

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Rivergaro



Regione	Soggetto realizzatore	Data
REGIONE EMILIA-ROMAGNA	Dr.Geol. Gabriele Corbelli	Marzo 2018

1	PREMESSA	2
2	ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO.....	3
3	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4
	3.1 - Inquadramento tettonico	4
	3.2 - Inquadramento sismotettonico	9
	3.3 - Zonazione sismogenetica	14
	3.4 - Sismicità storica	15
	3.5 - Classificazione sismica	20
	3.6 - Pericolosità sismica.....	20
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	22
	4.1 - Quadro geologico.....	22
	4.2 - Assetto geomorfologico.....	31
	4.3 - Assetto idrogeologico.....	32
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	36
6	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	38
7	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	44
8	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	45
9	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	47
	9.1 - Carta delle indagini	47
	9.2 - Carta geologico-tecnica	47
	9.3 - Carte delle frequenze naturali dei terreni	50
	9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica	52
	9.5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S	57
	9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2.....	63

1 PREMESSA

Il Comune di Rivergaro ha provveduto ad aggiornare lo studio di microzonazione sismica già predisposto nella fase di redazione del PSC ai sensi della D.A.L. 112/2007, adeguandolo agli standard richiesti dai nuovi indirizzi regionali (DGR 2193/2015) ed agli standard nazionali di rappresentazione e archiviazione dei dati predisposti dalla Commissione Tecnica per il supporto e monitoraggio degli studi di microzonazione sismica

Lo studio è stato redatto sulla base delle indicazioni contenute nella Delibera 2193/2015 della Giunta della Regione dell'Emilia-Romagna : Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n.112.

L'analisi di microzonazione sismica, realizzata con il contributo di cui alla DGR 241/2017, è stata sviluppata in coordinamento con il Servizio Geologico, Sismico e dei suoli, Dr. Luca Martelli, della Regione Emilia Romagna.

Per quanto non specificato nella delibera citata, si è fatto riferimento ai seguenti documenti :

- "Microzonazione sismica - Standard di rappresentazione e archiviazione informatica versione 4.0b", redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ottobre 2015);
- "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica", approvato dal Dipartimento della Protezione Civile e dalla Conferenza delle Regioni e delle Province Autonome e successive modifiche e integrazioni (Gruppo di lavoro MS, 2008; AA.VV., 2011);
- LR 30/10/2008 n.19 "Norme per la riduzione del Rischio Sismico";
- DM del 17/01/2018 "Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni".

2 ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO

Gli elaborati dello studio di microzonazione sismica per il Comune di Rivergaro sono i seguenti:

- Relazione Descrittiva in cui viene illustrato il contesto geologico, geomorfologico e sismotettonico regionale in cui si inseriscono le aree oggetto di indagine, descritte le metodologie seguite e illustrati i risultati dello studio di microzonazione rappresentati nelle diverse cartografie.
- Elaborati cartografici costituiti da
 1. Carta delle Indagini 1:10.000 (Tavv. 1.1-1.2)
 2. Carta Geologico-Tecnica 1:10.000 (Tavv. 2.1-2.2)
 3. Carta delle Frequenze naturali dei Terreni 1:10.000 (Tavv. 3.1-3.2)
 4. Carta delle MOPS 1:10.000 (Tavv. 4.1-4.2)
 5. Carta delle Velocità delle Onde di Taglio – Vs 1:5.000 (Tavv. 5.1-5.2)
 6. Carta dei Fattori di Amplificazione: PGA 1:5.000 (Tavv. 6.1-6.2)
 7. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,1-0,5s 1:5.000 (Tavv. 7.1-7.2)
 8. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,5-1,0s 1:5.000 (Tavv. 8.1-8.2)
 9. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,5-1,5s 1:5.000 (Tavv. 9.1)
- Indagini sismiche eseguite per studio MS

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati secondo le specifiche indicate nella DGR 2193/2015 della Regione Emilia-Romagna, ed attenendosi agli standard di rappresentazione cartografica dettati dalle linee guida emanate dal Dipartimento della Protezione Civile con gli Standard MS (CTMS, 2015), per quanto riguarda i tematismi rappresentati, le legende, le denominazioni, i layout, i colori e font dei caratteri.

Le cartografie elaborate hanno utilizzato come base topografica di riferimento lo strato raster aggiornato al 2014 elaborato dalla Regione Emilia dalla Regione Emilia Romagna (DBT scala 1.5.000).

Per l'inserimento dei dati alfanumerici dei siti, delle indagini e dei parametri è stato utilizzato l'apposito software: "MS - SoftMS", versione 4.0.1.

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

3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La sismicità è strettamente connessa al contesto tettonico-strutturale del territorio, e quindi alla presenza di strutture geologicamente “attive”; per la stima della pericolosità sismica di un territorio è indispensabile la conoscenza della sua storia sismica e della geologia strutturale locale, che risultano ovviamente strettamente connessi tra loro.

A supporto della redazione del presente capitolo, sono stati utilizzate le banche dati pubbliche sviluppate da diversi enti e gruppi di ricerca:

- il CPTI15 - Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani versione 2015 (Rovida et al., 2016; <http://emidius.-mi.ingv.it/CPTI15>), che raccoglie i parametri dei terremoti avvenuti in Italia con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse nella finestra temporale 1000-2014
- il DBMI15 - Database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15 e provenienti da diverse fonti. È relativo ai terremoti con intensità massima ≥ 5 e d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1000-2014 (Locati et al., 2016 <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/>) e la sua precedente versione DBMI04 (Stucchi et al., 2007);
- la Mappa di Pericolosità Sismica Nazionale (INGV, 2004; <http://esse1.mi.ingv.it/>) che definisce una “pericolosità di base” su un reticolo di punti di riferimento. Ad essi sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del sisma atteso, i valori di accelerazione orizzontale massima del suolo (a_g) e dei principali “parametri spettrali”, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica;
- la Zonazione Sismogenetica ZS9 (Meletti e Valensise, 2004 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/documenti/App2.pdf>), che individua sul territorio italiano 42 macrozone-sorgente e ha rappresentato il riferimento per i calcoli di pericolosità sismica nel territorio nazionale di cui al punto precedente;
- • il Database delle Sorgenti Sismogenetiche Italiane DISS versione 3.2.1 (DISS Working Group, 2015 e Basili et al., 2008; <http://diss.rm.ingv.it>), che contiene sorgenti individuali e composite di terremoti, intese come una rappresentazione georeferenziata semplificata e in 3D di faglie (sorgenti individuali) o regioni contenenti faglie (sorgenti composite) in grado di generare terremoti di M 5.5 o superiore;
- il Catalogo della Sismicità Italiana (Castello et al., 2006; <http://csi.rm.ingv.it/>) che contiene tutti gli eventi registrati dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale dal 1981 al 2002;
- il Database ISIDe (ISIDe Working Group 2010; <http://iside.rm.ingv.it>), che contiene tutti gli eventi registrati dalle stazioni della Rete Sismica Nazionale dal 2003 ad oggi.

3.1 - Inquadramento tettonico

Il territorio comunale di Rivergaro, esteso dal margine collinare appenninico fino al settore di alta pianura corrispondente al settore apicale e mediano della conoide del Fiume Trebbia, è sommariamente suddivisibile, sotto il profilo geologico, nella fascia di pianura a nord, nella fascia pedecollinare centro-orientale e nella fascia collinare a sud.

La storia geologica dell'Appennino è iniziata nell'Eocene inferiore-medio, circa 50 milioni di anni fa, quando la collisione continentale tra il margine Africano e quello Europeo diede origine all'orogenesi appenninica; da questo punto in avanti si realizza l'impostazione e l'impilamento di tutte le unità tettoniche che hanno determinato l'attuale assetto geologico dell'Appennino Piacentino e del bacino di sedimentazione padano.

L'Appennino piacentino è costituito da un complesso edificio di strutture geologiche, denominate unità tettoniche, intendendo con questo termine dei corpi rocciosi delimitati alla base da una superficie di movimento che ne abbia determinato l'alloctonia; nel complesso l'assetto strutturale della catena è rappresentato dalla sovrapposizione di queste unità secondo un modello generale di thrust vergenti verso nord-est.

Il settore geologico esaminato è il risultato dell'impilamento di prismi di accrezione che si è formato a seguito dei movimenti succedutisi nelle varie fasi tettoniche che si sono sviluppate a partire da quella del Cretacico sup., attraverso momenti di acme rappresentati dalla fase ligure (Eocene medio), subligure (Oligocene sup – Miocene inf), burdigaliana e toscana (Tortoniano), per concludersi con i movimenti messiniani e plio-pleistocenici. I terreni che sono stati interessati dalle deformazioni tettoniche sono di origine marina e hanno subito traslazioni di entità differente a seconda della loro origine paleogeografica.

Le successioni continentali, sostanzialmente quaternarie, non evidenziano deformazioni duttili e fragili che sono documentate invece nel sottosuolo della pianura.

Sotto l'aspetto strutturale, l'ambito territoriale in esame è compreso nell'arco delle pieghe emiliane, formato da anticlinali e faglie inverse cieche appartenenti al sistema a sovrascorrimenti (thrust faults), caratterizzato da due distinti fasci di thrust a vergenza appenninica: il primo, più meridionale, detto fronte di accavallamento appenninico (P.T.F.), definisce il limite della catena appenninica affiorante; il secondo, detto fronte di accavallamento esterno (E.T.F.), definisce il limite dell'Appennino sepolto.

Lo schema tettonico dell'area è rappresentato nella Figura 1 e nella sezione di Figura 2 derivata dalla "Carta geologica d'Italia – F. 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000.

La sezione 3-3' rappresentata nella Figura 3, derivata da Boccaletti et alii, 2010, evidenzia come la copertura ligure, assai spessa in catena, si assottiglia sino a scomparire presso la transizione morfologica tra collina e pianura, che dal punto di vista strutturale corrisponde al Fronte del thrust pedeappenninico (PTF secondo Boccaletti et alii, 2010); le sottostanti torbiditi mioceniche (M nella sezione) vanno quindi a costituire l'ossatura delle Pieghe emiliane, caratterizzate da sovrascorrimenti e pieghe, tra le quali sono collocate le successioni padane, più o meno deformate, deposte dal Miocene superiore all'Olocene.

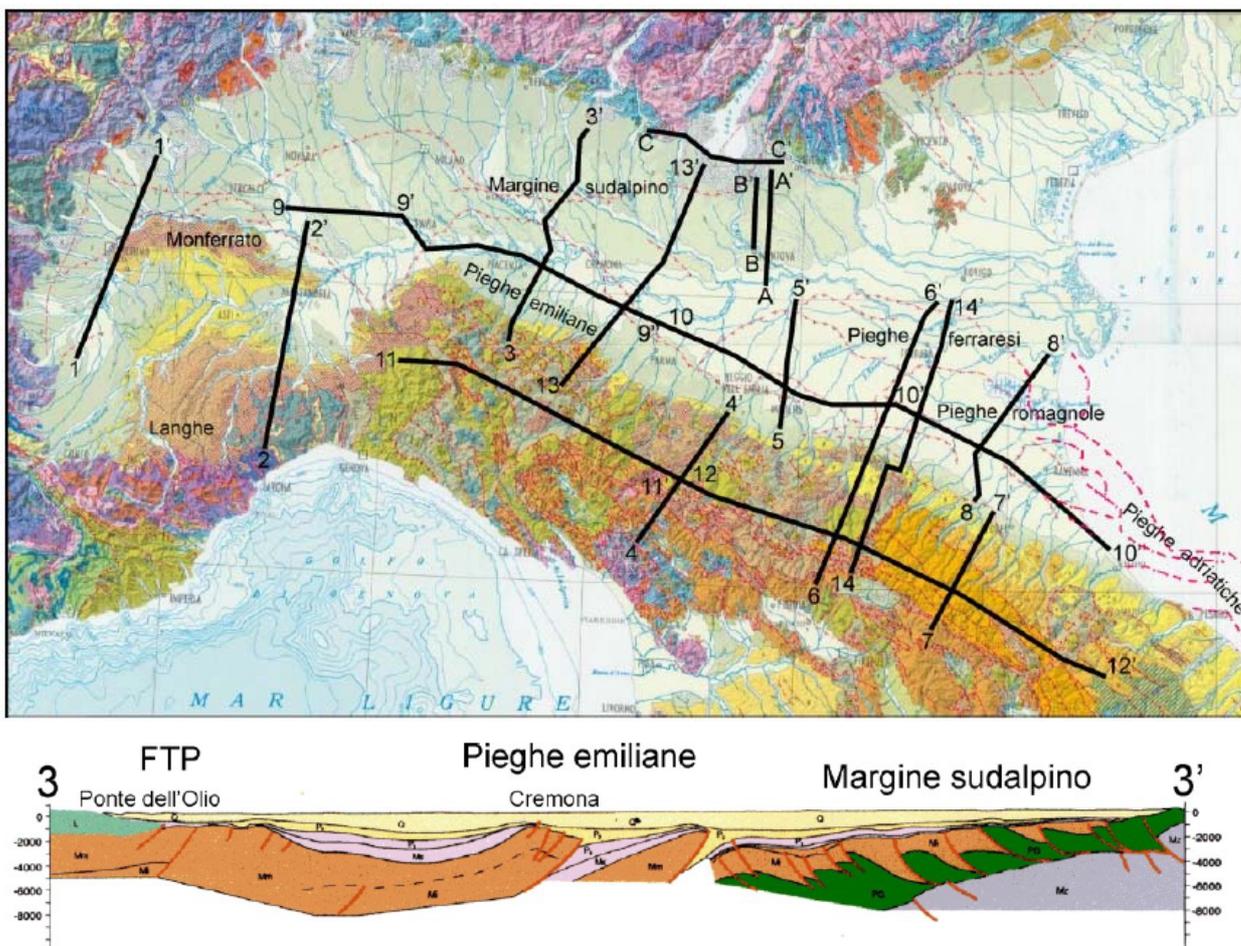


Figura 3 - Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2010, modificate).

L'Arco Emiliano è il più occidentale degli archi frontali appenninici sepolti nei depositi Pilo-Quaternari dell'avanfossa padana e localmente è costituito da tre strutture principali orientate NW-SE. Procedendo da SW a NE, sono costituite da :

- un sovrascorrimento con corrispondente anticlinale, situati in posizione interna ai piedi delle colline pedeappenniniche, indicato come Pedeappenic Thrust Front (PTF)
- bacino minore o satellite: depressione racchiusa a nord dall'alto strutturale dell'ETF e a sud dalle strutture embricate del PTF; si estende in zona antistante al margine morfologico dell'Appennino con allungamento in direzione ovest/nord-ovest ed est/sud-est, presentandosi con geometrie non costanti che esprimono settori strutturalmente svicolati tra loro in relazione all'andamento planimetrico delle strutture sepolte associate all'External Thrust Front" (ETF) e al Pedeappenninic Thrust Front (PTF).
- l'alto strutturale più esterno che si trova in chiusura periclinale, frutto dell'involuppo delle rampe frontali dei thrust sepolti, che rappresenta la zona di confine tra la Monoclinale pedealpina a nord e la microplacca dell'arco Appenninico settentrionale a sud.

Le suddette strutture sono l'espressione della collisione tettonica tra la microplacca dell'Arco Appenninico Settentrionale e la microplacca Adriatica. Le deformazioni formatesi e la parziale subduzione della microplacca adriatica sotto quella dell'Arco Appenninico Settentrionale sono causate dalle spinte nord-est vergenti, impresse dal movimento di convergenza tra la zolla africana ed europea a seguito dell'estensione dell'Oceano Atlantico (Livemore e Smith 1985).

L'External Thrust Front è caratterizzato da una serie di strutture ad arco, concave verso sud, che si raccordano in due zone di incrocio (Pavia e Reggio Emilia), dove il fronte appare notevolmente arretrato (Fig. 4). Questo assetto strutturale è probabilmente dovuto alla presenza, nella crosta superiore padana, di zone con maggiore rigidità che hanno impedito lo scollamento delle successioni mesozoiche e terziarie dal basamento sottostante, bloccando in tal modo la traslazione verso nord (Bernini e Papani, 1987).

Il Pedepenninic Thrust Front è invece costituito da un margine discontinuo, planimetricamente parallelo al limite morfologico dell'Appennino settentrionale, segmentato da faglie trasversali, coincidenti con alcuni dei principali corsi d'acqua (Stirone, Taro, Enza, ecc.). Si tratta di una serie di thrusts e duplicazioni crostali che hanno determinato il sollevamento e il basculamento dei depositi affioranti nella fascia pedeappenninica.

Le faglie trasversali al Pedepenninic Thrust Front sono inoltre all'origine della suddivisione dell'Appennino settentrionale in settori a differente comportamento tettonico, responsabili altresì della traslazione differenziale dei vari settori dell'Appennino settentrionale come appunto testimoniano le rientranze del margine appenninico tra il F. Taro e il T. Enza e tra il F. Panaro e il F. Reno.

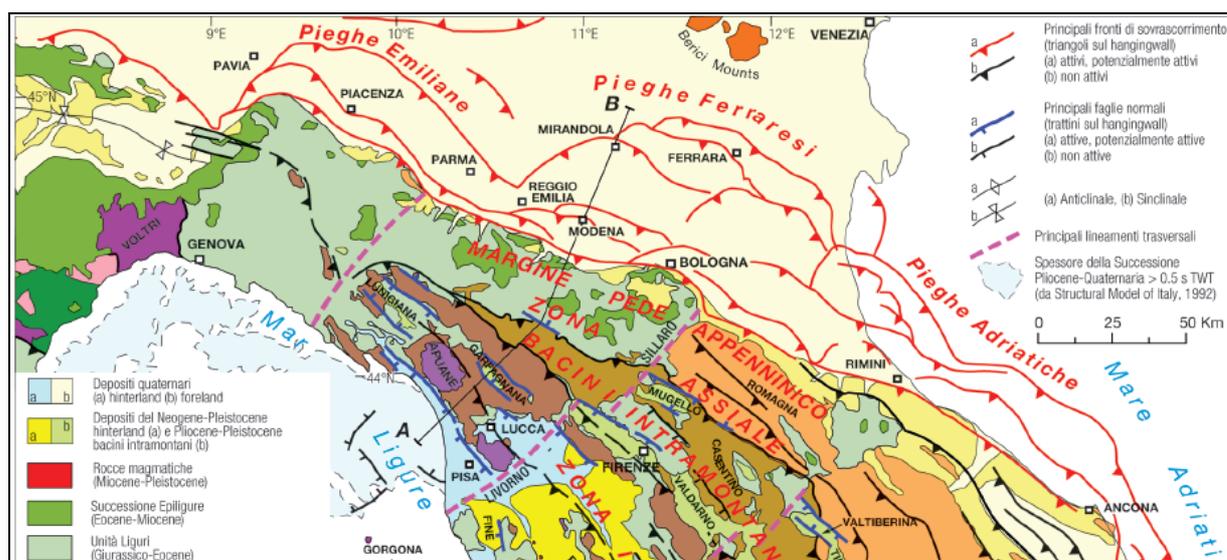


Figura 4 - Estratto dello schema tettonico dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana

3.2 - Inquadramento sismotettonico

La sintesi delle attuali conoscenze in termini di dati sismologici e degli elementi strutturali attivi è stata sintetizzata nella nuova Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna, presentata nel 2017 a cura del Servizio Sismico e dei Suoli regionale, di cui si riporta uno stralcio nella Figura 5.

In questo lavoro sono state identificate, sulla base di evidenze geologiche e morfologiche, le principali strutture attive¹ che interessano l'Emilia-Romagna, la cui sintesi è riportata in figura 7.

Le strutture attive e potenzialmente attive sono state suddivise in:

- affioranti, ovvero che hanno deformato la superficie topografica o, in pianura, hanno deformato la parte più superficiale del sottosuolo, vale a dire fino a profondità inferiori di 100 m dal piano campagna;
- sepolte, ovvero che mostrano evidenze di attività recenti o in atto (es. associazione con eventi sismici) ma a carico di orizzonti stratigrafici profondi almeno alcune centinaia di metri e non arrivano a deformare i livelli superficiali del sottosuolo (≥ 100 m da p.c.).

L'Appennino è una catena a thrusts che si è strutturata principalmente in età neogenica ma che mostra morfologie estremamente giovani, evidenze di sollevamenti recenti e una costante sismicità, che testimoniano come il processo di costruzione della catena sia ancora attivo.

Le maggiori evidenze di strutture attive, sia da profili sismici che da osservazioni di campagna, sono state rilevate nel settore del margine appenninico compreso tra Salsomaggiore e la valle dell'Idice, sul fronte sepolto delle pieghe emiliane tra Piacenza e Reggio Emilia e al tetto della dorsale ferrarese tra Reggio Emilia e le Valli di Comacchio.

Recenti approfondimenti del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regionale (vedi Note Illustrative della Carta Sismotettonica della Regione Emilia Romagna ed aree limitrofe, a cura di Martelli et. al.) attraverso approfondimenti di carattere geologico- geomorfologico, hanno riconosciuto evidenze di una struttura tettonica trasversale al thrust frontale pedeappenninico (PTF di Boccaletti et al., 1985) localizzata nei dintorni di Rivergaro, separante il fronte pedeappenninico stesso (figg. 8).

Nella zona di Ancarano-Niviano, in corrispondenza delle scarpate delimitanti la valle del Trebbia, infatti, sono state osservate deformazioni indicative della presenza di una struttura trasversale subverticale, con componente prevalentemente normale, ribassando il blocco occidentale, e che sembra proseguire verso nord-est fino a Piacenza. Complessivamente

¹ Da non confondersi con le faglie attive e capaci considerate elemento di instabilità nelle analisi di pericolosità sismica locale e oggetto di microzonazione sismica (Gruppo di lavoro MS, 2008; Commissione Tecnica per la microzonazione sismica, 2015).

questa struttura sembra estendersi per almeno 30 km con andamento rettilineo e sembra condizionare lo spessore del Sistema Emiliano Romagnolo superiore. Verso sud-ovest la struttura viene riconosciuta almeno fino ad oltre Travo, interessando conoidi recenti.

Nei pressi di Rivergaro e verso nord questa struttura interessa i depositi delle alluvioni terrazzate AES7a (Unita di Niviano), determinandone l'incisione regressiva e un allineamento di conoidi attive. L'altezza complessiva della scarpata cumulativa varia da circa 20 m vicino a Rivergaro a 10 m a nord di Verano, fino ad annullarsi nella piana verso il Po dove i tassi di sedimentazione superano quelli tettonici.

Gli studi realizzati per la redazione del foglio CARG 179 (Vercesi et al., 2005) non forniscono datazioni precise per questa unita, riferendola al Pleistocene superiore; considerando le altezze della scarpata fra 19 e 10 m, vengono stimati tassi verticali rispettivamente fra 0,42 e 0,22 mm/a.

Le analisi morfologiche eseguite dallo studio citato hanno evidenziato come le paleosuperfici separate dalla scarpata di faglia presentino la stessa inclinazione (si veda sezione P4 di fig .8), interpretandole geneticamente correlabili e rappresentanti la medesima paleosuperficie dislocata tettonicamente.

L'analisi dei meccanismi focali disponibili, riportati nella mappa sismotettonica di Figura 5, indica un meccanismo di tipo trascorrente con direzione di compressione NE-SW relativamente ad evento tellurico del 24/2/1980 (MW=4.39), localizzato in val Trebbia, nelle prime colline a SW di Rivergaro, ad una profondità di circa 6 km; più a sud, tra Bobbio e Bettola, viene segnalato un evento, localizzato a circa 20 km di profondità, che ha fornito un meccanismo focale transtensivo, con direzione di estensione N-S.

