

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

MICROZONAZIONE SISMICA

Relazione Illustrativa

Regione Emilia-Romagna

Comune di Podenzano



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

1	PREMESSA	2
2	ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO.....	3
3	PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE.....	4
	3.1 - Inquadramento tettonico	4
	3.2 - Inquadramento sismotettonico.....	7
	3.3 - Zonazione sismogenetica	12
	3.4 - Sismicità storica.....	13
	3.5 - Classificazione sismica.....	19
	3.6 - Pericolosità sismica	19
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO	21
5	DATI GEOTECNICI E GEOFISICI	28
6	MODELLO DEL SOTTOSUOLO.....	30
7	INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE	38
8	METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI.....	39
9	ELABORATI CARTOGRAFICI.....	41
	9.1 - Carta delle indagini	41
	9.2 - Carta geologico-tecnica	41
	9.3 - Carte delle frequenze naturali dei terreni	42
	9.4 - Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica	45
	9.5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S.....	47
	9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2	50

1 PREMESSA

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

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

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

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

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

2 ELABORATI A CORREDO DELLO STUDIO

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

- Relazione Descrittiva in cui viene illustrato il contesto geologico, geomorfologico e sismotettonico regionale in cui si inseriscono le aree oggetto di indagine, descritte le metodologie seguite e illustrati i risultati dello studio di microzonazione rappresentati nelle diverse cartografie.
- Elaborati cartografici costituiti da
 1. Carta delle Indagini 1:10.000
 2. Carta Geologico-tecnica 1:10.000
 3. Carta delle Frequenze naturali dei Terreni 1:10.000
 4. Carta delle MOPS 1:10.000
 5. Carta delle Velocità delle Onde di Taglio – Vs 1:10.000
 6. Carta dei Fattori di Amplificazione: PGA 1:10.000
 7. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,1-0,5s 1:10.000
 8. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,5-1,0s 1:10.000
 9. Carta dei Fattori di Amplificazione: SI 0,5-1,5s 1:10.000
- Indagini sismiche eseguite per studio MS

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

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

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

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

3 PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

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

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

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

3.1 - Inquadramento tettonico

Nel complesso il territorio comunale di Podenzano appare formato da depositi di natura alluvionale, costituiti da sedimenti quaternari del settore mediano della conoide del Torrente Nure, ed in parte del Fiume Trebbia, sostanzialmente rappresentati da ghiaie, sabbie, limi e argille, la cui deposizione è avvenuta tra la fine del Pleistocene e l'Olocene medio-inferiore.

La fascia di pianura si estende dal margine meridionale del pedeappennino fino all'asse del Fiume Po e comprende le unità sedimentate dal Miocene superiore (6-7 milioni di anni fa) fino ai giorni nostri; nonostante questa non presenti in superficie nessun elemento per definire l'assetto strutturale delle unità, il sottosuolo è caratterizzato da una serie di superfici di distacco che lo dividono in diversi corpi cuneiformi secondo un modello di embrici est vergenti.

Sotto l'aspetto strutturale, infatti, la pianura emiliana è compresa nell'arco delle pieghe emiliane, caratterizzate 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. Pertanto il vero fronte appenninico, circa all'altezza del Fiume Po sovrascorre verso nord sulla piattaforma padano-veneta come si evidenzia nello schema strutturale di Figura 1.

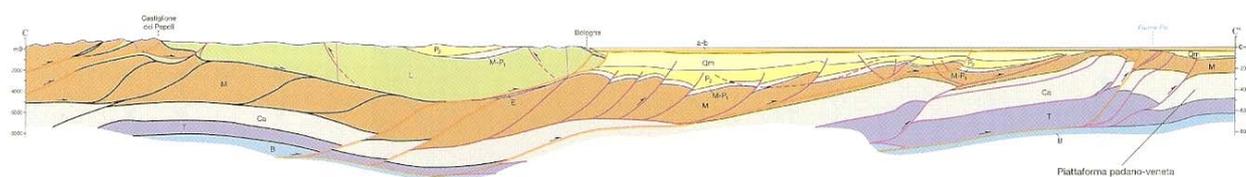


Figura 1 - Sezione dello schema tettonico dei thrust appenninici.

L'area oggetto di studio è posizionata in corrispondenza dell'Arco emiliano, formato da anticlinali e faglie inverse cieche appartenenti al sistema a sovrascorrimenti (thrust faults) NE-vergenti dell'Appennino settentrionale.

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 Pedeappennic 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 Pedeappennic Thrust Front (PTF).
- l'alto strutturale più esterno che si trova in chiusura periclinale, frutto dell'involgimento 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. 2). 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 Pedeapenninic 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 Pedeapenninic 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.

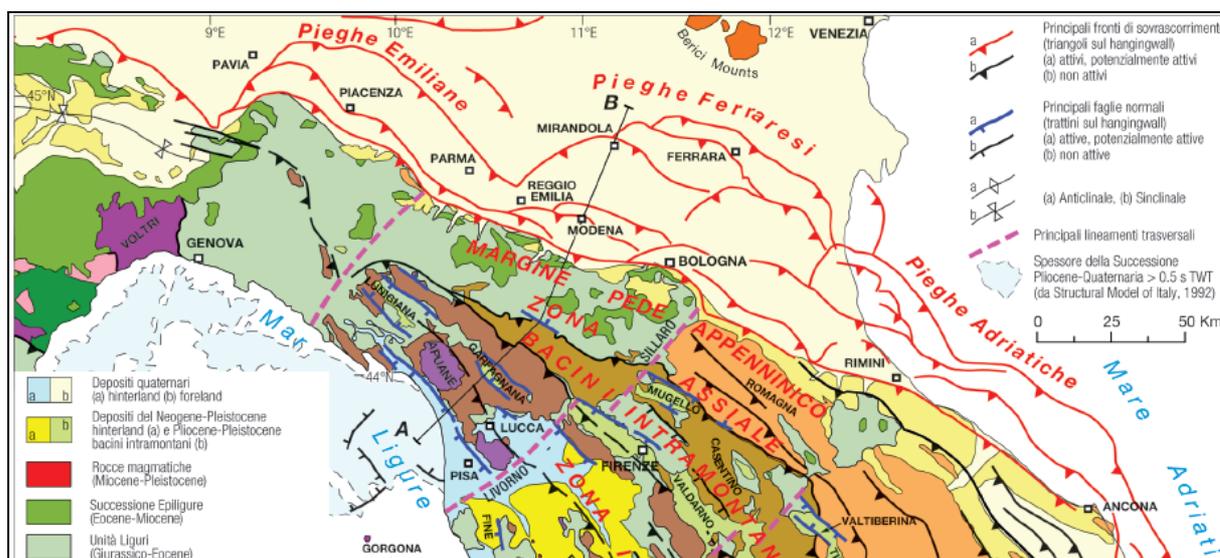


Figura 2 - Estratto dello schema tettonico dell'Appennino settentrionale e della Pianura Padana

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, tuttavia, 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.

Nella zona di Ancarano-Niviano (vedi Figura 6), 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.

Dall'esame dei profili sismici la struttura importante che mostra attività tardo-quadernaria è il fronte sepolto dell'alto di Chero-Carpaneto, che rappresenta la prosecuzione verso SE del thrust di Stradella, interessante anche il territorio di Podenzano, nel settore orientale.

L'analisi dei meccanismi focali disponibili, riportati nella mappa sismotettonica di Figura 3, individuano un meccanismo di tipo trascorrente con direzione di compressione NE-SW relativamente ad evento tellurico del 24/2/1980 (MW=4.39), localizzato in val Trebbia, nelle prime colline a SW di Rivergaro, ad una profondità di circa 6 km; più a sud, tra Bobbio e Bettola, viene segnalato un evento, localizzato a circa 20 km di profondità, che ha fornito un meccanismo focale transtensivo, con direzione di estensione N-S.

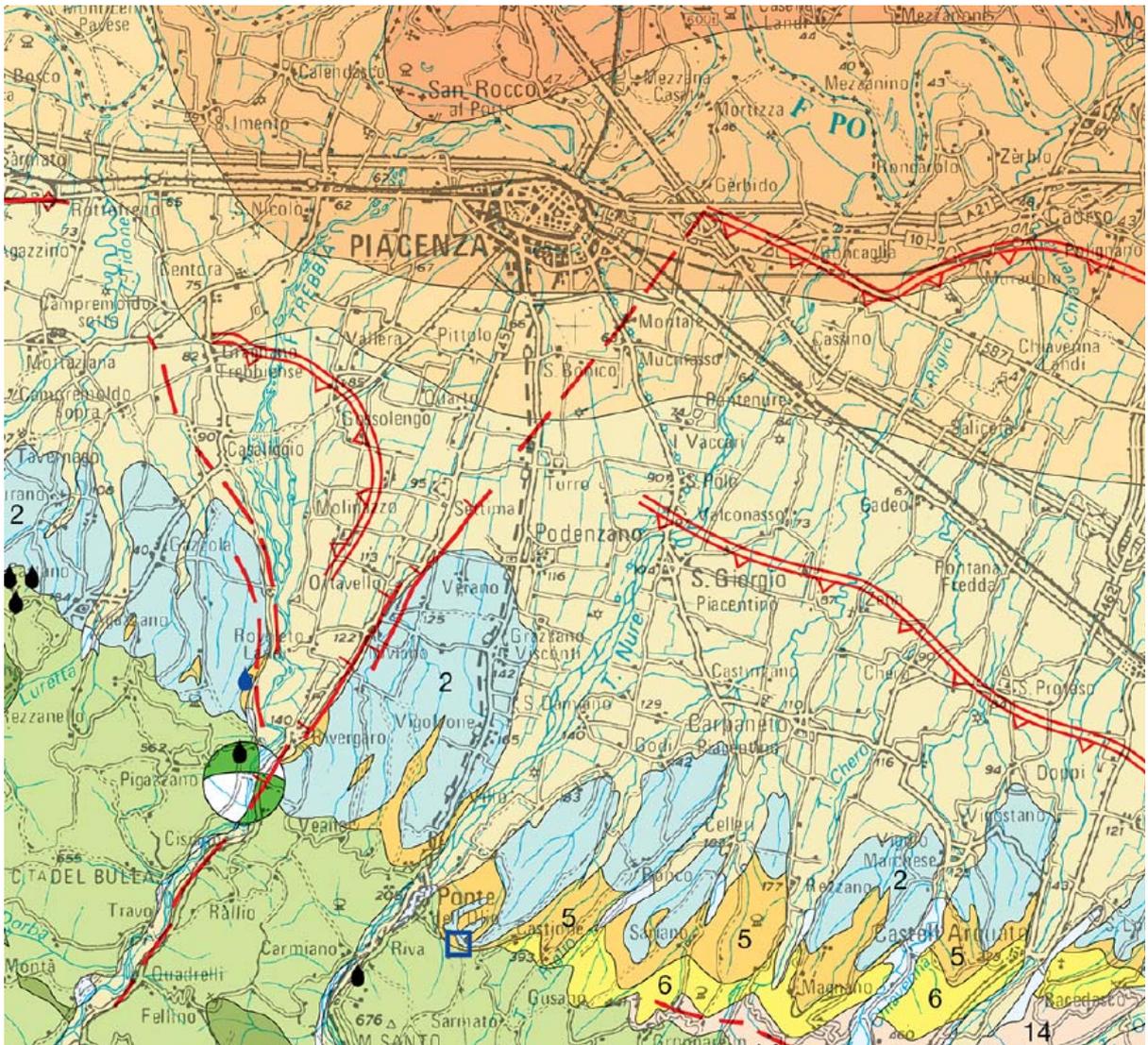


Figura 3 - Estratto Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

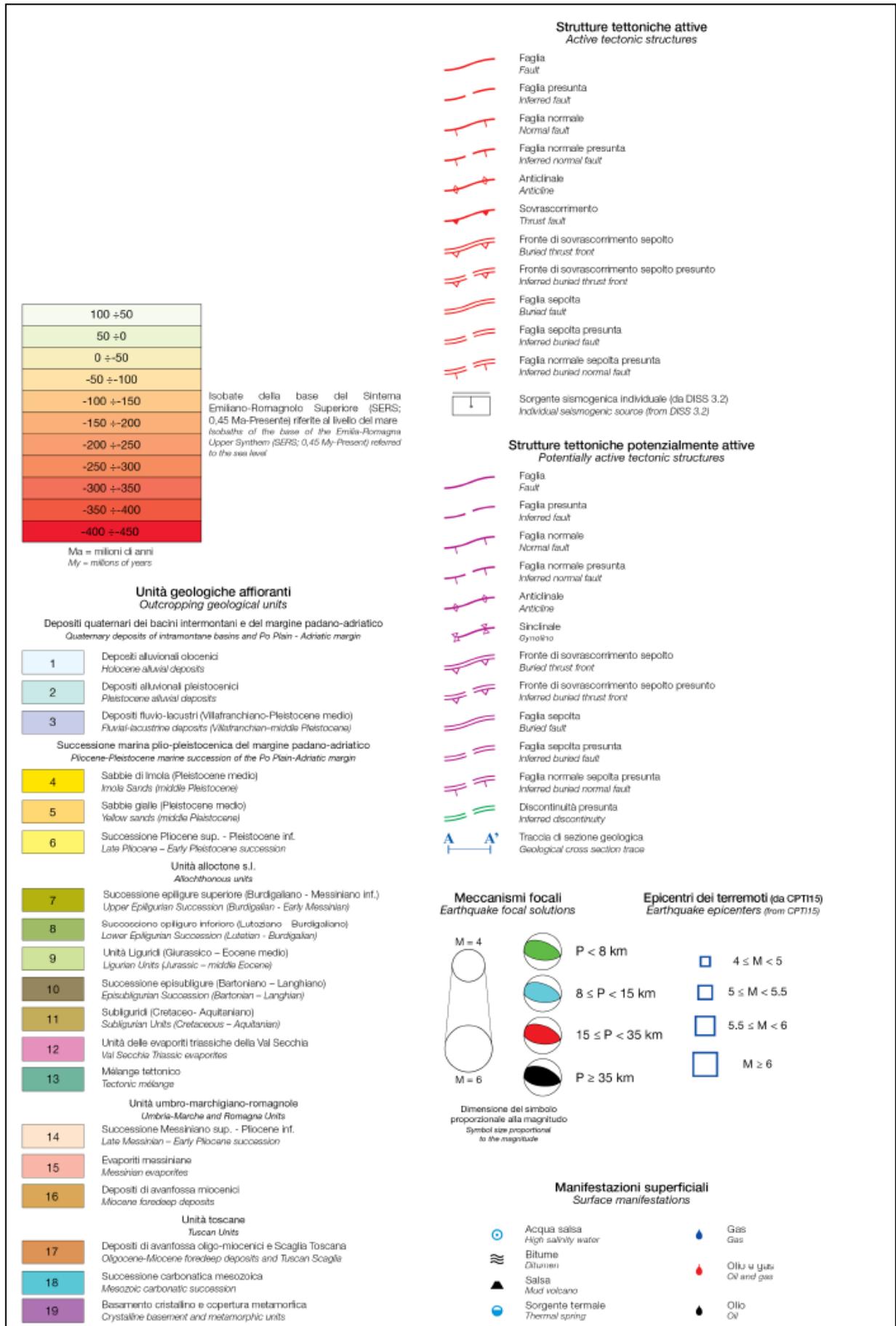


Figura 4 - Legenda Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale - 2017

