedia, all'interno della quale erano attesi meccanismi di rottura misti e con prevalenza di *dip – slip*.

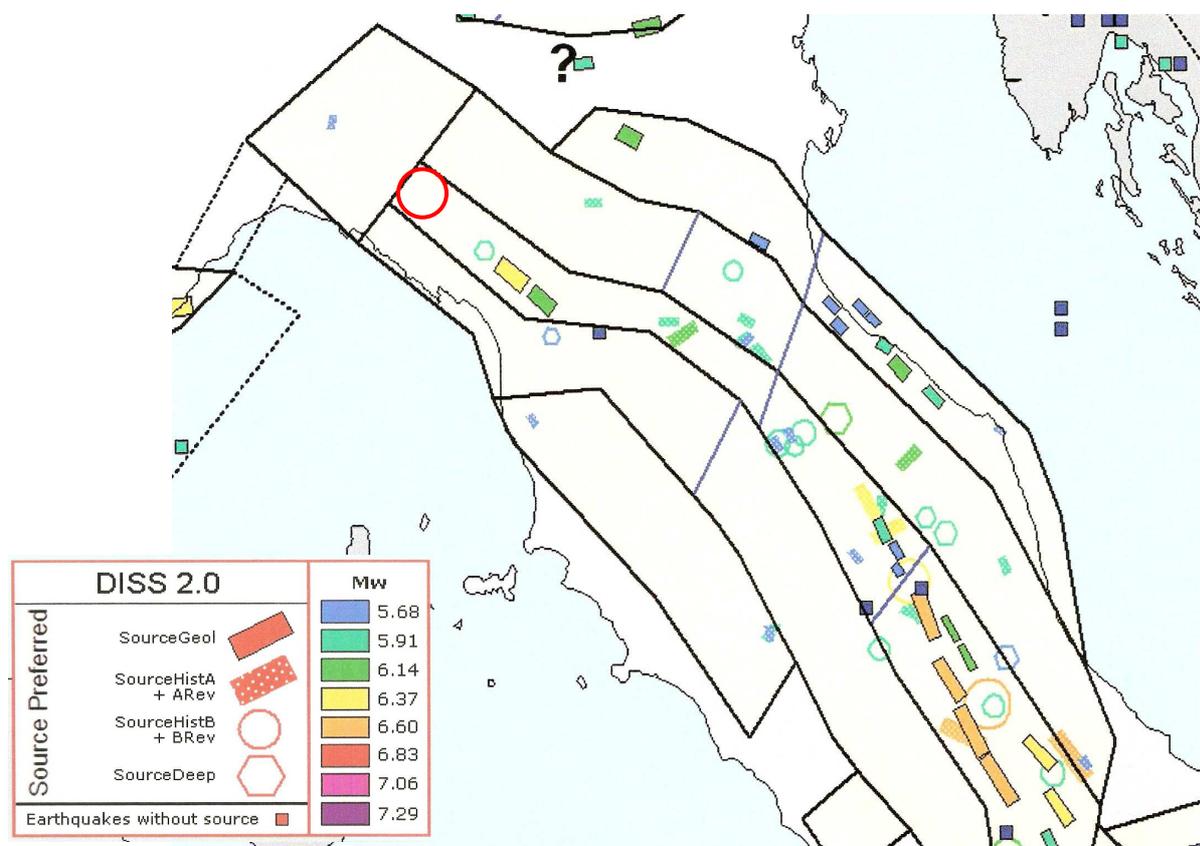


Fig. 2 – ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DELLE SORGENTI SISMOGENETICHE CONTENUTE NEL DATABASE DISS 2.0. IL CERCHIO ROSSO INDIVIDUA APPROSSIMATIVAMENTE IL TERRITORIO DEL COMUNE DI BEDONIA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

2.2 Storia sismica dell'area

Nella valutazione della pericolosità sismica di una determinata area occorre, in primo luogo, definire la pericolosità di base attraverso una corretta analisi della sismicità evidenziando, sia la distribuzione spazio-temporale degli eventi, sia le caratteristiche di intensità degli stessi, seguita da una valutazione della pericolosità locale determinata dall'assetto geologico-morfologico del territorio.

La storia sismica comunale è stata dedotta dal database *DBMI11* utilizzato per la compilazione del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI11)* aggiornato al 2006 (*M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi*), nel quale sono riportate le osservazioni macrosismiche relative al Comune di Bedonia. Essa è riassunta nella **Fig. 3**, dove sono stati elencati gli eventi di maggior intensità al sito ($I_s > IV$ grado della scala MCS), indicando, per ciascuno di essi, oltre alla stessa intensità al sito: l'anno, il mese, il giorno e l'ora ed, eventualmente, il minuto e il secondo in cui si è verificato, l'individuazione dell'area che ha subito i maggiori effetti (*Area Epicentrale*), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (I_o) e la magnitudo momento (M_w).

I(MCS)	Data	Area Epicentrale	I_o	M_w
7	1834 02 14 13:15	VALLE DEL TARO-LUNIGIANA	9	5.83 ±0.15
5 - 6	1835 04 25 02:45	BORGOTARO	5-6	4.63 ±0.65
4 - 5	1878 09 10 13:31	LUNIGIANA	6-7	5.06 ±0.57
F	1886 10 15 02:20	COLLECCHIO	6	4.70 ±0.24
5	1887 02 23 05:21	LIGURIA OCCIDENTALE		6.97 ±0.15
6	1906 11 10 17:55	APPENNINO LIGURE	5-6	4.44 ±0.28
4 - 5	1914 10 27 09:22	GARFAGNANA	7	5.76 ±0.09
7	1920 09 07 05:55	GARFAGNANA	10	6.48 ±0.09
6	1927 10 28 21:49	BEDONIA	6	4.88 ±0.21
5	1928 02 21 04:37	VARESE LIGURE	5	4.39 ±0.25
6	1928 07 20 19:53	ALTA VAL DI TARO	6	4.46 ±0.30
5	1934 06 13 09:06	BORGO VAL DI TARO	6	4.99 ±0.24
5	1971 07 15 01:33	PARMENSE	8	5.64 ±0.09
4	1983 11 09 16:29	PARMENSE	6-7	5.06 ±0.09
5	1985 08 15 18:58	APPENNINO LIGURE	7	4.53 ±0.18

FIG. 3 – MASSIMI EVENTI SISMICI VERIFICATISI NEL COMUNE DI BEDONIA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Dalla lettura di **Fig. 3** si evidenzia che i massimi eventi sismici censiti a Bedonia si sono verificati il 14 febbraio 1834 e il 7 Settembre 1920; entrambi sono caratterizzati da un'intensità al sito del VII° della scala MCS e valori della magnitudo momento (M_w) pari, rispettivamente, a 5,83 e 6,48.

Un ulteriore studio che ha sviluppato una valutazione affidabile del grado di sismicità dell'area è rappresentato da una recente pubblicazione della Protezione Civile, curata da *D. Molin, M. Stucchi* e *G. Valensise*, "Massime intensità macrosismiche osservate nei comuni italiani", determinate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai risultati contenuti nel "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia" di ING/SGA.

Secondo tale studio, basato prevalentemente su valori realmente osservati, ad eccezione di limitati aggiustamenti concentrati in corrispondenza di alcune località ove questo si sia reso necessario, il territorio di Bedonia è stato soggetto a terremoti di intensità massima pari al VIII° della scala MCS (Cfr. **Fig. 4**).

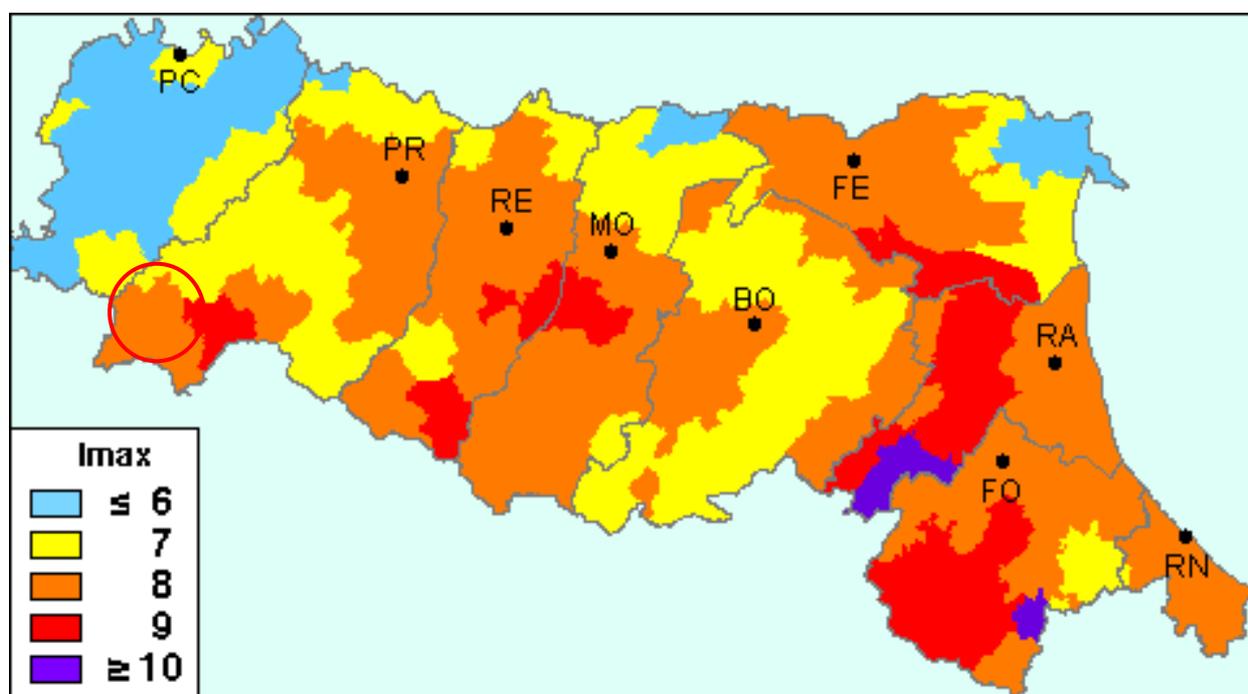


Fig. 4 – CARTA DELLA MASSIMA INTENSITÀ MACROSISMICA IN EMILIA ROMAGNA

2.3 Classificazione sismica comunale

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

La suddivisione è articolata in 4 zone: le prime 3 corrispondono alle zone di sismicità alta ($S=12$), media ($S=9$) e bassa ($S=6$), contemplati nella *Legge 64/74*, mentre la zona 4 è di nuova introduzione.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Ciascuna zona è contraddistinta da un diverso valore dell'accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni (Cfr. **Tab. 1**), eliminando di fatto la presenza di aree del territorio classificate come non sismiche: in questo modo, ad ogni area del territorio nazionale viene attribuito un differente livello di pericolosità sismica.

La classificazione vigente, identifica il Comune di Bedonia in **Zona 2** (Cfr. **Fig. 5**), cui corrispondono valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, compresi tra $0,15 \cdot g$ e $0,25 \cdot g$ (dove g è l'accelerazione di gravità).

Zona	Valori massimi di a_g
1	$>0,25$
2	$0,15 \div 0,25$
3	$0,05 \div 0,15$
4	$<0,05$

TAB. 1 – VALORI DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE ASSOCIATI A CIASCUNA ZONA SISMICA

Risulta opportuno evidenziare che, con l'entrata in vigore del decreto ministeriale 14 gennaio 2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni", la stima della pericolosità sismica, non è più associata alla zona sismica di appartenenza, ma al valore di accelerazione massima orizzontale attesa su base probabilistica su uno specifico sito.

Ciò ha permesso di superare la differenza tra valori di accelerazione previsti dagli studi di pericolosità sismica a scala nazionale e valori previsti dalla normativa antisismica per un suolo di riferimento.

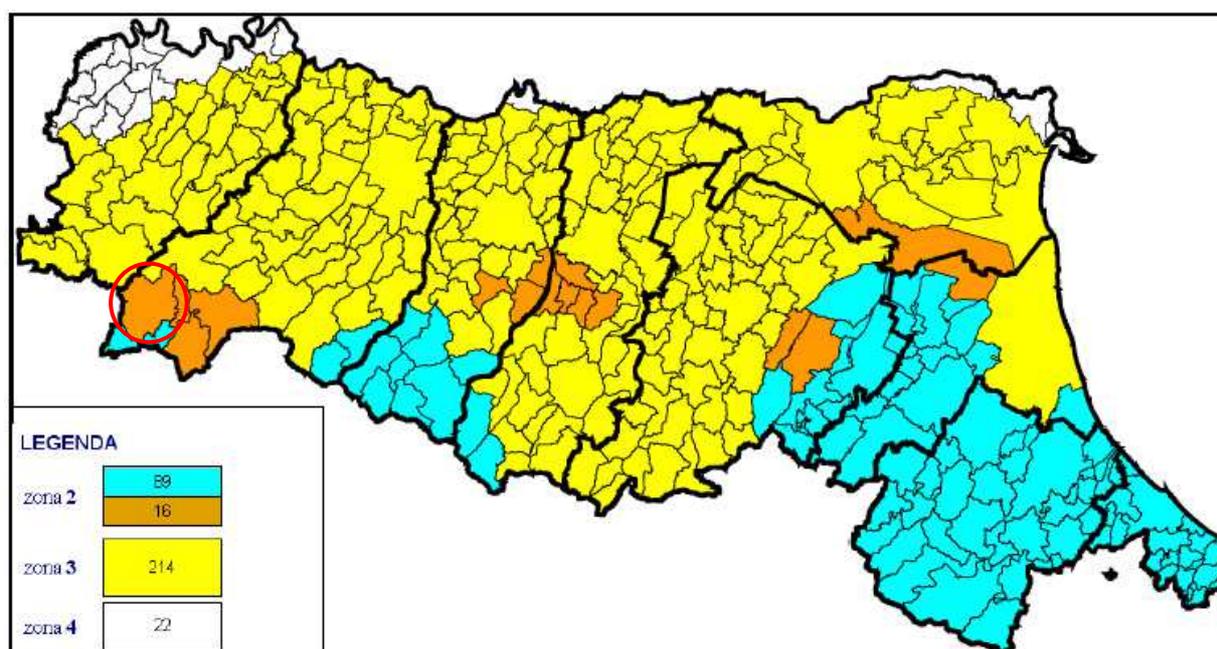


Fig. 5 – CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA

2.4 Analisi di disaggregazione

Lo studio di disaggregazione di *ag*, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, permette di individuare, il *range* della coppia magnitudo-distanza che incide maggiormente sulla sismicità dell'area.

Tra i differenti metodi impiegabili, si è optato per l'utilizzo delle mappe interattive di pericolosità sismica, raffigurate sul sito dell'*Istituto di Geofisica e Vulcanologia di Milano* (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Nel dettaglio, si immettono le coordinate geografiche dell'area o, in alternativa, il comune d'appartenenza, quindi si richiede l'*output* del grafico di disaggregazione (Cfr. **Fig. 6**).

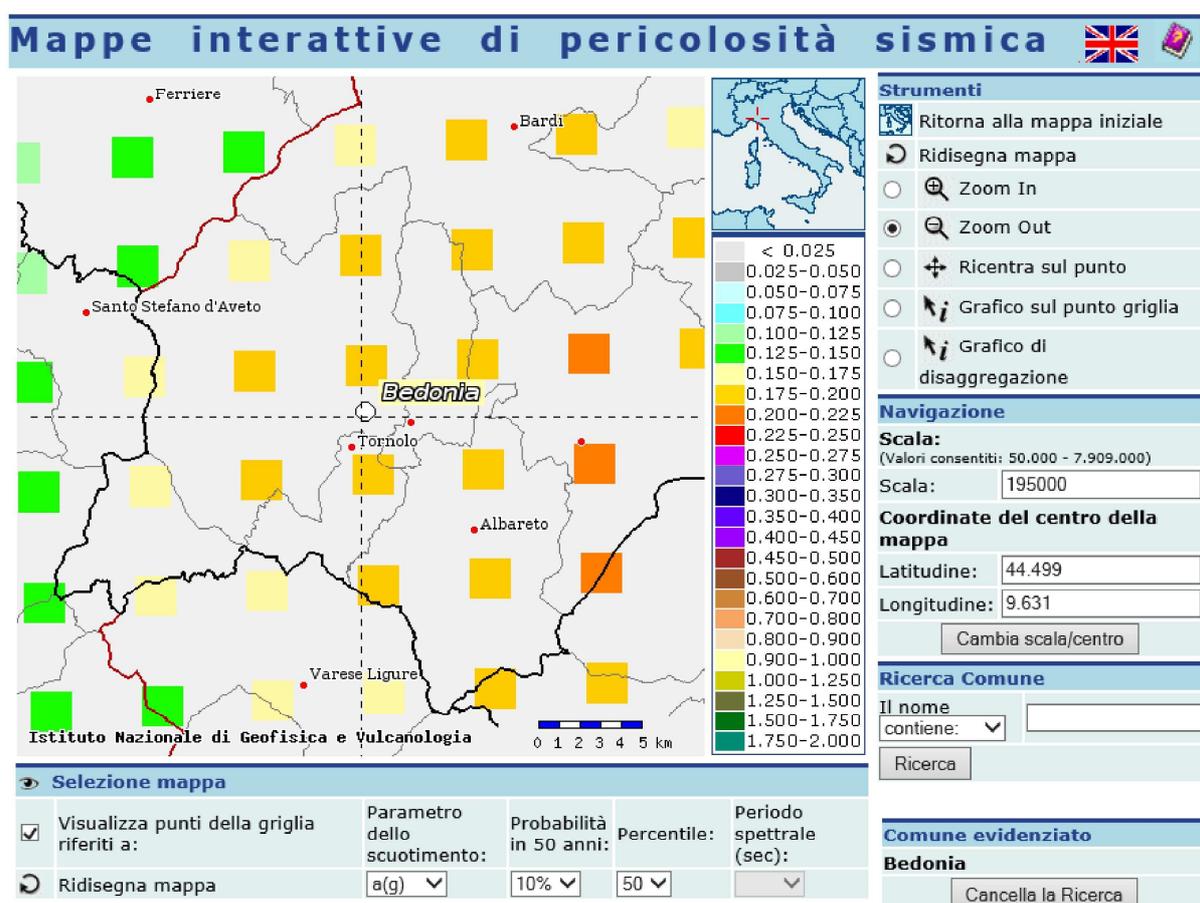


Fig. 6 - MAPPA DI PERICOLOSITÀ SISMICA DELL'ISTITUTO DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA DI MILANO

Nella **Fig. 7**, vengono riprodotti le magnitudo e le distanze dei terremoti che apportano i maggiori danni nell'area, in funzione della percentuale di pericolosità.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Dalla lettura del grafico, si osserva che gli eventi che descrivono nel modo migliore la sismicità del territorio, sono contraddistinti da una magnitudo compresa tra 4,0 e 6,0, con valori medi di circa 5,05, e distanze epicentrali variabili da 0 km a 20 km, con valori medi di 6,10 km.

Trattasi pertanto di un'area con sismicità media, avvalorata anche dal conferimento del territorio comunale alla zona 2, in conseguenza dell'innescio di terremoti con epicentro localizzato a breve distanza.

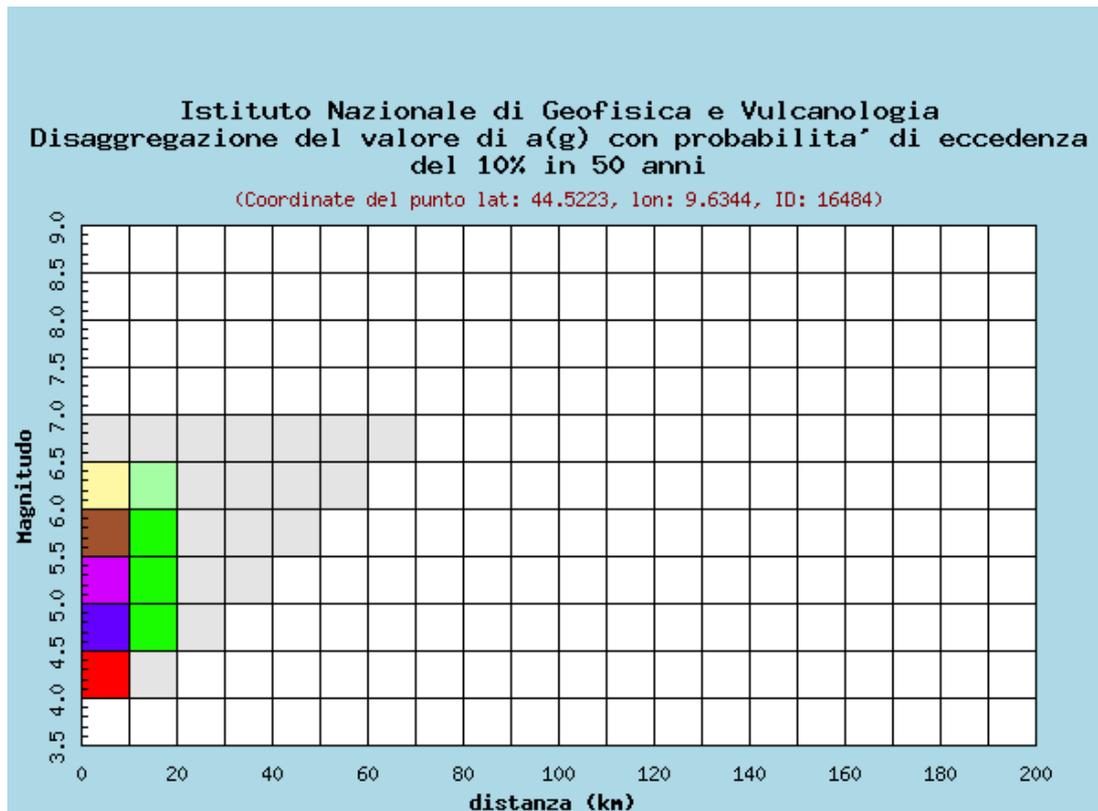


FIG. 7 – GRAFICO CON I VALORI DELLE COPPIE MAGNITUDO DISTANZA E RELATIVA PROBABILITÀ (INGV MILANO)

2.5 Spettro di risposta rappresentativo

Per la valutazione della pericolosità sismica di base, sono stati impiegati i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna (Cfr. *Allegato 4 - DAL 112/2007*), relativamente all'attribuzione a ciascun comune, di un valore di accelerazione orizzontale massima attesa su suolo rigido di riferimento, per terremoti con tempo di ritorno di 475 anni (equivalenti al 10% di probabilità di superamento in 50 anni). Tale valore, che deriva dalla media di tutti corrispondenti valori associati ai nodi del reticolo di riferimento con maglie di $0,05^\circ$, definiti dall'*Allegato B del D.M. 14/01/2008 recante "Norme Tecniche per le Costruzioni"*, equivale a $0,189 g$ nel caso del Comune di Bedonia.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Partendo da tale valore, corrispondente all'accelerazione massima orizzontale attesa al sito su suolo rigido al periodo $T=0$, è stato possibile ricostruire lo spettro di risposta a probabilità uniforme, semplicemente moltiplicando $0,189 g$ per i valori $Se(g)/a_{ref}$ che definiscono l'equivalente spettro normalizzato previsto per l'Emilia Romagna (rappresentativo del moto sismico atteso per un periodo di ritorno di 475 anni, con smorzamento del 5%).

Lo spettro di risposta caratteristico del comune, riportato in **Fig. 8**, è stato sovrapposto a quello normalizzato ricavato dal *D.M. 14/01/2008* per un suolo di tipo **A**.

Il grafico mostra un buon grado di correlazione tra i due spettri inoltre, si evidenzia come i valori di amplificazione massima si verificano per periodi (T) compresi tra $0,15 s$ e $0,30 s$.

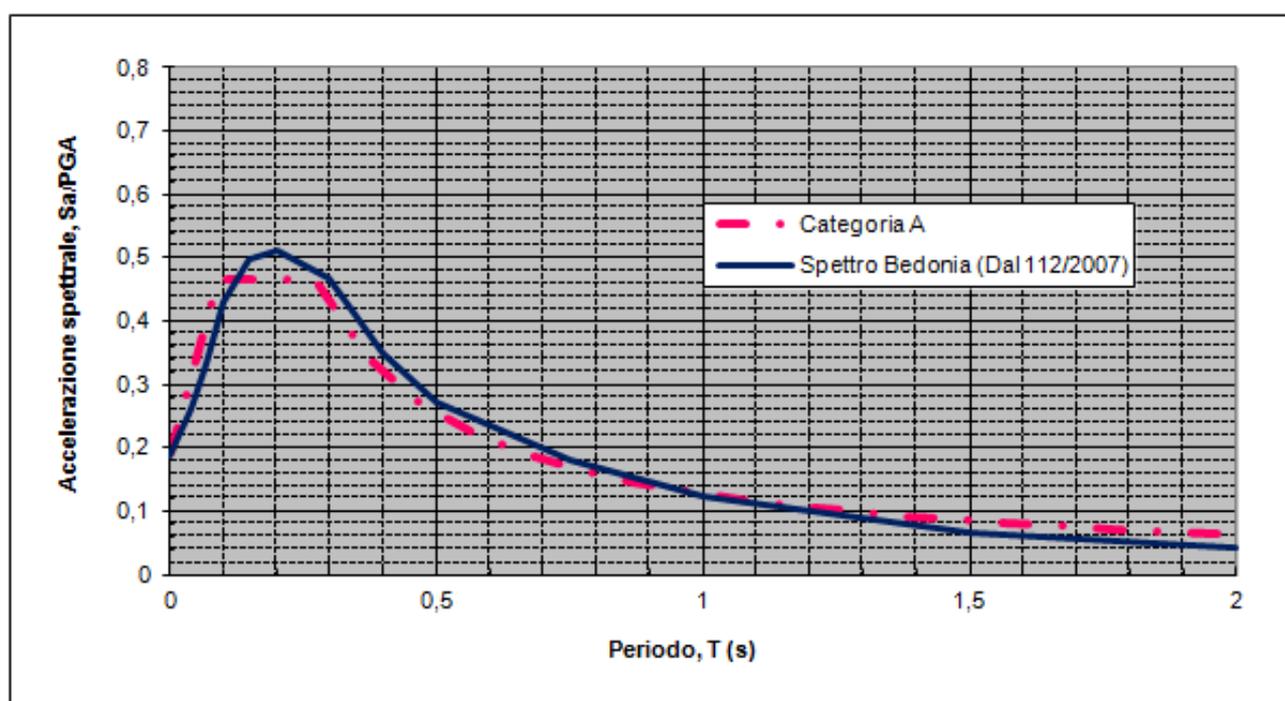


Fig. 8 – SPETTRO DI RISPOSTA NORMALIZZATO (D.A.L. 112/2007 - $T_R= 475$ ANNI, SMORZAMENTO= 5%) RAFFRONTATO A QUELLO DI CATEGORIA A (DA NTC 2008), PER IL COMUNE DI BEDONIA

2.6 Inquadramento tettonico

L'Appennino settentrionale è una catena a *thrusts* facente parte del sistema alpino, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica per l'interazione fra quelle Africana ed Euroasiatica. Si tratta di un edificio costituito da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il *Dominio Ligure*, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (*Liguridi s.l., Auctt.*) e il *Dominio Tosco-Umbro-Marchigiano*, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria la cui evoluzione inizia a partire dal *Triassico*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Le formazioni rocciose appartenenti al *Dominio Toscano*, sono localizzate essenzialmente lungo la zona di crinale, mentre le unità *Liguri* caratterizzano la fascia che si estende fino al di sotto dei depositi alluvionali della pianura. Il fronte appenninico è demarcato dalle strutture ad arco delle pieghe emiliane e ferraresi, posizionate quasi a ridosso del Fiume Po, dove si osserva il sovrascorrimento con direzione settentrionale sulla piattaforma padano-veneta. Oltre che al contatto tra unità tettoniche differenti, si possono rinvenire all'interno di ciascun dominio strutture attive, il cui studio risulta di vitale importanza per la definizione dei meccanismi di rottura che generano i terremoti.

Dall'analisi sull'attività neotettonica in Emilia-Romagna (Cfr. **Fig. 9**), emerge che le zone a maggiore sollevamento, con tassi >1 mm/anno, sono individuabili nella parte alta della catena, nel settore a monte del principale raddoppio crostale, in ragione dell'elevato stato d'attività di questa struttura. L'area a sollevamento intermedio, con tassi mediamente ≥ 1 mm/anno, corrisponde al settore immediatamente retrostante la struttura superficiale del margine, che da Bologna si estende verso NW fino alla valle del Taro.

Le aree a minore sollevamento (<1 mm/anno) si collocano immediatamente a valle della struttura crostale. La sismicità legata alle strutture superficiali, con ipocentri mediamente ad una profondità inferiore a 15 km, risulta molto diffusa in catena e più localizzata in pianura, soprattutto in corrispondenza della dorsale ferrarese. I meccanismi focali calcolati risultano compressivi e trascorrenti indicando direzioni di compressione sia NE-SW che NW-SE. I meccanismi focali distensivi sono nettamente secondari. Risulta quindi che la cinematica delle principali strutture attive superficiali è di tipo transpressivo.