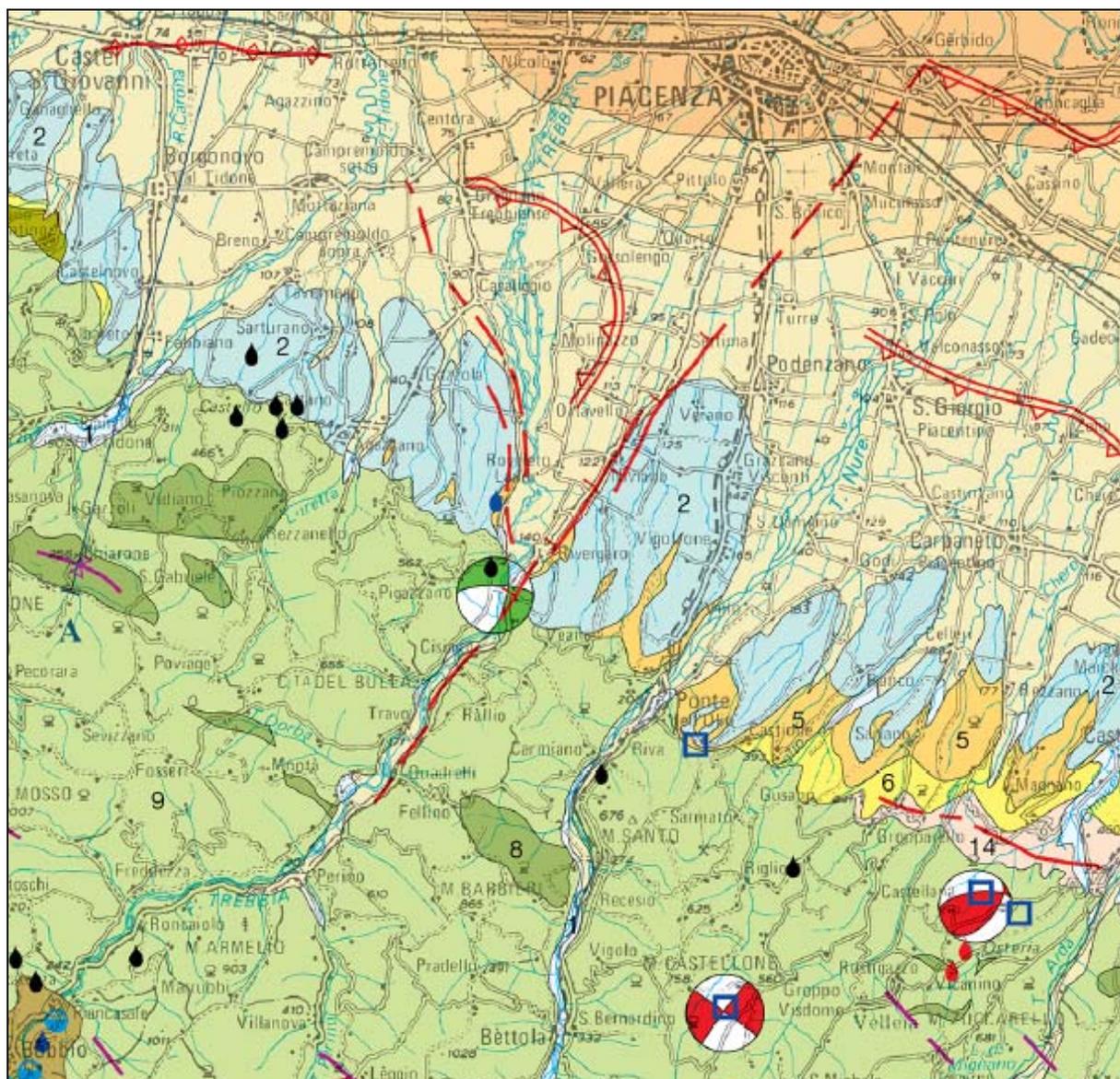


Figura 5 - Estratto Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

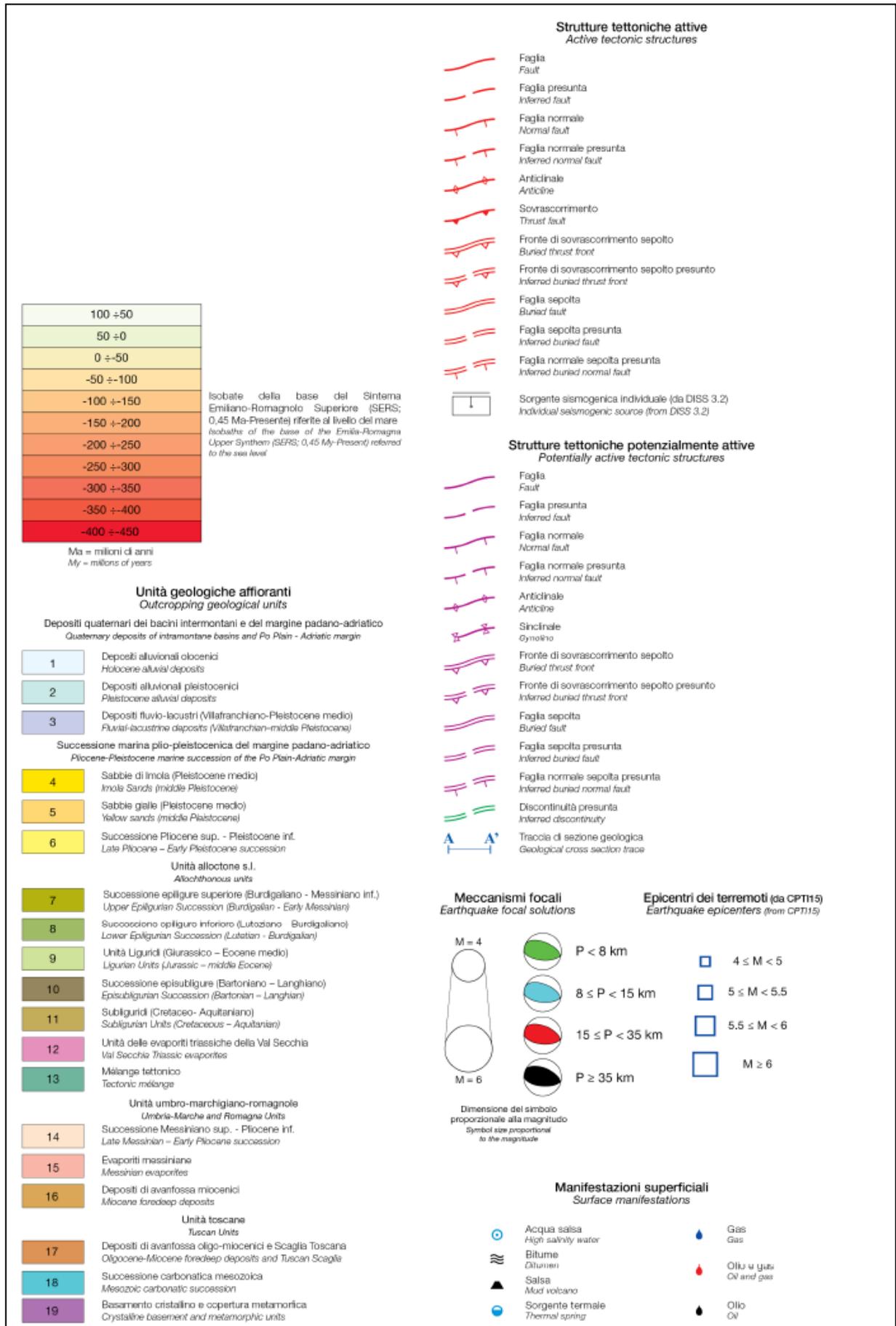


Figura 6 - Legenda Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

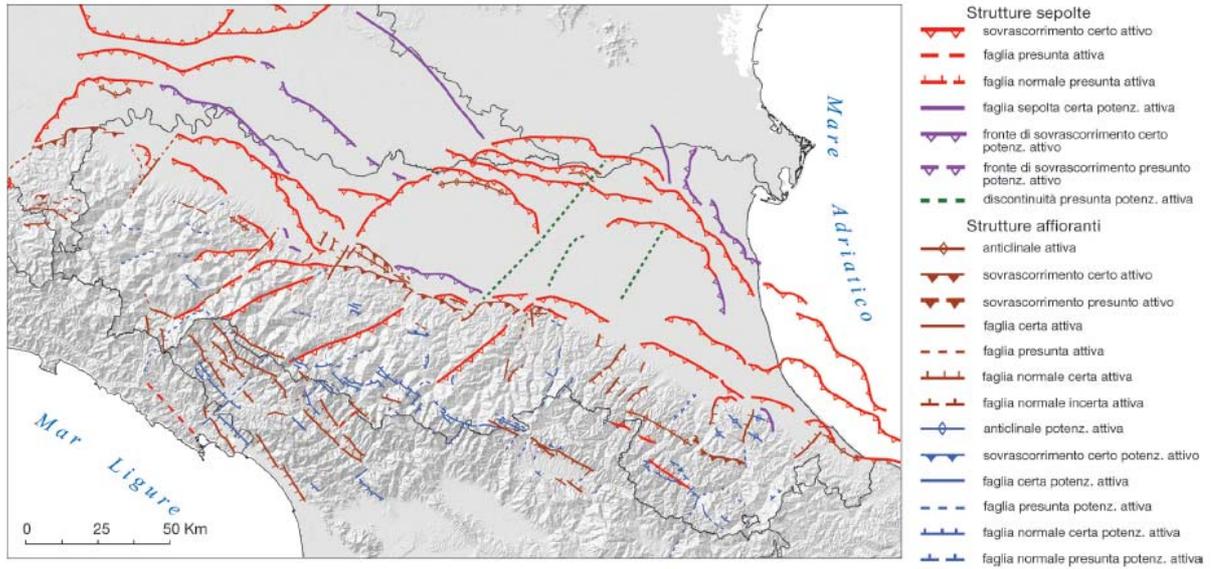


Figura 7 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

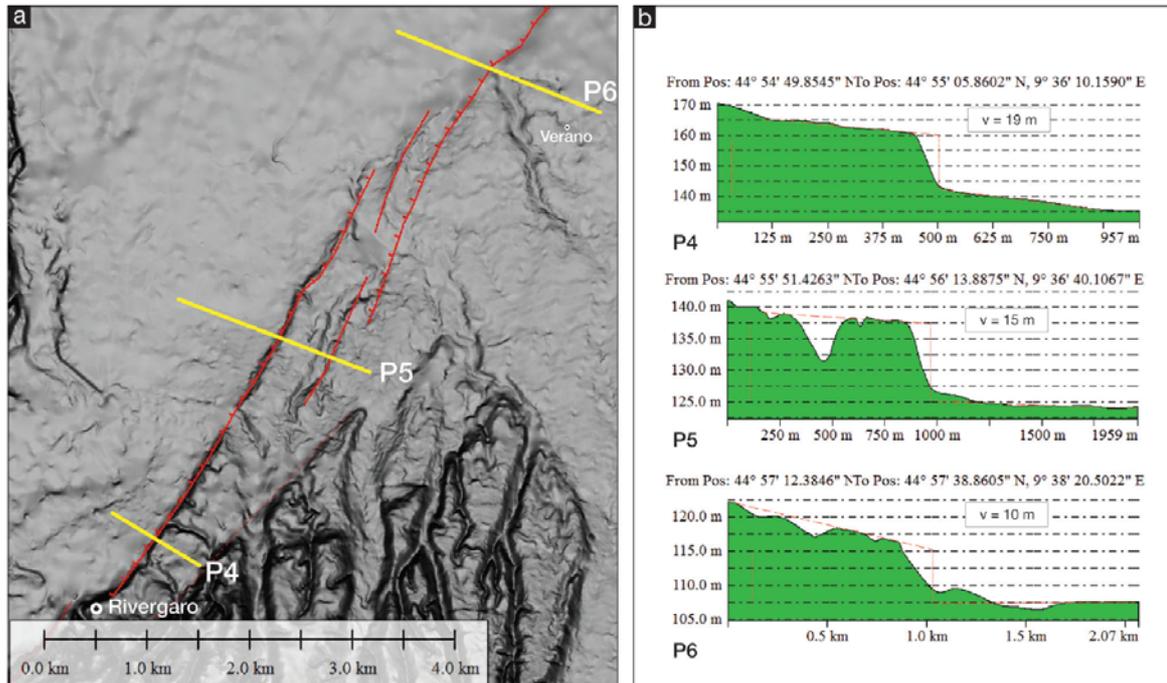


Figura 8 - Dettagli della struttura tettonica di Rivergarro interpretata dagli studi del Servizio Geologico regionale

3.3 - Zonazione sismogenetica

In questa sede è stata esaminata la zonazione sismogenetica denominata ZS9, contenuta nel Rapporto Conclusivo della “Mappa di pericolosità sismica” redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia nell’aprile 2004, che partendo dalla revisione della precedente zonazione ZS4, è stata aggiornata sulla base delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni del potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni.

Per quanto riguarda il settore nord –occidentale dell’Appennino settentrionale, le cui zone sismotettoniche riconosciute sono rappresentate in Figura 9, il territorio in cui ricade il Comune di Rivergaro, si colloca nell’ambito della zona 911 (indicata “Tortona-Bobbio”), in cui rientra il comprendente il cosiddetto “arco di Pavia” e le strutture ad esso relative, che rappresenta il limite settentrionale dell’arco appenninico, costituendo un ruolo di svincolo tra il sistema alpino e quello appenninico; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta essere trascorrente; a tale zona sismogenetica viene associata una magnitudo massima $M_{wmax1} = 5,68$.

Più a sud-est viene individuata la zona sismogenetica 913 (indicata “Appennino Emiliano-Romagnolo”), che ricade in una fascia di transizione a carattere misto in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE); si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. I terremoti storici raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo; nella zona sismogenetica 913 è previsto, sulla base dei meccanismi focali, valori di massima magnitudo pari a $M_{wmax1} = 5,91$.

La figura 10 evidenzia la distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute nel database più aggiornato e disponibile DISS 3.2.1 (Database of Individual Seismogenic Sources a cura dell’INGV), da cui si evidenzia che l’area indagata si colloca tra due “fasce” sismogenetiche:

- ITCS044 Portalbera-Cremona
- ITCS045 San Giorgio Piacentino – Fornovo di Taro

Gli autori individuano una struttura sismogenetica estesa da Portalbera (Pv), a Cremona, che interessa una fascia di oltre 50 km di lunghezza e circa 10 di larghezza, comprendente tutto il fronte avanzato delle strutture appenniniche sepolte che si manifestano in superficie con il colle di San Colombano e i piccoli rilievi di Casalpusterlengo. Questo fronte consiste in un sistema di faglie N-NE vergente posta all’estremità nord-ovest della catena Nord Appenninica.

A tale struttura, denominata ITSA044, è attribuita una velocità di scorrimento (slip rate) di 0,1 – 0,5 mm all’anno e la possibilità di generare terremoti di magnitudo Mw 5,5. Recentemente, come indicato in figura, è stata ipotizzata l’attività di una faglia (125 Fold San Colombano) circa coincidente con la dorsale del colle.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano nella regione una sismicità diffusa di grado intermedio ($4,5 < M_w 5,0$), con l'eccezione del terremoto del Lodigiano del 28/7/1276 ($M_w 5.1$) e del 15/5/1951 ($M_w 5.2$).

Per quanto riguarda la struttura ITCS045, questa sorgente è posta a cavallo della regione ad ovest della valle del Taro, e si colloca al passaggio tra il fronte di pieghe pedeappennico (a SE) ed il fronte di pieghe esterne dell'Appennino settentrionale (a N e NW). Si tratta di sistema di faglie vergenti verso NE, in parte costituite da piccoli archi, nel settore pedecollinare della catena dell'Appennino Settentrionale.

I cataloghi storici e strumentali mostrano una mancanza di sismicità significativa in questa regione ad eccezione di alcuni terremoti di grado medio ($4.5 < M_w 5.0$) nei settori orientali e occidentali dell'area. La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale ($M_w 5.5$).

3.4 - Sismicità storica

L'Emilia-Romagna rappresenta un settore della catena appenninica esterna caratterizzato da una sismicità frequente che può essere definita media in relazione alla sismicità nazionale, con ipocentri dei terremoti localizzati non solo nella crosta superiore ma anche nel mantello; la regione è interessata da una sismicità che può essere definita media relativamente alla sismicità nazionale, con terremoti storici di magnitudo massima compresa tra 5,5 e 6 della scala Richter e intensità del IX grado della scala MCS.

Al proposito nella Figura 11 vengono rappresentate le sismicità strumentali per intervalli di profondità degli ipocentri della Regione Emilia Romagna; nel settore di pianura in esame gli epicentri dei terremoti principali, con magnitudo compresa tra 4,0-4,5, risultano relativamente superficiali, essendo localizzati entro la profondità di 8-15 km.

In riferimento agli eventi tellurici storici è stato esaminato il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), aggiornato recentemente con i dati disponibili fino all'anno 2014 a cura dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Servizio Sismico Nazionale (Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. *CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>), esso rappresenta un aggiornamento del precedente Catalogo CPTI11, di cui viene rappresentato in Figura 12 un estratto. (con la rappresentazione per classe di magnitudo M_w).*

Gli eventi tellurici più significativi per l'area risalgono al 1910 (magnitudo 4,39 – epicentro piacentino), al 1913 (magnitudo 4,24 – epicentro Val Trebbia) al 1951 (magnitudo 5,17 – epicentro Lodigiano), al 1986 (magnitudo 4,43 – epicentro Ferrarese) ed al 1991 (magnitudo 4,33 – epicentro Emilia occidentale).

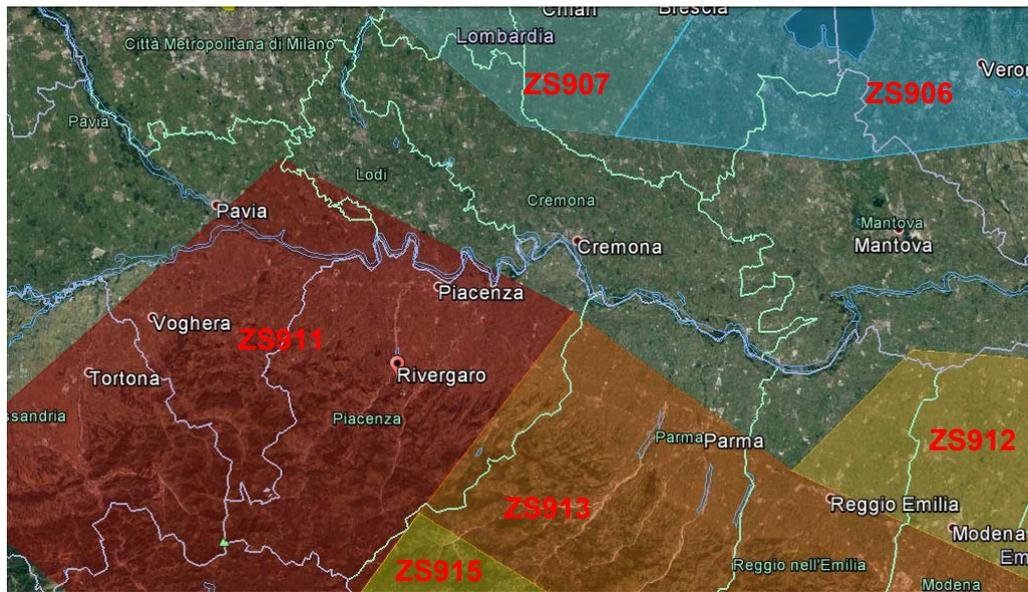


Figura 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

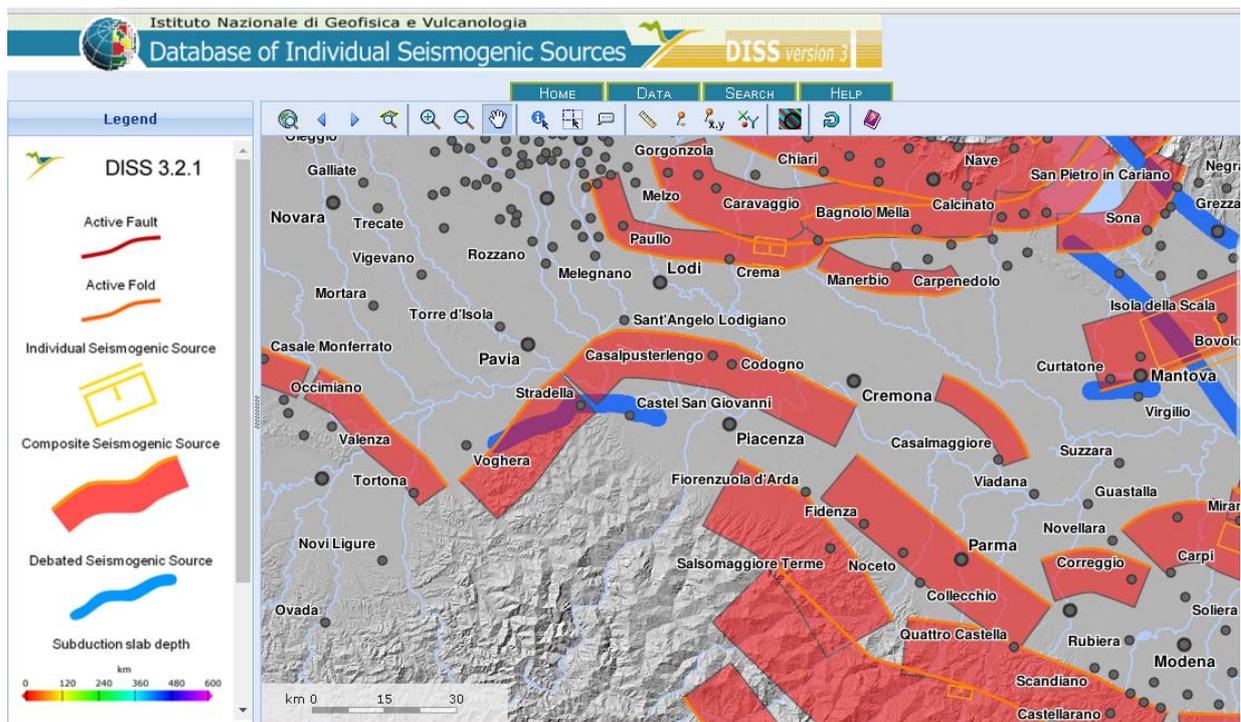


Figura 10 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1, rappresentate in colore arancione; in colore blu sono rappresentate le sorgenti

