



Bando per la riqualificazione e la sicurezza delle periferie (DPCM 25/05/2016)



Progetti per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie della città metropolitana di Bologna

"CONvergenze METropolitane BOlogna: Asse ciclo-pedonale metropolitano Reno Galliera" in Comuni di Argelato, Bentivoglio, Castello d'Argile, Castel Maggiore, Galliera, Pieve di Cento, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, nell'ambito del programma straordinario di intervento per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie della Città metropolitana di Bologna



**TRATTO 10
PROGETTO DEFINITIVO**

G05

Relazione geologica con parametrizzazione geotecnica e sismica (art. 26 DPR 207/2010)

RTP	Dati Archivio	File	Data creazione	Disegnato da
Capogruppo:  Cooprogetti soc. coop. Via della Piaggiola 152, 06024 GUBBIO (PG) www.cooprogetti.it			04/05/2017	----
Mandante: PARCIANELLO & PARTNERS engineering s.r.l. via G. Matteotti 30/d, 32016 ALPAGO (BL) www.studioparcianello.com	Tecnico	Data stampa	Verificato da	Firma
Mandante:  Dalet Architettura Piazza S. Giovanni in Monte 6, 40124 (BO) www.daletarchitettura.com	Il Responsabile del progetto			
	Amm. Unico Parcianello & Partners			Arch. Lio Parcianello
	Dir. Tecnico Parcianello & Partners			Arch. Renato Da Re
	Capo Commessa Cooprogetti			Arch. Paolo Ghirelli

Tecnici di Progetto

		
Team di progetto: arch. Lio Parcianello arch. Renato Da Re arch. Nicola Scaramuzzi arch. Fabio Biagio Salerno	ing. Alessandro Placucci arch. Paolo Ghirelli arch. Beatrice Bocci ing. Edoardo Filippetti ing. Lorena Ragnacci	Il Committente UNIONE RENO GALLIERA Il Responsabile del Procedimento ing. Antonio Peritore

Bologna, giugno 2017

Questo elaborato è di proprietà del RTP. Qualsiasi riproduzione e/o divulgazione anche parziale deve essere espressamente autorizzata dal capogruppo.

PREMESSA

E' stato eseguito uno studio per verificare le caratteristiche geologiche e stratigrafiche dei terreni interessati dal progetto in esame.

Lo studio è svolto nell'ambito del progetto "Convergenze METropolitane BOlogna: Asse ciclo-pedonale metropolitano Reno Galliera" in Comuni di Argelato, Bentivoglio, Castello d'Argile, Castel Maggiore, Galliera, Pieve di Cento, San Giorgio di Piano, San Pietro in Casale, nell'ambito del programma straordinario di intervento per la riqualificazione urbana e la sicurezza delle periferie della Città metropolitana di Bologna"

Per la caratterizzazione dei terreni si è fatto riferimento al database delle indagini geognostiche della Regione Emilia-Romagna (consultabile su strato informatico WMS) e alle indagini appositamente eseguite dalla ditta Songeo Srl di Ferrara.

In particolare nel 2017 sono state effettuate le seguenti prove nei siti d'interesse:

- n° 14 CPTe spinte a 15 m dal p.c.;
- n° 6 Masw;
- n°1 HVSR;
- n° 1 Sondaggio a conservazione di nucleo spinto a 20,00 m dal p.c. con prelievo di un campione indisturbato.

Il report completo delle indagini è contenuto nella Relazione sulle indagini redatta dalla ditta Songeo di Ferrara.

L'indagine è stata redatta a norma del D.M. 14.01.08 e s.m.i.

Principale normativa di riferimento:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche".
- Istruzioni relative alle "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione". Circ. Ministero LL.PP. n° 30483 del 24/09/1988.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio n°3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".
- D.L. n°152, 3 aprile 2006 "Norme in materia ambientale".
- Ordinanza PCM n°3519 del 28 aprile 2006 "Criteri generali da utilizzare per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.L. n°4, 16 gennaio 2008 "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006 n.152, recante norme in materia ambientale".
- Decreto ministeriale (infrastrutture) 14 gennaio 2008, "Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni".

- o Circolare 2 febbraio 2009 , n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, “Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008”.

Lo studio è così articolato:

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO.....	5
A. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	5
B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO TETTONICO	6
C. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO	8
D. INQUADRAMENTO IDROLOGICO ED IDROGEOLOGICO.....	9
E. INQUADRAMENTO IDRAULICO.....	11
F. INQUADRAMENTO SISMICO	12
G. INDAGINI GEOGNOSTICHE	47
1.0 TRATTO 1.....	48
1.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	48
1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	51
1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	52
2.0 TRATTO 2.....	54
2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	54
2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	57
2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	58
3.0 TRATTO 3.....	60
3.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	60
3.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	63
3.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	64
4.0 TRATTO 4.....	66
4.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	66
4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	69
4.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	72
5.0 TRATTO 5.....	73
5.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	73
6.0 TRATTO 6.....	77

6.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	77
7.0 TRATTO 7.....	80
7.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	80
7.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	83
7.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	85
8.0 TRATTO 8.....	86
9.0 TRATTO 9.....	86
9.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	87
10.0 TRATTO 10.....	90
10.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	90
10.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE	93
10.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	97
11.0 TRATTO 11.....	99
11.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO	99
12.0 CONCLUSIONI	103
CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA IGM.....	104
REPORT INDAGINI	105

INQUADRAMENTO DELL'AREA DI PROGETTO

A. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

La pista ciclabile Reno Galliera si snoda sulla pianura emiliano-romagnola, all'interno della provincia di Bologna e interessando i seguenti comuni posti a Nord del capoluogo regionale:

- ✓ Castel Maggiore,
- ✓ Argelato,
- ✓ Bentivoglio,
- ✓ San Giorgio di Piano,
- ✓ San Pietro in Casale,
- ✓ Pieve di Cento,
- ✓ Castello d'Argile,
- ✓ Galliera.

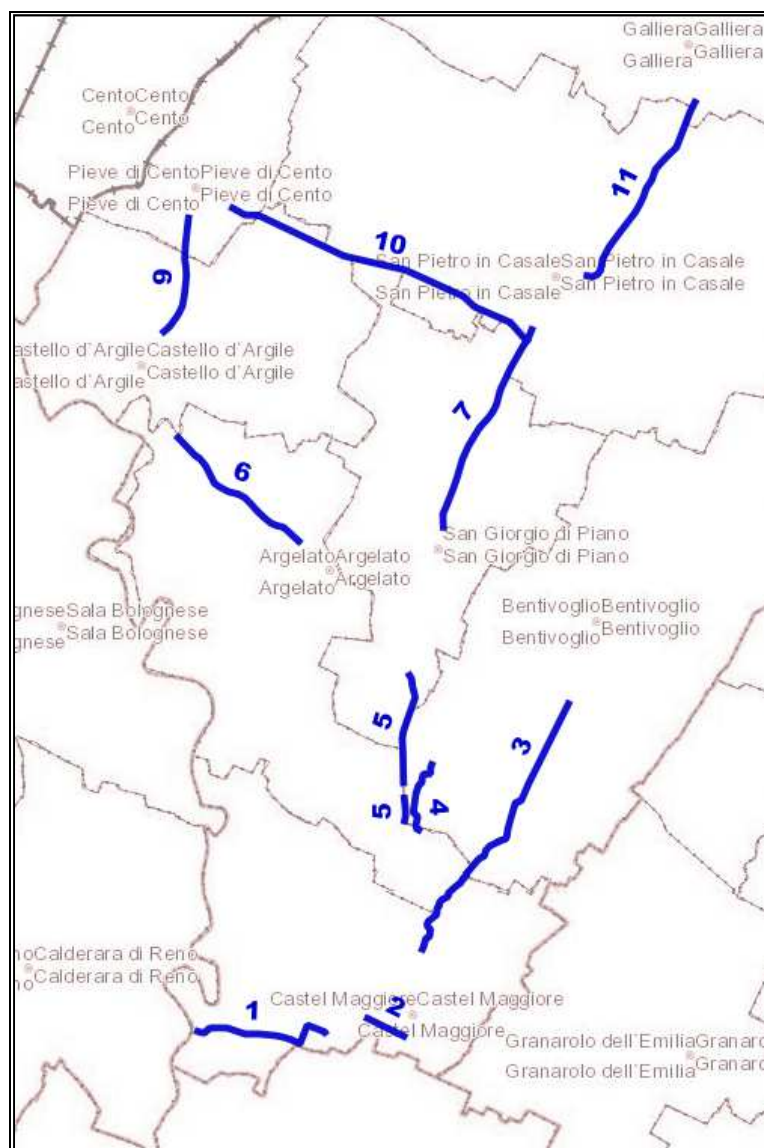


Figura 1: Limiti comunali e tratti pista ciclabile Reno Galliera

Si sviluppa per un tratto lungo circa 25 km. L'area in esame è cartografata nella Carta Topografica d'Italia IGM 221 III – tav.3 S.O. (Bologna) e corre lungo la viabilità esistente, tranne che in corrispondenza di attraversamenti di corsi d'acqua (nuovi attraversamenti) e rilevati stradali (scavi in trincea).

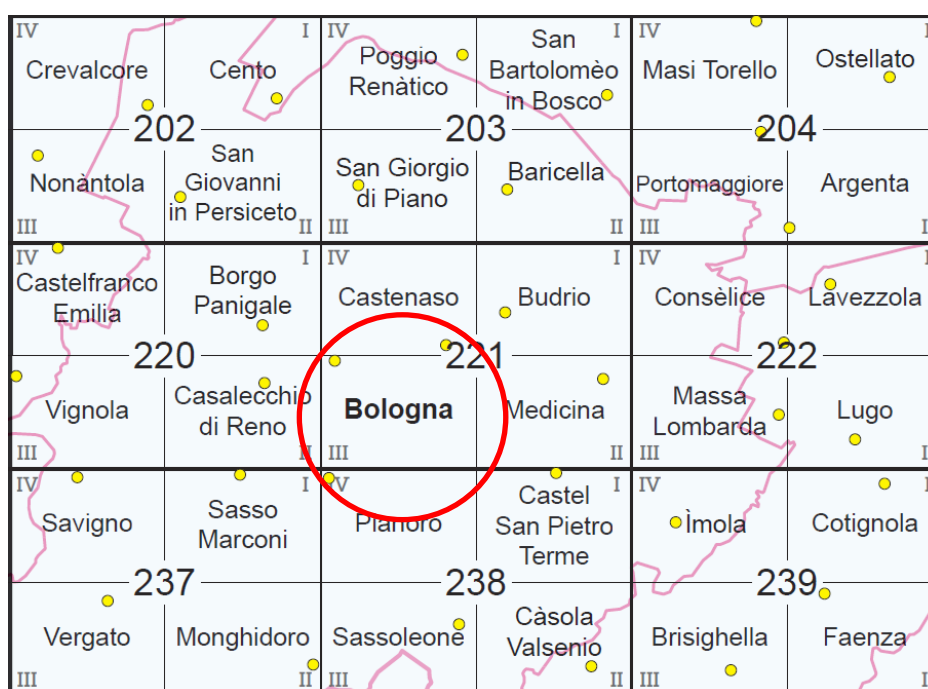


Figura 2: inquadramento cartografico

L'area ha un assetto sub-pianeggiante, degradante lievemente verso Nord con pendenze molto blande.

La pianura padana rappresenta un ambiente fisico fragile e nello stesso tempo densamente popolato. L'azione antropica ha prodotto rilevanti e pervasive modificazioni nel sistema naturale: sia nella morfologia di superficie, sia nell'assetto idrografico (con la realizzazione di canalizzazione per recuperare suolo delle aree palustri). Inoltre nel corso degli anni si è registrato un depauperamento delle falde più superficiali e vulnerabili.

La pista ciclabile attraversa e si snoda in prossimità di aree incolte, altre coltivate ed altre più o meno urbanizzate (frazioni e capoluoghi comunali).

B. INQUADRAMENTO GEOLOGICO TETTONICO

L'area di interesse ricade nella pianura alluvionale padana, un ambiente che ha risentito profondamente dell'attività erosiva/sedimentaria operata dalla rete idrografica superficiale ed in particolare dal fiume Reno.

Anche l'influenza delle glaciazioni è stata rilevante, così come i fenomeni di subsidenza differenziali in corrispondenza di sinclinali e anticlinali sepolte.

Dopo la glaciazione Wurm (18.000 anni fa) lo scioglimento rapido dei ghiacciai liberò volumi d'acqua con energie rilevanti. Tali acque defluendo verso le aree più depresse esercitarono un'attività erosiva consistente veicolando verso valle consistenti volumi di detriti (anche morenici) e sedimenti eterogenei.

Al di sotto di tali coltri, caratterizzate da spessori anche superiori a centinaia di metri, si trova il basamento litoide di origine marina. Quest'ultimo ha un assetto strutturale complesso a causa dell'intensa attività tettonica del Pliocene medio-inferiore che ha favorito la formazione di una serie di bacini sedimentari di tipo sin-orogenetici. Nella porzione settentrionale della pianura è presente una struttura monoclinale immergente verso Sud.

Gli studi recenti evidenziano che probabilmente anche i depositi alluvionali quaternari sono stati coinvolti nelle fasi neotettoniche, condizionando così anche la morfogenesi più recente.