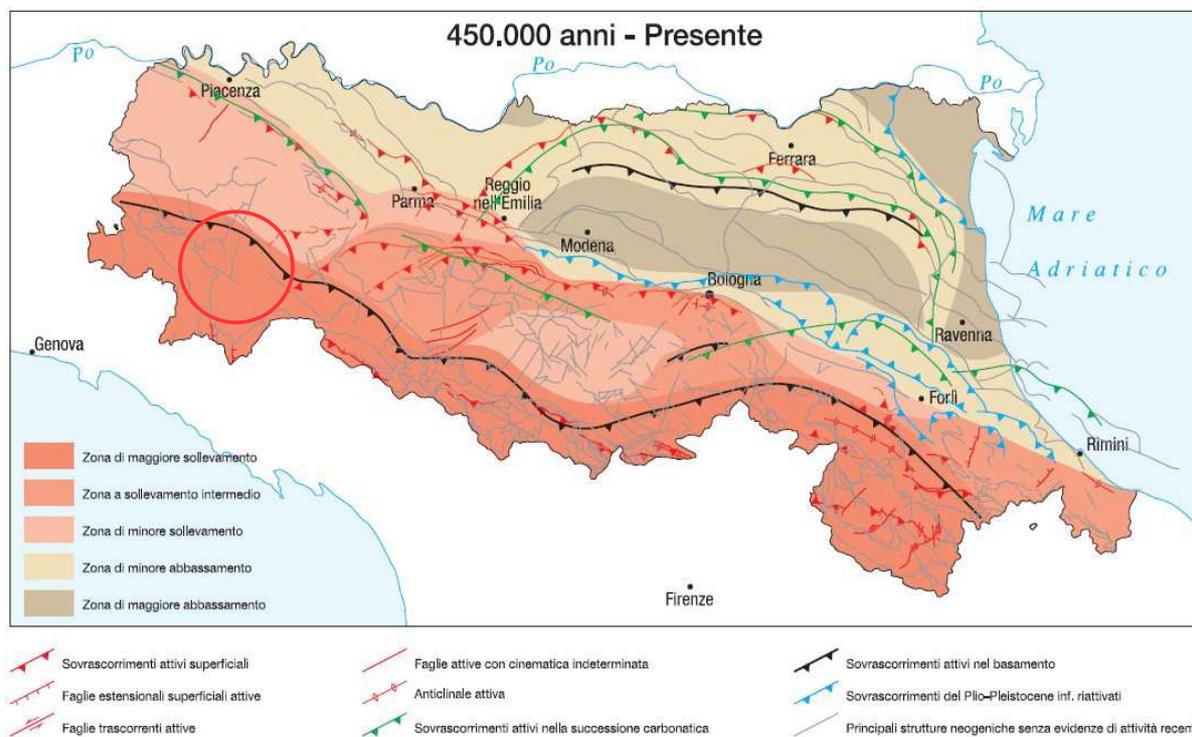


Fig. 9 - SCHEMA DELL'ATTIVITÀ NEOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA. CERCHIATA IN ROSSO L'AREA INDICATIVAMENTE COINCIDENTE CON IL COMUNE DI BEDONIA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

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

La sismicità più profonda, con ipocentri oltre i 35 km, fino ad oltre 50 km, è sempre diffusa nel settore di catena e in corrispondenza del margine appenninico-padano, e decisamente minore in pianura. I meccanismi focali calcolati sono in accordo con quanto riscontrato nei livelli strutturali superiori.

Ne deriva così un modello geodinamico attivo in cui le strutture superficiali della copertura, quelle crostali nonché quelle del mantello, sebbene tra loro distinte, sono tutte coerenti e inquadrabili in un sistema transpressivo che rispetto alle zone esterne dell'avampaese padano, relativamente stabili, assume il significato di un sistema di ordine inferiore all'interno di una zona di trascorrenza destra.

In **Fig. 10** è riportata la distribuzione delle strutture attive rispettivamente della copertura, della crosta e del mantello con una zonazione delle aree che maggiormente risentono della loro attività. Per questa zonazione si è tenuto conto anche degli effetti superficiali quali le aree di maggiore sollevamento in catena e di minore abbassamento in pianura, come pure della distribuzione delle aree a maggiore frequenza di fenomeni franosi. Si osserva che il territorio del Comune di Bedonia, si trova ad ovest di un importante sistema di sovrascorrimenti, in un settore dove si individuano solamente strutture neogeniche senza evidenza di attività recente.

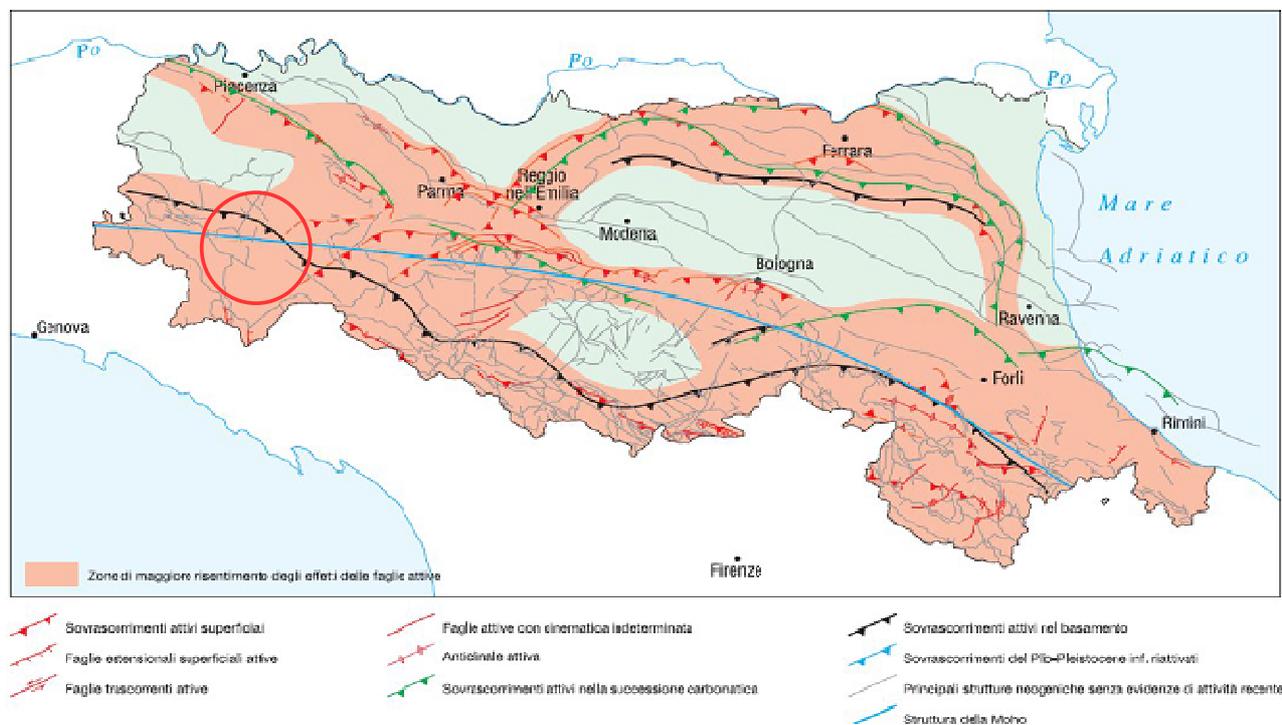


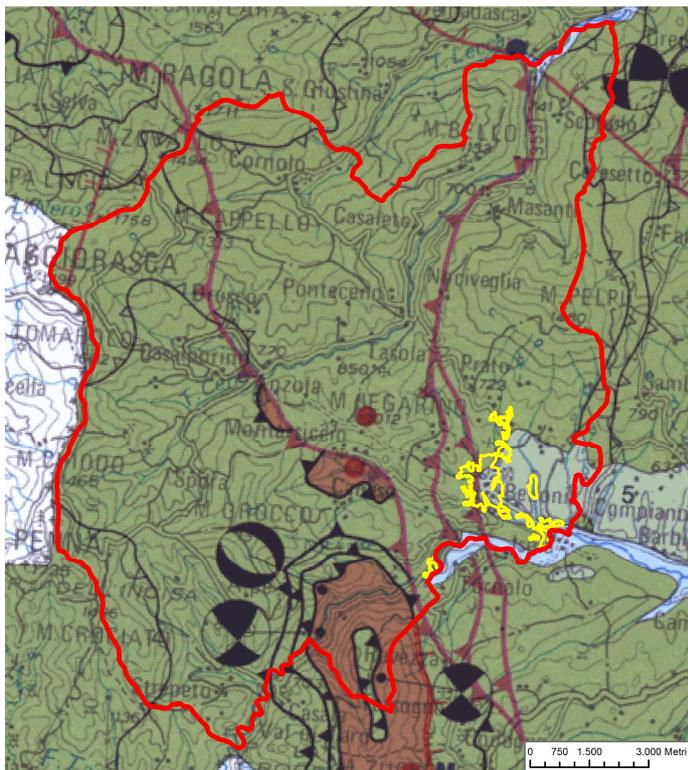
Fig. 10 – CARTA DELLA ZONIZZAZIONE DI MAGGIORE RISENTIMENTO DEGLI EFFETTI DELLE FAGLIE ATTIVE DELLA REGIONE EMILIA ROMAGNA. CERCHIATA IN ROSSO L'AREA INDICATIVAMENTE COINCIDENTE CON IL COMUNE DI BEDONIA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Lo stralcio della Carta sismotettonica della Regione Emilia-Romagna riferito al territorio del Comune di Bedonia è riportato in **Fig. 11**, evidenzia chiaramente la presenza di una serie di lineazioni e sovrascorrimenti legati alla formazione della finestra tettonica di M. Zuccone, mettendo inoltre in luce l'elevato grado di sismicità dell'area. Nel dettaglio, all'interno del perimetro comunale di Bedonia (specie nel settore prossimo al crinale appenninico), si osservano numerose strutture e sovrascorrimenti di età *miocenica - pliocenica inf.*, che hanno subito riattivazioni successive e altri sovrascorrimenti di età *miocenica Inf. - pliocenica Inf.* (9 – 4,5 M.A), che invece non mostrano segni di riattivazioni. Si evidenzia sul bordo orientale della finestra tettonica una chiara faglia attiva di tipo normale, che separa e disloca i terreni di pertinenza toscana di avanfossa, dai sedimenti liguri terziari (Cfr. **Fig. 12** e **Fig. 13**).



Perimetro territorio comunale

Ambiti di studio

Epicentri dei terremoti Earthquake epicenters

strumentali
instrumentals

4 < M < 5

5 < M < 5.5

M > 5.5

macrosismici
macroseismics

4 < M < 5

5 < M < 5.5

M > 5.5

Meccanismi focali Earthquake focal solutions

Mw

= 3.0

= 3.5

= 4.0

= 4.5

= 5.0

= 5.5

Faglia normale
Normal fault

Faglia inversa
Thrust fault

Faglia trascorrente
Strike-slip fault

Faglia inversa/trascorrente
Thrust and strike-slip fault

Faglia normale/trascorrente
Normal and strike-slip fault

Strutture affioranti Outcropping structures

Strutture attive e recenti (<1 Ma), determinate su base morfostrutturale (M) e/o geologica (G)
Active and recent structures (<1 My), recognized on the basis of morphostructural (M) and/or geological (G) data

Strutture plio-quaternarie (4,5 - 1 Ma)
Plio-Quaternary structures (4,5 - 1 My)

Sovrascorrimento di età Miocene-Pliocene inferiore successivamente riattivato
Reactivated Miocene-Early Pliocene thrust fault

9 Depositi delle avanfosse dell'Oligocene superiore-Miocene: Macigno, Arenarie del M. Cervarola, Arenarie del M. Falterona, Marmoso-Arenacea (28 - 6,8 Ma)
Foredeep deposits Late Oligocene-Miocene in age: Macigno, Mt Cervarola Sandstones, Mt Falterona Sandstones, Marmoso-Arenacea (28 - 6,8 My)

10 Unità Liguri, Subliguri ed Epiliguri (Giurassico - Miocene, 205 - 6,8 Ma)
Ligurian, Subligurian and Epiligurian Units (Jurassic - Miocene, 205 - 6,8 My)

Faglia normale
Normal fault

Sovrascorrimento di età Miocene superiore-Pliocene inferiore (9 - 4,5 Ma) senza evidenze di riattivazione
Late Miocene-Early Pliocene (9 - 4,5 My) thrust fault, without evidences of reactivation

Fig. 11 – STRALCIO CARTA SISMO – TETTONICA DELLA REGIONE EMILIA- ROMAGNA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

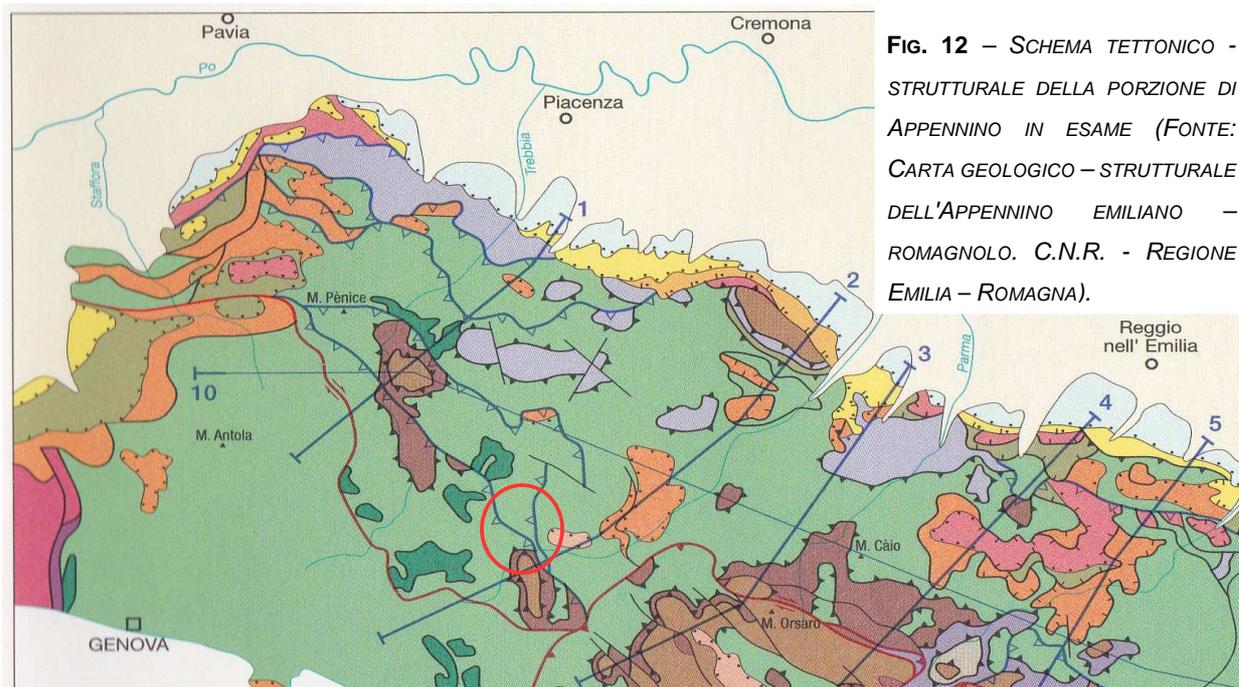
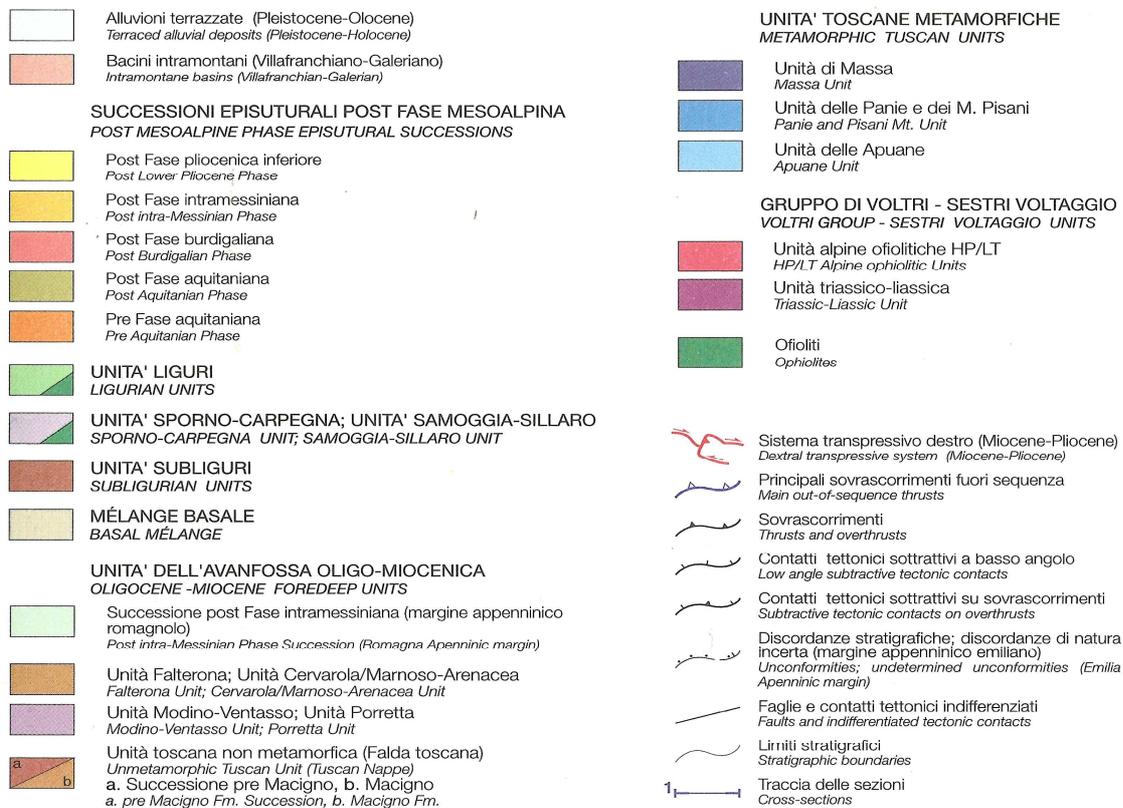


Fig. 12 – SCHEMA TETTONICO - STRUTTURALE DELLA PORZIONE DI APPENNINO IN ESAME (FONTE: CARTA GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL'APPENNINO EMLIANO – ROMAGNOLO. C.N.R. - REGIONE EMILIA – ROMAGNA).

**SCHEMA TETTONICO
TECTONIC SKETCH**

A.CERRINA FERONI - P. MARTINELLI - G. OTTRIA



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

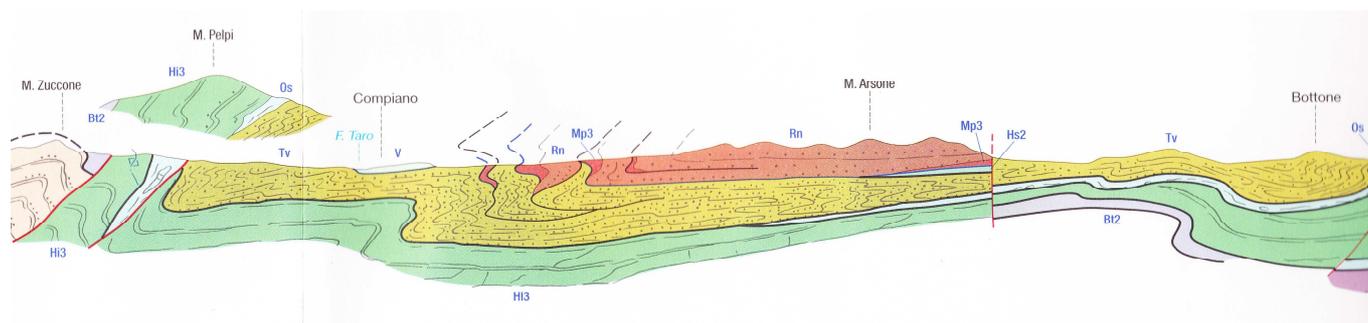


Fig. 13 – SEZIONE TETTONICO - STRUTTURALE PASSANTE PER LA PORZIONE DI APPENNINO IN ESAME (FONTE: CARTA GEOLOGICO – STRUTTURALE DELL'APPENNINO EMILIANO – ROMAGNOLO. C.N.R. - REGIONE EMILIA – ROMAGNA). SEZ. N. 2 DELLA FIGURA PRECEDENTE

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 (1960 *P. Elter*), vergenti in direzione nord-est, 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 deponevano 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* e *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* (Cfr. **Fig. 14**).

Gran parte del territorio, evidenzia corpi rocciosi riconducibili alle *Unità Liguridi Esterne*, mentre la collocazione della *Successione Epiligure* risulta limitata ad una vasta placca, che dalla vallata del Fiume Taro, si estende a nord sino ai territori dei comuni di Bardi e Valmozzola, dove si rinviene l'esclusiva presenza del *Membro della Val Pessola della Formazione di Ranzano* e limitate zone di affioramento delle strutturalmente sottostanti *Marne di Piano*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

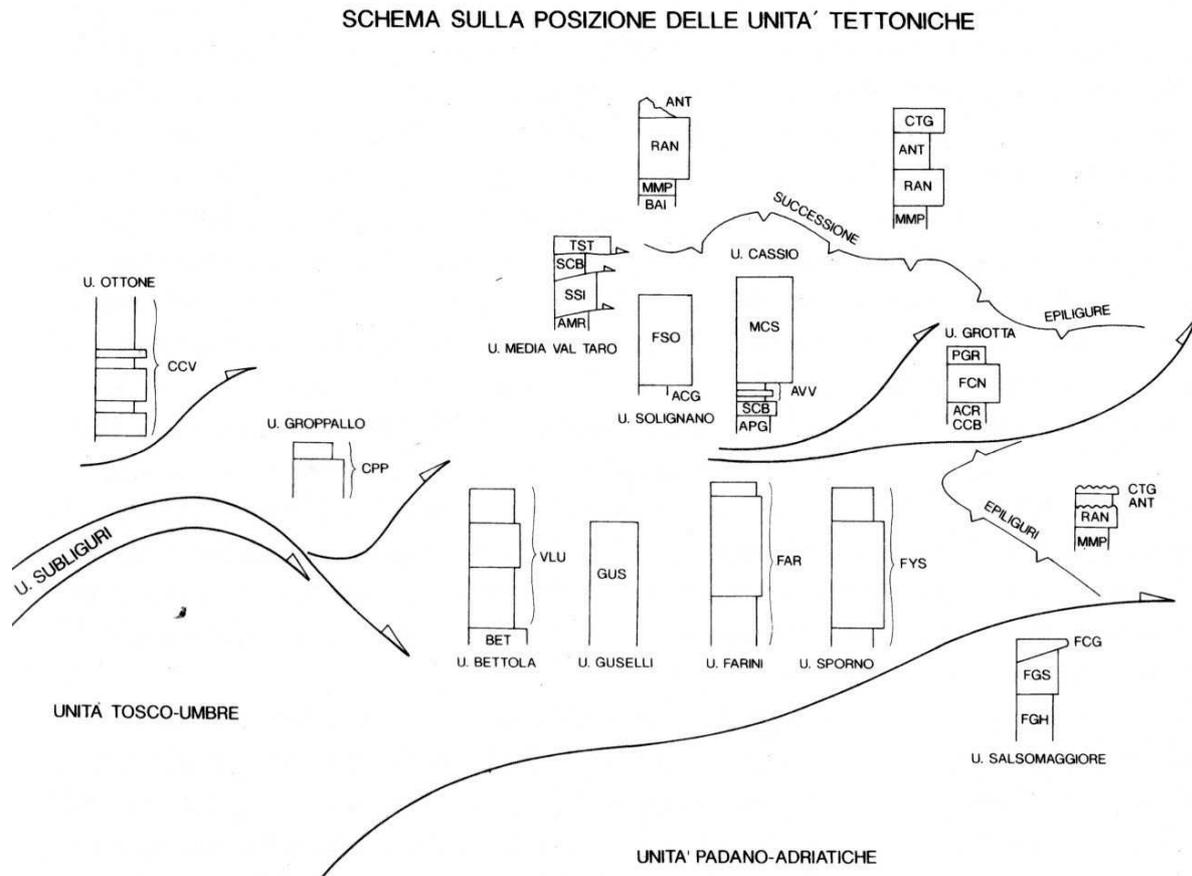


Fig. 14 – SCHEMA SULLE POSIZIONI DELLE VARIE UNITÀ TETTONICHE

Le *Unità Liguri*, rappresentate in prevalenza dalle formazioni definite come “*Complessi di Base*” *preflysch*, costituenti il basamento delle sequenze torbiditiche terziarie dei *Flysch ad helmintoidi* (*Flysch di M. Caio*) e appartenenti all’*Unità Tettonica Media Val Taro*”, sono rappresentate dalle *Argilliti di S. Siro*, dal *Complesso di Casanova*, dalle *Arenarie di Scabiazza*, dalle *Argille a Palombini* ecc.. Esse appaiono fortemente deformate attraverso strutture plicative e di taglio a piccola e grande scala, per effetto della lunga storia evolutiva che le ha contraddistinte. In sponda destra del F. Taro, in settori non interessati dagli ambiti di studio, affiora con continuità la formazione delle *Arenarie di M. Gottero*, che marca tutto il settore di crinale confinante con la Toscana.

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.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Nello specifico, in **Fig. 15** è stato raffigurato il confine comunale di Bedonia, in sovrapposizione allo schema geologico semplificato della Provincia di Parma, che suddivide il territorio in domini e successioni contraddistinti da differente età e storia evolutiva.

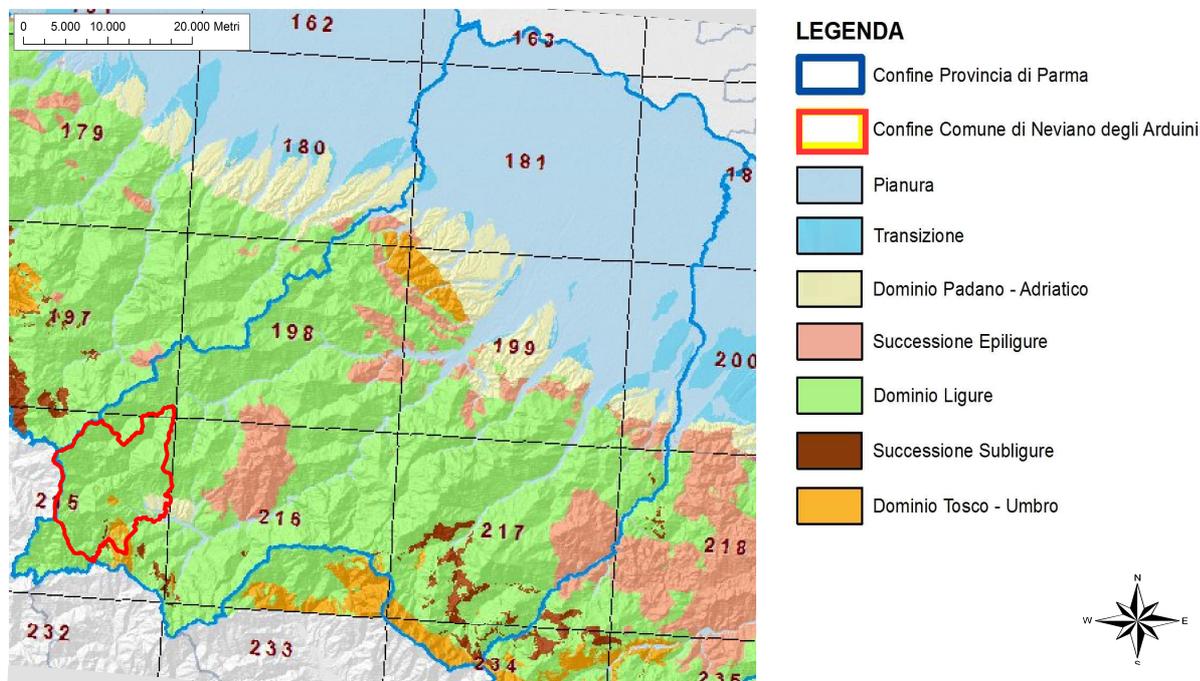


Fig. 15 – SCHEMA GEOLOGICO DELLA PROVINCIA DI PARMA CON INDICAZIONE DEL COMUNE DI BEDONIA

Si osserva una netta prevalenza di litologie appartenenti al *Dominio Ligure*, con la presenza di due rilevanti eccezioni, una nel settore meridionale del Comune, dove, grazie alla presenza della finestra tettonica di M. Zuccone, affiorano depositi di avanfossa appartenenti al *Dominio Toscano*. In corrispondenza della finestra tettonica sono anche presenti le prime unità alloctone sovrapposte ai depositi di avanfossa, appartenenti all'*Insieme Subligure* o *Unità di Canetolo*. Tale insieme in letteratura è stato definito come costituito da una successione che comprende prevalentemente la formazione paleoceno – eocenica delle *Argille e Calcari di Canetolo*, a cui si associano unità torbiditiche arenacee (*Arenarie di P. Bratica*, *Arenarie di Petrignacola*, ecc.). La seconda eccezione riguarda la presenza di una vasta placca di depositi fluvio – lacustri legati alla presenza del *Bacino Villafranchiano di Compiano*. Dal punto di vista strutturale la zona subsidente di Compiano è posta all'esterno del fronte di accavallamento dell'alto Appennino, in corrispondenza di una marcata virgazione dello stesso, evidenziata dall'andamento delle strutture di M. Zuccone e di M. Orsaro, separate dal sistema trasversale del Taro, collocandosi quindi in un contesto di tipo compressivo. Inoltre, i periodi di subsidenza della zona di Compiano, documentati dall'età e dalla natura dei depositi *Pliocene terminale-Pleistocene inferiore* e *Pleistocene inferiore-medio*, sembrano corrispondere a momenti di retrocessione cinematica dei fronti padani, ai quali probabilmente corrispondono la riattivazione fuori sequenza dei *thrust* nelle zone interne della catena ed una generalizzata compressione che arriva ad interessare il versante tirrenico dell'Appennino. A conferma di ciò, l'analisi mesostrutturale, condotta sui

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

depositi fluvio-lacustri, ha messo in luce l'esistenza di deformazioni esclusivamente di tipo compressivo che hanno permesso di ricavare un campo di sforzi congruente con l'orientamento delle strutture dell'alto Appennino. Questo bacino acquista così un significato sostanzialmente diverso rispetto ai contigui bacini estensionali della Lunigiana (Cfr. **Fig. 16**).