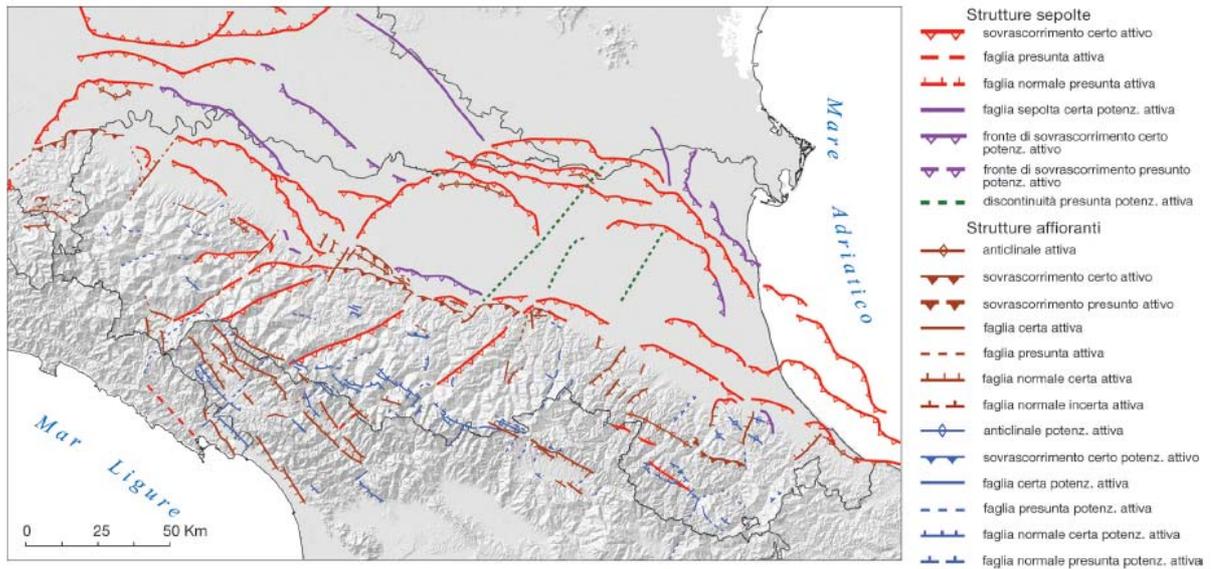


Figura 5 - Sintesi regionale delle principali strutture attive e potenzialmente attive (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

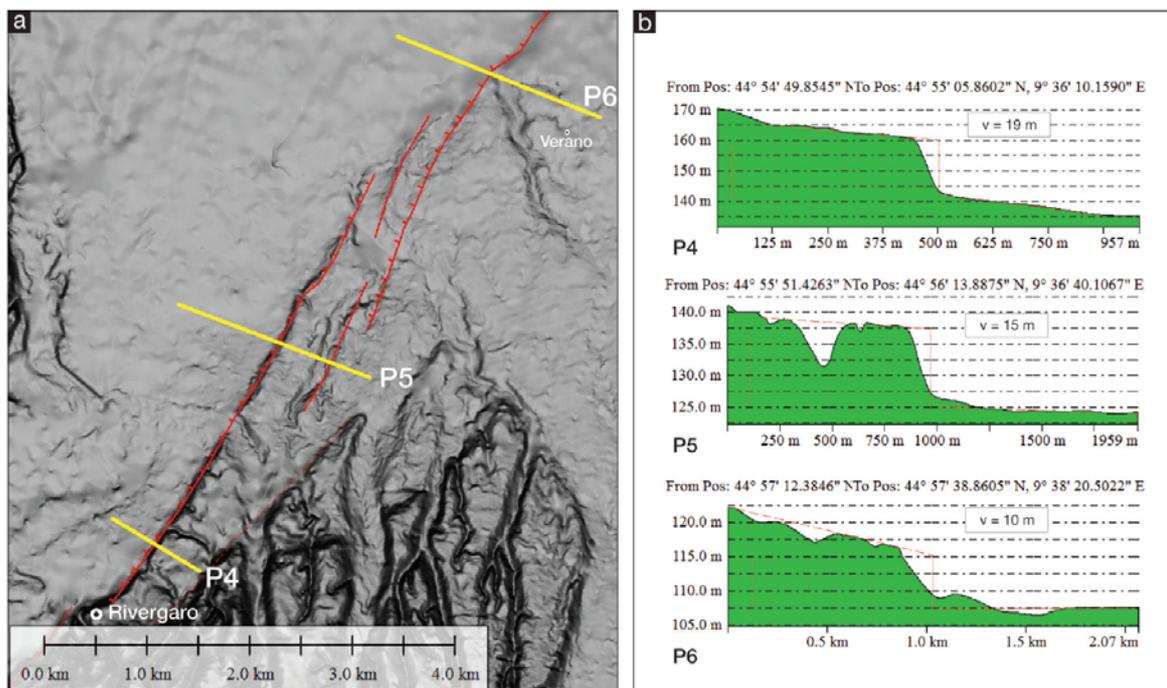


Figura 6 - Dettagli della struttura tettonica di Rivergato interpretata dagli studi del Servizio Geologico regionale

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 7, si distingue la zona 911, in cui rientra il Comune di Podenzano, 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 8 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
- ITCS009: Busseto-Cavriago
- 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 è stata ipotizzata l’attività di una faglia (125 Fold San Colombano) circa coincidente con la dorsale del colle.

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

Per quanto riguarda la struttura ITCS045, questa sorgente è posta a cavallo della regione ad ovest della valle del Taro, e si colloca al passaggio tra il fronte di pieghe 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 ($M_w 5.5$).

La struttura sismogenetica ITCS009: Busseto-Cavriago, si estende dalla zona di Reggio Emilia, verso Parma, e si estende verso nord-ovest in direzione di Busseto; essa appartiene al fronte di accavallamento esterno dell'Appennino settentrionale.

Si tratta di una struttura sismogenetica responsabile di terremoti distruttivi in tutta l'area interessata, inseriti sia nei cataloghi storici che strumentali; in particolare si segnalano i terremoti del 5 nov 1738 ($M_w 5.4$, Parma), 11 giu 1438 ($M_w 5.6$, Parmense), 15 Lug 1971 ($M_w 5.6$, Parmense), 13 mar 1832 ($M_w 5.6$, Reggiano), e 11 sett 1831 ($M_w 5.5$, Reggiano). Una sismicità diffusa di grado medio caratterizza l'area ($4.5 < M_w 5.0$); La sismicità massima è stata assunta sulla base della sismicità regionale ($M_w 5.6$).

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 9 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 10 un estratto. (con la rappresentazione per classe di magnitudo Mw).

Gli eventi tellurici più significativi per l'area risalgono al 2000 (magnitudo 4,40 – epicentro Pianura Emiliana), al 1986 (magnitudo 4,42 – epicentro Ferrarese) ed al 1991 (magnitudo 4,33 – epicentro Emilia occidentale).

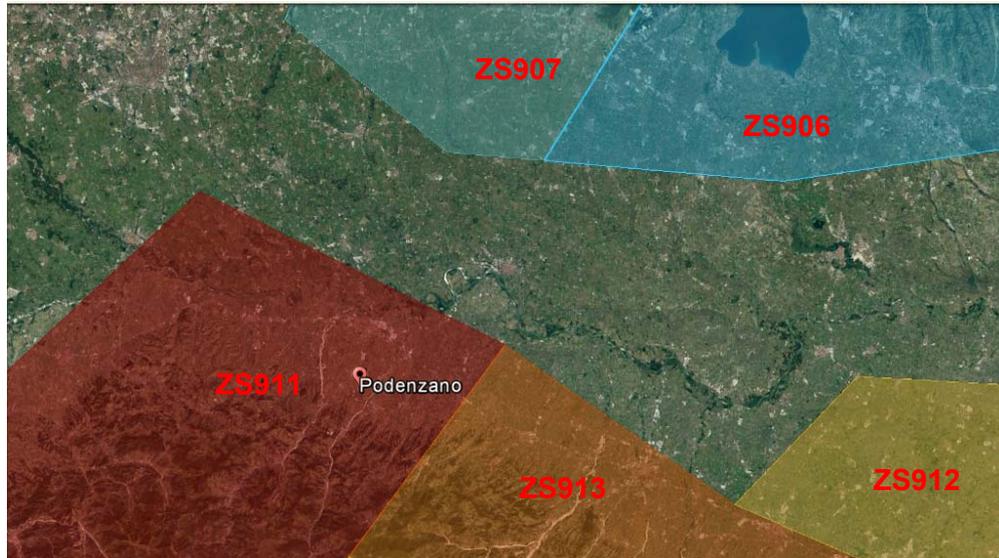


Figura 7 - Zonazione sismogenetica ZS9 – I.N.G.V. 2004

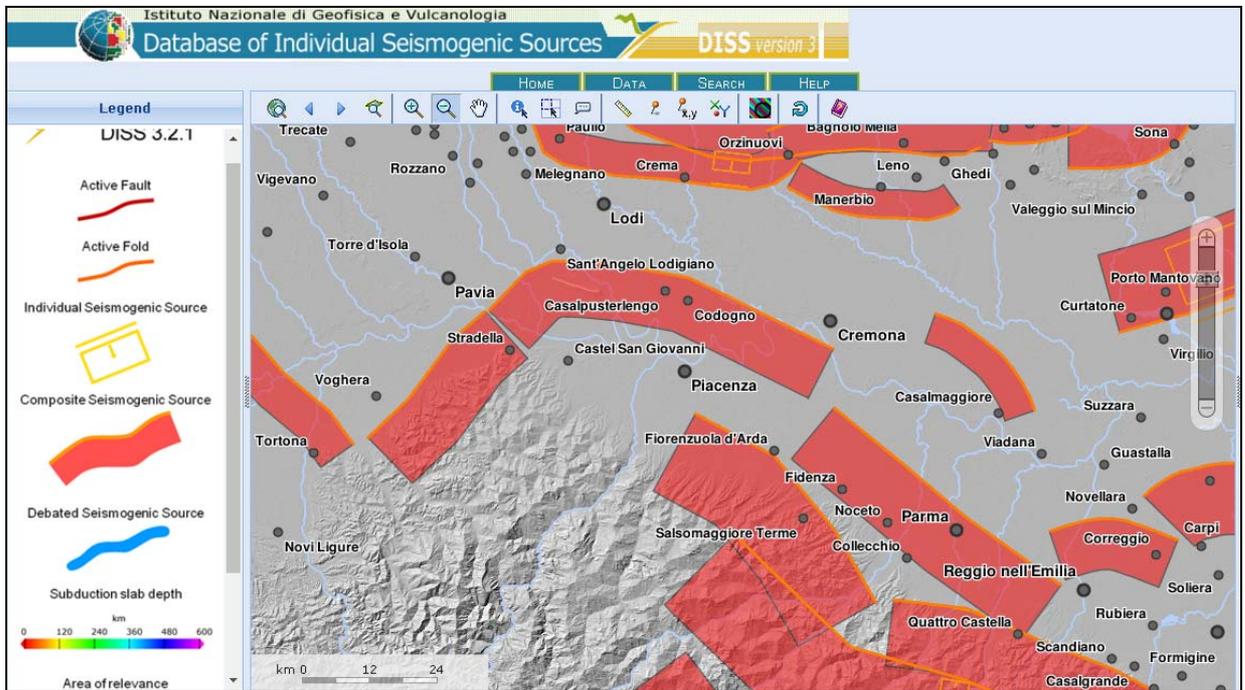


Figura 8 - Distribuzione delle sorgenti sismogenetiche contenute in DISS 3.2.1, rappresentate in colore arancione.