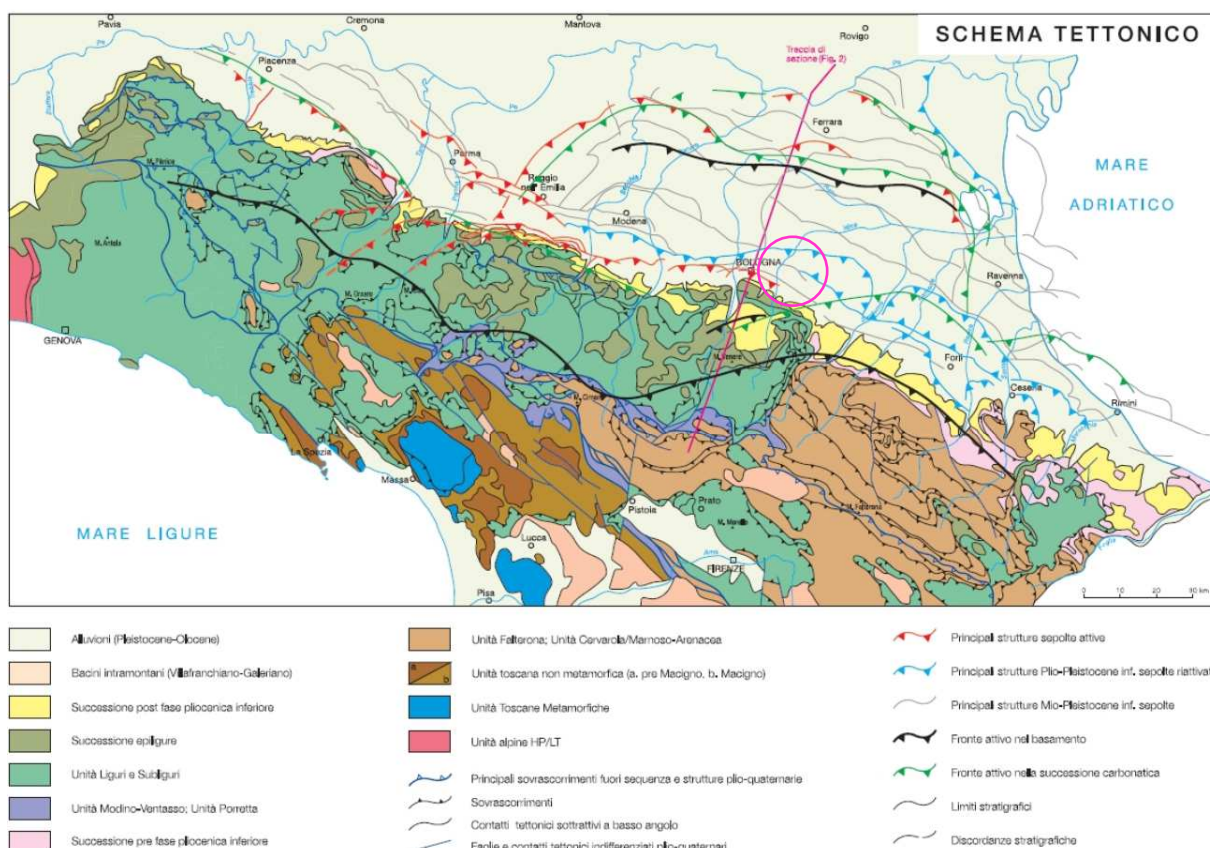


Figura 3: schema tettonico dell'Appennino settentrionale (da Boccaletti et alii, 2004, modificata)

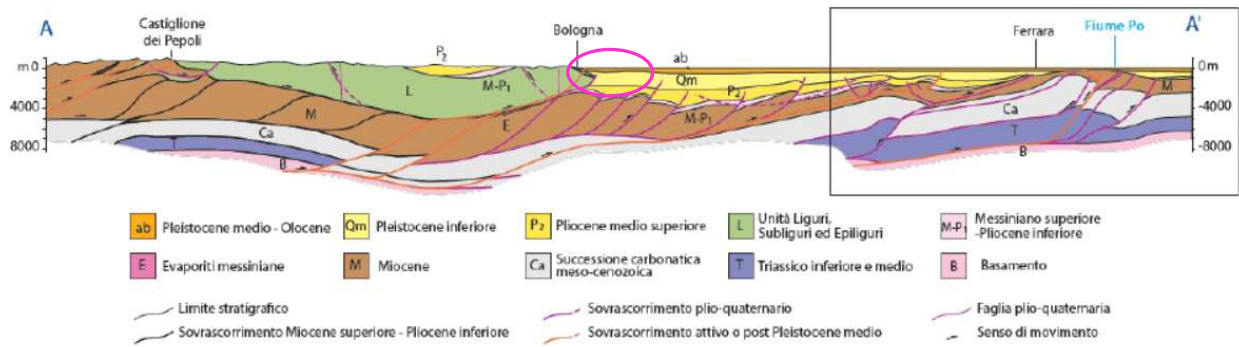


Figura 4: sezione geologica profonda dal crinale appenninico al Po (da Boccaletti et alii, 2004)

C. INQUADRAMENTO STRATIGRAFICO

Per la ricostruzione dell'assetto stratigrafico si è fatto riferimento ai dati cartografici disponibili, nonché al database sulle indagini geognostiche della regione Emilia Romagna che ha permesso di elaborare un inquadramento stratigrafico generale dell'area di interesse.

Il Progetto CARG della Regione Emilia-Romagna ha definito un criterio di classificazione per le aree di pianura che tiene conto sia dell'ambiente deposizionale sia della presenza di discontinuità o inconformità tra le successioni sedimentari. Il criterio di classificazione delle litologie e degli ambienti deposizionali è sintetizzato nella tabella seguente.

DEPOSITI ALLUVIONALI	Terrazzo, conoide e pianura alluvionale	<ul style="list-style-type: none"> - ghiaie e sabbie di riempimento di canale fluviale - sabbie e limi di argine, canale e rotta fluviale - argille e limi di piana inondabile - argille, limi e sabbie di traccimazione fluviale indifferenziata
DEPOSITI DELTIZI E LITORALI	Piana deltizia	<ul style="list-style-type: none"> - sabbie e limi di canale distributore, argine e rotta - argille e limi di area d'intercanale - argille e limi con sostanza organica di area interdistributrice
	Fronte deltizia e piana di sabbia	<ul style="list-style-type: none"> - sabbie di cordone litorale e duna eolica - argille e limi di retrocordone
DEPOSITI MARINI	Depositi di prodelta e piattaforma	<ul style="list-style-type: none"> - argille, limi e sabbie di prodelta e transizione alla piattaforma

Nell'area di interesse affiorano depositi sedimentari riconducibili ad ambiente di pianura alluvionale.

gruppo Acquifero C corrisponde, da un punto di vista stratigrafico a diverse unità affioranti nell'Appennino, la più recente delle quali è la Formazione delle Sabbie Gialle di Imola (IMO). La successiva figura riporta la profondità rispetto al piano campagna della base del Gruppo A.

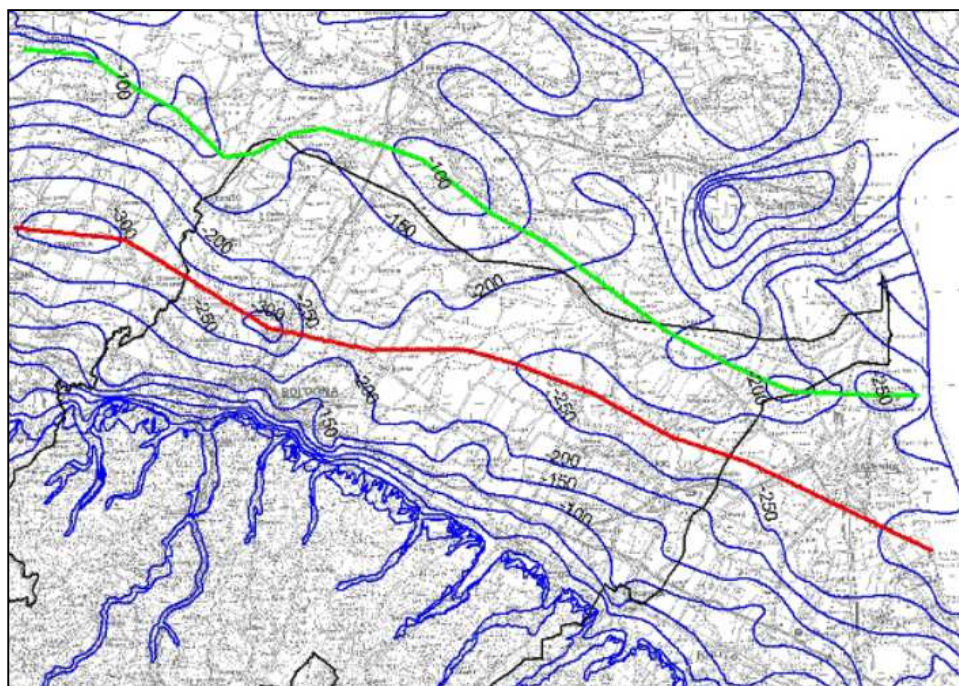


Figura 6: andamento della base del gruppo acquifero A

La rete piezometrica ARPA della Regione Emilia Romagna ha alcuni punti di misura nell'area di interesse. I dati mostrano che la soggiacenza della falda è generalmente maggiore di 10 m. dal p.c. nella porzione meridionale, mentre è minore di 10 m. dal p.c. in quella settentrionale.

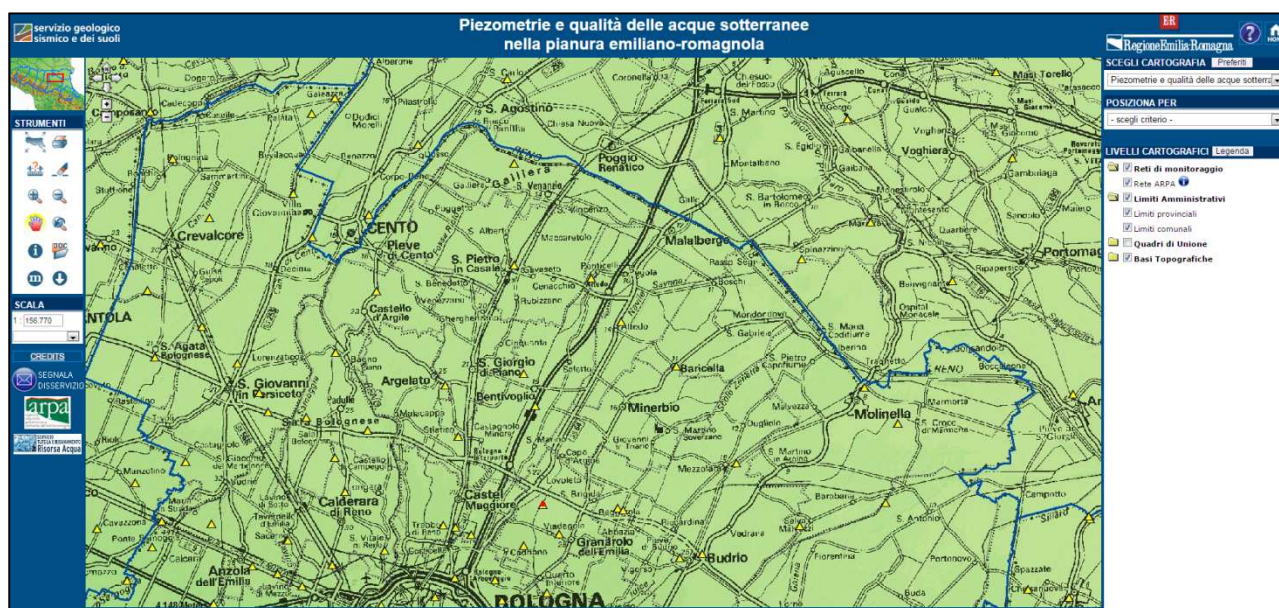


Figura 7: rete piezometrica ARPA della Regione Emilia Romagna

E. INQUADRAMENTO IDRAULICO

La pista ciclabile cade all'interno al bacino idrografico del fiume Reno, il più importante fiume dell'Emilia-Romagna dopo il Po.

Questo corso d'acqua è il maggiore per lunghezza, superficie di bacino e portata d'acqua media alla foce fra i corsi d'acqua che sfociano in Adriatico a sud del Po.

La pista ciclabile si sviluppa in destra idrografica del fiume Reno e non interferisce mai né con il suo alveo.

La pista invece attraversa in più tratti alcuni affluenti e fossi minori appartenenti al suo reticolo idrografico.

Lo stesso, come ricordato in precedenza, è stato fortemente condizionato dall'azione antropica, che ha generato un sistema di canalizzazioni che prevale nettamente sul reticolo naturale. I corsi d'acqua sono spesso arginati e le sponde sono ormai fisse nello spazio.

Per le valutazioni sulla pericolosità idraulica si è fatto riferimento alla recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po).

F. INQUADRAMENTO SISMICO

Gli effetti locali prodotti da eventi sismici assumono una diversa rilevanza in funzione della sismicità di base del territorio comunale e della relativa accelerazione di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. Di seguito viene riportato uno stralcio della classificazione sismica per i comuni dell'Emilia-Romagna (Riclassificazione sismica dell'Emilia-Romagna, Ordinanza del PCM n. 3274 / 2003):

Allegato A - CLASSIFICAZIONE SISMICA DEI COMUNI DELL'EMILIA-ROMAGNA								
Codice ISTAT 2001	Provincia	COMUNE	Anno di			Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (2003)
			prima classificazione	declassificazione	riclassificazione			
8037001	BO	ANZOLA DELL'EMILIA	2003			N.C.	III	3
8037002	BO	ARGELATO	2003			N.C.	III	3
8037003	BO	BARICELLA	2003			N.C.	III	3
8037004	BO	BAZZANO	2003			N.C.	III	3
8037005	BO	BENTIVOGLIO	2003			N.C.	III	3
8037006	BO	BOLOGNA	2003			N.C.	III	3
8037008	BO	BUDRIO	2003			N.C.	III	3
8037009	BO	CALDERARA DI RENO	2003			N.C.	III	3
8037010	BO	CAMUGNANO	2003			N.C.	III	3
8037011	BO	CASALECCHIO DI RENO	2003			N.C.	III	3
8037013	BO	CASTEL D'AIANO	2003			N.C.	III	3
8037015	BO	CASTEL DI CASIO	2003			N.C.	III	3
8037017	BO	CASTELLO D'ARGILE	2003			N.C.	III	3
8037018	BO	CASTELLO DI SERRAVALLE	2003			N.C.	III	3
8037019	BO	CASTEL MAGGIORE	2003			N.C.	III	3
8037021	BO	CASTENASO	2003			N.C.	III	3
8037022	BO	CASTIGLIONE DEI PEPOLI	2003			N.C.	III	3
8037023	BO	CREPELLANO	2003			N.C.	III	3
8037024	BO	CREVALCORE	2003			N.C.	III	3
8037027	BO	GAGGIO MONTANO	2003			N.C.	III	3
8037028	BO	GALLIERA	2003			N.C.	III	3
8037029	BO	GRANAGLIONE	2003			N.C.	III	3
8037030	BO	GRANAROLO DELL'EMILIA	2003			N.C.	III	3
8037031	BO	GRIZZANA MORANDI	2003			N.C.	III	3
8037033	BO	LIZZANO IN BELVEDERE	2003			N.C.	III	3
8037034	BO	LOIANO	2003			N.C.	III	3
8037035	BO	MALALBERGO	2003			N.C.	III	3
8037036	BO	MARZABOTTO	2003			N.C.	III	3
8037038	BO	MINERBIO	2003			N.C.	III	3
8037039	BO	MOLINELLA	2003			N.C.	III	3
8037040	BO	MONGHIDORO	2003			N.C.	III	3
8037042	BO	MONTE SAN PIETRO	2003			N.C.	III	3
8037043	BO	MONTEVEGLIO	2003			N.C.	III	3
8037044	BO	MONZUNO	2003			N.C.	III	3
8037047	BO	PIANORO	2003			N.C.	III	3
8037048	BO	PIEVE DI CENTO	2003			N.C.	III	3
8037049	BO	PORRETTA TERME	2003			N.C.	III	3
8037050	BO	SALA BOLOGNESE	2003			N.C.	III	3
8037051	BO	SAN BENEDETTO VAL DI SAMBRO	2003			N.C.	III	3
8037052	BO	SAN GIORGIO DI PIANO	2003			N.C.	III	3
8037053	BO	SAN GIOVANNI IN PERSICETO	2003			N.C.	III	3
8037054	BO	SAN LAZZARO DI SAVENA	2003			N.C.	III	3
8037055	BO	SAN PIETRO IN CASALE	2003			N.C.	III	3
8037056	BO	SANT'AGATA BOLOGNESE	2003			N.C.	III	3
8037057	BO	SASSO MARCONI	2003			N.C.	III	3
8037058	BO	SAVIGNO	2003			N.C.	III	3
8037059	BO	VERGATO	2003			N.C.	III	3