Fig. 16 BLOCK DIAGRAM DELL'APPENNINO SETTENTRIONALE. A - FINESTRA TETTONICA DI BOBBIO; B - FINESTRA TETTONICA DI M. ZUCCONE; C - FINESTRA TETTONICA DI SALSOMAGGIORE. D - BACINO VILFRANCHIANO DI COMPIANO. DA ELTER (1994).

A una scala di maggior dettaglio (Cfr. **Fig. 17**) si può osservare come nel territorio comunale di Bedonia prevalgano, formazioni rocciose di pertinenza ligure caratterizzate essenzialmente dalle sequenze torbiditiche calcareo – marnose del flysch terziario di M. Caio e dal relativo basamento tettonico, costituito da sedimenti prevalentemente argillosi, definiti genericamente "Complessi di Base". Nel settore orientale, come detto in precedenza, affiorano depositi di una successione continentale alto pliocenica - pleistocenica, costituente il *Sistema di Compiano*, che appoggia in discordanza angolare e discontinuità sul substrato ligure ed epiligure.

Di seguito viene riproposto lo schema della cartografia geologica del Progetto CARG (*Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna*), redatto alla scala 1.10.000, limitando la descrizione alle sole formazioni affioranti negli ambiti di studio individuati. L'analisi sarà di tipo schematico e limitata alle principali caratteristiche petrografiche e giaciture, al fine di definire le proprietà geomeccaniche di resistenza caratteristiche di tali rocce. Al termine dello schema vengono raffigurati stralci della cartografia CARG limitatamente all'intorno degli Ambiti di studio (Cfr. **Fig. 18** e **Fig. 19**).

Depositi Quaternari Continentali

a1 - Depositi di Frane attive. Depositi gravitativi con evidenze di movimenti in atto o recente, costituiti da litotipi eterogenei raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensione variabile e natura calcarea e arenitica, immersi in una abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa. La cinematica dei fenomeni è prevalentemente attribuibile a processi complessi, di scivolamento e colamento lento.

a2 - Depositi di frana quiescente. Terreni detritici costituiti da depositi caotici a dominante matrice pelitica, con inclusi litoidi eterometrici ed eterogenei, apparentemente stabilizzati, legati prevalentemente a processi complessi, di scivolamento e colamento lento.

a3 - Deposito di versante. Coltre di materiale detritico generalmente fine, prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità, con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.

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 eterometrico ed eterogeneo, generalmente prodotto a quote elevate per fenomeni di dilavamento e crioclastismo, con frammenti litoidi di dimensioni variabili, con matrice scarsa di natura sabbioso – pelitica alterata e pedogenizzata. Frequentemente alla base di scarpate e lungo versanti acclivi.

b1 - Depositi alluvionali in evoluzione. Ghiaie, talora embriciate, sabbie e limi – argillosi di origine fluviale, attualmente soggette a variazioni dovute alla dinamica fluviale. Detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti arrotondati eterometrici ed eterogenei. I depositi dell'alveo inciso caratterizzano una distesa di alluvioni ciottolose solcata da uno o al massimo due canali con andamento debolmente sinuoso e da barre fluviali longitudinali situate in posizione centrale e/o laterale. Nei canali sono presenti ghiaie poligeniche pulite con alto grado di cernita, che costituiscono il letto della corrente. Le barre sia laterali che centrali sono invece contraddistinte da ghiaie eterometriche poligeniche in scarsa matrice sabbiosa.

i1 - Conoidi alluvionali. Sono depositi di forma convessa, che si aprono a ventaglio allo sbocco dei rii nella valle. I detriti vengono distribuiti sulla superficie della conoide, per mezzo di frequenti spostamenti dell'alveo, secondo i raggi del ventaglio. Questi depositi sono costituiti da materiale eterogeneo per dimensioni: ciottoli, ghiaie, sabbie, limi.

Successione neogenica – 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**. Depositati di piana alluvionale, di terrazzo. Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, con copertura discontinua di limi argillosi. Depositati intravallivi terrazzati. *Pleistocene sup. - Olocene*; e **AES8a_ Unità di Modena**. Ghiaie prevalenti e sabbie ricoperte da una coltre limoso – argillosa discontinua. Depositati alluvionali intravallivi. Il profilo di alterazione è esiguo. *Olocene*. Ricoprono 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 esclusivamente lungo l'incisione del F. Taro e nel tratto terminale del T. Pelpirana. Sono formate da depositi di origine fluviale, caratterizzati da una successione prevalentemente ghiaiosa, con intercalazioni sabbiose, a giacitura suborizzontale 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 d'acqua 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.

SCM - Sintema di Compiano

Conglomerati in strati lenticolari ad elementi eterometrici di affinità liguride e subordinatamente di arenarie tipo *Macigno*. Nella parte inferiore predominano banchi massivi plurimetrici di paraconglomerato intercalati da peliti giallastre lenticolari e livelli discontinui ricchi di lignite, mentre nella parte superiore si intercalano argille siltose azzurrognole. Il *Sintema di Compiano* è ricoperto da un paleosuolo caratteristico dell'interglaciale *Riss-Wurm* ben conservato nei dintorni di Bedonia. Depositati clastici grossolani di ambiente alluvionale e lacustre. Potenza di un centinaio di metri. (*Pleistocene inf. - Pleistocene medio*)

Successione epiligure**MMP - Marne di Monte Piano**

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Stratificazione generalmente poco evidente. Sedimentazione di tipo pelagico, in ambiente confinato e profondo, con rari apporti torbiditici. Il limite inferiore è discordante sulle

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

unità liguri o netto su *BAI*, limite superiore netto con le *Arenarie di Ranzano*. La potenza affiorante è non superiore a 180 m. (*Luteziano sup. - Priaboniano*)

Unità liguri

CAO - Flysch di Monte 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-pelitiche da sottili a medie e a torbiditi calcareo-pelitiche 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 brecce monogeniche ad elementi calcareo-marnosi. Torbiditi di piana abissale e fanghi intrabacinali. Contatto inferiore netto con *SSI*. Potenza fino ad alcune centinaia di metri. (*Campaniano sup. - Maastrichtiano*)

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 a >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. Sedimentazione torbiditica di ambiente marino profondo. Potenza geometrica affiorante può raggiungere 700 metri. (*Cenomaniano - Santoniano*)

APA - Argille a Palombini

Argilliti o argilliti siltose grigio scure, più raramente verdi, ocracee, rossastre, fissili, alternate a calciliti 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 calcilitici sono spesso "boudinati", a luoghi silicizzati, pervasivamente fratturati e caratterizzati da una fitta rete di vene di calcite, spalmature verdastre sulle superfici di strato e frattura concoide. Sedimentazione pelagica argillosa, intervallata da risedimentazione di fanghi carbonatici. Potenza geometrica variabile da alcune decine ad alcune centinaia di metri. (*Berriasiano - Santoniano p.p*)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

CCVb - Complesso di Casanova - litofacies a breccie mono e poligeniche a matrice pelitica.

Breccie 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 calcilutiti 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 breccie prevalentemente pelitiche). Le breccie poligeniche (CCVb1 - litofacies a breccie poligeniche a matrice pelitica) sono costituite in prevalenza da clasti eterometrici di calcilutiti, riferibili alle *Argille a Palombini*, e, in subordine, di basalti (β), ultramafiti. Depositi marini profondi da scivolamento in massa e flussi gravitativi. Potenza geometrica da 0 a 120 m circa. (*Campanianiano inf.*)

CCVb2 - Complesso di Casanova - litofacies a breccie prevalentemente pelitiche

Breccie pelitiche in strati molto spessi e banchi a geometria lenticolare, con abbondante matrice pelitica grigio scura e subordinati clasti eterometrici, da angolari a subarrotondati, costituiti da calcilutiti 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 e lembi intensamente fratturati di *Argille a Palombini*. Depositi marini profondi da scivolamento in massa e flussi gravitativi. (*Campaniano inf.*)

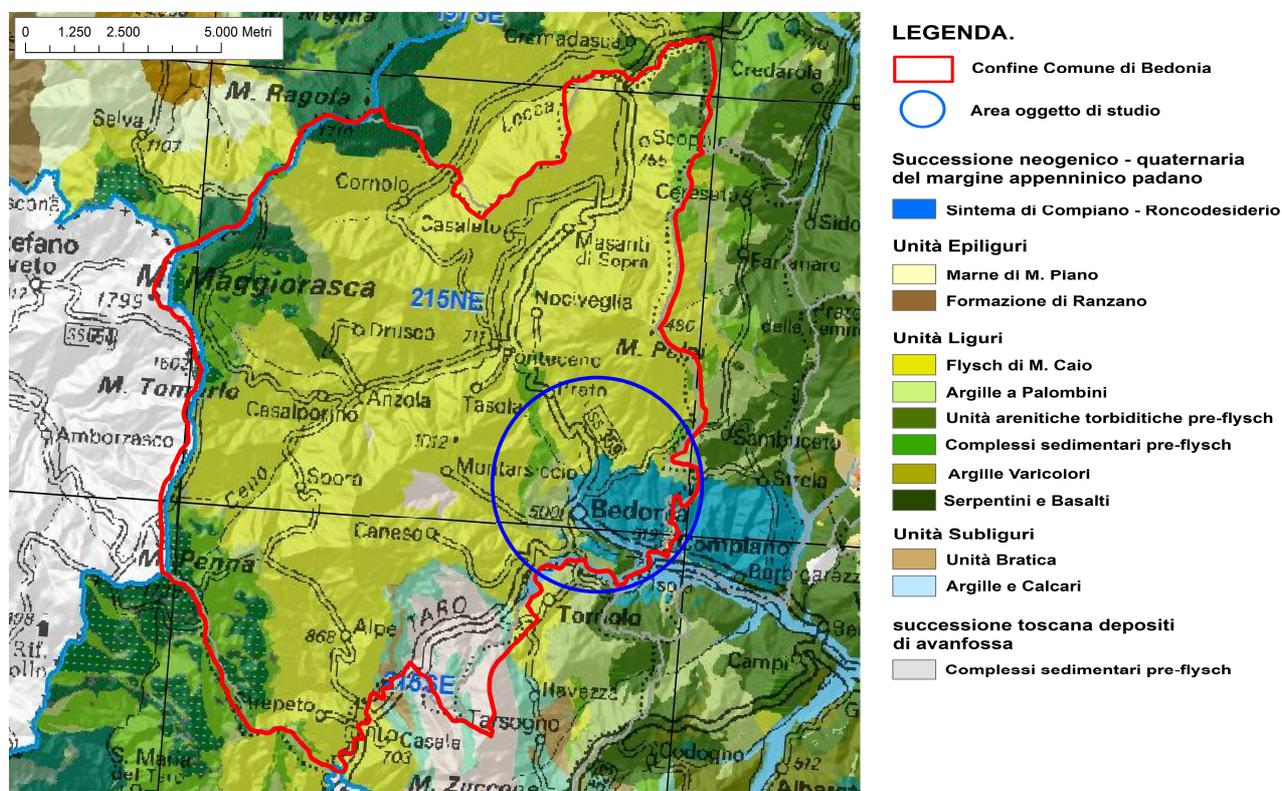


Fig. 17 – PRINCIPALI FORMAZIONI ROCCIOSE AFFIORANTI NELL'AREALE DEL COMUNE DI BEDONIA

Unità subliguri

ACC - Argille e calcari di Canetolo

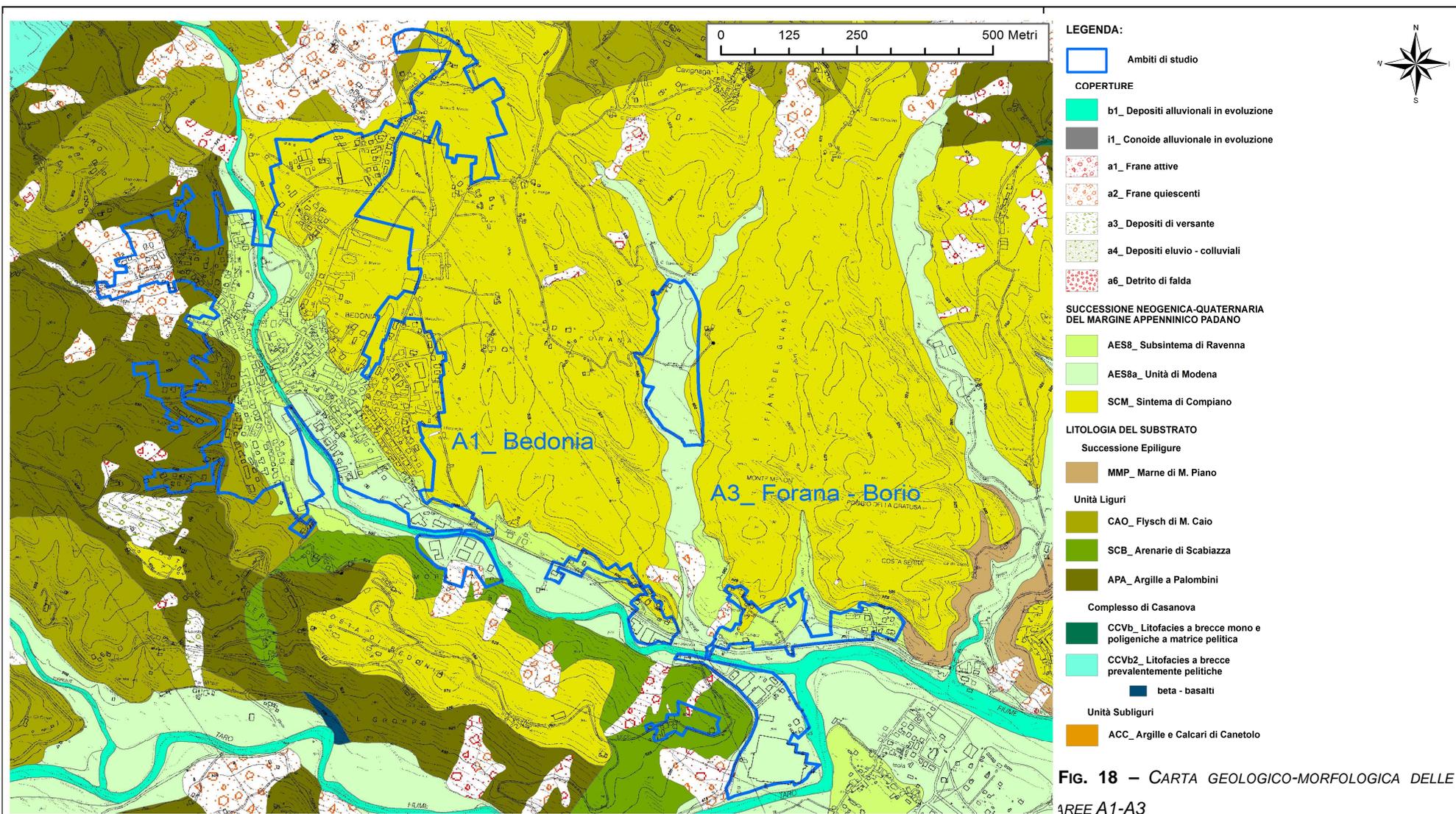
Argilliti grigio-nere in strati medi e spessi alternate a calcilutiti grigie o grigio-scure in strati medio-sottili e calcari marnosi in strati spessi e molto spessi, calcareniti gradate, brecce ad elementi micritici, calcarenitici e arenacei; brecciole organogene (*Nummuliti*, *Discocycline?*), e calcari 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). Spessore massimo circa 400 m. (*Cretaceo sup.?* - *Eocene medio*)

Tutte le unità geologiche sopramenzionate sono pervase da numerose famiglie di strutture deformative, prevalentemente di taglio, a piccola e grande scala, che conferiscono agli ammassi rocciosi, peraltro già contraddistinti da modeste proprietà geomeccaniche, un aspetto frammentato; inoltre, la frequenza e l'ampiezza delle fratture, favoriscono l'infiltrazione di acqua nel sottosuolo che, al contatto con gli strati più argillosi, può andare in sovrappressione e determinare distacchi di materiale e la conseguente discesa verso valle.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

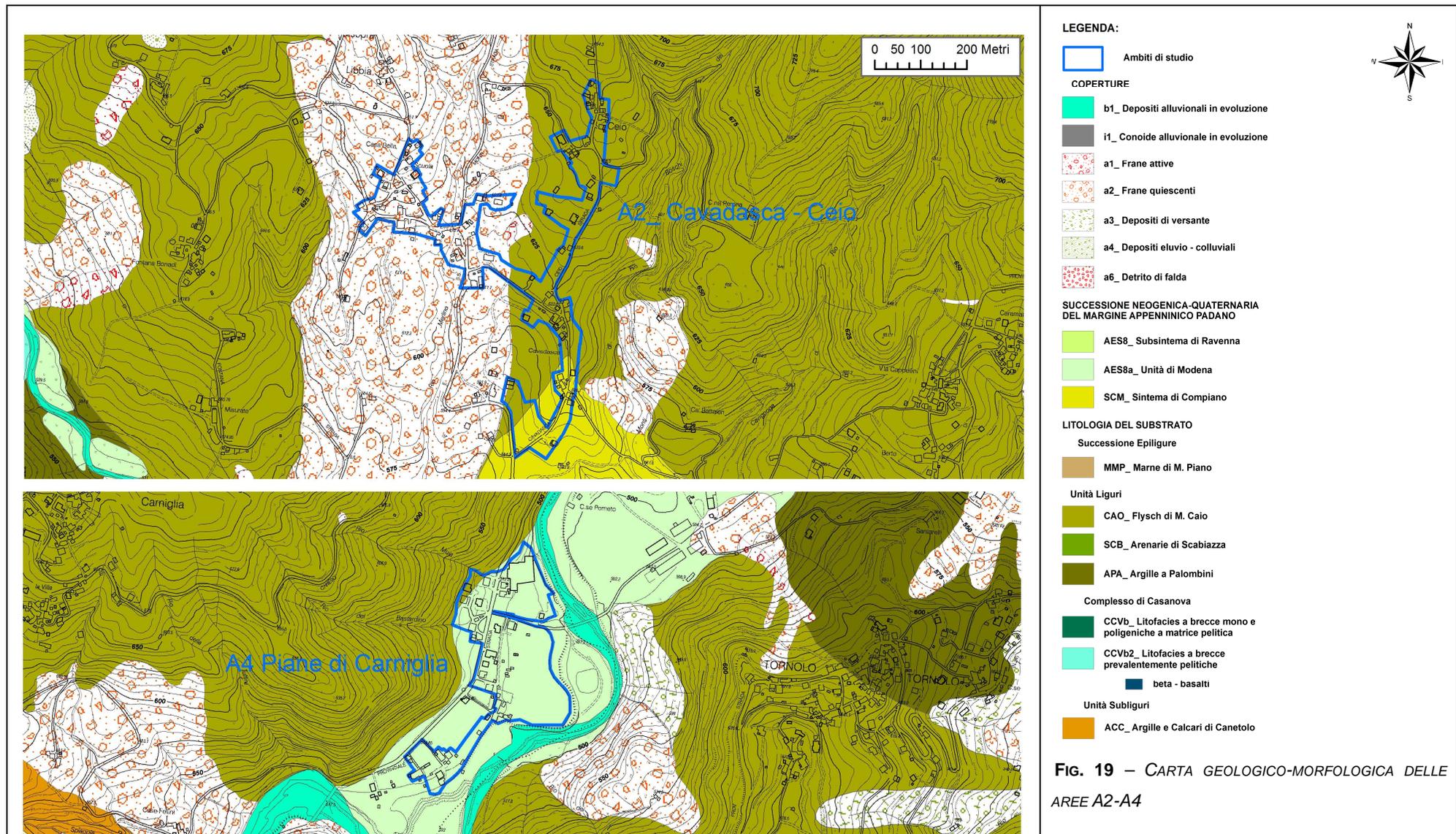


FIG. 19 – CARTA GEOLOGICO-MORFOLOGICA DELLE AREE A2-A4

3.2 Geomorfologia

L'attuale assetto geomorfologico del territorio comunale di Bedonia rappresenta il risultato dell'effetto combinato di alterne vicende climatiche di varia intensità, lente deformazioni tettoniche ed interventi antropici, che si sono susseguiti 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 differente grado di morfoselezione rilevato, che risulta strettamente correlato con le litologie presenti e dipendente da altri fattori quali, 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. 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 negli ambiti di studio, in grado di determinare un comportamento geomorfologico piuttosto omogeneo anche su grandi areali, sono state individuate le 4 classi di morfoselezione descritte di seguito:

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 *Argille a Palombini, Complesso di Casanova*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

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, 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, o 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 può essere ricompresa la formazione del *Flysch di M. Caio*, che affiora in maniera circoscritta anche negli ambiti territoriali individuati nel presente studio.

4) Terreni con grado di morfoselezione da alto a molto alto: Le *litofacies* che presentano tali caratteristiche di morfoselezione, sono quelle ad alta resistenza e spiccata energia del rilievo e comprendono le formazioni arenacee, che però risultano assenti negli ambiti di studio.

In generale si può affermare che il territorio di Bedonia 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 sono evidenti specie nel tratto fluviale in cui sorge l'abitato di Bedonia, dove mostrano un'estensione significativa, mentre nel resto del territorio i depositi alluvionali occupano il fondo di valli strette (comprese fra versanti ricoperti da depositi gravitativi o incassate in pendii rocciosi). Molto diffuse sono le forme di erosione fluviale, specialmente sulle sponde geologicamente instabili o costituite da depositi detritici o litologie "tenere" (argilliti, argille, formazioni flyschoidi ecc.). Spesso tali fenomeni costituiscono una concausa dell'innescò di movimenti franosi di neoformazione sui versanti o della riattivazione di vecchie frane quiescenti. In tale contesto, appare chiaro che i fenomeni di gran lunga più significativi e diffusi e che per i loro effetti hanno più rilevanti ricadute sul territorio, a causa delle limitazioni e dei danni che provocano, sono i fenomeni legati alla gravità.

Per le ragioni sopraesposte, l'assetto morfologico dei luoghi in esame risulta estremamente diversificato, in quanto gli ambiti di studio ricoprono settori di versante caratterizzati da tipici tratti risultanti da processi gravitativi e ampi settori di fondovalle a marcata impronta alluvionale, contraddistinti da potenti coltri di genesi alluvionale per lo più terrazzate e fissate da vegetazione, che bordano lateralmente l'asta fluviale in evoluzione attuale del Fiume Taro e del Torrente Pelpirana.

L'abitato di *Bedonia (Ambito A_1)*, così come i settori di *Forana – Borio (Ambito A_3)* si dispongono quasi interamente sui fondovalle e nei tratti terminali e basali dei versanti che delimitano la vallata del T. Pelpirana

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

e del F. Taro. Ad est, dove il T. Pelpirana, confluisce nel F. Taro in prossimità di un'ampia ansa, a valle dell'abitato di Borio, prevalgono le litologie di genesi fluvio – lacustre riferibili all'antico bacino villafranchiano di Compiano, generalmente poste in discordanza angolare su depositi di pertinenza epiligure (*Marne di M. Piano*). Il paesaggio è costituito da deboli pendenze e caratterizzato da una fitta rete di pronunciate vallecole ed incisioni, drenate da rii e fossi ad andamento meridiano, che convergono verso la piana alluvionale del F. Taro. Il settore si presenta stabile, privo di rilevanti corpi detritici di genesi gravitativa o prodotti per normali fenomeni eluvio – colluviali di versante. I rari corpi di frana sono costituiti da modesti processi superficiali di colamento e scivolamento, che si originano e sviluppano all'interno delle incisioni sopramenzionate a causa di processi erosivi particolarmente intensi che agiscono come innesco dei fenomeni.

Ad ovest, in sponda destra del T. Pelpirana, affiorano litologie di pertinenza ligure, il contatto con le litologie epiliguri o riferibili al *Sistema di Compiano* è incerto, in quanto obliterato dai depositi alluvionali più recenti. La prevalenza di litologie argillose e calcareo – marnose facilita la formazioni di fenomeni gravitativi per lo più in stato di quiescenza, che tuttavia non interessano significativamente gli ambiti di studio. I meccanismi di innesco e sviluppo dei corpi di frana fanno riferimento ad un cinematismo prevalentemente di tipo complesso, con tipiche morfologie caratteristiche di scivolamenti di tipo rotazionale. A riguardo, particolarmente significativa per dimensioni e sviluppo, si segnala la frana della Libbia, che staccandosi dalle pendici sud del M. Pelpi, si arresta in prossimità del T. Pelpirana, nel settore settentrionale dell'ambito di *Bedonia Centro*, coinvolgendo interamente il settore ovest dell'ambito *Cavadasca – Ceio (Ambito A_2)*. Il corpo di frana nel suo complesso sembra aver raggiunto uno stato di quiescenza consolidato; tuttavia, data la sua ampiezza e forte diversificazione morfometrica, è possibile trovare al suo interno settori o porzioni soggette a fenomeni di riattivazione e rimobilizzazione recente, che coinvolgono i livelli più superficiali ed allentati della massa detritica originaria e che insistono nei settori più ripidi e instabili. Altri movimenti gravitativi si individuano lungo i fianchi del Torrente e sono in parte innescati da fenomeni di scalzamento al piede, particolarmente attivi a seguito delle piogge autunnali e primaverili, favoriti dalla presenza di un insufficiente sistema di drenaggio e raccolta delle acque.

Un ulteriore Ambito di Studio si individua nella Frazione *Piane di Carniglia (Ambito A_4)*, ad Ovest del Capoluogo in sponda sinistra del F. Taro. L'area si colloca quasi interamente su un ampio terrazzo alluvionale, presentandosi da debolmente inclinata a pianeggiante e completamente priva di morfologie di genesi gravitativa.

A supporto dei rilievi morfologici di campagna, intervengono i dati puntuali desunti dalle prove geotecniche in sito (trattati in dettaglio nel seguito della relazione) implementati ed estesi linearmente sulla base dell'esecuzione di tecnologie di analisi sismica.

In particolare, i risultati delle indagini e delle prove sismiche, hanno evidenziato elevati spessori di materiale detritico scarsamente consolidato in prossimità della placca sedimentaria fluvio – lacustre del *Sistema di Compiano* e in accordo con le carte geologiche hanno rilevato e confermato la potenza dei materassi

alluvionali presenti, caratterizzati da forte addensamento e consistenza, come evidenziano le velocità delle onde di taglio rilevate. Le litologie del substrato affioranti e sub – affioranti mostrano un forte e pervasivo stato di fratturazione, a cui si associa un livello superficiale piuttosto alterato e disgregato, in ragione dell'intensa evoluzione tettonica che ha interessato le rocce appenniniche, in aggiunta ad un clima passato estremamente piovoso.

4. DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

I dati geotecnici necessari alla realizzazione dello studio sono stati reperiti presso l'archivio dell'Ufficio Tecnico Comunale, in cui sono stati consultati gli studi geologici di recente realizzazione, supportati da indagini geognostiche e redatti a corredo di progetti edilizi autorizzati. In un secondo momento, tutte le prove, sono state opportunamente georeferenziate in Ambiente GIS, con riferimento al Sistema *WGS84 – Fuso 33 N*, quindi codificate e inserite nel *data-base* allegato, nel rispetto degli Standard per l'archiviazione informatica, definiti dall'*OPCM 4007/2012* e dal *Decreto del 16/03/2012 del Capo del Dipartimento della Protezione Civile*.