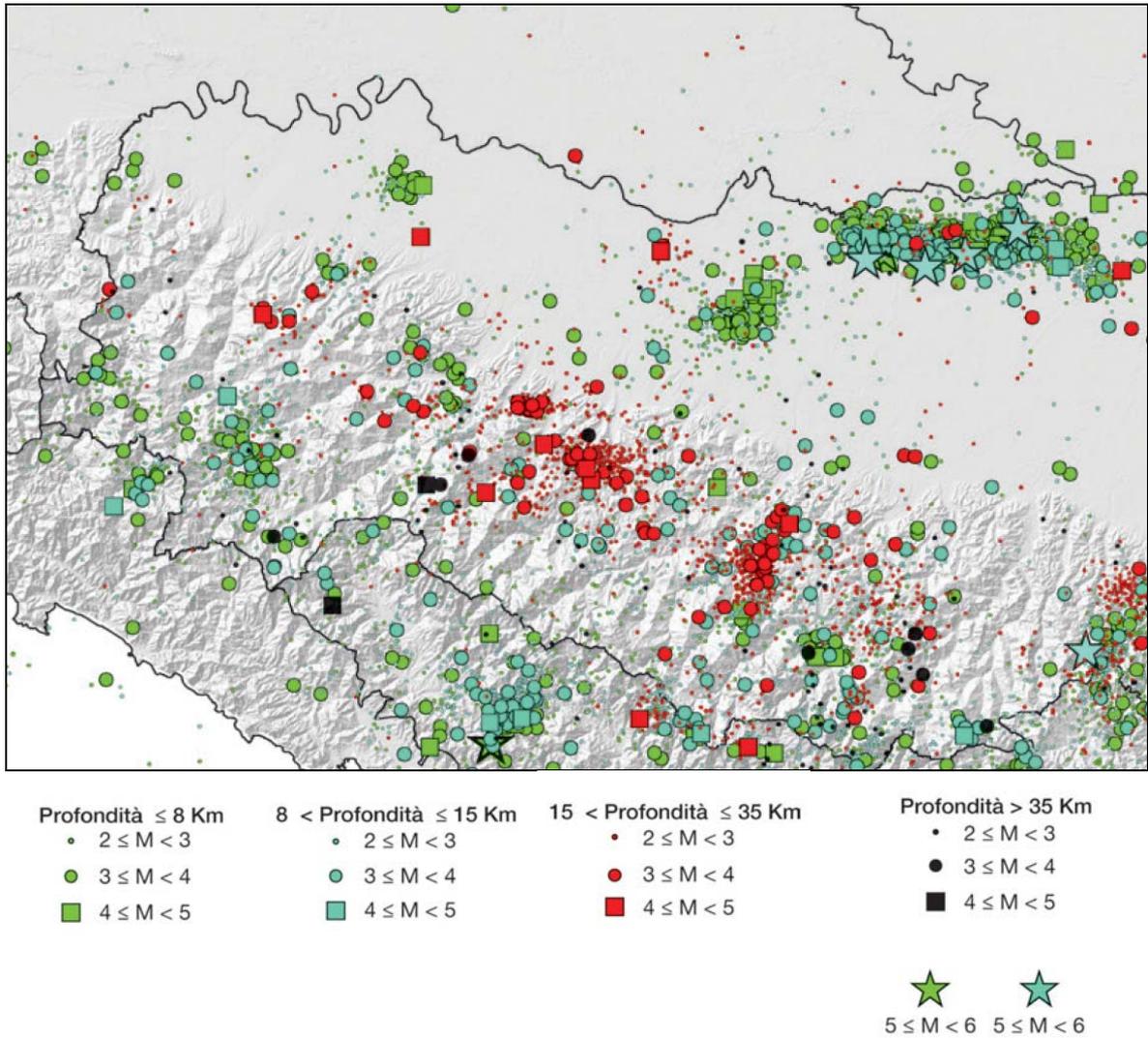


Figura 9 - Mappa dei terremoti strumentali $MW \geq 2$; la dimensione del simbolo e proporzionale alla magnitudo, il colore indica la profondità ipocentrale (fonte Carta Sismotettonica della Regione E.R. – Servizio Geologico Regionale – 2017)

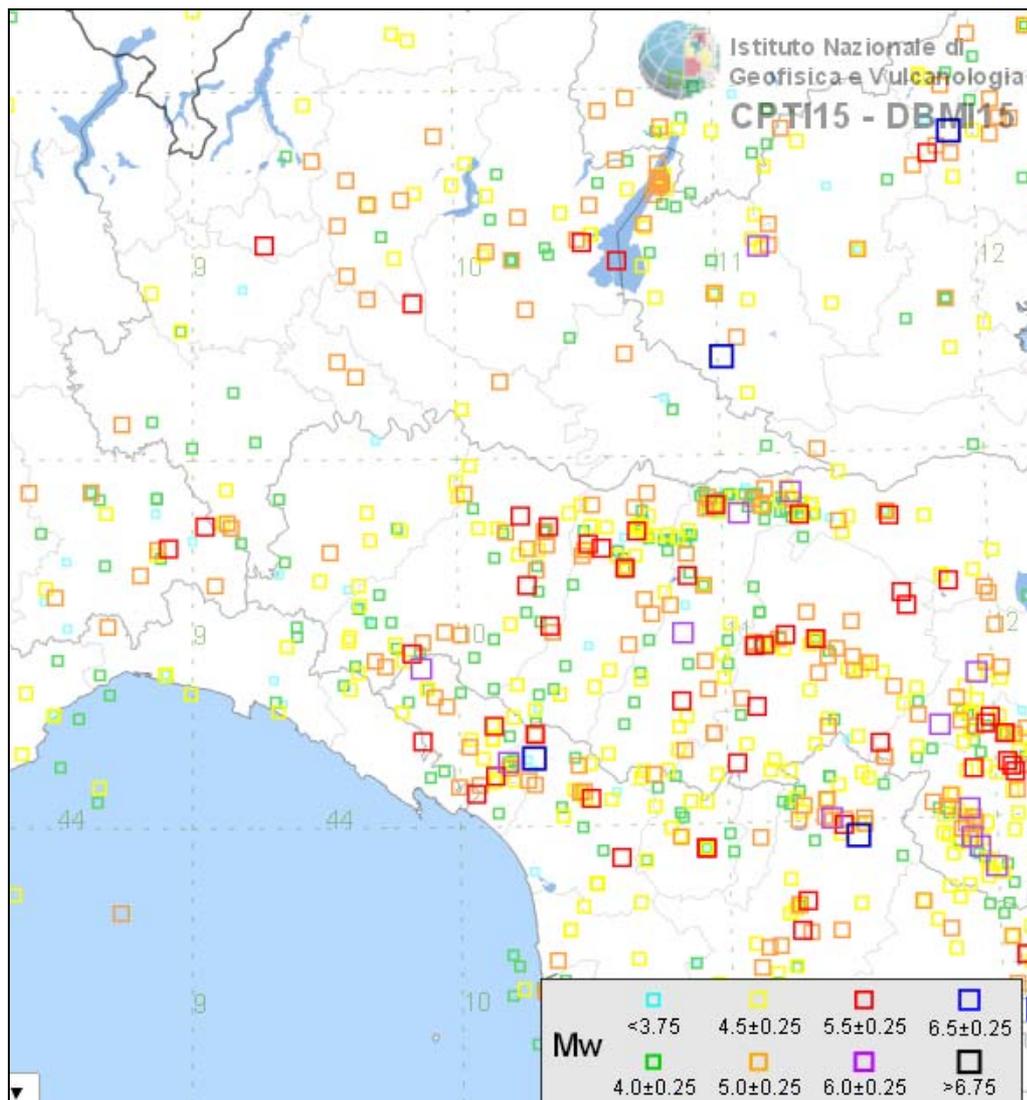


Figura 10 - Distribuzione degli epicentri (anni dal 1000 al 2014) per classi di magnitudo relativa al Catalogo CPT15. Rovida A., Locati M., Camassi R., Loli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPT15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPT15>

Podenzano

PlaceID IT_35426
 Coordinate (lat, lon) 44.957, 9.686
 Comune (ISTAT 2015) Podenzano
 Provincia Piacenza
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 5

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17	
4	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04	
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	2005	04	18	10	59	1	Valle del Trebbia	284	4	3.97	

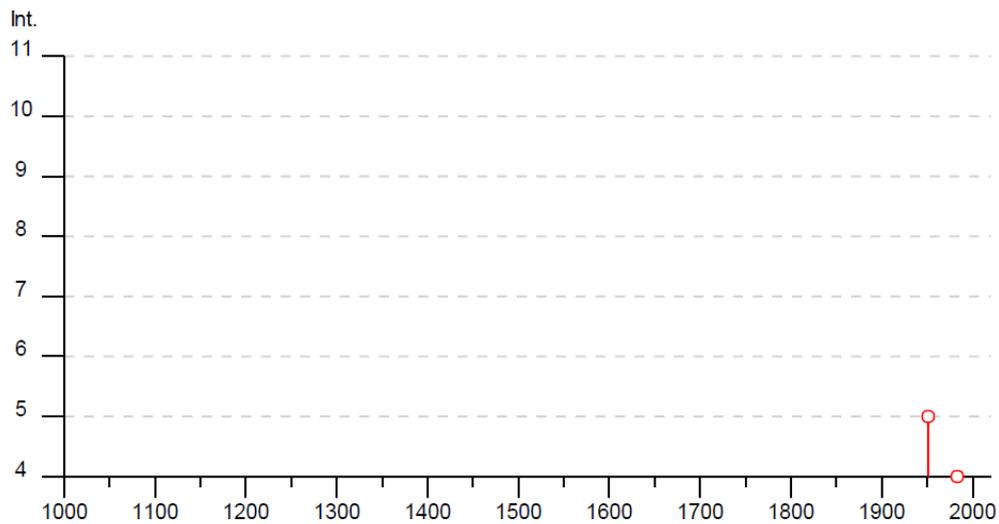


Figura 11 - Principali terremoti storici registrati a Podenzano e relativa intensità macrosismica (fonte INGV).

3.5 - Classificazione sismica

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

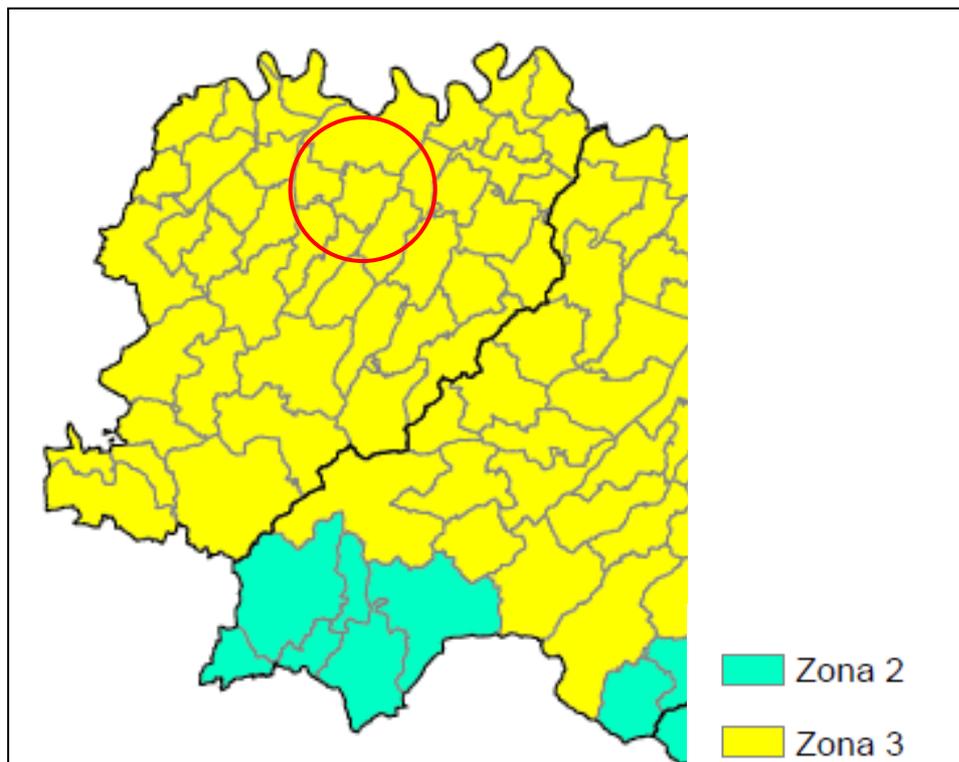


Figura 12 - Classificazione sismica del territorio regionale DGR 1164/2018

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 Podenzano, evidenziato in figura dal cerchio rosso, appartiene alla fascia caratterizzata da valori **0,075-0,125 g**.

