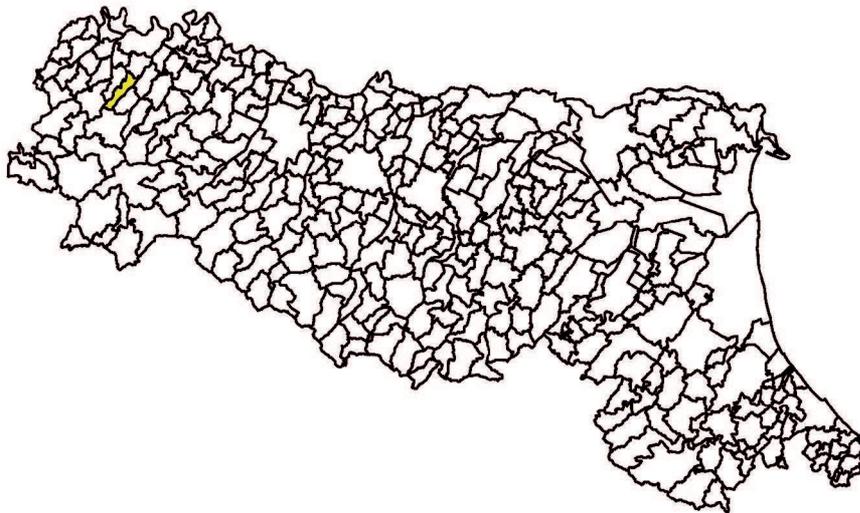


Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna Comune di Vigolzone



<p>Regione</p> <p>REGIONE EMILIA-ROMAGNA</p>	<p>Soggetto realizzatore</p>  <p>Studio Geologico Ambientale</p> <p>Dr.Geol. Gabriele Corbelli</p>	<p>Data</p> <p>Febbraio 2020</p>
--	---	----------------------------------

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	13
	3.4 - Sismicità storica	15
	3.5 - Classificazione sismica	20
	3.6 - Pericolosità sismica.....	20
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	22
	4.1 - Assetto idrogeologico.....	30
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	32
6	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	34
7	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	41
8	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI	42
9	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	44
	9.1 - Carta delle indagini	44
	9.2 - Carta geologico-tecnica	44
	9.3 - Carta delle frequenze naturali dei terreni	46
	9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica	48
	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 Vigolzone ha provveduto alla redazione dello Studio di Microzonazione sismica del territorio comunale adeguato 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 630/2019 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 2245/2018, 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 4.1", redatto dalla Commissione tecnica per la microzonazione sismica (Commissione tecnica per la microzonazione sismica, ottobre 2019);
- "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 Vigolzone 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; in allegato alla relazione vengono presentate elaborazioni di verifiche alla liquefazione per valutarne l'esclusione.
- Elaborati cartografici costituiti da
 1. Carta delle Indagini 1:10.000 (Tav. 1.1-1.2)
 2. Carta Geologico-Tecnica 1:10.000 (Tav. 2.1-2.2)
 3. Carta delle Frequenze naturali dei Terreni 1:10.000 (Tav. 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 1:10.000 (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: SA1 0,1-0,5s 1:5.000 (Tavv. 7.1-7.2)
 8. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA2 0,4-0,8s 1:5.000 (Tavv. 8.1-8.2)
 9. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA3 0,7-1,1s 1:5.000 (Tavv. 9.1-9.2)
 10. Carta dei Fattori di Amplificazione: SA4 0,5-1,5s 1:5.000 (Tavv. 10.1-10.2)
 11. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI1 0,1-0,5s 1:5.000 (Tav. 11.1-11.2)
 12. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI2 0,5-1,0s 1:5.000 (Tav. 12.1-12.2)
 13. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI3 0,5-1,5s 1:5.000 (Tav. 13.1-13.2)
 14. Carta dei valori di HSM 1:5.000 (Tav. 14.1-14.2)
- Indagini sismiche eseguite per studio MS

Gli elaborati cartografici sono stati realizzati secondo le specifiche indicate nella DGR 630/2019 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 Vigolzone, esteso dal margine collinare appenninico fino al settore di alta pianura corrispondente al settore apicale e mediano della conoide del Torrente Nure, è sommariamente suddivisibile, sotto il profilo geologico, nella fascia di pianura a nord, nella fascia pedecollinare centro-occidentale 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.

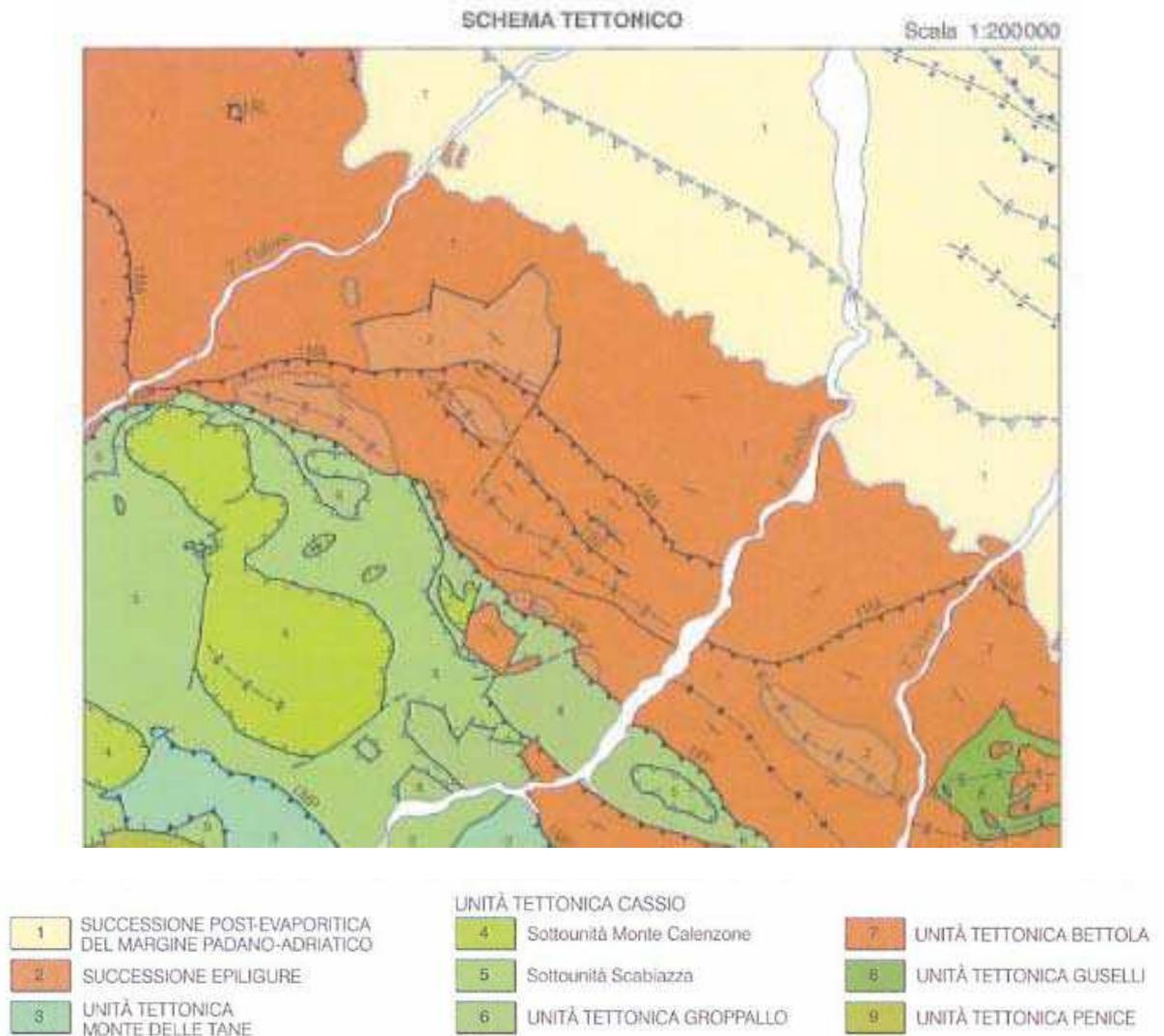


Figura 1 - Schema tettonico del settore in esame (da "Carta geologica d'Italia – F. 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000)

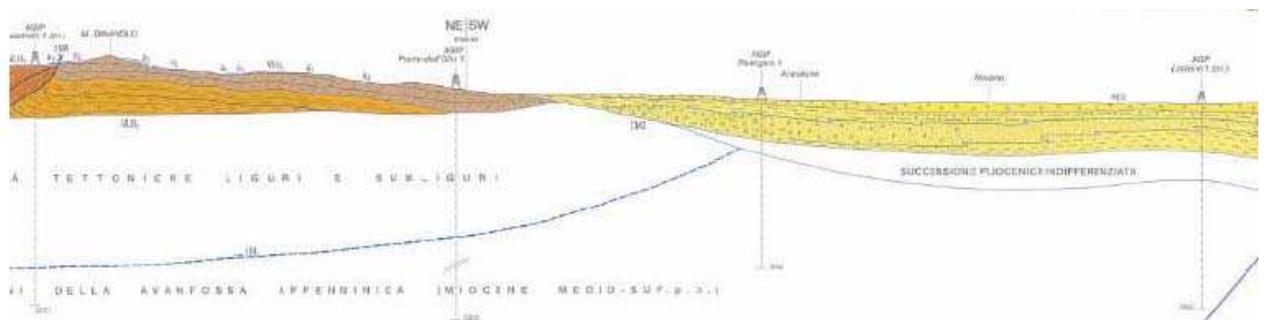


Figura 2 - Sezione schematica del margine pedecollinare nella zona di Veano; da "Carta geologica d'Italia – F. 179 Ponte dell'Olio, scala 1:50.000)

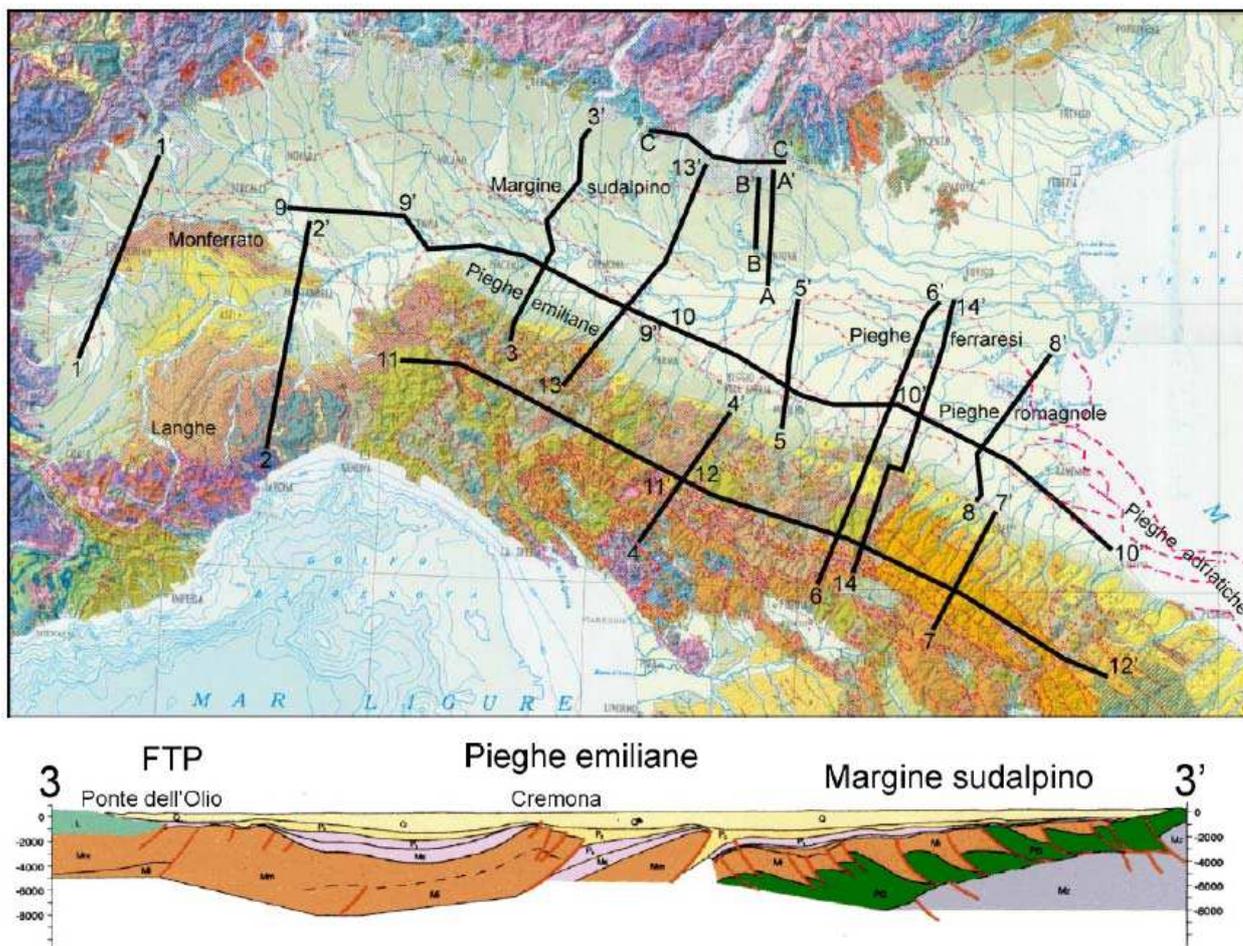


Figura 3 - Sezione sismogeologica trasversale all'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2010, modificate).

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.

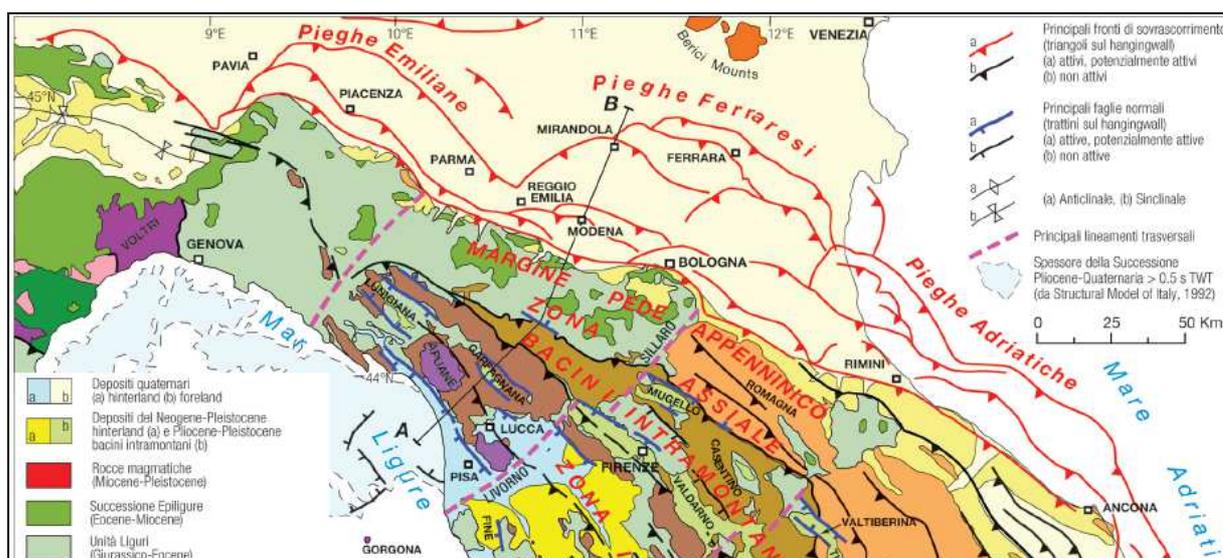


Figura 4 - Estratto dello schema tettonico dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana

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 3.

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 5.

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.

Il settore investigato ricade nell'ambito di pianura contraddistinto dai sovrascorrimenti profondi del fronte appenninico classificati attivi; negli affioramenti lungo il margine piacentino, non sono presenti chiare evidenze di deformazioni recenti; i depositi della successione del margine si presentano pressoché indeformati e si immergono blandamente sotto i depositi alluvionali padani.

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

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).

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 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 03/10/2012 (Mw=4.53), localizzato in alta val Riglio, ad una profondità di circa 24 km; più a sud, tra Bobbio e Bettola, viene segnalato un evento del 16/11/1975 (Mw=5.04), localizzato a circa 20 km di profondità, che ha fornito un meccanismo focale transtensivo, con direzione di estensione N-S.