Nel dettaglio del territorio di Bedonia, sono stati individuati quattro “Ambiti” di studio, localizzati all'interno dei principali centri urbanizzati, nonché in quelle aree oggetto di potenziale espansione, sulla base delle scelte urbanistiche dettate dall'Amministrazione Comunale e contenute all'interno degli strumenti di pianificazione:

- **BEDONIA CAPOLUOGO**
- **CAVADASCA - CEIO**
- **FORANA - BORIO**
- **PIANE DI CARNIGLIA**

A integrazione delle indagini raccolte in archivio, si è ritenuta opportuna la realizzazione di una campagna di approfondimento con nuove prove sismiche passive *HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)*, associate ad alcuni stendimenti tipo *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* in sismica attiva, in modo tale da implementare le conoscenze sulla sismo-stratigrafia del sottosuolo. I dati e le elaborazioni relativi ad ogni nuova prova eseguita, sono stati rappresentati nell'**Elaborato 7**. Nel complesso sono state eseguite le seguenti prove, descritte in dettaglio nella **Tab. 2**:

- *n°41 misure a stazione singola HVSR “ Horizontal to Vertical Spectral Ratio”*
- *n°4 acquisizioni in sismica attiva MASW “ Multichannel Analysis of Surface Waves”*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

CAMPAGNA GEOFISICA - PROVE TROMOGRAFICHE E INDAGINI MASW							
AMBITO	Località	IDENTIFICATIVO	Metodologia	Data	Ora	Durata (min)	Periodo di campionamento (Hz)
FORANA - BORIO	Forana	034003L18MASW1	MASW	02/07/2014	14.00	X	
	Forana	034003P107	HVSR	02/07/2014	15.18	16	500
	Forana	034003P108	HVSR	02/07/2014	14.48	16	500
	Mora Nera	034003P127	HVSR	18/06/2014	12.40	16	500
	Il Follo	034003P128	HVSR	18/06/2014	17.28	18	500
	Il Follo	034003P129	HVSR	18/06/2014	16.48	18	500
	Ponte di Borio	034003P130	HVSR	18/06/2014	10.06	16	500
	C.se Serra	034003P131	HVSR	18/06/2014	16.05	16	500
	Costa Serra	034003P132	HVSR	18/06/2014	15.31	20	500
	Costa Serra	034003P133	HVSR	18/06/2014	18.23	20	500
	Costa Serra	034003P134	HVSR	18/06/2014	15.01	20	500
	Ponte di Borio	034003P135	HVSR	18/06/2014	10.36	16	500
Ponte di Borio	034003P136	HVSR	18/06/2014	9.26	16	500	
BEDONIA CAPOLUOGO	Seminario	034003L17MASW1	MASW	24/06/2014	10.30	X	
	Via R. Mantovani	034003L19MASW1	MASW	09/05/2014	10.20	X	
	Rio Merlinio	034003P102	HVSR	23/06/2014	11.12	18	500
	Sopra San Marco	034003P103	HVSR	23/06/2014	12.03	18	500
	Via Largo	034003P105	HVSR	23/06/2014	9.20	18	500
	Via Cardinale	034003P106	HVSR	23/06/2014	10.35	18	500
	Via San Marco	034003P109	HVSR	23/06/2014	10.02	16	500
	Via Castellaro	034003P110	HVSR	19/06/2014	16.55	18	500
	Via Ronconovo	034003P111	HVSR	19/06/2014	17.32	16	500
	Via Costa Lissera	034003P112	HVSR	19/06/2014	16.18	16	500
	San Marco Sud	034003P113	HVSR	23/06/2014	17.36	18	500
	Via San Francesco	034003P114	HVSR	19/06/2014	15.48	16	500
	Via U. Landi	034003P115	HVSR	19/06/2014	15.10	16	500
	Via Leonardo da	034003P116	HVSR	19/06/2014	12.14	16	500
	Viale Europa	034003P117	HVSR	19/06/2014	11.44	18	500
	Giardini Pubblici	034003P118	HVSR	19/06/2014	11.13	16	500
	Via Piave	034003P119	HVSR	19/06/2014	10.43	16	500
	Via Enrico Fermi	034003P120	HVSR	19/06/2014	10.12	18	500
	Via Roma -	034003P121	HVSR	19/06/2014	9.33	18	500
	Via R. Mantovani	034003P122	HVSR	09/05/2014	11.06	20	500
Via R. Mantovani	034003P123	HVSR	09/05/2014	11.56	16	500	
Via R. Mantovani	034003P124	HVSR	09/05/2014	12.27	16	500	
Seminario	034003P141	HVSR	24/06/2014	11.57	16	500	
CAVADA SCA - CEIO	Ceio	034003P100	HVSR	23/06/2014	16.00	16	500
	Cavadasca	034003P101	HVSR	23/06/2014	16.29	18	500
	Casa Bella	034003P98	HVSR	23/06/2014	17.00	18	500
	Cavadasca	034003P99	HVSR	23/06/2014	15.20	18	500
PIANE DI CARNIGLIA	Piane di Carniglia	034003L16MASW1	MASW	02/07/2014	9.40	X	
	Rio Muia	034003P137	HVSR	02/07/2014	11.47	20	500
	Piane di Carniglia	034003P138	HVSR	02/07/2014	11.19	16	500
	Piane di Carniglia	034003P139	HVSR	02/07/2014	10.20	16	500
Piane di Carniglia	034003P140	HVSR	02/07/2014	10.46	16	500	

TAB. 2 – TABELLA DESCRITTIVA DELLE PROVE SISMICHE DI NUOVA REALIZZAZIONE

Le misure HVSR a stazione singola sono state eseguite posizionando sul terreno, uno strumento digitale portatile modello Gemini 2 (Pasi); questo, grazie a tre sensori elettrodinamici ortogonali fra loro (velocimetri), inizia a registrare le vibrazioni naturali nel terreno lungo le due direzioni orizzontali (X, Y) e lungo quella verticale (Z) su un ampio range frequenziale (0,1-500 Hz) per una durata sufficientemente lunga di

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

registrazione (mediamente 15-20 minuti). Le misure registrate vengono poi ricampionate a 128 Hz, processate ed elaborate con il programma di calcolo "WinMASW 3C Versione 6.0", che consente la restituzione grafica del segnale sottoforma di:

- *spettri delle singole componenti (componente verticale del moto in funzione della frequenza per ognuna delle tre direzioni (Cfr. Fig. 20);*
- *spettri H/V (rapporto spettrale tra la componente orizzontale del rumore e quella verticale in funzione della frequenza, (Cfr. Fig. 21).*

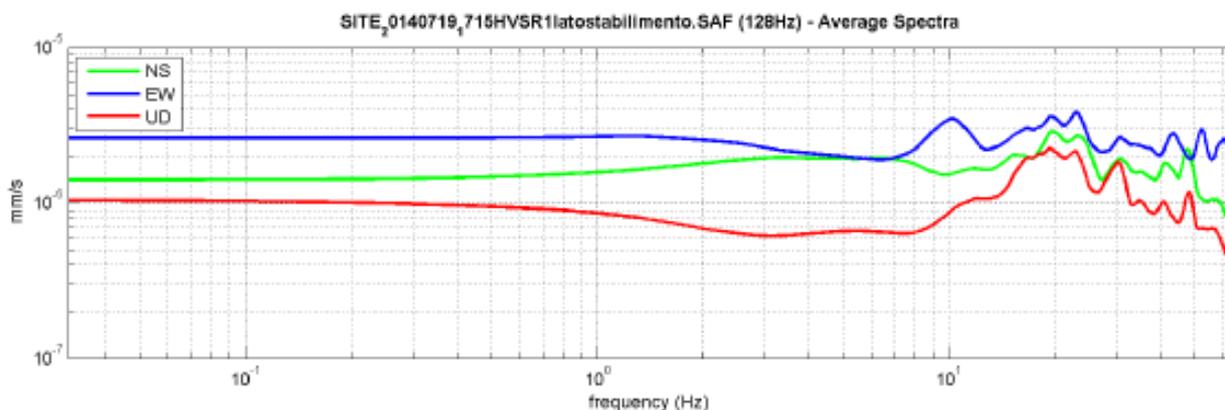


Fig. 20 – ESEMPIO DI GRAFICO CON SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

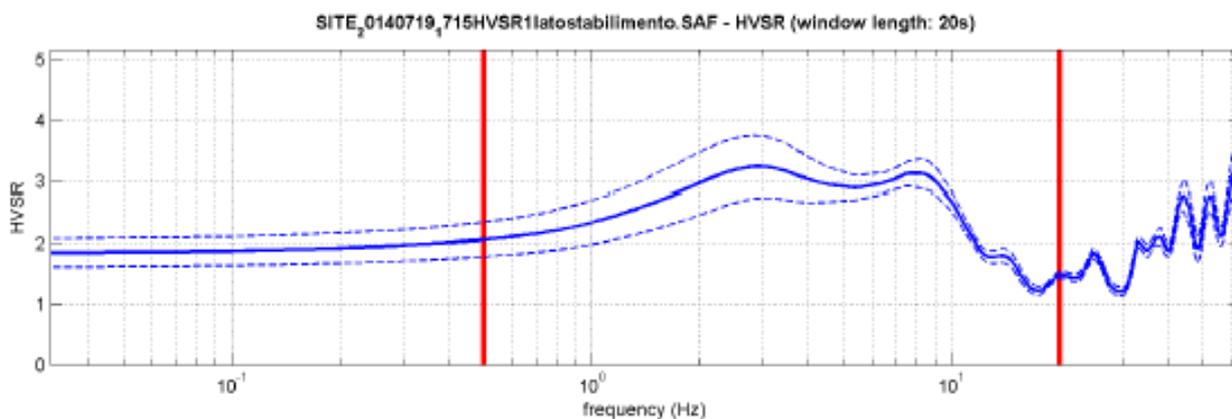


Fig. 21 – ELABORAZIONE DELLE MISURE REGISTRATE DAL TROMOGRAFO: RAPPORTO SPETTRALE H/V

Il metodo *MASW* (*Multi-channel Analysis of Surface Waves*) è un metodo di caratterizzazione sismica basato sull'analisi della dispersione geometrica delle onde superficiali, suddivisibili in due tipologie fondamentali: onde *Rayleigh* e onde di *Love*.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

Il principio che sta alla base della metodologia è che le modalità di propagazione delle onde di superficie sono intrinsecamente determinate dalle proprietà del mezzo in profondità (in particolare dalle sue variazioni verticali), per cui analizzando in dettaglio la dispersione delle onde di *Rayleigh* e di *Love* si possono ricavare alcune importanti informazioni sulle caratteristiche del terreno.

In primo luogo va stabilita la lunghezza dello stendimento sismico in funzione della profondità di indagine che si vuole raggiungere, quindi si procede con l'accoppiamento fra geofoni e terreno. Nel caso in esame è stato utilizzato un unico geofono triassiale con sensori da 2 Hz. Il geofono viene collegato tramite un apposito cavo USB al PC. Questo cavo è dotato di un ulteriore ingresso per la connessione del cavo trigger, che a sua volta va collegato al geofono starter opportunamente posizionato nel punto di energizzazione.

In **Tab. 3** si riportano i dati riassuntivi relativi alle indagini eseguite.

DATI RIASSUNTIVI - ACQUISIZIONE IN SISMICA ATTIVA M.A.S.W.	
Lunghezza Stendimento	63 metri
Offset Minimo	8 metri
Incremento	5 metri
N° tracce	12
Tipo di Onda	<i>Rayleigh</i> ; Forza Verticale: Battuta su piattello in alluminio
	<i>Love</i> Forza Trasversale: Battuta di taglio su traversina in legno
Lunghezza dell'acquisizione	2 secondi
Intervallo di Campionamento	0.001 secondi
Stacking	8 battute per punto sorgente: 4Rayleigh + 4 Love

TAB. 3 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE CARATTERISTICHE DI CONFIGURAZIONE PER LA PROVA MASW

Per l'acquisizione dei dati i dati occorre generare una serie di energizzazioni (mazza, maglio battente o fucile sismico) a varie distanze dal geofono triassiale (che resta fisso), a seconda del numero di tracce che si desidera acquisire, partendo dalla massima distanza e avvicinandosi progressivamente al punto di registrazione in base al valore della distanza intergeofonica stabilita in partenza. Quando viene fatta una battuta nel punto sorgente, il geofono starter invia un l'input al calcolatore per registrare la perturbazione sismica generata. Così facendo si raggiunge il valore dell'offset minimo.

Per ogni punto di energizzazione possono essere effettuate più battute in modo da sommare algebricamente i segnali ottenuti (*stacking*), rendendo in tal modo la potenza del segnale superiore a quella del rumore di fondo. Le acquisizioni effettuate, vengono salvate automaticamente sul computer nella cartella

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

di progetto selezionata all'inizio di ogni schermata di acquisizione. La fase di acquisizione può considerarsi terminata.

Le singole tracce acquisite alle varie distanze dal punto di registrazione vengono poi affiancate e combinate una all'altra per restituire quanto registrato lungo l'intero stendimento (Cfr. **Fig. 22** – ESEMPIO DI “DATASET” DERIVANTE DALLA SOMMA DELLE SINGOLE TRACCE SISMICHE IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DI SORGENTE UTILIZZATA. IN QUESTO CASO È STATA UTILIZZATA UNA FORZA VERTICALE FV (ONDE DI RAYLEIGH)). Nella cartella di lavoro si troveranno ora tre nuovi files (riferiti alle tre componenti del geofono triassiale): componente radiale (R), verticale (V) e trasversale (T).

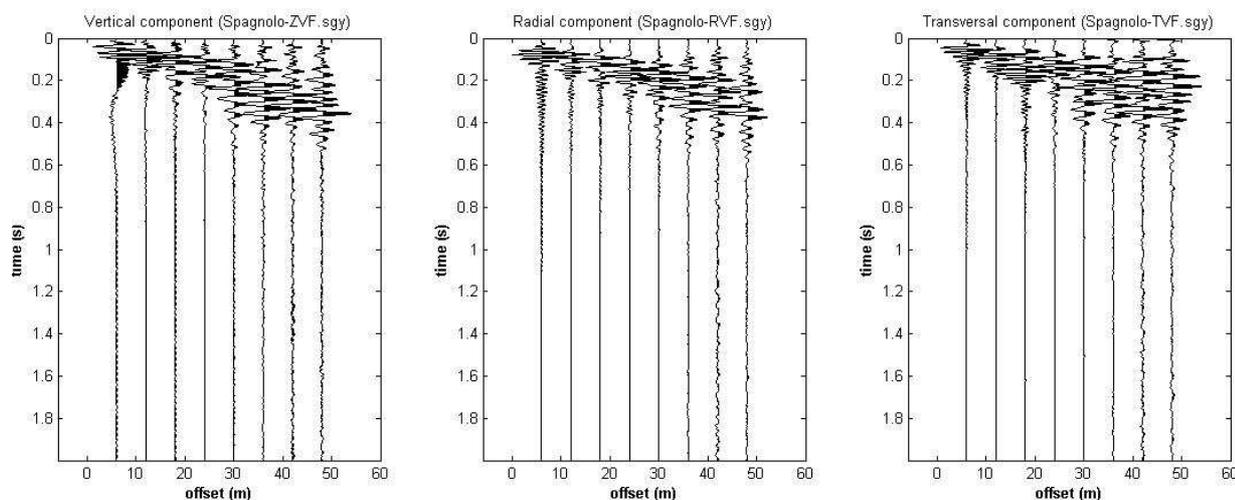


Fig. 22 – ESEMPIO DI “DATASET” DERIVANTE DALLA SOMMA DELLE SINGOLE TRACCE SISMICHE IN RELAZIONE ALLA TIPOLOGIA DI SORGENTE UTILIZZATA. IN QUESTO CASO È STATA UTILIZZATA UNA FORZA VERTICALE FV (ONDE DI RAYLEIGH)

5. MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Per ottenere una definizione attendibile della Risposta Sismica Locale, occorre ricostruire un modello geologico che sia il più possibile aderente alle condizioni reali impiegando, a tal fine, tutti i dati sismo-stratigrafici forniti dalle indagini in sito, oltre alle molteplici cartografie tematiche reperite in bibliografia.

In via preliminare, è opportuno riportare alcuni cenni sull'assetto geologico di massima delle aree di studio, mettendo in luce tutti quegli aspetti che possono influire sull'entità degli effetti locali quali, i mutui rapporti tra substrato e copertura, le caratteristiche litologiche, la presenza o meno di stratificazione e il grado di fratturazione delle formazioni rocciose. A tal proposito, gran parte degli ambiti si sviluppa all'interno del bacino prodotto dall'azione sedimentaria del T. Pelpirana, ad esclusione delle aree di Piane di Carniglia, collocate su depositi terrazzati di pertinenza del Fiume Taro.

Da un punto di vista geologico i due versanti che sottendono il T. Pelpirana, mostrano un assetto differente: in sinistra idrografica, prevalgono i depositi fluvio-lacustri, posizionati al di sopra di un substrato per lo più appartenente ai Complessi di Base (**Argille a palombini**). Diversamente, sul versante destro, gli affioramenti

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di II° Livello con analisi CLE e locali approfondimenti di III° Livello

Comune di Neviano degli Arduini (PR)

del **Sintema di Compiano** sono sostituiti da corpi rocciosi riconducibili al **Flysch di Monte Caio**, spesso sovrascorsi da terreni più antichi delle **Argille a palombini**, che ne rappresentano l'antico basamento tettonico.

Le formazioni suddette sono costituite da strati compatti, arenacei, alternati a strati meno resistenti, pelitico-argillosi, depositi di argille prevalenti, conglomerati, all'interno dei quali la velocità delle onde sismiche varia notevolmente, senza però mai raggiungere e superare valori da *bedrock* sismico (800 m/s).

Questa variabilità viene ulteriormente amplificata dall'intensa fratturazione che pervade i corpi rocciosi, originata in prevalenza dall'azione tettonica, alla quale si aggiungono gli agenti esogeni (pioggia, vento, alternanze gelo-disgelo) e i processi gravitativi che influiscono sullo stato fessurativo e di alterazione superficiale.

In un tale contesto, risulta di difficile definizione il passaggio tra l'orizzonte roccioso superficiale più alterato e fratturato, e quello contraddistinto da roccia sana, attraverso la sola lettura delle variazioni di velocità delle onde S, dato che questo avviene in maniera graduale e non tramite una superficie di discontinuità ben definita.

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. E' pertanto evidente che, definire la Risposta Sismica Locale non sia sempre agevole, così come risulta spesso una discreta forzatura assimilare l'assetto geologico delle varie zone ad un modello fisico monodimensionale. Queste difficoltà interpretative sono state comunque superate in alcune aree, indagate da prove geonostiche, che hanno consentito di intercettare il substrato geologico.

6. INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Dall'analisi dei risultati fin qui raggiunti, sono emerse molteplici problematiche e incertezze, legate sia alla definizione del modello geologico del sottosuolo, sia alla lettura e successiva interpretazione dei dati forniti dalle indagini geognostiche, che in ogni modo risultano sufficientemente in linea con il grado di approfondimento del presente studio.

Entrando nello specifico delle prove sismiche ed, in primo luogo, della tipologia passiva *HVSR* di nuova realizzazione, i cui *report* grafici e le elaborazioni numeriche sono riportati nell'**Elaborato 7** si sono sviluppate delle elaborazioni, che permettono di fornire stime affidabili delle frequenze principali di risonanza in sito.

Inoltre, nota la profondità di un singolo livello stratigrafico, ottenuta attraverso l'elaborazione dei dati ricavati dalle prove geotecniche in campagna, il valore del rapporto H/V viene correlato con la frequenza di risonanza determinata dal passaggio tra due strati con una differenza significativa del contrasto di impedenza acustica (velocità delle onde e densità del materiale) tramite la seguente relazione:

$$f(\text{Hz}) = \frac{V_s}{4H}$$

Questo permette di determinare la velocità media delle onde di taglio V_s per ogni singolo strato.

Le frequenze di risonanza possono poi essere convertite in stratigrafia a condizione che sia disponibile una stima delle velocità delle onde elastiche. Questo fa sì che, con le opportune precauzioni necessarie, il metodo *HVSR* possa essere in linea di principio utilizzato come strumento stratigrafico.

Di particolare importanza è l'individuazione dei picchi principali associati alla frequenza naturale di vibrazione del deposito F_0 , denominata frequenza fondamentale di risonanza. In taluni casi, dagli spettri acquisiti è stato possibile individuare la concomitante presenza di picchi di minor importanza, associati anch'essi a frequenze di vibrazione secondarie del terreno F_1 .

Riguardo la metodologia sul calcolo delle velocità delle onde di taglio V_s , si cerca definire un profilo sismostratigrafico in profondità, attribuendo a ciascun sismostrato una V_s media, cercando di far combaciare nel miglior modo possibile la curva sperimentale *HVSR* con la curva teorica (Cfr. **Fig. 23**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

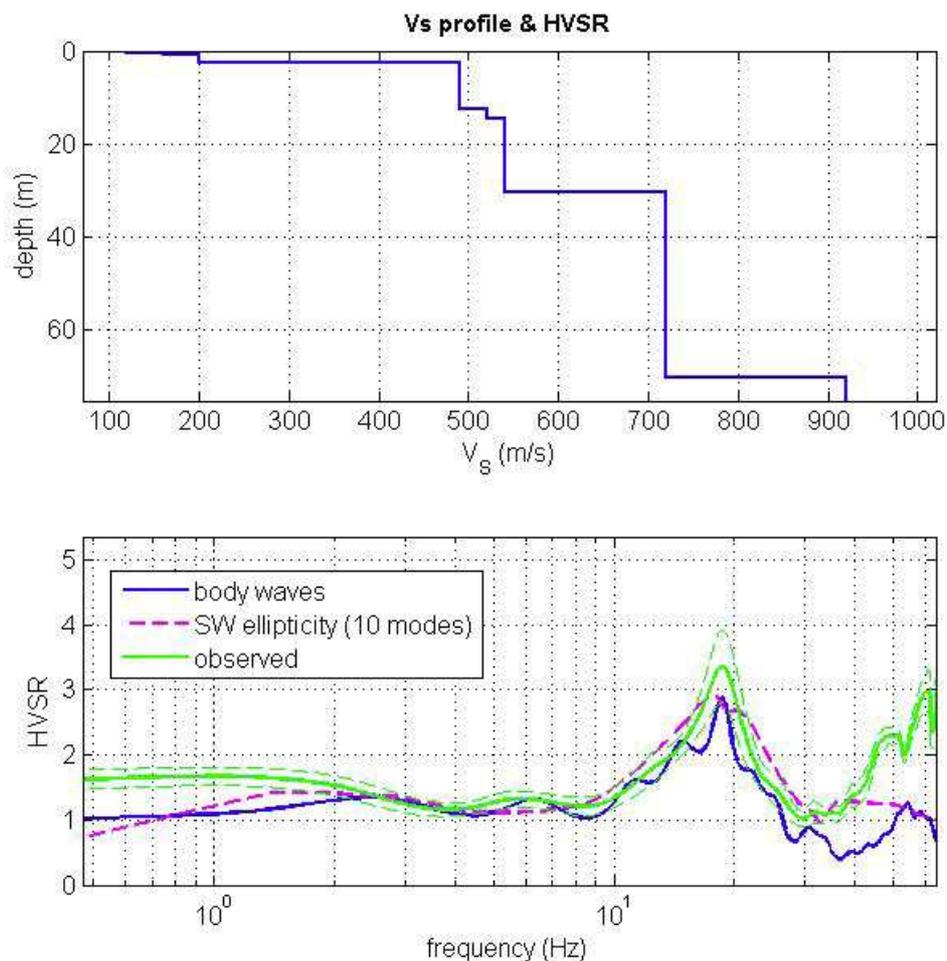


Fig. 23 – PROFILO DI VELOCITÀ ASSOCIATO ALLA CURVE TEORICHE (BLU; FUCSIA) CHE APPROSSIMANO LA CURVA SPERIMENTALE H/V (VERDE).

Relativamente alle prove sismiche di tipo attivo (MASW) una volta ottenuti gli spettri di velocità (Cfr. **Fig. 24**), si può procedere con:

- Un metodo di inversione diretto, basato sulla stima del profilo di velocità V_s , introducendo i valori di velocità media V_s e i relativi spessori degli strati, per individuare il modello avente le curve di dispersione più coerenti allo spettro
- Un metodo di inversione basato sul "picking" delle curve di dispersione e la successiva elaborazione delle curve "piccate" per individuare il modello che meglio approssima il dato di *input*

Entrambi i metodi permettono di determinare:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

- Un profilo relativo alla velocità di propagazione delle onde S in caso monodimensionale (1D) a circa metà dello stendimento
- Lo spessore degli strati
- Il Parametro “ V_{s30} ” per ogni profilo
- Una stima del “Modulo di rigidezza al taglio dinamico” G_0 in funzione della profondità

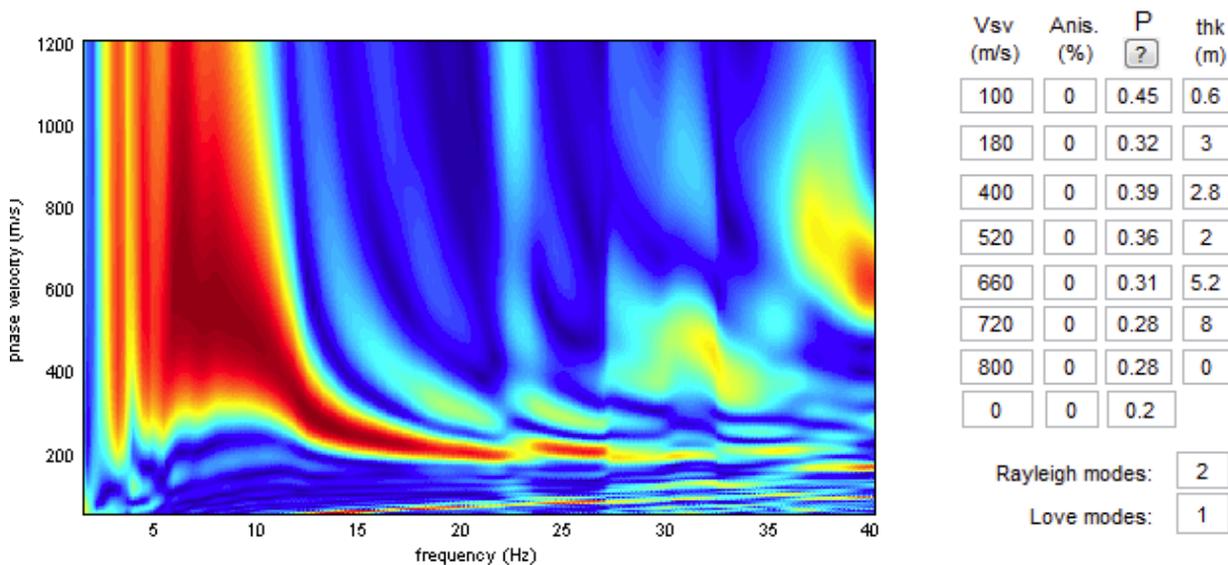


Fig. 24 – ESEMPIO DI “SPETTRO DI VELOCITÀ”: LA MODELLIZZAZIONE DIRETTA PERMETTE DI RICAVARE LE CURVE DI DISPERSIONE AGENDO DIRETTAMENTE SUGLI SPESSORI E SULLE VELOCITÀ.

Le conoscenze della locale situazione geologica, congiuntamente ad una taratura delle velocità V_s con metodi in sismica attiva (per esempio le *MASW*), permettono quindi di vincolare il modello in corrispondenza degli orizzonti più superficiali. Ogni singola prova *HVSR* utilizzata nel presente studio, è stata confrontata con le risultanze di quelle adiacenti e riferite al medesimo contesto litostratigrafico e geomorfologico. Tale confronto, affiancato alla conoscenza acquisita dall’attività svolta sul territorio, hanno portato in taluni casi a privilegiare le informazioni ricavate dalle prove geognostiche pregresse a discapito delle risultanze ottenute al seguito della campagna geofisica svolta; nella maggior parte dei casi si è però potuto osservare una buona correlazione fra esse.

7. METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Come disposto dalle norme nazionali e regionali, lo svolgimento degli studi di microzonazione sismica di I° e II° livello deve essere strettamente connesso agli strumenti di pianificazione comunale vigenti o in corso di redazione, perché può fornire utili indicazioni in merito alla maggiore o minore pericolosità sismica di una'area. Nello specifico del Comune di Bedonia, si ricorda che il P.S.C. è stato approvato con *Deliberazione di C.C. n° 16 del 23/03/2004*.

Innanzitutto, tutte le analisi sono state concentrate nelle aree che saranno presumibilmente interessate da nuove edificazioni, nuove infrastrutture o sostanziali trasformazioni urbanistiche, oltre che in corrispondenza delle zone già urbanizzate, all'interno dei maggiori centri abitati.

La raccolta dei dati di letteratura, supportata dai rilievi di campagna, ha premesso l'elaborazione di cartografie geologico-tecniche propedeutiche alla microzonazione sismica. Il completamento del I° livello di approfondimento è stato conseguito attraverso la realizzazione di prove *HVSR* e *MASW*, la successiva elaborazione, con ricostruzione della sismo-stratigrafia del sottosuolo e la determinazione delle frequenze fondamentali dei terreni.