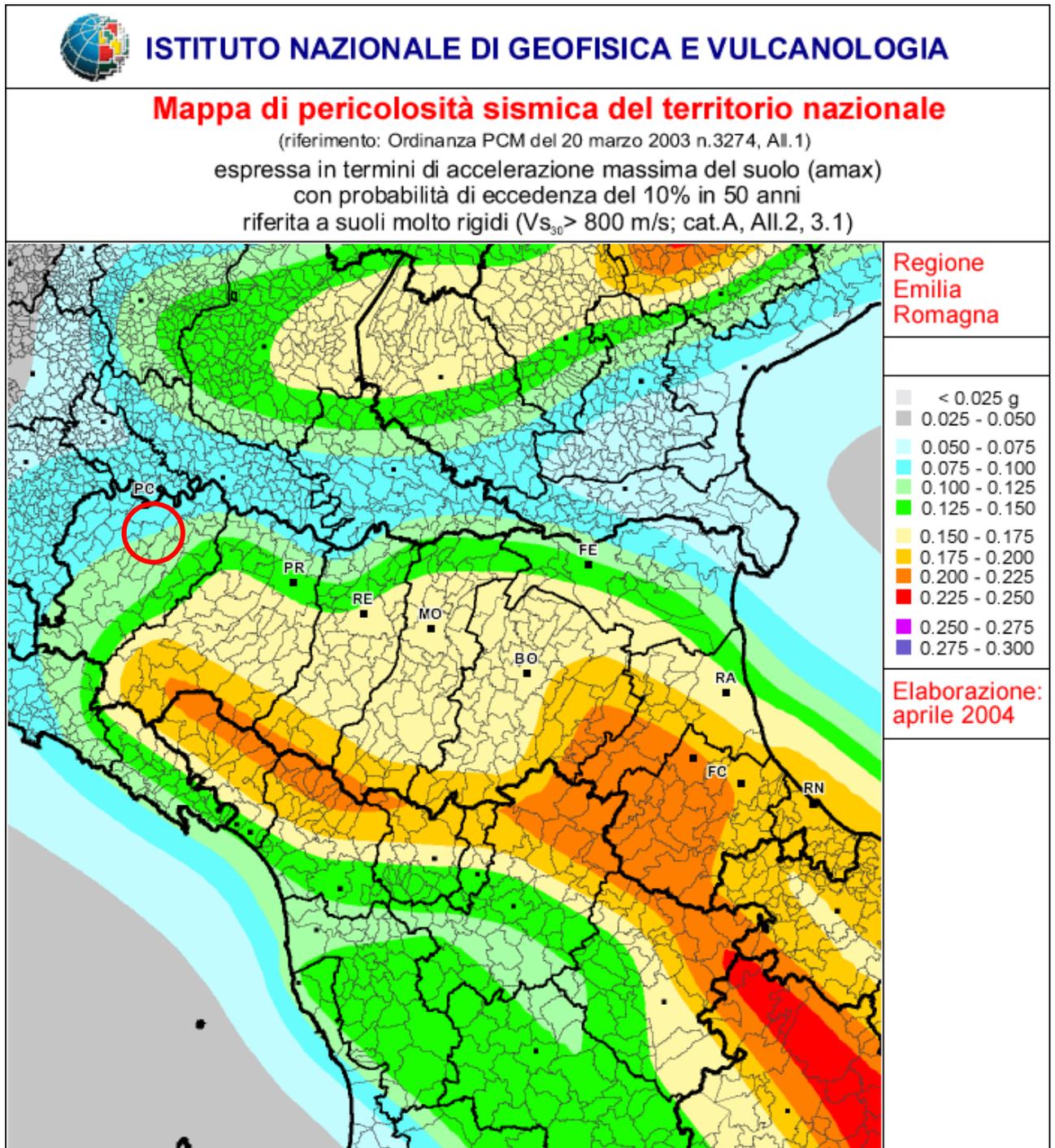


Figura 13 - Mapa di pericolosità sismica in termini di a_{max} (INGV 2004)

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Nel complesso il territorio comunale appartiene al settore di transizione tra l'alta pianura e la media pianura, formata da depositi di natura alluvionale, costituiti da sedimenti quaternari del settore mediano della fascia dei conoidi pedemontani appenninici del Torrente Nure ed in parte del Fiume Trebbia.

Le unità geologiche interessanti il territorio comunale sono riferibili praticamente al Dominio Padano – adriatico.

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

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

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

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

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

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

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

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

ALLOGRUPPO EMILIANO ROMAGNOLO

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

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

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

Il contesto geodinamico locale in cui si sviluppa l'Allogruppo Emiliano Romagnolo è quello di un bacino di piggyback adiacente all'avanfossa padana, allungato in senso SE – NO e limitato a tergo (SO) e sul fronte (NE) da due archi di strutture compressive (rispettivamente: Fronte di accavallamento pedeappenninico PTF e Fronte di accavallamento esterno ETF) fortemente attive. Fino a quando il sollevamento del margine appenninico determinato dal PTF risulta tale da continuare a produrre una forte subsidenza relativa del bacino di *piggyback* posto ai suoi piedi, in quest'ultimo persistono le condizioni per avere prevalente aggradazione sedimentaria. A questa fase corrisponde la deposizione dei sedimenti di piana e conoide alluvionale distale appartenenti all'Alloformazione Emiliano-Romagnola Inferiore. Nel momento in cui diminuisce la subsidenza relativa del bacino di *piggyback*, come conseguenza del forte sollevamento regionale prodotto in corrispondenza dell'ETF, si determinano significativi spostamenti verso Nord del margine appenninico e quindi si assiste allo sviluppo di depositi di conoide alluvionale, terrazzati. Quest'ultimi, nel loro insieme, costituiscono l'Alloformazione Emiliano Romagnola Superiore.

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

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

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

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

La stratigrafia dei depositi appartenenti all'AES è descritta in dettaglio nei paragrafi seguenti.

Depositi attuali e recenti

Formano l'alveo attivo del T. Nure, costituiti essenzialmente da barre laterali prevalentemente ghiaioso-sabbiose, non fissate e soggette ad inondazioni periodiche con tempo di ritorno stagionale o annuale. Sono costituite da prevalenti ghiaie poligeniche eterometriche, con subordinate intercalazioni sabbiose e limoso sabbiose.

Depositi alluvionali terrazzati

Costituiscono il terrazzo più basso che orla, in modo più o meno continuo, l'alveo del T.Nure, separato dalle alluvioni recenti da vecchie ripe di erosione fluviale, in parte modificate per intervento antropico, di altezza crescente procedendo verso valle, ove raggiungono altezze dell'ordine di 3 m.. In ragione della posizione sopraelevata rispetto alla fascia di alveo, non sono esposte a rischio di esondazione del corso d'acqua. Sono costituite da depositi ghiaiosi in matrice sabbiosa o limoso-sabbiosa più o meno abbondante, ricoperti da una coltre prevalentemente limosa di spessore variabile tra 1 e 3 metri.

AES8a - Unità di Modena

Sabbie prevalenti e subordinate ghiaie e ghiaie sabbiose, ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua. 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; ambiente di piana fluviale meandriforme.

Olocene; post IV-VII sec. d.C.

AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie sabbiose, sabbie e limi stratificati con copertura discontinua di limi argillosi e limi e limi sabbiosi. Depositi di conoide ghiaiosa e depositi intravallivi terrazzati e depositi di interconoide rispettivamente. Il profilo di alterazione varia da qualche decina di cm fino ad 1 m ed è di tipo A/Bw/Bk(C). Il contatto di base è discontinuo, spesso erosivo e discordante, sul substrato pliocenico e su AES2, AES3 e AES7. La differenziazione del colore dell'unità, indica l'ambiente deposizionale prevalente nei primi 1.5 - 2.0 m dal piano campagna : (g) ambiente di conoide a ghiaie da grossolane a fini con matrice sabbiosa o, più raramente argillosa; (it) ambiente di canale-argine-tracimazione indifferenziati in zona intravalliva incastonati in livelli terrazzati;(pi) ambiente di piana inondabile a limi ed argille finemente stratificati con possibili livelli di materiale organico;Lo spessore massimo dell'unità è inferiore a 20 metri.

Pleistocene superiore - Olocene; post circa 18.000 anni B.P.

AES7a - Unità di Niviano

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, composta, 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 superiore

Il contesto geomorfologico del territorio comunale di Podenzano è riferibile al settore di alta pianura formatasi con il contributo del materiale eroso e trasportato dai corsi d'acqua appenninici, può essere schematicamente suddivisa in due fasce principali, in base all'età dei depositi e degli agenti morfogenetici :

fascia fluviale e perifluviale del T. Nure, caratterizzata dalla presenza di elementi morfologici e deposizionali tipici delle dinamiche fluviali, sottoforma di scarpate di erosione, depositi a barre, tracciati fluviali recenti ed antichi, erosioni da rotte di piena.

Aree dell'alta pianura, ad andamento subpianeggiante caratterizzata nel complesso da una lieve immersione da SSO a NNE, con pendenze generalmente dell'ordine dell'1%, che diventano più accentuate in corrispondenza delle incisioni dei corsi d'acqua minori (rio

Carta Idrogeologica, riportata nella figura seguente; sulla base delle misurazioni disponibili il territorio comunale presenta valori di soggiacenza crescenti a partire dal settore sud-orientale, dove si registra un'alimentazione da parte del Torrente Nure, procedendo in direzione nord-ovest, per cui sono individuabili quattro settori contrassegnati da valori di soggiacenza compresi rispettivamente tra:

- 0-2 m. comprende l'intorno dell'abitato di Altoè dove la superficie freatica si avvicina alla superficie topografica ;
- 2-4 m. corrisponde al settore sud-orientale del territorio comunale dove si verifica un'alimentazione diretta dalle falde di subalveo del Torrente Nure
- 4-10 m. - rappresentano la fascia di transizione al settore più distante dal corso del Torrente Nure
- > 10 m.- corrisponde al settore centro occidentale del territorio comunale

L'andamento della superficie piezometrica risulta abbastanza regolare, con gradiente decrescente da monte verso valle, passando da valori di 1-2 %, per scendere al 0,04 % nel settore di Gariga; la direzione di deflusso presenta orientamento prevalente verso NE.

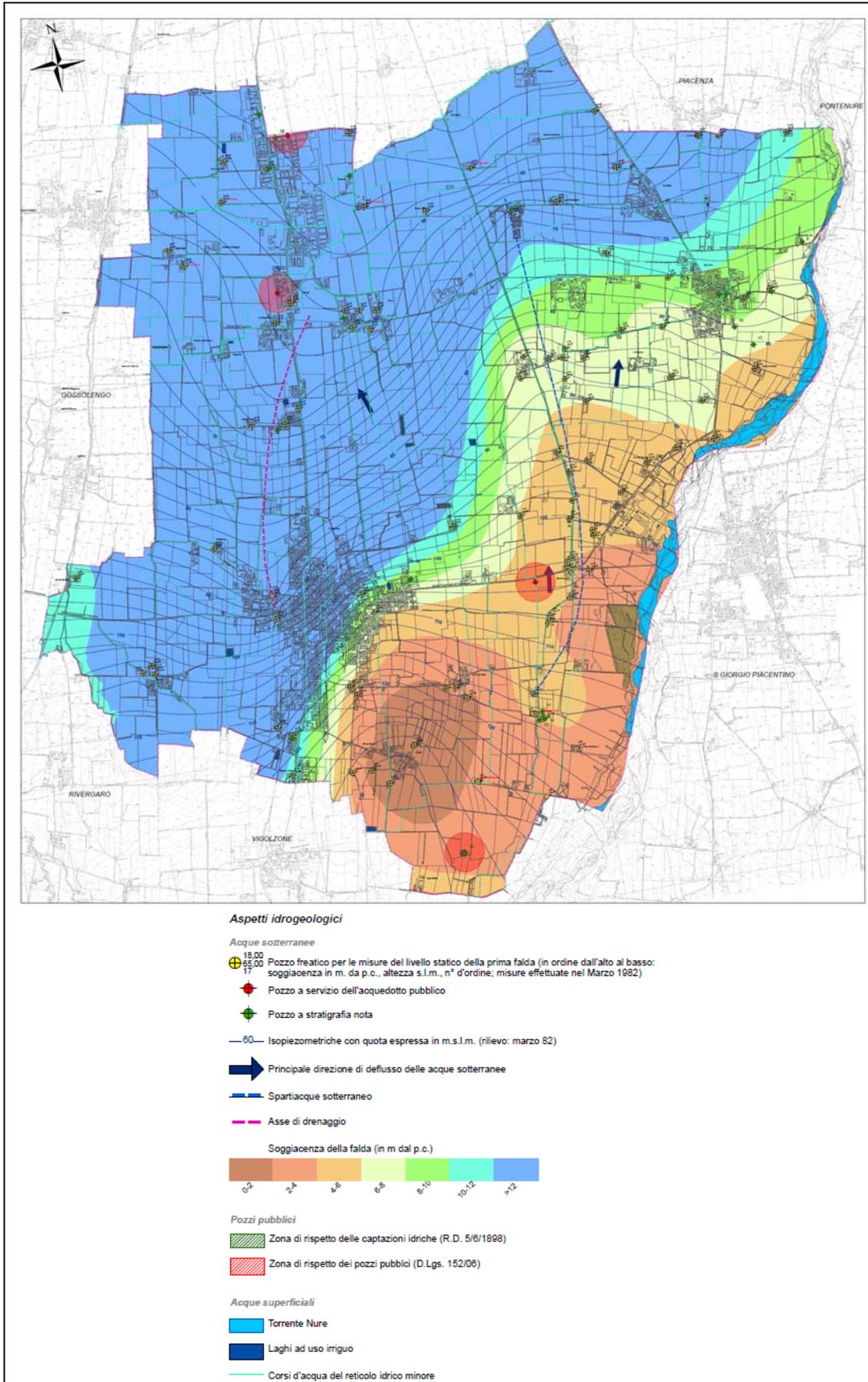


Figura 15 - Carta idrogeologica del territorio comunale – Quadro Conoscitivo PSC di Podenzano

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° 31 misurazioni di rumore sismico a stazione singola distribuite nell'ambito del territorio urbanizzato e urbanizzabile.
- n° 8 prospezioni sismiche ReMi (Refraction Microtremor) finalizzate alla definizione dei profili di Vsh

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

Tabella 1 - Indagini geognostiche e geofisiche disponibili

Tipologia	Archivio comunale	Database RER	Indagini MS	Totale
Prove penetrometriche DL030	3	15		18
Prove penetrometriche superpesante SCPT	45			45
Prove penetrometriche CPT	4	11		15
Sondaggi geognostici a carotaggio continuo	4	3		7
Pozzetti esplorativi		3		3
Pozzi idrici		74		74
Pozzi per idrocarburi		1		1
Prove REMI	6		8	14
Prove MASW	10			10
Prove HVSR	2		31	33

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).