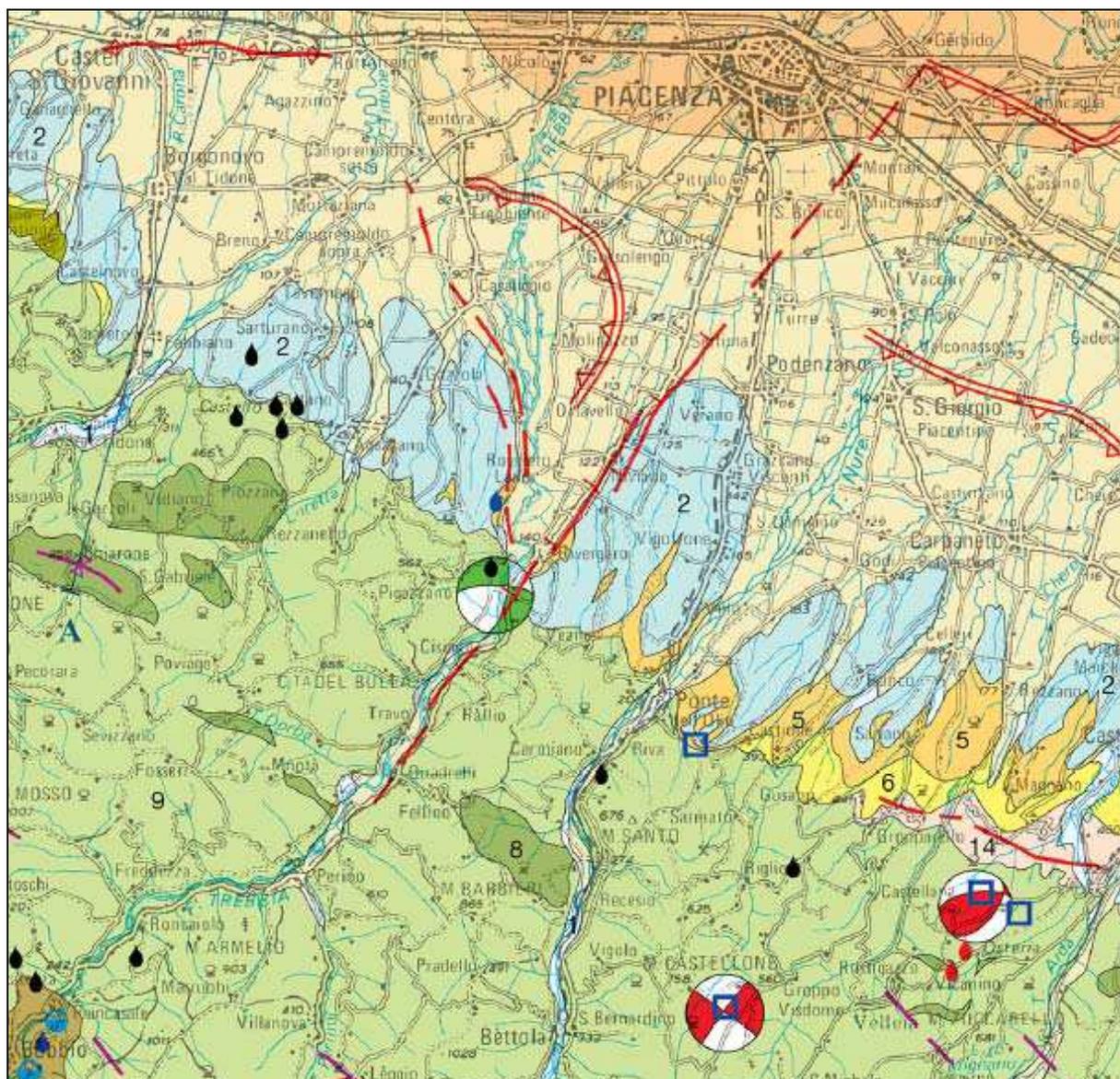


Figura 5 - Estratto Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

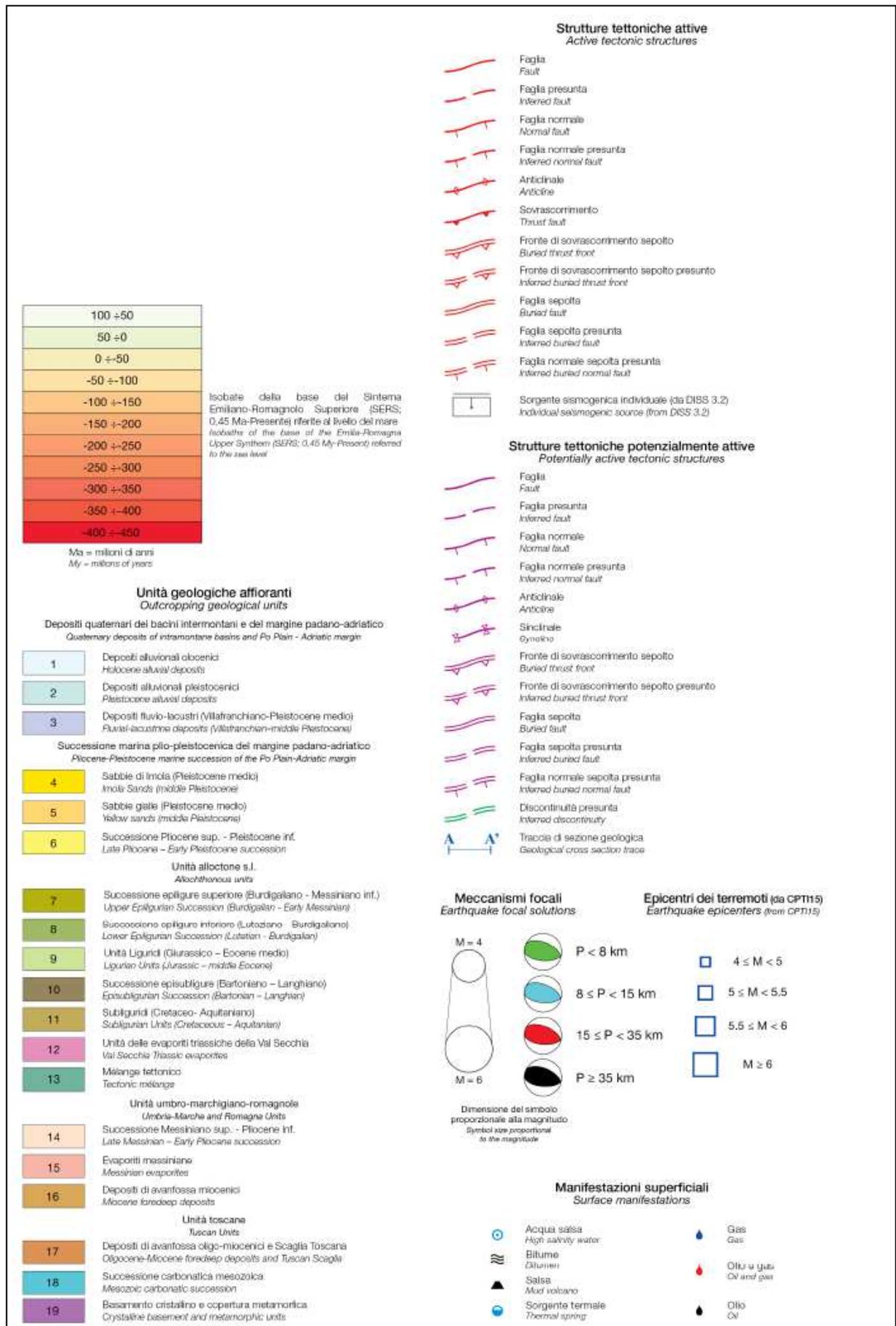


Figura 6 - Legenda Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

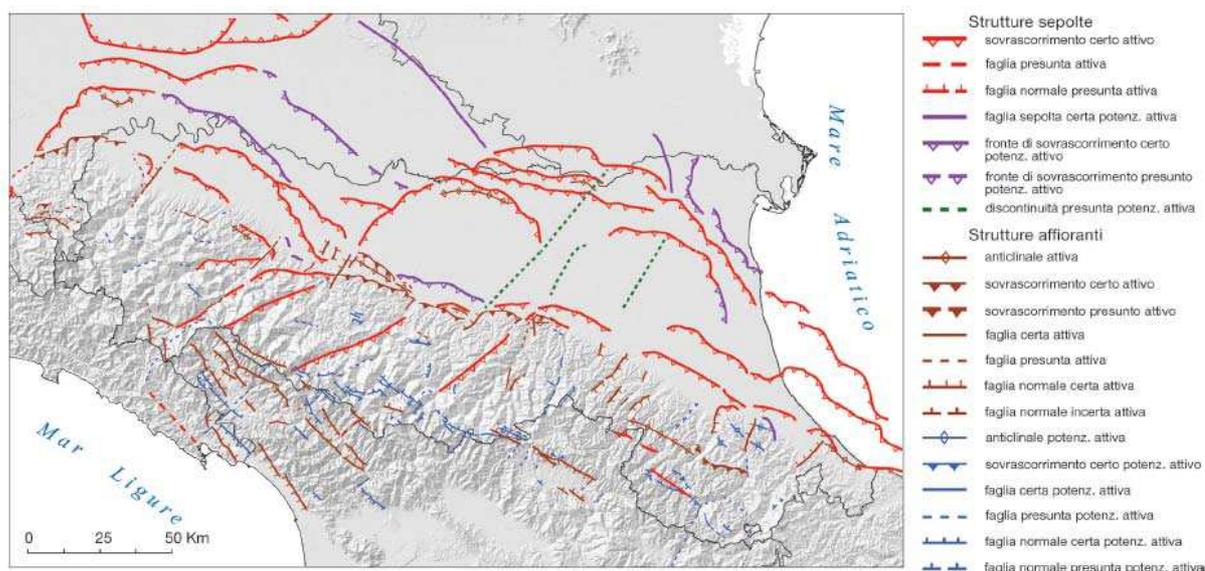


Figura 7 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

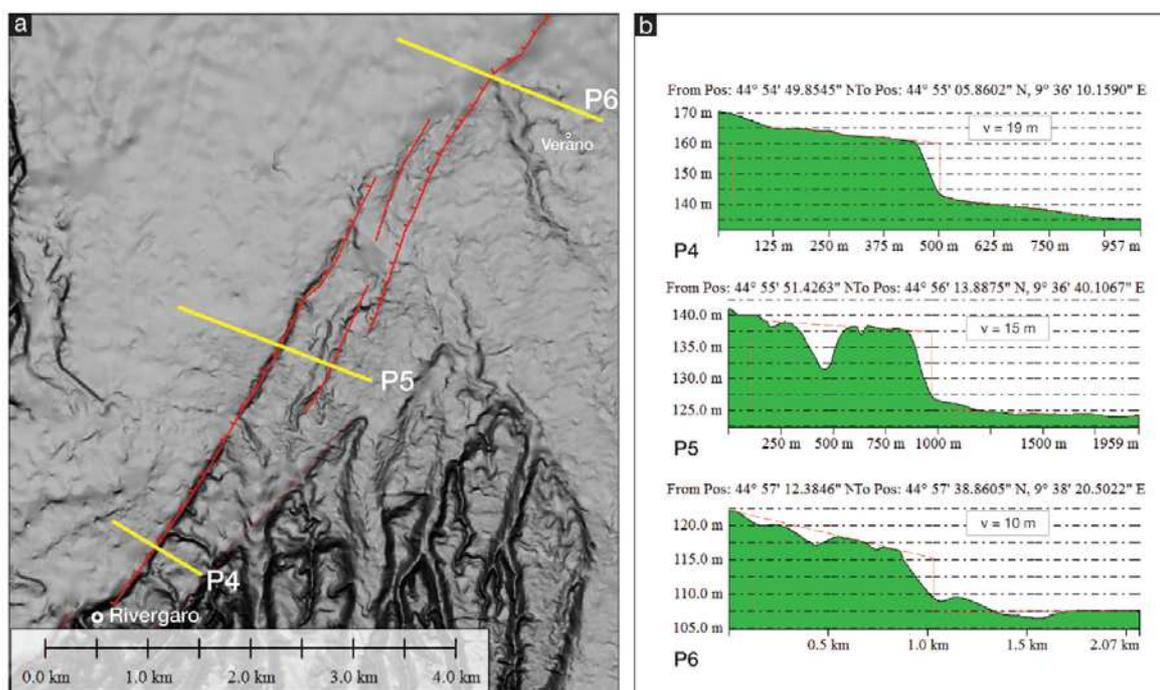


Figura 8 - Dettagli della struttura tettonica di Rivergaro interpretata dagli studi del Servizio Geologico regionale

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 6, si distingue la zona 911, in cui rientra il Comune di Vigolzone, 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.

La zona 912, longitudinale rispetto all’asse della catena appenninica, rappresenta la porzione più esterna della fascia in compressione dell’arco appenninico settentrionale; il meccanismo di fagliazione prevalente risulta indeterminato.

Questa zonazione è stata elaborata riferendosi anche i più recenti background informativi sui terremoti ed in particolare le banche dati relative alle sorgenti sismogeniche italiane DISS1 2.0 ed il citato catalogo CPTI2.

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 ($4,5 < Mw < 5,0$), con l’eccezione del terremoto del Lodigiano del 28/7/1276 (Mw 5.1) e del 15/5/1951 (Mw 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 pedeappenninico (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 8 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 9 un estratto. (con la rappresentazione per classe di magnitudo M_w).

Gli eventi tellurici più significativi per l'area risalgono al 1887 (magnitudo 6,27 – epicentro Liguria occidentale), al 1995 (magnitudo 4,82 – epicentro Lunigiana), al 1986 (magnitudo 4,43 – epicentro Ferrarese) ed al 1991 (magnitudo 4,33 – epicentro Emilia occidentale).

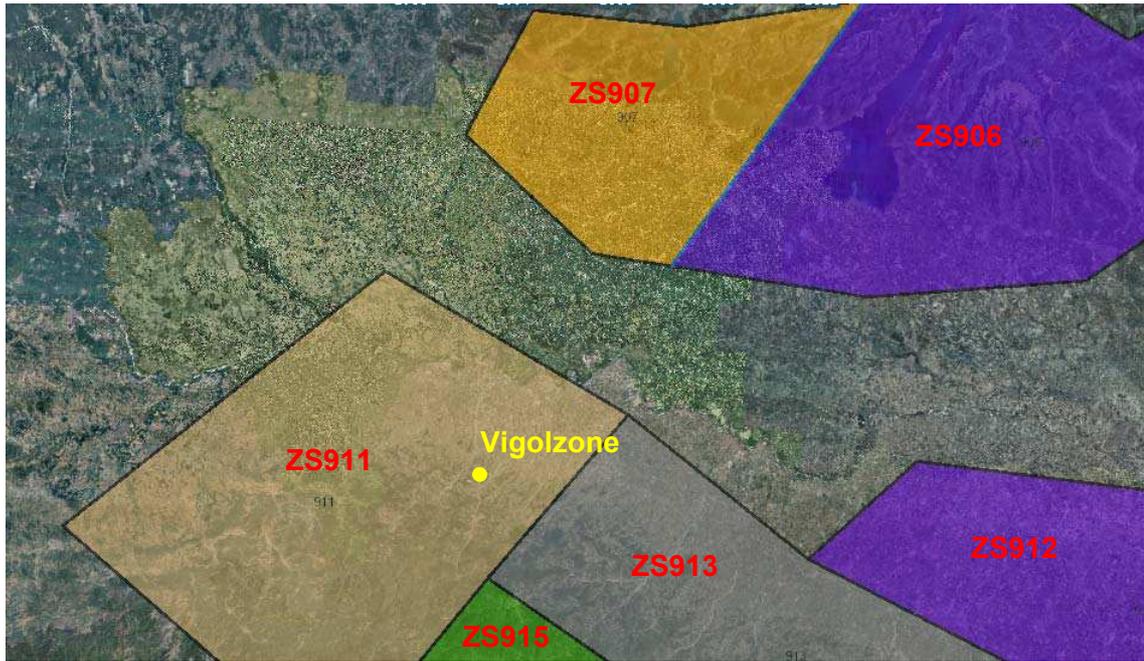


Figura 9 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

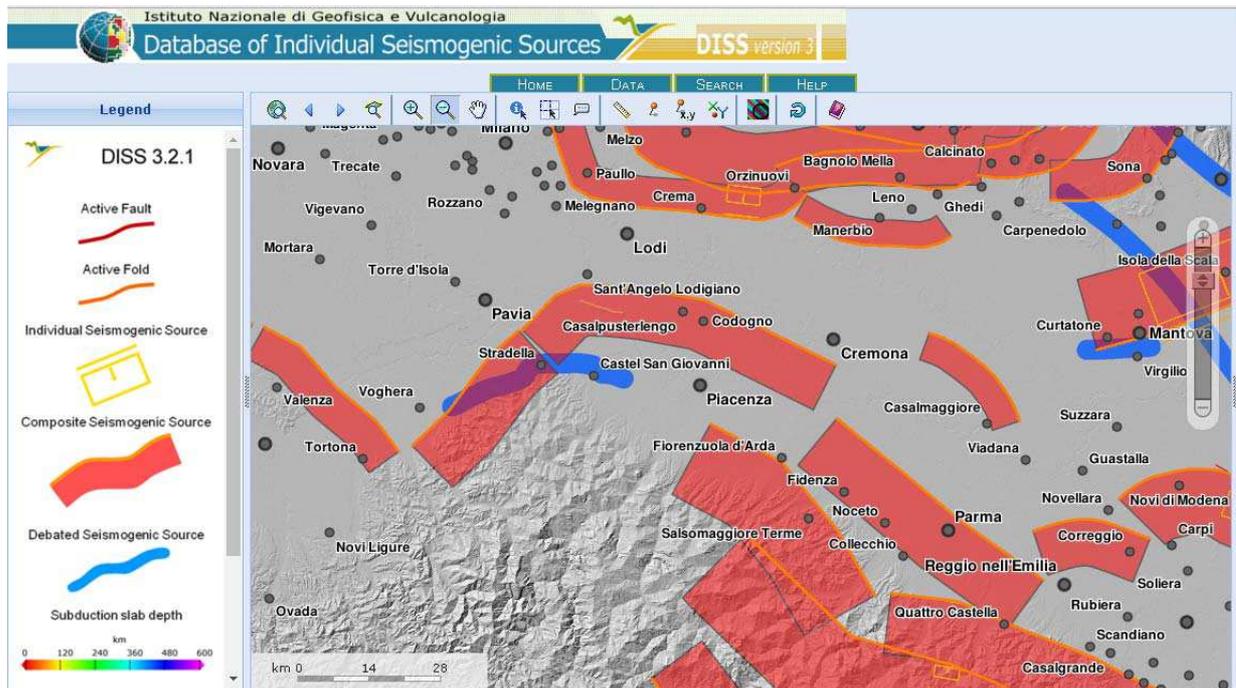


Figura 10 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1, rappresentate in colore arancione; in colore blu sono rappresentate le sorgenti

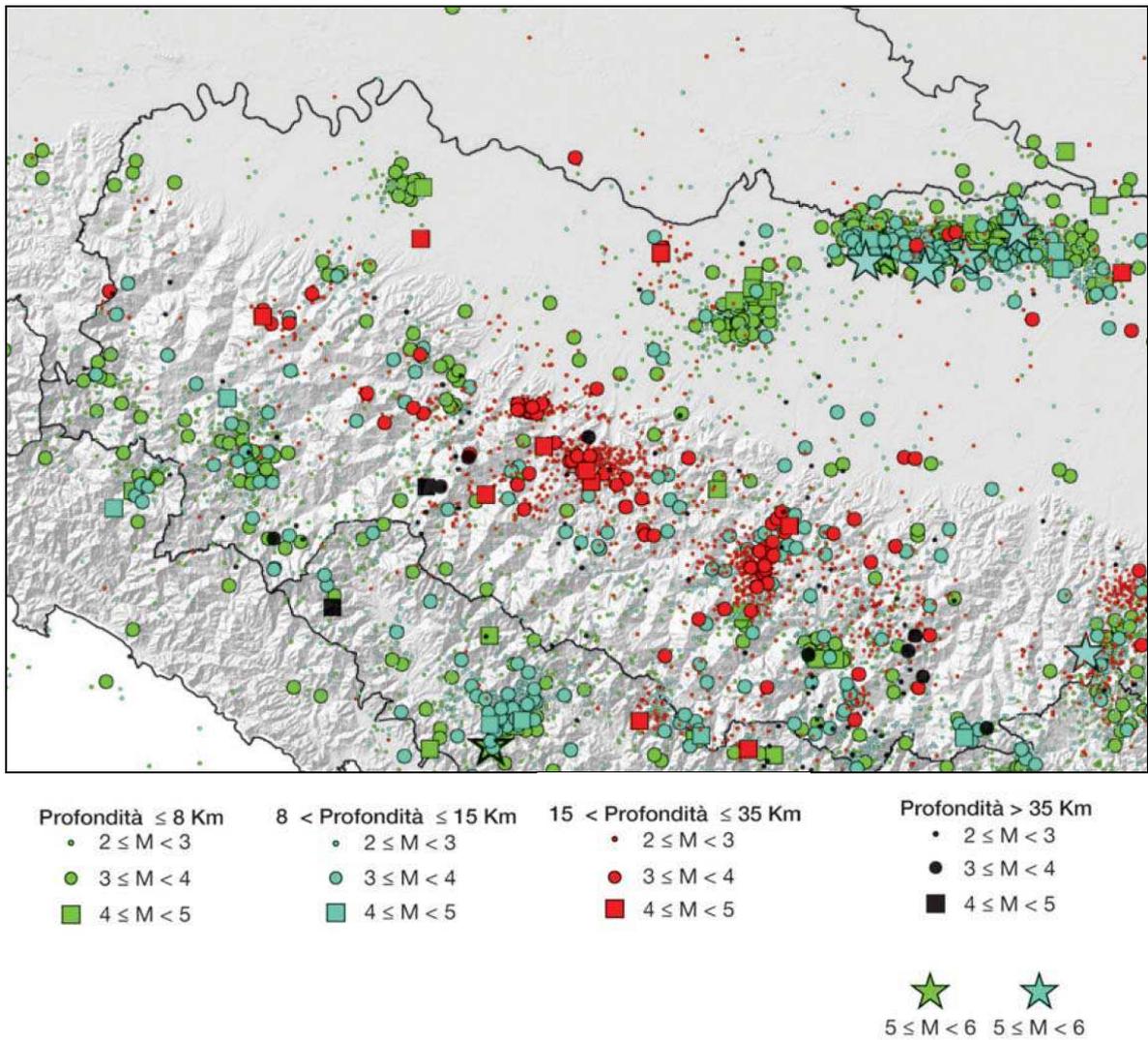


Figura 11 - Mappa dei terremoti strumentali $M \geq 2$; la dimensione del simbolo e proporzionale alla magnitudo, il colore indica la profondità ipocentrale (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

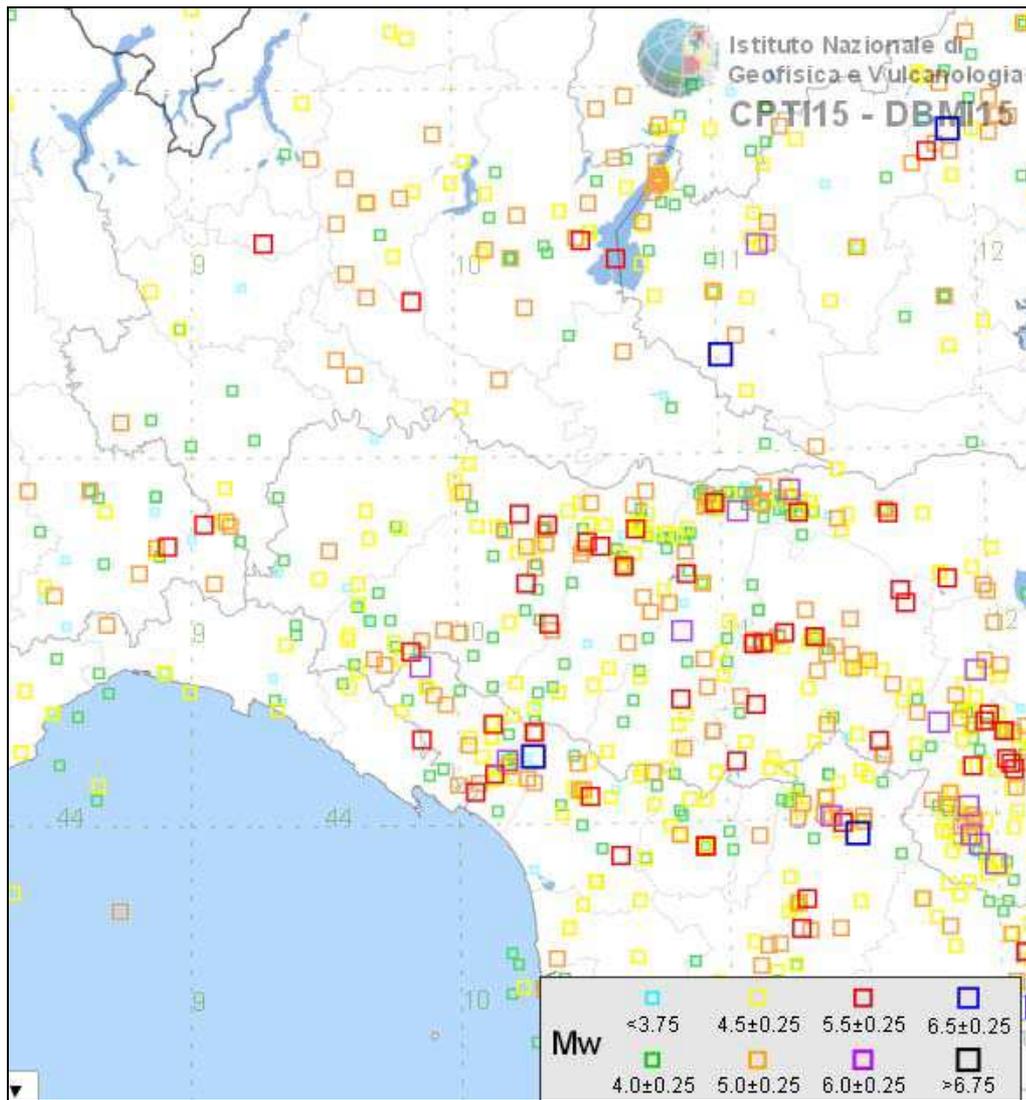


Figura 12 - Distribuzione degli epicentri (anni dal 1000 al 2014) per classi di magnitudo relativa al Catalogo CPT15. Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.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