Nello specifico, sono stati riprodotti tutti gli elaborati necessari a questa fase di studio, per ciascuna area d'interesse, come elencato di seguito:

- **Carta delle indagini:** ottenuta raccogliendo tutti i punti d'indagine pregressi e di nuova realizzazione, suddivisi per tipologia, opportunamente codificati ed inseriti contestualmente, all'interno di un *data-base* in formato *access*;
- **Carta geologico-tecnica:** contiene tutti gli elementi geologici, geomorfologici, strutturali e litostratigrafici che possono influenzare il moto sismico, nel suo percorso, che va dal substrato sino in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** questo elaborato è stato ricostruito partendo dall'analisi delle frequenze naturali registrate durante l'esecuzione delle prove di sismica passiva (*HVSR*). E' stato associato a ciascun punto di misura, il valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 , corrispondente al picco significativo della curva a più bassa frequenza e di altri picchi secondari a più alta frequenza mettendo inoltre in evidenza, l'eventuale assenza di massimi significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni *HVSR* nell'intervallo $0,1 - 20$ Hz);
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** rappresenta il documento fondamentale di questa fase, in quanto si ottiene dalle cartografie precedenti, mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche. L'obiettivo principale dell'elaborato, di carattere puramente

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

qualitativo, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma. Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali sono state operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.

La successiva fase di approfondimento, ha come scopo principale quello di fornire quantificazioni numeriche, con metodi semplificati (abachi e leggi empiriche), della modificazione locale del moto sismico in superficie (zone stabili suscettibili di amplificazioni locali), successivamente alla verifica della corretta zonizzazione adottata nel livello precedente.

Di seguito vengono elencate e descritte brevemente le cartografie prodotte a corredo dello studio di II° livello:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S (V_s):** raffigura per ciascuna stazione di misura HVSR i valori di V_{sH} , dove il substrato si trova a profondità (H) maggiori di 3 m e V_{s30} dove H risulta minore di 3 m o maggiore di 50 m;
- **Carta di microzonazione sismica di Livello 2:** suddivide il territorio in diverse classi definite sulla base del fattore di amplificazione, determinato attraverso la procedura semplificata, mediante l'impiego degli abachi predisposti dalla Regione Emilia Romagna.

Tutti gli elaborati sopraelencati sono stati redatti per le località di: **Bedonia Centro – A_1**, **Cavadasca – Ceio – A_2**, **Forana – Borio - A_3** e **Piane di Carniglia - A_4**, raffigurati nello stesso documento, all'interno di differenti finestre, in regione del limitato sviluppo dei centri abitati.

8. ELABORATI CARTOGRAFICI

Nel seguito della relazione verranno descritte in maniera più dettagliata le cartografie di analisi realizzate a corredo dello studio di microzonazione sismica, suddividendole per livello di approfondimento.

8.1 I° livello di approfondimento

In questa fase, propedeutica ai livelli successivi, l'obiettivo principale è indirizzato all'individuazione delle aree omogenee in termini di risposta sismica locale, ovvero nel definire da un punto di vista qualitativo delle microzone, contraddistinte da una differente tipologia di effetti attesi, alle quali corrisponde il relativo livello di approfondimento da svolgersi.

Risulta pertanto di fondamentale importanza la ricostruzione del modello geologico evidenziando, sia le condizioni litologiche e strutturali delle diverse unità geologiche, sia le caratteristiche geometriche e tessiturali delle coperture detritiche.

La ricostruzione degli elaborati di I° livello è stata predisposta prevalentemente tramite il reperimento e l'elaborazione di dati esistenti, integrati dalle indicazioni fornite dalle indagini di nuova realizzazione.

8.1.1. Carta delle indagini

La redazione delle tavole alla scala 1:5.000, ha previsto l'iniziale raccolta di dati preesistenti, riguardanti indagini geognostiche realizzate in corrispondenza degli ambiti, contenuti prevalentemente all'interno degli studi di pianificazione comunale, integrati da prove eseguite a corredo del presente lavoro.

Nelle carte sono indicate anche alcune indagini esterne ai perimetri del territorio urbanizzato e urbanizzabile, ma ugualmente utili a definirne le caratteristiche litostratigrafiche.

All'interno di ciascun elaborato grafico sono state distinte le prove in base alla tipologia, in:

- *prova penetrometrica statica con punta meccanica (CPT)*
- *prova penetrometrica dinamica pesante*
- *sondaggio a carotaggio continuo*
- *trincea o pozzetto esplorativo*
- *Profilo sismico a rifrazione*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

- MASW
- stazione microtremore a stazione singola

come raffigurato nella legenda riportata in **Fig. 25** e contenuta nell'**Elaborato 1**.

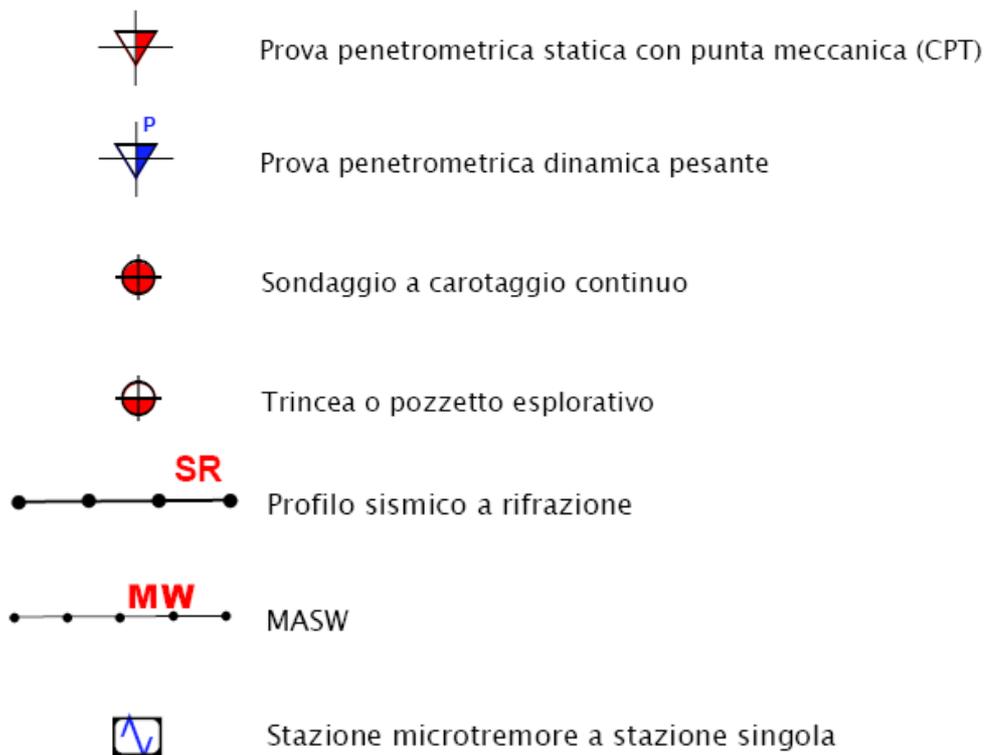


Fig. 25 – RAPPRESENTAZIONE DELLA LEGENDA DELLA CARTA DELLE INDAGINI

Nei successivi paragrafi verranno specificati numero e tipologia di indagini con riferimento alle quattro aree oggetto di studio.

Area di studio A_1 - Bedonia Centro

Complessivamente, la ricerca bibliografica ha consentito di raccogliere, per l'areale di Bedonia Centro, le seguenti indagini (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_1**):

- n° 7 sondaggi a carotaggio continuo
- n° 38 prove penetrometriche dinamiche pesanti
- n° 28 prove penetrometriche statiche

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

- *n° 1 trincea o pozzetto esplorativo*
- *n° 8 stazioni microtremore a stazione singola*
- *n° 1 profilo sismico a rifrazione*
- *n° 12 stendimenti sismici di tipo MASW*

A integrazione dei dati reperiti presso l'Ufficio Tecnico Comunale, sono state realizzate all'interno dell'ambito, n° 21 prove sismiche *HVSR* e n° 2 indagini sismiche di tipo *MASW*.

Area di studio A_2 – Cavadasca - Ceio

Analogamente a quanto già esposto per il capoluogo, si elencano le prove esistenti e di nuova realizzazione in prossimità dei centri abitati di Cavadasca e Ceio, inquadrati congiuntamente, considerata la limitata distanza che li separa (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_2**):

- *n° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti*
- *n° 6 prove penetrometriche statiche*
- *n° 1 profilo sismico a rifrazione*

In dette aree, in aggiunta alle indagini ricavate dal *data-base* comunale, sono state realizzate *ex-novo* n° 4 prove sismiche *HVSR*.

Area di studio A_3 – Forana - Borio

Relativamente alle località Forana e Borio è stato possibile ricavare in bibliografia le indagini elencate di seguito (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_3**):

- *n° 4 sondaggi a carotaggio continuo*
- *n° 3 trincee o pozzetti esplorativi*

I dati d'archivio sono stati implementati attraverso la realizzazione di n° 11 prove sismiche *HVSR* e di n° 1 indagine sismica di tipo *MASW*.

Area di studio A_4 – Piane di Carniglia

L'analisi bibliografica condotta sulle prove geognostiche eseguita nell'intorno della località di Piane di Carniglia, ha messo in luce solamente n° 2 prove penetrometriche dinamiche pesanti (Cfr. **Elaborato 1 – Area di studio A_4**). Ad esse, si aggiungono n° 4 prove sismiche a stazione singola *HVSR* e n° 1 stendimento sismico di tipo *MASW*, di nuova realizzazione

8.1.2. Carta geologico-tecnica

Come già espresso in precedenza, la carta geologico-tecnica contiene tutte quelle le informazioni di base (geologiche, geomorfologiche, litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) estrapolate da cartografie esistenti e integrate da dati forniti da campagne geognostiche pregresse.

Essa occupa un ruolo fondamentale negli studi di microzonazione sismica di I° livello, in quanto entra in gioco nella ricostruzione del modello geologico di sottosuolo, funzionale all'elaborazione della carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (*MOPS*), che sarà descritta nei paragrafi successivi.

Quali basi cartografiche tematiche, si è fatto riferimento alle seguenti fonti ufficiali, opportunamente verificate tramite sopralluoghi di campagna:

- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 – *Progetto CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)*, impiegata per rappresentare gli aspetti geologico-strutturali delle formazioni rocciose affioranti nell'area;
- “*Carta del dissesto*” allegata al *P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Parma)* Sezioni 215080 (*Bedonia*) e 215120 (*Tornolo*), alla scala 1:10.000 (*Servizio di Programmazione e Pianificazione Territoriale della Provincia di Parma – Variante Approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013*). Gli elementi presenti in tale elaborato sono stati impiegati per ricostruire i perimetri delle coperture quaternarie, dato che, per i piani comunali il *P.T.C.P.* costituisce lo strumento sovraordinato di riferimento.

In aggiunta alle cartografie suddette si sono analizzate le informazioni stratigrafiche dedotte dalle indagini puntuali, descritte nel paragrafo precedente.

Innanzitutto, è stata adottata una preliminare suddivisione tra il substrato geologico (contraddistinto da corpi rocciosi ricoperti da depositi detritici o substrato alterato e fratturato con spessore massimo minore di 3 metri) e terreni di copertura (rilevati laddove gli spessori delle coperture o alterazioni del substrato sono risultati maggiori di 3 metri).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

A sua volta, il substrato geologico può essere primariamente classificato come rigido (nel caso in cui $V_s > 800$ m/s) e non rigido (se $V_s \leq 800$ m/s), quindi sulla base delle caratteristiche geologico-strutturali delle diverse unità stratificate o non stratificate (lapideo, granulare cementato, coesivo sovraconsolidato e alternanza di litotipi),

Nel complesso, tutti i corpi rocciosi individuati nell'areale hanno mostrato valori di V_s sempre inferiori agli 800 m/s, pertanto il substrato geologico può essere sempre considerato come non rigido e a seconda dei casi, granulare cementato (**Sintema di Compiano**), coesivo sovraconsolidato (**Argille a palombini**) e con alternanza di litotipi - stratificato (**Flysch di Monte Caio - Arenarie di Scabiazza**).

Queste peculiarità, in aggiunta alle caratteristiche tessiturali e l'ambiente genetico-deposizionale delle coperture sono state contrassegnate in carta attraverso un codice identificativo, seguendo le disposizioni degli *Standard di rappresentazione e archiviazione informatica - Microzonazione sismica - Versione 3.0*.

Oltre al substrato e alle coperture, sono stati raffigurati i fenomeni di instabilità di versante, suddivisi in funzione dello stato di attività, in quiescente e attiva, e per tipologia di movimento in: scorrimento, colata, complessa e non determinata.

Sono stati infine inseriti i livelli informativi rappresentati da quegli elementi geologici e idrogeologici quali, la giacitura degli strati e i sondaggi geognostici, che rivestono grande importanza per la ricostruzione del modello geologico delle aree di interesse.

Anche per la *Carta geologico-tecnica*, così come per tutti gli altri elaborati grafici si è utilizzata una scala di rappresentazione di 1:5.000, inquadrando le quattro località principali su altrettante finestre di visualizzazione (Cfr. **Elaborato 2**), che verranno descritte nei paragrafi che seguono. Si sottolinea inoltre che, all'interno dell'elaborato sono rappresentate le tracce delle sezioni geologiche rappresentative del modello geologico, ricostruite per ciascuna area territoriale.

Allo scopo di migliorare la comprensione del modello geologico locale, sono state ricostruite n° 7 sezioni geologiche orientate sia trasversalmente che longitudinalmente ai principali elementi strutturali (come riportato nelle planimetrie dell'**Elaborato 2**).

Area di studio A_1 - Bedonia centro

Il capoluogo insiste prevalentemente sul fondovalle originato da del T. Pelpirana e sulle prime pendici dei versanti sottesi, con quote del piano campagna che variano dai 480,00 m s.l.m. rilevate all'estremità orientale del centro abitato ai 580,00 m s.l.m. osservate in prossimità della frazione Sopra S. Marco. Le pendenze si mantengono su bassi valori in prossimità del torrente (circa 2°) ed aumentano sino ai 15°÷18° sul versante in destra idrografica, valori che risultano concentrati a piccoli areali e non costituiscono pertanto

una problematica nei confronti dell'amplificazione sismica, in particolare per quell'aliquota generata dagli effetti topografici.

Sul versante in sinistra idrografica il substrato è costituito interamente dai depositi lacustri del **Sistema di Compiano**, che ricoprono con spessori anche superiori ai 20 metri sequenze calcarenitico-marnose e arenaceo pelitiche del **Flysch di M. Caio**. Sul versante opposto si denota un generale affioramento di terreni riconducibili all'unità delle **Argille a palombini**, ad esclusione di alcune finestre tettoniche da cui emergono lembi del **Flysch di Monte Caio**. Verso il limite orientale del capoluogo, le **Argille a palombini** vengono sostituite da una formazione sempre dei **Complessi di Base**, costituita da alternanze di litotipi, denominata **Arenarie di Scabiazza**. Nelle aree adiacenti al T. Pelpirana tutte queste unità vengono ricoperte da depositi alluvionali recenti, a prevalente ossatura ghiaiosa e matrice sabbiosa e sempre più argilloso sabbiosa, man mano che ci si allontana dal corso d'acqua. Lungo i versanti il substrato roccioso appare spesso ricoperto da una coltre detritica di origine eluvio-colluviale (con spessore massimo inferiore ai 3 metri), prevalentemente argillosa, con inclusi elementi litoidi poligenici, spigolosi e di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, con tessitura variabile in funzione delle caratteristiche ereditate dalla roccia madre. Lo spessore della copertura tende a diminuire, sino ad annullarsi, nelle zone a maggior pendenza, dove si osserva il sub-affioramento degli strati rocciosi. In altri casi, si sono evidenziati corpi detritici più sviluppati, cartografati separatamente al substrato roccioso ed identificati come coperture detritiche, in ragione delle caratteristiche geotecniche distintive e spessori tali da incidere sulla risposta sismica locale.

Nell'intorno in esame, si sono rilevati limitati fenomeni morfo-evolutivi quiescenti, cartografati nelle località Pansamora, Sopra S. Marco e in prossimità dell'area artigianale sud-orientale del centro abitato.

Tutte le informazioni di carattere geologico-tecnico sopradescritte sono state raffigurate nell'**Elaborato 2 – Area di studio A_1 – Bedonia Centro**), nonché attraverso due sezioni geologiche riportate in **Fig. 26**.

Area di studio A_2 - Cavadasca - Ceio

Da un punto di vista geografico, le località Cavadasca e Ceio si collocano a mezza costa sul versante in sinistra idrografica del T. Pelpirana, al di sopra del capoluogo comunale, in prossimità della Ex S.S. n° 357 che collega Bedonia con Bardi.

L'ambito d'interesse presenta pendenze massime pari a 8° verso l'estremità orientale, immediatamente a ridosso di un dosso morfologico, dove affiorano terreni appartenenti al **Flysch di Monte Caio**; nel resto dell'area il paesaggio mostra una topografia più dolce, per la presenza di un corpo franoso quiescente di notevoli dimensioni. Infatti, la zona di coronamento, ormai mascherata dalla vegetazione si trova a breve distanza dalla cima del Monte Pelpi, mentre la propaggine detritica più avanzata si spinge sin quasi all'abitato di Bedonia.

Questi depositi detritici, costituiti da ghiaie, ciottoli e blocchi sub-angolosi, inglobati in matrice argilloso-limosa, prevalente in superficie e via via in diminuzione andando in profondità, ricoprono con spessori

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

variabili (si ipotizzano spessori massimi di circa 10÷15 metri) il substrato roccioso sempre appartenente alla formazione del ***Flysch di Monte Caio***.

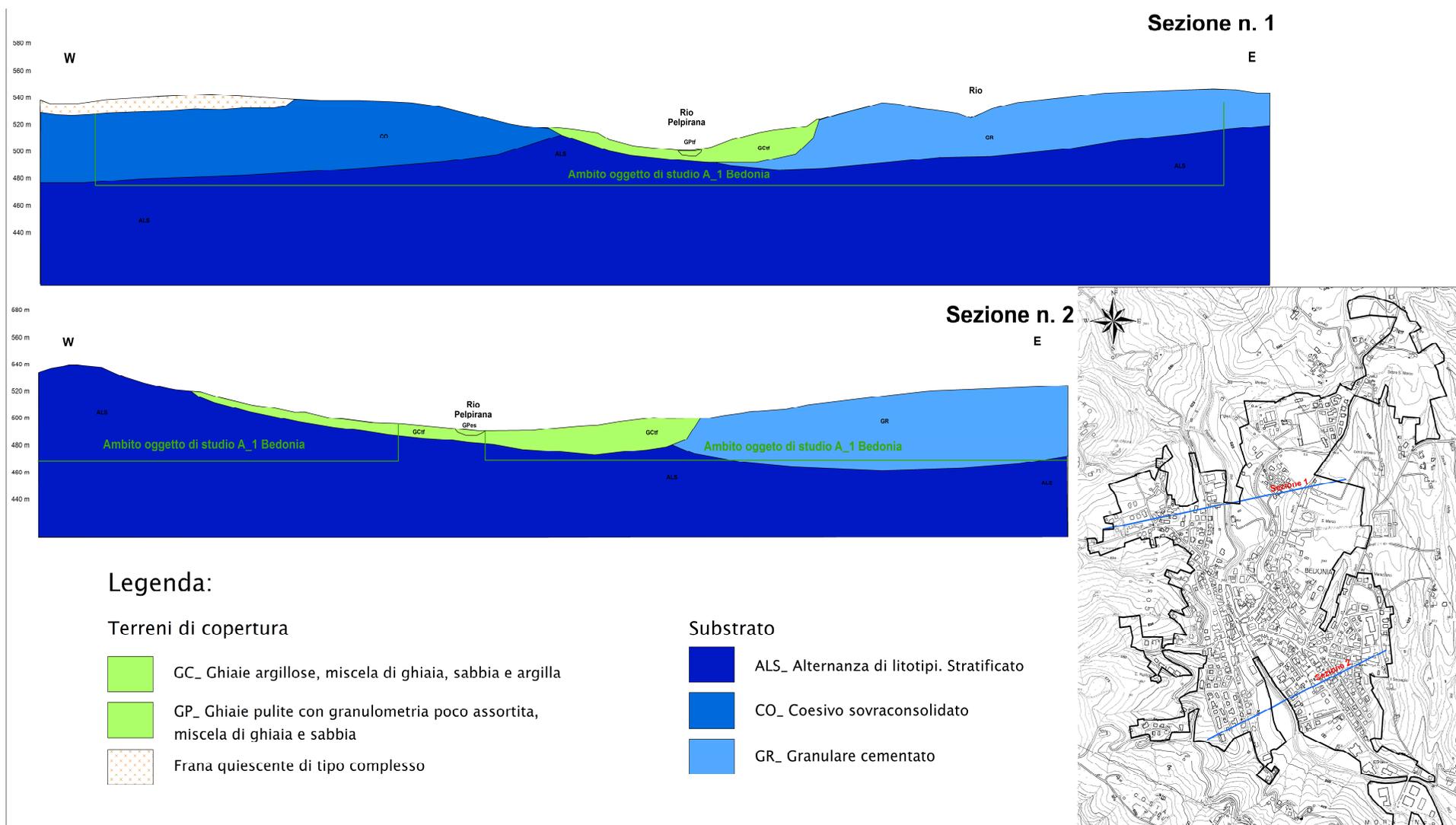
Il movimento principale non mostra generali segni di riattivazione, solo nelle aree marginali si denotano piccoli corpi franosi innescatisi per effetto del cattivo drenaggio delle acque superficiali.

La **sezione 5** raffigurata in **Fig. 27** contiene le informazioni necessarie per una migliore comprensione dell'assetto geologico negli ambiti di studio.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

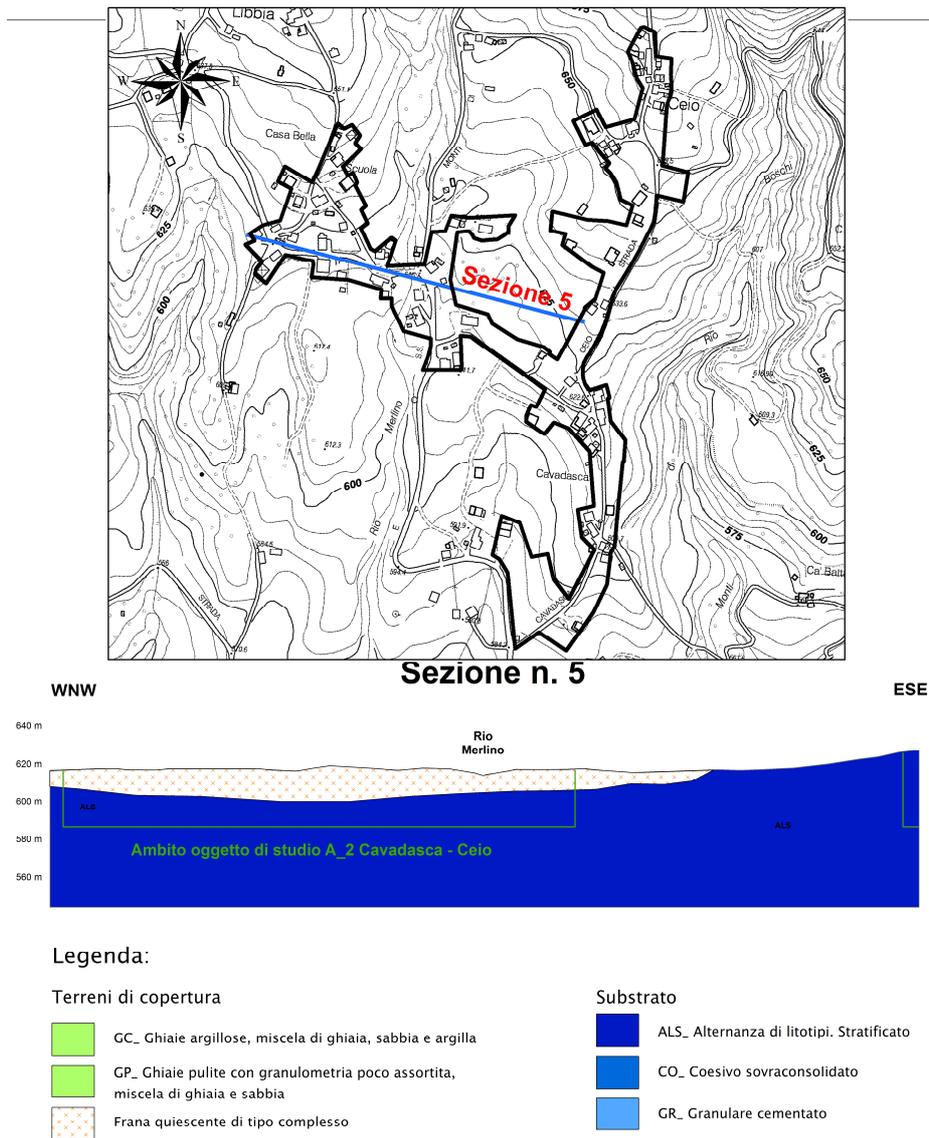


FIG. 27 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO CAVADASCA - CEIO

Area di studio A_3 - Forana - Borio

Gli ambiti di interesse rappresentati nella finestra denominata **A_3 - Forana - Borio** sono molteplici e risultano caratterizzati da differenti condizioni morfologiche (aree di versante o fondovalle) e geologiche (substrato roccioso o depositi alluvionali), pertanto verranno descritte in maniera distinta.

Partendo dalle quote più elevate si individua l'area denominata "*Forana*", posta sul versante in sinistra idrografica del T. Pelpirana, nella vallecola edificata dal Rio di Cavignaga. Le quote variano da 485,00 m s.l.m. a 507,00 m s.l.m., mentre le pendenze si attestano su bassi valori dell'ordine 3°÷4° nella porzione centrale dell'area, in aumento verso i confini orientali ed occidentali a valori prossimi ai 10°, per effetto del sub-affioramento del substrato riconducibile al **Sintema di Compiano**. Questa unità viene ricoperta per gran parte dell'ambito da terreni alluvionali depositati dal Rio Cavignaga, con spessori massimi stimabili attorno ai 10 metri (Cfr. **sezione 7 - Fig. 28**). Verso il basso, nella zona di fondovalle, ai due lati del T. Pelpirana, in prossimità della confluenza con il F. Taro, sono state individuate alcune aree, ad insediamento prevalentemente artigianale, identificate con diversi toponimi, quali: Il Follo, La Fornace la Costa, ecc.. Le pendenze massime, possono raggiungere i 20°, seppur per zone ridotte concentrate in sinistra idrografica, tali da non influire in alcun modo sull'amplificazione sismica; la restante parte di territorio mostra acclività decisamente inferiori pari a circa 2°÷3°.

La quasi totalità degli ambiti è contraddistinta in superficie da depositi alluvionali, prima di pertinenza del T. Pelpirana, quindi del F. Taro, che ricoprono con spessori variabili, ma sempre inferiori ai 20 metri, il substrato roccioso del **Sintema di Compiano** e, per un piccolo areale posta verso l'estremità orientale, delle **Marne di Monte Piano**, relativamente alla sponda in sinistra idrografica (Cfr. **sezione 3 - Fig. 28**). Sul lato opposto, i corpi rocciosi evidenziano caratteristiche litostratigrafiche estremamente differenti, dato che vengono ricomprese nella formazione dei **Complessi di Base**, denominata **Arenarie di Scabiazza** (Cfr. **sezione 4 - Fig. 28**).

Per quanto concerne la componente dissesto, ad oggi non si osservano importanti movimenti gravitativi in atto o zone predisposte al dissesto, ad esclusione di piccoli dissesti localizzati lungo aree con drenaggio difficoltoso.

L'abitato di Borio, è situato su di un dosso morfologico che separa il bacino idrografico del F. Taro con quello del T. Pelpirana, con quote del piano campagna che passano da 502,00 m s.l.m. ai 531,00 m s.l.m. e pendenze piuttosto costanti di 9°÷10°.