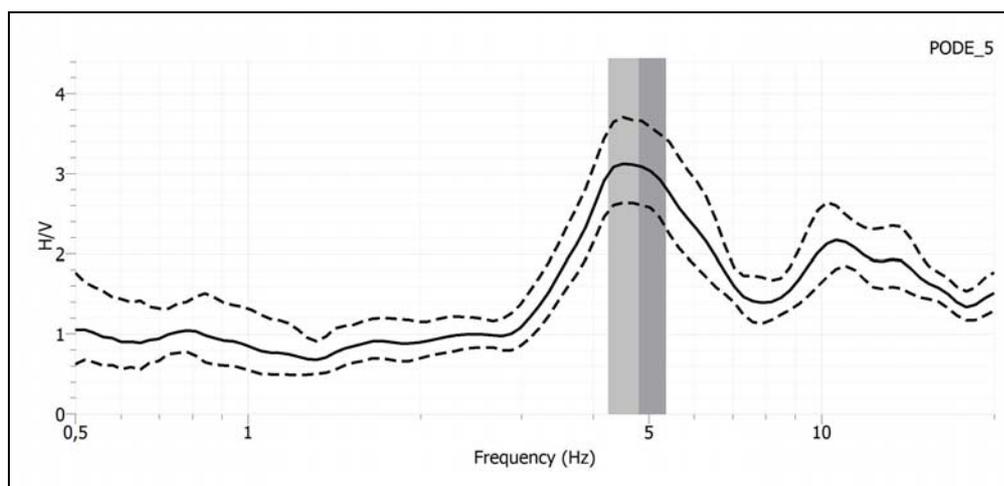


Figura 16 - Esempio di curva H/V della prova 033035P5

Ad integrazione delle indagini geofisiche disponibili sono state inoltre effettuate n°8 prospezioni sismiche impiegando la tecnica REMI (Refraction Microtremor), impiegando sismografo digitale ed impiegando n°24 geofoni da 4,5 Hz., per la determinazione della velocità di propagazione delle onde sismiche superficiali (V_s), utili per la caratterizzazione sismica e per l'elaborazione della micro zonazione semplificata.

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

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

6 MODELLO DEL SOTTOSUOLO

Il comune di Podenzano è caratterizzato dalla presenza di sedimenti alluvionali la cui deposizione è avvenuta tra la fine del Pleistocene e l'Olocene medio-inferiore, costituiti da argille, limi con intercalazioni di sabbie e sabbie ghiaiose riferibili al Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore, che in affioramento è rappresentato dall'Unità di Modena (AES8a), Subsintema di Ravenna (AES8) e Unità di Niviano (AES7a).

Solo lungo la fascia perifluviale del Torrente Nure, si ritrovano depositi più recenti, connessi alle alluvioni avvenute anche in epoca storica, suddivisi in almeno due ordini di terrazzi di modellamento fluviale.

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. 17), derivate dalle elaborazioni del Servizio Geologico RER (riportate nelle figure Fig. 18-20).

E' stato inoltre possibile fare riferimento alle sezioni 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 21-25.

L'esame delle sezioni, realizzate attraverso la raccolta sistematica delle stratigrafie dei pozzi ed integrate da sondaggi geofisici verticali, indicano chiaramente la dominanza di terreni granulari permeabili.

L'esame delle stesse consente di valutare come la base del primo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Superiore - SERS) si collochi a profondità comprese tra 80-90 m. da p.c.; il secondo ciclo sedimentario (Sintema Emiliano-Romagnolo Inferiore- SERI) si riscontra a profondità comprese tra 120 m e 160 m da p.c. passando da sud-ovest verso nord-est.

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.

I depositi dei due cicli quaternari continentali, sono riferibili a sedimenti prevalentemente ghiaiosi, caratteristici dei settori mediani delle conoidi del Torrente Nure e del Fiume Trebbia, e dei ripiani antichi riferibili ai depositi dei corsi d'acqua citati, alternati a subordinati orizzonti di argille e limi.

Nell'ambito dei depositi alluvionali meno recenti si riscontrano frequentemente orizzonti ghiaiosi conglomeratici, che determinano significativi contrasti di impedenza rispetto ai sedimenti alluvionali in cui sono inseriti; in accordo con le linee guida regionali, tali orizzonti,

rappresentano in termini di risposta sismica, il substrato rigido determinante amplificazione del segnale sismico.



Figura 17 - Cartografia delle sezioni geologiche (da Servizio Geologico RER)

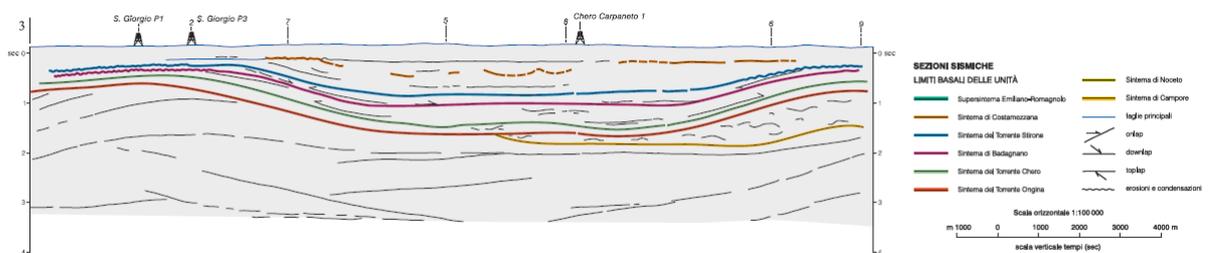


Figura 18 - Sezione sismica interpretata n. 1 – Servizio Geologico RER

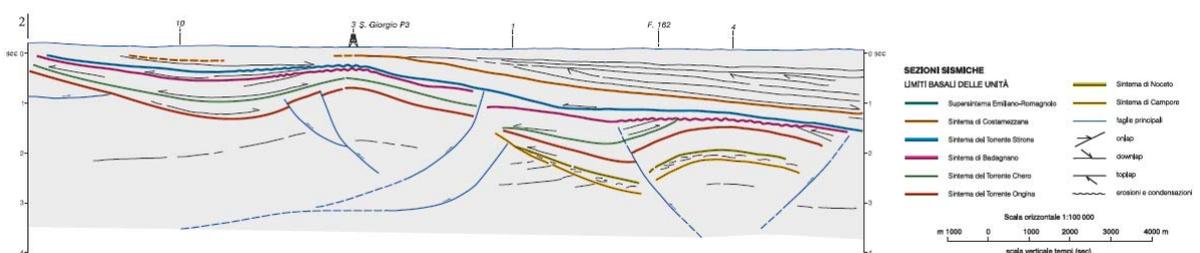


Figura 19 - Sezione sismica interpretata n. 2 – Servizio Geologico RER

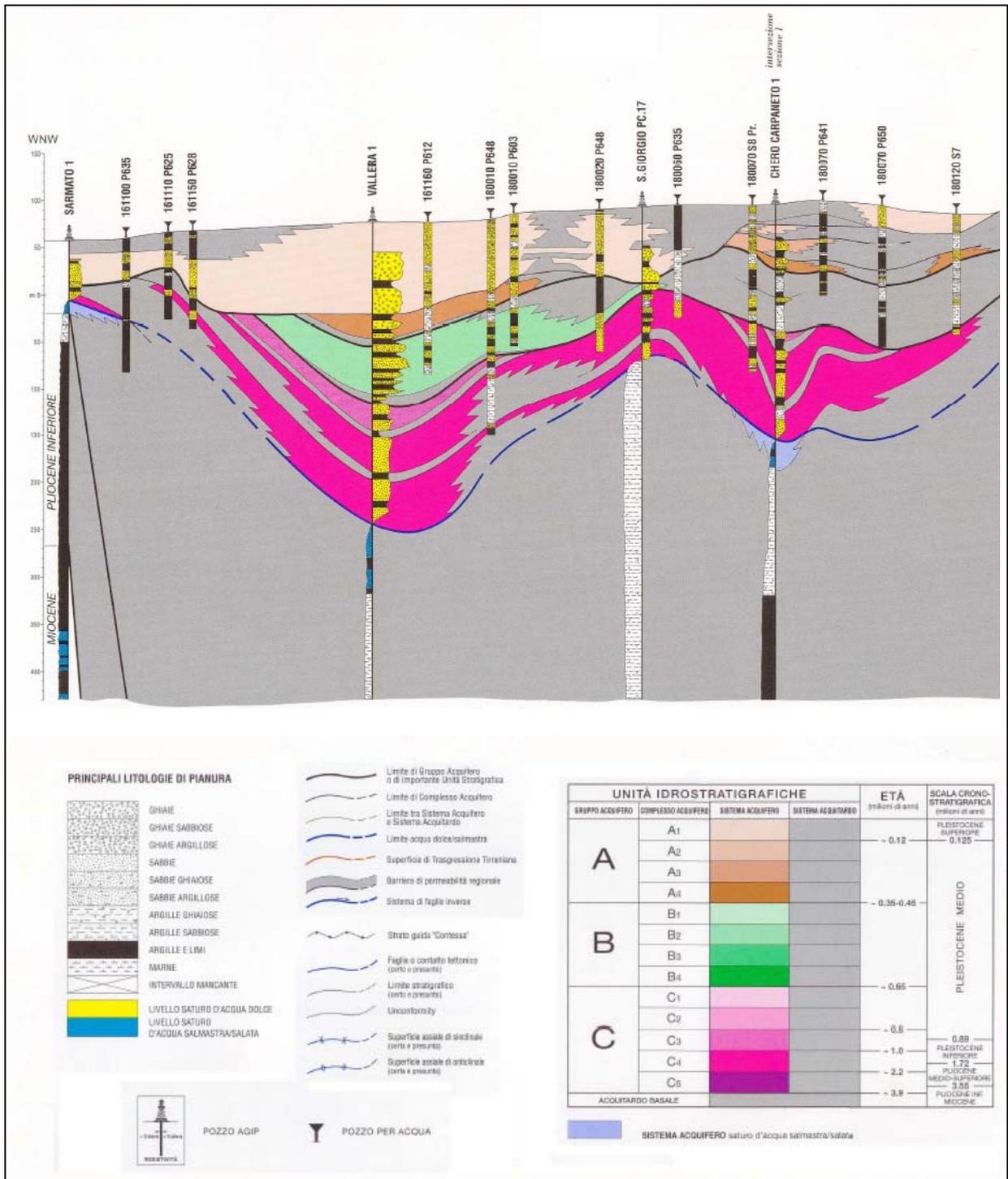


Figura 20 - Sezione geologica n.31 –Progetto Riserve Idriche Sotterranee – Servizio Geologico RER