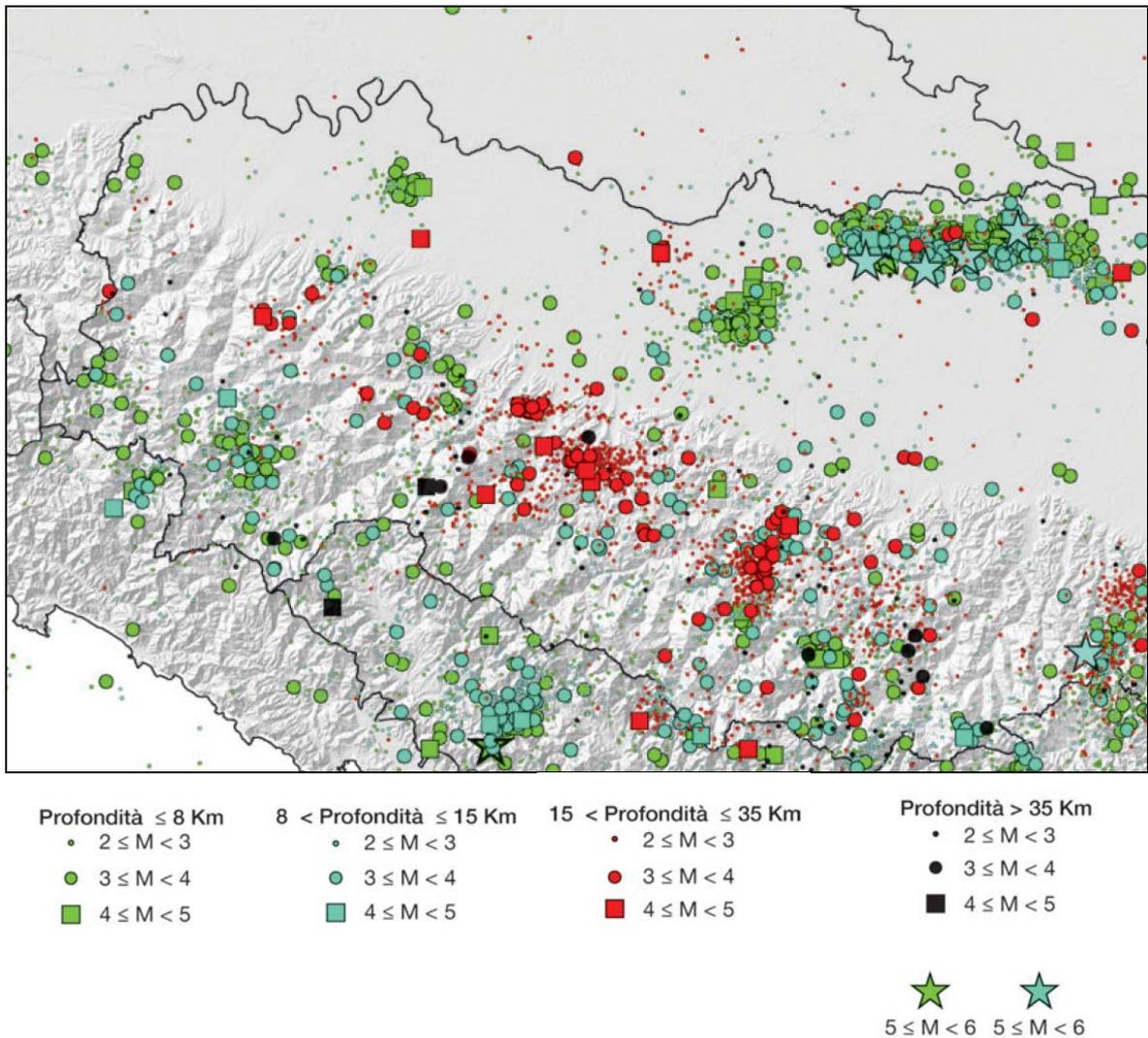


Figura 11 - Mappa dei terremoti strumentali $M \geq 2$; la dimensione del simbolo e proporzionale alla magnitudo, il colore indica la profondità ipocentrale (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

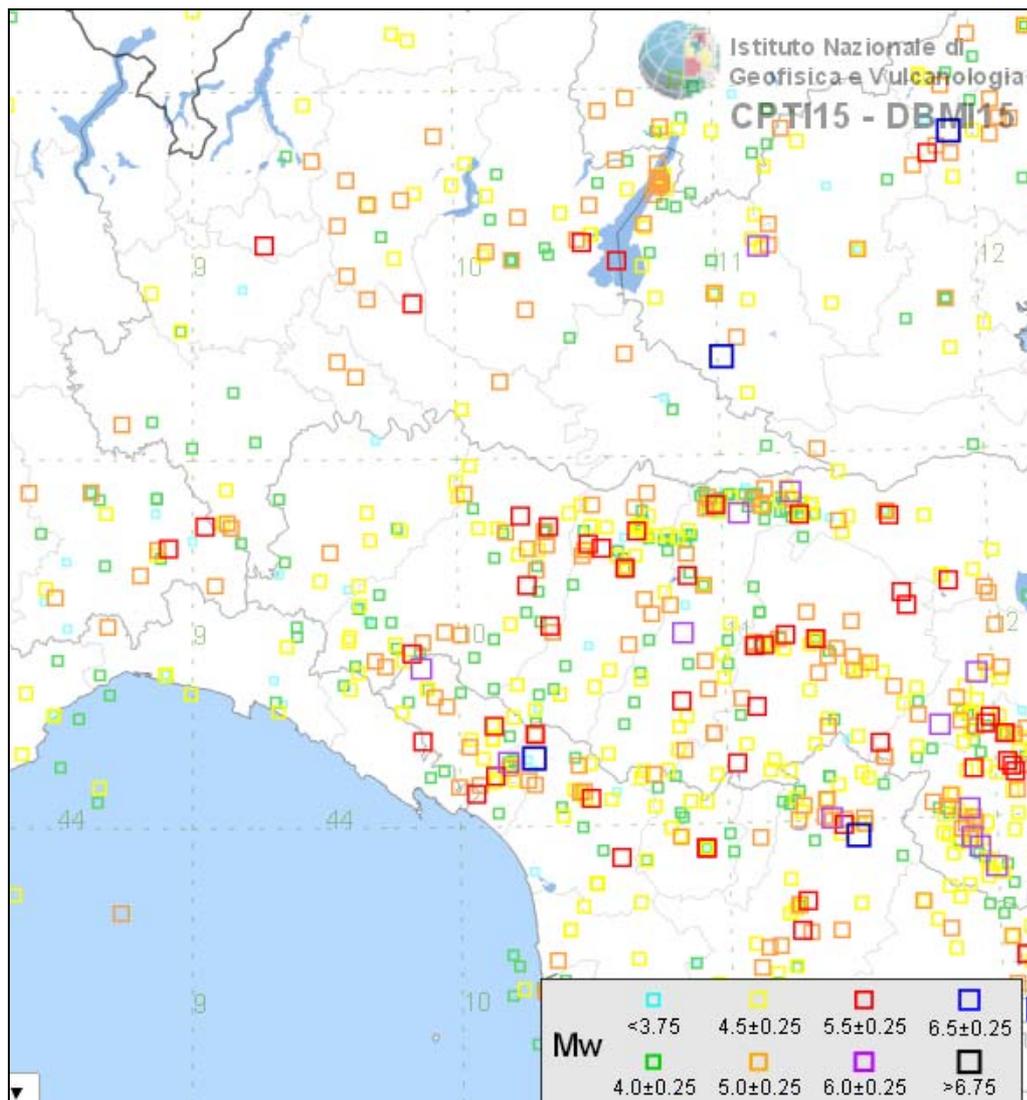


Figura 12 - Distribuzione degli epicentri (anni dal 1000 al 2014) per classi di magnitudo relativa al Catalogo CPT15. Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>

Rivergaro

PlaceID IT_35484
 Coordinate (lat, lon) 44.907, 9.598
 Comune (ISTAT 2015) Rivergaro
 Provincia Piacenza
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 18

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1905	04	29	01	46	4	Haute-Savoie, Vallorcine	267	7-8	5.10
NF	1906	08	25	03	11		Parmense	31	5	4.25
NF	1907	04	25	04	52		Veronese	122	6	4.79
5	1910	01	23	01	50		Piacentino	118	5	4.39
NF	1912	05	31	21	40		Canavese	51	5-6	4.71
2	1912	10	01	18	10		Piacenza	23	4	3.70
4	1913	03	27	02	25	4	Val Trebbia	58	4-5	4.24
NF	1913	11	25	20	55		Appennino parmense	73	4-5	4.65
NF	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11	7.08
NF	1919	06	29	15	06	1	Mugello	565	10	6.38
4	1920	09	07	05	55	4	Garfagnana	750	10	6.53
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1991	10	31	09	31	1	Emilia occidentale	134	5	4.33
NF	1995	10	10	06	54	2	Lunigiana	341	7	4.82
NF	1995	12	31	21	29	4	Appennino reggiano	96	4-5	4.51
NF	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
3-4	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

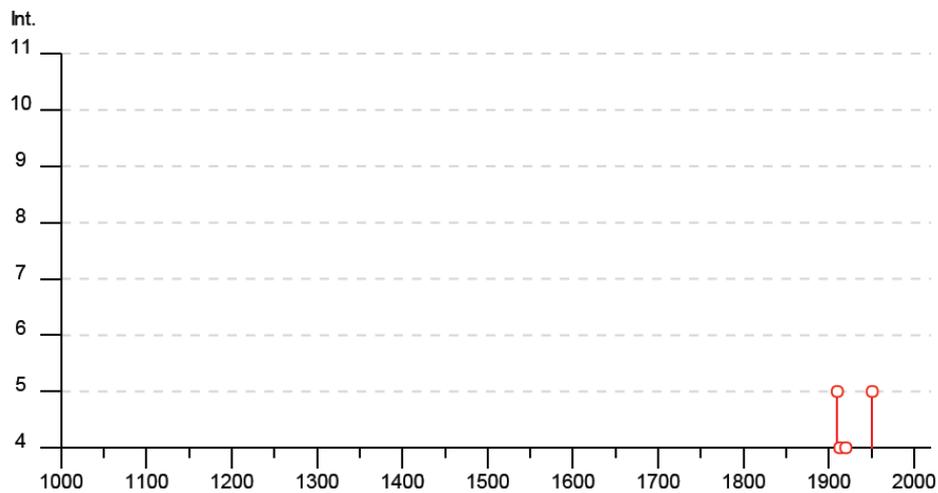


Figura 13 - Principali terremoti storici registrati a Rivergaro e relativa intensità macrosismica (fonte INGV).

3.5 - Classificazione sismica

La classificazione sismica del territorio regionale, aggiornata con D.G.R. 1164/2018, fa rientrare il Comune di Rivergaro in **zona 3** cioè a sismicità bassa, caratterizzata da valori di a_g/g compresi di 0,05-0,15, dove “ a_g ” è l’accelerazione di picco orizzontale al suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni e “ g ” è l’accelerazione di gravità.

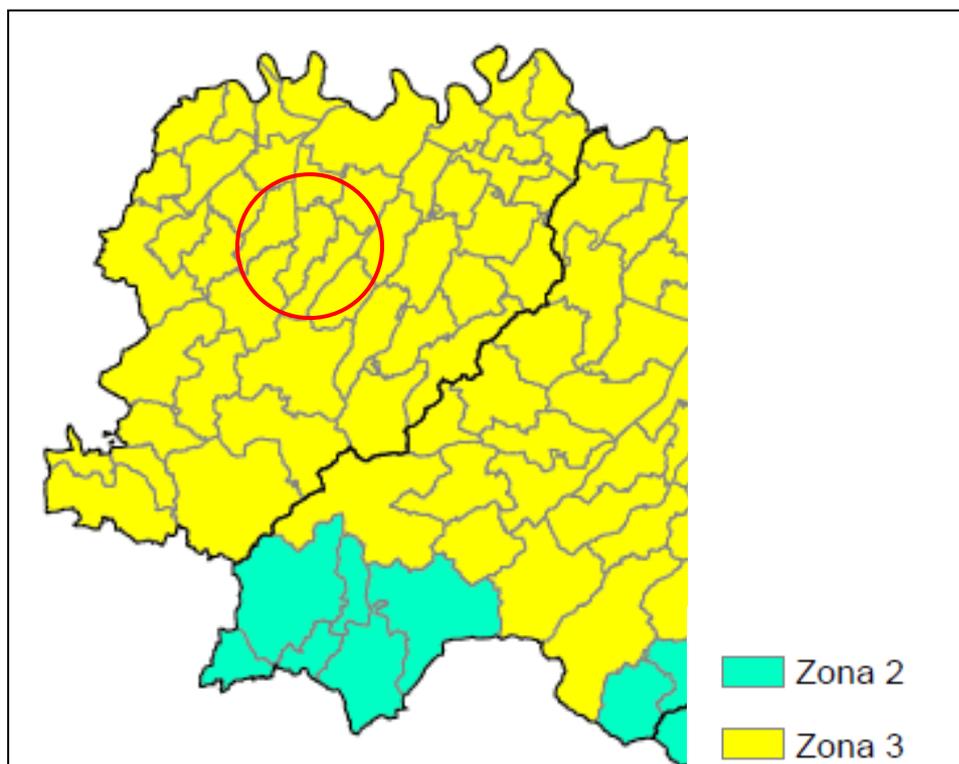


Figura 14 - Classificazione sismica del territorio regionale DGR 1164/2018

3.6 - Pericolosità sismica

Per *pericolosità sismica* viene intesa la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito; essa è legata alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell’energia alla sorgente, al percorso di propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito e alla loro interazione con la geologia e la geomorfologia locale

In questa sede è stata esaminata la “Mappa di pericolosità sismica” allegata all’Ordinanza P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, che aggiorna la precedente approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile nella seduta del 6 aprile 2004.

Come si può osservare dalla distribuzione delle aree a diversa accelerazione massima del suolo (a_{max}) espressa in termini di accelerazione massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (riferita a suoli molto rigidi con $V_{s30} > 800$ m/s), il Comune di Rivergaro, evidenziato in figura dal cerchio rosso, appartiene alla fascia caratterizzata da valori **0,075-0,125 g**.

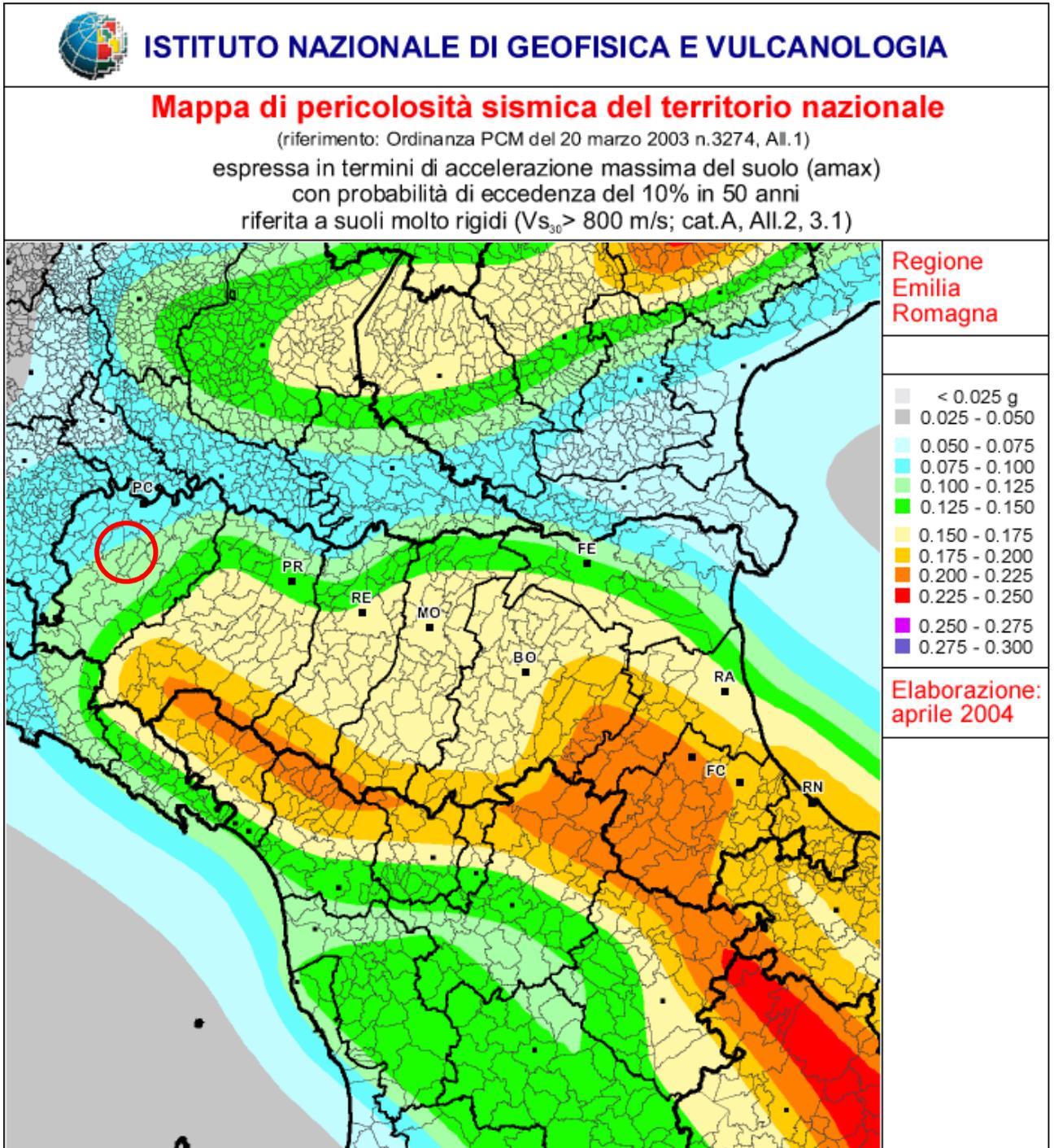


Figura 15 - Mappa di pericolosità sismica in termini di a_{max} (INGV 2004)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

4.1 - Quadro geologico

Il territorio comunale di Rivergaro, esteso dal margine collinare appenninico fino al settore di alta pianura corrispondente al settore apicale e mediano della conoide del Fiume Trebbia, è sommariamente suddivisibile, sotto il profilo geologico, nella fascia di pianura a nord, nella fascia pedecollinare centro-orientale e nella fascia collinare a sud.

Le unità rientranti territorio comunale possono essere raggruppate in due grandi insiemi:

- a) Dominio Padano – adriatico si tratta di quella serie di unità sedimentate posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale; hanno carattere regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali;
- b) Dominio Ligure è rappresentato da varie Unità tettoniche, i cui depositi comprendono relitti di basamento oceanico e la relativa copertura sedimentaria, depositati antecedentemente alla collisione della placca africana con la placca europea.

Il Dominio Padano - adriatico è rappresentato dalla successione post-evaporitica del margine padano-adriatico che si presenta nel suo complesso come un ciclo sedimentario trasgressivo - regressivo, costituito alla base da depositi continentali, seguiti da depositi francamente marini e con al tetto ancora depositi continentali. Nell'area in esame la successione può essere suddivisa in tre gruppi di unità geologiche separate da importanti superfici di discontinuità stratigrafica e caratterizzate da depositi litologicamente e tessituralmente differenti. Di seguito sono elencate dalla più recente alla più antica:

- Allogruppo Emiliano-Romagnolo, equivalente al ciclo Quaternario continentale Qc;
- Allogruppo Quaternario Marino, equivalente all'omonimo ciclo Qm;
- Argille di Lugagnano, equivalente al ciclo P2.

L'Allogruppo Emiliano-Romagnolo è costituito da depositi di conoide e di piana alluvionale e da depositi alluvionali intravallivi, terrazzati. In esso sono compresi i depositi conosciuti in letteratura come "Formazione fluvio-lacustre" e tutti i depositi alluvionali, terrazzati, cartografati nella Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000.

All'interno dell'Allogruppo Emiliano-Romagnolo sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore, ed un'unità superiore, detta Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore viene suddivisa in cinque allomembri identificabili in affioramento mediante caratteristiche morfo-pedostratigrafiche: si tratta, infatti, di depositi di conoide alluvionale, terrazzati, le cui ultime superfici deposizionali, ora relitte, poste a quote diverse e separate da scarpate erosive, presentano evoluzione pedostratigrafica differente.

Le porzioni dell'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore affioranti in contesto intravallivo, intrappenninico (lombi di terrazzo alluvionale), sono state siglate con la lettera (bn) che indicano l'ordine progressivo dei terrazzi fluviali dal più recente al più vecchio.

L'Allogruppo Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sull'Allogruppo Quaternario Marino, di età Pliocene superiore ? - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni paralici e marini che si sono depositi al di sopra di un'estesa superficie di discontinuità al termine di un evento di sollevamento tettonico di importanza regionale

L'Allogruppo Quaternario Marino equivale al Calabriano della parte alta della Formazione di Castell'Arquato (Pliocene medio - Pleistocene inferiore) della Carta Geologica d'Italia. All'interno dell'Allogruppo Quaternario Marino sono state individuate due unità principali: un'unità inferiore, detta Alloformazione del Torrente Stirone ed un'unità superiore, detta Alloformazione di Costamezzana, che affiora in corrispondenza delle principali incisioni fluviali lungo il Margine Appenninico, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica

ALLOGRUPPO EMILIANO ROMAGNOLO

L'Allogruppo Emiliano-Romagnolo, affiorante con i suoi terreni più antichi sul margine appenninico padano viene suddiviso in due unità principali, denominate come segue:

- * Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore, AES
- * Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore, AEI

Queste due unità sono state riconosciute e correlate come sequenze deposizionali su tutta la pianura emiliano-romagnola, utilizzando i profili sismici e i pozzi dell'AGIP, risultando separate, in corrispondenza del margine appenninico, da una superficie di discontinuità, spesso con discordanza angolare ed erosione, testimonianza di una fase tettonica regionale databile alla fine del Pleistocene inferiore.

Il contesto geodinamico locale in cui si sviluppa l'Allogruppo Emiliano Romagnolo è quello di un bacino di piggyback adiacente all'avanfossa padana, allungato in senso SE – NO e limitato a tergo (SO) e sul fronte (NE) da due archi di strutture compressive (rispettivamente: Fronte di accavallamento pedeappenninico PTF e Fronte di accavallamento esterno ETF) fortemente attive. Fino a quando il sollevamento del margine appenninico determinato dal

PTF risulta tale da continuare a produrre una forte subsidenza relativa del bacino di *piggyback* posto ai suoi piedi, in quest'ultimo persistono le condizioni per avere prevalente aggradazione sedimentaria. A questa fase corrisponde la deposizione dei sedimenti di piana e conoide alluvionale distale appartenenti all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore. Nel momento in cui diminuisce la subsidenza relativa del bacino di *piggyback*, come conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto in corrispondenza dell'ETF, si determinano significativi spostamenti verso Nord del margine appenninico e quindi si assiste allo sviluppo di depositi di conoide alluvionale, terrazzati. Quest'ultimi, nel loro insieme, costituiscono l'Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore.

L'Alloformazione Emiliano-Romagnola Superiore (AES), è un'unità alluvionale, terrazzata, costituita da ghiaie prevalenti in corrispondenza degli apparati fluviali principali (depositi di conoide e depositi intravallivi terrazzati), passanti a limi prevalenti con rare intercalazioni di sabbia e ghiaia nelle aree di interconoide.

L'età complessiva dell'unità è Pleistocene medio - Olocene.

Come riferito in precedenza l'AES risulta suddivisibile in 5 allomembri, affioranti a quote progressivamente decrescenti lungo il margine appenninico; in ordine crescente di età:

- * Allomembro di Ravenna
- * Allomembro di Villa Verucchio
- * Allomembro di Agazzano
- * Allomembro di Maiatico
- * Allomembro di Monterlinzana

Le formazioni distinguibili nell'ambito del territorio comunale di Rivergaro, rappresentate nella Carta geologico-geomorfologica di Figura 16, derivata dal Quadro Conoscitivo del PSC di Rivergaro, sono di seguito descritte :

Depositi quaternari continentali

a1 - Deposito di frana attiva

Deposito gravitativo con evidenze di movimenti in atto o recenti, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa.

a1b: Deposito di frana per scivolamento

Deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.