Vigolzone

PlaceID IT_35681
 Coordinate (lat, lon) 44.913, 9.669
 Comune (ISTAT 2015) Vigolzone
 Provincia Piacenza
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 6

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
3	1887	02	23	05	21	5	Liguria occidentale	1511	9	6.27
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	2005	04	13	18	46	0	Valle del Trebbia	163	4	3.68
NF	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97

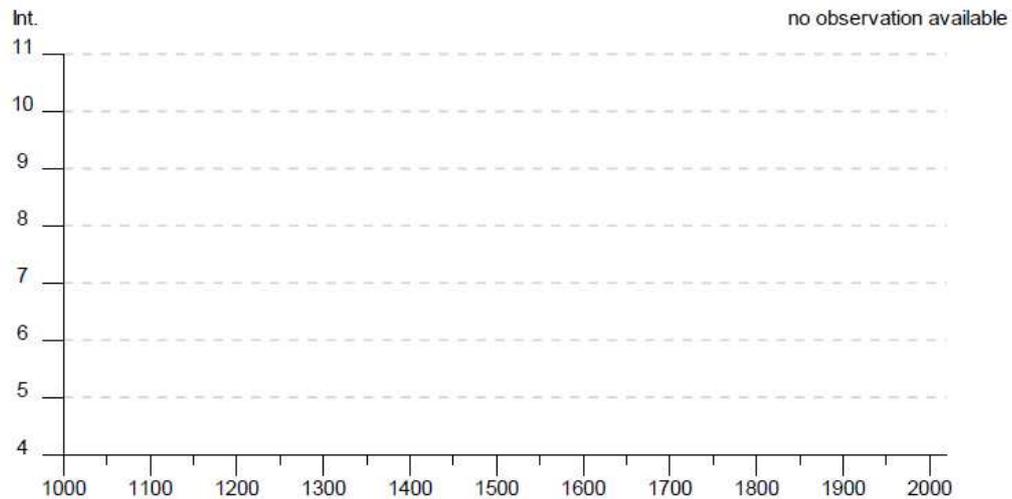


Figura 13 - Principali terremoti storici registrati a Vigolzone e relativa intensità macrosismica (fonte INGV).

3.5 - Classificazione sismica

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

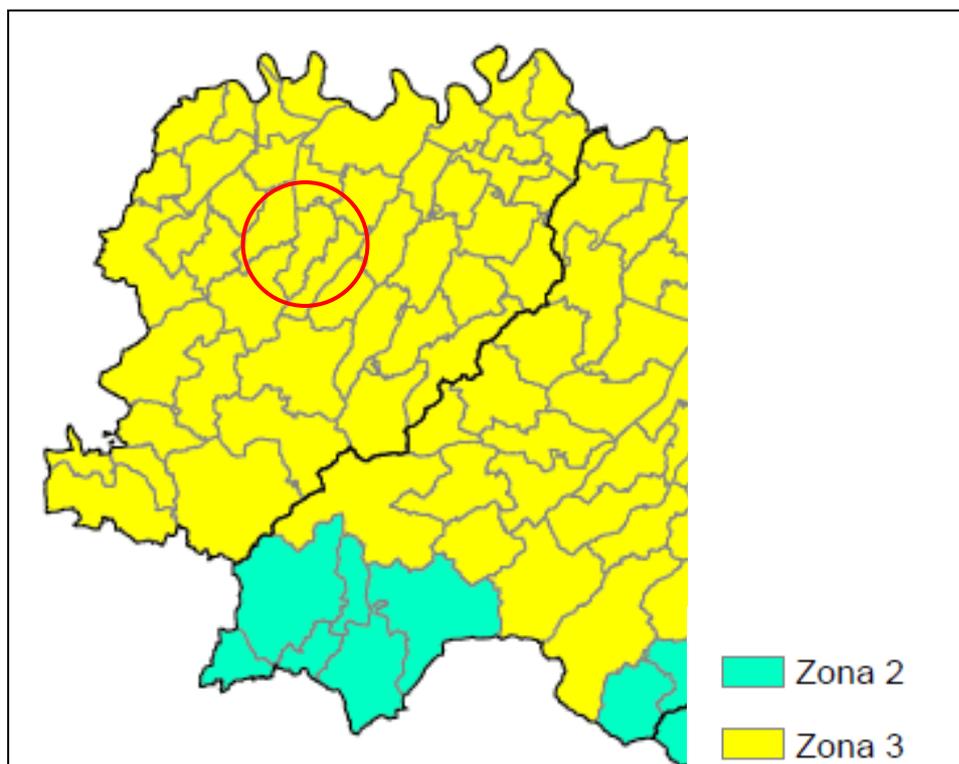


Figura 14 - Classificazione sismica del territorio regionale DGR 1164/2018

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 Vigolzone, evidenziato in figura dal cerchio rosso, appartiene alla fascia caratterizzata da valori **0,100-0,125 g**.

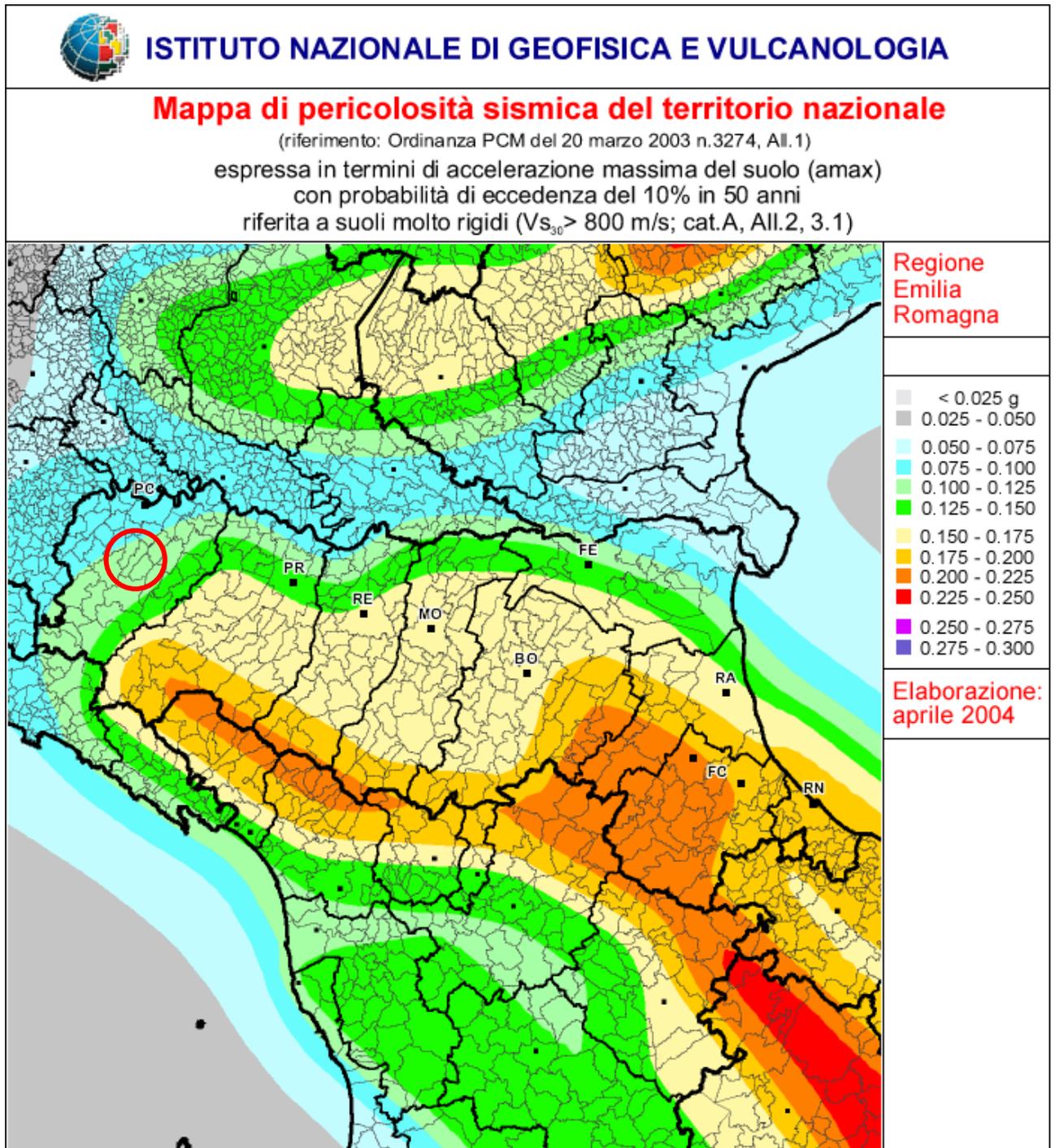


Figura 15 - Mapa di pericolosità sismica in termini di a_{max} (INGV 2004)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Il territorio del Comune di Vigolzone, si sviluppa nella fascia di alta pianura padana al limite del margine collinare appenninico, che contraddistingue il settore centro meridionale del territorio stesso, interessando anche la fascia collinare nella porzione meridionale, risultando compreso tra le quote di m. 525 e m. 125 s.l.m.

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

- a) Successione del 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.
- b) Successione epiligure costituita da sedimentazione discordante sulle unità Liguri entro bacini episuturali, che ha registrato gli eventi tettonici che hanno interessato il substrato ligure durante l'orogenesi terziaria dell'Appennino.
- c) Successione post-evaporitica del margine padano – adriatico si tratta di quella serie di unità sedimentati posteriormente alle principali fasi orogenetiche dell'Appennino Settentrionale; hanno carattere trasgressivo-regressivo, con sabbie e peliti torbiditiche alla base, seguite da un prisma sedimentario fluvio-deltizio, progradante, ricoperto al tetto da depositi continentali;
- d) Depositi quaternari intrappenninici.

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 in affioramento può essere suddivisa in due gruppi di unità geologiche separate da importanti superfici di discontinuità stratigrafica e caratterizzate da depositi litologicamente e tessitualmente differenti. Di seguito sono elencate dalla più recente alla più antica:

- Supersintema Emiliano-Romagnolo, equivalente al ciclo Quaternario continentale Qc;
- Supersintema Quaternario Marino, equivalente all'omonimo ciclo Qm;

Supersintema Emiliano-Romagnolo

Il Supersintema 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 Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, ed un'unità superiore, detta Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, separate da una superficie di discontinuità stratigrafica.

il Sintema Emiliano-Romagnolo 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.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo giace in discordanza sull'Allogruppo Quaternario Marino, di età Pliocene superiore ? - Pleistocene inferiore, il quale risulta costituito da terreni parali 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

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

- * Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, AES
- * Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore, AEI

Queste due unità sono state riconosciute e correlate come sequenze deposizionali su tutta la pianura emiliano-romagnola, utilizzando i profili sismici, i pozzi AGIP ed i sondaggi eseguiti a cura del Servizio Geologico regionale, 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.

Il Sintema Emiliano-Romagnolo 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

La stratigrafia dei depositi appartenenti all'AES riferibili al territorio comunale di Vigolzone è descritta di seguito .

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.

AES8 - Subsintema di Ravenna

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e limi e limi sabbiosi. Depositati 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..

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 sulle unità AES1/2 e sulle unità plioceniche. Spessore massimo di circa 25-30 metri. Pleistocene medio.

AES1/2 - Subsistema di Maiatico (AES2) e Subsistema di Monterlinzana (AES1)

Unità che accorpa AES1 e AES2, difficilmente distinguibili a causa di amalgamazione nei limitati ed isolati affioramenti. E' costituita da ghiaie e ghiaie sabbiose, localmente cementate, di colore grigio-nocciola, giallo-rossastro all'alterazione (depositi di conoide alluvionale) e da depositi fini costituiti da limi, grigio-nocciola, con livelli di ghiaie e sabbie, localmente cementate (depositi di interconoide).

I depositi intravallivi sono spesso terrazzati. Il profilo di alterazione dell'unità è molto evoluto, raggiunge i 7-8 m di profondità ed è di tipo Btb/Btcb/BCb/Ckb/Cb sulle litofacies grossolane e di tipo A/Bw/Bkss o di tipo A/E/Bt/Btc/Btb/Btcb/Btb/Btcb sulle litofacies fini. Il contatto di base è generalmente erosivo e discordante sulle unità più antiche (CMZ, ATS, BAD, LUG). Lo spessore è variabile da alcuni metri a 20-30 metri. Pleistocene medio

Supersistema del Quaternario Marino

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

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

Successioni Epiliguri

MMP – Marne di Monte Piano

Argille, argille marnose e marnoso-siltose, marne rosse, rosate, grigio chiaro e verdi, con rari e sottilissimi strati di siltiti e feldspatoareniti risedimentate, marne e marne siltose grigie, grigio verdi, talora rosate, nella parte superiore della successione. Sedimentazione di tipo pelagico. Il limite inferiore è discordante sulle unità liguri. La potenza affiorante è non superiore a 180 m. Luteziano – Priaboniano

RAN2 – Formazione di Ranzano - Membro della Val Pessola

Litoareniti fini e medie, grigie e grigio-verdastre, in strati sottili e medi, talora spessi, intercalate a marne siltose grigio scure in strati da medi a molto spessi. Rapporto A/P prevalentemente <1, localmente <<1 o >1. Sono presenti pacchi di strati intensamente ripiegati e disarticolati, di spessore variabile, contenenti rari ciottoli decimetrici extraformazionali, ben arrotondati (depositi di frana sottomarina intraformazionale - RAN2sl). Localmente è distinguibile una litofacies arenaceo-pelitica (RAN2ap). Contatto netto su RAN1. (*Priaboniano sup. - Ruteliano inf.*)

Successioni del dominio ligure

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. Lo spessore effettivamente misurato è di circa 90 m, mentre lo spessore parziale del membro è stimabile nell'ordine di 250-500 m. 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*)

VLU2 Membro di Monteventano

Il membro intermedio è caratterizzato dalla presenza dominante delle stesse sequenze arenaceo-pelitiche già descritte per il membro di Poviago, prive però dei livelli di marne rosate. A questa litofacies si associano, in misura crescente verso l'alto, calcari e calcari marnosi grigio-biancastri e marne e marne calcaree grigio chiare, in strati da medi a molto spessi, talora in banchi. Localmente (area di M. Santo) è presente una litofacies caratterizzata da un rapporto arenaria/pelite particolarmente elevato: tale fatto giustifica i versanti molto acclivi con una densità di fenomeni di instabilità relativamente basso.

Il contatto con il sottostante membro di Poviago è netto ed è posto in corrispondenza al tetto dell'ultimo banco di marne rosate. Lo spessore del membro è valutabile in 230 m circa. (*Thanetiano-Ypresiano*).

VLU1 Membro di Poviago

Il membro basale della formazione è costituito prevalentemente da sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati medi e spessi, localmente molto spessi. Tali sequenze sono costituite da arenarie grigio-nocciola (brunorossastre all'alterazione) medie e fini, talora gradate, spesso ricche in frustoli vegetali, e da marne e marne siltose grigie e grigio-verdastre. Il rapporto arenaria/pelite è sempre maggiore di uno. A questi si intercalano quattro livelli distinti di marne rosate, in strati molto spessi e banchi, talora con base a biocalcareniiti di colore nocciola, medie e grossolane.

Alla base il membro è caratterizzato dalla presenza di calcari e calcari marnosi bianchi, talora rosati, in strati medi e spessi, talora base calcarenitica grigia, analoghi alla porzione sommitale del sottostante Flysch di Bettola. (*Daniano - Thanetiano*).

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 scorrimento

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.

a1d: Deposito di frana per colata

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 embriciate, 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).

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.

Si segnalano 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/innesco di movimenti gravitativi, sono impostati i centri abitati di Mansano e parzialmente Carmiano.

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 Torrente Nure.

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

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".

Nel complesso i dissesti interessanti il territorio del Comune di Vigolzone si collocano nella porzione collinare dell'area comunale, l'estensione delle aree coinvolte, comprendendo i detriti di versante, le frane attive e le frane quiescenti assommano a circa 697 ha, che, rappresentano circa il 16% dell'intero territorio comunale.

4.1 - Assetto idrogeologico

Dal punto di vista idrogeologico il territorio comunale di Vigolzone si caratterizza per la presenza di tre settori : il settore di conoide del Torrente Nure, di conoide pedemontana e di alta collina.

Il settore di pianura del territorio comunale di Vigolzone appartiene al "Complesso idrogeologico della conoide del Torrente Nure" come definito nell'ambito degli studi del Servizio Geologico della Regione Emilia Romagna, che presenta il settore apicale in corrispondenza della zona di Villò.

La conoide del Torrente Nure rappresenta un significativo 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 10-20 a 50 m. al limite settentrionale del territorio comunale, considerando il solo Gruppo Acquifero A, fornisce un'indicazione della 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.

Dal punto di vista "verticale", questa struttura consente la ricarica da pioggia e lo scambio con il reticolo idrografico, in condizioni freatiche, che diventano confinate nella parte distale.

All'interno delle valli appenniniche, a monte delle zone di amalgamazione, il volume delle ghiaie diminuisce bruscamente a spessori di pochi metri costituendo i depositi di terrazzo alluvionale.

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 Torrente Nure; sono presenti flussi laterali provenienti dal settore 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.

Nel caso in esame comprende i depositi plio-pleistocenici 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 prevalentemente alla Formazione di Val Luretta s.l., formata in prevalenza da depositi torbiditici arenaceo-marnosi e calcareo-marnosi, caratterizzata da una permeabilità secondaria per fessurazione.

Le caratteristiche strutturali dell'ammasso roccioso determina la formazione di una circolazione idrica sotterranea che origina fenomeni sorgentizi nel settore collinare, dove le condizioni geomorfologiche e strutturali lo favoriscono, generalmente di modesta entità, comunque tali da alimentare locali opere di presa.

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° 24 misurazioni di rumore sismico a stazione singola distribuite nell'ambito del territorio urbanizzato e urbanizzabile.
- n° 8 prospezioni sismiche ReMi (Refraction Microtremor) e MASW (Multichannel Analysis Surface Waves) finalizzate alla definizione dei profili di Vs.

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

Tabella 1 - Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

Tipologia	Archivio comunale	Database RER	Indagini MS	Archivio ISPRA	Totale
Prove penetrometriche dinamiche leggere DL	4	16			20
Prove penetrometriche medie DM	3				3
Prove penetrometriche pesante DP	2				2
Prove penetrometriche superpesante DS	7				7
Prove penetrometriche statiche CPT	19				19
Trincee esplorative		1			1
Pozzi idrici		17		19	36
Pozzi idrocarburi		2			2
Prove REMI	5		5		10
Prove MASW	18		3		21
Prove HVSR	3				3

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. 16).

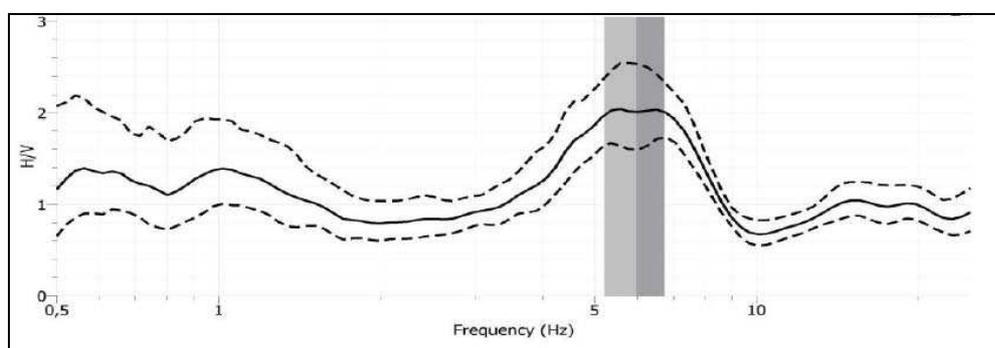


Figura 16 - Esempio di curva H/V della prova 033013P5

Ad integrazione delle indagini geofisiche disponibili sono state effettuate n°8 prospezioni sismiche REMI (n°5) e MASW (n°3), impiegando sismografo digitale e 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 territorio comunale di Vigolzone, esteso dal margine collinare appenninico fino al settore di alta pianura corrispondente al settore apicale e mediano della conoide del Torrente Nure, è sommariamente suddivisibile, sotto il profilo geologico, nella fascia di pianura a nord, nella fascia pedecollinare centro-occidentale e nella fascia collinare a sud.