Da un punto di vista geologico, si rinvengono corpi rocciosi stratificati attribuibili alle **Arenarie di Scabiazza** (Cfr. **sezione 4 - Fig. 28**), spesso ricoperti da una coltre detritica di origine eluvio-colluviale (con spessore massimo inferiore ai 3 metri). Solo una piccola porzione di ambito risulta interessata dal coronamento di un modesto corpo detritico attivo contraddistinto dalla tipica forma dei fenomeni di colata.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

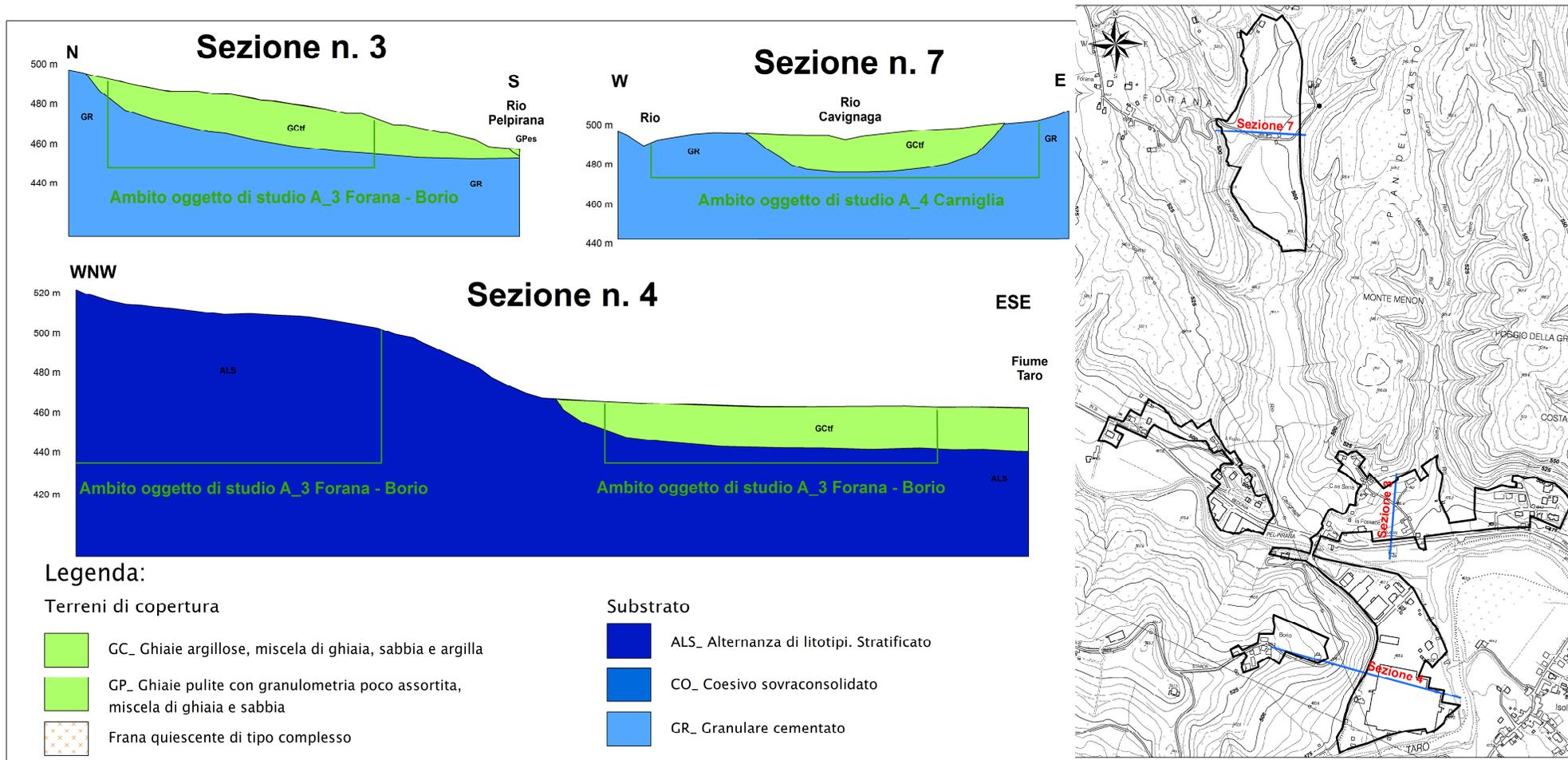


FIG. 28 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO FORANA - BORIO

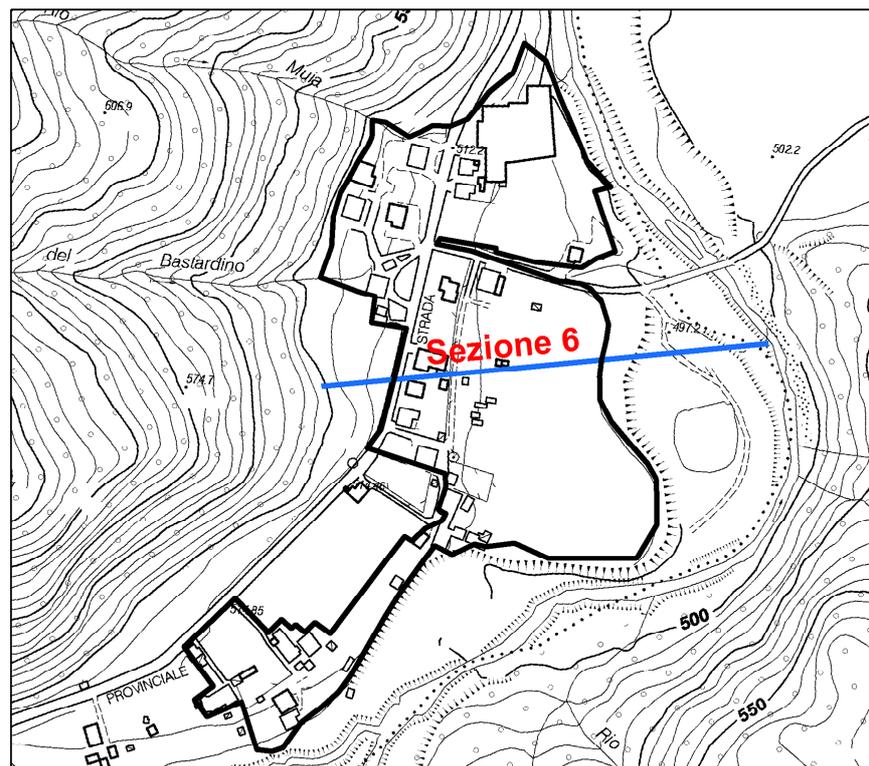
RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Area di studio A_4 - Piane di Carniglia

Il centro abitato di Piane di Carniglia si trova al di sopra di un'area terrazzata in sinistra idrografica del F. Taro, all'estremità orientale del Comune di Bedonia a ridosso del confine con il Comune di Tornolo. Le pendenze medie risultano basse ($3^{\circ}\div 4^{\circ}$), con locali aumenti verso il limite occidentale dell'ambito, in corrispondenza del primo affioramento del substrato roccioso, ivi rappresentato dal **Flysch di Monte Caio**. La restante e prevalente porzione di territorio mette in luce una copertura alluvionale edificata dal F. Taro in epoca recente, della quale si attribuisce uno spessore medio di circa 5 metri (Cfr. **sezione 6 - Fig. 29**).



Legenda:

Terreni di copertura

-  GC_ Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
-  GP_ Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
-  Frana quiescente di tipo complesso

Substrato

-  ALS_ Alternanza di litotipi. Stratificato
-  CO_ Coesivo sovraconsolidato
-  GR_ Granulare cementato

FIG. 29 – SEZIONE GEOLOGICA NELL'AMBITO PIANE DI CARNIGLIA

8.1.3. Carta delle frequenze naturali dei terreni

Questo elaborato raffigura tutti i valori delle frequenze naturali dei terreni, desunti sia dalle prove tromografiche reperite presso l'Archivio Comunale che da quelle di nuova esecuzione. Nello specifico, è stato associato a ciascun punto di misura, il valore della frequenza di risonanza fondamentale f_0 , corrispondente al picco significativo della curva a più bassa frequenza e di altri picchi secondari a più alta frequenza (f_i) mettendo inoltre in evidenza, l'eventuale assenza di massimi significativi (nessun massimo relativo significativo nelle funzioni *HVSR* nell'intervallo 0,1 – 20 Hz).

Sulla base delle indicazioni fornite dall'Ufficio Geologico Regionale, si sono adottate le seguenti classi di frequenza:

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

Oltre alla classificazione dei terreni sulla base degli intervalli di frequenza, è stata apportata una distinzione fra zone caratterizzate da alti contrasti di impedenza alla base delle coperture (ampiezza massima curva *HVSR* > 3) e bassi contrasti d'impedenza (con ampiezza *HVSR* < 3).

Per facilitare la lettura dei dati relativi alle frequenze naturali dei terreni, si è scelto di rappresentare i valori, oltre che in forma cartografica (Cfr. **Elaborato 3**), anche attraverso illustrazione tabellare, come meglio descritto, per ciascuna località, nei paragrafi seguenti.

Infine, si evidenzia che, le misure *HVSR* sono state effettuate anche al di sopra delle coperture franose, sia per valutare l'incidenza di tali depositi, sia per fornire interessanti informazioni per futuri livelli di approfondimento.

Area di studio A_1 - Bedonia Centro

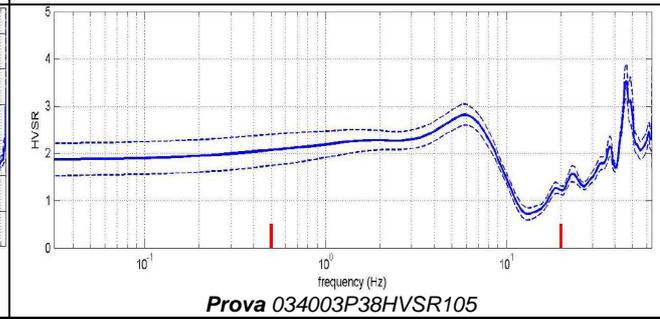
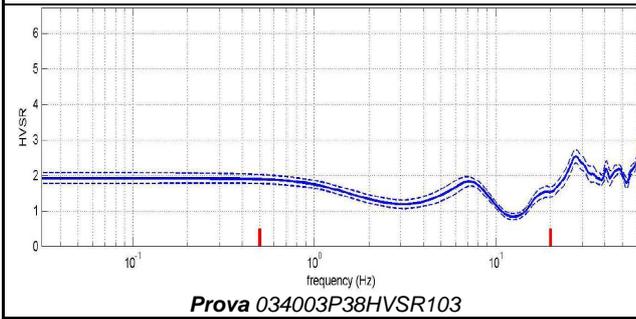
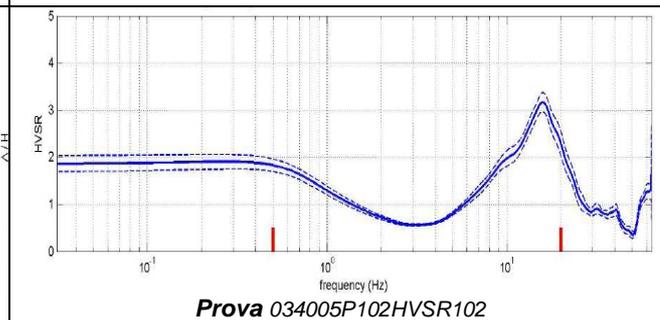
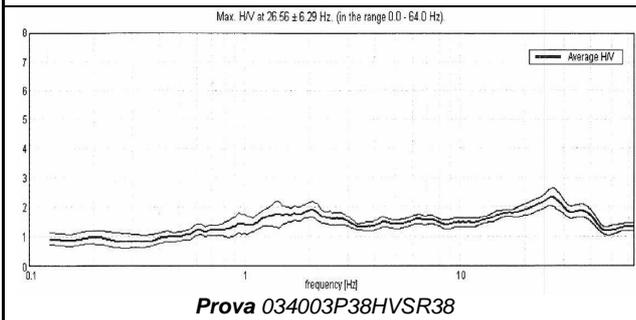
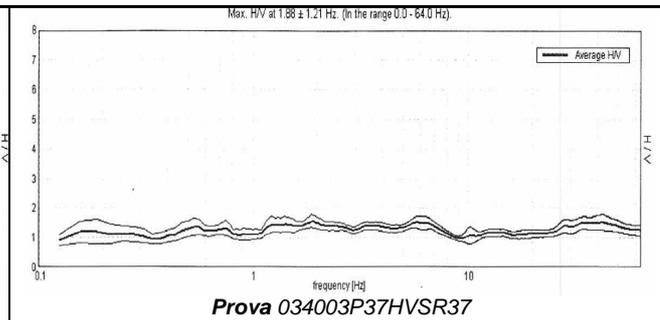
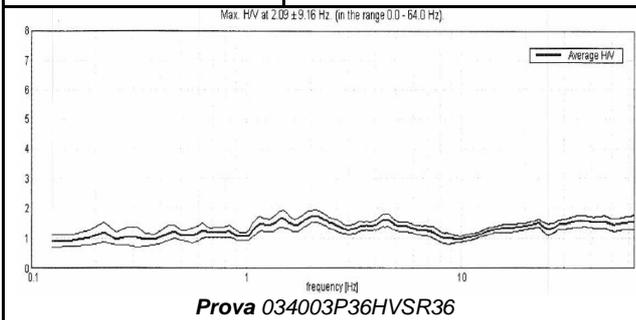
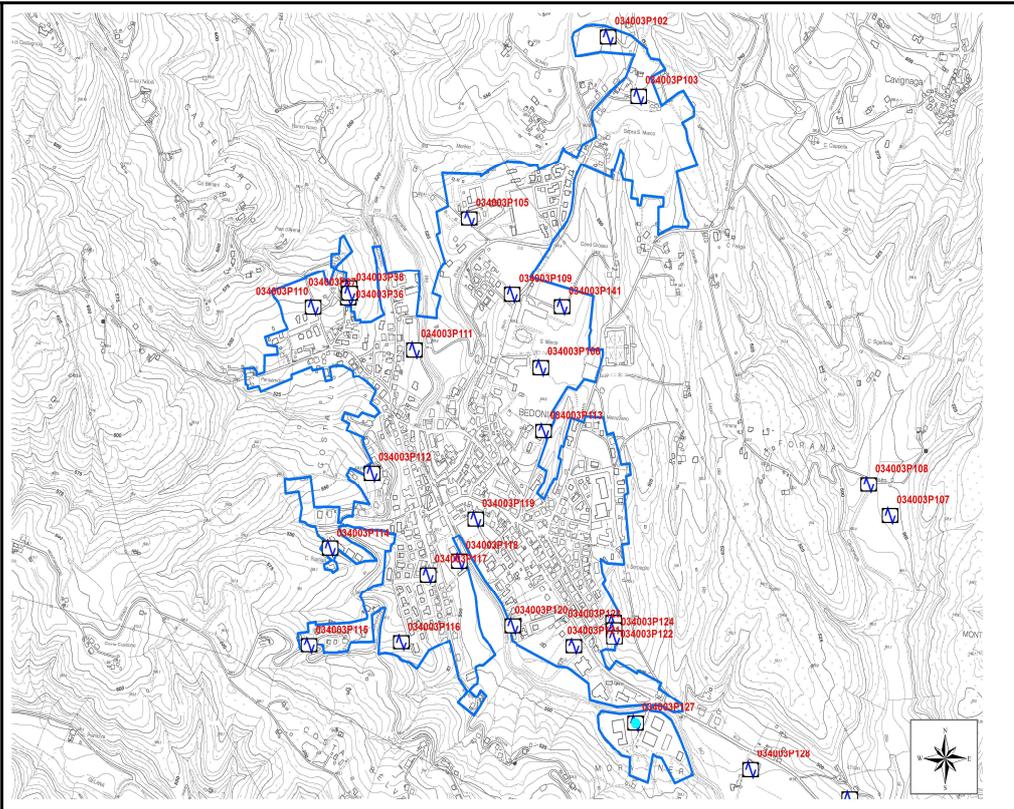
All'interno del territorio urbanizzato e urbanizzabile sono state analizzate complessivamente le risultanze di venticinque prove tromografiche che hanno mostrato curve *H/V* raffigurate in **Fig. 30**, mentre in **Tab. 4** sono state riepilogate tutte le caratteristiche estrapolate da ciascuna indagine (frequenza e ampiezza dei picchi principali e secondari, ubicazione e caratteristiche geologiche). Tutte le informazioni sono state rappresentate in formato grafico all'interno dell'**Elaborato 3 - Area di studio A_1 – Bedonia capoluogo**.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

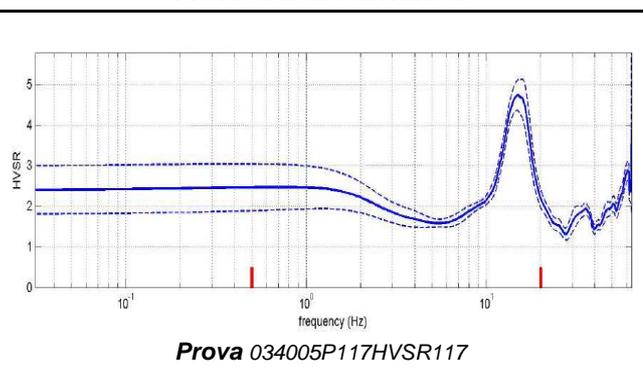
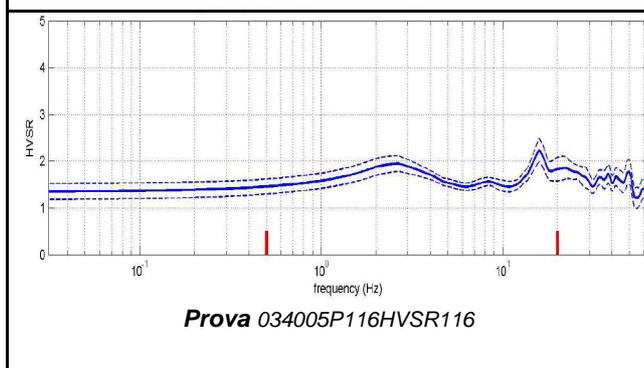
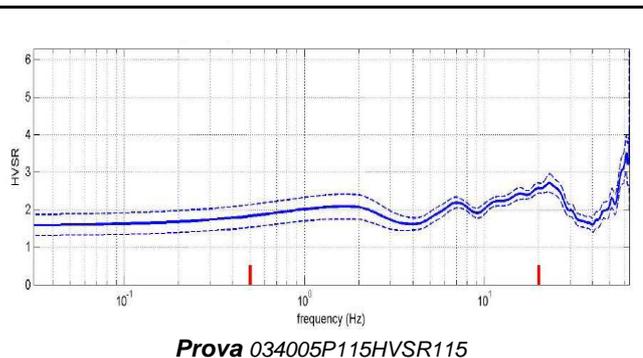
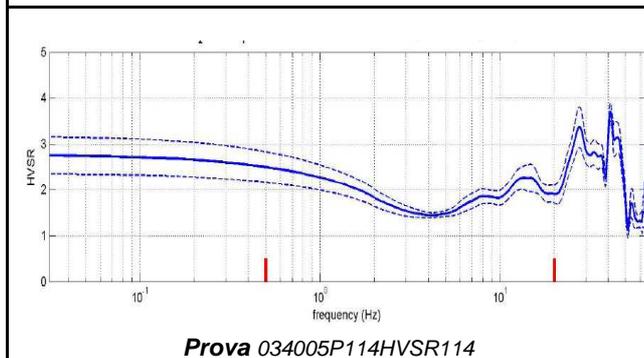
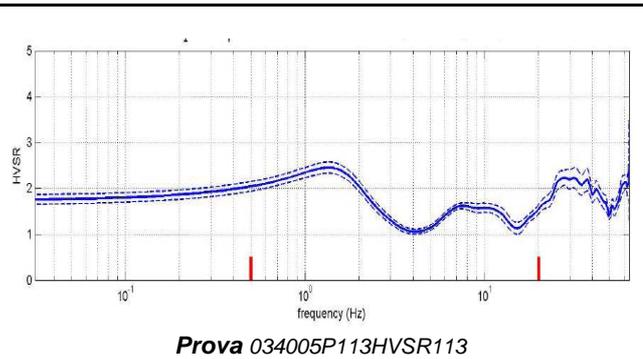
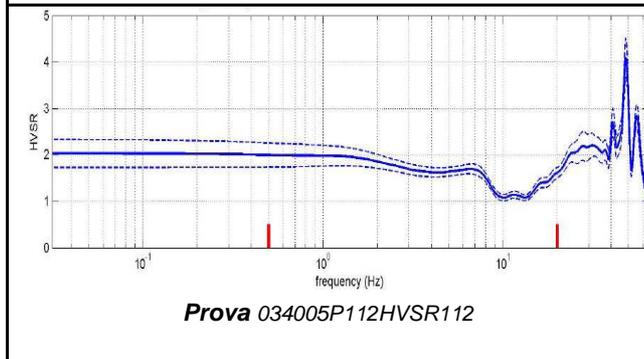
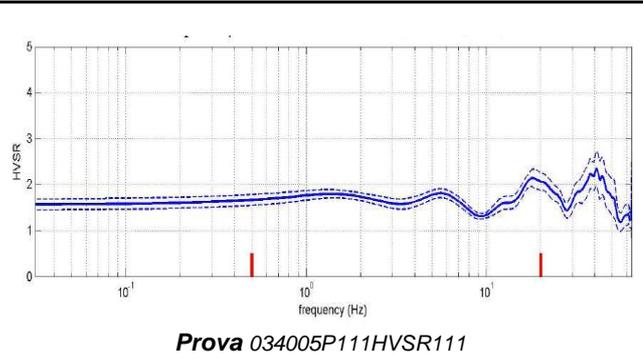
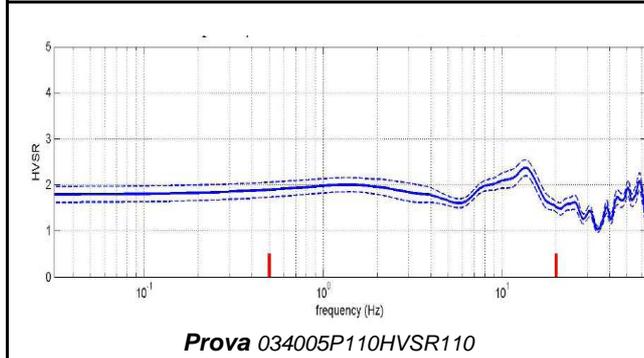
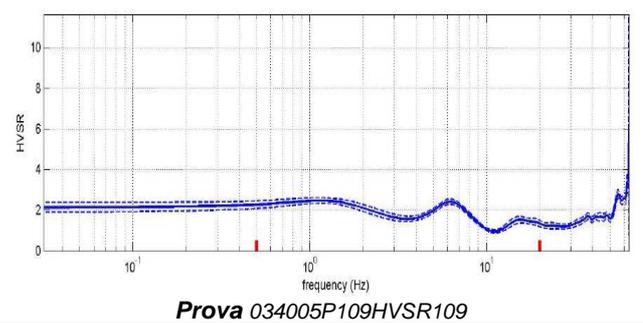
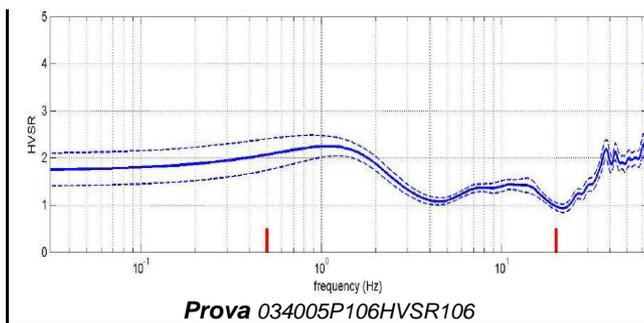
**AREA DI STUDIO
A_1 - BEDONIA
CENTRO**



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

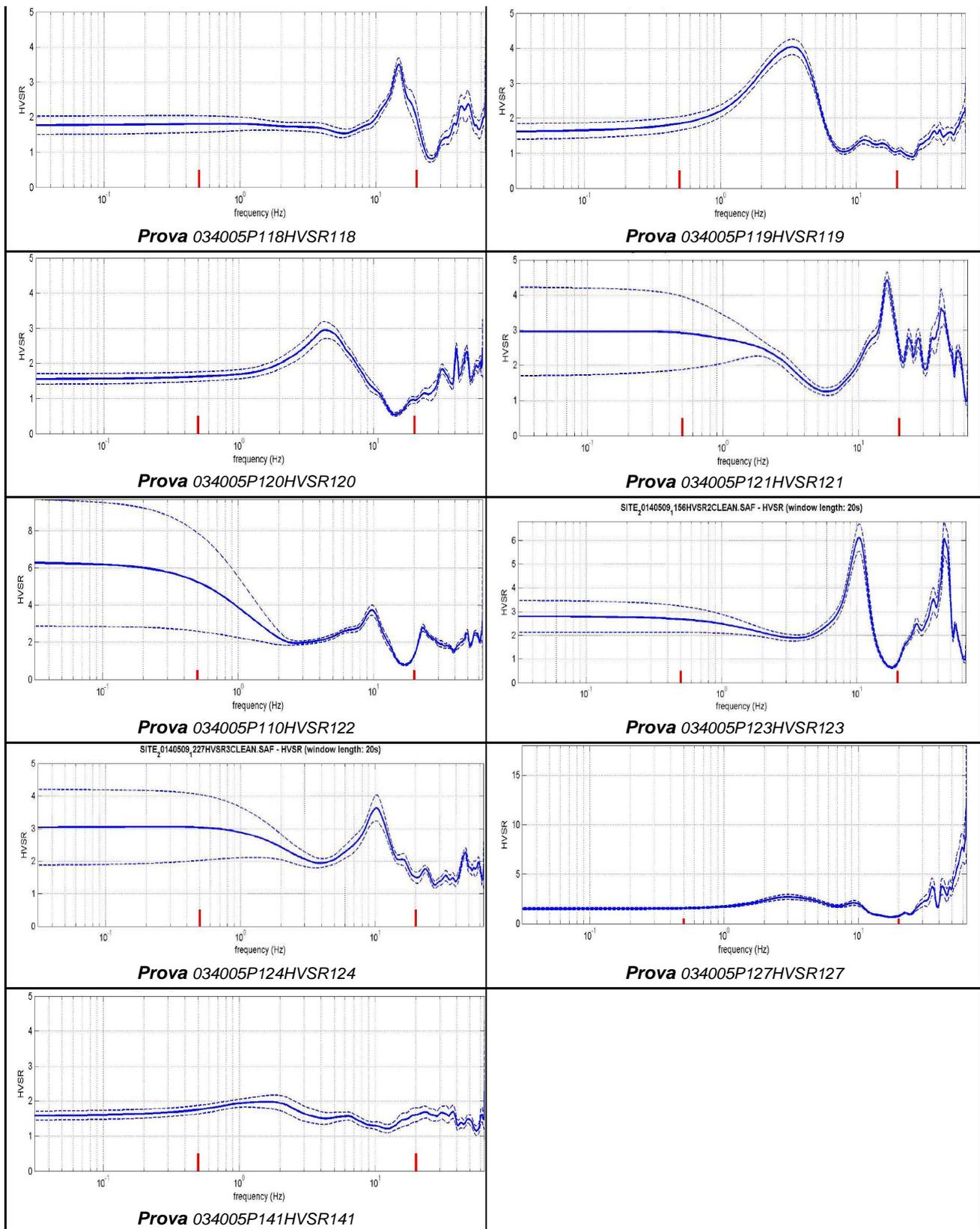


FIG. 30 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI BEDONIA CAPOLUOGO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza
034003P36HVSR36	Pansamora	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	2,09	1,73	
034003P37HVSR37	Pansamora	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	1,88	1,75	
034003P38HVSR38	Pansamora	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	2	1,85	
034003P102HVSR102	Sopra San Marco	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	15,9	3,2	
034003P103HVSR103	Sopra San Marco	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	6,9	1,9	14,5
034003P105HVSR105	Piscina - Campeggio	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	5,9	2,8	
034003P106HVSR106	San Marco	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	1,1	2,8	14,5
034003P109HVSR109	San Marco	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	1,2	2,5	6,22
034003P110HVSR110	Costa Lissera	Coperture franose	13,6	2,4	
034003P111HVSR111	Bedonia	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato	18	2,1	5,62
034003P112HVSR112	Bedonia	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	6,7	1,8	
034003P113HVSR113	Bedonia	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	1,4	2,5	9,24
034003P114HVSR114	Ca' Rustiga	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	14,8	2,6	
034003P115HVSR115	Bedonia	Substrato non rigido coesivo sovraconsolidato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	20	2,6	6,87
034003P116HVSR116	Bedonia	Substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato, sub-affiorante, ricoperto da	15,9	2,2	2,59

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

		<i>depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m</i>			
034003P117HVSR117	Bedonia	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	15	4,7	
034003P118HVSR118	Bedonia	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	14,8	3,5	
034003P119HVSR119	Bedonia - Campo Sportivo	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	3,4	4	
034003P120HVSR120	Bedonia	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	4,4	2,9	
034003P121HVSR121	Bedonia	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato</i>	16,3	4,4	
034003P122HVSR122	Bedonia	<i>Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m</i>	9,8	4	
034003P123HVSR123	Bedonia	<i>Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m</i>	10,4	6,1	
034003P124HVSR124	Bedonia	<i>Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m</i>	10,3	3,6	
034003P127HVSR127	Mora Nera	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	3	2,7	9,8
034003P141HVSR141	San Marco	<i>Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m</i>	1,6	2	

TAB. 4 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO DI BEDONIA CAPOLUOGO

Dalla lettura della tabella emergono molteplici aspetti da evidenziare, relativamente ai valori di frequenza e di ampiezza misurati, e al loro variare in rapporto all'assetto geologico caratteristico del sito.