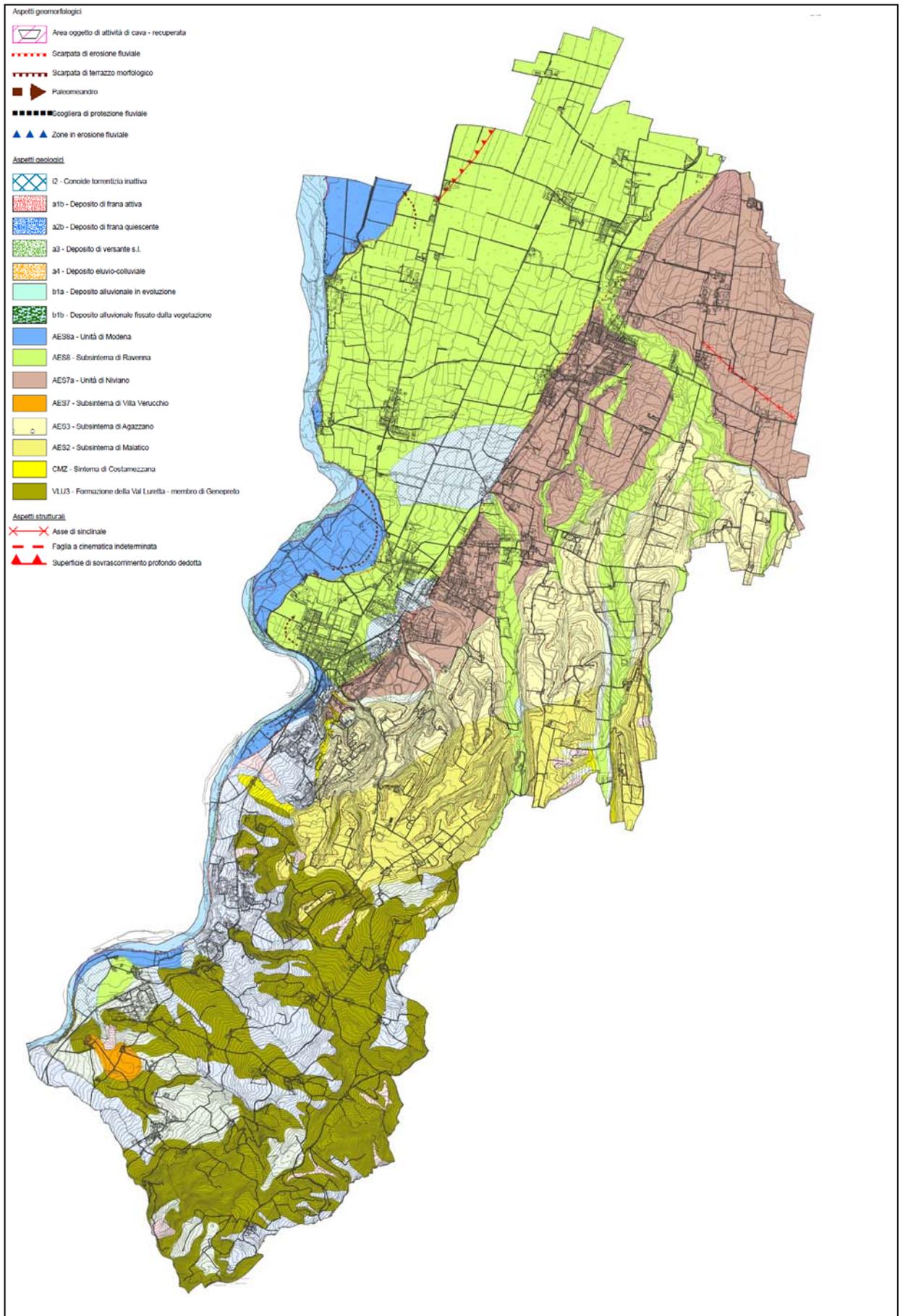


Figura 16 - Carta geologica del Comune di Rivergaro – da Quadro Conoscitivo PSC

a1d: Deposito di frana per colamento lento

Deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata.

Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti sono per lo più coesivi. I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili.

a1g: Deposito di frana complessa

Deposito messo in posto in seguito alla combinazione nello spazio e nel tempo di due o più tipi di movimento.

a2 - Deposito di frana quiescente

Deposito gravitativo senza evidenze di movimenti in atto o recenti ma con possibilità di riattivazione, costituito da litotipi eterogenei, raramente monogenici, ed eterometrici, più o meno caotici. La tessitura dei depositi è condizionata dalla litologia del substrato e dal tipo di movimento prevalente, che è stato generalmente indicato (dove non specificato, il tipo movimento è indeterminato). La maggior parte dei depositi di frana del territorio appenninico è comunque di tipo complesso ed è il risultato di più tipi di movimento sovrapposti nello spazio e nel tempo (tipicamente scorrimenti/colamenti). La tessitura prevalente risulta costituita da clasti di dimensioni variabili immersi in un'abbondante matrice pelitica e/o sabbiosa

a2b: Deposito di frana per scivolamento (descrizione analoga a a1b)

a2d: Deposito di frana per colamento lento (descrizione analoga a a1d)

a2e: Deposito di frana per colamento rapido (descrizione analoga a a1d)

a3 - Deposito di versante s.l.

Deposito costituito da litotipi eterogenei ed eterometrici più o meno caotici. Frequentemente l'accumulo si presenta con una tessitura costituita da clasti di dimensioni variabili immersi e sostenuti da una matrice pelitica e/o sabbiosa (che può essere alterata per ossidazione e pedogenesi), a luoghi stratificato e/o cementato. La genesi può essere dubitativamente gravitativa, da ruscellamento superficiale e/o da soliflusso.

a4 - Deposito eluvio-colluviale

Coltre di materiale detritico, generalmente fine (sabbie, limi e peliti) 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.

b1 – Depositi alluvionali in evoluzione

Ghiaie, talora embriate, sabbie e limi argillosi di origine fluviale, attualmente soggetti a variazioni dovute alla dinamica fluviale; detrito generalmente incoerente e caotico, costituito da clasti eterometrici ed eterogenei, talora arrotondati, in matrice sabbiosa, allo sbocco di impluvi e valli secondarie. Sono talora fissati da vegetazione (**b1a**).

i2 - Conoide torrentizia inattiva

Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, attualmente non soggetti ad evoluzione.

AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e limi e limi sabbiosi. Depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati e depositi di interconoide rispettivamente. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sul substrato pliocenico e su AES2, AES3 e AES7. Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri. Pleistocene superiore - Olocene; post circa 18.000 anni B.P..

AES8a - Unità di Modena

Costituisce una distinzione su base morfologica, archeologica e pedostratigrafica, all'interno dell'Allomembro di Ravenna.

Ghiaie prevalenti e sabbie, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua: depositi alluvionali intravallivi, terrazzati, e di conoide. Il profilo di alterazione è di esiguo spessore (poche decine di cm) e di tipo A/C, localmente A/Bw/C. Lo spessore massimo dell'unità è di alcuni metri. Olocene; post IV-VII sec. d.C.

AES7 - Subsistema di Villa Verucchio

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione presenta uno spessore fino a 4-5 m.

Il tetto dell'unità è rappresentato dalla superficie topografica, mentre il contatto di base è erosivo e discordante sulle unità più antiche. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 30 m. Pleistocene superiore

AES7b - Unità di Vignola

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati, localmente con copertura discontinua di limi argillosi: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Il profilo di alterazione

presenta uno spessore fino ad 1.5-2.0 m ed è di tipo A/Bw/BC/C e A/Bt/Bck/C. Lo spessore massimo dell'unità è di circa 20 m. Pleistocene superiore-Olocene

AES7a - Unità di Niviano

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati: depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati. Limi e limi sabbiosi con intercalazioni di ghiaie e sabbie: depositi di interconoide. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 4-5 m di profondità ed è di tipo Btb/Btgb/BCb/Ckb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss e A/Bw/Btc/Bg sulle litofacies fini. L'unità presenta una copertura fine, composita e discontinua, di spessore fino a 2 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri. Lo spessore massimo dell'unità è di poche decine di metri. Pleistocene superiore

AES3 - Subsistema di Agazzano

Unità costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose di colore grigio-nocciola, giallo-rossastro all'alterazione (depositi di conoide alluvionale) e da depositi fini dati da limi stratificati, grigio-nocciola, giallo-ocracei all'alterazione, con subordinati livelli di ghiaie e sabbie (depositi di interconoide). I depositi intravallivi sono spesso terrazzati.

Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 6-7 m di profondità ed è di tipo Btb/Btcb/BCb/Ckb/Cb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss sulle litofacies fini. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto e di tipo A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb. Il contatto di base è erosivo e discordante sull'unità AES2 e sulle unità plioceniche. Spessore massimo di circa 25-30 metri. Pleistocene medio

AES2 Subsistema di Maiatico

Ghiaie e ghiaie sabbiose prevalenti, localmente cementate: depositi alluvionali intravallivi e di conoide ghiaiosa; limi argillosi e sabbie con subordinati livelli di ghiaie: depositi di interconoide. I depositi intravallivi delle valli del Fiume Trebbia sono spesso terrazzati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto e raggiunge i 7-8 m di profondità. L'unità presenta una copertura fine, composita, dello spessore massimo di 4 m, costituita da limi e limi argillosi giallastri contenenti manufatti del Paleolitico medio. Il suo profilo di alterazione è molto evoluto. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante su unità più antiche; il limite basale su AES indistinto è erosivo e discordante a Sud di Ponte dell'Olio, mentre verso Nord diventa continuo e concordante. Lo spessore è variabile da alcuni metri a 30-40 metri. *Pleistocene medio*

- ALLOGRUPPO QUATERNARIO MARINO

E' costituito da terreni depositi in ambienti sedimentari di prodelta, piattaforma, fronte deltizio, piana deltizia e di delta-conoide.

Corrisponde alla formazione Calabriana della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 e della Carta Geologica della Provincia di Parma e zone limitrofe scala 1:100.000 (Istituto di geologia Università di Parma).

Affiora in modo pressoché continuo al di sopra delle argille plioceniche e con giacitura costantemente tra N e NE lungo tutta la fascia di raccordo tra l'Appennino e l'alta pianura parmense.

CMZ - Sintema di Costamezzana

Unità costituita da corpi metrici lenticolari di ghiaie, raramente gradate, amalgamate con matrice sabbiosa e clasti pelitici anche di grandi dimensioni (metrici), sabbie medie o fini ben selezionate con localmente sviluppo di stratificazione obliqua, laminazione piano-parallela, HCS. Intercalazioni lenticolari di ghiaie fini e medie in matrice sabbiosa. Argille e limi grigio-nerastri fossiliferi e bioturbati, frustoli vegetali. Depositi di fan-delta e di ambienti marino-marginali e continentali. Contatto basale erosivo o netto e discordante su ATS, BAD e il substrato ligure. Spessore massimo compreso tra i 50 e gli 80 m. Pleistocene inferiore

Unità Liguri

VLU – Formazione di Val Luretta

Formazione arenaceo-marnosa e calcareo-marnosa, suddivisibile, sulla base delle litologie dominanti, in tre membri. Torbiditi di bacino relativamente profondo.
Paleocene inf. - Eocene medio

VLU3 - Membro di Genepreto

Alternanze di calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e di marne e marne calcaree grigio chiare, talora nocciola, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Sono presenti locali intercalazioni di arenarie medie e grossolane grigio-scure, in strati medi e di argille marnose rosso vinate, o areniti e peliti marnose grigio scure in set di strati sottili e medi. Il substrato è frequentemente ricoperto da una coltre di alterazione limoso-argillosa di spessore variabile, che può raggiungere valori anche maggiori di 5 m., nelle zone dove la conformazione morfologica ne favorisce lo sviluppo (versanti meno acclivi, docce topografiche). Passaggio per alternanza a VLU2. Spessore parziale del membro valutabile in 450m circa. La situazione strutturale di tale formazione è caratterizzata da una disposizione a pieghe e pieghe-faglia vergenti verso la pianura e parzialmente accavallate l'una sull'altra da faglie inverse orientate in direzione WNW-ESE. *Luteziano*

4.2 - Assetto geomorfologico

L'assetto geomorfologico, espressione delle forme del suolo e della loro modificazione, è il risultato di numerose variabili morfodinamiche che hanno agito con modalità diverse in funzione delle caratteristiche litologiche e geostrutturali del substrato geologico, accentuando la suddivisione morfologica tra bassa collina e pianura, in cui si caratterizza il territorio comunale.

Il settore meridionale del territorio comunale mostra i tipici lineamenti morfologici dell'alta collina piacentina, caratterizzati da una certa vivacità morfologica, con un andamento irregolare, accidentato; da una morfologia blanda, con dolci forme mammellonari fra loro regolarmente congiunte, si passa, anche bruscamente, a ripidi costoni, a solchi di erosione ed a zone conchiformi imputabili a fenomeni gravitativi generalmente antichi.

Il settore centrale del territorio in esame, mostra i tipici lineamenti del paesaggio pedecollinare, situato in prossimità del margine collinare appenninico, modellato in terreni marini del Pliocene superiore, ricoperti dai depositi alluvionali Pleistocenici, costituenti paleosuperfici in stato di più o meno avanzata alterazione.

Tali superfici risultano profondamente incise e smembrate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua, che hanno finito per suddividerle in tanti costoni a sommità più o meno pianeggiante, delimitati lateralmente da scarpate di erosione fluviale anche terrazzate, il cui angolo di declivio naturale è strettamente connesso alla natura e alla degradabilità dei materiali che le compongono.

Tra le varie manifestazioni di tipo esogeno sono state cartografate si menzionano i dissesti geomorfologici, che si evidenziano sotto forma di frane, colate, smottamenti ed erosioni superficiali, mentre tra quelle di tipo endogeno si citano le dislocazioni tettoniche attive (talora responsabili dei terremoti), quali faglie, sovrascorrimenti, ecc..

Tra i fattori morfologici fondamentali nella costruzione del paesaggio appenninico rientrano i fenomeni gravitativi, che in sinergia con l'azione dell'acqua, generano movimenti franosi, sottoforma di colate o smottamenti, generalmente di modesta entità.

Si segnalano, altresì, estese superfici occupate da movimenti franosi quiescenti o da depositi detritici di versante, con ogni probabilità sviluppatasi in diverso contesto climatico rispetto all'attuale; su tali depositi, esposti a potenziale rischio di ripresa/innescio di movimenti gravitativi, si sono impostati i centri abitati di Case Leoni (Capoluogo), Fabbiano, Cisiano e Rallio.

La fascia di pianura, che si è formata con il contributo del materiale eroso e trasportato dai corsi d'acqua appenninici, può essere schematicamente suddivisa in due settori principali :

- fascia di alta pianura;

- fascia perifluviale del Fiume Trebbia.

La pianura presenta nel complesso una lieve immersione da SSE a NNO, con pendenze più accentuate nella zona apicale della conoide alluvionale del Fiume Trebbia, dove si riscontrano pendenze comprese tra 0,5÷1,5 %.

La sedimentazione, legata all'idrografia, modella la pianura e definisce la morfologia della stessa; lungo le aste fluviali la velocità delle acque si riduce progressivamente dall'apice della conoide a valle, influenzando di conseguenza la capacità di trasporto del corso d'acqua, e portando, nello stesso senso, a una diminuzione della granulometria dei depositi.

L'alta pianura è caratterizzata, in prevalenza, da alluvioni prevalentemente ghiaiose, organizzate in diversi ordini di terrazzi correlabili con le cicliche variazioni climatiche quaternarie; i corsi d'acqua sono costituiti da ampi materassi alluvionali che presentano una morfologia a "canali anastomizzati".

La rete idrografica principale e secondaria è caratterizzata da un orientamento complessivamente perpendicolare all'asse di rilievo (dorsale appenninica), con sottobacini stretti e lunghi corrispondenti ai principali rii, che presentano percorsi subparalleli; infatti lo schema strutturale insiste su una disposizione dei gruppi geostrutturali con un'orientazione ESE-WNW, mentre quello dei corsi d'acqua è SSW-NNE.

Fanno eccezioni i tratti terminali dei rii tributari del Fiume Trebbia a partire dal Rio Cassa fino al Rio San Giacomo, che presentano una secca deviazione verso Ovest, in prossimità del limite del settore pedemontano.

Tra le forme paleotorrentizie rinvenibili nel territorio comunale, rientrano i conoidi di deiezione inattivi, riconoscibili per la classica forma a ventaglio, formati allo sbocco in pianura dei principali corsi d'acqua; da sud a nord sono state cartografate in corrispondenza dei seguenti corsi d'acqua : Rio San Michele, Rio Mortale, Rio San Giacomo, Rio Diara, Rio Moscolano e Rio Cassa.

Si tratta della sovrapposizione di corpi lentiformi di ghiaie, sabbie, argille, limi, in funzione della costituzione del bacino idrografico di pertinenza, che si aprono a ventaglio allo sbocco dei tributari nella valle principale, originando la formazione di strutture conoidali a profilo convesso e sezione subtriangolare.

4.3 - Assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale di Rivergaro si caratterizza per la presenza di tre settori : la conoide del Fiume Trebbia, la conoide pedemontana ed il settore collinare.

La conoide del Fiume Trebbia rappresenta il più importante serbatoio acquifero della provincia di Piacenza; lo spessore cumulativo di orizzonti acquiferi risulta crescente procedendo verso Nord, in direzione del centro del bacino padano, passando da valori di 20 a 60 m. considerando il solo Gruppo Acquifero A, fornisce un'indicazione dell'elevata produttività dei livelli acquiferi che caratterizzano l'area indagata.

Nell'ambito della conoide i depositi grossolani (ghiaie e sabbie) di canale fluviale sono amalgamati tra loro a formare dei corpi tabulari coalescenti, costituenti corpi acquiferi di consistente spessore ed elevata conducibilità idraulica; gli strati permeabili aumentano di spessore verso Nord e risultano depositati sul substrato Prequaternario caratterizzato da una bassa permeabilità.

La zona apicale della conoide, dove per decine di metri sono presenti corpi ghiaiosi amalgamati, sono sede di un acquifero detto monostrato in condizioni di falda libera, caratterizzato da frequenti ed elevati scambi idrici falda-fiume, in cui il fiume rappresenta la fonte di alimentazione delle falde.

La circolazione idrica è elevata, con ricarica diretta delle falde dalle infiltrazioni efficaci per dispersione dall'alveo del Fiume Trebbia e dai corsi d'acqua secondari; sono presenti flussi laterali provenienti dai settori delle conoidi minori e di conoide pedemontana. La circolazione si sviluppa all'interno dei corpi grossolani di conoide, isolati tra loro dai principali acquitardi, che costituiscono buone barriere di permeabilità.

Procedendo verso valle i sedimenti fini si interpongono e separano tra loro i corpi ghiaiosi di conoide, mentre in superficie seppelliscono le ghiaie più superficiali, costituendo un sistema acquifero multifalda compartimentato, caratterizzato da falda confinata e in alcune zone da falda libera, queste ultime collocate nelle porzioni di acquifero più superficiale.

Il settore indicato come conoide pedemontana corrisponde ai depositi di conoide coinvolti nel sollevamento strutturale della catena appenninica, presenti lungo il margine pedeappenninico e interessati da evidenti fenomeni di terrazzamento, rappresentati da sedimenti di natura ghiaiosa, localmente conglomeratica, sabbiosa, limosa o argillosa che costituiscono il substrato del sistema dei terrazzi pedecollinari.

Le acque sotterranee costituiscono falde generalmente sospese, talora effimere, ospitate in lenti ghiaioso-sabbiose confinate entro i depositi più cementati e meno permeabili; tali acquiferi alimentano pozzi idrici di modeste portate e locali fenomeni sorgentizi lungo le principali scarpate (sorgenti di terrazzo).

Le misure piezometriche a disposizione non consentono la ricostruzione della superficie piezometrica, in relazione alla complessità della geometria degli acquiferi e della conseguente circolazione idrica sotterranea.

Il settore collinare impostato sul substrato roccioso appartenente alla Formazione di Val Luretta s.l., formata in prevalenza da depositi torbiditici arenaceo-marnosi e calcareo-

marnosi, è caratterizzato da una permeabilità secondaria per fessurazione, con formazione localizzata di scaturigini sorgentizi, in particolare a valle dell'estesa placca flyschoidale di Monte Dinavolo.

In riferimento agli studi contenuti nel Quadro Conoscitivo del PSC, rappresentati nella "Carta Idrogeologica" riportata in Figura 17, la porzione di territorio comunale impostata sui depositi di conoide è suddivisibile in quattro settori contrassegnati da valori di soggiacenza compresi rispettivamente tra:

- 0-2 m. - comprendente il settore occidentale corrispondente ai terrazzi alluvionali prossimi al corso del Fiume Trebbia;
- 2-4 m. - costituente un'ampia fascia di transizione tra il settore precedente e il successivo, interessante il settore nord-ovest del capoluogo e la pianura compresa tra Roveleto Landi e Niviano;
- 4-6 m. - comprende la fascia di transizione ai pianalti antichi terrazzati.
- > 6 m. - corrisponde ai pianalti antichi terrazzati.

L'andamento della superficie piezometrica risulta abbastanza regolare, con gradiente decrescente da monte verso valle, passante da 1-2 % nei settori prossimi ai pianalti terrazzati a 0,6 – 0,7%; la direzione di deflusso, avente orientamento prevalente verso N-NE, si presenta divergente rispetto il corso del Fiume Trebbia, che assume una funzione alimentante della falda freatica; locali assi di drenaggio risultano ubicati in corrispondenza di paleoalvei con azione di richiamo.