Figura 8: classificazione sismica per i comuni dell'Emilia-Romagna

I comuni interessati dall'intervento nella precedente classificazione sismica non erano classificati (N.C.). Con D.G.R. della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio regionale. In base a tale classificazione i comuni in esame ricadono in un ambito areale classificato come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

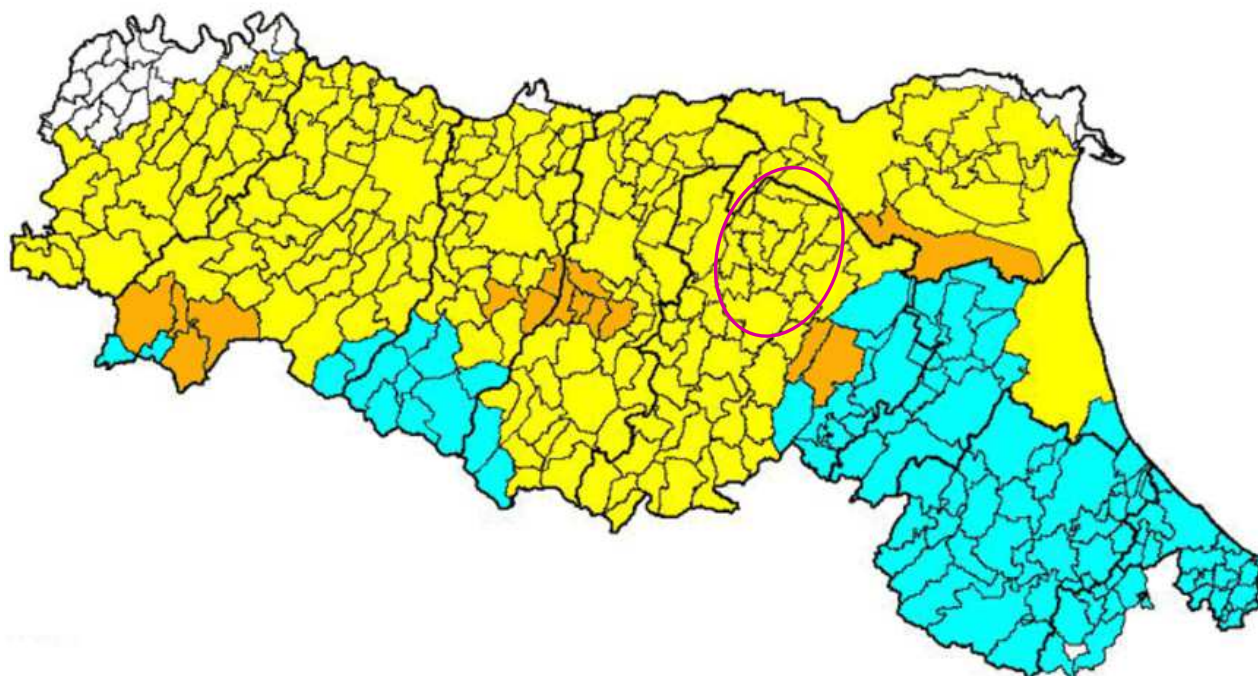


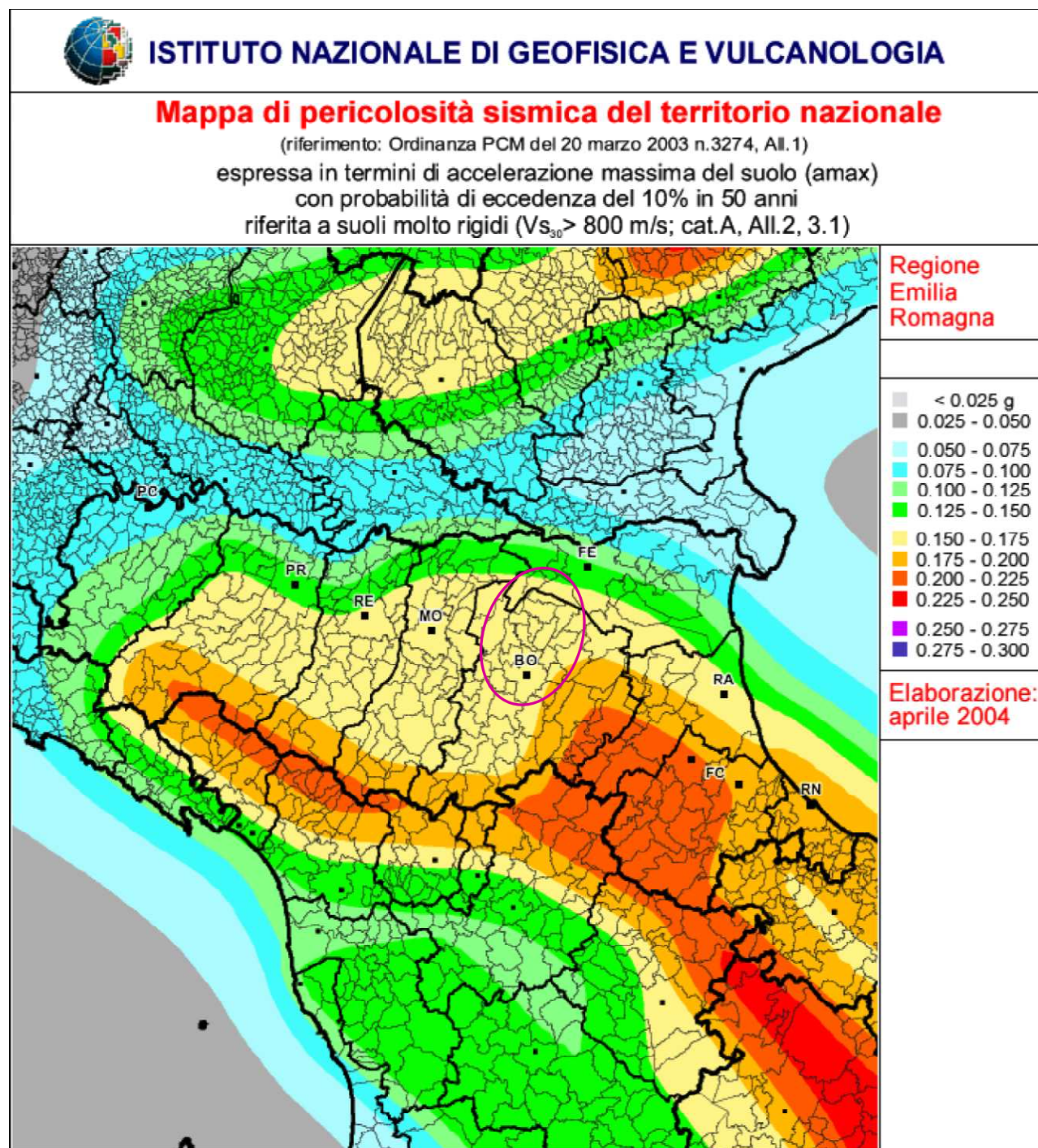
Figura 9: Emilia Romagna mappa classificazione sismica

Successivamente i criteri per l'aggiornamento della mappa di pericolosità sismica sono stati ridefiniti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'accelerazione orizzontale massima (a_g) su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a_g]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a_g]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$a_g > 0,25 \text{ g}$	0,35 g	707
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.198
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	0,15 g	2.855
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	2.244

Il valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale a_g , espresso come frazione dell'accelerazione di gravità g , per la zona sismica 3 (su base nazionale) è pari a $0.15g$.

La successiva figura mostra più in dettaglio gli andamenti delle a_g previste.



F1. ZONANZIONE SISMOGENETICA

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

Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti.

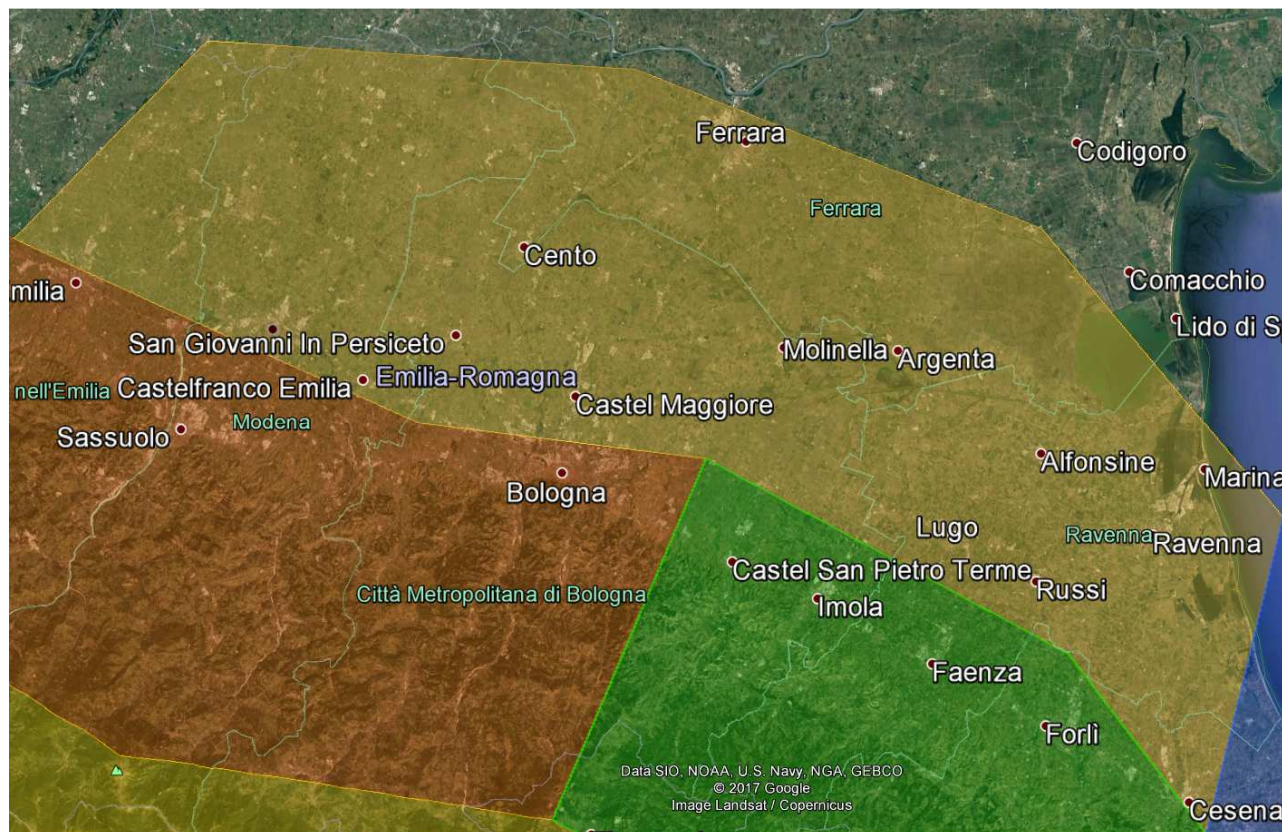


Figura 10: Zone Sismogenetiche ZS905 su base Google Map

La zona in esame ricade nella fascia della Dorsale Ferrarese (ZS 912).

Procedendo dal mar tirreno all'Adriatico, le zone-sorgente da 912 a 923, disposte longitudinalmente rispetto alla catena Appenninica, differiscono dalla precedente classificazione sismica a seguito degli studi condotti sulla fagliazione attiva e sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche (Boncio et alii 2000; Galadini et alii 2001, Valensise e Pantosti del 2001). Essa ricade (assieme alla 904 e, subordinatamente, 906) al settore in cui si è osservata la massima convergenza tra le placche adriatica ed europea, caratterizzato dalle strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate (Zanferrari et al., 1982; Slejko et al., 1989; Valensise e Pantosti, 2001; Peruzza et al., 2002; Galadini et al., 2002) e, nelle aree ad est del confine friulano, da faglie trascorrenti destre con direzione NW-SE (trend dinarico) (es., Bernardis et al., 2000; Bajc et al., 2001; Vrabec, 2001). La zona 912

(insieme alla 917) rappresentano la porzione esterna della fascia di compressione dell'arco appenninico settentrionale. La sismicità della zona 912 sembra evidenziare l'andamento del fronte complessivo sepolto più avanzato (a ridosso del Po).
La magnitudo massima attesa Mw per questa zona è di 6.14.

F2. PROGETTO ITHACA

Il progetto ITHACA (consultabile sul sito INGV), che censisce le strutture tettoniche attive in Italia (in modo particolare le faglie capaci), evidenzia che alcuni comuni interessati dall'opera sono prossimi ad alcune faglie sismogenetiche note dell'Italia Settentrionale.

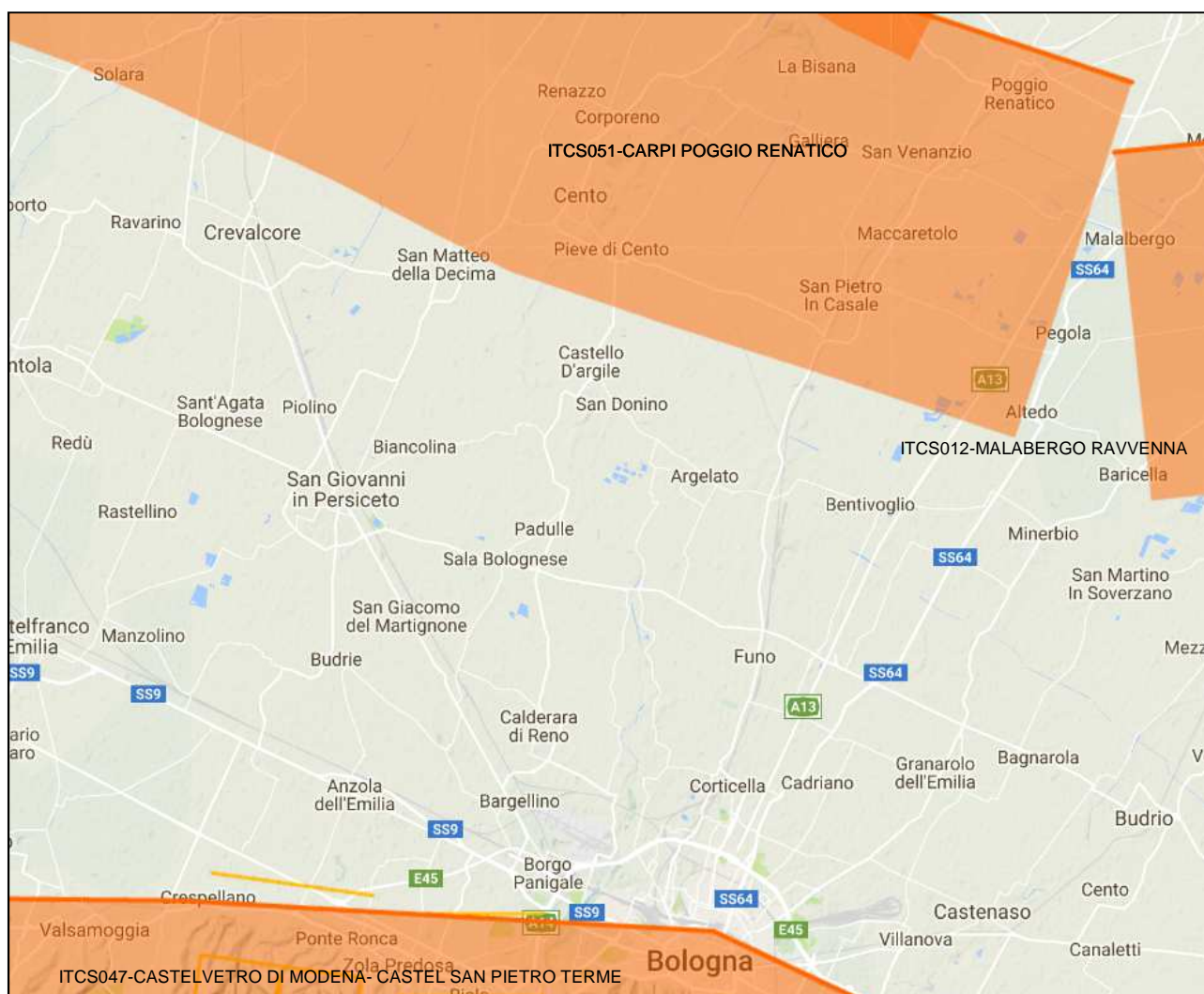



Figura 11:faglie sismogenetiche tratte da sito INGV

Nella stralcio cartografico riportato si evidenziano tre “sistemi sismogenetici”:

- **ITCS051-CARPI POGGIO RENATICO**

DISS-ID	ITCS051
Name	Carpi-Poggio Renatico
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(2), Toscani G.(3)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit... di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
Created	16-Oct-2013
Updated	01-Apr-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS107

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	2.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Max depth [km]	10.0	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Strike [deg] min... max	50...120	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Dip [deg] min... max	25...45	OD	Based on subsurface geological and geophysical data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	OD	Inferred from geological and active stress data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.5...1.04	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; E,J=EXPERT JUDGEMENT;

ACTIVE FAULTS

ID	NAME	REFERENCES
78	Mirandola	Castaldini et al. [1979]
79	Canalazzo di Finale Emilia	Castaldini et al. [1979]
80	Concordia	Castaldini et al. [1979]



Questo lineamento attraversa la regione attraverso le valli inferiori del fiume Reno e del fiume Secchia e appartiene al fronte di spinta “Ferrara Arc”. Rappresenta l'arco esterno della punta nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, ed ha vergenza NE.

Il 20 e il 29 maggio 2012 due terremoti Mw 5,9 e 5,8 e la loro sequenza di scosse hanno colpito la pianura centrale di Po, a circa 40 km a nord di Bologna. Durante la sequenza sismica è stata attivato un tratto di 50 km di questo frontale sepolto. I meccanismi focali degli shock più grandi evidenziano uno sforzo orizzontale massimo orientato a N-S, cioè orientato perpendicolarmente alle principali tendenze strutturali. La maggior parte della sequenza sismica era confinata tra una profondità di 1 e 12 km. Oltre alla sequenza del terremoto del 2012, i cataloghi storici e

strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano un valore di M_w patia : $4.5 < M_w < 5.0$.

Fa eccezione il terremoto di Ferrara del 22 febbraio 1346 (M_w 5,8).

- **ITCS012 – MALABERGO-RAVENNA**

DISS-ID	ITCS012
Name	Malalbergo-Ravenna
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), D'Ambrogi C.(2), Maesano F.E.(2), Toscani G.(3), Vannoli P.(1), Valensise G.(1), Basili R.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy 2) Istituto superiore per la protezione e la ricerca ambientale; Servizio Geologico d'Italia; Via Vitaliano Brancati, 48, 00144 Roma, Italy 3) Universit.. di Pavia; Dipartimento di Scienze della Terra e dell'Ambiente; Via Ferrata, 1, 27100 Pavia, Italy
Created	16-Oct-2013
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	 
Related sources	ITIS141

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	2.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	8.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	85...150	OD	Based on consideration on regional geological data.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on consideration on regional geological data.
Rake [deg] min... max	80...120	OD	Based on geological data, constrained by orientation of T axes.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.49...0.55	LD	Based on geological data from Maesano et al. (2015).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Based on geological data and analysis of regional seismicity.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Gli studi condotti su questo lineamento ipotizzano che lo stesso si presenta in continuità verso est con il lineamento precedente. Rappresenta l'arco esterno della punta nord-orientale della catena dell'Appennino settentrionale, ed ha vergenza NE. I dati sono tratti dagli studi condotti e forniti dall'industria petrolifera (ad esempio Cassano et al., 1986; Pieri e Groppi, 1981; Fantoni e Franciosi, 2010) e sulle osservazioni geomorfologiche fornite da diversi investigatori. I cataloghi

storici attuali riportano un grande evento nel 1624 che è molto vicino alla fonte ITIS141, avendo la sua area epicentrale nei pressi della città di Argenta.

- **ITCS047 Castelvetro di Modena-Castel**

DISS-ID	ITCS047
Name	Castelvetro di Modena-Castel San Pietro Terme
Compiler(s)	Burrato P.(1)
Contributor(s)	Burrato P.(1), Basili R.(1)
Affiliation(s)	1) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; Sismologia e Tettonofisica; Via di Vigna Murata, 605, 00143 Roma, Italy
Created	08-Jan-2005
Updated	25-Jun-2015
Display map ...	
Related sources	ITIS091 ITIS103

PARAMETRIC INFORMATION

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	2.0	OD	Based on geological data from various authors.
Max depth [km]	8.0	OD	Based on geological data from various authors.
Strike [deg] min... max	85...135	OD	Based on geological data from various authors.
Dip [deg] min... max	20...40	OD	Based on geological data from various authors.
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional geological data.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.24...0.63	EJ	Based on geological data by Ponza et al. (2010) and Gunderson et al. (2013).
Max Magnitude [Mw]	6.0	EJ	Based on geological data and analysis of regional seismicity.

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP;EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Questo lineamento potrebbe attraversare la regione della valle superiore del fiume Reno, attorno alla città di Bologna, e probabilmente appartiene al sistema di sovrascorrimento appenninico. Si tratta di un sistema vergente verso NE.

I cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione Mw (4,5 < Mw 5,0) e di una sismicità dannosa nella Settore centrale e occidentale della regione. I terremoti chiave si sono verificati (da est a ovest): il 3 gennaio 1505 (Mw 5,5, Bologna), il 20 aprile 1929 (Mw 5,5 bolognesi) e il 20 luglio 1399 (Mw 5,4, Modenese). Appena a sud della zona, è avvenuto il 6 febbraio 1455 (Mw 5.4, bolognese).

F3. PERICOLOSITÀ SISMICA

Riguardo ai dati di Disaggregazione della pericolosità sismica per il sito, sono stati estratti dal portale internet dell'INGV i valori riportati nella Mappa interattiva di Pericolosità Sismica e che sono riportati nelle seguenti immagini e tabelle distinti per ogni comune.

- **Castel Maggiore**

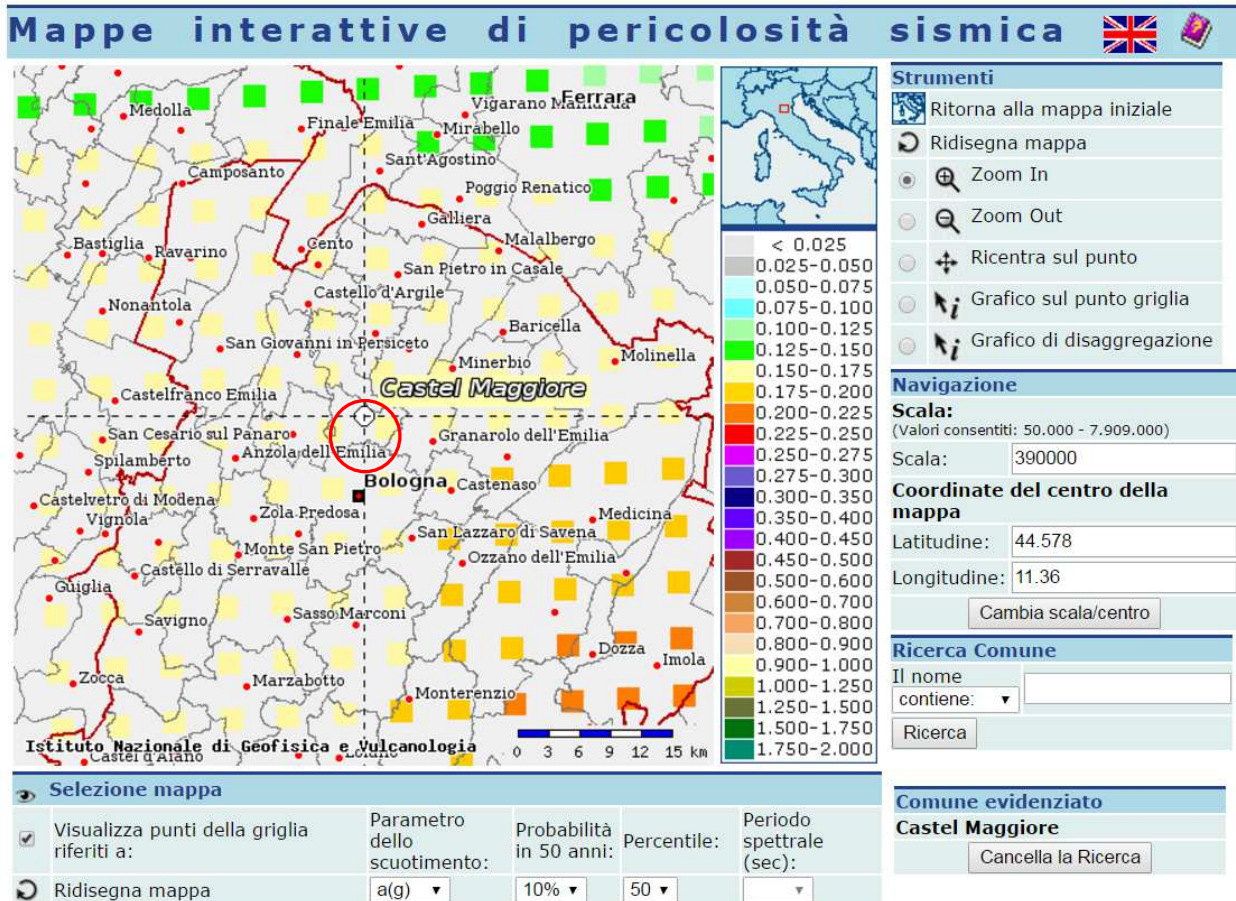
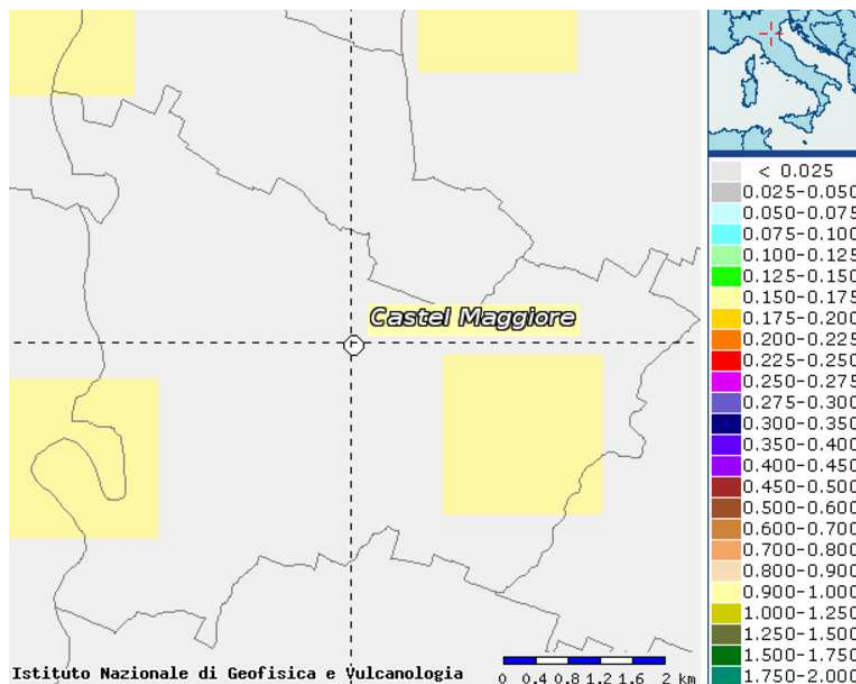
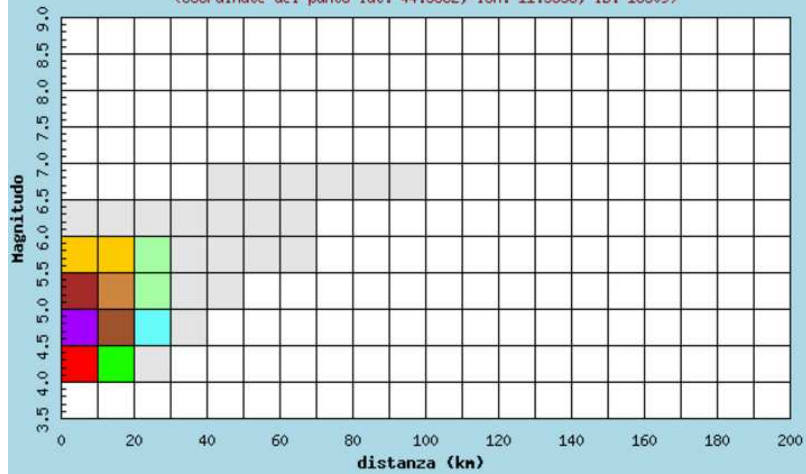


Figura 12 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.5662, lon: 11.3858, ID: 16509)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.5662, lon: 11.3858, ID: 16509)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.700	27.900	14.800	6.430	0.620	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.330	9.370	8.450	5.410	0.555	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.059	1.020	2.290	2.260	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.012	0.377	0.792	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.012	0.160	0.036	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.018	0.021	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.004	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.970	9.260	0.849