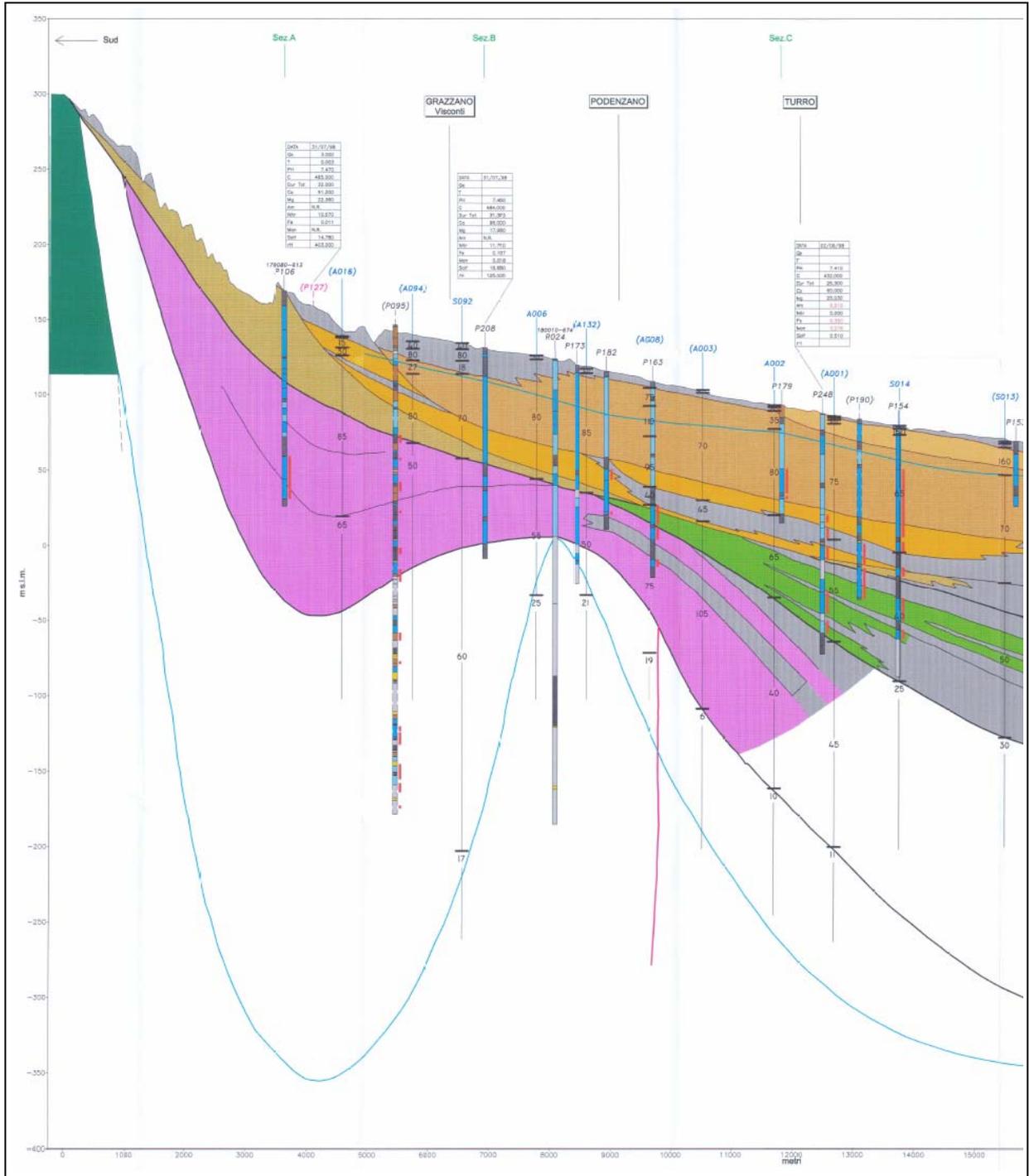


Figura 22 - Sezione 4 – Studio ASM Piacenza

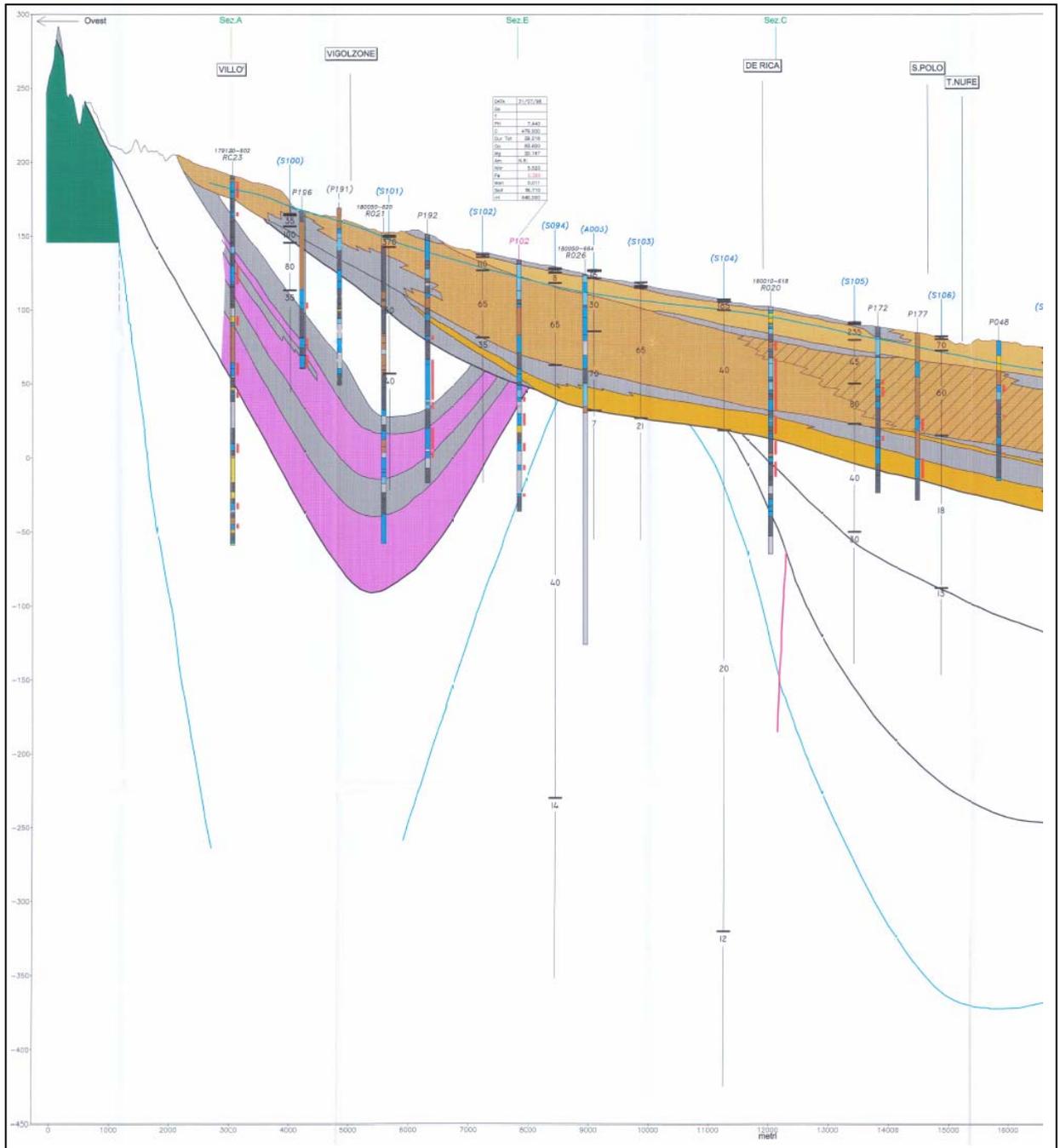


Figura 23 - Sezione 5 – Studio ASM Piacenza

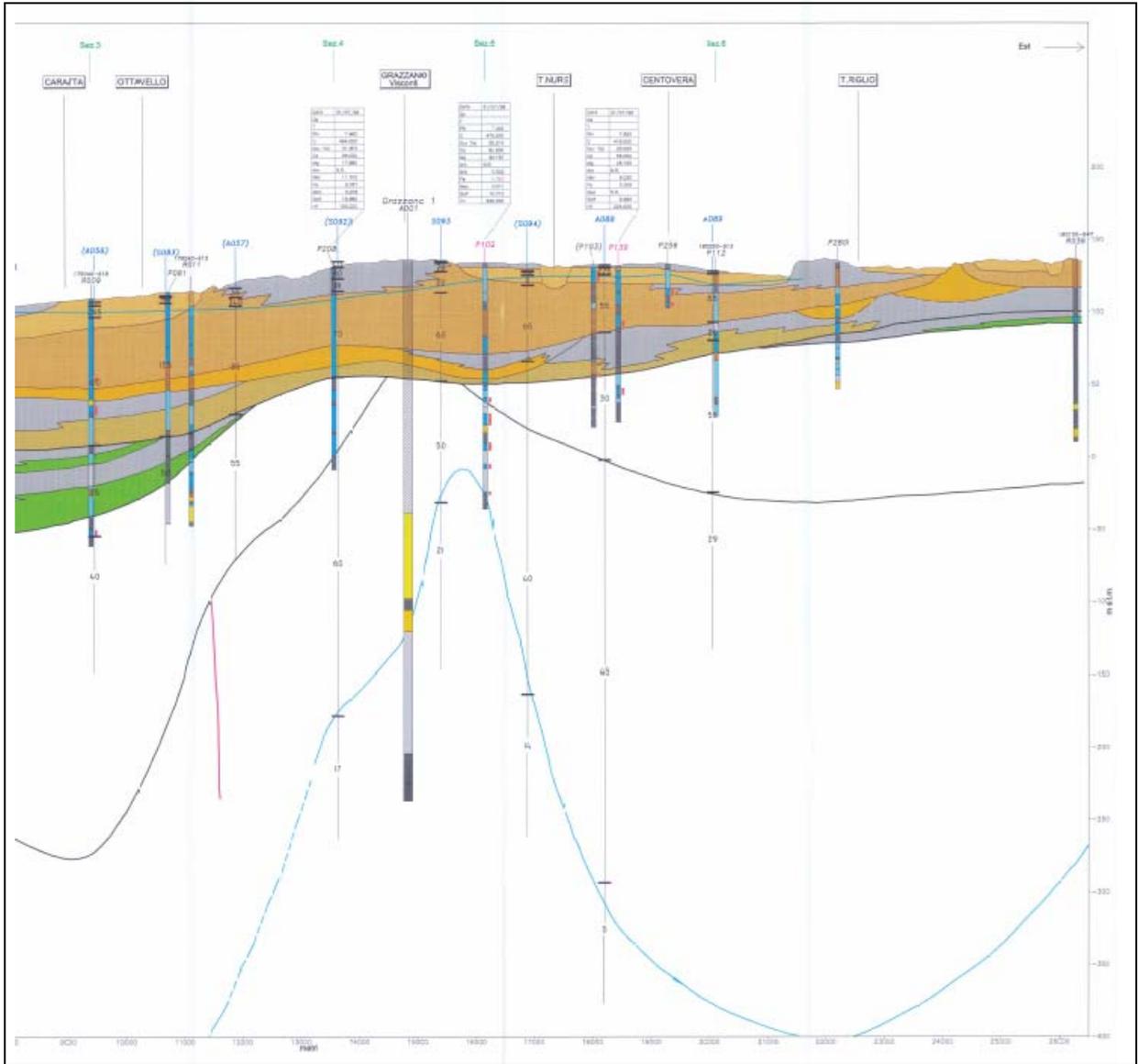


Figura 24 - Sezione B – Studio ASM Piacenza

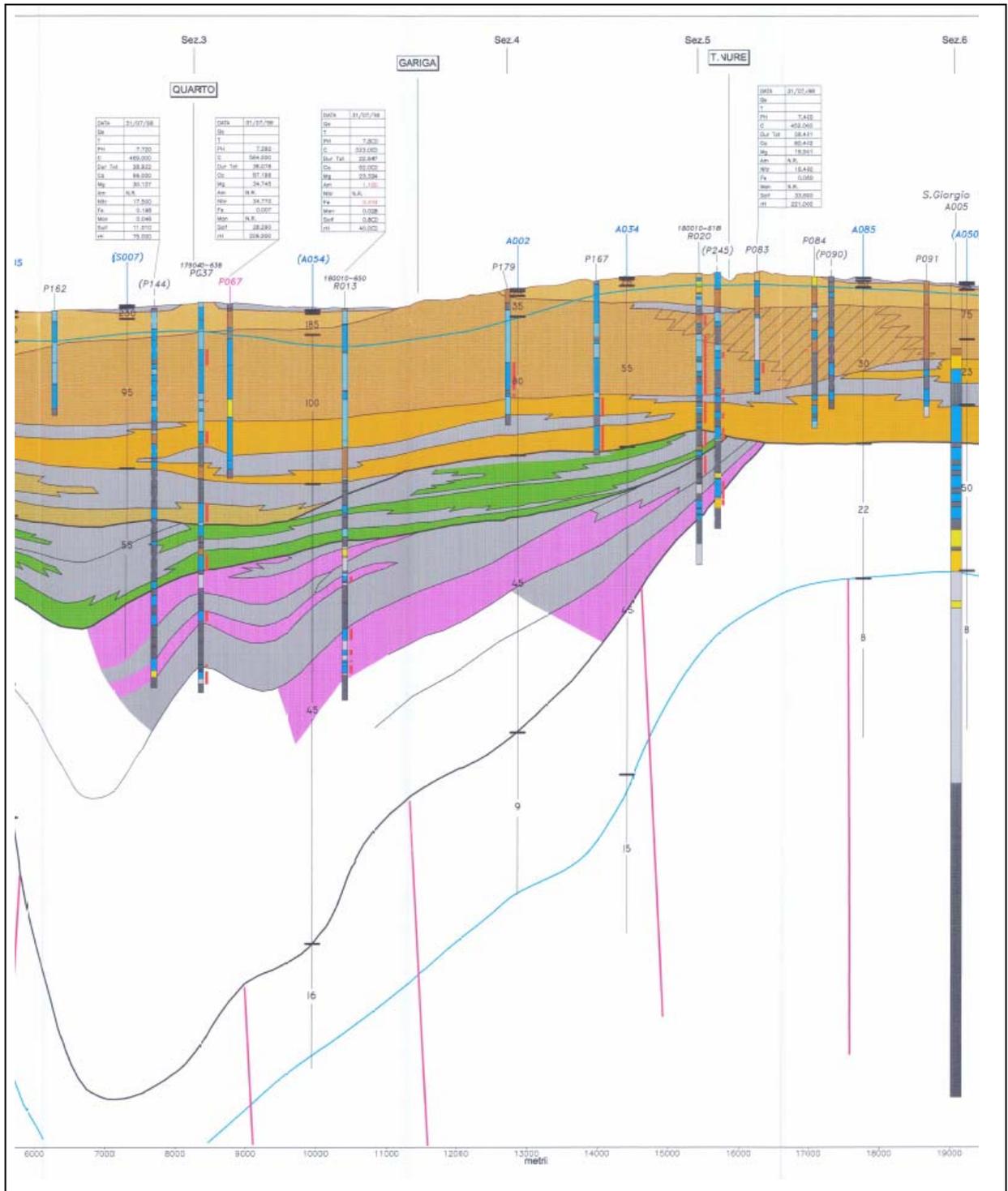


Figura 25 - Sezione C – Studio ASM Piacenza

7 INTERPRETAZIONI ED INCERTEZZE

La caratterizzazione sismica del territorio comunale di Podenzano, pur 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.

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

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

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

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

8 METODOLOGIE DI ELABORAZIONE E RISULTATI

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

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

Gli elaborati prodotti in questa prima fase sono costituiti da:

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

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

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

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

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

9 ELABORATI CARTOGRAFICI

9.1 - Carta delle indagini

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

Le simbologie adottate, in conformità con gli standard di rappresentazione

Indagini geognostiche pregresse	Indagini geofisiche pregresse
 Prova penetrometrica statica CPT	 MASW
 Prova penetrometrica dinamica superpesante	 REMI
 Pozzo idrico	 HVSR
 Prova penetrometrica dinamica leggera DL	Indagini geofisiche eseguite per studio MS
 Pozzo idrocarburi	 REMI (identificativo in colore rosso)
 Pozzo idrico	 HVSR (identificativo in colore rosso)
 Pozzetto esplorativo	

9.2 - Carta geologico-tecnica

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

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

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

- elaborati del Quadro Conoscitivo del Piano Strutturale Comunale di Podenzano;
- “Carta Geologica d’Italia” alla scala 1: 50.000, Fogli 179 “Ponte dell’Olio” e 180 “Salsomaggiore Terme” realizzati secondo le normative del Progetto CARG;
- “Carta Geologica di Pianura dell’Emilia-Romagna, alla scala 1:250.000, realizzata dalla 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:

GP – Ghiaie pulite con granulometria poco assortita, miscela di ghiaia e sabbia. Depositi delle alluvioni attuali e recenti del Torrente Nure

GM – Ghiaie limose, miscela di ghiaia, sabbia e limo: corrispondono ai depositi di piana alluvionale del Torrente Nure, che occupano il settore centro orientale del territorio comunale, costituiti da sedimenti ghiaiosi con copertura limoso-argillosa di potenza pari a 2-3 m.