In generale, le frequenze si mantengono su valori medio-alti (maggiori di 6 Hz, spesso maggiori di 8 Hz), indicando spessori attesi delle coperture minori di 10 metri, condizioni che collimano con le informazioni litostratimetriche disponibili, che identificano un substrato roccioso non rigido a limitate profondità.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

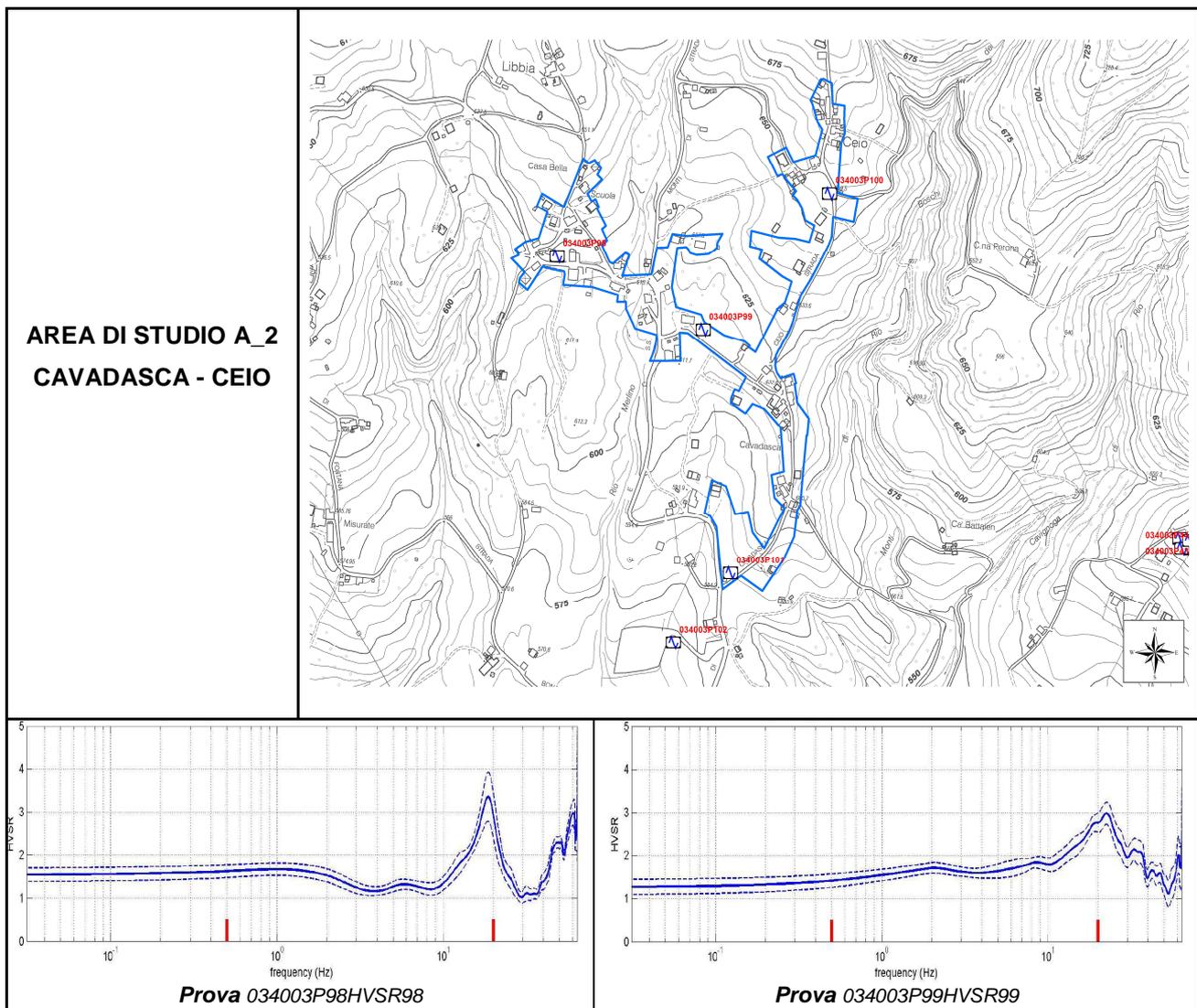
Comune di Bedonia (PR)

Anche i valori delle ampiezze risultano alti (maggiori di 3), per la presenza di una vera e propria superficie di discontinuità, che determina un'elevata differenza di competenza tra i depositi della copertura e quelli del substrato.

Le rimanenti prove che hanno mostrato frequenze e ampiezze medio-basse, mettono in luce un passaggio meno netto tra coperture e substrato, in ragione dell'eterogeneità spaziale dei corpi rocciosi, a cui si aggiunge un intenso grado di fratturazione e alterazione che gli ha pervasi; conseguentemente, il peggioramento delle caratteristiche geotecniche dei terreni più superficiali da reso più graduale il passaggio al sottostante substrato roccioso.

Area di studio A_2 – Cavadasca - Ceio

Così come per l'ambito di Bedonia capoluogo, sono stati riproposti, elaborazioni grafiche e tabellari, relativamente al territorio urbanizzato e urbanizzabile delle località Cavadasca - Ceio (Cfr. **Fig. 31** e **Tab. 5**).



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

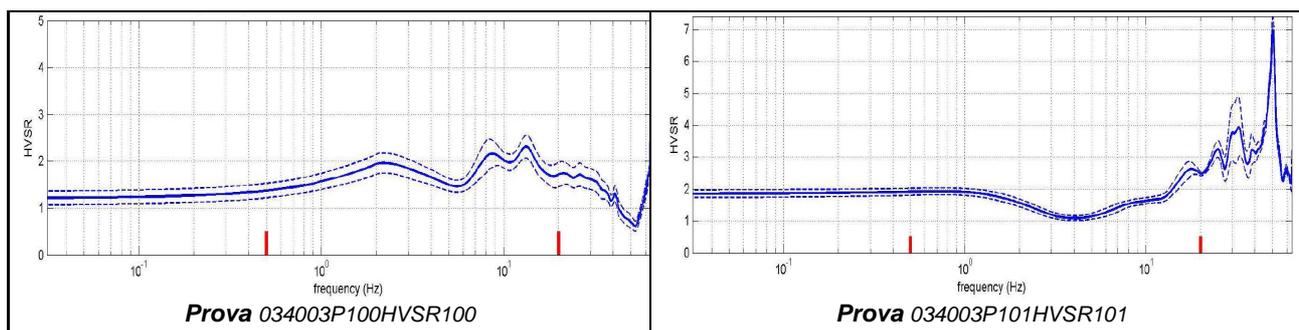


Fig. 31 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI CAVADASCA - CEIO

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza
034003P98HVS100	Casa Bella - Cavadasca	Coperture franose	18,6	3,3	
034003P99HVS100	Cavadasca	Coperture franose	20	2,8	
034003P100HVS100	Ceio	Substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato, sub-affiorante, ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	13,4	2,3	8,69
034003P101HVS101	Cavadasca	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	17,9	2,6	

Tab. 5 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVS ALL'INTERNO DELL'AMBITO CAVADASCA – CEIO

Come raffigurato nell'**Elaborato 3 - Area di studio A_2 – Cavadasca - Ceio**, tutte le misure effettuate hanno mostrato frequenze fondamentali decisamente elevate, sempre maggiori dei 13 Hz, valori che identificherebbero profondità delle superfici di discontinuità tra coperture e substrato minori di 10 metri, in linea con l'ordine di grandezza dello spessore sia dei corpi franosi presenti nell'area che dei depositi eluvio-colluviali che ricoprono il substrato.

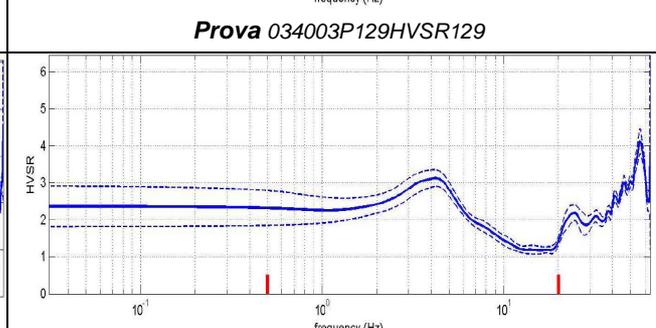
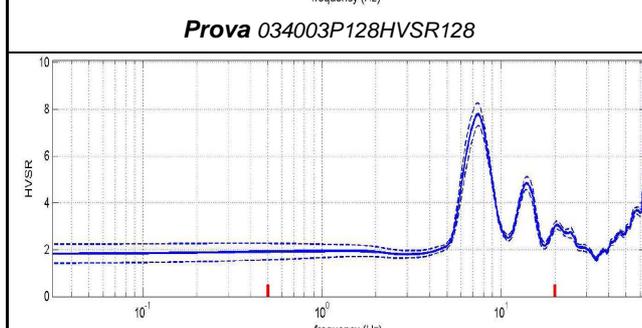
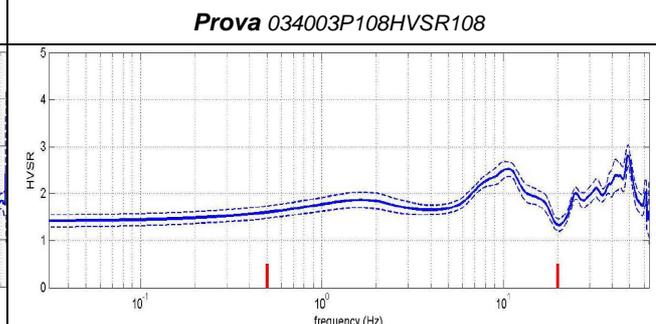
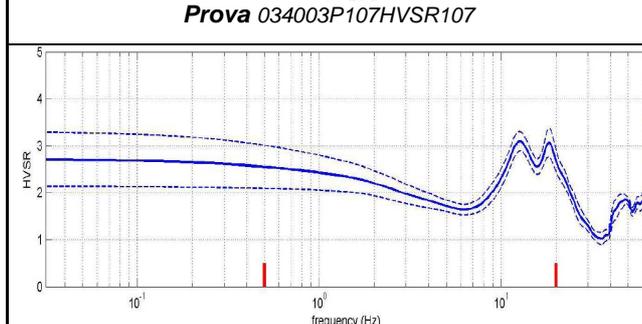
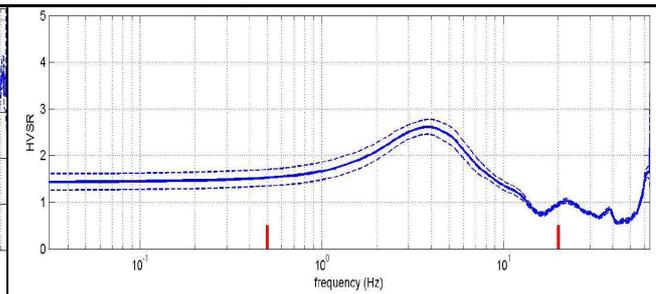
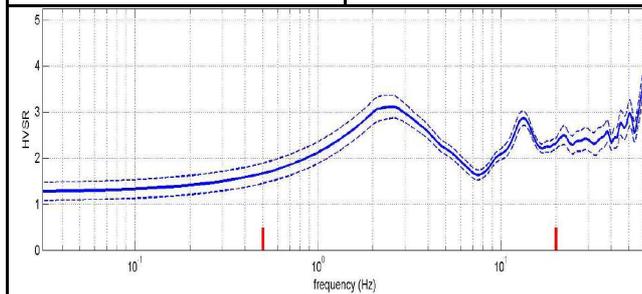
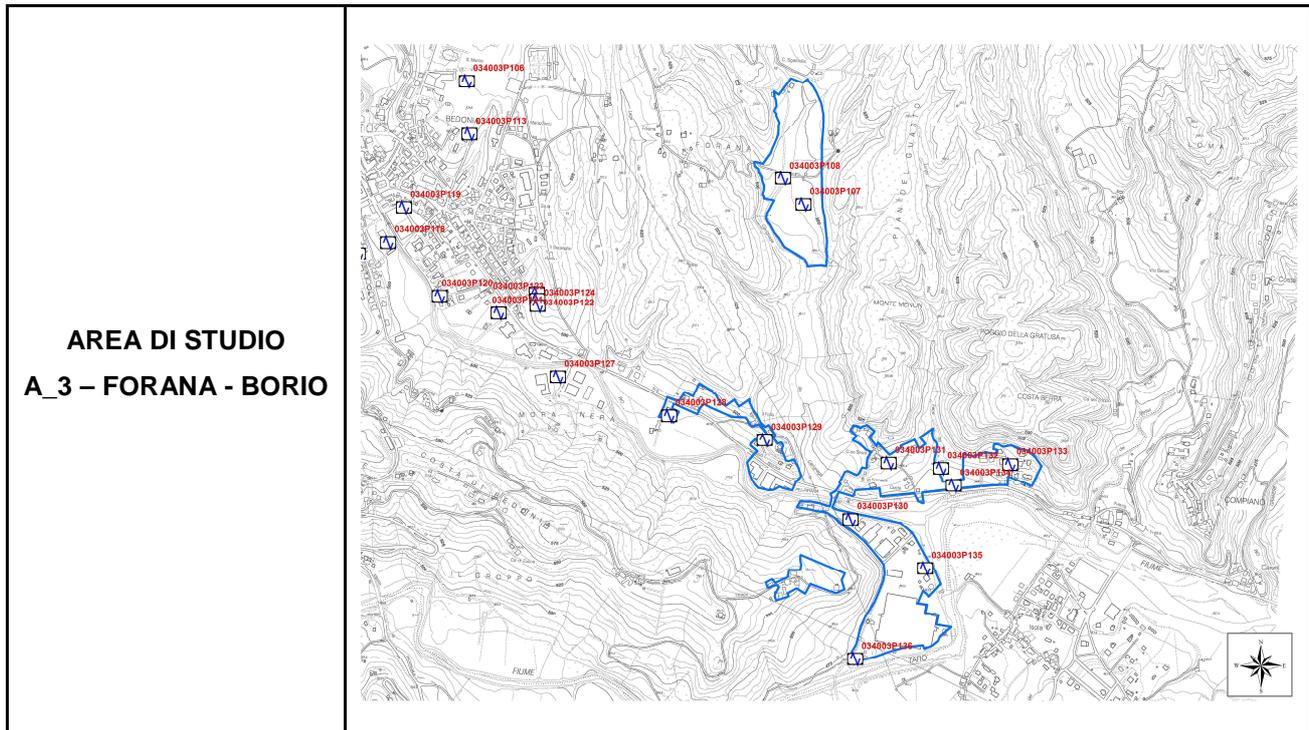
Per quanto concerne la morfologia delle curve H/V, si osservano massimi di ampiezza in corrispondenza delle frequenze principali su valori generalmente di poco inferiori a 3; in subordine, i grafici evidenziano frequentemente almeno un picco secondario particolarmente sviluppato.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Area di studio A_3 – Forana - Borio



RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

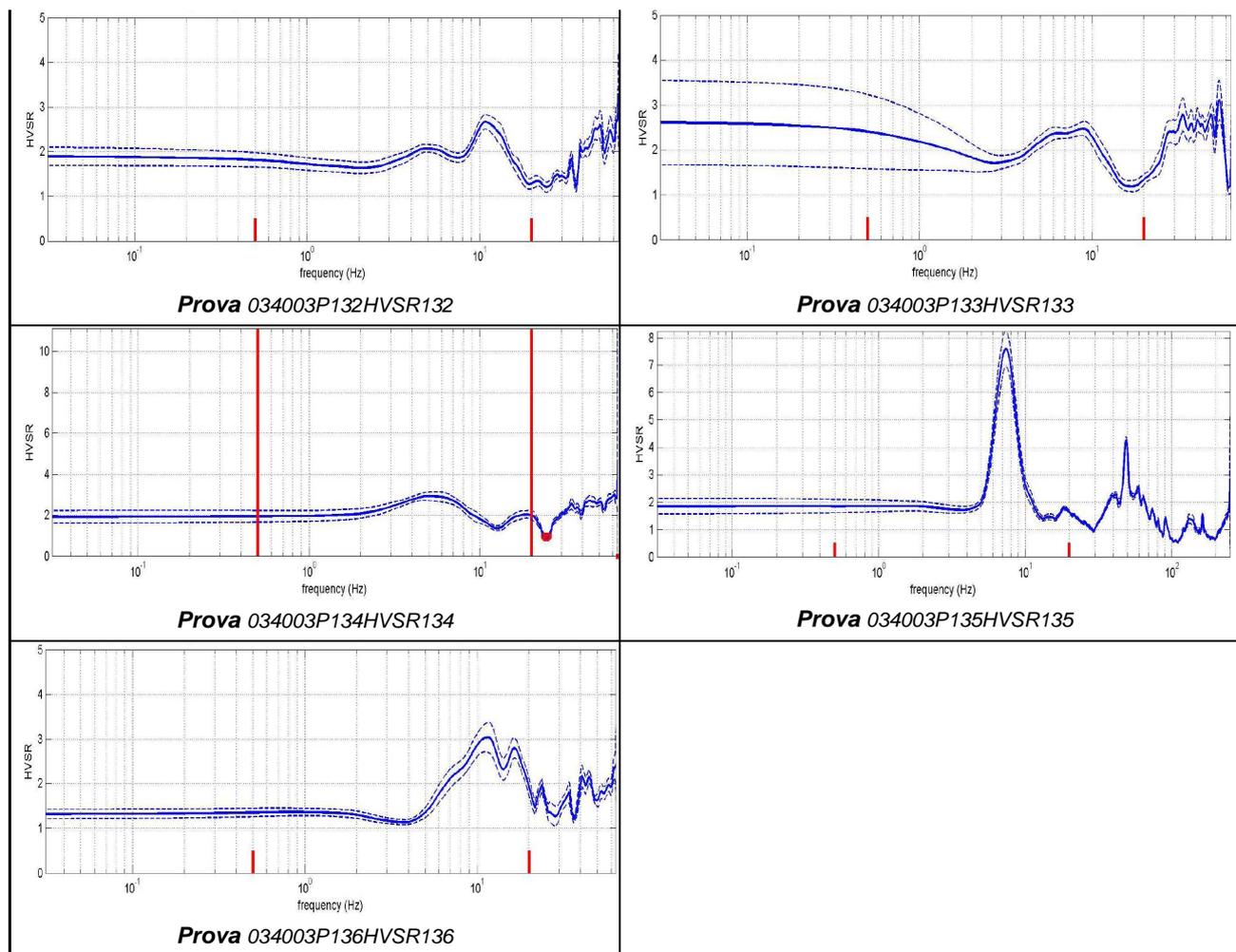


FIG. 32 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI FORANA – BORIO

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza
034003P107HVS107	Forana	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato	2,6	3,1	13,19
034003P108HVS108	Forana	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato	3,9	2,6	
034003P128HVS128	Il Follo	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato	18,7	3,3	12,7
034003P129HVS129	Il Follo	Substrato non rigido granulare cementato sub-affiorante ricoperto da depositi eluvio-colluviali di spessore < 3m	10,7	2,5	
034003P130HVS130	Borio	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di	7,5	7,8	13,94

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

		<i>litotipi stratificato</i>			
034003P131HVSR131	Case Serra	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato</i>	4,2	3,1	
034003P132HVSR132	Costa	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato</i>	10,8	2,7	4,97
034003P133HVSR133	Case Serra	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	9	2,5	
034003P134HVSR134	Costa	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido granulare cementato</i>	5	2,9	19,1
034003P135HVSR135	Borio	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	7,4	7,6	
034003P136HVSR136	Borio	<i>Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 10 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato</i>	11,6	3	16,54

TAB. 6 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO FORANA - BORIO

All'interno dell'areale le frequenze di picco rappresentate nell'**Elaborato 3 - Area di studio A_3 – Forana – Borio**, evidenziano valori generalmente medio-alti, quasi sempre maggiori di 8 Hz, che definiscono superfici di discontinuità a profondità inferiori ai 10 metri, riconducibili alle profondità del passaggio tra i depositi alluvionali e il sottostante substrato (Cfr. **Fig. 32 e Tab. 6**).

Unicamente per le prove eseguite in corrispondenza del centro abitato di Forana, al di sopra delle alluvioni depositate dal Rio di Cavignaga, si sono estrapolati valori di frequenza minori, che si attestano sui 3 Hz, ad indicare un probabile passaggio graduale tra la copertura e il substrato, non evidenziato dai picchi delle curve *H/V* che, al contrario individuano superficie di discontinuità più profonde attorno ai 20÷30 m.

Le ampiezze *H/V* associate ai picchi principali raggiungono valori quasi sempre maggiore ai 3, ad indicare contrasti di impedenza medio-alti.

Le corrispettive grandezze dei picchi secondari diminuiscono leggermente in termini di valore assoluto di ampiezza, mostrando frequenze generalmente più elevate (sino a 19 Hz), che possono essere correlate a discontinuità più superficiali.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Area di studio A_4 – Piane di Carniglia

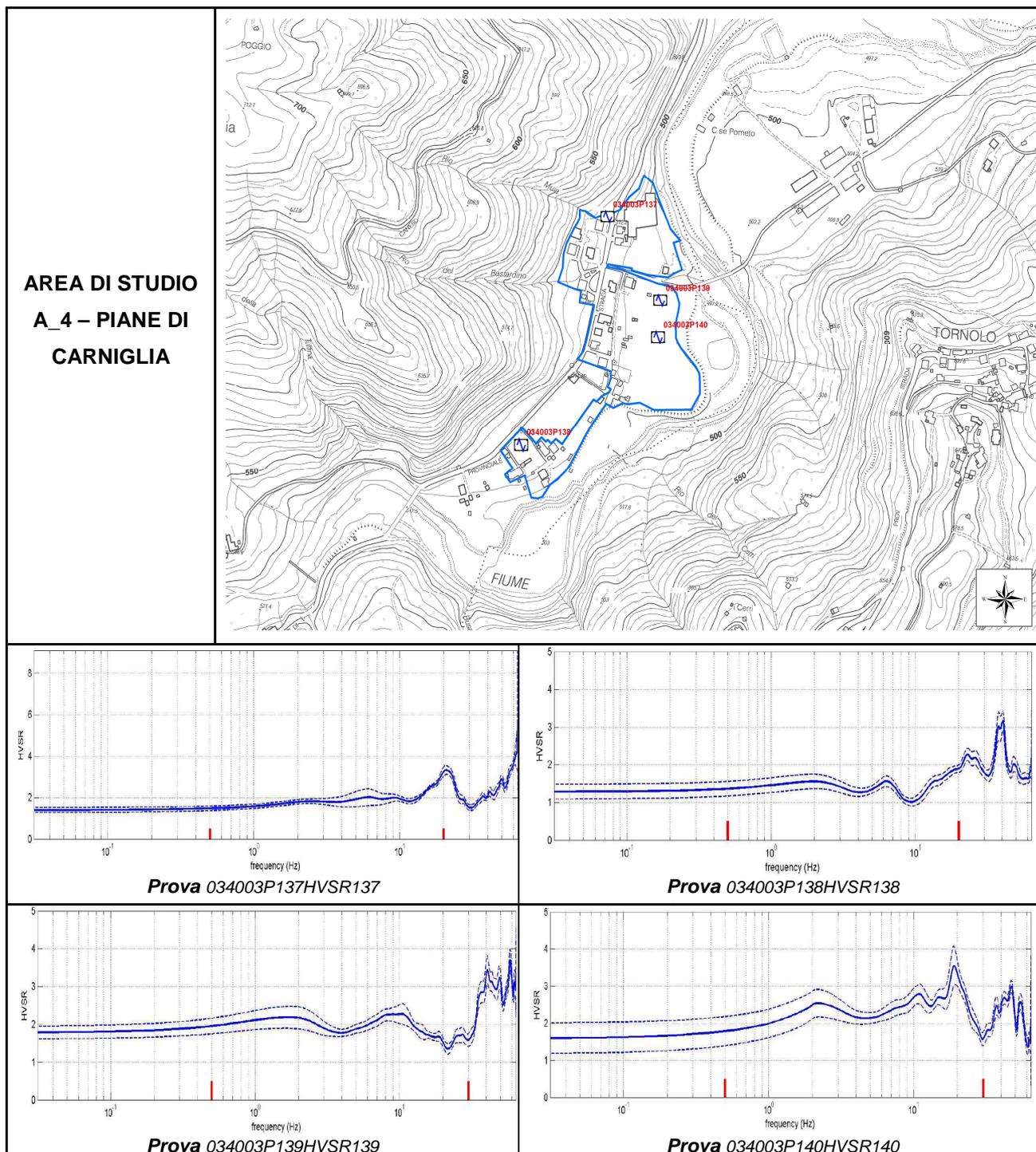


Fig. 33 – CURVE H/V RELATIVE ALL'AREALE DI PIANE DI CARNIGLIA

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Codice prova	Ubicazione	Caratteristiche geologiche	Picco principale f_0		Picco secondario f_1
			Frequenza	Ampiezza H/V	Frequenza
034003P137HVSR137	Piane di Carniglia	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato	20	3,3	
034003P138HVSR138	Piane di Carniglia	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato	20	1,9	6,22
034003P139HVSR139	Piane di Carniglia	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato	10,5	2,3	1,68
034003P140HVSR140	Piane di Carniglia	Depositi alluvionali che ricoprono con spessori medi di circa 5 metri il substrato non rigido costituito da alternanze di litotipi stratificato	18,9	3,5	10,97

TAB. 7 – TABELLA RIASSUNTIVA DELLE FREQUENZE RICAVATE DA PROVE HVSR ALL'INTERNO DELL'AMBITO DI PIANE DI CARNIGLIA

Come si può osservare dalla carta geologico-tecnica, la località di Carniglia è posta interamente al di sopra di un terrazzo alluvionale edificato dal F. Taro. Il contesto geologico appare confermato dai risultati delle prove HVSR (**Elaborato 3 - Area di studio A_4 – Piane di Carniglia**), che evidenziano valori di frequenza piuttosto elevati (sempre maggiori di 10 Hz), compatibili con spessori delle coperture alluvionali pari a circa 5÷10 metri (Cfr. **Fig. 33** e **Tab. 7**).

Le ampiezze dei rapporti H/V oscillano attorno a valori pari a 3, in ragione dei limitati contrasti di impedenza esistenti tra le alluvioni ed il substrato, che nell'areale appare intensamente fratturato e alterato.

8.1.4. Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica

Rappresenta il documento fondamentale di questo livello di approfondimento in quanto, si ottiene dalle cartografie precedenti, mediante elaborazione dei tematismi geologico-morfologici e dei dati litostratigrafici forniti dalle indagini geognostiche e geofisiche.

L'obiettivo principale di detto elaborato, riguarda la suddivisione del territorio in aree omogenee caratterizzate da una diversa suscettibilità a fenomeni di amplificazione locale indotti dal sisma.

Viene predisposta con l'intento di definire, per ciascuna area, gli effetti attesi prodotti dall'azione sismica (amplificazioni, instabilità di versante, liquefazione, ecc.) e gli eventuali approfondimenti da affrontare.

In particolare, nella MOPS (Cfr. **Elaborato 4**), il territorio viene suddiviso nelle seguenti tre classi:

- **Zone stabili:** riguardano quelle zone che, ad esclusione dello scuotimento, funzione dell'energia e della distanza dell'evento, non presentano effetti di alcuna natura. Trattasi di aree in cui il substrato

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

roccioso, caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s > 800$ m/s, risulta affiorante o sub-affiorante (con spessori delle coperture minori di 3 m), con morfologia pianeggiante o poco inclinata (versanti con inclinazione inferiore a circa 15°). All'interno di queste aree non sono richiesti approfondimenti supplementari. Si evidenzia comunque che, in nessuna delle realtà studiate, si sono rilevate le condizioni suddette;

- **Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali:** all'interno di queste aree sono attese amplificazioni del moto sismico, come effetto della situazione litostratigrafica e morfologica locale. Raggruppano le zone dove sono presenti terreni di copertura, coltri di alterazione del substrato, substrato molto fratturato, o substrato caratterizzato da velocità di propagazione delle onde di taglio $V_s < 800$ m/s. Gli spessori di questi terreni devono essere superiori ai 3 m. Per queste aree, si prevedono affetti attesi di amplificazione stratigrafica con la richiesta di approfondimenti del II° Livello;
- **Zone suscettibili d'instabilità:** rientrano in questa categoria le aree che, oltre ad essere soggette ad amplificazioni del moto sismico, possono dar luogo a instabilità (aree di frana attiva, aree di frana quiescente, aree soggette a cedimenti differenziali e/o liquefazione, aree di faglia, ecc..). Per tali aree sono previsti approfondimenti di III° Livello.

Ad ogni microzona, è stata associata una successione stratigrafica rappresentativa, ricostruita attraverso l'analisi dei dati forniti sia dalle indagini geognostiche preesistenti, che da quelle ex-novo.

Nel complesso, nei territori urbanizzati e urbanizzabili sono state individuate 5 microzone omogenee, come descritto di seguito.