- Argelato

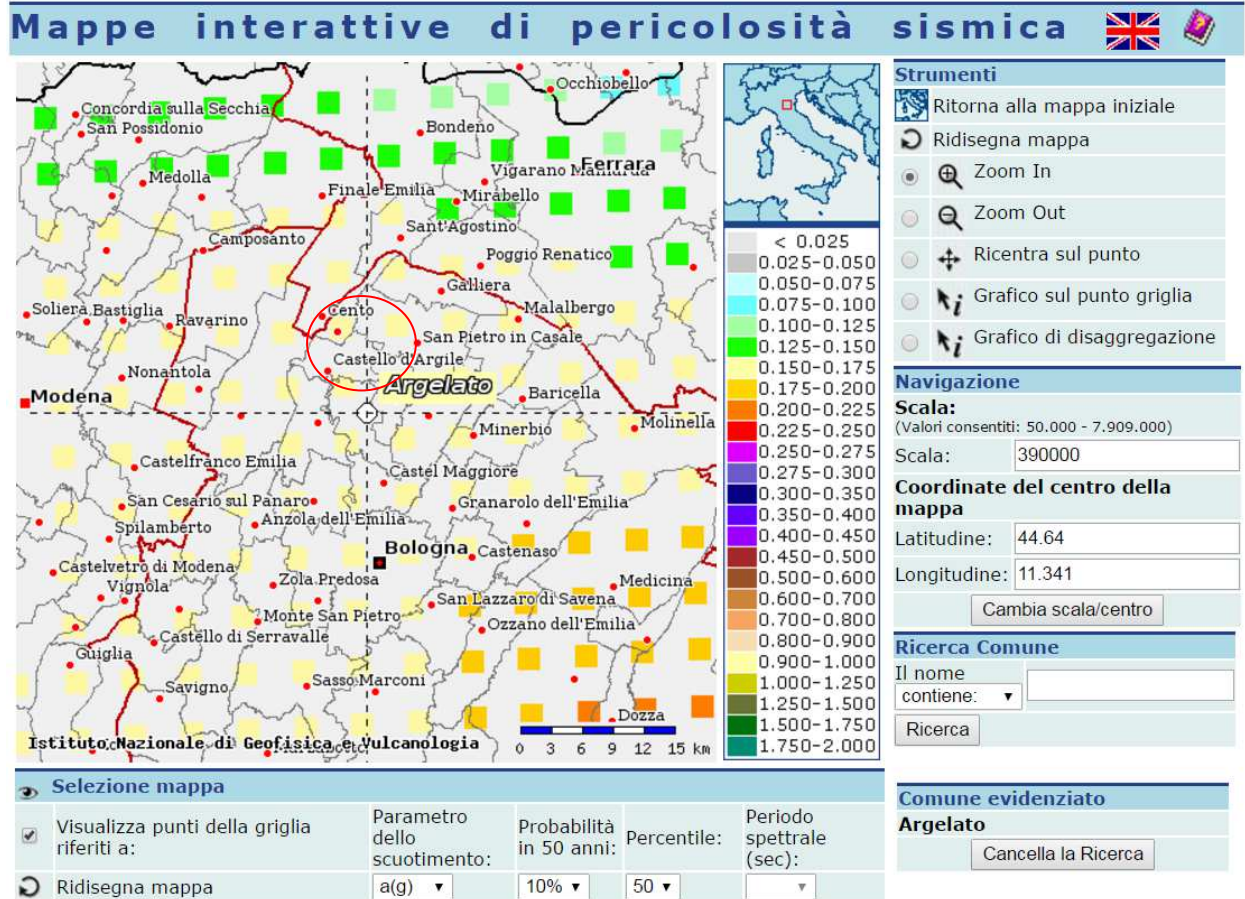
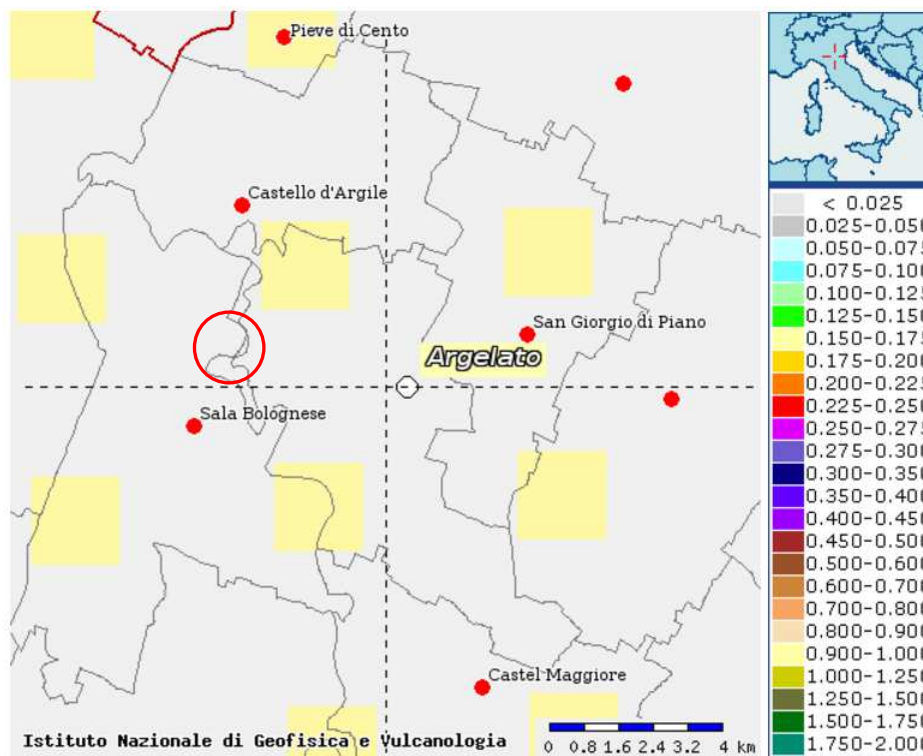
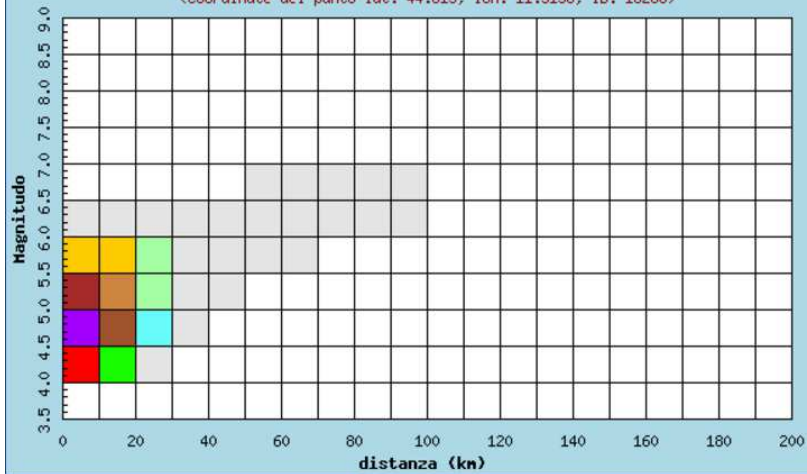


Figura 13 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.615, lon: 11.3138, ID: 16286)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.615, lon: 11.3138, ID: 16286)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.000	26.700	14.200	6.510	0.734	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.670	9.970	8.750	5.700	0.673	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.107	1.250	2.420	2.320	0.306	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.026	0.463	0.829	0.123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.020	0.183	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.024	0.017	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.610	0.793

- **Bentivoglio**

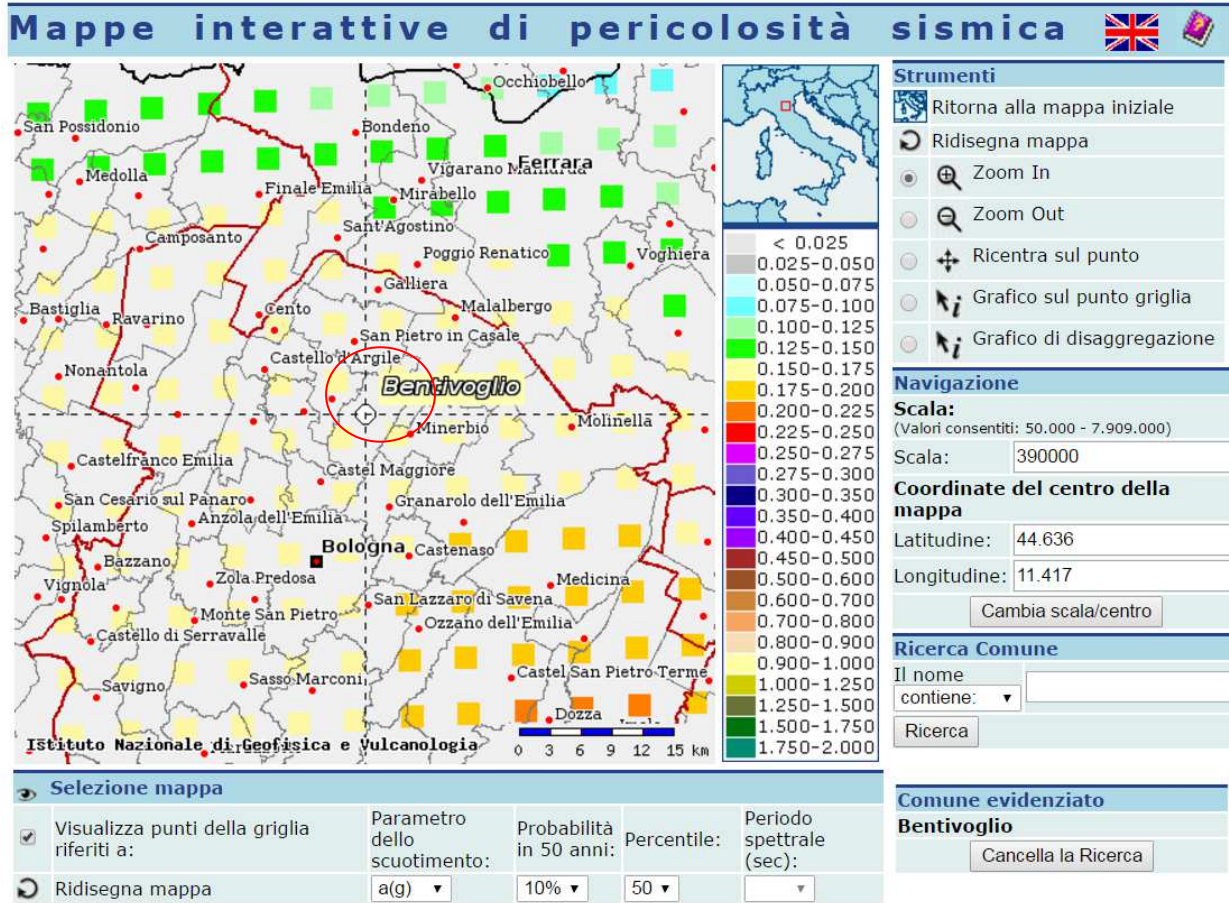
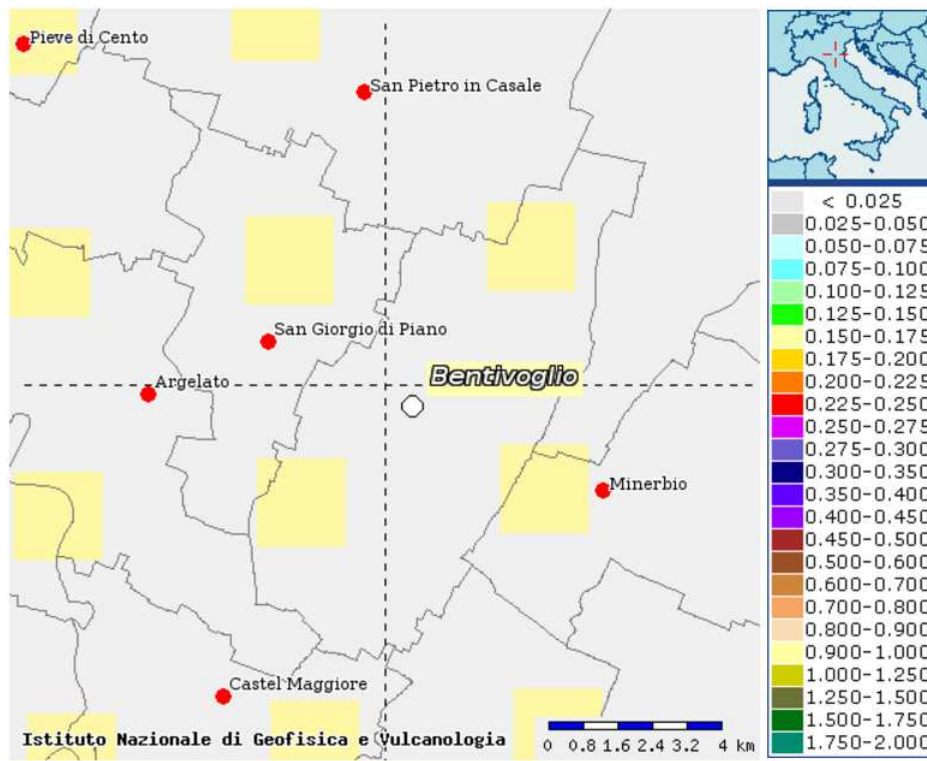
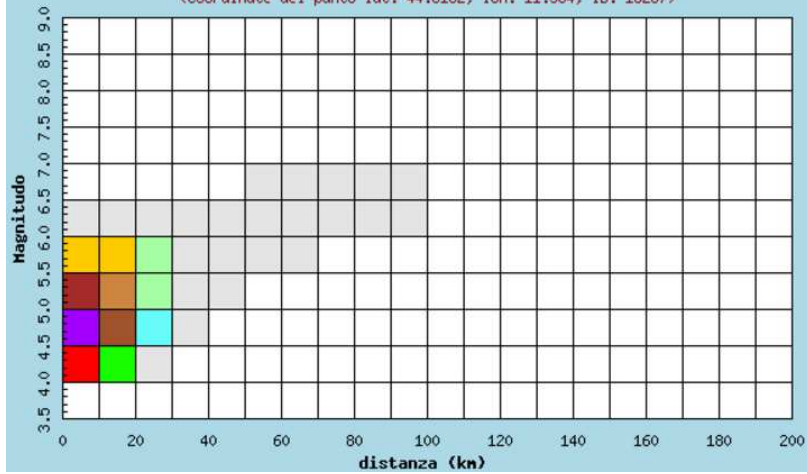


Figura 14 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.6162, lon: 11.384, ID: 16287)



Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.6162, lon: 11.384, ID: 16287)											
Distanza in km	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.000	26.600	14.200	6.480	0.738	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.620	9.860	8.690	5.730	0.698	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.113	1.290	2.500	2.420	0.323	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.026	0.451	0.807	0.120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.019	0.180	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.025	0.015	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.550	0.778