Buona parte del territorio comunale ricade nell'ambito della conoide del Torrente Nure, che presenta il settore apicale poco a sud di Albarola, dove si riscontra una dominanza di depositi ghiaiosi, che si inspessiscono procedendo verso nord, con intercalazioni sabbiose e limoso-sabbiose.

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, costituiti da depositi alluvionali Pleistocenici di natura ghiaiosa, sabbiosa, limosa o argillosa, ricoprenti sedimenti marini del Pliocene superiore, profondamente incise e smembrate dall'azione erosiva dei corsi d'acqua.

Il settore collinare risulta impostato prevalentemente nelle unità liguri (Flysch di Val Luretta) costituiti da sequenze torbiditiche arenaceo-pelitiche in strati medi e spessi, localmente spessi, costituite arenarie grigio-nocciola medie e fini e da marne e marne siltose grigie e grigio-verdastre, ricoperte 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).

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 WSW-ENE.

Nel settore meridionale del territorio comunale le unità liguri risultano sovrapposte della unità Epiliguri (Marne di Monte Piano e Formazione di Ranzano), anch'esse deformate in quanto sin-orogeniche; generalmente presentano coltri di alterazione di spessore inferiore rispetto al Flysch di Val Luretta.

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 15-20 m da p.c nella zona apicale della conoide (zona di Albarola) a oltre 90 m da p.c. nel

settore nord (zona Grazzano Visconti); il secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore- SERI) si riscontra fino a profondità di circa 130 m al limite nord del territorio comunale, per assottigliarsi fino a scomparire nel settore di apicale della conoide.

I depositi dei due cicli quaternari continentali, sono riferibili a sedimenti prevalentemente ghiaiosi, caratteristici dei settori apicale e mediano della conoide del Torrente Nure, 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.

Al di sotto del potente pacco di depositi alluvionali il substrato marino pleistocenico è sempre costituito dal Sintema di Costamezzana, costituito da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in alternanza con depositi fini, tipici di ambiente marino-marginale e fluvio-deltizio, che si riscontrano in affioramento lungo le incisioni dei principali rii della fascia pedemontana; il Sintema di Costamezzana rappresenta il substrato localmente considerato rigido ($V_s \geq 800$ m/s), in corrispondenza dei settori dove prevalgono i sedimenti ghiaiosi conglomeratici.

A sua volta l'Unità di Costamezzana risulta sovrapposta, con contatto erosivo o netto e discordante sulle unità liguri rappresentate dalla Formazione di Val Luretta, che costituisce il substrato, considerato non rigido, del settore collinare del territorio comunale di Rivergaro, rappresentata da alternanze di livelli lapidei (calcari, arenarie) e pelitici (argille, argille marnose e marne), talora intensamente deformati e fratturati, con copertura limoso-argillosa di variabile spessore, frequentemente interessata da fenomeni di dissesto gravitativo.

Per una migliore comprensione del modello geologico locale, è stato possibile fare riferimento alle sezioni geologiche e sismiche interpretate, orientate trasversalmente ai principali elementi strutturali (cfr. rappresentazione planimetrica della traccia riportata in Fig. 15), derivate dalle elaborazioni del Servizio Geologico RER (riportate nelle figure Fig. 16-18).

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 20-30 m da p.c nella zona apicale della conoide (zona di Badagnano) a oltre 100 m da p.c. nel settore nord (zona Zena-Chero); il secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore- SERI) si riscontra fino a profondità di circa 160 m al limite nord del territorio comunale, per assottigliarsi fino a scomparire nel settore di Badagnano.

Nell'ambito dei depositi alluvionali sia di conoide che dei depositi antichi dei pianalti pedeappenninici, si possono riscontrare orizzonti ghiaiosi localmente conglomeratici, che determinano significativi contrasti di impedenza rispetto ai sedimenti alluvionali in cui sono inseriti.

Al di sotto dei depositi alluvionali il substrato marino pleistocenico è sempre costituito dal Sintema di Costamezzana, costituito da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi in alternanza con depositi fini, tipici di ambiente marino-marginale e fluvio-deltizio, che si riscontrano in affioramento lungo le incisioni dei principali rii della fascia pedemontana.

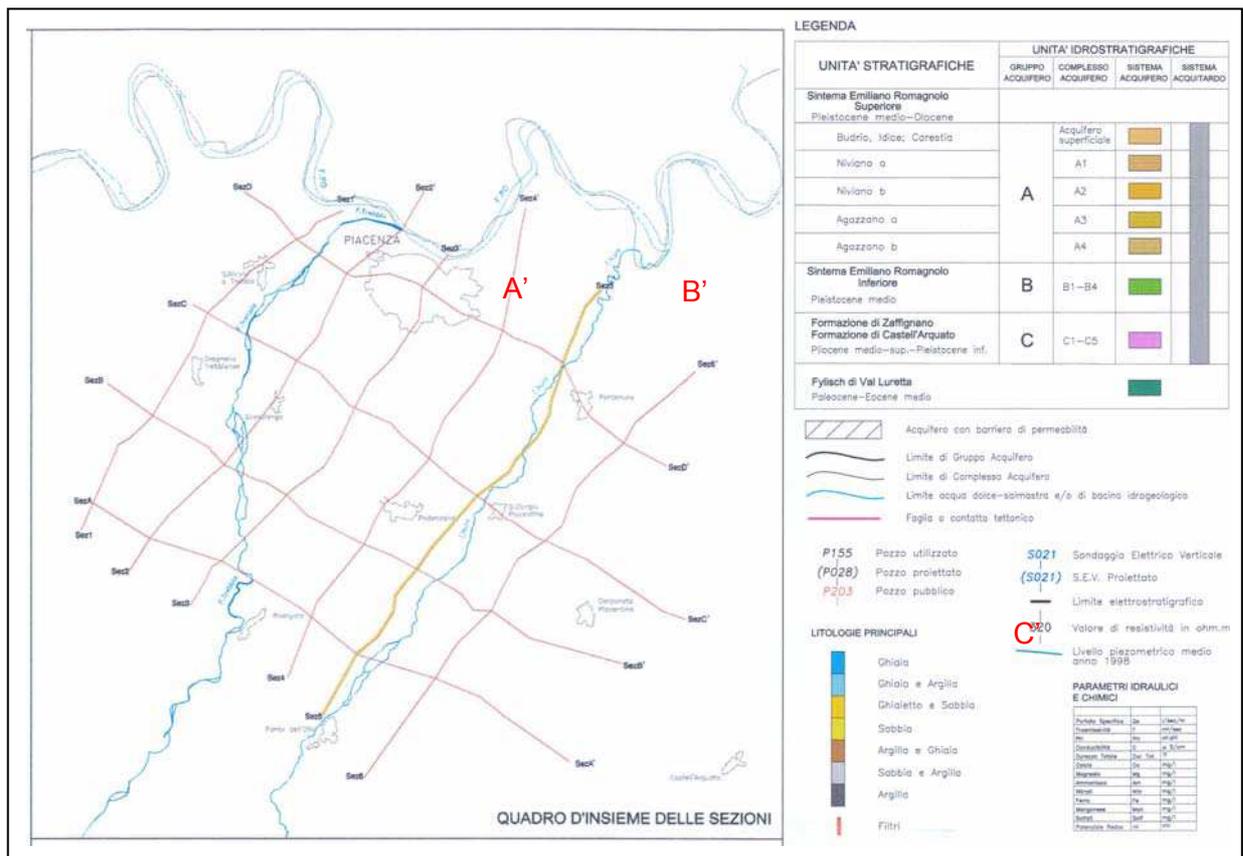


Figura 17 - Ubicazione sezioni studio ASM Piacenza

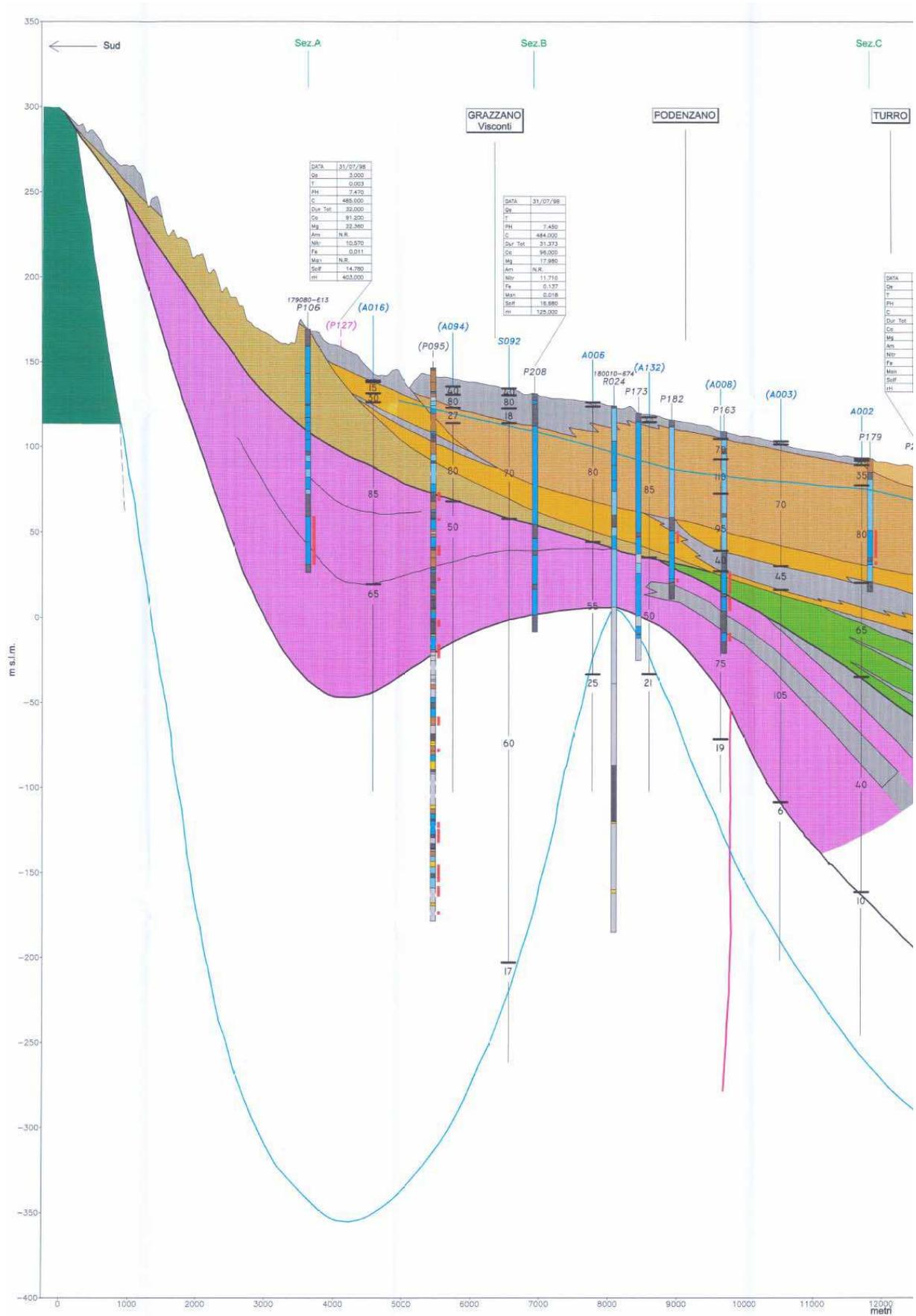


Figura 18 - Sezione 4 – Studio ASM Piacenza

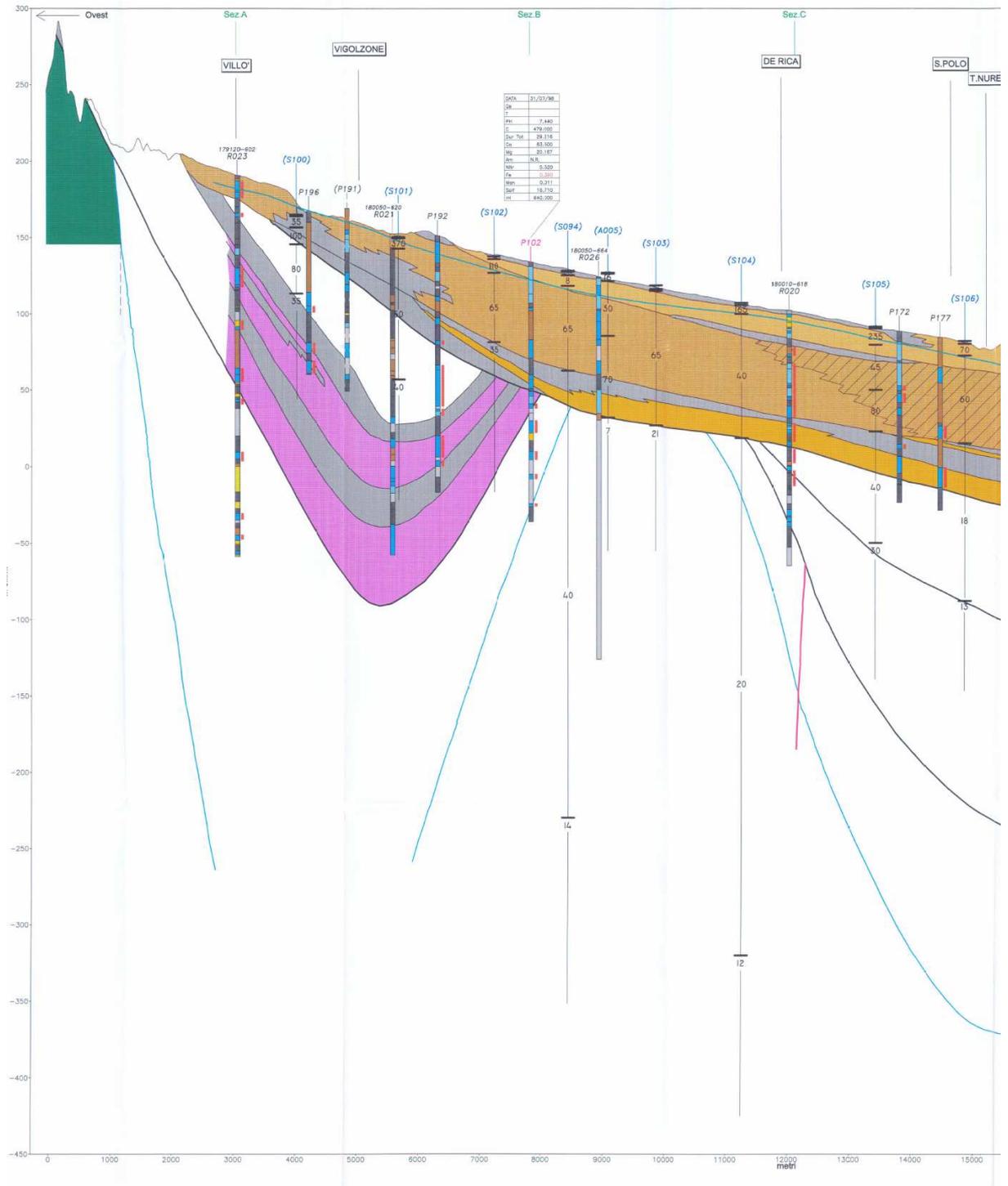


Figura 19 - Sezione 5 – Studio ASM Piacenza

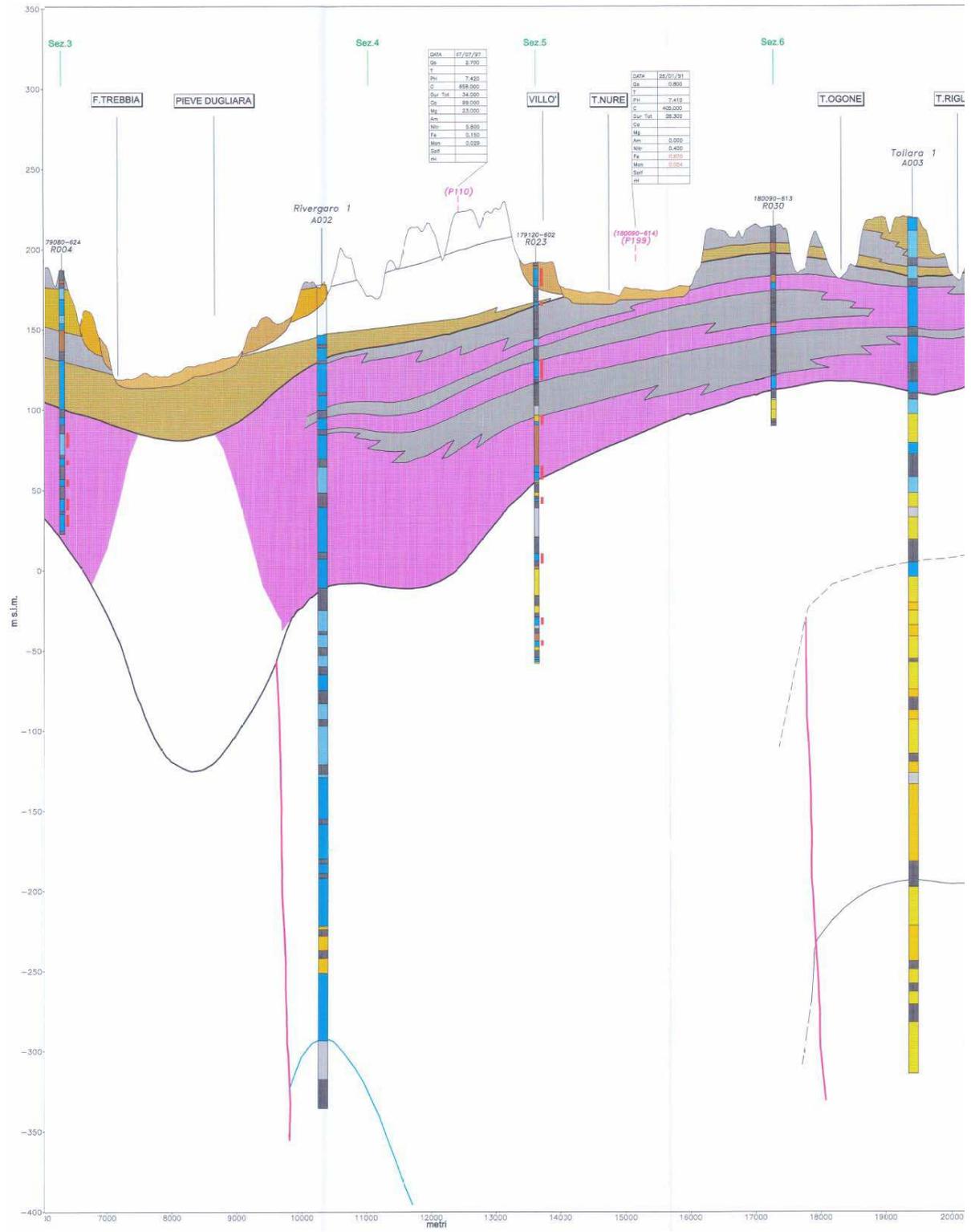


Figura 20 - Sezione A – Studio ASM Piacenza

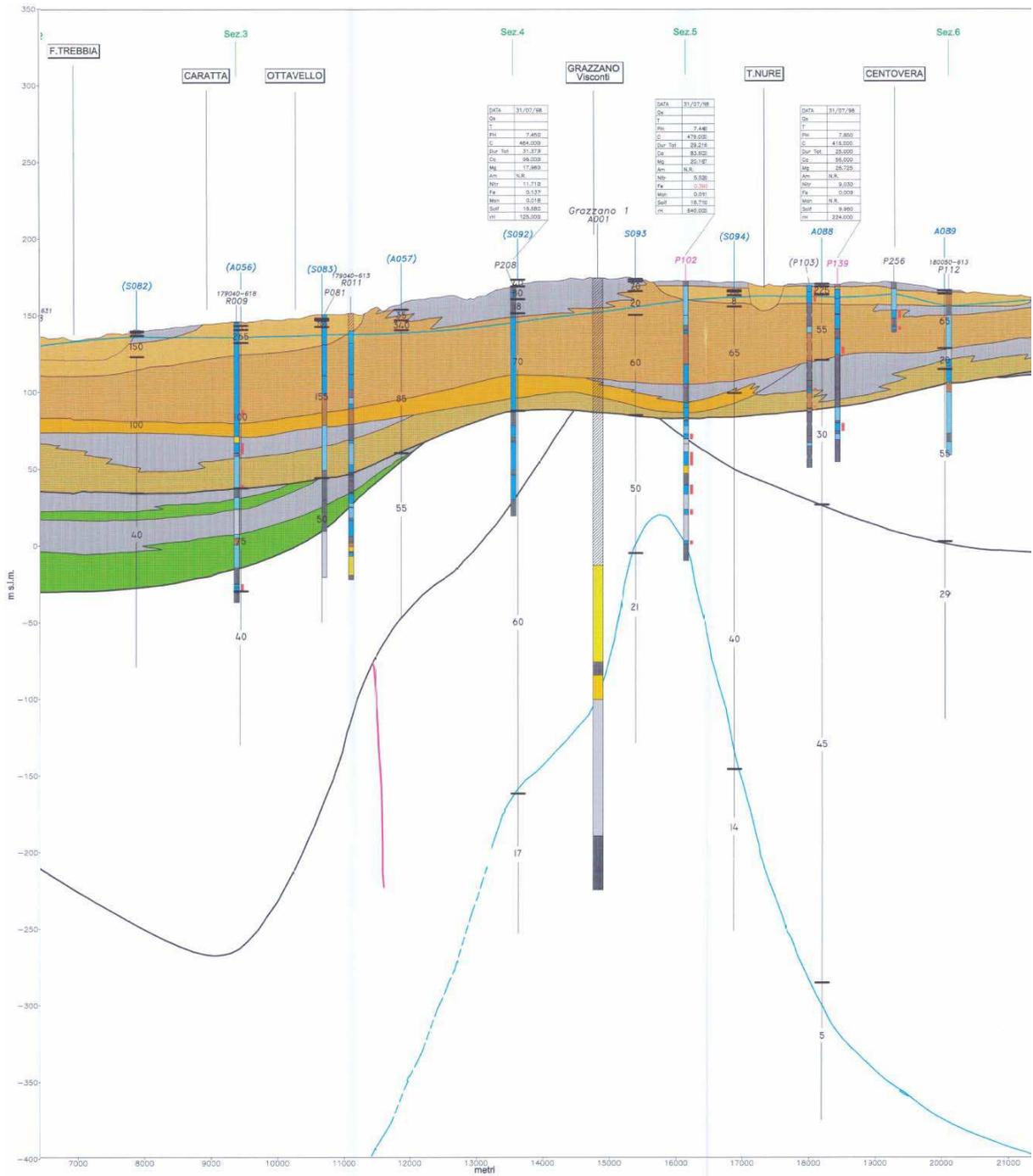


Figura 21 - Sezione B – Studio ASM Piacenza

7 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

La caratterizzazione sismica del territorio comunale di Vigolzone, tenendo conto della discreta uniformità dei 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, in particolare nel settore collinare.