- **Zona 1:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido coesivo consolidato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio inferiore a 3,00 m (Cfr. **Fig. 34**). Si rileva esclusivamente in destra idrografica del T. Pelpirana, nella porzione più elevata del centro abitato di Bedonia (**Area di studio A_1 Bedonia Centro**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

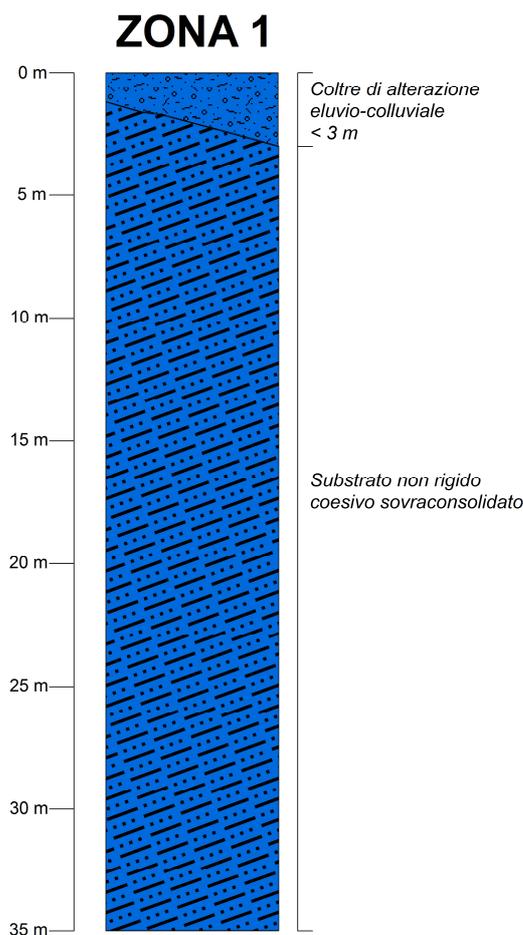


Fig. 34 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 1

- **Zona 2:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio inferiore a 3,00 m (Cfr. **Fig. 35**). E' stato individuato su un piccolo areale a ridosso del confine sud-occidentale dell'areale di Bedonia capoluogo (**Area di studio A_1 Bedonia Centro**), nel settore orientale dell'ambito **A_2 Cavadasca-Ceio**, in corrispondenza della località Borio (**Area di studio A_3 Forana-Borio**) e in prossimità dei primi rilievi di Piane di Carniglia (**Area di studio A_4 Piane di Carniglia**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

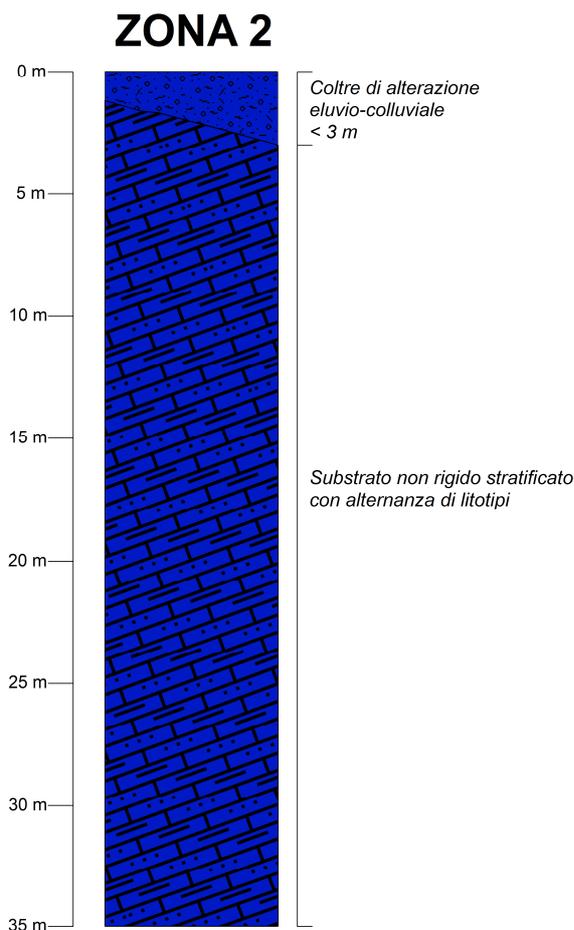


FIG. 35 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 2

- **Zona 3:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido granulare cementato ricoperto da una coltre di alterazione di spessore medio inferiore a 3,00 m. Questi depositi poggiano a una profondità di almeno 20 metri da p.c. ad un substrato non rigido stratificato con alternanza di litotipi quale quello della **Zona 2**. La colonnina caratteristica (Cfr. **Fig. 36**) contraddistingue i rilievi sul versante sinistro del T. Pelpirana a Bedonia capoluogo (**Area di studio A_1 Bedonia Centro**), l'estremità meridionale dell'ambito **A_2 Cavadasca-Ceio**, alcune aree marginali alle località Il Follo, La Costa, Forana (**Area di studio A_3 Forana-Borio**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

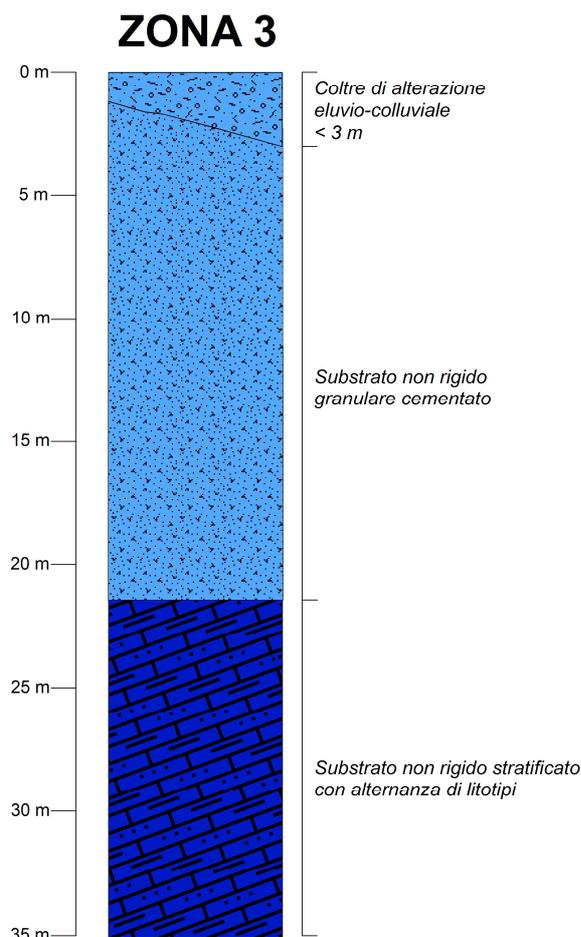


Fig. 36 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 3

- **Zona 4:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre, a granulometria mista prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a circa 5,00 m (Cfr. **Fig. 37**). Si trova in destra idrografica, in adiacenza al corso del T. Pelpirana all'interno del perimetro urbanizzato di Bedonia capoluogo (**Area di studio A_1 Bedonia Centro**),, una piccola area terrazzata in località Piana del Mulino in sinistra idrografica del F. Taro (**Area di studio A_3 Forana-Borio**), inoltre ricopre quasi tutta la totalità dell'ambito di Piane di Carniglia (**Area di studio A_4 Piane di Carniglia**).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

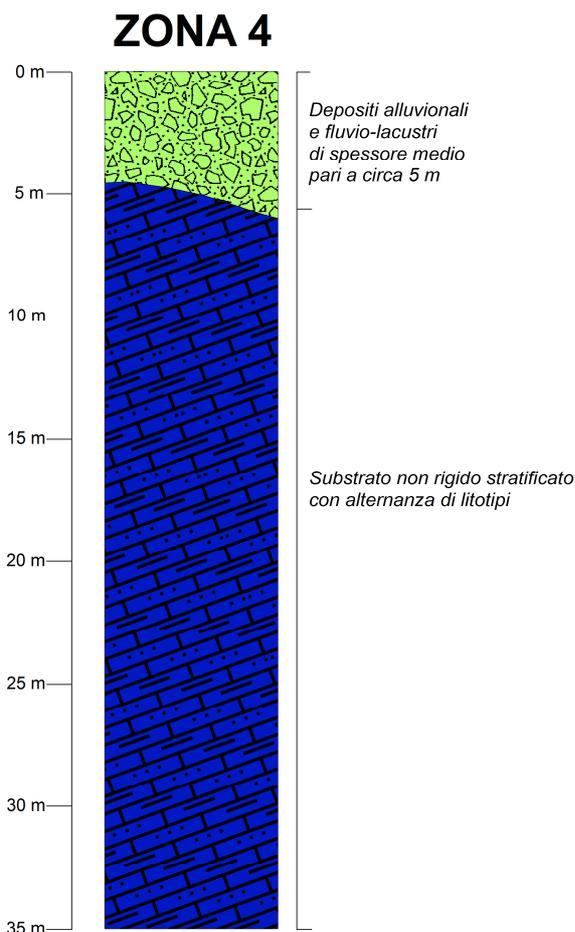


FIG. 37 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 4

- **Zona 5:** Successione stratigrafica costituita da substrato non rigido ricoperto da depositi di origine alluvionale e fluvio-lacustre, a granulometria mista prevalentemente ghiaiosi, di spessore medio pari a circa 10,00 m (Cfr. **Fig. 38**). Caratterizza le aree perifluviali del T. Pelpirana, sia a Bedonia capoluogo (**Area di studio A_1 Bedonia Centro** - in sinistra idrografica), sia nell'ambito **A_3 Forana-Borio** (in sinistra idrografica del F. Taro, in destra e sinistra idrografica del T. Pelpirana e del Rio Cavignaga).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE
Comune di Bedonia (PR)

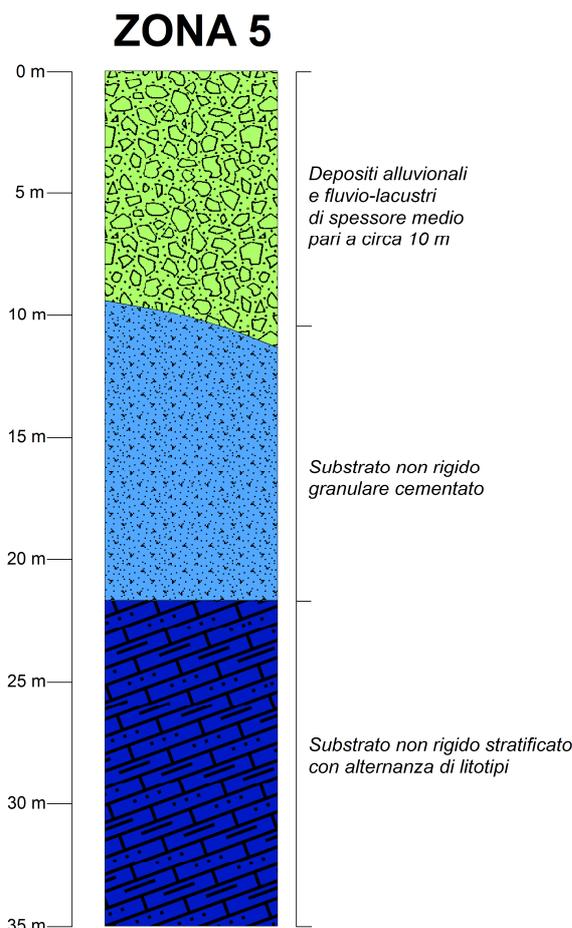


FIG. 38 – PROFILO STRATIGRAFICO RAPPRESENTATIVO DELLA ZONA 5

Oltre alla suddivisione in microzone dei centri abitati oggetto di studio, nelle carte delle *MOPS* è stata valutata in via preliminare la possibile presenza sul territorio di aree meritevoli di attenzione per l'amplificazione topografica.

Dall'analisi è emerso chiaramente che la componente di amplificazione dovuta alla topografia può essere ritenuta irrilevante in quanto, in tali ambiti, per lo più localizzati su zone di fondovalle prevalgono pendii da debolmente a mediamente inclinati e che le maggiori pendenze che possono raggiungere i 25° - 26° , si distribuiscono su dislivelli sempre inferiori ai 30 metri.

8.2 II° livello di approfondimento

Questo livello si pone come obiettivo principale la quantificazione numerica dell'amplificazione del segnale sismico in superficie, ottenibile attraverso metodi semplificati che prevedono l'utilizzo di abachi regionalizzati. Inizialmente si analizzano gli elaborati del livello precedente, allo scopo di evidenziare eventuali incertezze nella zonizzazione, apportando le opportune riperimetrazioni e integrazioni, anche in termini di realizzazione di nuove indagini.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Successivamente, a ciascuna microzona viene associata una quantificazione numerica (fattore di amplificazione), descrittiva degli effetti attesi in sito e ottenuta con metodi semplificati.

8.2.1. Carta delle velocità delle onde S (V_S)

Raffigura, per ciascun punto di misura *HVSR*, nonché per ogni stendimento tipo *MASW*, i valori delle velocità delle onde *S* relativamente ai primi 30 m di profondità (V_{S30}) o, in alternativa, quando l'interfaccia copertura substrato si trova a profondità *H* maggiori di 3 m, i valore di V_{S_H} , determinati secondo le formule di seguito riportate:

$$V_{S_H} = \frac{H}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

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*)

$$V_{S_{30}} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

Dove:

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)

Si evidenzia che, per l'individuazione della profondità *H* corrispondente all'interfaccia substrato - terreni di copertura, si è intercettato sul profilo di velocità il contrasto di impedenza più significativo.

Nei successivi paragrafi vengono riportati i risultati a cui si è pervenuti nei quattro ambiti oggetto di studio, raffigurati nelle corrispondenti finestre dell'**Elaborato 5**.

Area di studio A_1 – Bedonia Centro

Nella tabella seguente si riportano i valori di V_{S_H} e $V_{S_{30}}$ relativamente a ciascuna prova *HVSR* e *MASW* realizzata all'interno dell'ambito di Bedonia Centro.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Codice Prova	Vs₃₀ (m/s)	Vs_H (m/s)
034003P102HVS102		227
034003P103HVS103		228
034003P105HVS105		198
034003P106HVS106		245
034003P109HVS109		240
034003P110HVS110		264
034003P111HVS111	470	
034003P112HVS112	491	
034003P113HVS113		283
034003P114HVS114	556	
034003P115HVS115	534	
034003P116HVS116		285
034003P117HVS117		179
034003P118HVS118		260
034003P119HVS119		244
034003P120HVS120		198
034003P121HVS121	408	
034003P122HVS122		212
034003P123HVS123		204
034003P124HVS124		212
034003P127HVS127		241
034003P141HVS141		219
034003L1MASW1		224
034003L2MASW2		421
034003L4MASW4		315
034003L5MASW5		305
034003L6MASW6		326
034003L8MASW8		256
034003L9MASW9		314
034003L10MASW10		281
034003L11MASW11	717	
034003L13MASW13		289
034003L14MASW14		191
034003L15MASW15		289
034003L17MASW17		339
034003L19MASW19		212

TAB. 8 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO VS PER L'AREALE DI BEDONIA CAPOLUOGO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Dalla tabella suddetta si evidenzia che, le V_{sH} , nettamente prevalenti in numero, così come le V_{s30} mostrano un *range* di valori piuttosto ampio. Le prime variano da 179 m/s a 421 m/s, con medie di circa 257 m/s, mentre i casi di studio in cui lo spessore H risulta minore di 3 m sono pochi, circa il 15% del totale, con valori che vanno da 408 m/s a 717 m/s e una media di 529 m/s.

Area di studio A_2 – Cavadasca – Ceio

Di seguito vengono riproposti in forma tabellare i valori di V_{sH} e V_{s30} ricavati da prove HVSR, per le località di Cavadasca e Ceio (Cfr. **Tab. 9**).

Codice Prova	V_{s30} (m/s)	V_{sH} (m/s)
034003P98HVSR98	444	
034003P99HVSR99	497	
034003P100HVSR100		328
034003P101HVSR101	395	

TAB. 9 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s PER L'AREALE DI CAVADASCA – CEIO

All'interno dei centri abitati di Cavadasca - Ceio si è registrato un valore di V_{sH} pari a 328 m/s, mentre, le altre misure hanno evidenziato spessori di H sempre inferiori ai 3 m, con V_{s30} variabili da 395 m/s a 497 m/s e una media di 445 m/s.

Area di studio A_3 – Forana – Borio

Le dodici misure realizzate all'interno delle località Forana - Borio, hanno fornito i risultati contenuti nella **Tab. 10**.

Codice Prova	V_{s30} (m/s)	V_{sH} (m/s)
034003P107HVSR107		286
034003P108HVSR108		298
034003P128HVSR128	541	
034003P129HVSR129		250
034003P130HVSR130		220
034003P131HVSR131		280
034003P132HVSR132		209
034003P133HVSR133		208
034003P134HVSR134		245
034003P135HVSR135		212
034003P136HVSR136		248
034003L18MASW18		298

TAB. 10 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s PER GLI AREALI DI FORANA - BORIO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Dalla lettura della tabella, si osserva che solo l'elaborazione di una prova ha restituito spessori di H inferiori a 3 m ($V_{s30} = 541$ m/s), per il resto i valori di V_{sH} determinati, mostrano una distribuzione abbastanza omogenea, essendo contenuti nell'intervallo 208÷298 m/s e caratterizzati una media di circa 250 m/s.

Area di studio A_4 – Piane di Carniglia

Nell'ambito d'interesse relativo al centro abitato di Piane di Carniglia, sono stati determinati i valori delle velocità delle onde di taglio contenuti nella tabella seguente, attraverso l'analisi di quattro prove *HVSR* e di una prova *HVSR*.

Codice Prova	V_{s30} (m/s)	V_{sH} (m/s)
034003P137HVSR137	539	
034003P138HVSR138	543	
034003P139HVSR139		301
034003P140HVSR140		304
034003L16MASW16		304

TAB. 11 – TABELLA RIEPILOGATIVA DELLE VELOCITÀ DELLE ONDE DI TAGLIO V_s PER L'AREALE DI PIANE DI CARNIGLIA

Sulle cinque misure analizzate, due hanno messo in luce spessori di H minori di 3 metri, con valori di V_{s30} alquanto simili (539 m/s e 543 m/s). Anche le indagini rimanenti sono contraddistinte da un ristretto *range* di valori delle V_{sH} , che si attestano attorno ai 300 m/s.

8.2.2. Carta di microzonazione Livello 2

In questo paragrafo verranno illustrati i metodi utilizzati per ottenere la valutazione dei fattori di amplificazione sismica per analisi del II° livello di approfondimento, facendo riferimento agli indirizzi contenuti all'interno della *Delibera dell'Assemblea Legislativa n° 112 – Oggetto n° 2131 del 02/05/2007 - "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica" – Allegato A2*.

Per calcolare i fattori di amplificazione ($F.A.$) relativi al suolo **A** richiesti nell'analisi semplificata, si sono impiegati i valori della profondità del *bedrock* sismico (H) e della velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}).

Entrando all'interno delle tabelle contenute nell'*Allegato A2* del suddetto atto d'indirizzo, con i valori calcolati dalle formule sopraelencate si sono ottenuti i valori di $F.A.$ in funzione sia di $P.G.A.$, quantificabile come rapporto di accelerazione massima orizzontale in superficie e al *bedrock* (PGA/PGA_0), che dell'Intensità Spettrale, quest'ultima determinata negli intervalli di periodo $0,1s \div 0,5s$ e $0,5s \div 1,0s$.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Nella totalità dei casi, è stata impiegata unicamente la tabella corrispondente a substrato marino con $V_s < 800$ m/s, dato che sulla base dei dati forniti dai profili sismici non si è mai rilevata la presenza di substrato geologico rigido ($V_s > 800$ m/s).

Nello specifico, per tali terreni si possono impiegare le seguenti tabelle, proposte nell'*Allegato 2* degli indirizzi regionali, paragrafo *A2.1.1 - APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO*, degli indirizzi regionali:

- Tabelle riportate in **Tab. 12** quando il substrato marino risulta affiorante o sub-affiorante
- Tabelle riportate in **Tab. 13** quando il substrato marino non risulta affiorante o sub-affiorante

F.A. P.G.A.

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.5	1.4	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{S30}	450	500	600	700	800
F.A.	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0

TAB. 12 – TABELLE PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO IN CASO SUBSTRATO MARINO AFFIORANTE CARATTERIZZATO DA $V_s < 800$ M/S (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

F.A. P.G.A.

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	2.0	1.7	1.5	1.4	1.3	1.2	1.2	1.2	1.1	1.0
10	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.5	2.2	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.3	2.2	2.1	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.1	1.0
25	2.1	2.1	2.1	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	1.9	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
35	1.8	1.9	2.0	1.9	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
40	1.7	1.9	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.1s < T_0 < 0.5s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3	1.2	1.1	1.0
15	2.6	2.2	1.9	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
20	2.6	2.5	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.6	2.3	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1	1.0
30	2.2	2.4	2.3	2.1	1.9	1.7	1.6	1.3	1.1	1.0
35	2.0	2.2	2.3	2.2	1.9	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0
40	1.8	2.0	2.3	2.3	2.1	1.8	1.6	1.4	1.2	1.0

F.A. INTENSITA' SPETTRALE - $0.5s < T_0 < 1.0s$

V_{sH} H	200	250	300	350	400	450	500	600	700	800
5	1.4	1.4	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.1	1.0
10	1.6	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.1	1.0
15	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.2	1.0
20	2.1	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.2	1.0
25	2.4	2.4	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.0
30	2.8	2.8	2.4	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.0
35	3.0	2.9	2.7	2.1	1.7	1.6	1.5	1.3	1.3	1.0
40	3.1	3.0	2.8	2.3	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.0

TAB. 13 – TABELLE PER IL CALCOLO DEL FATTORE DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA APPENNINO E MARGINE APPENNINICO-PADANO IN CASO SUBSTRATO MARINO NON AFFIORANTE CARATTERIZZATO DA $V_s < 800$ M/S (DA ALLEGATO 2 DEGLI INDIRIZZI REGIONALI)

Riguardo ai risultati conseguiti nel corso del primo livello di approfondimento, occorre evidenziare innanzitutto che, sulla base dell'omogeneità dei dati forniti dalle prove sismiche, si è ritenuto opportuno mantenere i perimetri delle diverse microzone. Chiaramente, i valori di V_{s30} e V_{sH} ottenuti, hanno determinato in alcuni casi, raggruppamenti in una stessa classe di amplificazione, di aree appartenenti a microzone differenti.

Anche per la definizione della profondità del tetto del substrato non rigido, le analisi sviluppate sulle prove sismiche hanno mostrato generali analogie con quanto raffigurato per ciascuna microzona nel **paragrafo 8.1.4.**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE

Comune di Bedonia (PR)

Conseguentemente, per la determinazione dei fattori di amplificazione, sono state impiegate sia le tabelle relative al substrato marino affiorante caratterizzato da $V_s < 800$ m/s (**Tab. 12**), sia quelle del substrato non rigido non affiorante (**Tab. 13**), entrando rispettivamente con i valori medi delle V_{s30} e V_{sH} per ciascuna zona omogenea.

Riassumendo, per gli areali oggetto di microzonazione definiti nel paragrafo **8.1.4**, sono stati attribuiti i valori riportati nella seguente tabella:

FATTORI DI AMPLIFICAZIONE	ZONE			
	1	2	3	4
F.A. P.G.A.	1,3	1,4	1,7	2,0
F.A. I_s ($0.1s < T_0 < 0.5s$)	1,4	1,5	1,9	1,9
F.A. I_s ($0.5s < T_0 < 1.0s$)	1,4	1,4	1,4	1,5

TAB. 14 – VALORI DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE SISMICA STRATIGRAFICA PER CIASCUNA MICROZONA

Una volta calcolata l'entità dell'amplificazione sismica generata dai soli fattori stratigrafici, dato che la componente aggiuntiva legata alla topografia non produce effetti significativi in termini amplificativi, sono state ricostruite le carte di amplificazione sismica Livello 2 per ciascuna località di studio (F.A._{P.G.A.}, F.A. _{$I_{s,0.1s < T_0 < 0.5s}$} e F.A. _{$I_{s,0.5s < T_0 < 1.0s}$}), impiegando gli accorpamenti indicati dagli **SRAI** (Cfr. **Elaborati 6.1, 6.2 e 6.3**). Nel dettaglio, si sono individuate le 4 zone stabili suscettibili di amplificazioni elencate nella figura seguente.

Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali

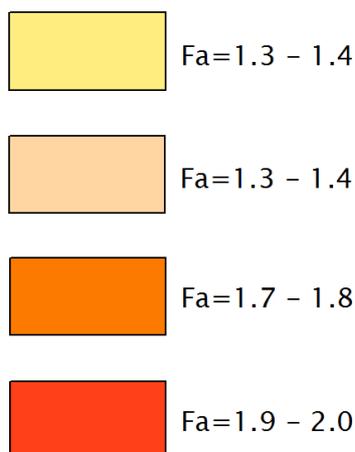


Fig. 39 - LEGENDA ADOTTATA PER L'ACCORPAMENTO DEI FATTORI DI AMPLIFICAZIONE NELLE ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI LOCALI – AMBITI DI BEDONIA CENTRO, CAVADASCA – CEIO, FORANA – BORIO, PIANE DI CARNIGLIA

Negli stessi elaborati sono state cartografate le aree suscettibili di instabilità di versante, sia attive che quiescenti, caratterizzate in legenda dalla rappresentazione grafica di **Fig. 40**. Per queste aree dovranno essere effettuati approfondimenti di terzo livello.

Zone di attenzione per instabilità



ZA_{FR,A} - Zona di attenzione per instabilità di versante attiva



ZA_{FR,Q} - Zona di attenzione per instabilità di versante quiescente

FIG. 40 - LEGENDA ADOTTATA PER LE AREE SUSCETTIBILI D'INSTABILITÀ DI VERSANTE ATTIVE E QUIESCENTI

9. CONFRONTO CON LA DISTRIBUZIONE DEI DANNI E DEGLI EVENTI ATTESI

In Comune di Bedonia, non è stato possibile effettuare un'analisi della distribuzione dei danni degli eventi sismici avvenuti in passato, in quanto, relativamente a tale tematica, non sono stati trovati documenti specifici.

A riguardo, non è stata utile neppure la consultazione di *DBMI11*, la versione 2011 del *Database Macrosismico Italiano*, poiché, in esso, l'unica località considerata ricadente all'interno del territorio comunale è il Capoluogo.

10. BIBLIOGRAFIA

- PIANO TERRITORIALE DI COORDINAMENTO PROVINCIALE (PTCP) DELLA PROVINCIA DI PARMA - VARIANTE DI ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA SISMICA REGIONALE (L.R. n.19/2008 "Norme per la Riduzione dei Rischio Sismico"). Variante approvata dal Consiglio Provinciale con delibera n.23 del 17.04.2013.
- MICROZONAZIONE SISMICA, UNO STRUMENTO CONSOLIDATO PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO. L'esperienza della Regione Emilia-Romagna (2012) – Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli
- *Ingegneria sismica - Anno XXVIII - n. 2 - 2011 "INDIRIZZI DI MICROZONAZIONE SISMICA"*
- Locati M., Camassi, R. e Stucchi M. (2011) BDMI11, LA VERSIONE 2011 DEL DATABASE MICROSISMICO ITALIANO. Milano, Bologna, <http://Emidius.mi.ingv.it/DBMI11>
- Albarello D., Castellaro S. (2011) - TECNICHE SISMICHE PASSIVE: INDAGINI A STAZIONE SINGOLA, *Ingegneria Sismica Anno XXVIII - n. 2 – 2011, Appendice I e II, pp 50-62*
- Marcellini A., Martelli L, Tento A., Daminelli R. - L'AMPLIFICAZIONE SISMICA NEGLI "INDIRIZZI PER GLI STUDI DI MICROZONAZIONE SISMICA IN EMILIA-ROMAGNA PER LA PIANIFICAZIONE TERRITORIALE E URBANISTICA" (2009)
- Gruppo di lavoro MS, 2008. "INDIRIZZI E CRITERI PER LA MICROZONAZIONE SISMICA". Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- Meletti C. e Valensise G., (2004). ZONAZIONE SISMOGENETICA ZS9-APP. 2 AL RAPPORTO CONCLUSIVO. In: "Gruppo di Lavoro MPS (2004).Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCm 3274 del 20 marzo 2003 ". Rapporto per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004
- CARTA SISMOTETTONICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – Scala 1:250.000 (2004) - Regione Emilia-Romagna, Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - CNR - Istituto di Geoscienze e Georisorse, Sezione di Firenze
- CARTA GEOLOGICA DELLA REGIONE EMILIA-ROMAGNA – PROGETTO CARG (Servizio Geologico Sismico e dei Suoli – Regione Emilia Romagna)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA

Microzonazione sismica di I e II° Livello con analisi delle CLE
Comune di Bedonia (PR)

11. ALLEGATI

Nel corso dello studio sono stati redatti i seguenti elaborati:

Elaborato 1	Carta delle indagini	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 2	Carta geologico-tecnica	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 3	Carta delle frequenze naturali dei terreni	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 4	Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 5	Carta delle velocità delle onde S (Vs)	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.1	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. P.G.A	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.2	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. $Is_{0,1s < T0 < 0,5s}$	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 6.3	Carta di microzonazione sismica Livello 2 - F.A. $Is_{0,5s < T0 < 1,0s}$	<i>scala 1:5.000</i>
Elaborato 7	Prove tromografiche e indagini MASW	

Si evidenzia che all'interno di ciascun elaborato grafico sono state create quattro finestre che ricoprono planimetricamente un discreto intorno delle aree di studio elencate di seguito:

- Area di studio **A_1 – Bedonia Centro**
- Area di studio **A_2 – Cavadasca – Ceio**
- Area di studio **A_3 – Forana – Borio**
- Area di studio **A_4 – Piane di Carniglia**

Borgo Val di Taro, 22/12/2014

Il tecnico incaricato

Dott. Geol. Gabriele Oppo