- San Giorgio di Piano

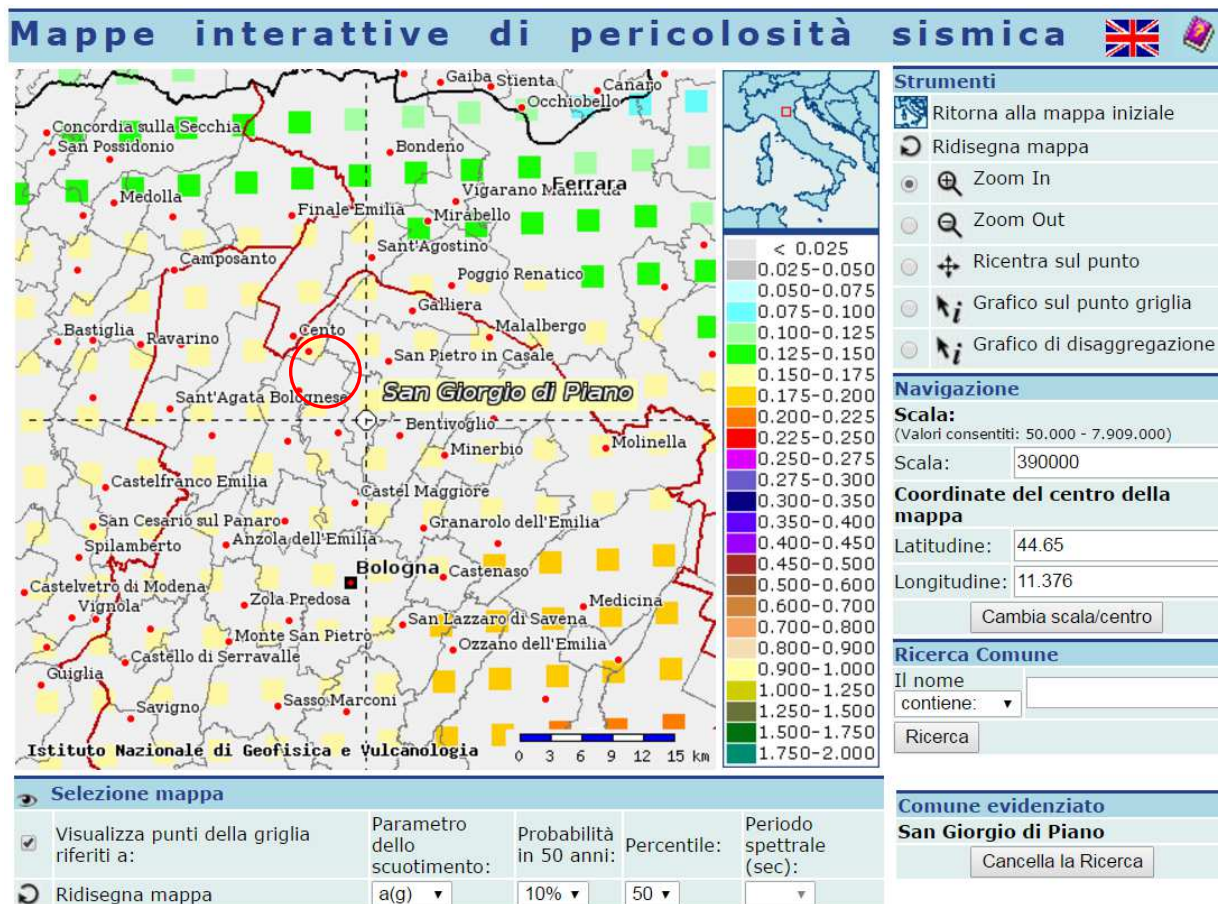
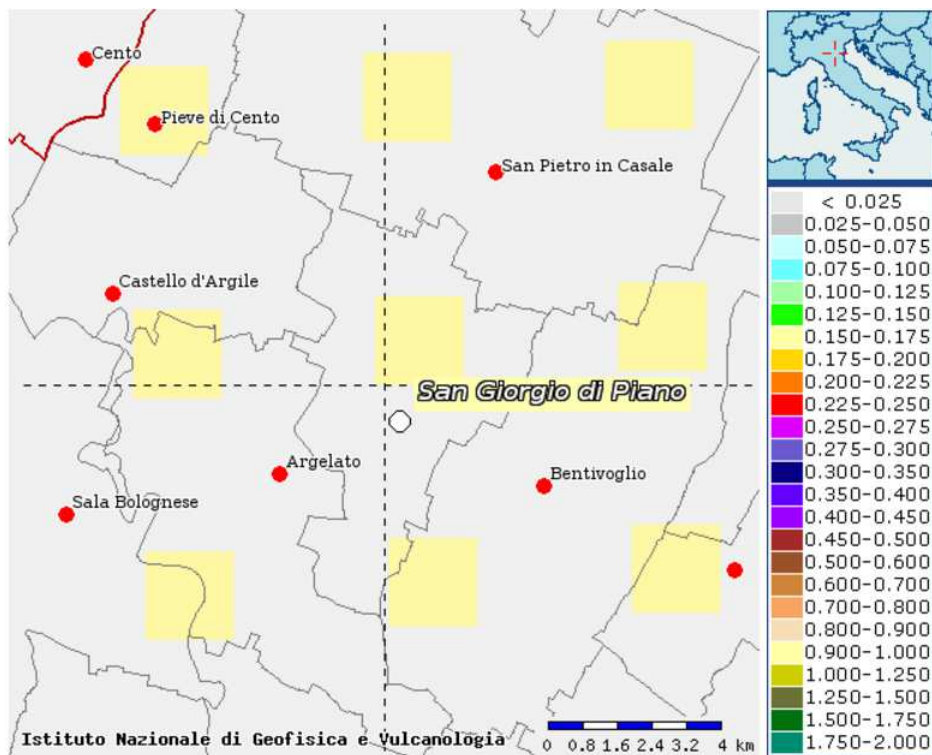
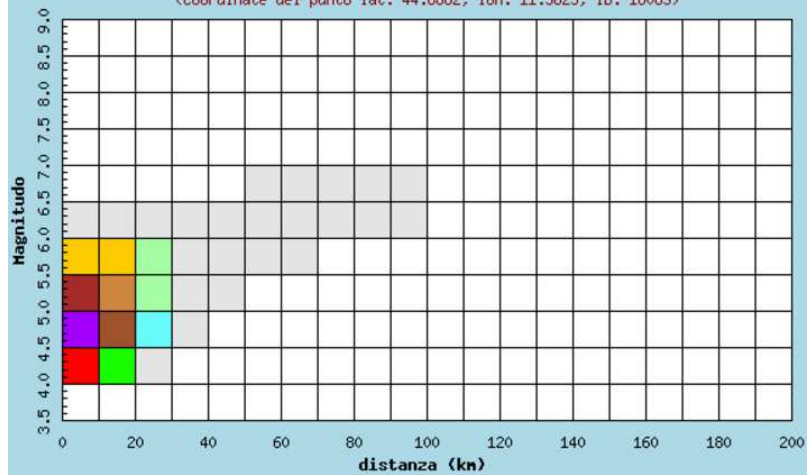


Figura 15 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.6662, lon: 11.3823, ID: 16065)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.6662, lon: 11.3823, ID: 16065)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.100	26.500	13.900	6.280	0.710	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.660	9.870	8.720	6.040	0.849	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.160	1.430	2.510	2.430	0.357	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.031	0.420	0.702	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.026	0.188	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.030	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.650	0.739

- San Pietro in Casale

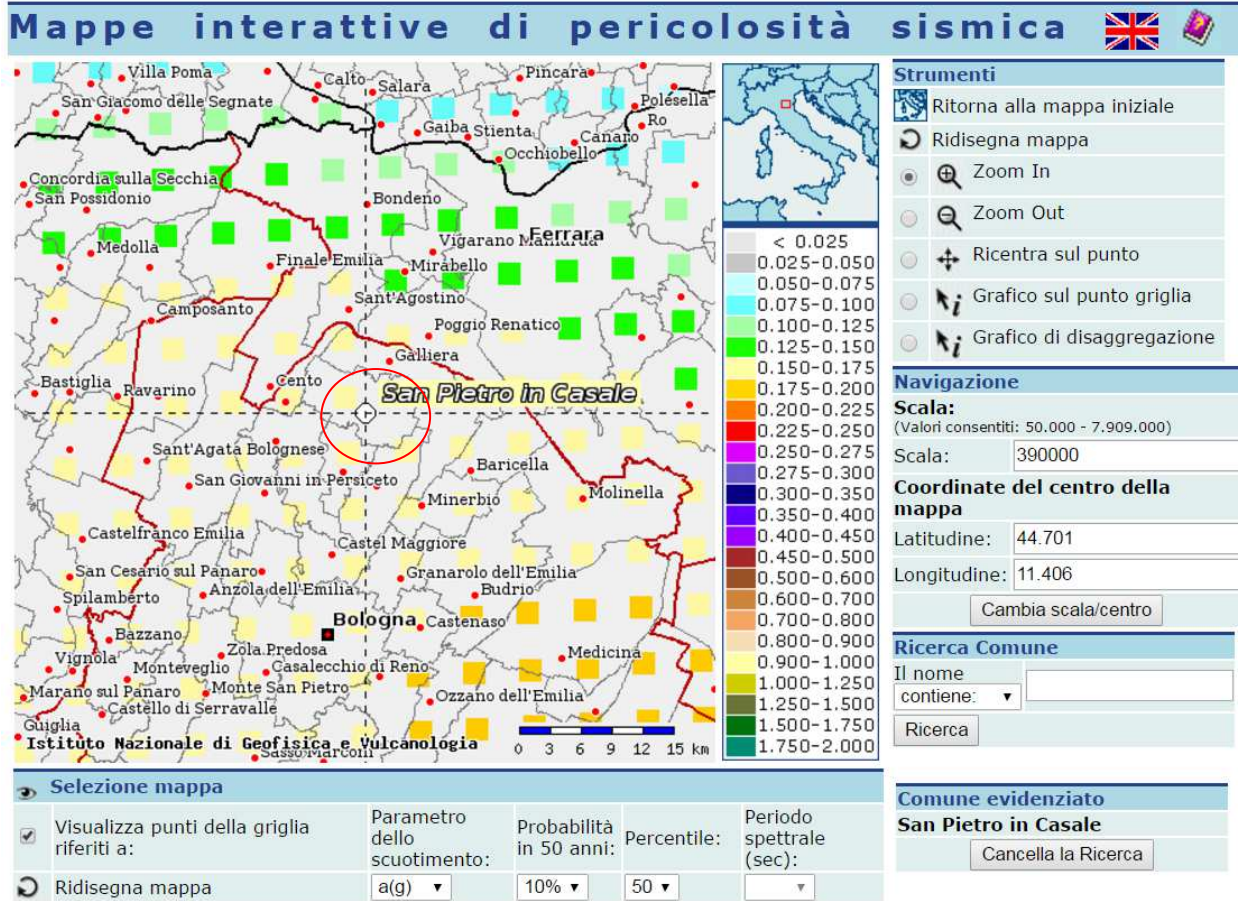
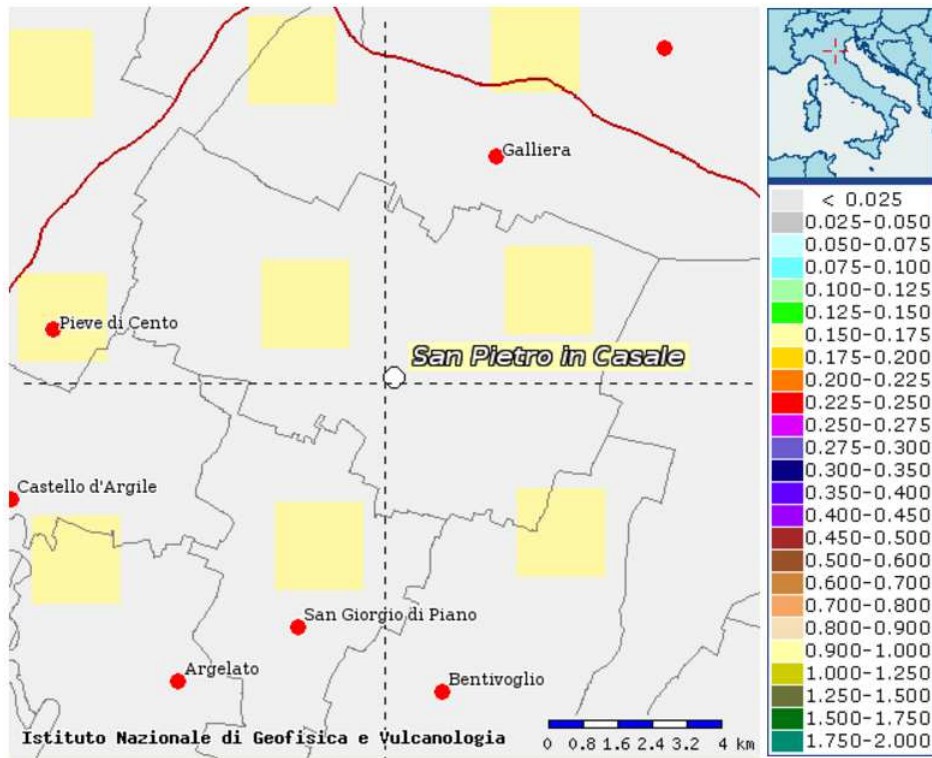
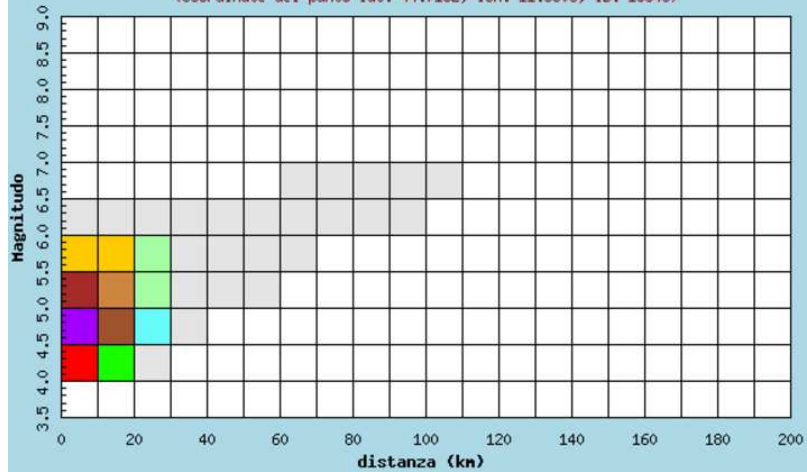


Figura 16 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.7162, lon: 11.3805, ID: 15843)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7162, lon: 11.3805, ID: 15843)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.000	26.200	13.700	6.150	0.693	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.860	10.300	8.990	6.280	0.912	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.200	1.420	2.320	2.280	0.369	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.034	0.398	0.646	0.099	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.029	0.187	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.670	0.726