ML : Limi inorganici, sabbie fini limose o argillose, limi argillosi di bassa plasticità. Depositi antichi di piana alluvionale caratterizzati da orizzonte superficiale limoso-argilloso di spessore variabile tra 3-13 m., seguito da orizzonti prevalentemente ghiaiosi. Si ritrovano nel settore centrale del territorio comunale dove sono insediati i centri edificati principali (Podenzano e Gariga)

SL : Sabbie fini limose, miscela di sabbia e limo. Depositi di piana alluvionale terrazzata del Fiume Trebbia costituiti da sedimenti ghiaioso-sabbiosi con copertura limoso-sabbiosa.

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

es – argini, barre, canali;

pd – piana pedemontana

tf – terrazzo fluviale.

Nella Carta geologico tecnica è stata inoltre riportata la profondità in metri della falda misurata negli areali con sabbie e/o ghiaie, relativamente a rilievo freaticometrico disponibile derivato dal Quadro Conoscitivo del PSC.

9.3 - Carte delle frequenze naturali dei terreni

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

Nella carta sono riportati i punti di misura (31), con associati i risultati delle singole prove. In particolare, sono stati indicati il valore F_0 del picco significativo, corrispondente alla frequenza di risonanza fondamentale (frequenza principale) e, quando presente, di un secondo picco significativo (frequenza secondaria), meno evidente del primo (F_1).

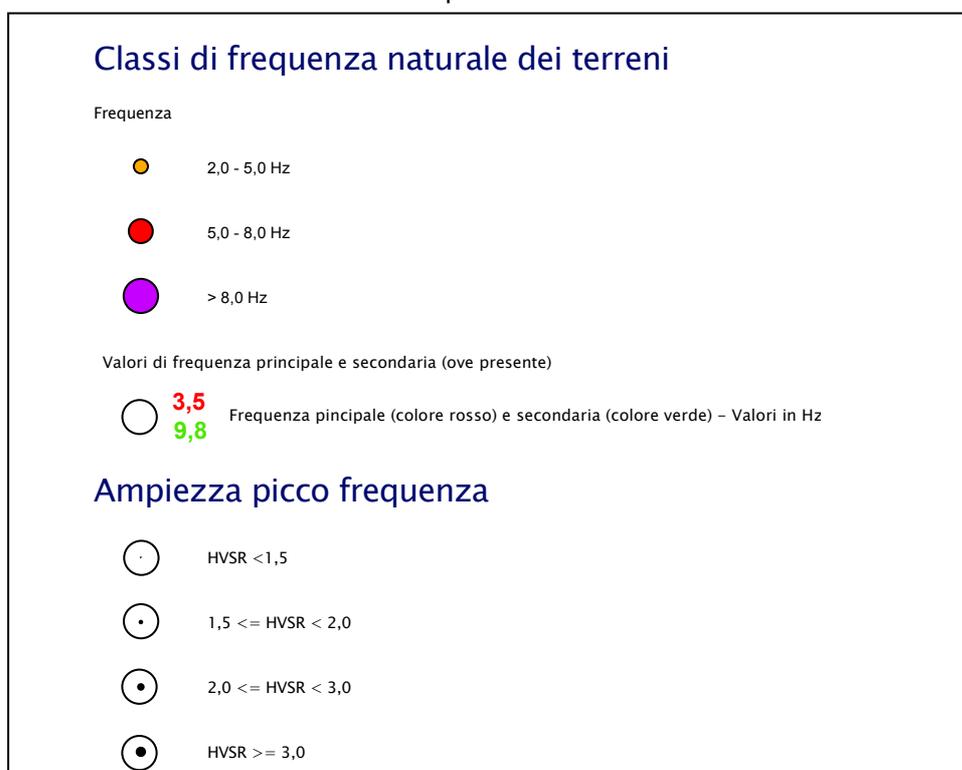
Sono stati tralasciati i picchi con frequenze superiori ai 20 Hz, in quanto di scarso significato ai fini del presente studio.

Gli indirizzi tecnici contenuti nella DGR 2193/2015, 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



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 (Hz)	Ampiezza H/V	Affidabilità picco Sesame
033035P1	2004	6,95	2,32	NO
033035P2	2004	7,3	2,24	SI
033035P3	2004	13,46	2,09	NO
033035P4	2004	4,91	2,01	SI
033035P5	2004	4,81	3,09	SI
033035P6	2004	12,11	2,85	SI
033035P7	2004	6,44	4,62	SI
033035P8	2002	15,2	1,43	NO
033035P9	2002	14,9	1,93	NO
033035P10	2002	17,43	1,8	NO
033035P11	2002	15,63	2,44	SI
033035P12	2004	10,81	2,62	SI
033035P13	2004	13,6	2,16	NO
033035P14	2004	19,52	2,29	NO
033035P15	2004	7,54	1,74	NO
033035P16	2004	10,43	2,95	SI
033035P17	2004	14,59	1,87	NO
033035P18	2004	8,83	1,61	NO
033035P19	2003	8,72	1,51	NO
033035P20	2003	3,95	1,38	NO
033035P21	2004	7,09	2,01	NO
033035P22	2004	5,29	1,91	NO
033035P23	2004	6,58	2,94	SI
033035P24	2004	18,78	2,47	NO
033035P25	2004	6,49	2,74	SI
033035P26	2002	8,97	1,93	NO
033035P27	2004	6,94	3,21	SI
033035P28	2004	3,66	1,26	NO
033035P29	2002	20,78	2,72	SI
033035P30	2004	5,01	1,48	NO
033035P31	2004	13,35	3,32	SI
033035P196	2004	8,2	0,9	NO
033035P197	2003	13,8	1,8	NO

L'esame dei risultati delle prove HVSR, nel complesso evidenzia la presenza di picchi H/V significativi, localmente di buona affidabilità in termini di rispetto dei criteri Sesame (circa 38 %), compresi nell'intervallo di frequenza 3,66-20,78 Hz, attribuibili alla presenza di significativi contrasti di impedenza connessi con orizzonti conglomeratici, che si ritrovano a profondità variabile nell'ambito dei depositi granulari prevalenti, costituenti l'ossatura del materasso alluvionale caratterizzante il settore di pianura in esame.

Per quanto riguarda la zona 2002, le prove a disposizione evidenziano solo localmente picchi significativi da mettere in correlazione a depositi ghiaiosi grossolani subaffioranti, tipici della fascia di conoide del Torrente Nure.

Le limitate prove HVSR disponibili per la zona 2003 non evidenziano chiari picchi di frequenza, pur disponendo informazioni dalle prove REMI eseguite e dalle stratigrafie dei pozzi idrici, circa la presenza di orizzonti conglomeratici a profondità variabile nel primo sottosuolo (profondità comprese tra 10-20 m da p.c.).

Relativamente alla zona 2004, dove sono ubicate il maggior numero di prove HVSR, sono più frequenti picchi significativi compresi nell'intervallo 5-13 Hz (con ampiezza di picco H/V compresa tra 2-4) attribuibili a livelli ghiaiosi conglomeratici presenti a profondità variabili tra 6-15 m ricoperti da materiali prevalentemente fini limoso-argillosi, con intercalazioni ghiaiose.

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.

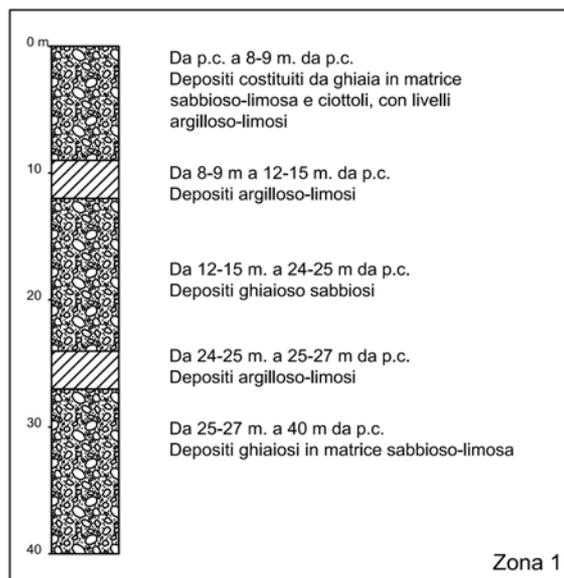
In questa cartografia il territorio in esame viene distinto a seconda dell'appartenenza ad una delle seguenti 3 categorie:

- 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.

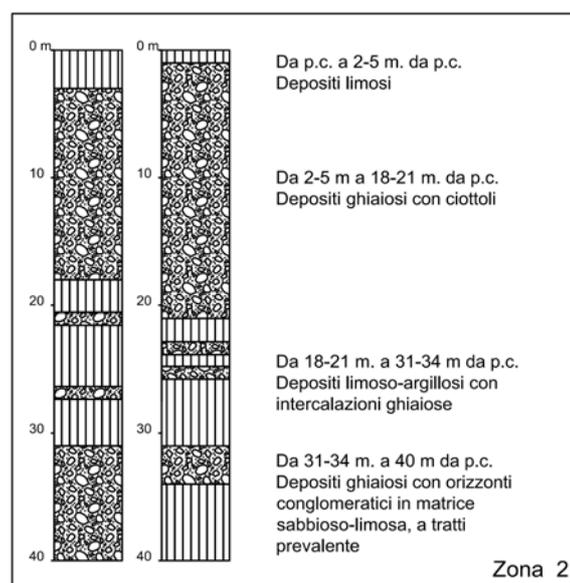
Dalla lettura delle Carte delle microzone omogenee in prospettiva sismica si osserva che, in corrispondenza delle aree esaminate in Comune di Podenzano, non è mai presente la categoria 1 – zone stabili.

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 4 microzone omogenee, ognuna con un proprio profilo stratigrafico tipo riferito ai primi 40 m di sottosuolo :

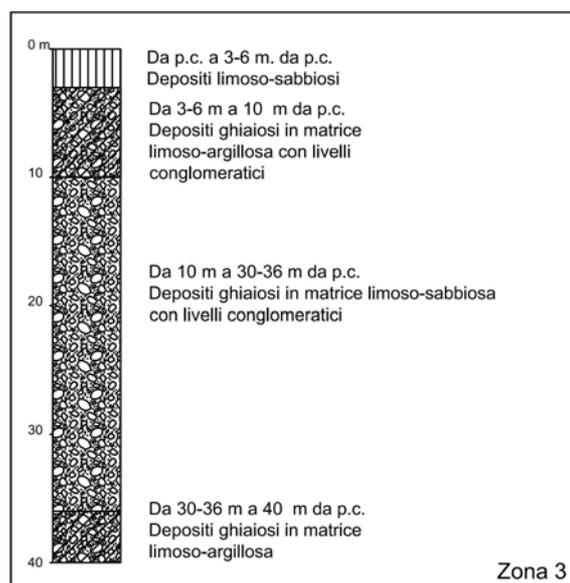
Zona 1 – con successione stratigrafica costituita da prevalenti depositi ghiaioso sabbiosi, estesi dalla superficie fino a profondità di circa 8-9 m, riferibili alla sedimentazione attuale e recente del Torrente Nure, cui seguono alternanze di livelli argilloso limosi di 3-4 m. spessore e potenti orizzonti ghiaiosi di spessore decametrico.



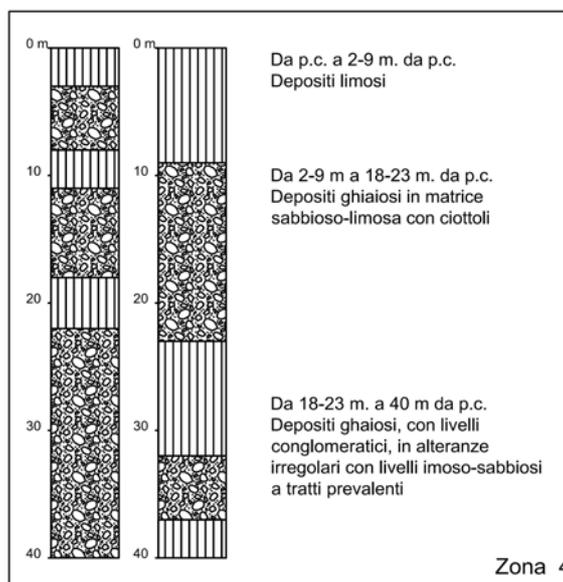
Zona 2 – Depositi di piana alluvionale costituiti da ghiaie e ciottoli prevalenti, con coltre superficiale limosa di spessore variabile tra 2-5 m., estesi fino a profondità di 18-21 m, a cui seguono alternanze di livelli limoso-argillosi di spessore plurimetrico con intercalazioni ghiaiose e di orizzonti ghiaiosi localmente conglomeratici, di spessore variabile.



Zona 3 – Depositi di piana alluvionale costituiti da coltre superficiale limoso – sabbiosa di spessore compreso tra 3-6 m, ricoprenti potente successione di ghiaie in matrice variabile da limoso-argillosa a limoso-sabbiosa, con livelli conglomeratici, estesi almeno fino a 40 m dal p.c.



Zona 4 – Depositi alluvionali di terrazzo antico costituiti da copertura limoso-argillosa consolidata di spessore compreso tra 2-9 m passante a depositi ghiaiosi in matrice sabbioso limosa, con livelli conglomeratici, alternati ad orizzonti limoso-sabbiosi, fino alla profondità di almeno 40 m da p.c., con localizzata prevalenza dei termini limoso-sabbiosi oltre la profondità di 23 m da p.c.