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 VS_{30} (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 del rapporto dell'integrale dello spettro di risposta in accelerazione (SA/SA_0) che in velocità (SI/SI_0), per prefissati intervalli di periodi 0,1-0,5 s, 0,4-0,8 s, 0,7-1,1 s e 0,5–1,5 s. Per la definizione dell'amplificazione sono state utilizzate le tabelle e le formule indicate nell'All. 2 degli Indirizzi regionali di cui alla DGR 630/2019.

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 sismiche pregresse	Indagini geognostiche pregresse
 MASW	 Prova penetrometrica statica CPT
 REMI	 Prova penetrometrica dinamica leggera DL
 HVSr	 Prova penetrometrica dinamica media DN
Indagini sismiche per Studio MS	 Prova penetrometrica dinamica pesante DP
 MASW (identificativo in colore rosso)	 Prova penetrometrica dinamica superpesante
 REMI (identificativo in colore rosso)	 Pozzo idrico
 HVSr (identificativo in colore rosso)	 Pozzo idrocarburi
	 Stratigrafia zona MS
	 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 della 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 Vigolzone;
- “Carta Geologica d’Italia – Foglio 179 Ponte dell’Olio e 180 Salsomaggiore Terme” alla scala 1: 50.000;
- “Carta Geologica di Pianura dell’Emilia-Romagna”, alla scala 1:250.000, realizzata dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli Regione della Emilia-Romagna;
- indagini geognostiche puntuali.

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:

- GM Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo
- GP Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaie e sabbie
- CH Argille inorganiche di alta plasticità
- CL Argille inorganiche di medio-bassa plasticità, argille ghiaiose o sabbiose, argille limose.
- RI terreni contenenti resti di attività antropica, riferibili ai depositi connessi con l'attività mineraria insistenti nel settore collinare in corrispondenza delle cave e miniere di calcare.

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

- GRS - granulare cementato stratificato, riferibile ai depositi del Sistema di Costamezzana
- CO – Coesivo sovraconsolidato, riferibile alle Marne di Monte Piano
- ALS - alternanza di litotipi stratificato, è stato assegnato al Flysch di Val Luretta ed alla Formazione di Ranzano

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

- es – argini, barre, canali;
- pd – piana pedemontana;
- pi – piana inondabile;
- tf – terrazzo fluviale.

Le aree in dissesto censite nell'ambito collinare sono distinte secondo le classi di instabilità :

- scorrimento attiva e quiescente
- colata attiva e quiescente
- complessa attiva e quiescente

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 (fonte Studio Geologico PSC)
- i sondaggi profondi, distinguendoli a seconda che abbiano raggiunto o meno il substrato geologico, e la profondità dello stesso oppure la profondità raggiunta dal sondaggio.

9.3 - Carta delle frequenze naturali dei terreni

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

Nella carta sono riportati i punti di misura eseguiti per il presente studio, 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).

Gli indirizzi tecnici contenuti nella DGR 3690/2019, per rendere graficamente più evidenti le variazioni in relazione alla posizione, di utilizzare colorazioni differenti per distinguere le prove a seconda della frequenza principale ottenuta, definendo le seguenti classi:

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

Inoltre, sono state utilizzate simbologie diverse a seconda che la prova sia caratterizzata, in corrispondenza della frequenza principale, 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

Classi di frequenza naturale dei terreni	Ampiezza picco frequenza
<p>Frequenza</p> <ul style="list-style-type: none">  0,6 - 1,0 Hz  1,0 - 2,0 Hz  2,0 - 8,0 Hz  > 8 Hz <p>Valori di frequenza principale</p> <p> 3,5 Frequenza principale - Valori in Hz</p>	<ul style="list-style-type: none">  $HVSR < 1,5$  $1,5 \leq HVSR < 2$  $2 \leq HVSR < 3$

Nella tabella 2 sono riepilogati i risultati delle prove tromografiche, specificando, per ciascuna di esse, frequenza e ampiezza dei picchi principali, 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
033045P1	2002	3,16	3,04			SI
033045P2	2003	1,83	2,78			SI
033045P3	2003	18,25	2,05			SI
033045P4	2003	6,76	1,55			NO
033045P5	2003	13,72	2,30	4,30	2,03	NO
033045P6	2003	17,43	2,15			NO
033045P7	2003	5,48	1,85			NO
033045P8	2003	5,26	2,00			SI
033045P9	2003	5,06	2,60			SI
033045P10	2003	16,24	3,21			SI
033045P11	2003	11,50	1,60			NO
033045P12	2009	4,8	2,55			SI
033045P13	2006	3,53	1,62			NO
033045P14	2006	5,14	2,09			NO
033045P15	2009	3,98	7,78			SI
033045P16	2006	2,92	2,48			SI
033045P17	2007	3,88	1,52			NO
033045P18	2003	5,11	3,49			SI
033045P19	2003	18,42	4,07			SI
033045P20	2003	9,97	2,82			SI
033045P21	2003	5,08	2,30			SI
033045P22	2003	10,25	2,36	4,85	1,71	NO
033045P23	2002	6,21	5,55			SI
033011P24	2006	8,06	3,61			SI
033011P33	2002	3,75	3,90			SI
033011P34	2002	3,94	4,40			SI
033011P35	2004	16,22	3,2	3,20	2,10	SI

L'esame dei risultati delle prove HVSR, nel complesso evidenzia la presenza di picchi H/V significativi, di buona affidabilità in termini di rispetto dei criteri Sesame (circa 76 %), compresi nell'intervallo di frequenza 1,83-22,24 Hz, attribuibili alla presenza di contrasti di impedenza connessi con orizzonti ghiaiosi più addensati o localmente conglomeratici, che si ritrovano a profondità variabile nell'ambito dei depositi alluvionali dei settori di piana pedemontana e di media pianura.

Per quanto riguarda la zona 2002, le prove a disposizione evidenziano la presenza di picchi H/V significativi da mettere in correlazione a depositi ghiaiosi più addensati nell'ambito dei ripiani alluvionali prossimi al Torrente Nure.

Nella zona 2003 dove sono ubicate il maggior numero di prove HVSR, sono più frequenti picchi H/V compresi nell'intervallo 1,8-18,4 Hz con moderati contrasti di impedenza (ampiezza di picco H/V compresi tra 2-3) attribuibili a livelli ghiaiosi addensati di non elevata potenza, presenti a profondità variabili tra circa 4-15 m ricoperti da materiali prevalentemente fini limoso-argillosi in alternanze a livelli ghiaioso-argillosi.

La prova disponibile per la zona 2004 indica un picco indicativo di significativo contrasto di impedenza (ampiezza H/V 3,2), attribuibile ad orizzonti ghiaiosi più addensati superficiali.

Nella zona 2006, le prove disponibili evidenziano picchi rappresentativi di moderati contrasti di impedenza nell'intervallo 2,92-8,06 Hz associabili al substrato più rigido (meno fratturato) dell'ammasso roccioso riferibile al Flysch di Val Luretta.

Nelle zone 2001, 2005 e 2007 non sono disponibili prove.

Per la zona 2009 i picchi evidenziano contrasti di impedenza da moderati a significativi (compresi nell'intervallo 3,90-4,8 Hz, riferibili a sismostrati più compatti nell'ambito dell'ammasso roccioso).

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.

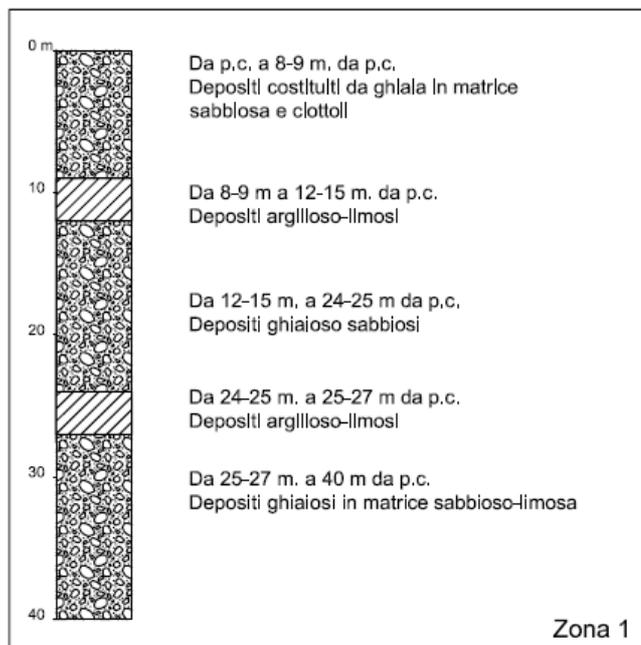
Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Vigolzone, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili.

Tutte le aree urbanizzate e urbanizzabili risultano appartenenti alla categoria 2 - zone stabili suscettibili di amplificazioni locali, all'interno della quale sono state operate ulteriori distinzioni. Infatti, sulla base delle caratteristiche litostratigrafiche, sono state identificate le seguenti 9 microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 40 m di sottosuolo.

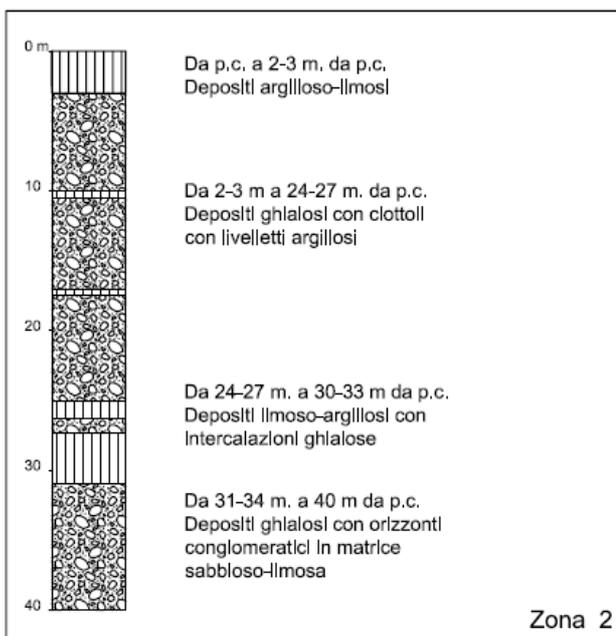
Sono inoltre distinte, in conformità agli Standard CTMS, le aree suscettibili di instabilità di versante, distinte in relazione alla tipologia di dissesto, allo stato di attività ed allo spessore stimato degli accumuli.

Per quanto riguarda i territori urbanizzati, ricadono nell'ambito di corpi di frana quiescenti modesti settori dell'abitato di Carmiano, Mansano, Chiuliano, Albarola, Iustiano e l'abitato di Poggio di Carmiano, 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.

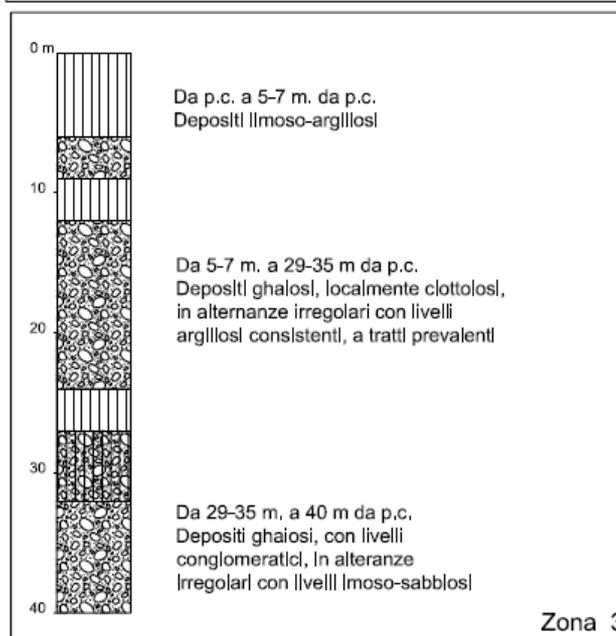
Zona 1 – Depositi costituiti da ghiaie e sabbie sciolte, costituenti alluvioni dell'alveo e dei terrazzi recenti del Torrente Nure.



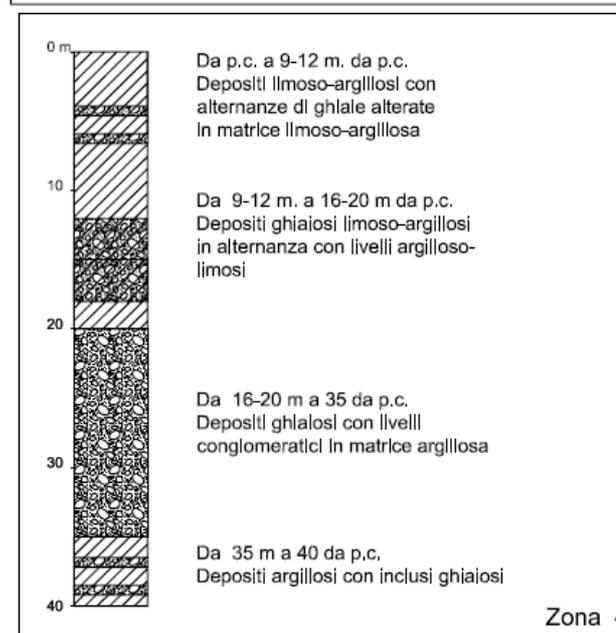
Zona 2 – Depositi di piana alluvionale costituiti da ghiaie prevalenti e subordinate ghiaie sabbiose, ricoperte da una coltre limosa discontinua



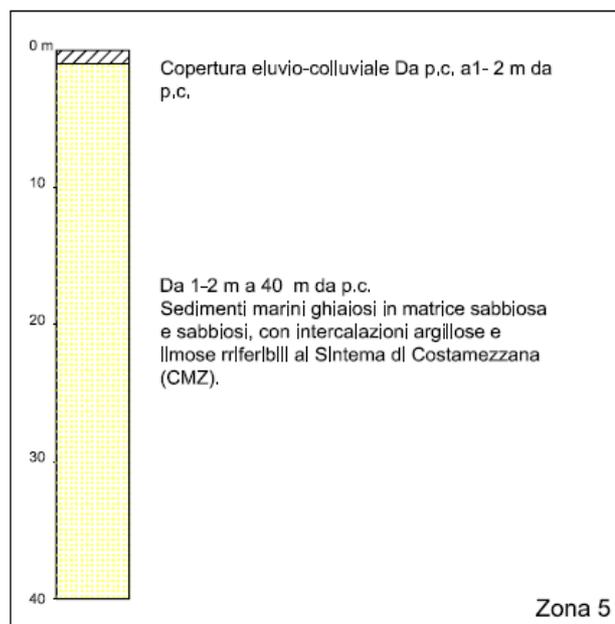
Zona 3 - Depositi di conoide prevalentemente ghiaiosi con copertura limoso-argillosa di spessore plurimetrico



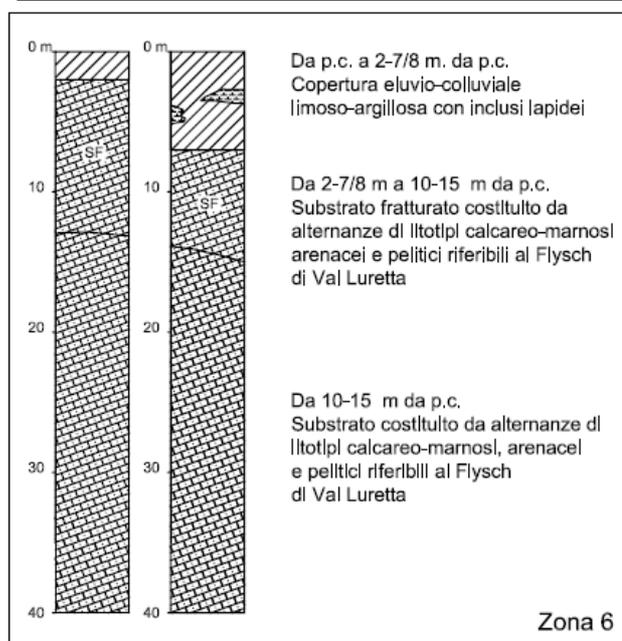
Zona 4 - Depositi alluvionali di terrazzo antico costituiti da copertura limoso-argillosa consolidata di spessore plurimetrico su substrato prevalentemente ghiaioso, con intercalazioni limoso-argillose, localmente conglomeratico.



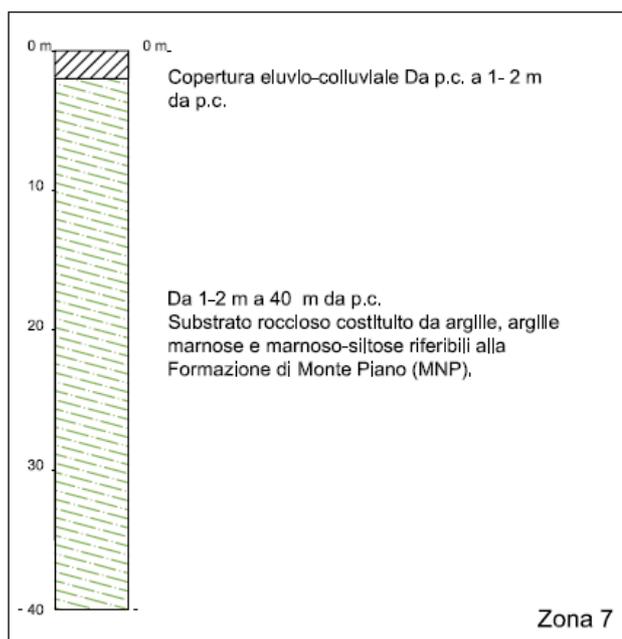
Zona 5 – Sedimenti marini ghiaiosi in matrice sabbiosa e sabbiosi, con intercalazioni argillose e limose, riferibili al Sintema di Costamezzana (CMZ), ricoperti da depositi eluvio-colluviali di spessore metrico .