- Pieve di Cento

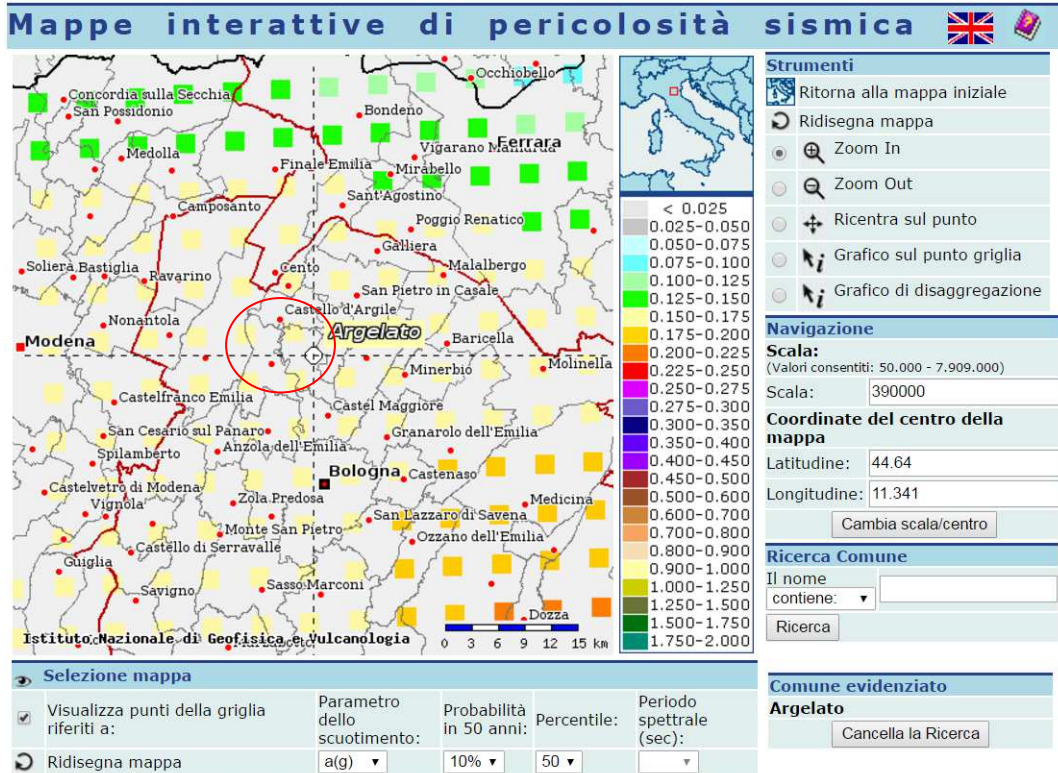
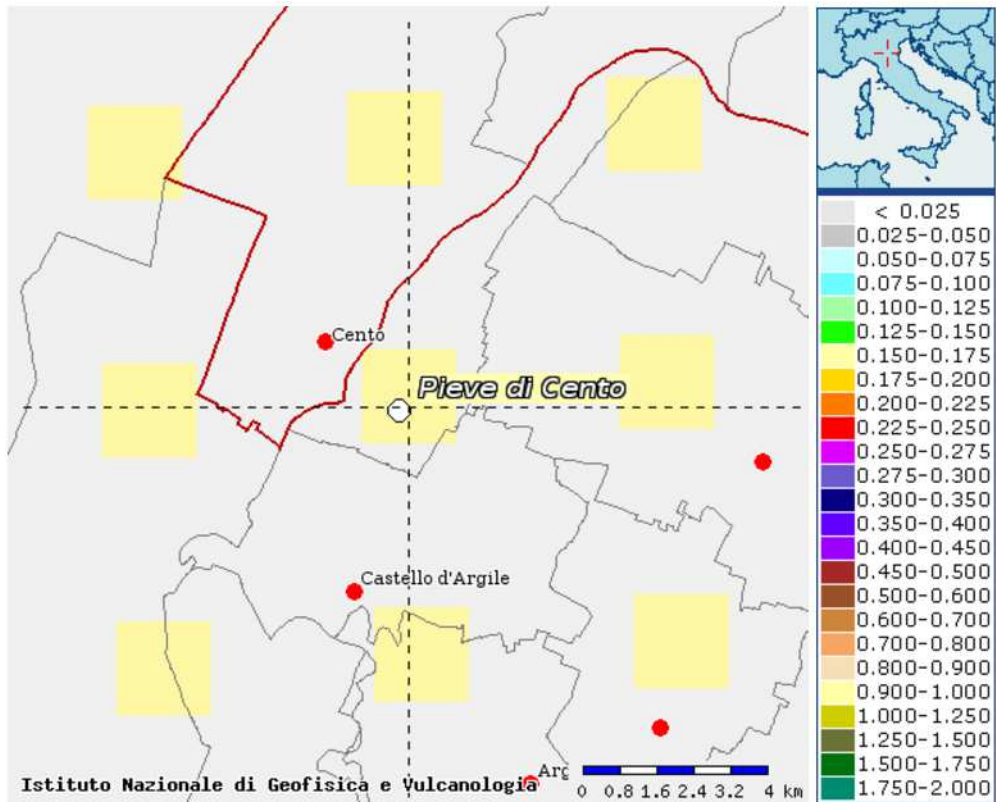
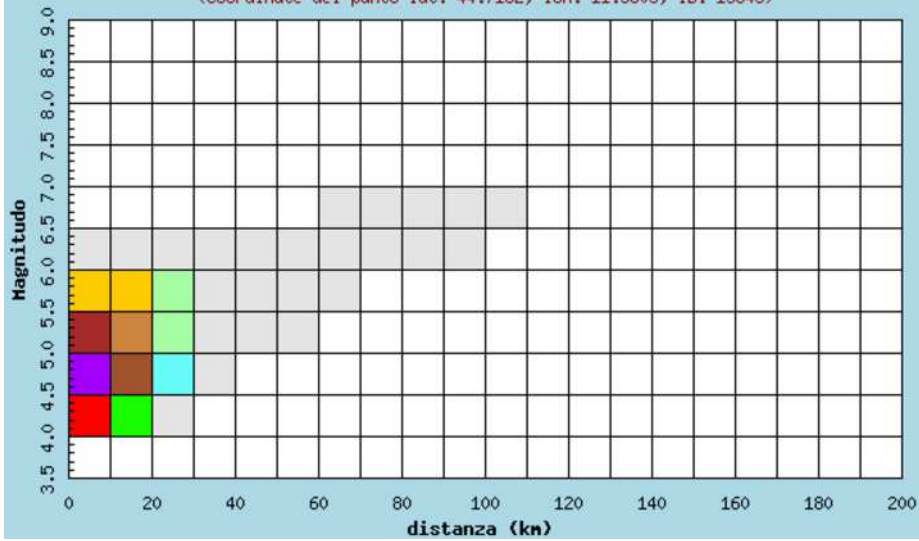


Figura 17 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.7162, lon: 11.3805, ID: 15843)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7149, lon: 11.3102, ID: 15842)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.000	26.300	13.700	6.190	0.699	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.780	10.100	8.860	6.190	0.901	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.198	1.460	2.390	2.330	0.367	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.033	0.390	0.632	0.096	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.028	0.181	0.032	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.004	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.006	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.650	0.725

- Castello d'Argile

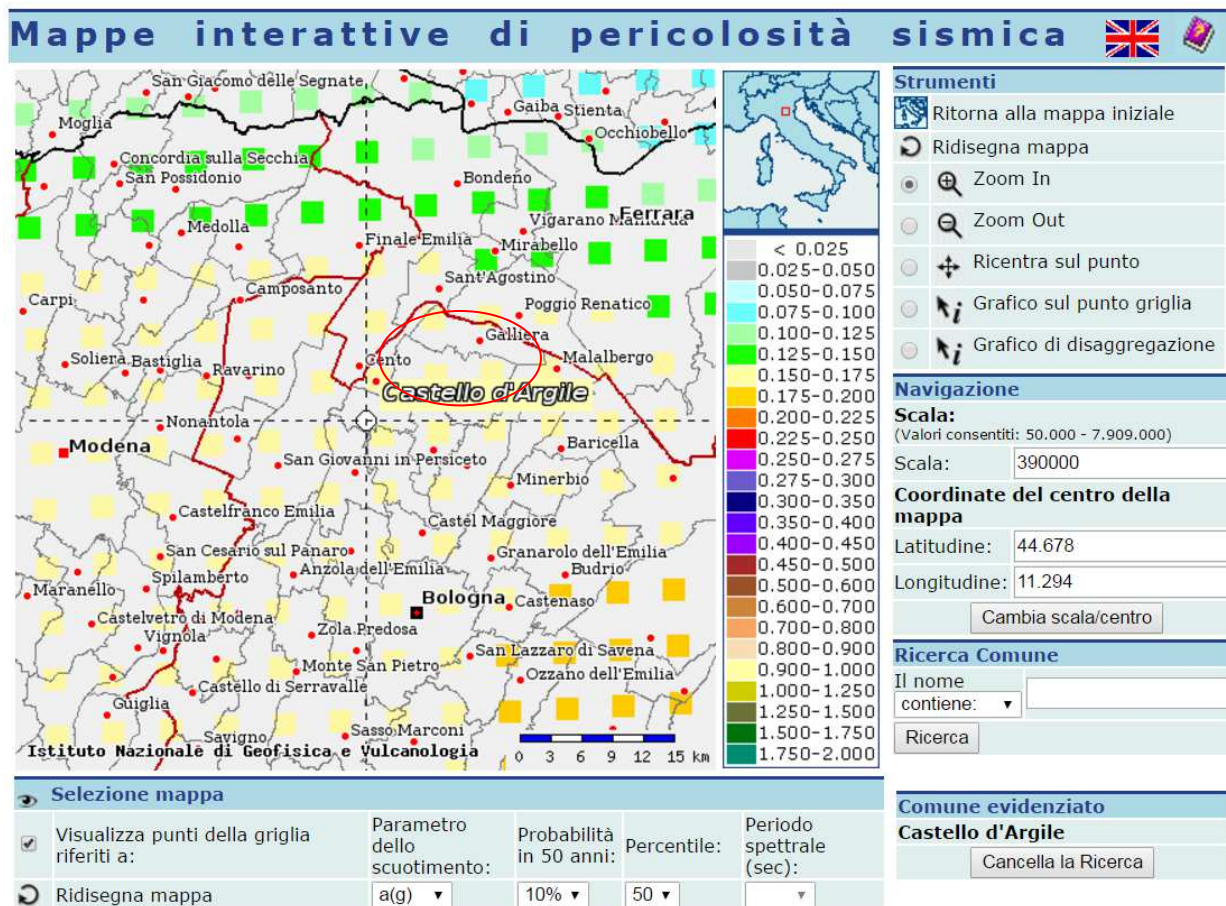
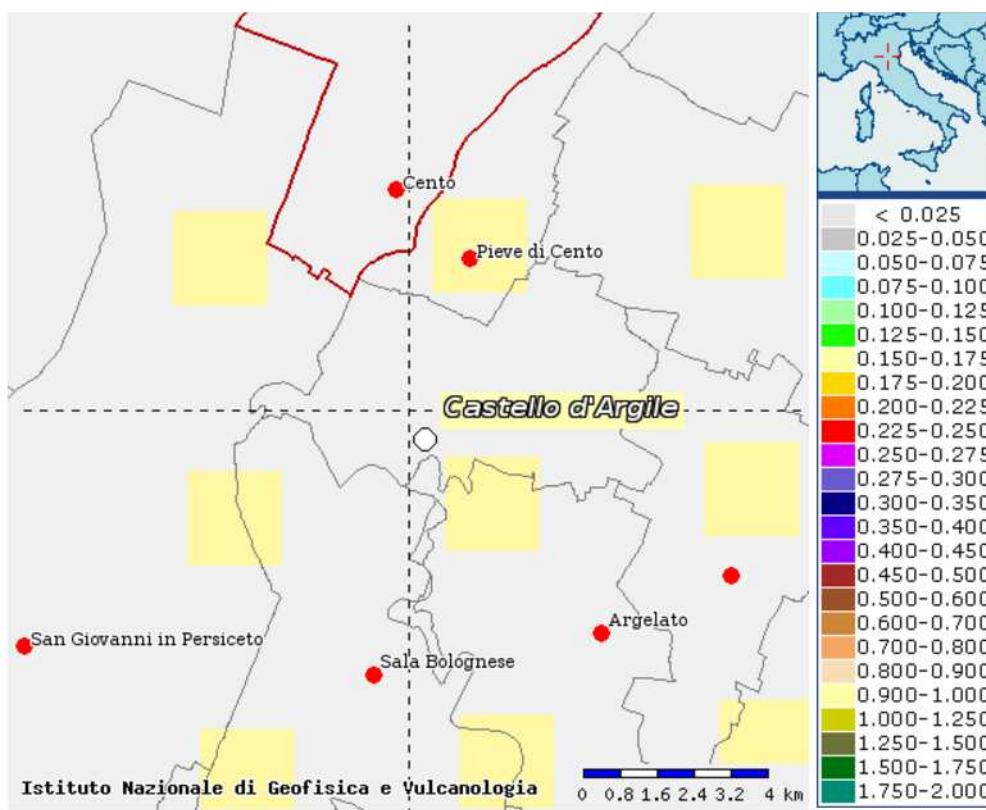
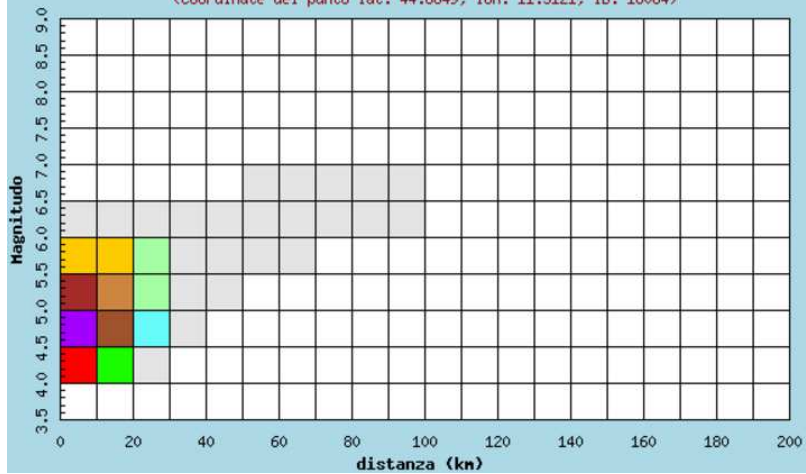


Figura 18 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)



Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
 Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza
 del 10% in 50 anni

(Coordinate del punto lat: 44.6649, lon: 11.3121, ID: 16064)



Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.6649, lon: 11.3121, ID: 16064)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.100	26.500	13.900	6.260	0.708	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.680	9.910	8.730	6.000	0.832	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.157	1.420	2.480	2.380	0.345	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.032	0.429	0.710	0.102	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.026	0.185	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.026	0.010	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.005	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.980	9.600	0.735