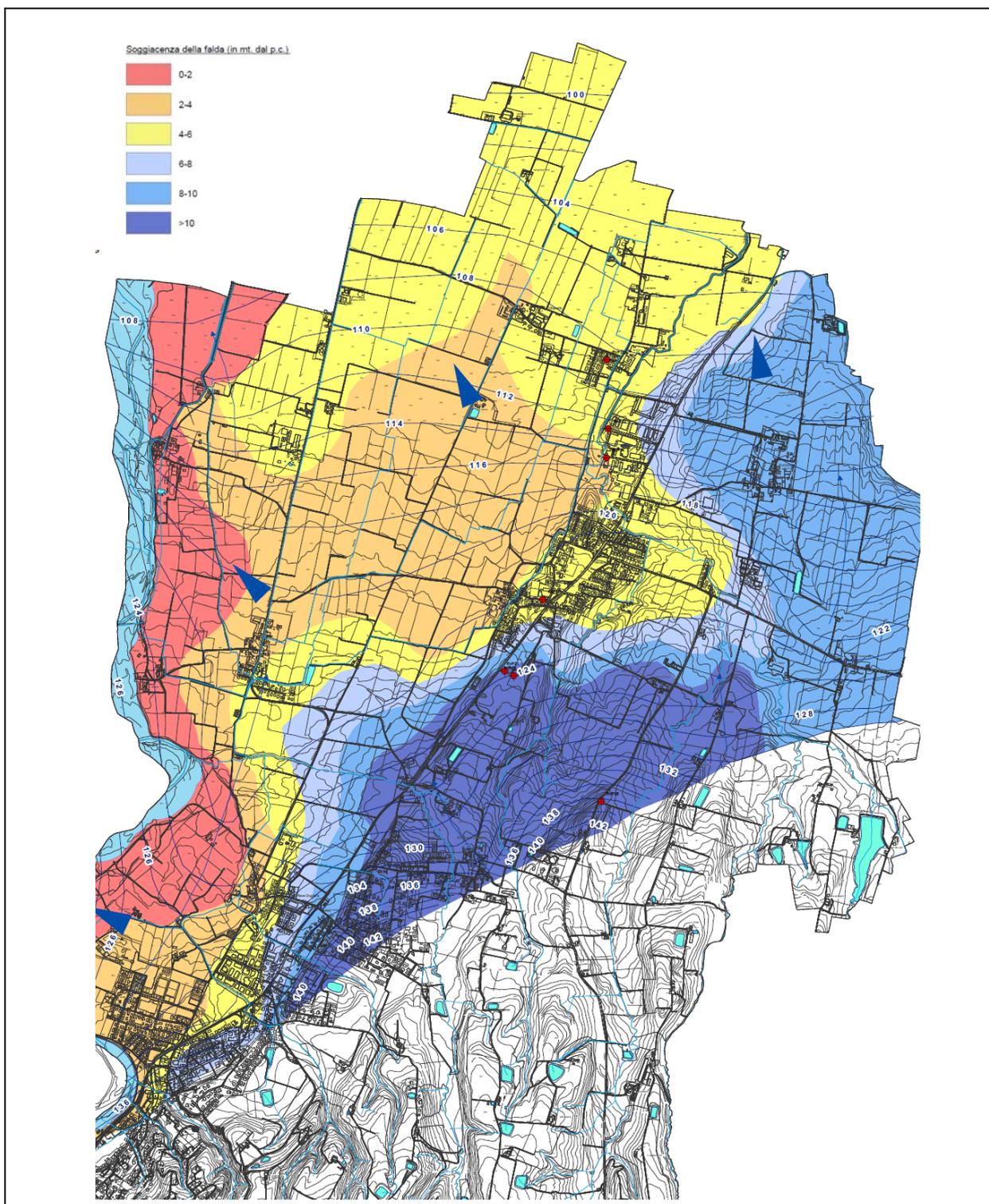


Figura 17 - Carta Idrogeologica – Tav.QC2.1.3 del PSC

5 DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

Per quanto riguarda le indagini geognostiche e geofisiche pregresse, è stata operata una ricerca presso l'Ufficio Tecnico comunale esaminando le documentazioni delle indagini geognostiche disponibili, che vanno ad aggiungersi alla Banca Dati Geognostica fornita dal Servizio Geologico Regionale.

Ad integrazione dei dati esistenti è stata progettata ed eseguita una specifica campagna di indagine comprendente :

- n° 37 misurazioni di rumore sismico a stazione singola distribuite nell'ambito del territorio urbanizzato e urbanizzabile.
- n° 6 prospezioni sismiche ReMi (Refraction Microtremor) finalizzate alla definizione dei profili di Vsh

I dati a disposizione, rappresentati nella cartografia in scala 1:10.000 allegata (Tavv. 1.1-1.2) risultano concentrati nelle aree urbanizzate del territorio comunale.

Tabella 1 - Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

Tipologia	Archivio comunale	Database RER	Indagini MS	Totale
Prova penetrometrica leggera	56			56
Prove penetrometrica dinamica media	2			2
Prove penetrometrica dinamica pesante	25			
Prove penetrometrica dinamica superpesante	59			59
Prove penetrometrica statica CPT	34			34
Sondaggio geognostico a carotaggio continuo	7			7
Pozzetto esplorativo	18	21		38
Pozzo idrico		31		31
Pozzo idrocarburi		1		1
Prova REMI	18		6	24
Prova MASW	19			19
Prova rifrazione	17			17
Prova HVSR	7		37	44

Le misure HVSR sono state condotte utilizzando un sismometro a stazione singola in grado di registrare, attraverso dei velocimetri, i microtremori lungo strato lungo le direzioni N-S; E-W; H-V.

L'elaborazione del microtremore misurato, fornisce i rapporti spettrali HVSR o H/V (Nogoshi & Igarashi, 1970), risultando efficace per la stima delle frequenze fondamentali di risonanza f_r del sottosuolo $f_r = V_s/4*H$ con H = spessore dello strato. Queste indagini prevedono misure puntuali e speditive da cui è possibile ricavare indirettamente informazioni sulla

profondità dei riflettori sismici avendo a disposizione punti di controllo di taratura (dati geognostici e geofisici). Forniscono, pertanto, un ulteriore supporto all'interpretazione stratigrafica ed alla stima della velocità media delle onde di taglio nel volume di sottosuolo investigato. Inoltre, consentono la stima delle frequenze di vibrazione del terreno e una preliminare analisi delle possibili "doppie risonanze" con i manufatti di progetto. L'acquisizione dati è avvenuta attraverso registrazioni della durata di 20 minuti e passo di campionamento pari a 172 Hz.

Le misure registrate sono state poi elaborate e restituite graficamente in forma di spettri H/V (rapporto H/V in funzione della frequenza) in cui possono essere individuati gli eventuali picchi di frequenza caratteristici (cfr. Fig. 18).

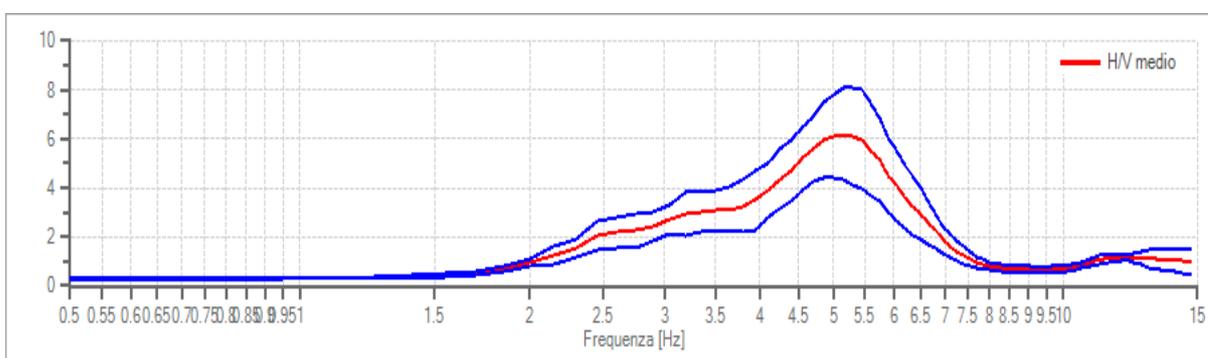


Figura 18 - Esempio di curva H/V della prova 033038P16

Ad integrazione delle indagini geofisiche disponibili sono state inoltre effettuate n°6 prospezioni sismiche impiegando la tecnica REMI (Refraction Microtremor), impiegando sismografo digitale ed impiegando n°24 geofoni da 4,5 Hz., per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (V_s), utili per la caratterizzazione sismica e per l'elaborazione della micro zonazione semplificata.

Le indagini geofisiche effettuate, oltre a quelle di repertorio disponibili per questo lavoro permettono un ulteriore affinamento delle conoscenze di sottosuolo, consentendo in primo luogo l'elaborazione della microzonazione semplificata.

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

6 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il Comune di Rivergaro ricade in corrispondenza del margine appenninico-padano, cioè nella fascia di transizione tra i primi rilievi appenninici ed il settore pedemontano della Pianura Padana, per cui sono individuabili ambiti geologici molto differenti da nord a sud.

Buona parte del territorio comunale ricade nell'ambito della conoide del Fiume Trebbia, che presenta il settore apicale in corrispondenza di Rivergaro, dove si riscontra una dominanza di depositi ghiaiosi, che si inspessiscono procedendo verso nord, con intercalazioni sabbiose e limoso-sabbiose.

Ad est dell'allineamento Rivergaro-Niviano si riscontra il settore pedemontano corrispondente ai depositi di conoide coinvolti nel sollevamento strutturale della catena appenninica, presenti lungo il margine pedeappenninico e interessati da evidenti fenomeni di terrazzamento; il settore indicato comprende i depositi plio-pleistocenici di natura ghiaiosa, localmente conglomeratica, sabbiosa, limosa o argillosa che costituiscono il substrato del sistema dei terrazzi pedecollinari, di età più antica da nord a sud.

Per una migliore comprensione del modello geologico locale, è possibile fare riferimento alle sezioni geologiche contenute nello studio commissionato da ASM Piacenza "Indagine idrogeologica sulle conoidi del F.Trebbia e del T.Nure per lo studio delle risorse e delle potenzialità idriche del sistema acquifero sfruttato ai fini idropotabili" a cura di Geoinvest, di cui vengono riportati gli estratti nelle figure 19-23.

L'esame delle stesse consente di valutare come la base del primo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - SERS) si collochi a profondità crescenti da circa 30 m da p.c nella zona apicale della conoide (zona di Rivergaro) a oltre 100 m da p.c. nel settore nord (zona Ottavello); il secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore- SERI) si riscontra fino a profondità di circa 150 m al limite nord del territorio comunale, per assottigliarsi fino a scomparire nel settore di Rivergaro.

I depositi dei due cicli quaternari continentali, sono riferibili a sedimenti prevalentemente ghiaiosi, caratteristici dei settori apicale e mediano della conoide del Fiume Trebbia, e dei ripiani antichi riferibili ai depositi del corso d'acqua citato, alternati a subordinati orizzonti di argille e limi.

Nell'ambito dei depositi alluvionali sia di conoide che dei depositi antichi dei pianalti pedeappenninici, si riscontrano frequentemente orizzonti ghiaiosi conglomeratici, che determinano significativi contrasti di impedenza rispetto ai sedimenti alluvionali in cui sono inseriti; in accordo con le linee guida regionali, tali orizzonti, rappresentano in termini di risposta sismica, il substrato rigido determinante amplificazione del segnale sismico.

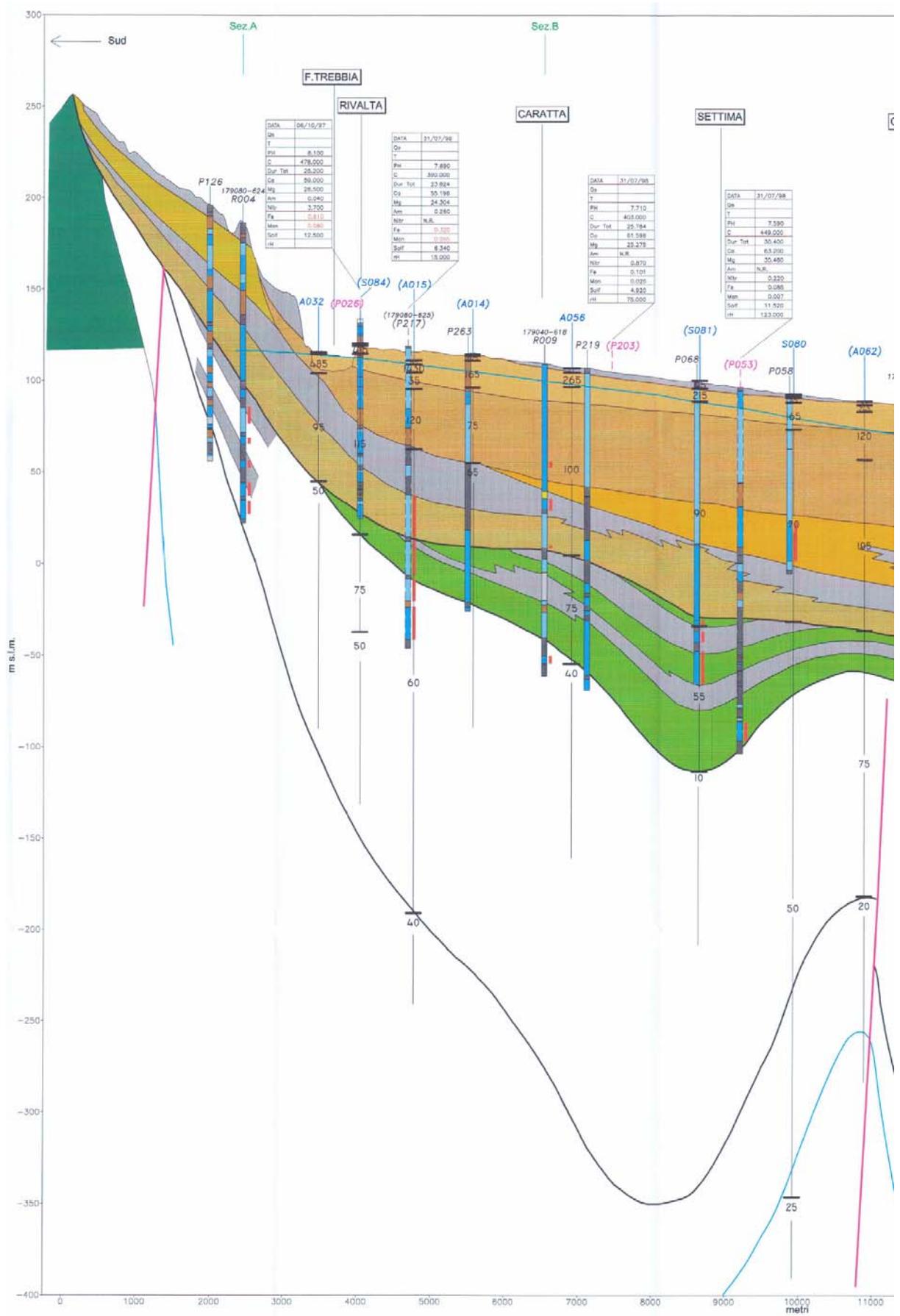


Figura 20 - Sezione 3 – Studio ASM Piacenza

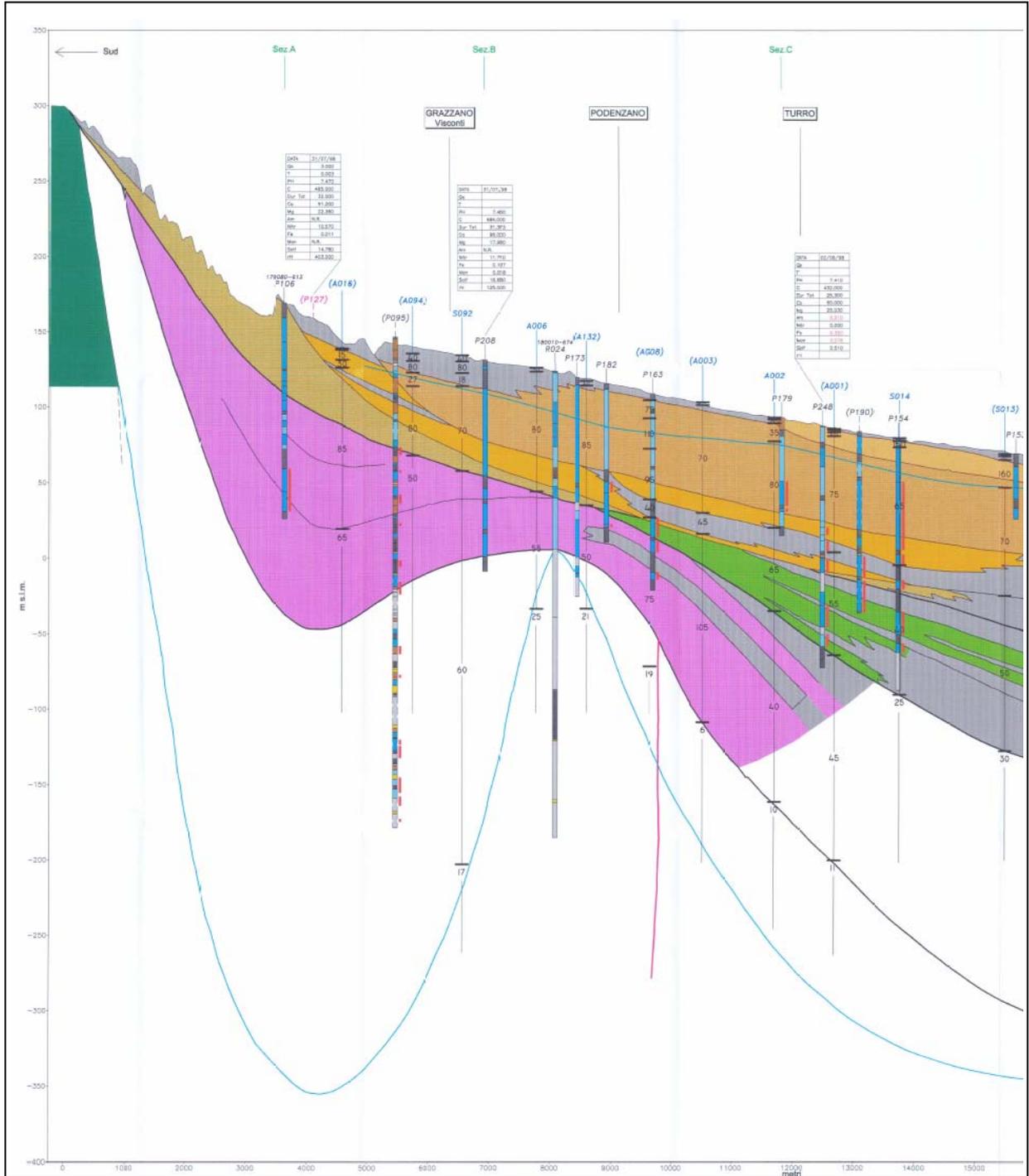


Figura 21 - Sezione 4 – Studio ASM Piacenza

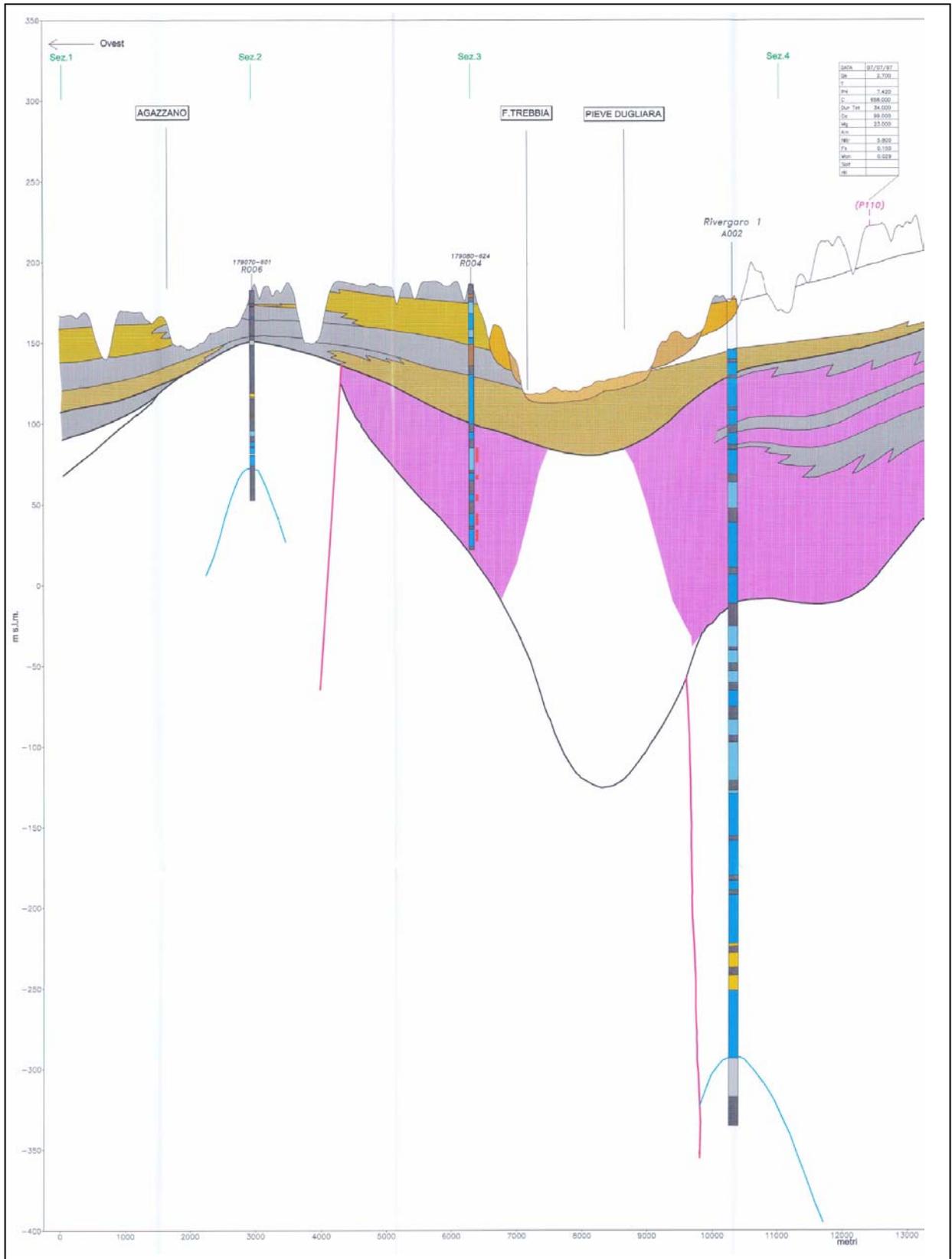


Figura 22 - Sezione A – Studio ASM Piacenza

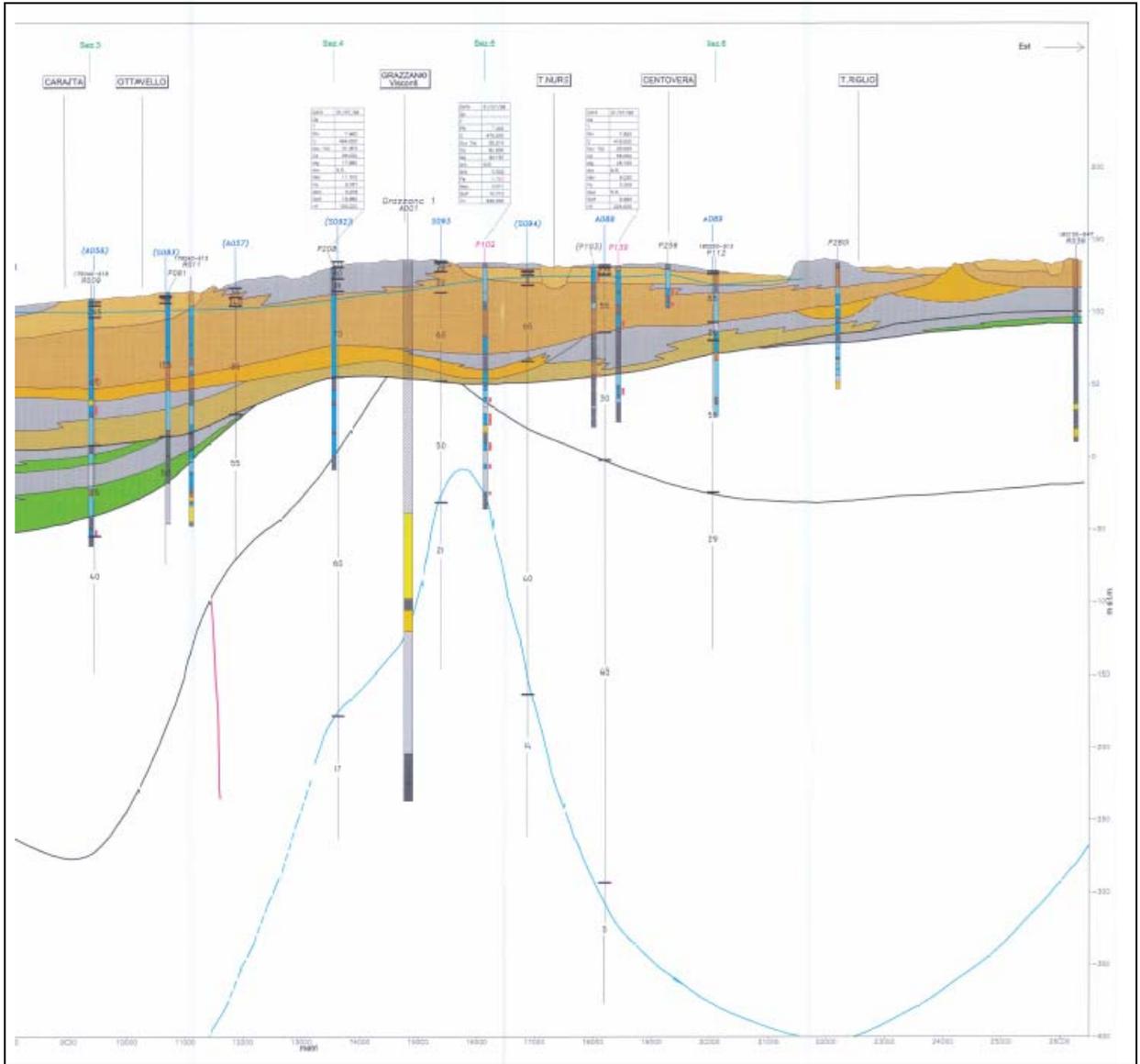


Figura 23 - Sezione B – Studio ASM Piacenza

7 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

La caratterizzazione sismica del territorio comunale di Rivergaro, pur tenendo conto della discreta uniformità tra i risultati delle prove geofisiche di archivio e di nuova esecuzione, avrebbe potuto raggiungere una maggiore definizione disponendo di un numero più elevato di dati geofisici.