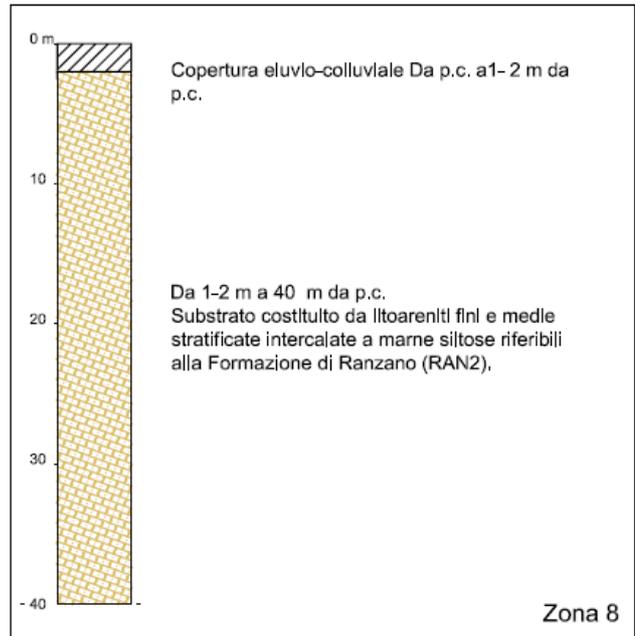
Zona 6 – Aree caratterizzate da copertura eluvio-colluviale di spessore variabile tra 2-8 m., su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



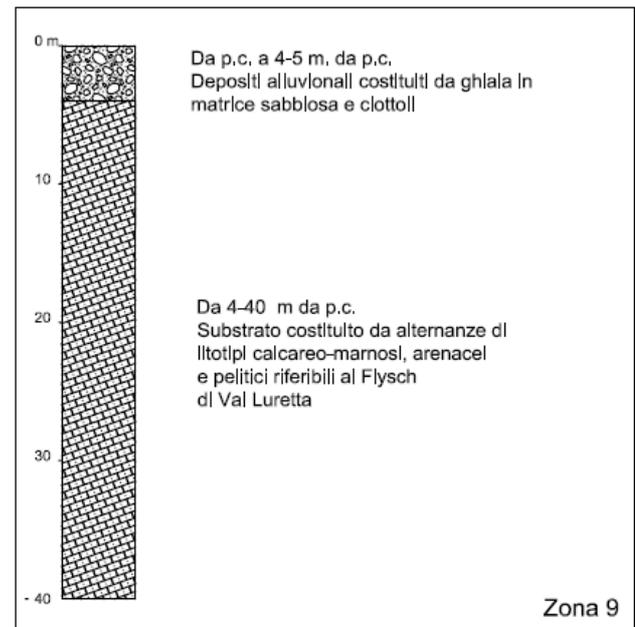
Zona 7 – Aree caratterizzata da copertura eluvio-colluviale di spessore metrico su substrato costituito da argille, argille marnose e marnoso-siltose riferibili alla Formazione di Monte Piano (MNP).



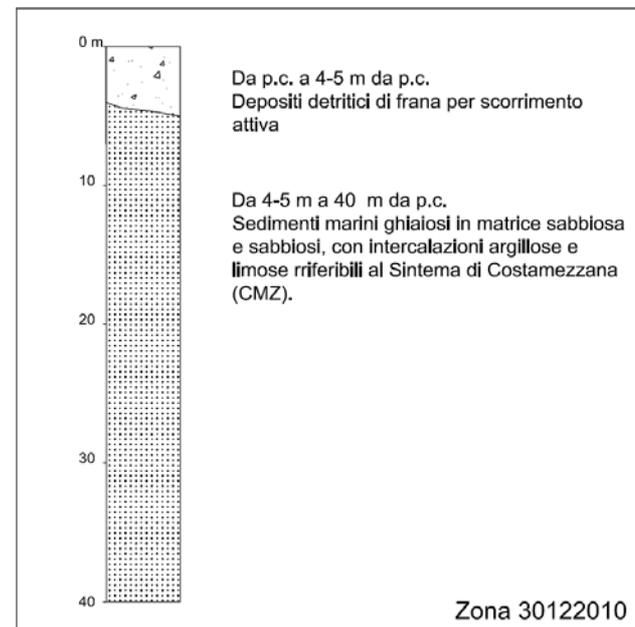
Zona 8 – Aree caratterizzata da copertura eluvio-colluviale di spessore metrico su substrato costituito da litoareniti fini e medie stratificate intercalate a marne siltose riferibili alla Formazione di Ranzano (RAN2).



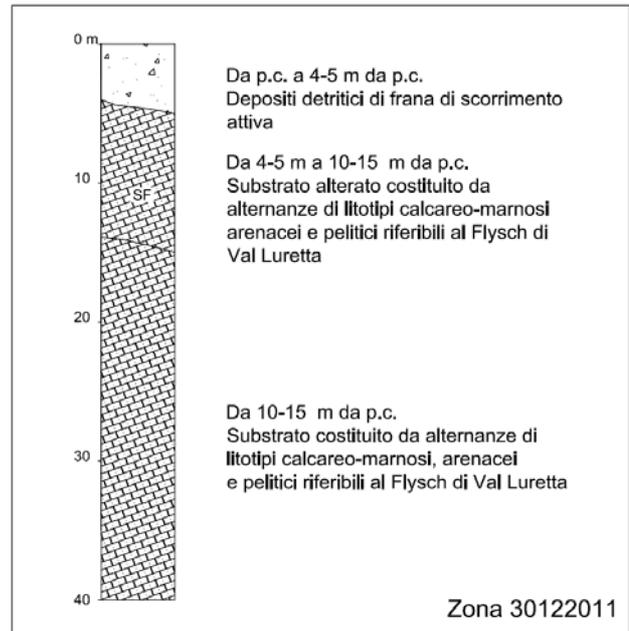
Zona 9 – Depositi alluvionali costituiti da ghiaia in matrice sabbiosa e ciottoli di spessore stimabile tra 4-6 m su substrato costituito da alternanze di litotipi calcareo-marnosi, arenacei e pelitici riferibili al Flysch di Val Luretta (VLU)



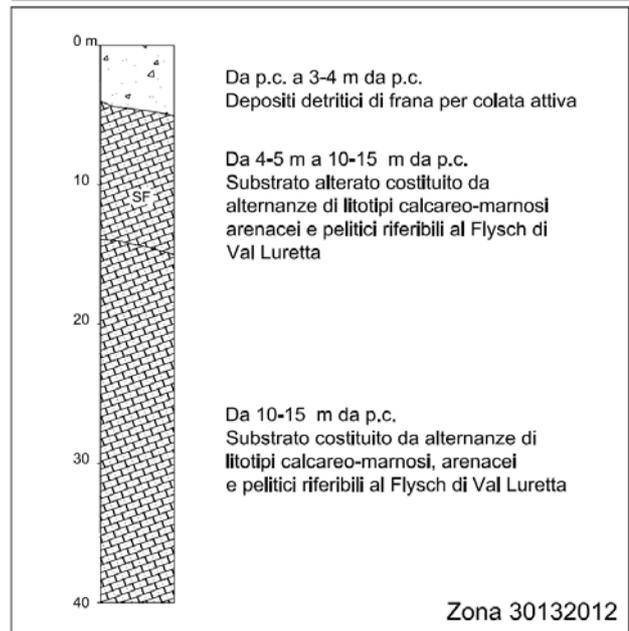
Zona 30122010 - Depositi detritici di frana complessa attiva caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato riferibile al Sintema di Costamezzana (CMZ).



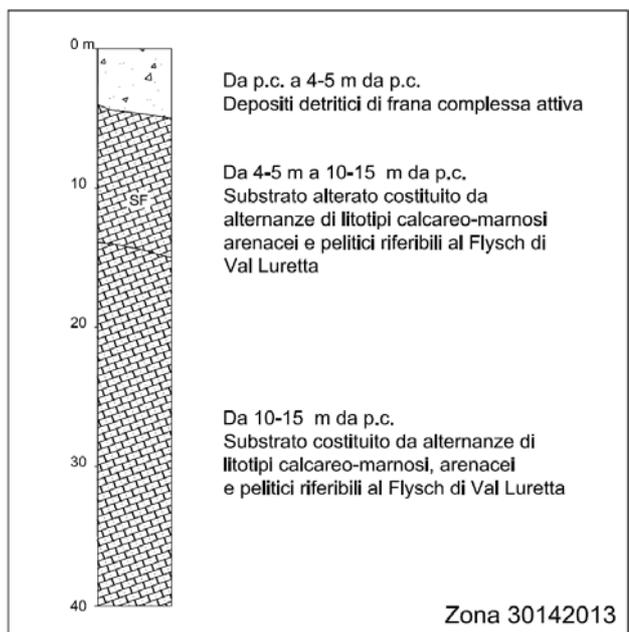
Zona 30122011 Depositi detritici di frana per scorrimento attiva caratterizzati da spessori stimabili di < 5 m, su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



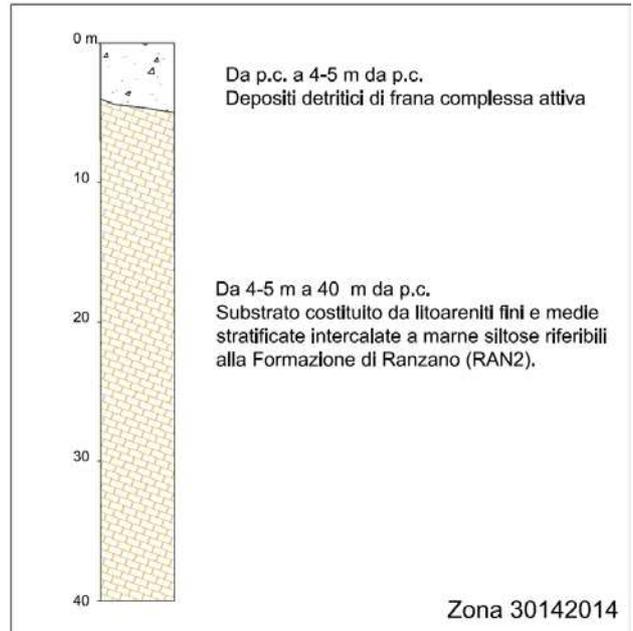
Zona 30132012 Depositi detritici di frana per colata attiva caratterizzati da spessori stimabili di < 5 m, su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



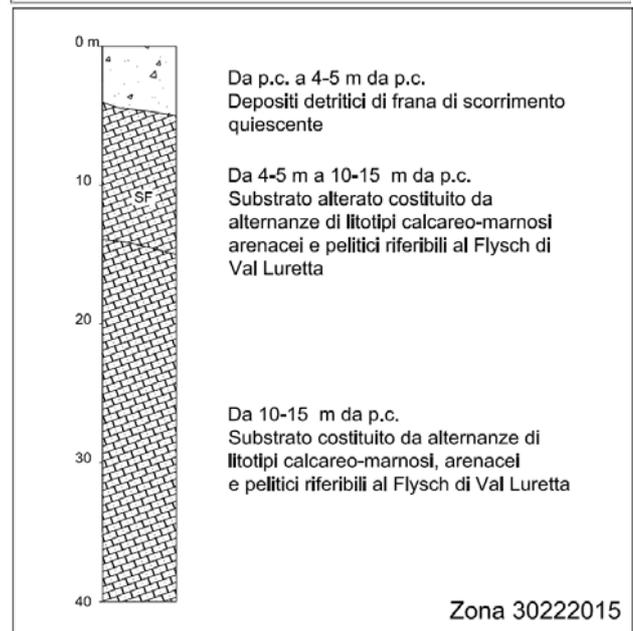
Zona 30142013 Depositi detritici di frana per colata attiva caratterizzati da spessori stimabili di < 5 m, su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



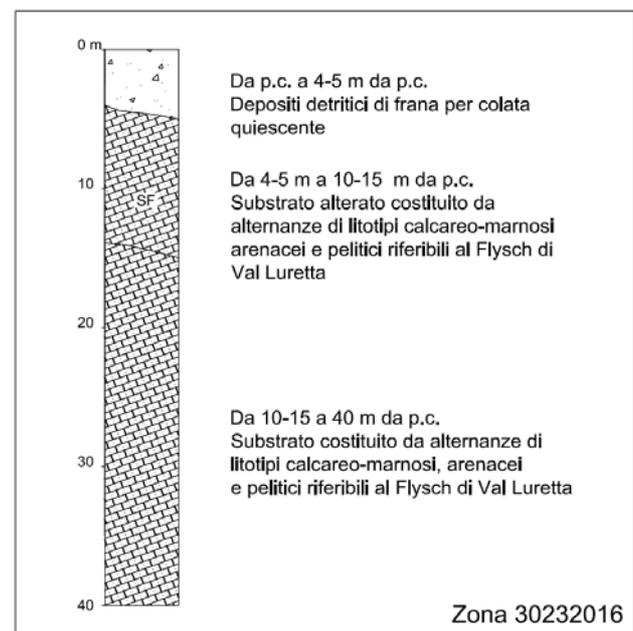
Zona 30142014 Depositi detritici di frana complessa attiva caratterizzati da spessori stimabili di < 5 m, su substrato riferibile alla Formazione di Ranzano (RAN2).



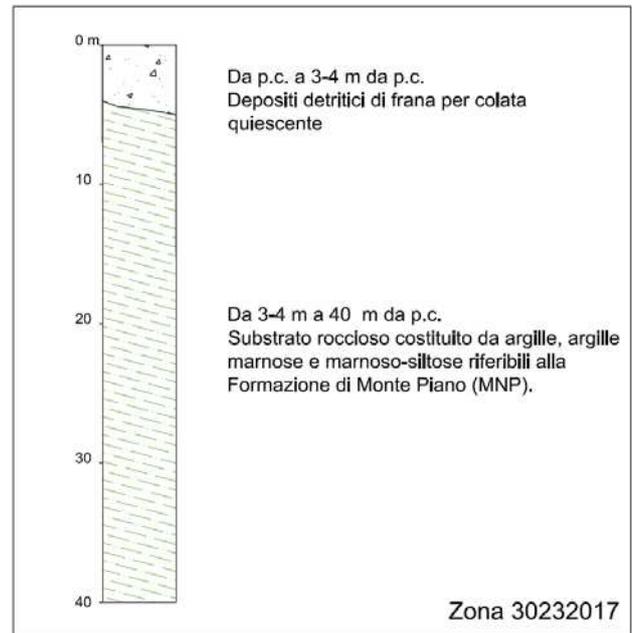
Zona 30222015 Depositi detritici di frana per scorrimento quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



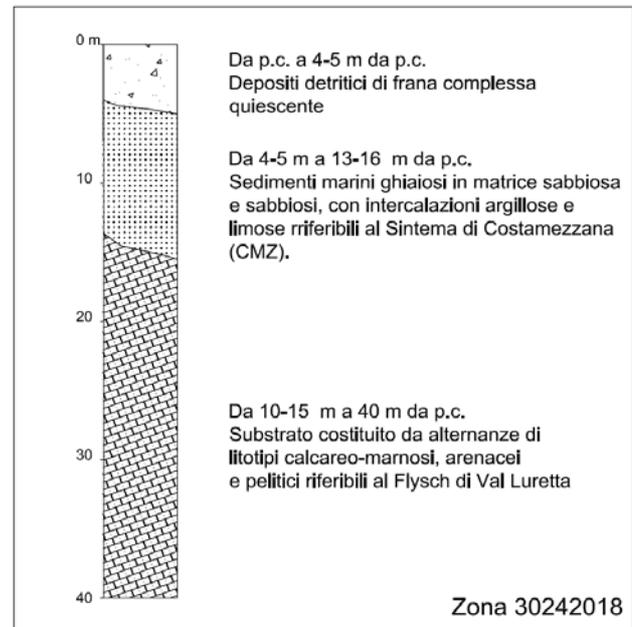
Zona 30232016 Depositi detritici di frana per colata quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



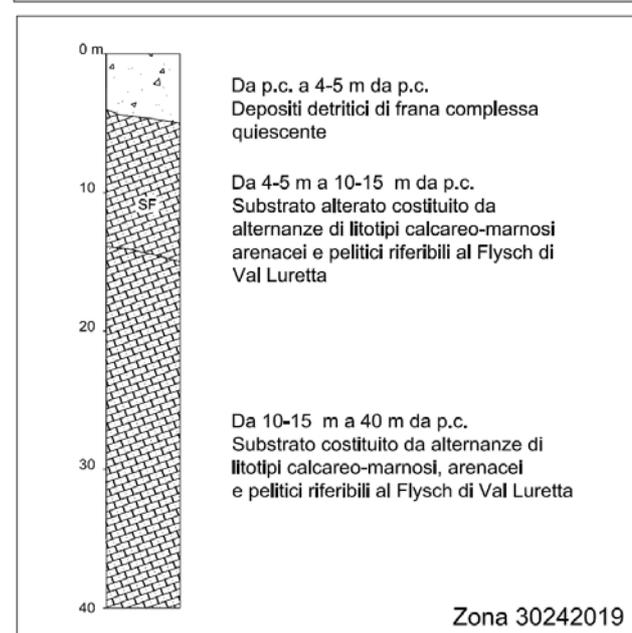
Zona 30232017 Depositi detritici di frana per colata quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato riferibile alle Merne di Monte Piano (MNP).



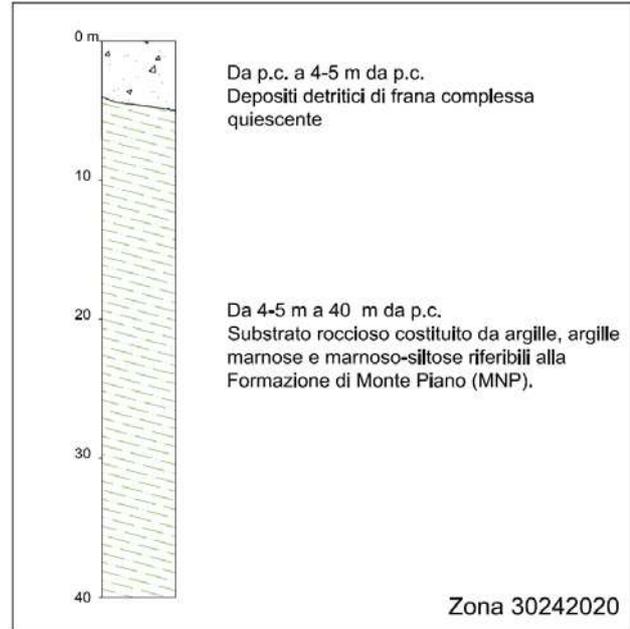
Zona 30242018 Depositi detritici di frana complessa quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato su substrato riferibile al Sintema di Costamezzana (CMZ).



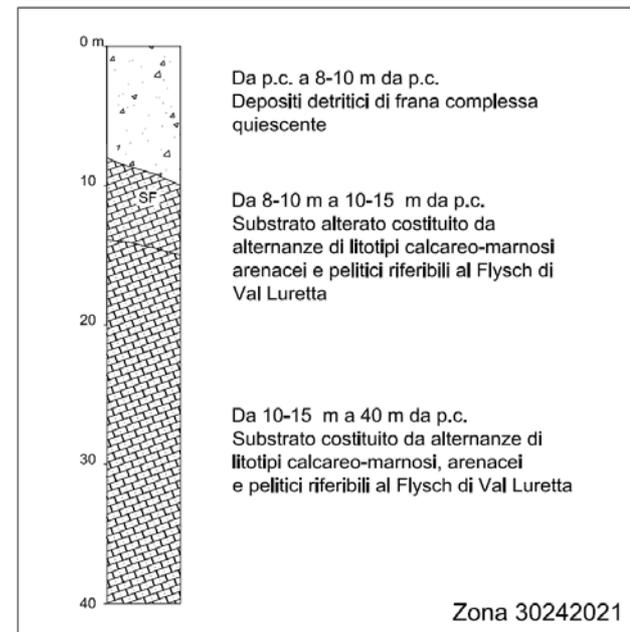
Zona 30242019- Depositi detritici di frana complessa quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU).



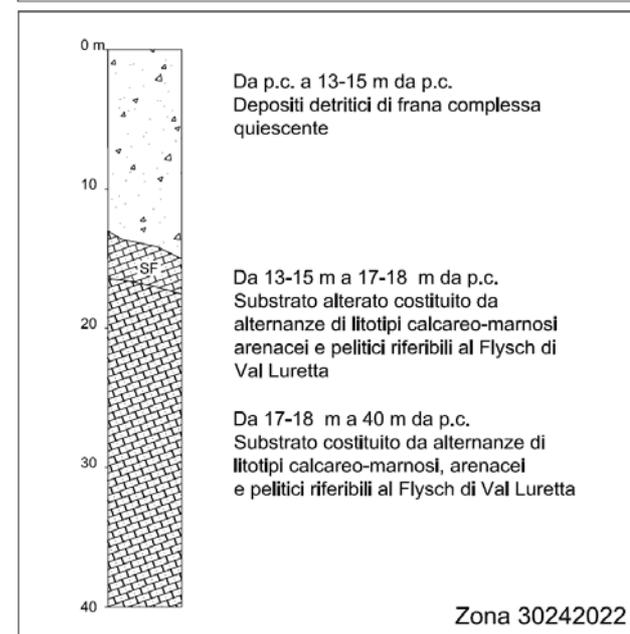
Zona 30242019- Depositi detritici di frana complessa quiescente caratterizzati da spessori stimabili < 5 m, su substrato su substrato riferibile alle Marne di Monte Piano (MNP).



Zona 30242021 Depositi detritici di frana complessa quiescente caratterizzati da spessore stimabile compreso tra 5-10 m, su substrato su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU)



Zona 30242022 Depositi detritici di frana complessa quiescente caratterizzati da spessore stimabile compreso tra 10-15 m, su substrato su substrato lapideo stratificato, generalmente alterato riferibile al Flysch di Val Luretta (VLU)



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);
- 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 REMI.