9.5 - Carta delle velocità delle onde di taglio S

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

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

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

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

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

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

dove M è il numero di strati del profilo sismico fino alla profondità di 30 m, h_i = spessore (in m) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m),
 V_{s_i} = velocità (in m/s) dello strato i -esimo (fino alla profondità di 30 m)

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

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

Tabella 3 - Valori di Vs da prove geofisiche disponibili

ID_SLN	MOPS	Tipo indagine	Vs30 (m/s)	VsH (m/s)	H (m)
033035L1	2004	REMI		250	3,8
033035L2	2002	REMI		310	3,7
033035L3	2003	REMI		359	11,3
033035L4	2002	REMI	390		
033035L5	2004	REMI		237	4,9
033035L6	2004	REMI		262	9,5
033035L7	2003	REMI		445	9,1
033035L8	2002	REMI	408		
033035L9	2003	MASW		282	22
033035L10	2004	MASW		288	3,9
033035L11	2004	MASW		275	11,2
033035L12	2002	MASW	527		
033035L13	2003	MASW		508	20
033035L14	2004	MASW		301	17
033035L15	2004	MASW		381	20
033035L16	2002	MASW		379	26,2
033035L17	2004	REMI		198	8,2
033035L18	2004	REMI		386	14,7
033035L19	2004	REMI		590	4
033035L20	2004	REMI	494	4	
033035L21	2004	REMI		442	28
033035L22	2003	MASW		340	17,6
033035L23	2002	MASW	427		

Nel complesso la zona 2002 risulta contraddistinta da sedimenti ghiaiosi presenti profili di velocità caratterizzati prevalentemente da valori di Vs30 dell'ordine di 390-530 m/s, con locali situazioni con valori di VsH compresi tra 310-380 m/s e contrasti di impedenza significativi imputabili ad orizzonti ghiaiosi grossolani individuati a profondità H compresa tra 14-26 m dalle prove disponibili.

La zona 2003 è caratterizzata da profili di velocità con valori di VsH compresi mediamente tra 280-450 m/s, che caratterizza i terreni di copertura sovrastanti i livelli ghiaiosi conglomeratici molto addensati che si ritrovano tra 9-20 m da p.c.

Per la zona 2004 i valori di VsH variano mediamente tra 200-380 m/s con contrasto di impedenza significativo, indotto dagli orizzonti ghiaiosi conglomeratici, che si ritrova tra circa 5-15 m da p.c.

I profili di velocità delle onde di taglio per i principali centri abitati sono rappresentati nei diagrammi di figure 25-26.

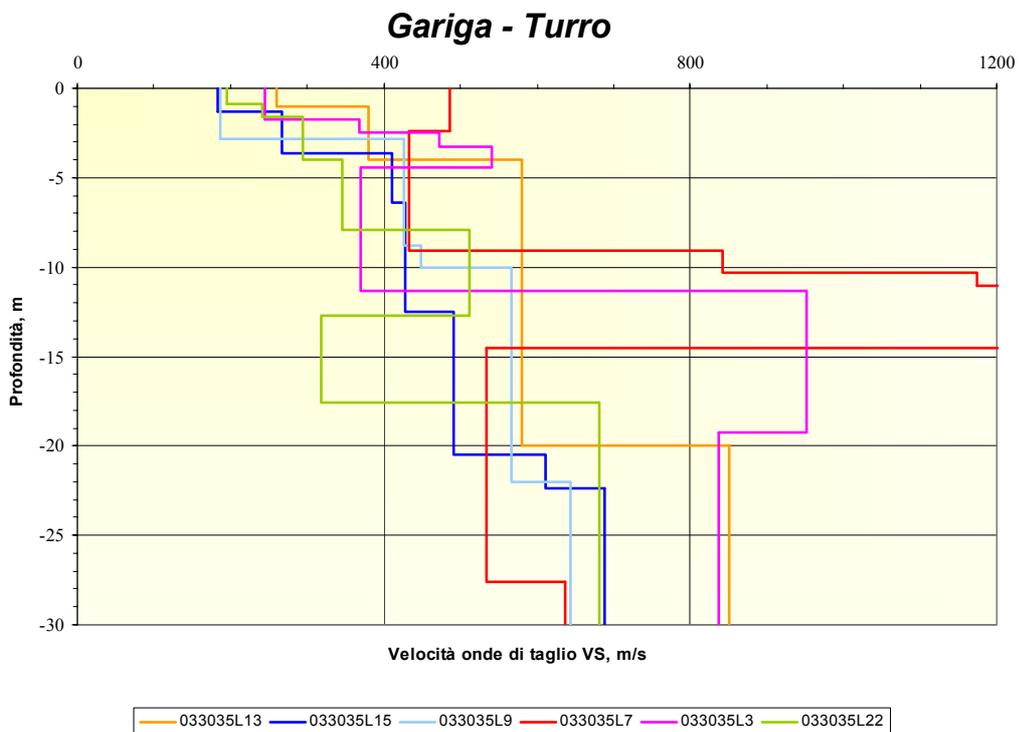
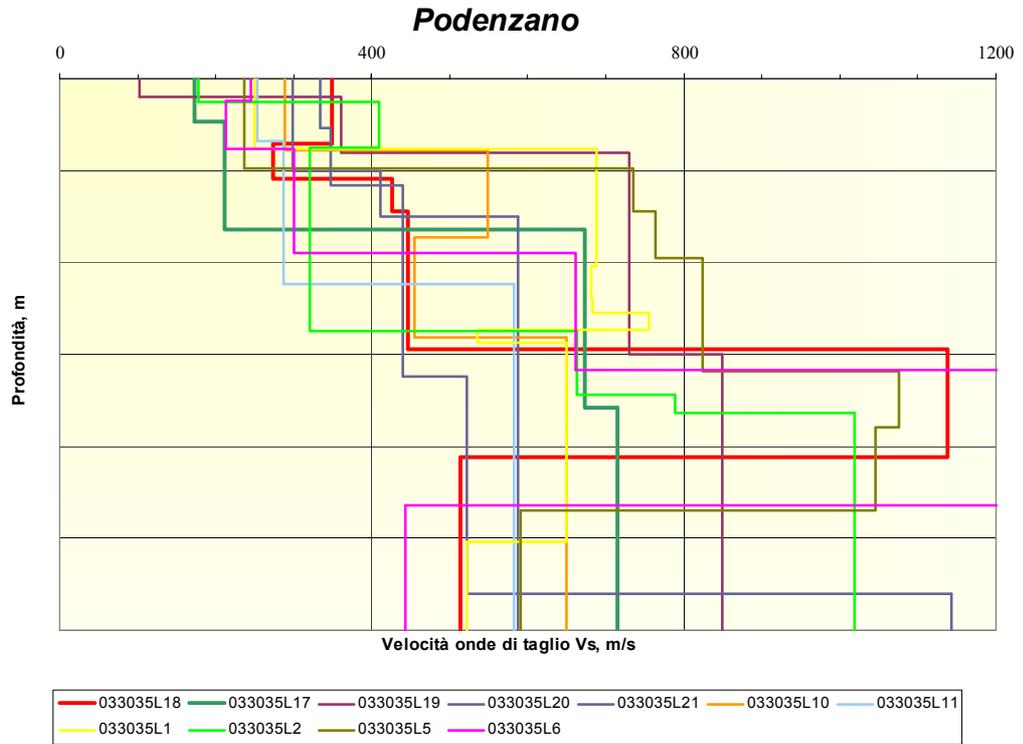


Figura 26 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali

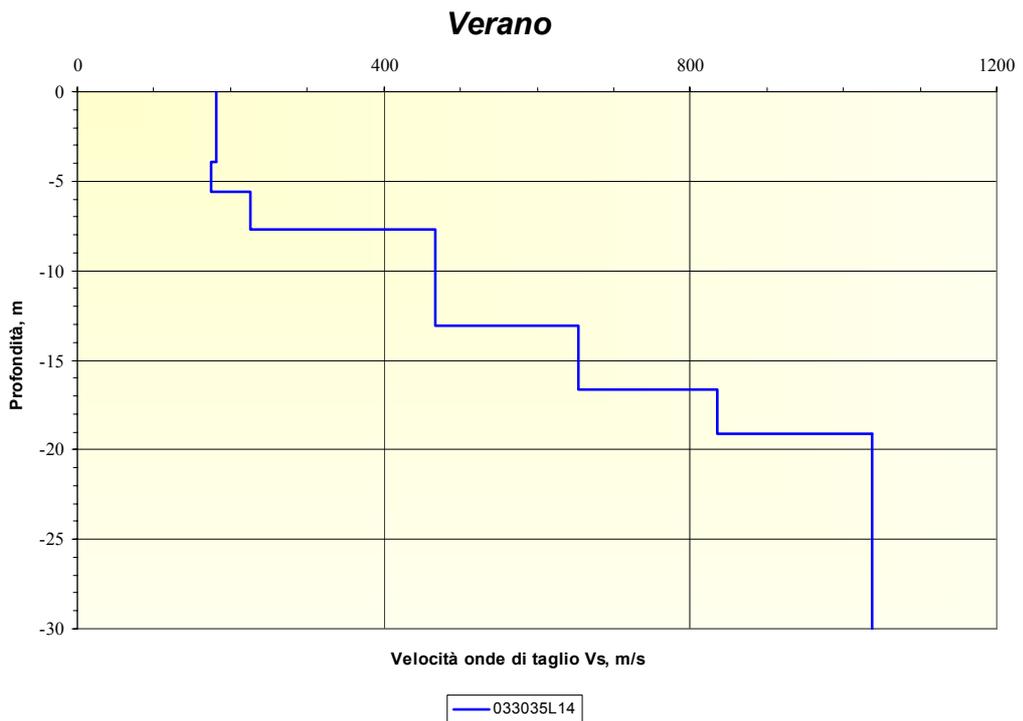
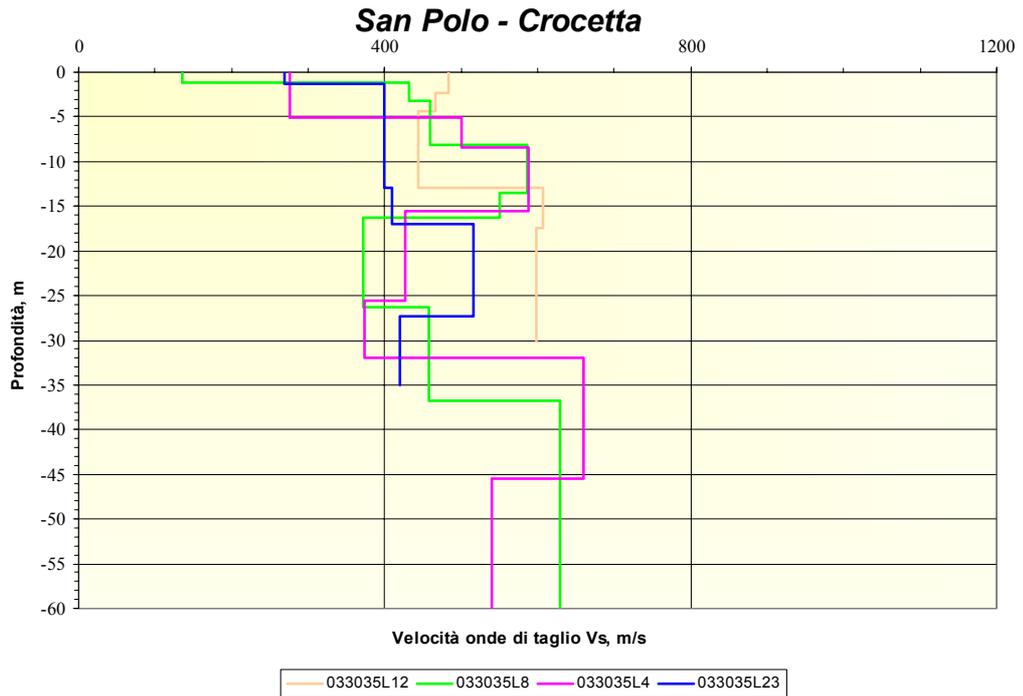


Figura 27 - Andamento profilo Vs in corrispondenza dei centri abitati principali

9.6 - Carta di Microzonazione Sismica – Livello 2

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

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

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

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

Per i settori indagati nello studio di microzonazione sismica di livello 2 per il territorio di Podenzano, gli ambiti geo-litologici individuati sono quelli di Margine di tipo A e Margine di tipo B, in relazione alla presenza o meno di contrasti di impedenza significativi:

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

il cui abaco di riferimento per i fattori di amplificazione è riportato nelle tabelle seguenti :

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

Fattori di Amplificazione PGA. Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{5H}(m/s)$

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

Fattori di Amplificazione SII ($0.1s \leq T_0 \leq 0.5s$). Colonna 1 $H(m)$, riga 1 $V_{5H}(m/s)$

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

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

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

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

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

Tabella 4 - Fattori di amplificazione stratigrafica per microzonazione sismica

Zona	V_{sH} (m/s)	H (m)	V_{s30} (m/s)	Ambiente geologico	FA PGA	FA $0.1s < T_0 < 0.5s$	FA $0.5s < T_0 < 1.0s$	FA $0.5s < T_0 < 1.5s$
2002	310-380	14-26		Margine A	1,8-1,9	1,9-2,1	1,8-2,4	
			390-530	Margine B	1,5	1,6	2,0	2,0
2003	280-450	9-20		Margine A	1,8-1,9	1,8-2,1	1,8-2,2	
2004	240-380	5-15		Margine A	1,8-1,9	1,8-2,0	1,6-2,1	

Fiorenzuola d'Arda, maggio 2018

Studio Geologico Ambientale

Dr. Geol. Gabriele Corbelli