L'interpretazione delle indagini geofisiche, inoltre, risulta affetta da un grado di soggettività, che, in alcuni casi, in riferimento all'utilizzo delle indagini di archivio, non consente una precisa correlazione tra prove eseguite da tecnici diversi.

Per quanto riguarda i dati stratigrafici derivanti dalle schede dei pozzi idrici perforati risultano notoriamente non accurati, sia per la modalità di perforazione impiegata (generalmente si tratta di perforazioni a distruzione di nucleo) sia per l'interpretazione spesso sommaria dei dati di perforazione, in particolare dei limiti degli orizzonti stratigrafici e delle caratteristiche granulometriche dei sedimenti.

I risultati della modellazione effettuata, che sono condizionati dalla qualità delle informazioni stratigrafiche e sulle caratteristiche geotecniche e sismiche, non devono essere considerati come valori assoluti, ma solo come indicatori della possibilità che si manifestino fenomeni di amplificazione di tipo stratigrafico in tutto il territorio comunale.

In sede di progettazione dei futuri interventi edilizi dovranno pertanto essere eseguite specifiche valutazioni della locale amplificazione sismica sulla base di indagini geognostiche e geofisiche di dettaglio.

8 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

Nella prima fase di lavoro, relativamente agli areali da sottoporre allo studio di Microzonazione Sismica, ovvero il territorio urbanizzato ed urbanizzabile, sono stati acquisiti dati bibliografici e di archivio, sono stati condotti rilievi sul territorio ed è stata analizzata la cartografia geologica e geomorfologica disponibile.

Successivamente è stata eseguita una campagna di indagini di sismica, ai fini della definizione delle frequenze fondamentali dei terreni e dell'integrazione dei dati dei profili di Vs disponibili.

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

- **Carta delle indagini:** in tale cartografia sono riportate le indagini pregresse e quelle di nuova esecuzione, classificandole in base alla tipologia;
- **Carta geologico-tecnica:** tale carta è stata derivata dalla revisione a scala dettagliata dei rilievi disponibili. In questa cartografia sono rappresentati gli elementi geologici e morfologici che possono modificare il moto sismico in superficie;
- **Carta delle frequenze naturali dei terreni:** tale carta riporta i punti di misura e i risultati di indagini di sismica passiva (misure HVSR); in particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1). In entrambi i casi sono stati presi in considerazione solo i picchi ricadenti nell'intervallo di frequenza $0,2 \div 20$ Hz;
- **Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica:** in questa cartografia sono indicate le aree in cui si ritiene necessario effettuare indagini e analisi di microzonazione sismica e i livelli di approfondimento ritenuti necessari, distinguendo tra zone suscettibili di instabilità, se presenti ove sono richiesti approfondimenti di terzo livello, e zone suscettibili di amplificazioni locali, oggetto di approfondimenti di secondo livello, all'interno delle quali vengono operate ulteriori distinzioni, identificando delle microzone omogenee, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche.

La seconda fase del lavoro ha come obiettivo la valutazione della risposta sismica locale e la Microzonazione Sismica del territorio indagato; in questa fase sono stati prodotti i seguenti elaborati:

- **Carta delle velocità delle onde di taglio S:** in cui sono ubicati tutti i punti di misura di Vs con indicazione, per ogni punto misura, del valore di V_{SH} (m/s) e H (m), inteso come lo spessore totale dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato rigido nelle

aree in cui H non supera i 50 m, o di VS30 (in m/s) nelle aree di pianura dove H è maggiore di 50 m.

- **Carte di microzonazione sismica – Livello 2:** in cui sono rappresentate le amplificazioni stimate, tramite procedure semplificate, per i vari settori di territorio in esame. L'amplificazione è stata quantificata sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale (PGA/PGA_0), sia di rapporto di Intensità di Housner (S/S_0), per prefissati intervalli di periodi (0,1-0,5s e 0,5-1s). Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate nell'All. 2 degli Indirizzi regionali.

9 ELABORATI CARTOGRAFICI

9.1 - Carta delle indagini

Nella Carta delle indagini, alla scala 1:10.000, sono state riportate le ubicazioni delle prove di nuova esecuzione e dei dati pregressi, relativi a indagini geognostiche e/o geofisiche a corredo di pratiche edilizie depositate presso l'Ufficio Tecnico Comunale, oltre a quelle contenute nel database fornito dal Servizio Geologico Regionale.

Le simbologie adottate, in conformità con gli standard di rappresentazione

Indagini geognostiche pregresse	Indagini geofisiche pregresse
 Prova penetrometrica statica CPT	 MW MASW
 Prova penetrometrica dinamica leggera DL	 RM REMI
 Prova penetrometrica dinamica media DM	 SR Sismica a rifrazione
 Prova penetrometrica dinamica DPSH	 HVSr
 Prova penetrometrica dinamica SCPT	Indagini geofisiche eseguite per studio MS
 Pozzo idrico	 RM REMI (identificativo in colore rosso)
 Pozzo idrocarburi	 HVSr (identificativo in colore rosso)
 Sondaggio a carotaggio continuo	
 Sondaggio a carotaggio continuo con prelievo di campioni	
 Pozzetto esplorativo	

9.2 - Carta geologico-tecnica

Nella Carta geologico-tecnica sono state riportate le informazioni di base (geologia, geomorfologia, caratteristiche litotecniche, geotecniche e idrogeologiche) derivate da elaborati esistenti e da indagini geognostiche pregresse.

Questi dati hanno consentito di definire il modello di sottosuolo e sono risultate funzionali alla realizzazione delle Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica (livello 1), che saranno descritte nel successivo paragrafo 9.4.

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

- elaborati del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale di Rivergaro;
- "Carta Geologica d'Italia" Foglio 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000;
- "Carta Geologica di Pianura dell'Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione dell'Emilia-Romagna;

- indagini geognostiche puntuali.

Nell'ambito del territorio comunale sono distinguibili varie unità litologiche di seguito descritte:

Alveo attuale e terrazzi recenti

Depositi alluvionali attuali del F. Trebbia.

Ghiaie e sabbie in corpi canalizzati e lenticolari ad elevata resistenza, intercalate a sabbie e sabbie limose in strati di spessore decimetrico.

Piana pedemontana e terrazzi alluvionali medio-recenti

Depositi dei terrazzi alluvionali medio-recenti del F. Trebbia e di piana pedemontana (conoide alluvionale del F. Trebbia). (AES8a-AES8)

Ghiaie e sabbie ad elevata resistenza con copertura limoso-argillosa di potenza pari a 1-3 m. di consistenza media.

Depositi di alluvionali di conoide torrentizia

Ghiaie grossolane a fini con matrice sabbioso-argillosa in corpi canalizzati e lenticolari, con copertura limoso-argillosa di spessore estremamente variabile, compresa tra 1-5 m.. Consistenza media per i termini coesivi e resistenza elevata per le intercalazioni ghiaiose.

Unità pedeappennica

Depositi alluvionali antichi riferibili al Sintema Emiliano-Romagnolo superiore (AES7-AES7a).

Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi, con orizzonte superficiale di natura limoso argillosa prevalente di spessore plurimetrico. Le resistenze sono generalmente elevate in relazione alla presenza di strati a costituzione ghiaiosa, con locali riduzioni di resistenza in corrispondenza dei termini limoso-argillosi.

Depositi alluvionali molto antichi riferibili al Sintema Emiliano-Romagnolo superiore (AES2-AES3)

Ghiaie, sabbie, limi e limi argillosi con copertura di natura limoso-sabbiosa prevalente di spessore plurimetrico. Le resistenze sono generalmente elevate in relazione alla presenza di strati a costituzione ghiaiosa, con locali riduzioni di resistenza in corrispondenza dei termini limoso-argillosi.

Detrito di frana e di versante :

Accumuli caotici di elementi litoidi eterogenei ed eterometrici, in matrice pelitica spesso prevalente, di origine eluvio-colluviale e gravitativa (paleofrane e frane attive).

Sintema di Costamezzana :

Depositi marino-continentali costituiti da stratificazioni di ghiaie cementate in matrice sabbiosa, alternate a sabbie, ed argille e limi, affioranti in corrispondenza di incisioni dei principali rii che incidono il margine appenninico.

Flysch di Val Luretta :

Affioramenti di Unità geologiche in posto riferibili alle Unità tettoniche del Dominio Ligure, costituite da alternanze di livelli lapidei (calcari, arenarie) e pelitici (argille, argille marnose e marne) di origine torbidityca, talora intensamente deformati e fratturati (rapporto L/P compreso tra 1/3-3), con copertura limoso-argillosa di variabile spessore, di consistenza medio-bassa.

Nella Carta geologico tecnica, in riferimento agli Standard di Rappresentazione ed Archiviazione Informatica per gli studi di microzonazione sismica, sono state distinte, sulla base delle caratteristiche tessiturali, le seguenti unità di terreni di copertura:

- GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia
- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo.
- GC Ghiaie argillose, miscela di ghiaia, sabbia e argilla
- GW Ghiaie pulite con granulometria ben assortita, miscela di ghiaie e sabbie
- CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose.
- CH Argille inorganiche di alta plasticità, argille grasse.

Nelle limitate aree di affioramento del substrato geologico sono state distinte le seguenti classi :

- GRS - granulare cementato stratificato, riferibile ai depositi del Sintema di Costamezzana, affioranti in particolare lungo le incisioni dei rii che incidono i terrazzi antichi nel settore sud di Rivergaro, dove si osservano bancate ghiaiose cementate.
- ALS - alternanza di litotipi stratificato, è stato assegnato alle rocce flyshoidi della formazione di Val Luretta, generalmente ricoperte da una coltre di alterazione di variabile spessore di natura limoso-argillosa.

Sono stati altresì distinti gli ambienti genetico - deposizionali dei terreni di copertura secondo le seguenti classi:

ec – eluvi/colluvi

es – argini, barre, canali;

pd – piana pedemontana

pi – piana inondabile

tf – terrazzo fluviale;

Nella Carta geologico tecnica sono stati inoltre riportati:

- la profondità in metri della falda misurata negli areali con sabbie e/o ghiaie, relativamente a rilievo freaticometrico disponibile derivato dal Quadro Conoscitivo del PSC.
- i sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato geologico, corrispondente al Sintema di Costamezzana e la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dal sondaggio.

9.3 - Carte delle frequenze naturali dei terreni

In riferimento alle risultanze delle indagini tomografiche eseguite è stata redatta la Carta delle frequenze naturali dei terreni, a scala 1:10.000.

Nella carta sono riportati i punti di misura, con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).

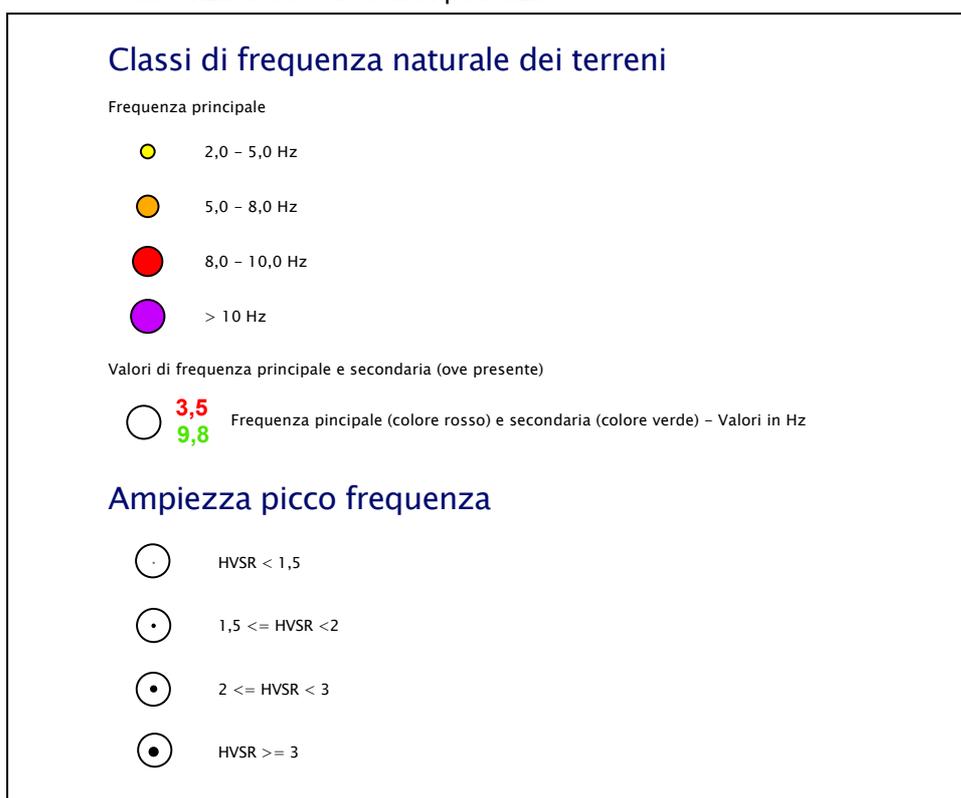
Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio.

Al fine di rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, sono state utilizzate utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

- $2 \text{ Hz} < F_0 \leq 5 \text{ Hz}$
- $5 \text{ Hz} < F_0 \leq 8 \text{ Hz}$
- $8 \text{ Hz} < F_0 \leq 10 \text{ Hz}$
- $F_0 > 10 \text{ Hz}$

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, dai seguenti intervalli del rapporto HVSR :

$HVSR \geq 3$	elevato contrasto di impedenza
$2 \leq HVSR < 3$	moderato contrasto di impedenza
$1,5 \leq HVSR < 2$	basso contrasto di impedenza
$1,5 < HVSR$	assenza di contrasto di impedenza



Nella tabella 2 sono riepilogati i risultati delle prove tromografiche, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali e, ove presenti, dei picchi secondari, oltre all'ubicazione e l'unità di appartenenza nelle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica che saranno descritte nel successivo paragrafo 9.4:

Tabella 2 - Valori di picchi di frequenza da prove HVSR

Prova HVSR	MOPS	Frequenza 1° picco (Hz)	Ampiezza 1° picco H/V	Frequenza 2° picco (Hz)	Ampiezza 2° picco H/V	Affidabilità picco Sesame
033038P1	2001	5,15	4,95			SI
033038P2	2001	3,35	3,32			SI
033038P3	2001	15,50	4,18	3,80	2,21	SI
033038P4	2001	3,50	4,16			SI
033038P5	2001	3,50	4,70			SI
033038P6	2003	3,50	5,16			SI
033038P7	2001	3,95	2,46			SI
033038P8	2001	9,65	4,75	3,35	3,08	SI
033038P9	2003	5,60	6,20			SI
033038P10	2001	20,00	2,32	3,20	1,80	SI
033038P11	2001	3,20	1,35			SI
033038P12	2001	3,50	3,05			SI
033038P13	2003	8,90	5,78			SI
033038P14	2003	5,75	4,38			SI
033038P15	2003	5,75	7,40			SI
033038P16	2003	5,15	6,21			SI
033038P17	2003	7,85	7,03			SI
033038P18	2002	9,35	5,13	2,45	2,55	SI
033038P19	2002	11,90	3,81	3,20	1,54	SI
033038P20	2002	7,85	3,53	2,60	1,54	SI
033038P21	2002	8,30	4,08			SI
033038P22	2001	10,85	5,21			SI
033038P23	2001	17,75	4,89			SI
033038P24	2001	14,00	5,51			SI
033038P25	2002	12,35	3,11	3,50	1,59	SI
033038P26	2002	10,85	3,10	3,20	2,48	SI
033038P27	2002	9,65	2,67			NO
033038P28	2002	9,80	4,22	4,40	2,73	NO
033038P29	2001	10,55	4,18	2,75	2,98	SI
033038P30	2001	13,25	4,08	3,20	2,62	SI
033038P31	2004	2,45	10,07			SI
033038P32	2004	3,20	7,72			SI
033038P33	2004	3,05	8,26			SI
033038P34	2004	2,60	3,63			SI
033038P35	2004	3,80	4,76			SI
033038P36	2001	2,30	4,53			SI
033038P37	2001	8,00	3,36			SI

L'esame dei risultati delle prove HVSR, nel complesso, evidenzia la presenza di picchi H/V significativi, interpretabili o come orizzonti ghiaiosi molto addensati/cementati nell'ambito dei depositi alluvionali sia di conoide che di terrazzo alluvionale medio-recente e antico (settore pedemontano) o come substrato più rigido, nell'ambito del settore collinare costituito da rocce stratificate fratturate della formazione del Flysch di Val Luretta.

Nella zona 2001, dove sono ubicate il maggior numero di prove HVSR, sono più frequenti picchi H/V compresi nell'intervallo 2,3-3,8 Hz, generalmente con elevati contrasti di impedenza (ampiezza di picco H/V ≥ 3) attribuibili a livelli ghiaiosi conglomeratici o comunque significativamente addensati, che si riscontrano a profondità variabile (stimabile tra 20-30 m da p.c.); localmente si registrano picchi a profondità stimata inferiore (frequenza 8-15 Hz).

Le prove disponibili per la zona 2002, riferibile al terrazzo antico su cui sorge l'abitato di Niviano, presentano picchi nell'intervallo 8-12 Hz indicativi di significativi contrasti di impedenza (ampiezza H/V generalmente > 3), associabili al passaggio tra la copertura limoso-argillosa e gli strati ghiaiosi addensati sottostanti entro profondità valutabili dell'ordine 6-9 m da p.c.

Le prove HVSR eseguite nell'ambito del terrazzo molto antico riferibile alla zona 2003 evidenziano picchi di frequenza significativi (ampiezza H/V da 4 a 7) variabili nell'intervallo 4-7 Hz, connessi a livelli ghiaiosi conglomeratici che si ritrovano notoriamente nella zona di Ancarano-Rivergaro alta, entro profondità stimabile tra 12-20 m. dal p.c.

Nella zona 2004, corrispondente alla fascia collinare impostata su rocce flyschoidi fratturate con copertura eluvio-colluviale di vario spessore, le limitate prove a disposizione evidenziano contrasti di impedenza significativi (ampiezze H/V tra 3,6-10) per frequenze di circa 3 Hz (corrispondenti a spessori stimabili in circa 20 m), interpretabili come il passaggio tra la coltre detritica ed il bedrock, o tra la porzione superficiale del substrato roccioso maggiormente fratturata e quella sottostante più rigida.

9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica

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

In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti 3 categorie:

1. zone stabili. Si tratta di zone con affioramento di un substrato rigido e morfologia pianeggiante o poco acclive, nelle quali non si ipotizzano effetti locali di alcuna natura e in cui non sono richiesti ulteriori approfondimenti.

2. zone stabili suscettibili di amplificazioni locali. Si tratta di aree in cui sono attese amplificazioni del moto sismico, causate dall'assetto litostratigrafico e/o morfologico locale. In queste zone sono richiesti approfondimenti di secondo livello.

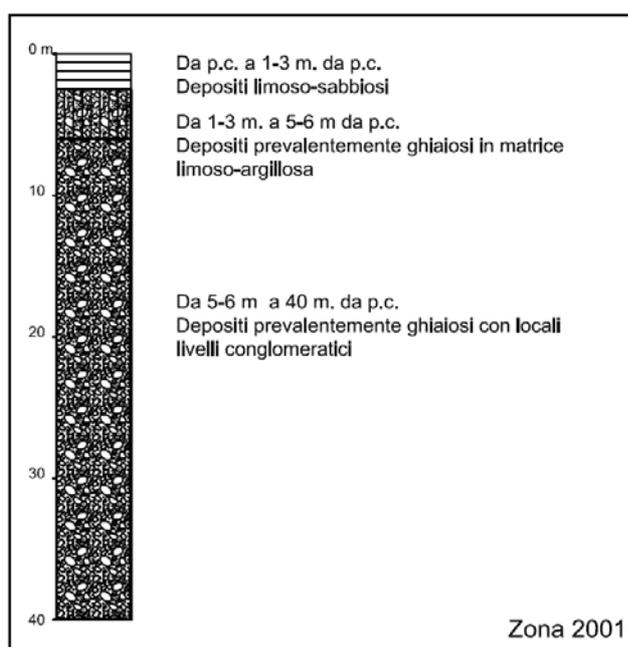
3. zone suscettibili di instabilità. Si tratta di zone nelle quali effetti sismici attesi e predominanti, oltre i fenomeni di amplificazione, sono riconducibili a deformazioni permanenti del territorio, quali instabilità di versante (frane attive e quiescenti), liquefazioni e densificazione. In queste zone sono richiesti approfondimenti di terzo livello.

Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Rivergaro, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili.