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)
033045L1	2003	REMI		339	32.8
033045L2	2003	REMI		369	16.9
033045L3	2003	REMI		491	33.9
033045L4	2003	MASW		437	30.5
033045L5	2003	MASW		469	21.8
033045L6	2003	MASW		373	11.8
033045L7	2009	REMI		432	2.6
033045L8	2006	REMI		364	13
033045L9	2003	MASW		445	34
033045L10	2003	MASW		410	36.4
033045L11	2003	MASW		408	32.6
033045L12	2002	MASW		407	33.1
033045L13	2003	MASW		400	32.2
033045L14	2003	MASW		400	33.6
033045L15	2003	MASW		347	24.4
033045L16	2003	MASW		418	30.7

033045L17	2002	MASW		411	34.5
033045L18	2006	MASW		357	12.6
033045L19	2006	REMI		185	4
033045L20	2006	REMI		206	4
033045L21	2004	REMI		325	11
033045L22	2003	REMI	576		
033045L23	2005	REMI		373	26.5
033045L24	2003	MASW		326	21.1
033045L25	2006	MASW		504	20
033045L26	2003	MASW	543		
033045L27	2006	MASW		279	18.6
033045L28	2004	MASW		318	15.1
033045L29	2002	MASW		407	27.8
033045L30	2004	MASW		332	23.8
033045L31	2006	MASW		276	14.5

La zona 2002 è caratterizzata da valori di VsH compresi tra 407-411 m/s contraddistinta dalla prevalenza di depositi ghiaiosi, passanti a profondità 27,8-34,5 m a sismostrati a velocità Vs>800 m/s riferibili a orizzonti conglomeratici.

Per la zona 2003, dove si dispone il maggior numero di profili, i valori di VsH variano tra 321-491 m/s con corrispondenti valori di H compresi tra 16,9-36,4 m, connessi a orizzonti ghiaiosi o conglomeratici che si ritrovano a varia profondità nell'ambito dei depositi alluvionali di conoide pedemontana; nel settore settentrionale le prove disponibili non evidenziano tali orizzonti più addensati, per cui si è fatto riferimento a valori di Vs30 compresi tra 543-576 m/s.

La zona 2004, in riferimento alle prove sismiche disponibili, è caratterizzata da velocità VsH comprese tra 318-332 m/s, con valori di H compresi tra 11,0-23,8 m, riferibili a livelli conglomeratici dei ripiani alluvionali antichi.

La zona 2005, è caratterizzata, sulla base del profilo di velocità disponibile, da sismostrati di media velocità (VsH 373 m/s) passanti a profondità di circa 26,5 m a bedrock sismico, riferibile al Sintema di Costamezzana (Vs 689 m/s).

Per la zona 2006, si registrano situazioni variabili anche in funzione del contesto geomorfologico, per cui sono state registrate velocità VsH comprese tra 185-504 m/s con valori dello spessore H tra 4-20 m., riferibili ai terreni di copertura, comprensivi della porzione fratturata del bedrock sismico (Flysch di Val Luretta).

La zona 2009, relativa al profilo disponibile, è caratterizzata da valori VsH pari a 423 m/s (con H= 4 m), corrispondenti a depositi alluvionali di fondovalle su substrato riferibile al Flysch di Val Luretta.

I profili di velocità delle onde di taglio per le zone MOPS di cui si dispongono profili di V_s sono rappresentati nei diagrammi di figure 22-24.

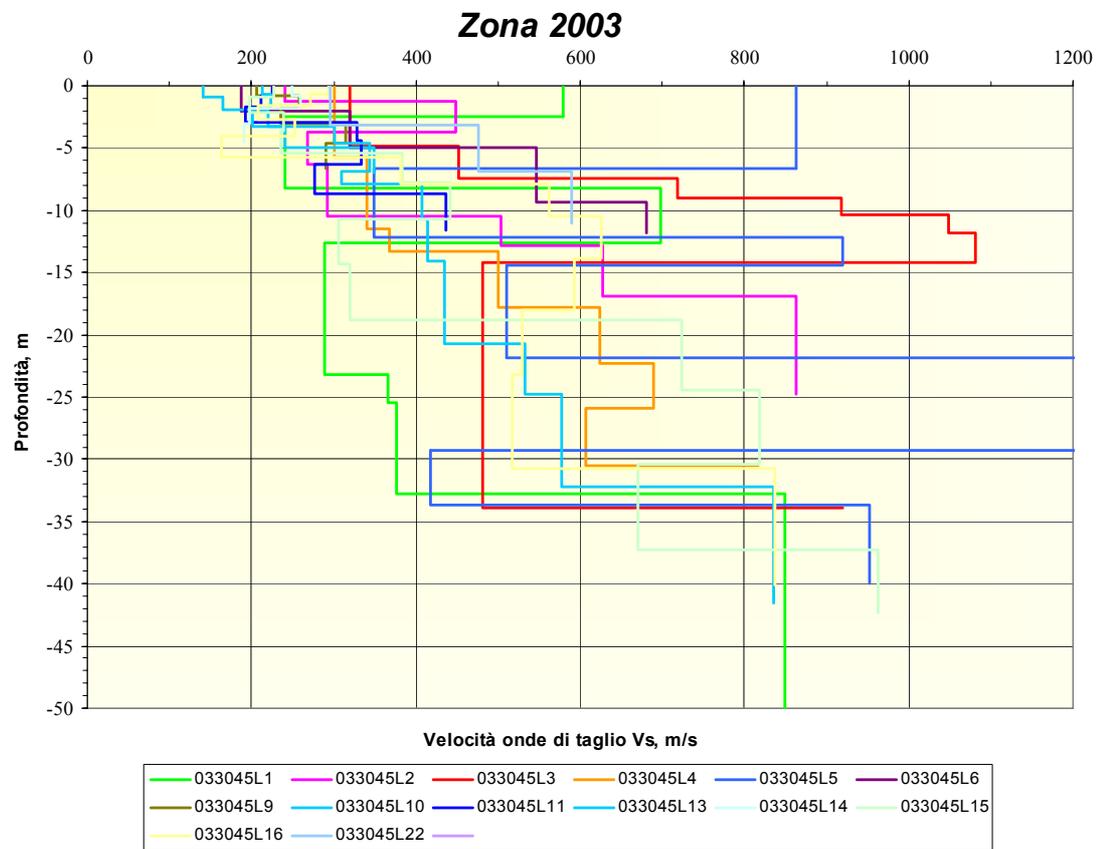
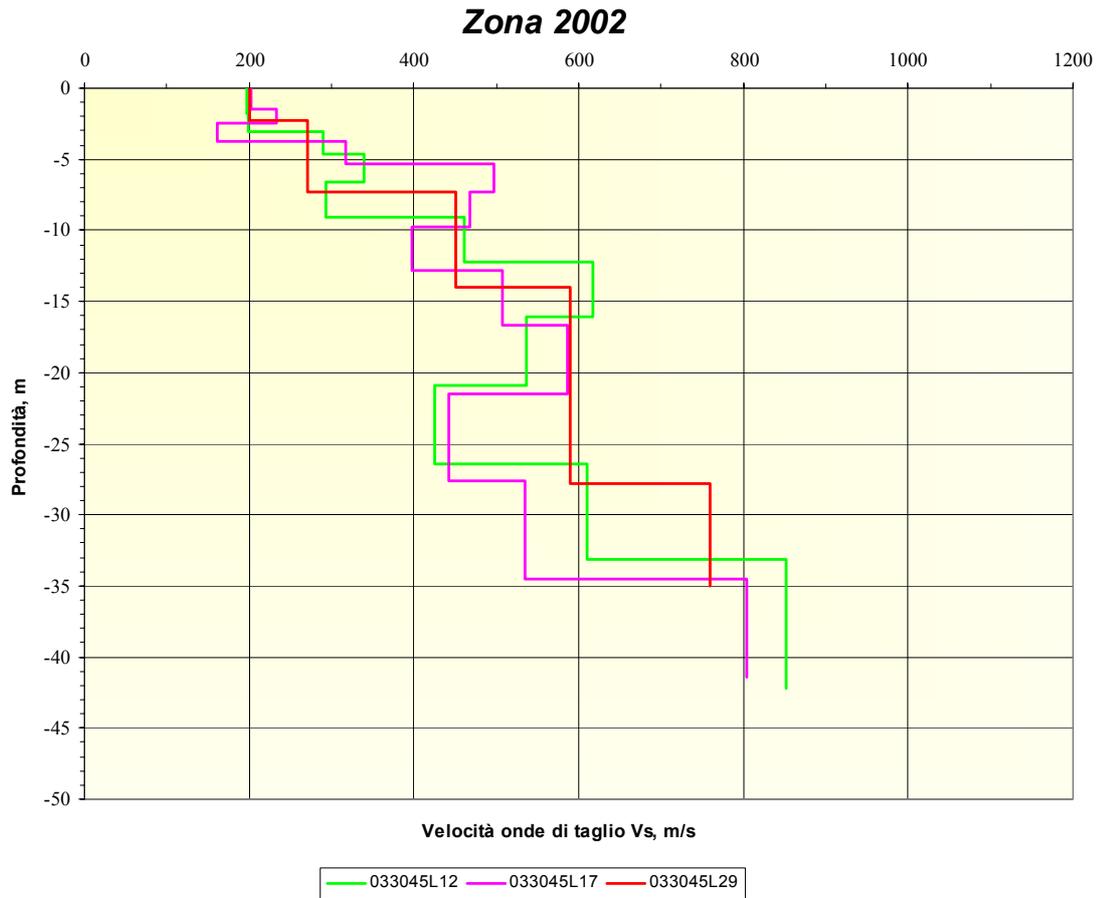


Figura 22 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2002 - 2003

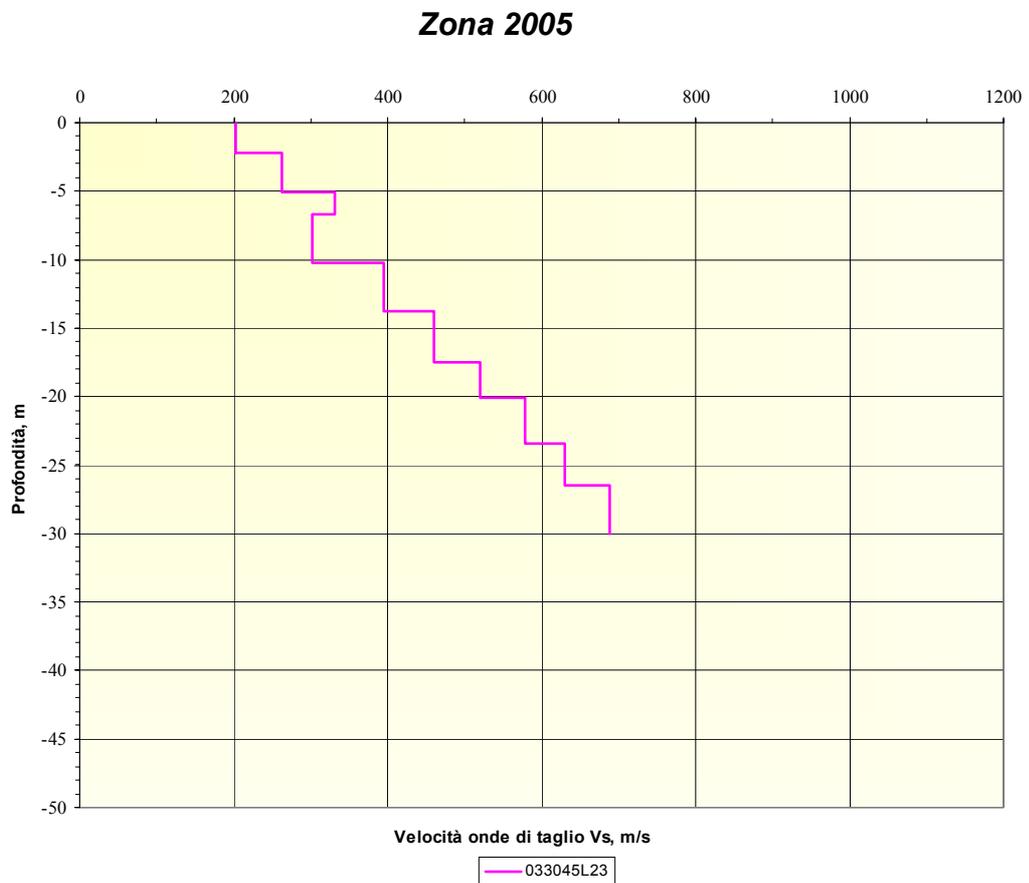
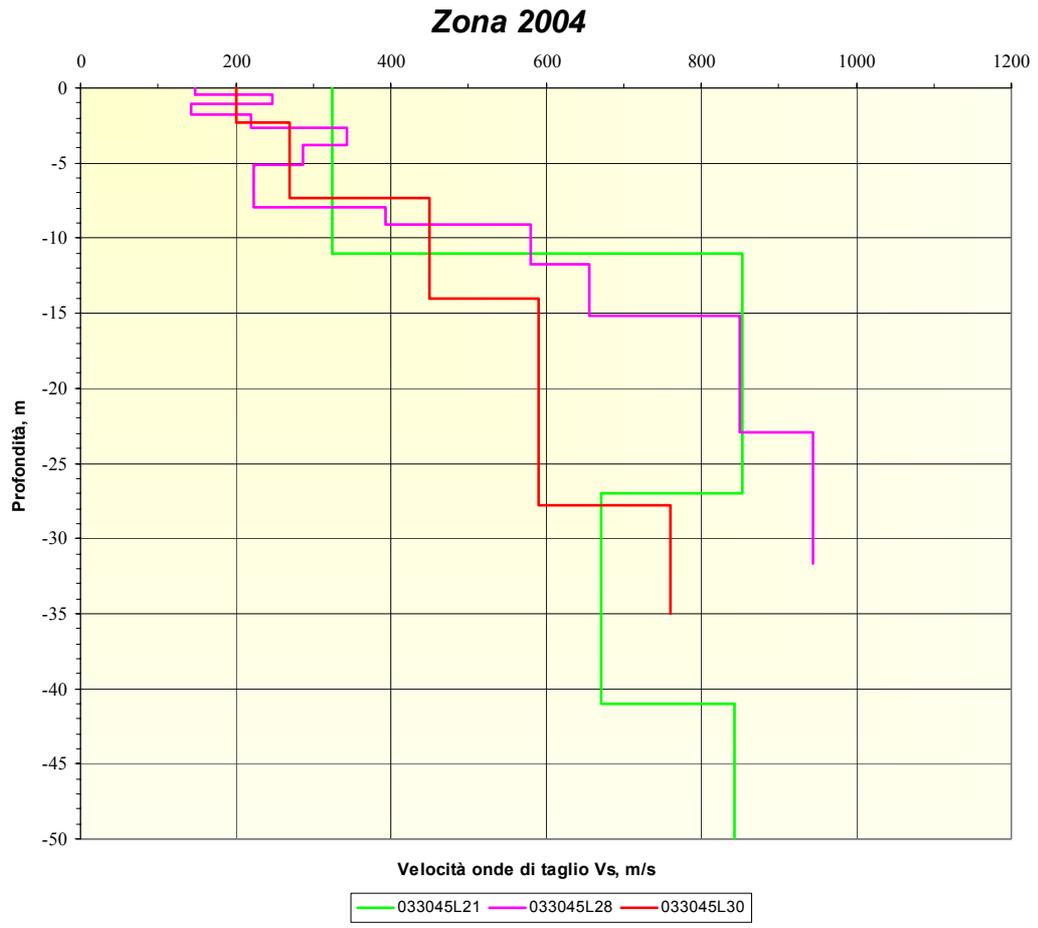


Figura 23 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2004 -2005

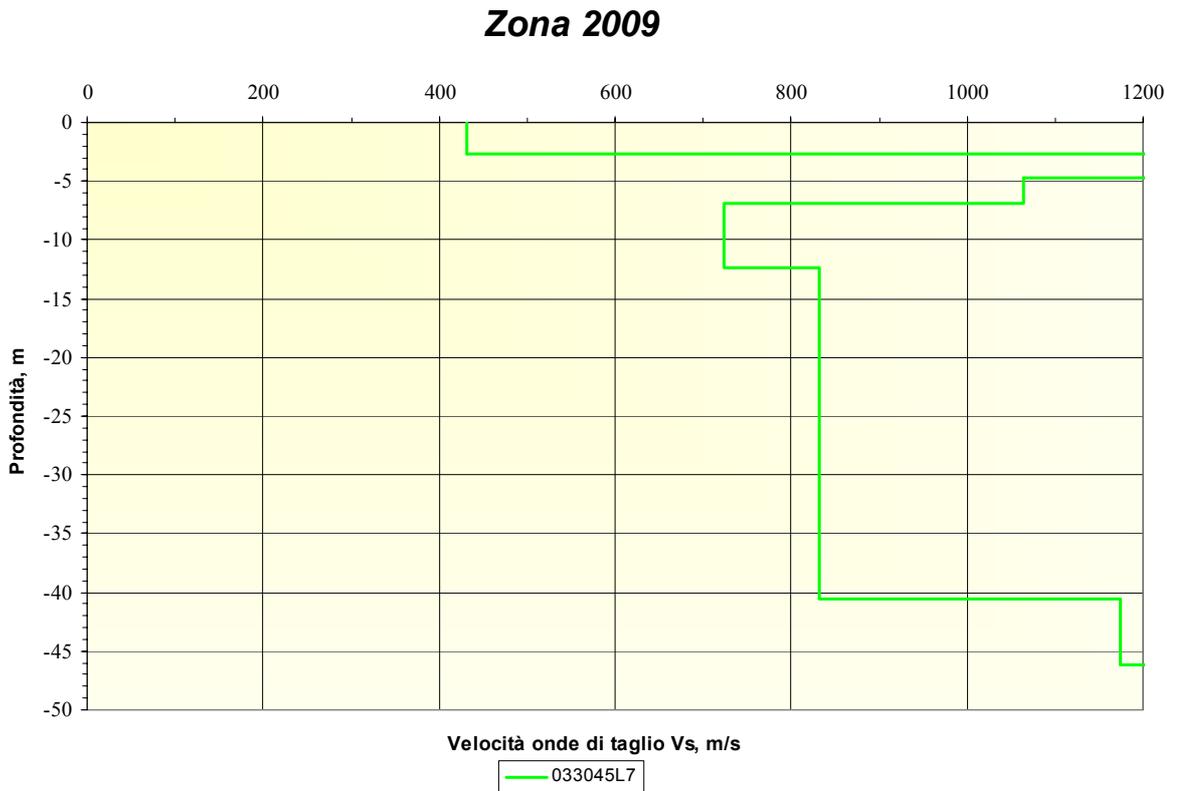
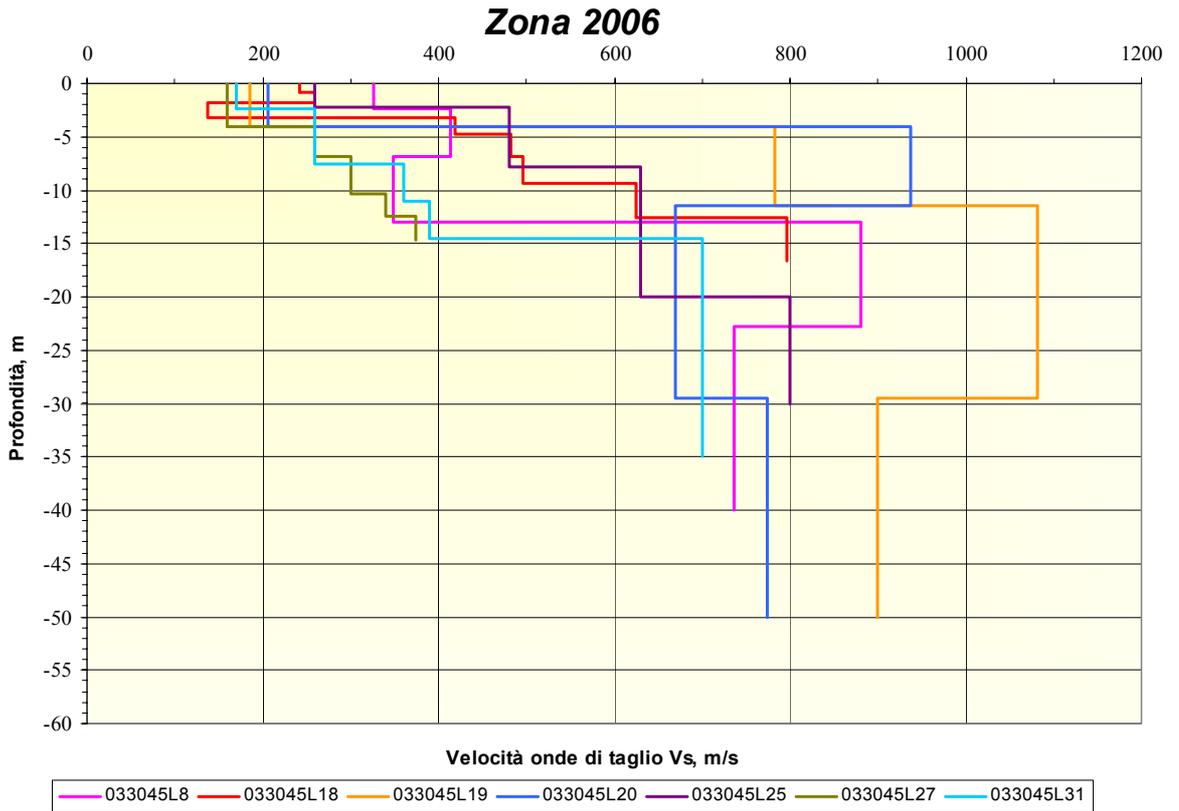


Figura 24 - Andamento profilo Vs per zone MOPS 2006 -2009

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.