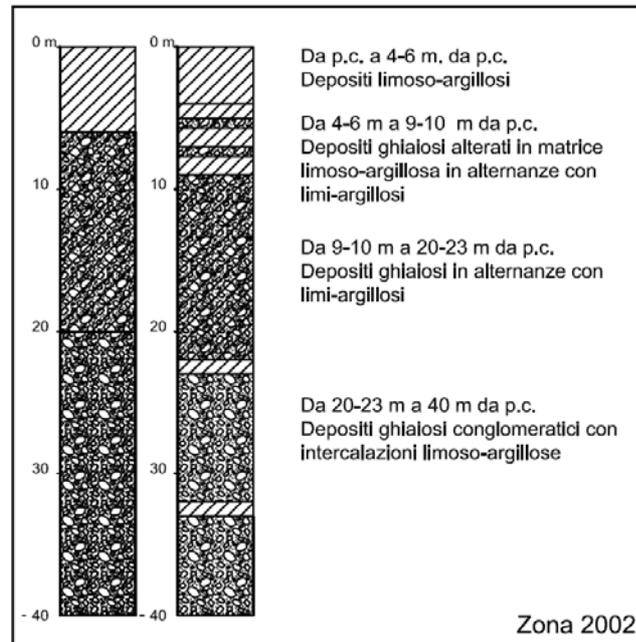
Buona parte delle aree urbanizzate e urbanizzabili risultano appartenenti alla categoria 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni di seguito descritte; fanno eccezione le aree ricadenti nell'ambito di corpi di frana quiescenti (buona parte degli abitati di Fabbiano e Mulinasso, ed una porzione della località Case Leoni, nel settore meridionale di Rivergaro), cartografate come "Zone di attenzione per instabilità di versante", che dovranno essere sottoposte ad analisi di microzonazione sismica di 3° livello nei casi in cui si intenda localizzare ambiti di riqualificazione e nuovo insediamento, oppure per confermare previsioni urbanistiche vigenti non ancora attuate.

Sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate le seguenti microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 30-40 m di sottosuolo :

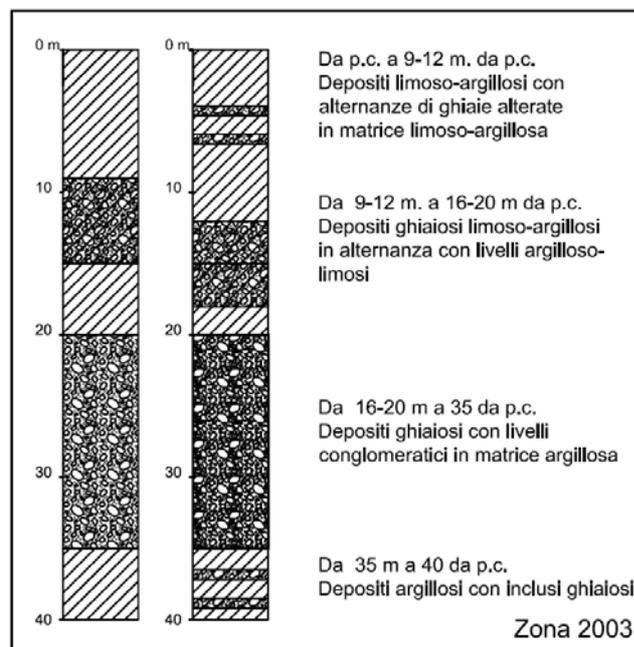
Zona 2001 –Depositi di conoide prevalentemente ghiaiosi con copertura limoso-argillosa di spessore metrico.



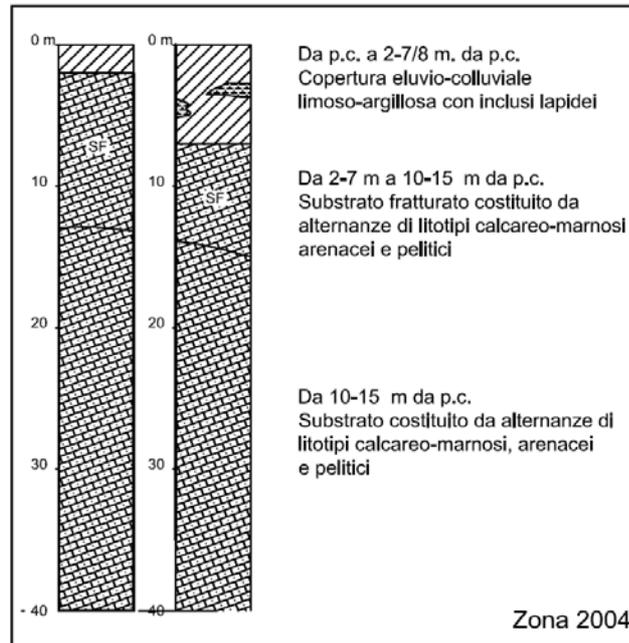
Zona 2002 – Depositi alluvionali di terrazzo antico costituiti da copertura limoso-argillosa consolidata di spessore plurimetrico su substrato prevalentemente ghiaioso, con intercalazioni limoso-argillose, localmente conglomeratico.



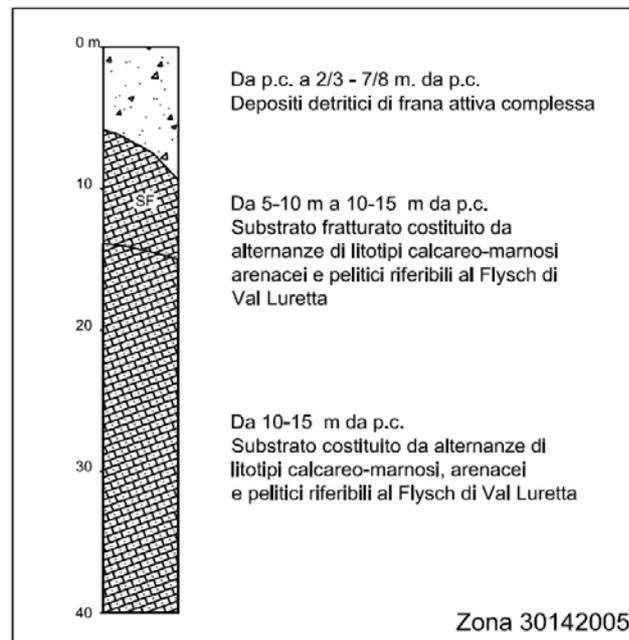
Zona 2003 – Depositi di terrazzo molto antico costituiti da copertura prevalentemente limoso-argillosa consolidata, di spessore variabile, generalmente compreso tra 9-12 m, su substrato ghiaioso in matrice limoso-argillosa, con livelli conglomeratici.



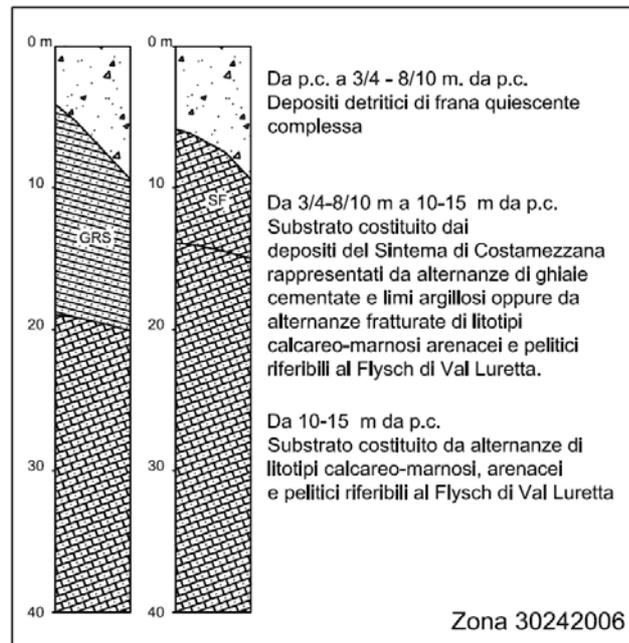
Zona 2004 – Aree caratterizzate da copertura eluvio-colluviale di spessore variabile tra 2-8 m., su substrato lapideo stratificato, generalmente fratturato



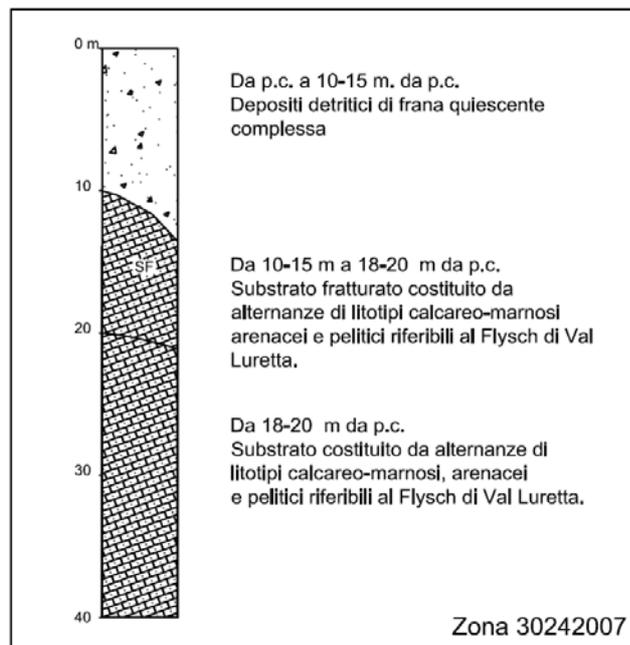
Zona 30142005 - Depositi detritici di frana attiva complessa con spessori variabili tra 2/3 e 7/8 m. su substrato generalmente fratturato nella porzione superiore, costituito da alternanze di litotipi calcareo-marnosi arenacei e pelitici riferibili al Flysch di Val Luretta



Zona 30242006 - Depositi detritici di frana quiescente complessa con spessori variabili tra 3/4 e 8/10 m. su substrato generalmente fratturato nella porzione superiore, costituito da alternanze di litotipi calcareo-marnosi arenacei e pelitici riferibili al Flysch di Val Luretta; nel settore di Case Leoni, il substrato è rappresentato dalle alternanze di ghiaie cementate e limi argillosi riferibili al Sintema di Costamezzana.



Zona 30242007 - Depositi detritici di frana quiescente complessa con spessori variabili tra 10 e 15 m. su substrato generalmente fratturato nella porzione superiore, costituito da alternanze di litotipi calcareo-marnosi arenacei e pelitici riferibili al Flysch di Val Luretta.



9.5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S

Nella Carta delle velocità delle onde di taglio S sono stati riportati i punti di misura di Vs con indicazione di :

- spessore del deposito di copertura o profondità del substrato rigido (H); nel territorio comunale si riscontrano frequentemente, livelli ghiaiosi conglomeratici di spessore variabile da metrico a plurimetrico, che determinano forti contrasti di impedenza;
- velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore considerato (V_{sH} e V_{s30}) del deposito di copertura

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

dove N è il numero di strati del profilo sismico corrispondenti alla copertura,
 H è lo spessore totale (in m) dei terreni di copertura o profondità del tetto del substrato rigido,

h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo (fino al substrato rigido),

V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino al substrato rigido);

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^M h_i / V_{s_i}}$$

dove M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m,

h_i = spessore (in m) 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)

La carta è stata redatta impiegando sia le indagini pregresse sia quelle specificatamente eseguite per lo studio di Microzonazione Sismica, distinguendo le misure di Vs sulla base della tecnica impiegata: MASW e Re.Mi.

Le indagini disponibili ed il relativo valore di Vs30 e VsH sono raccolti nella tabella seguente :

Tabella 3 - Valori di Vs da prove geofisiche disponibili

ID_LN	MOPS	Tipo indagine	Vs30 (m/s)	VsH (m/s)	H (m)
033038L1	2001	REMI		432	24,0
033038L2	2003	REMI		358	19,0
033038L3	2002	REMI		316	20,3
033038L4	2001	REMI		394	28,5
033038L5	2002	REMI		573	8,0
033038L6	2001	REMI		586	19,5
033038L7	2002	REMI		305	12,1
033038L8	2003	REMI		438	10,3
033038L9	2004	REMI		272	14,8
033038L10	2004	REMI		336	25,0
033038L11	2004	REMI		278	26,0
033038L12	2002	REMI		310	7,0
033038L13	2003	REMI		315	9,0
033038L14	2003	REMI		362	26,8
033038L15	2003	REMI		319	21,2
033038L16	2003	REMI		361	19,9
033038L17	2003	REMI		395	20,0
033038L18	2003	REMI		322	23,3

033038L19	2001	MASW		527	9,0
033038L20	2001	MASW	386		
033038L21	2004	MASW		466	22,0
033038L22	2004	MASW		451	28,1
033038L23	2003	MASW		357	17,5
033038L24	2004	MASW		334	9,0
033038L25	2004	MASW		398	12,0
033038L26	2003	MASW		456	24,0
033038L27	2004	MASW		219	6,0
033038L28	2003	MASW		422	27
033038L29	2004	MASW		322	31,1
033038L30	2003	MASW		355	17,5
033038L31	2004	MASW		488	15,0
033038L32	2001	MASW	352		
033038L33	2004	MASW		376	25,0
033038L34	2003	MASW		436	20,0
033038L35	2001	MASW		601	48,0
033038L36	2002	RIFRAZ		320	10,0
033038L48	2001	REMI		406	11,8
033038L49	2001	REMI		475	11,5
033038L50	2002	REMI		371	12,5
033038L51	2002	REMI		343	11,9
033038L52	2001	REMI		354	12,9
033038L53	2003	REMI		275	10,7
033038L54	2004	MASW		288	10,5
033038L55	2004	MASW		279	9,6

Nel complesso la zona 2001, riferibile alla piana pedemontana del Fiume Trebbia, risulta contraddistinta da sedimenti ghiaiosi con profili di velocità caratterizzati da valori di VsH compresi tra 350-600 m/s e contrasti di impedenza significativi imputabili ad orizzonti ghiaiosi grossolani/conglomeratici individuati a profondità H compresa tra 10-25 m dalle prove disponibili; nel settore nord, in corrispondenza dell'abitato di Ottavello, i profili di velocità sono contraddistinti da valori di Vs30 dell'ordine di 350-380 m/s, ad indicare probabilmente, il passaggio ad sedimentazione meno grossolana o meno addensata/cementata rispetto ai settori più a monte.

La zona 2002 è caratterizzata da profili di velocità con valori di VsH mediamente variabili tra 300-370 m/s, che caratterizza i terreni di copertura sovrastanti i livelli ghiaiosi conglomeratici molto addensati che si ritrovano generalmente tra 8-12 m da p.c.

Per la zona 2003 i valori di VsH variano mediamente tra 280-450 m/s con contrasto di impedenza significativo, indotto dagli orizzonti ghiaiosi conglomeratici, che si ritrovano generalmente tra circa 10-20 m da p.c.; nel settore più meridionale della zona 2003, corrispondente circa alla località Case Leoni, si registra tendenzialmente una riduzione della velocità del substrato ($V_s \ll 800$ m/s), attribuibile alla prevalenza di litologie argillose nell'ambito del substrato riferibile al Sintema di Costamezzana.

Per la zona 2004 i parametri VsH e di H presentano una discreta variabilità nei contesti esaminati; in riferimento ad un substrato riferibile flyschoidale di Val Luretta, membro di Genepreto, caratterizzato generalmente da $V_s \ll 800$ m/s, sono stati registrati valori di circa 370-450 m/s e H pari a circa 20-28 m nella zona di Bassano, valori di VsH pari a 270 m/s e H = 10-15 m nella zona di Rallio, e valori di VsH compresi tra 220-400 m/s e H variabili tra 6-25 m nella zona di Cisiano-Fabbiano.

I profili di velocità delle onde di taglio per i principali centri abitati, distinti in base alla Zona MOPS di riferimento, sono rappresentati nei diagrammi di figure 24-27.

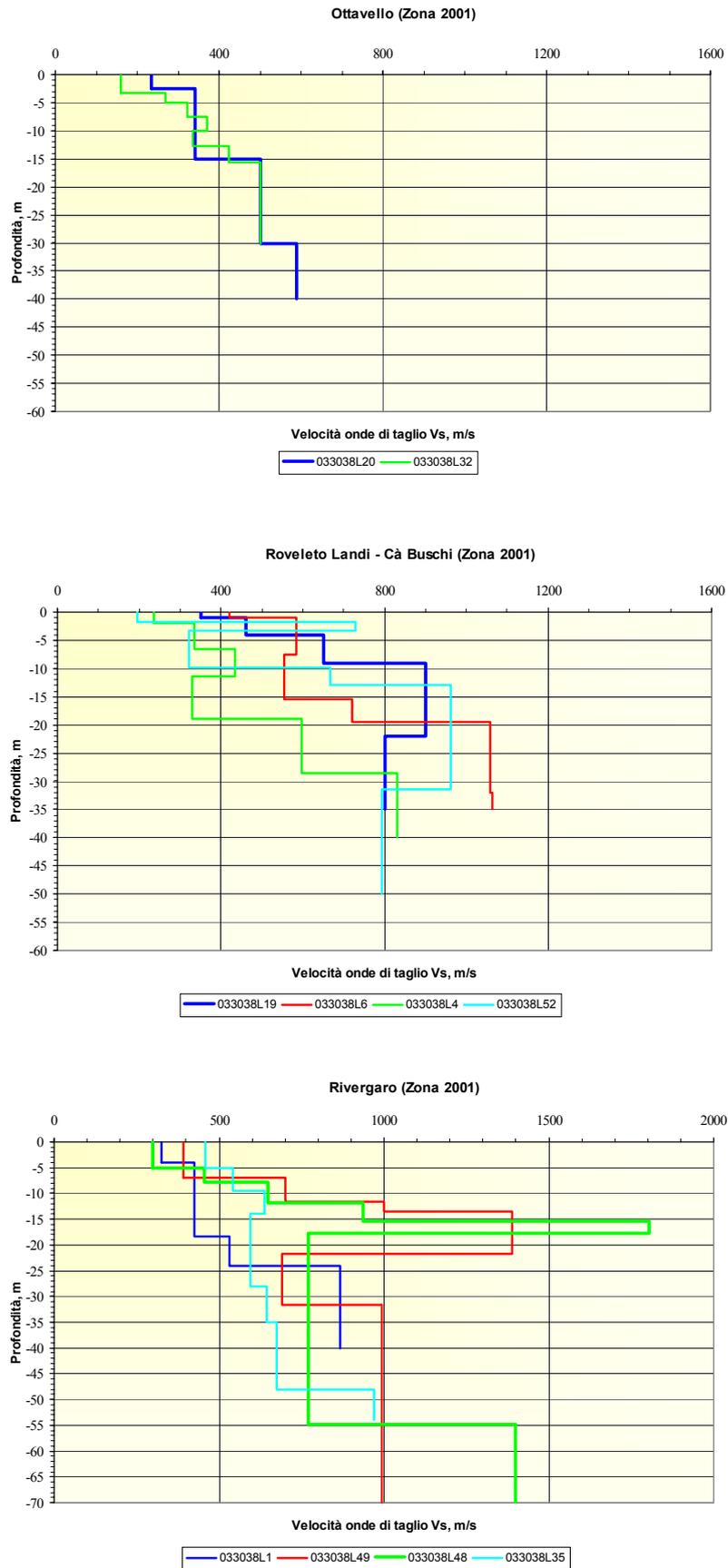


Figura 24 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali (Zona 2001)

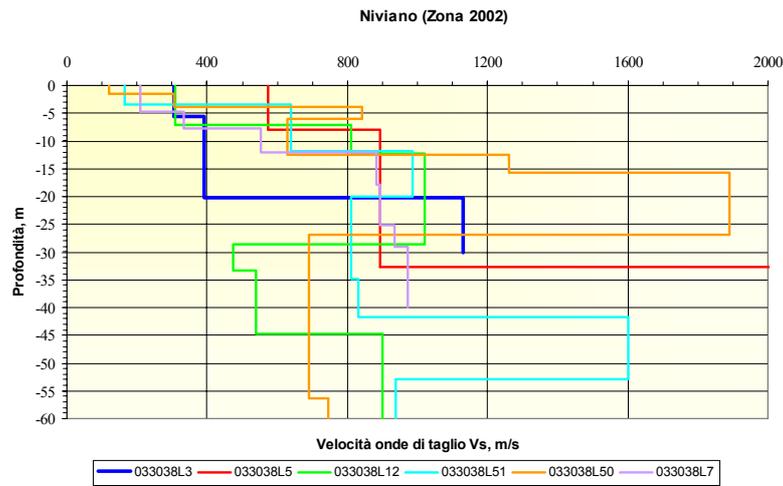


Figura 25 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali (Zona 2002)

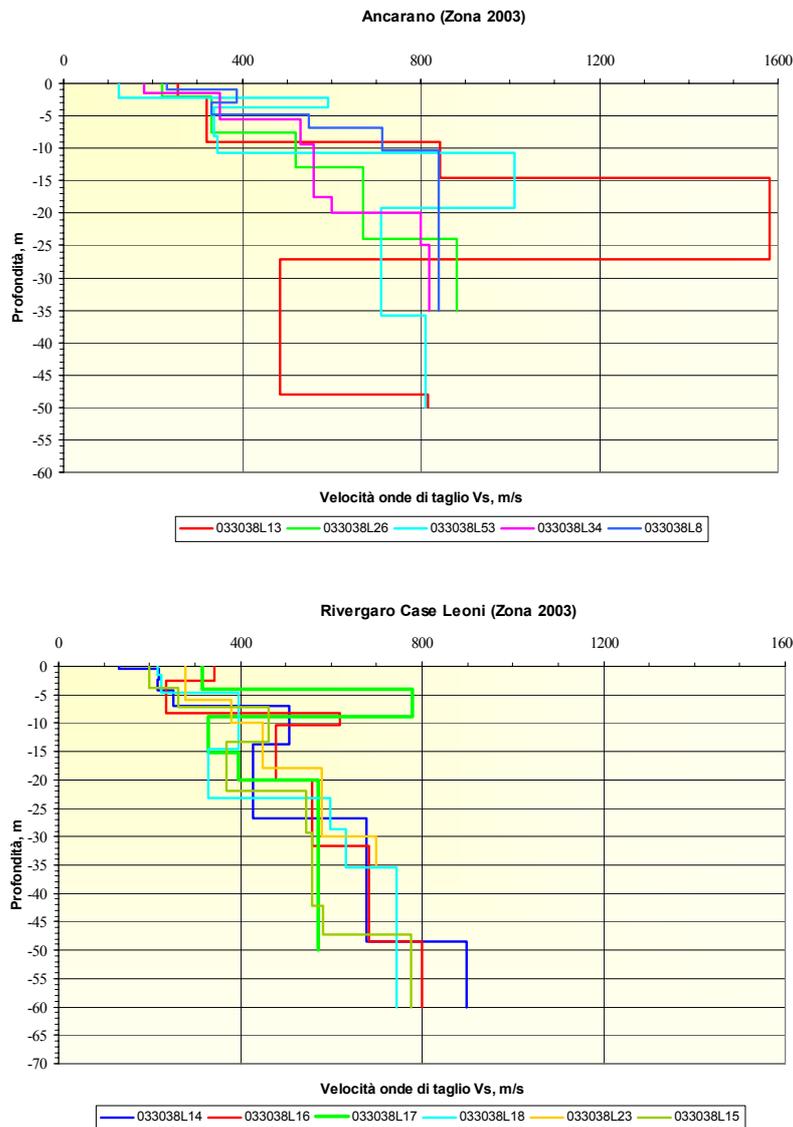


Figura 26 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali (Zona 2003)