I fattori di amplificazione calcolati per le aree oggetto di studio di approfondimento di 2° livello sono rappresentati nelle varie cartografie allegare allo studio (Tavole 6-14), secondo gli intervalli indicati negli Standard di rappresentazione, considerando le classi di quantificazione indicati dalla DGR 630/2019, comprendenti :

- FA PGA relativa all'accelerazione massima al tempo T_0
- FA SA1 - FA SA2 - FA SA3 – FA SA4 relativi ai quattro intervalli di integrazione dello spettro in accelerazione (0,1-0,5 s), (0,4-0,8 s), (0,7-1,1 s) e (0,5–1,5 s)
- FA SI1 – FA SI2 – FA SI3 relativi ai tre intervalli di integrazione dello spettro in velocità (0,1-0,5 s), (0,5-1,0 s) e (0,5–1,5 s).

I coefficienti di amplificazione sono stati stimati impiegando le tabelle e le formule dell'Allegato A2 (punti A2.1 e A2.2) della DGR 630/2019; gli ambienti geo-litologici definiti dall'Allegato A2 degli indirizzi regionali 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).

Come previsto dalla DGR 630/2019 è stata redatta la Carta della distribuzione sul territorio dei valori di H_{SM} , che esprime lo scuotimento atteso al sito in valore assoluto (accelerazione in cm/s^2) secondo la seguente espressione :

$$H_{SM} = \frac{ASl_{UHS}}{\Delta T} \cdot FA$$

ove :

ASl_{UHS} : integrale dello spettro di riferimento in accelerazione calcolato per l'intervallo di periodi $0,1s \leq T \leq 0,5s$

$\Delta T = 0,4s$

FA = fattore di amplificazione in accelerazione nell'intervallo 0,1-0,5 s

Per i settori indagati nello studio di microzonazione sismica di livello 2 per il territorio di Vigolzone, gli ambiti geo-litologici individuati sono quelli di Appennino (sia con bedrock > 800 m/s che < 800 m/s) e Margine di tipo B, di seguito elencati con i relativi abachi per la determinazione del fattore di amplificazione :

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

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

Fattore di Amplificazione **PGA**

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

Fattore di Amplificazione PGA

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

MARGINE di tipo B: caratterizzato da spessore dei terreni superficiali fini o grossolani poco consolidati superiore a 30 m; la successione sottostante è costituita da alternanze di orizzonti grossolani e orizzonti fini;

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
PGA	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	1,5

Fattore di Amplificazione **PGA**

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SA1	1,8	1,8	1,8	1,7	1,7	1,5
SA2	2,6	2,6	2,3	2,1	1,9	1,7
SA3	3,1	2,9	2,7	2,4	2,3	2,1
SA4	3,0	2,9	2,6	2,3	2,1	1,9

Fattori di Amplificazione **SA1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SA2** ($0,4s \leq T \leq 0,8s$), **SA3** ($0,7s \leq T \leq 1,1s$) e **SA4** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

V_{s30} (m/s) →	150	200	250	300	350	400
SI1	1,9	1,9	1,9	1,8	1,7	1,6
SI2	2,9	2,8	2,5	2,3	2,1	2,0
SI3	3,3	3,1	2,7	2,4	2,2	2,0

Fattori di Amplificazione **SI1** ($0,1s \leq T \leq 0,5s$), **SI2** ($0,5s \leq T \leq 1,0s$), **SI3** ($0,5s \leq T \leq 1,5s$)

Gli esiti della microzonazione in termini di amplificazione, ricavati con l'approccio semplificato (DGR 630/2019), rappresentati nelle Carte di microzonazione sismica allegate (Tavole 6-14), sono raccolti nella tabella seguente.

Tabella 4 - Fattori di amplificazione stratigrafica per microzonazione sismica

Zona	Ambiente geologico	FAPGA	FA0105	FA0408	FA0711	FA0515	FH0105	FH0510	FH0515	HSM
2002	Appennino	1,7	1,5-1,9	1,0-1,6	1,0-1,2		1,4-1,9	1,0-1,4		345-443
2003	Margine B	1,5	1,5	1,7	2,1	1,9	1,6	2,0	2,0	338-342
2003	Appennino	1,5-1,9	1,4-2,1	1,0-2,2	1,0-1,3		1,1-2,2	1,0-1,5		321-510
2004	Appennino	1,9	1,8	1,1	1,0		1,6	1,0		410
2005	Appennino $V_s \ll 800$	1,9	1,8	1,6	1,4		1,4	1,8		418-419
2006	Appennino	1,6-1,9	1,3-2,2	1,0-1,9	1,0-1,3		1,2-2,3	1,0-1,5		307-510
2009	Appennino	1,0-2,0	1,0-2,0	1,0-1,4	1,0-1,0		1,0-2,1	1,0-1,2		236-466

Per quanto riguarda gli effetti di amplificazione topografica sono stati valutati i casi, rientranti nei settori interessati dalla microzonazione sismica di 2° livello, per cui si prefigurano situazioni in cui valutare tale condizione sulla base delle procedure di cui all'Allegato A.2.2 della DGR 630/2019, precisamente nei casi di pendii con inclinazione media superiore a 15° ed altezza superiore a 30 m.

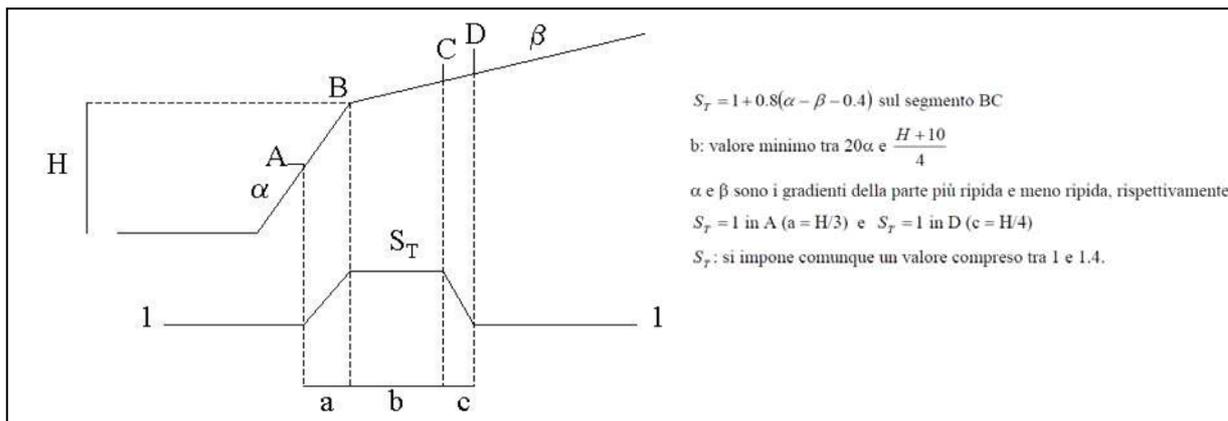


Figura 25 - Schema valutazione amplificazione topografica – Allegato 2.2.2 DGR 2193/15

A tal fine sono stati individuati i settori corrispondenti all'abitato di Bicchignano, Veano e Chiuliano, dove sono stati valutati i fattori di amplificazione topografica in corrispondenza di sezioni significative rappresentate nelle figure seguenti; i risultati delle verifiche eseguite sono raccolti nella tabella 5:

Tabella 5 - Valutazione fattori per determinazione coefficiente di amplificazione topografica ST

Sez.	Altezza pendio H con gradiente alfa (m)	Lunghezza pendio L con gradiente alfa (m)	Altezza pendio H con gradiente beta (m)	Lunghezza pendio L con gradiente beta (m)	Pendenza pendio α (°)	Pendenza pendio β (°)	a (m)	b (m)	c (m)	ST
1 ovest	35	141	0	81.0	13.9	0.0	11.7	4.9	8.8	1.0
1 est	44	120	0	81.0	20.1	0.0	14.7	7.0	11.0	1.0
2 ovest	27.8	126	2.6	27.1	12.4	5.5	9.3	4.3	7.0	1.0
2 est	15.75	59.5	2.4	20.4	14.8	6.7	5.3	5.2	3.9	1.0
3	30	142	0	43.2	11.9	0.0	10.0	4.2	7.5	1.0
4	44.3	190	0	27.0	13.1	0.0	14.8	4.6	11.1	1.0

In relazione agli esiti delle procedure di verifica, il fattore di amplificazione topografica ST risulta pari a 1 nelle sezioni considerate.

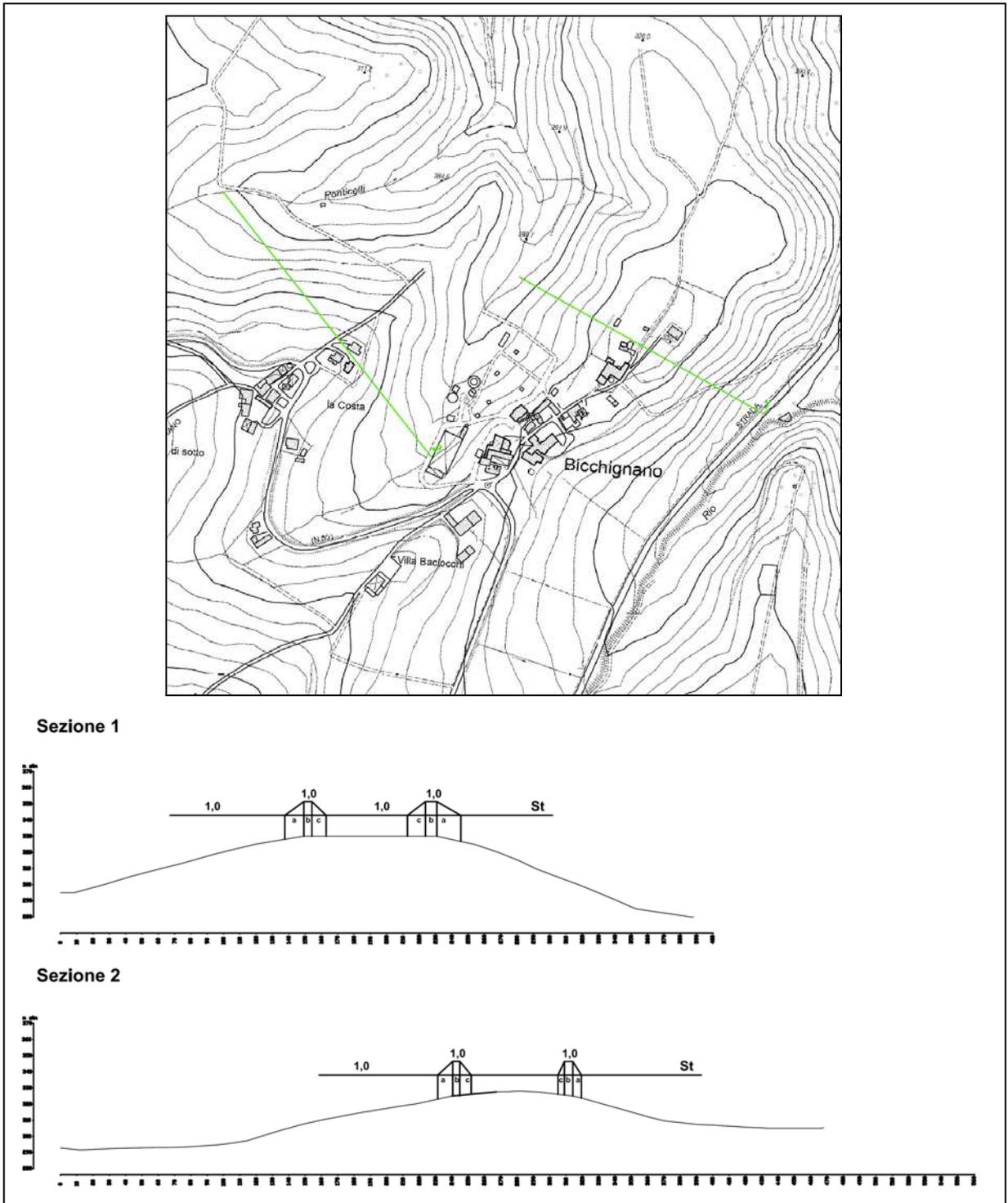


Figura 26 - Ubicazione sezioni di verifica amplificazione topografica.- Loc. Bicchignano

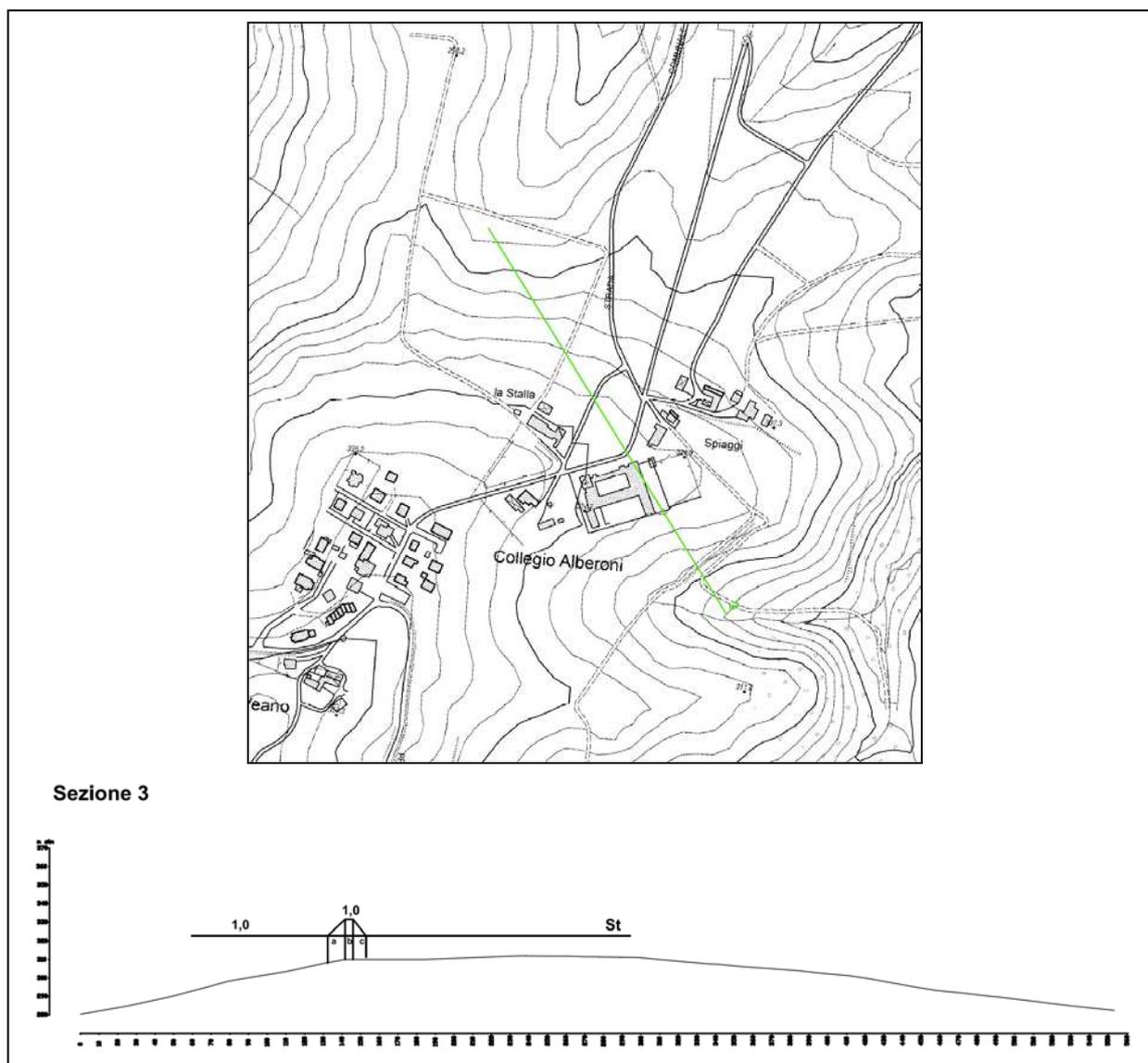


Figura 27 - Ubicazione sezioni di verifica amplificazione topografica. Loc. Veano

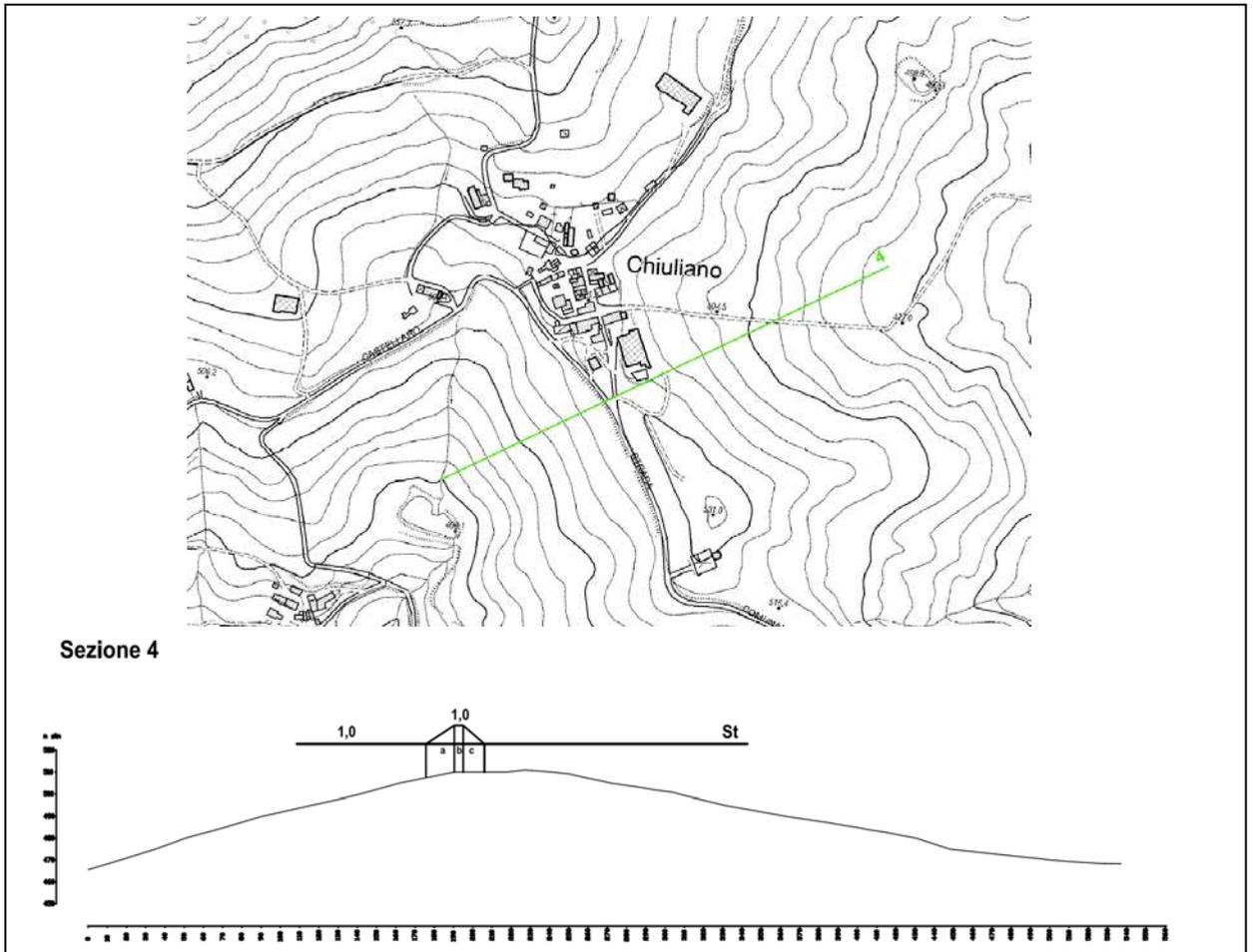


Figura 28 - Ubicazione sezioni di verifica amplificazione topografica. Loc. Chiuliano

Fiorenzuola d'Arda, 18 febbraio 2020

Studio Geologico Ambientale

Dr. Geol. Gabriele Corbelli