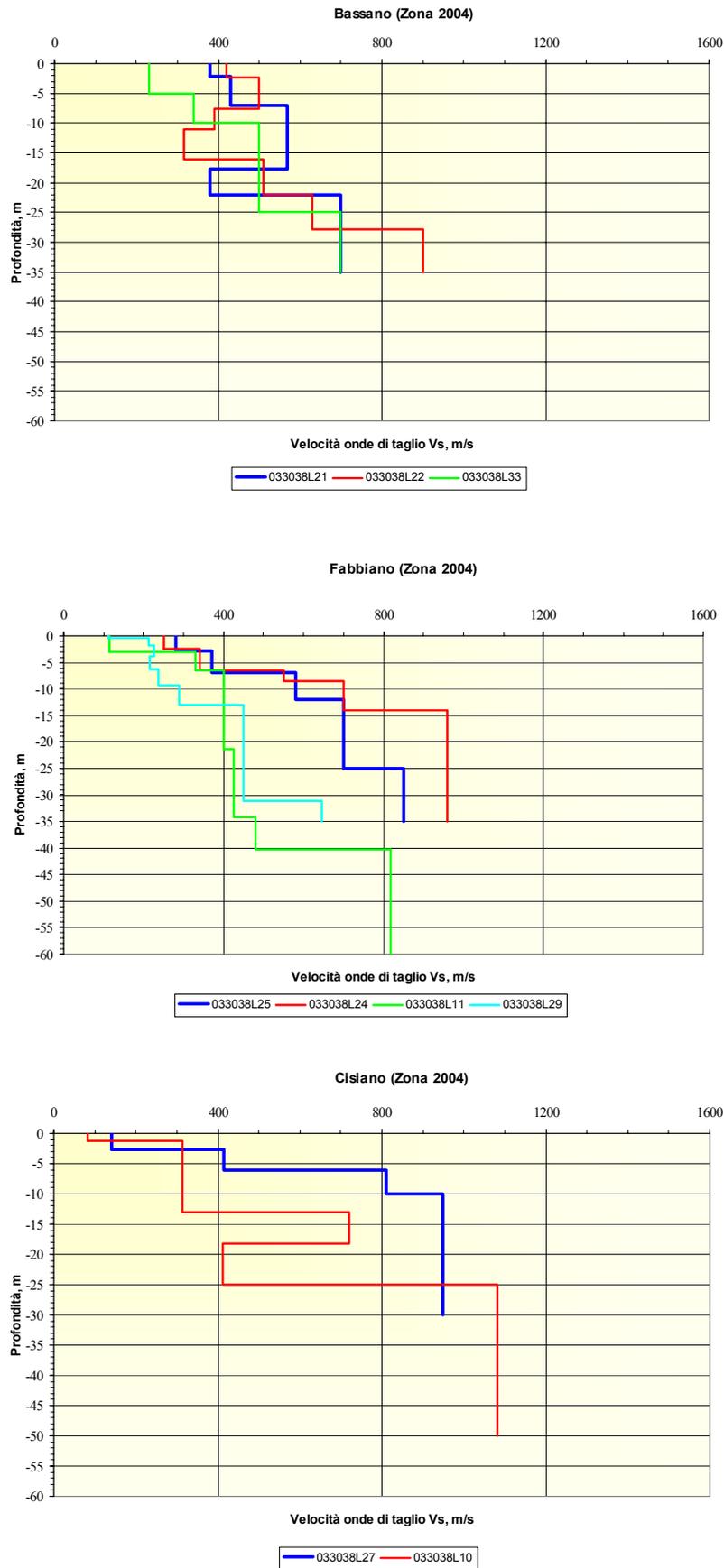


Figura 27 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali (Zona 2004)

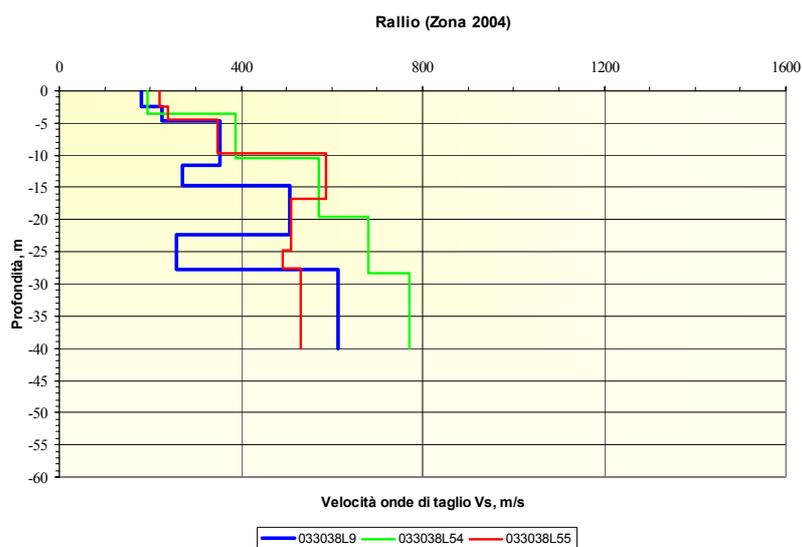


Figura 28 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali (Zona 2004)

9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2

Per la definizione dell'amplificazione sismica per l'analisi di approfondimento di Livello 2 sono state impiegate procedure semplificate (utilizzo di abachi e formule), possibili laddove l'assetto geologico è assimilabile ad un modello fisico monodimensionale.

L'amplificazione è stata quantificata in termini di parametri F_{PGA} , $FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$ che esprimono l'amplificazione per motivi stratigrafici, eventualmente incrementati con il fattore di amplificazione per cause topografiche S_T .

I coefficienti di amplificazione sono stati stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2) della DGR 2193/2015, espressi sia in termini di rapporto di accelerazione massima orizzontale ($F_{PGA}=PGA/PGA_0$) sia di rapporto di Intensità di Housner (SI/SI_0) per prefissati intervalli di periodi ($FA_{0,1-0,5s}$, $FA_{0,5-1s}$, $FA_{0,5-1,5s}$), dove PGA_0 e SI_0 sono rispettivamente l'accelerazione massima orizzontale e l'Intensità di Housner al suolo di riferimento ricavabili dal data base regionale e PGA e SI sono le corrispondenti grandezze di accelerazione massima orizzontale e Intensità di Housner calcolate alla superficie dei siti esaminati.

Gli ambienti geo-litologici definiti dall'Allegato A2 degli indirizzi regionali (DGR 21.12.2015, n° 2193) sono distinti in due grandi gruppi principali relativi a: 1) zona collinare e montana (Appennino) e 2) pianura e zona costiera che comprende anche il settore di transizione Appennino-Pianura (Margine).

Per i settori indagati nello studio di microzonazione sismica di livello 2 per il territorio di Rivergaro, gli ambiti geo-litologici individuati sono quelli di Margine di tipo B (comprendente il settore di alta pianura ai piedi dei primi rilievi collinari), Margine di tipo A, Appennino (settore collinare) sia con substrato rigido ($V_s \geq 800$ m/s) che non rigido ($V_s < 800$ m/s), di seguito elencati con i relativi abachi per la determinazione del fattore di amplificazione :

APPENNINO (Zone collinari e montane) in caso di substrato rigido generalmente caratterizzato da $V_s \geq 800$ m/s

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.8	1.7	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.0	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0	1.0
15	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	1.0
20	2.0	2.0	2.0	2.0	1.9	1.7	1.6	1.4	1.3	1.0
25	2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.8	1.6	1.5	1.3	1.0
30		1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.2
35		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
40		1.9	1.9	1.9	1.9	1.7	1.6	1.4	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.4	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.5	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	2.1	2.0	1.6	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	2.4	2.3	2.1	1.7	1.4	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0
20	2.4	2.4	2.3	2.0	1.7	1.5	1.3	1.2	1.1	1.0
25	2.4	2.4	2.4	2.2	1.9	1.7	1.5	1.3	1.2	1.0
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	1.1
35		2.3	2.3	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
10	1.3	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
15	1.6	1.4	1.2	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
20	2.6	1.9	1.5	1.2	1.1	1.0	1.0	1.0	1.0	1.0
25	2.9	2.5	1.9	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0	1.0
30		2.9	2.3	1.6	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0	1.0
35		3.2	2.8	1.9	1.5	1.4	1.2	1.1	1.1	1.0
40		3.4	3.1	2.4	1.8	1.5	1.4	1.2	1.1	1.0
50		3.2	3.2	2.9	2.2	1.9	1.6	1.4	1.3	1.1

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

APPENNINO (Zone collinari e montane) in caso di substrato non rigido $V_s \ll 800$ m/s

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.3	2.0	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.2	1.2	
10	2.3	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.3	1.2	
15	2.2	2.2	2.1	2.0	1.8	1.6	1.4	1.3	1.2	
20	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2	
25	2.1	2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
30		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.4	1.3	
35		2.1	2.1	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
40		2.0	2.0	2.0	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		1.9	1.9	1.9	1.9	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	2.1	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.7	2.6	2.3	1.9	1.6	1.5	1.4	1.3	1.3	
20	2.6	2.6	2.4	2.1	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	
25	2.6	2.6	2.5	2.3	2.0	1.7	1.6	1.4	1.3	
30		2.4	2.4	2.3	2.1	1.8	1.6	1.5	1.3	
35		2.4	2.4	2.3	2.2	1.9	1.7	1.5	1.4	1.2
40		2.2	2.2	2.2	2.2	2.0	1.8	1.6	1.4	1.2
50		2.1	2.1	2.1	2.1	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400	450	500	600	700
5	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	
10	1.8	1.6	1.4	1.4	1.3	1.4	1.3	1.3	1.3	
15	2.3	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	1.3	
20	2.9	2.6	1.9	1.6	1.4	1.4	1.4	1.3	1.3	
25	3.6	3.0	2.3	1.7	1.5	1.4	1.4	1.4	1.3	
30		3.3	2.7	1.9	1.7	1.5	1.4	1.4	1.3	
35		3.5	3.0	2.2	1.8	1.6	1.5	1.4	1.3	1.1
40		3.5	3.2	2.6	2.0	1.8	1.6	1.5	1.4	1.2
50		3.3	3.3	3.0	2.4	2.0	1.8	1.6	1.5	1.3

Fattori di Amplificazione **SI2** ($0.5s \leq T_0 \leq 1.0s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

MARGINE di tipo A: caratterizzato da spessore dei terreni fini sovrastanti gli orizzonti grossolani inferiore a 30 m; gli strati grossolani sovrastano direttamente il substrato geologico;

	150	200	250	300	350	400
5	2.3	2.1	1.8	1.5		
10	2.3	2.2	2.0	1.8		
15	2.1	2.1	2.0	1.8		
20	2.1	2.1	2.0	1.9		
25	2.0	2.0	2.0	1.9		
30	1.9	1.9	1.9	1.9		

Fattori di Amplificazione **PGA**. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{sH}(m/s)$

	150	200	250	300	350	400
5	2.2	1.9	1.7	1.6		
10	2.6	2.4	2.0	1.8		
15	2.6	2.5	2.2	1.9		
20	2.5	2.5	2.3	2.0		
25	2.3	2.3	2.2	2.1		
30	2.1	2.1	2.1	2.0		

Fattori di Amplificazione SI1 ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

	150	200	250	300	350	400
5	1.8	1.7	1.6	1.6		
10	2.3	2.0	1.8	1.7		
15	3.2	2.6	2.1	2.0		
20	3.5	3.1	2.5	2.1		
25	3.7	3.4	2.8	2.4		
30	3.6	3.5	3.0	2.6		

Fattori di Amplificazione SI2 ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 H (m), riga 1 V_{sH} (m/s)

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni fini superiore a 30 m; gli strati grossolani sovrastano altri strati di terreni fini presenti fino al substrato;

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.6	1.6	1.6	1.6	1.6	1.5
F.A. SI1	1.9	1.9	1.9	1.8	1.7	1.6
F.A. SI2	2.9	2.8	2.5	2.3	2.1	2.0
F.A. SI3	3.3	3.1	2.7	2.4	2.2	2.0

Per buona parte della zona 2001, corrispondente al settore di conoide pedemontana del Fiume Trebbia, sono state utilizzate le tabelle dei fattori di amplificazione dell'ambiente Appennino $V_s \geq 800$ m/s, per la presenza di orizzonti ghiaiosi molto addensati e V_{sH} elevata sulla base delle prove sismiche disponibili, con significativo contrasto di impedenza evidenziato dalle prove HVSR.

Nel settore settentrionale della zona 2001, probabilmente connesso con variazione granulometrica dei sedimenti, dove i profili di velocità V_s disponibili non evidenziavano presenza di strati ghiaiosi con velocità di taglio $V_s \geq 800$ m/s, si è adottato l'abaco relativo al Margine di tipo B.

Nell'ambito della zona 2002, corrispondente al settore di terrazzo su cui sorge l'abitato di Niviano, è stato generalmente impiegato l'abaco relativo all'ambiente Appennino $V_s \geq 800$ m/s per la presenza di velocità di taglio elevate e contrasti di impedenza significativi, mentre nella fascia più settentrionale ed orientale (Niviano nord, Niviano est e Suzzano) è stato impiegato l'abaco relativo a Margine di tipo A, per la presenza di velocità di taglio minori ($V_s = 300$ m/s) degli strati sovrastanti gli orizzonti ghiaiosi più addensati.

Per l'ambito pedecollinare riferibile alla zona 2003 si è optato per l'utilizzo dei fattori di amplificazione tabellari dell'ambiente geologico Appennino $V_s \geq 800$ m/s tenendo conto degli orizzonti ad elevata velocità V_s connessi ai diffusi strati conglomeratici che caratterizzano l'area, mentre nel settore meridionale è stato impiegato l'abaco Appennino $V_s \ll 800$ m/s sulla base dei dati disponibili.

Per la zona 2004, riferibile al settore caratterizzato da substrato non rigido con coltre di copertura, sono state impiegate le tabelle Appennino $V_s \ll 800$ m/s.

Per quanto riguarda le zone 30142005, 30142006 e 30142007, caratterizzate da coltre detritica di frana attiva o quiescente di tipo complesso, sono state impiegate le tabelle Appennino $V_s \ll 800$ m/s, sfruttando le informazioni geognostiche e geofisiche disponibili; tali zone sono, in ogni caso, da sottoporre ad approfondimenti di 3° livello di cui alla DGR 2193/2015.

Gli esiti della microzonazione in termini di amplificazione, ricavati con l'approccio semplificato (DGR 2193/2015), rappresentati nelle Carte di microzonazione sismica allegate (Tavole 6-7-8-9), sono raccolti nella tabella seguente.

Tabella 4 - Fattori di amplificazione stratigrafica per microzonazione sismica

Zona	V_sH (m/s)	H (m)	V_s30 (m/s)	Ambiente geologico	FA PGA	FA S.I. 0.1- 0.5s	FA S.I. 0.5- 1.0s	FA S.I. 0.5- 1.5s
2001	350-440	13-25		Appennino \geq 800 m/s	1,7	1,3-1,8	1,1-1,2	
2001	400-500	10		Appennino \geq 800 m/s	1,1-1,4	1,1-1,5	1,1-1,3	
2001			350-380	Margine B	1,5-1,6	1,6-1,7	2,0	2,0
2002	320-370	8-12		Appennino \geq 800 m/s	1,6-1,7	1,2	1,1	
2002	300-310	7-20		Margine A	1,8-1,9	1,8-2,1	1,8-2,2	
2003	320-360	20-27		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	1,9-2,0	1,8-2,0	1,4-1,6	
2003	320-450	9-20		Appennino $>$ 800 m/s	1,6-1,7	1,2-1,5	1,1	
2004	370-460	22-28		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	1,5-1,8	1,5-1,8	1,4	
2004	220-330	6-25		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	1,9-2,1	1,6-2,1	1,4-1,5	
30142005	270	15		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	2,0	2,1	1,5	
30242006	300-310	9-10		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	1,7-1,8	1,5-1,8	1,3-1,4	
30242006	280-360	15-20		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	1,9-2,0	1,8-2,0	1,5	
30242007	280-350	20-30		Appennino V_s $\ll 800$ m/s	2,0	2,3-2,4	1,9-2,0	

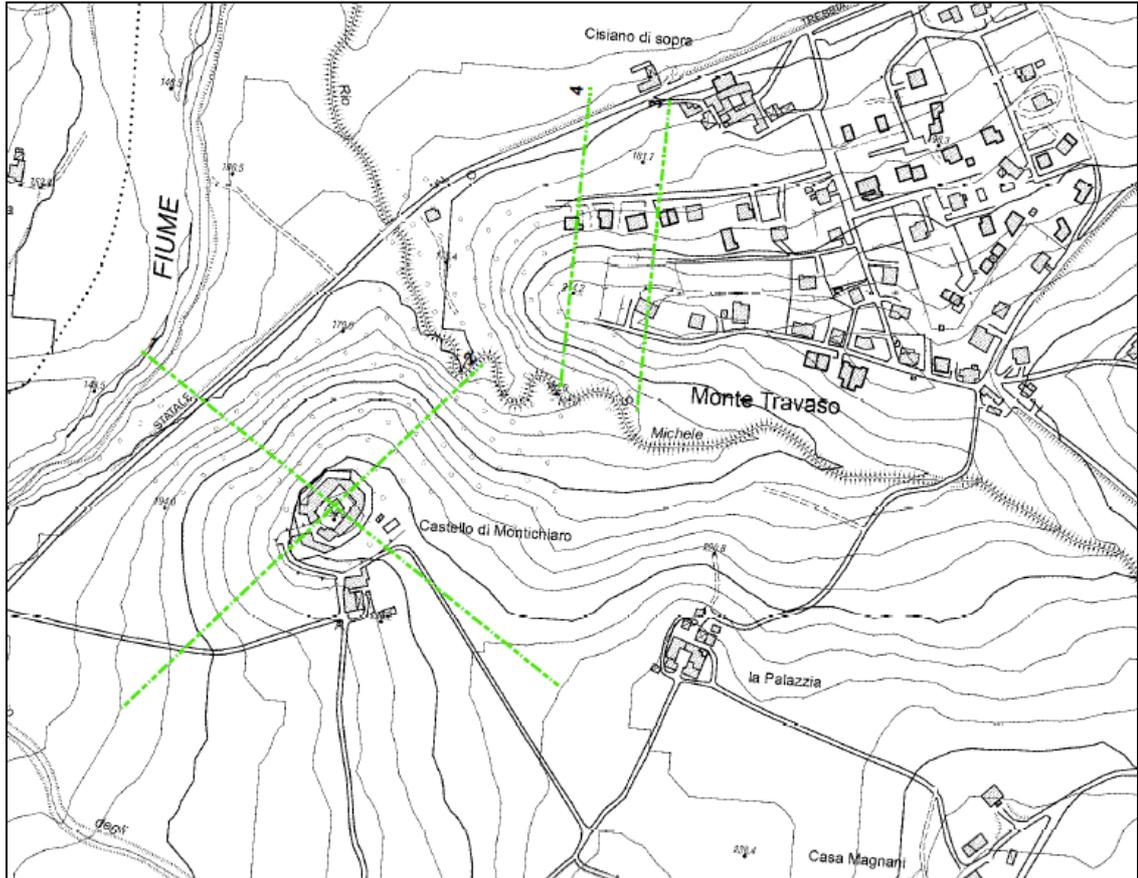


Figura 30 - Ubicazione sezioni di verifica amplificazione topografica.

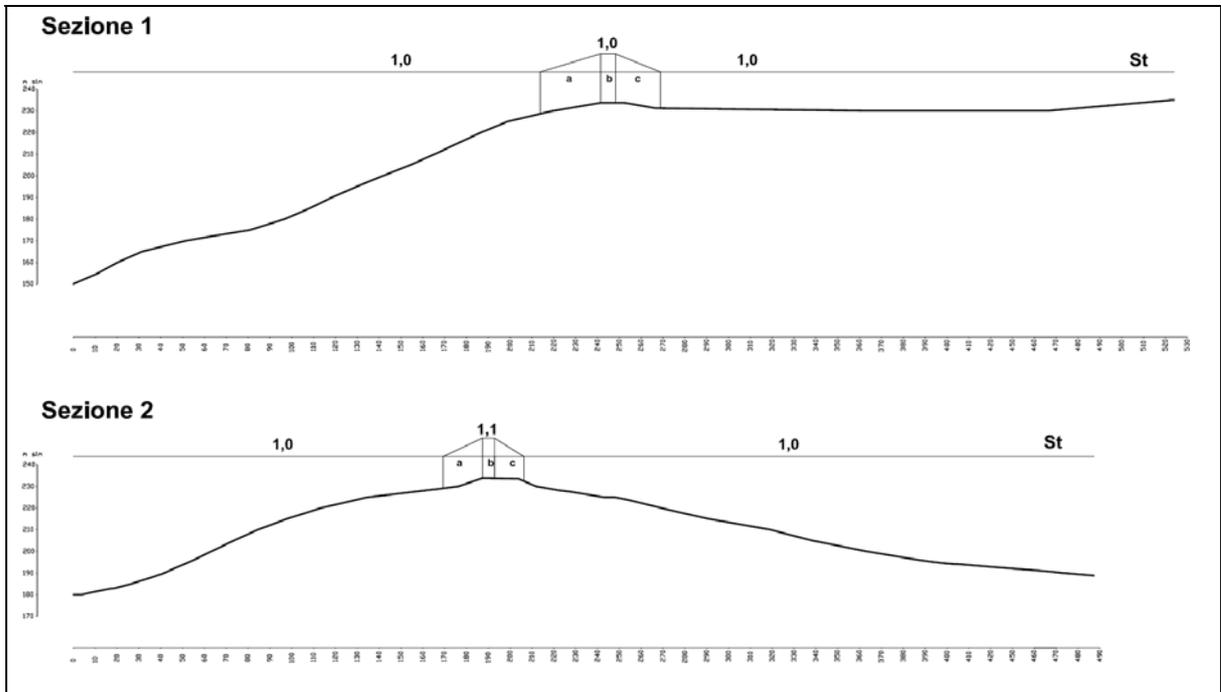


Figura 31 - Sezioni di verifica amplificazione topografica – Castello di Montechiaro

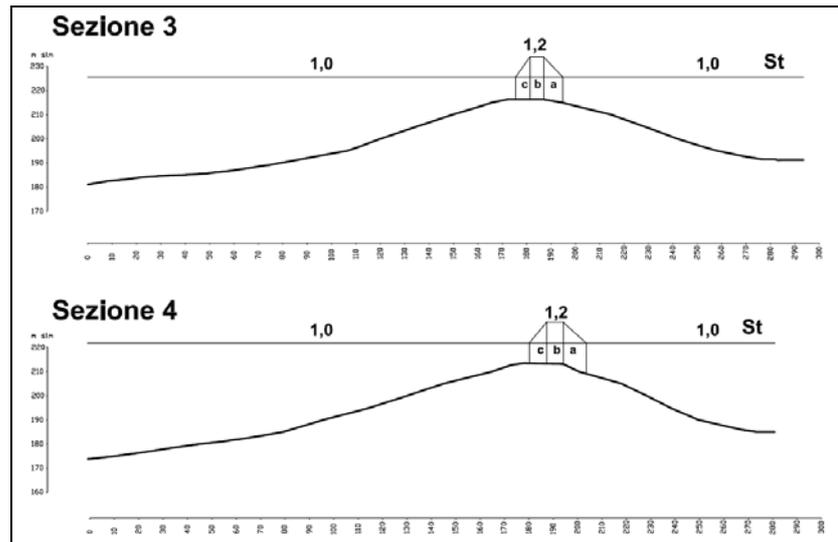


Figura 32 - Sezioni di verifica amplificazione topografica – Monte Travaso

In corrispondenza delle limitate fasce individuate dalle procedure di calcolo, pertanto, l'amplificazione sismica complessiva è determinata dal prodotto del fattore di amplificazione stratigrafica determinata attraverso gli abachi e del fattore di amplificazione topografica St .

Fiorenzuola d'Arda, maggio 2018

Studio Geologico Ambientale