- Galliera

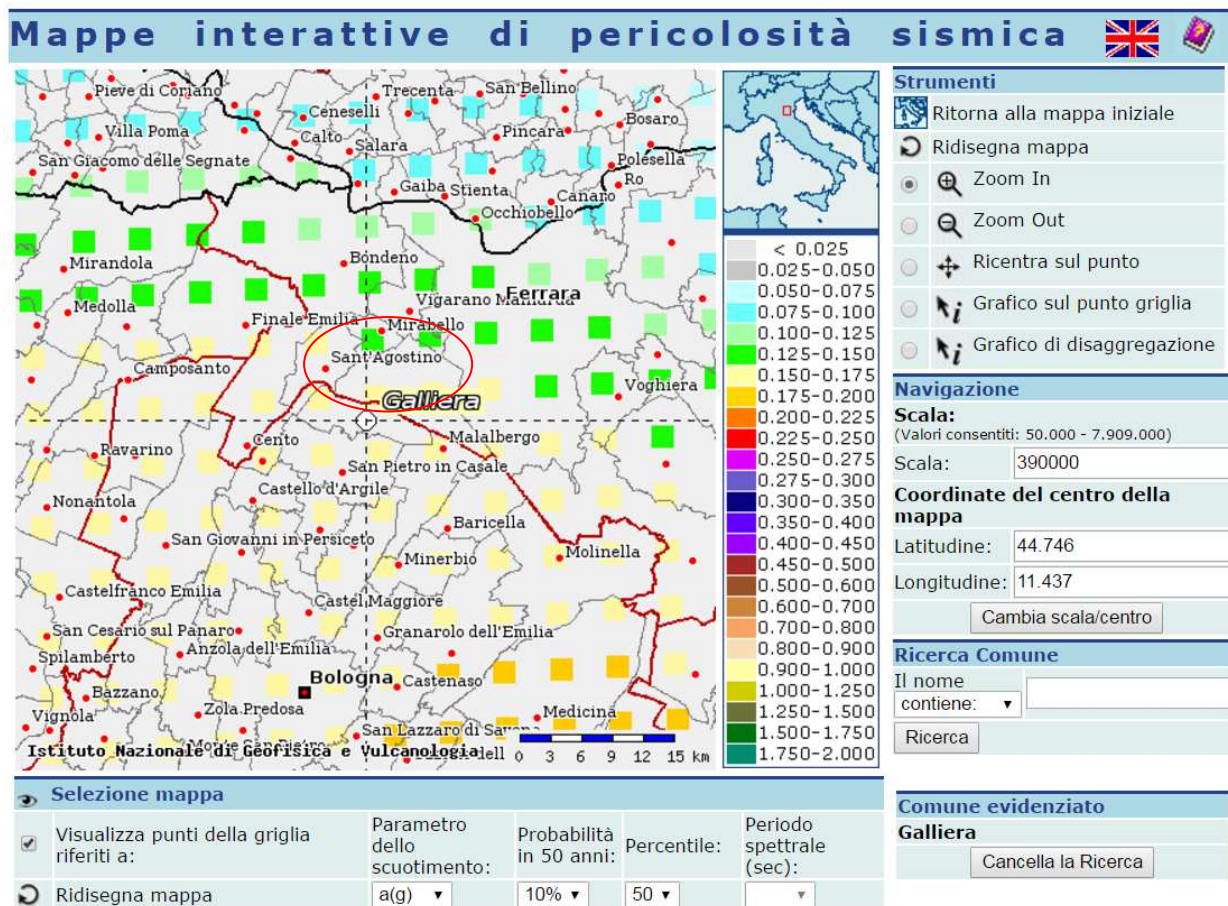
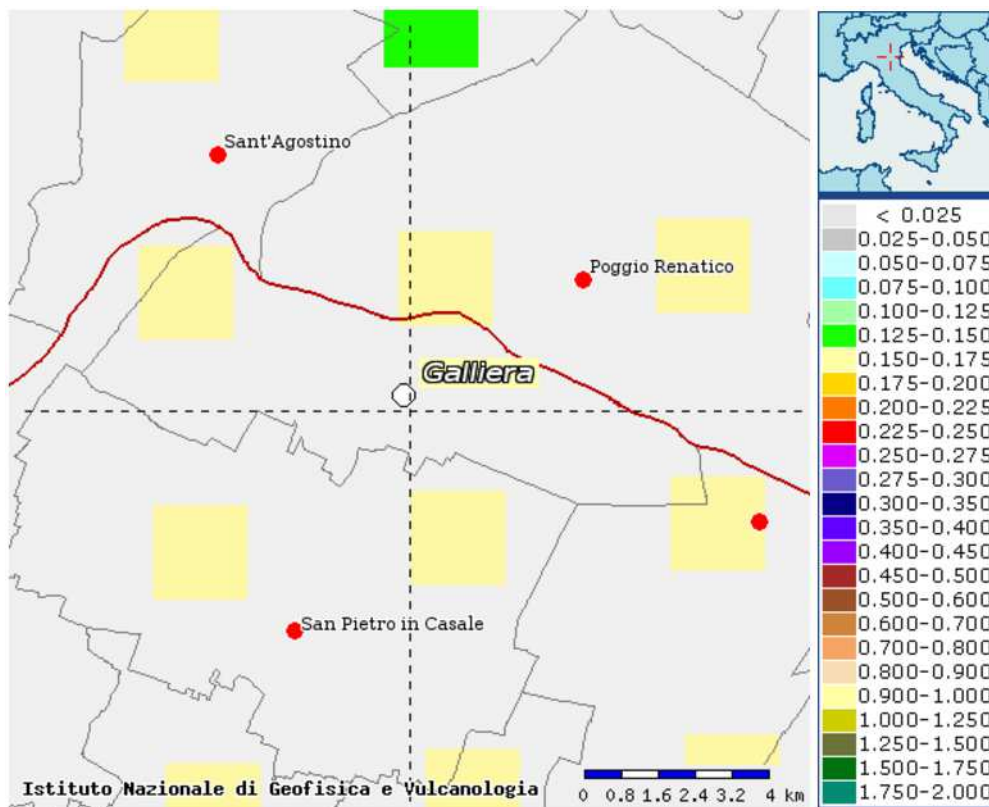
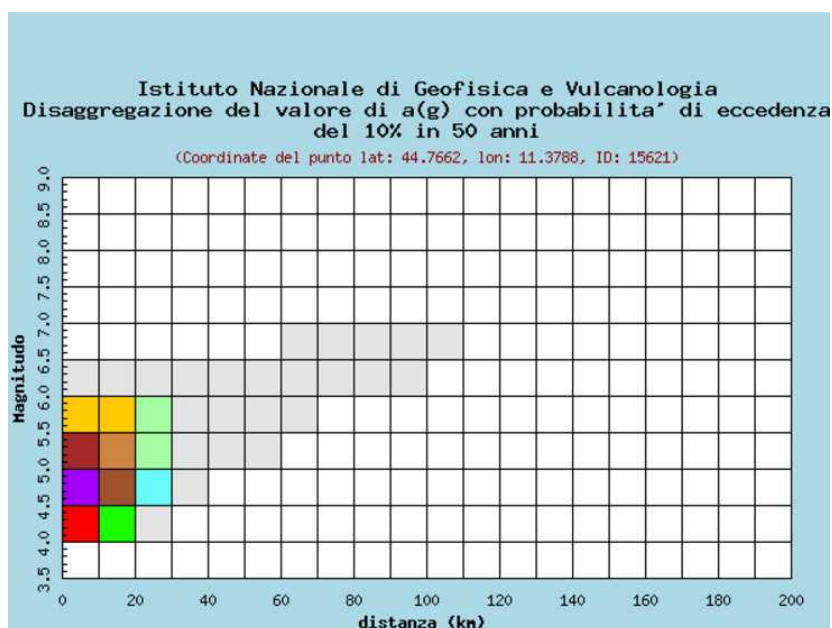


Figura 19 e succ.: mappe ed estratti per la determinazione della pericolosità sismica (INGV)





Distanza in km	Disaggregazione del valore di a(g) con probabilita' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 44.7662, lon: 11.3788, ID: 15621)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	15.200	26.500	13.800	6.150	0.692	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	3.960	10.400	8.950	6.160	0.887	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.190	1.280	2.010	2.040	0.358	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.043	0.394	0.622	0.104	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.034	0.190	0.035	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.033	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.008	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.008	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.003	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
4.970	9.570	0.698

“La disaggregazione (o deaggregazione) della pericolosità sismica (McGuire, 1995; Bazzurro and Cornell, 1999) è un’operazione che consente di valutare i contributi di diverse sorgenti sismiche alla pericolosità di un sito. La forma più comune di disaggregazione è quella bidimensionale in magnitudo e distanza (M-R) che permette di definire il contributo di sorgenti sismogenetiche a distanza R capaci di generare terremoti di magnitudo M. Espresso in altri

termini il processo di disaggregazione in M-R fornisce il terremoto che domina lo scenario di pericolosità (terremoto di scenario) inteso come l'evento di magnitudo M a distanza R dal sito oggetto di studio che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito stesso. Analogamente alla disaggregazione in M-R è possibile definire la disaggregazione tridimensionale in M-R- ϵ dove ϵ rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento (logaritmico) devia dal valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R¹".

Il valore medio di magnitudo M secondo il metodo suddetto risulta essere (per i comuni di interesse) piuttosto omogeneo e pari a circa 4.97-4.98 M.

¹ INGV: Disaggregazione della pericolosità sismica in termini di M-R- ϵ D. Spallarossa, S. Barani

1.6.4 DATABASE DEI TERREMOTI

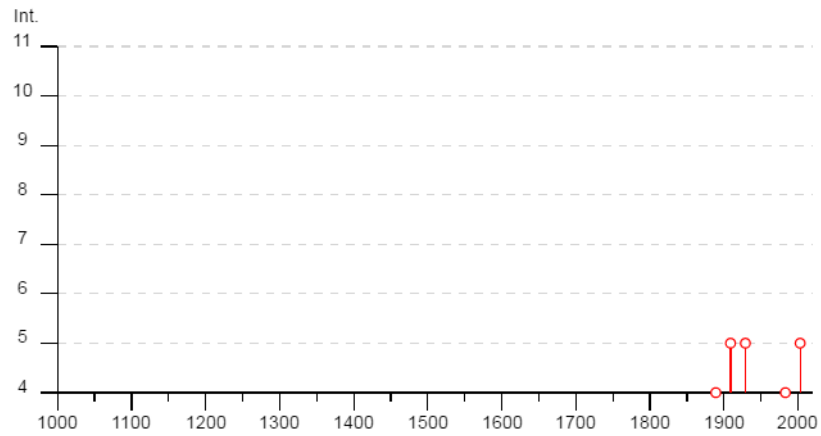
Di seguito viene riportato il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti che hanno interessato i comuni attraversati dalla pista ciclabile e che sono inserite nel catalogo parametrico CPT15.

Castel Maggiore



PlaceID	IT_39511
Coordinate (lat, lon)	44.575, 11.363
Comune (ISTAT 2015)	Castel Maggiore
Provincia	Bologna
Regione	Emilia-Romagna
Numero di eventi riportati	20

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
4	1889	03	08	02	57	0	Bolognese	38	5	4.53
NF	1898	01	16	13	10		Romagna settentrionale	110	6	4.59
NF	1908	06	02	22	30		Frignano	18	4-5	4.50
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
NF	1956	04	26	03	00	0	Appennino bolognese	89	6	4.74
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
3	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
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
3-4	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
3-4	1989	09	13	21	54	0	Prealpi Vicentine	779	6-7	4.85
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
NF	2000	05	08	12	29	5	Faentino	126	5	4.67
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
5	2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
3	2005	07	15	15	17	1	Forlivese	173	4-5	4.29



► Personalizza il diagramma

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Funò	1	2
Corticella	2	3
Trebbo di Reno	3	4
Granarolo dell'Emilia	10	7
Calderara di Reno	6	7
Argelato	2	8
San Giorgio di Piano	16	8
Bentivoglio	10	8
Armarolo	1	8
Ca' de' Fabbri	1	9
Bologna	204	9
Borgo Panigale	5	9
Sala Bolognese	6	9

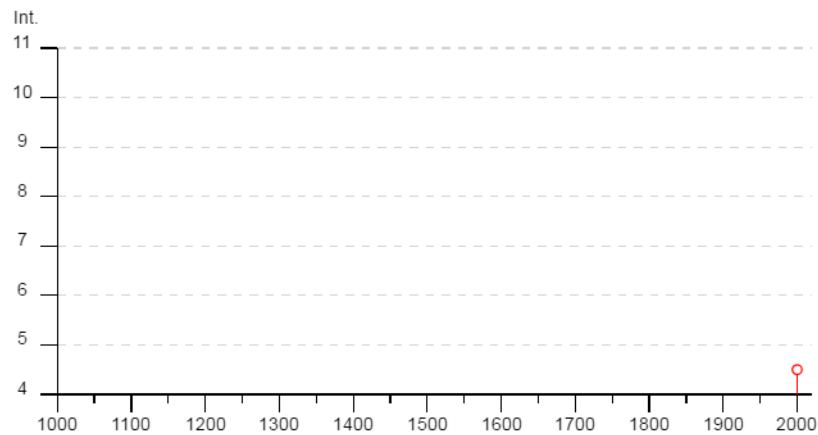
Dopo il 1900 si sono verificati almeno tre episodi con Intensità 8 (o Mw) > 5.0

Argelato



PlaceID IT_39241
 Coordinate (lat, lon) 44.642, 11.348
 Comune (ISTAT 2015) Argelato
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 2

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5 4.11
4-5	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
San Giorgio di Piano	16	2
Funo	1	6
Castello d'Argile	8	6
Bentivoglio	10	6
Castel Maggiore	20	8
San Pietro in Casale	7	8
Sala Bolognese	6	8
Pieve di Cento	6	9
Ca' de' Fabbri	1	9
Trebbo di Reno	3	10
Sant'Alberto	2	10

Nel 2000 si è verificato almeno 1 episodio con Intensità (o Mw) > 4.5.

Bentivoglio



PlaceID IT_39262
 Coordinate (lat, lon) 44.634, 11.423
 Comune (ISTAT 2015) Bentivoglio
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 10

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
7	1505	01	03	02			Bolognese	31	8	5.62
4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1963	08	09	06	05		Romagna	16	5	5.23
5	1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
3	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5	4.87
NF	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000	05	06	22	07	0	Faentino	85	5	4.08
NF	2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
2-3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40



► Personalizza il diagramma

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Ca' de' Fabbri	1	3
San Giorgio di Piano	16	4
Minerbio	15	5
Armarolo	1	6
Argelato	2	6
Altedo	3	6
Funo	1	6
San Pietro in Casale	7	8
Castel Maggiore	20	8
Maddalena di Cazzano	2	8
Baricella	14	9
Granarolo dell'Emilia	10	9
Sant'Alberto	2	10

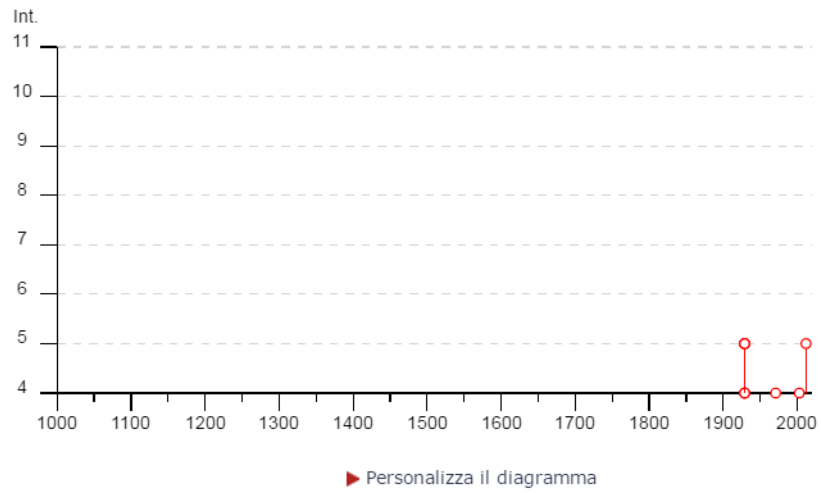
Nel 1500 si è verificato un episodio con $I > 7.0$. Dopo il 1950 un episodio ha superato un'intensità (o MW) di 5.

San Giorgio di Piano



PlaceID IT_40162
 Coordinate (lat, lon) 44.646, 11.376
 Comune (ISTAT 2015) San Giorgio di Piano
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 16

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	🔗 1908	07	10	02	13	3	Carnia	119	7-8	5.31
4	🔗 1929	04	10	05	44		Bolognese	87	6	5.05
3	🔗 1929	04	12	00	32		Bolognese	7	4	4.82
5	🔗 1929	04	19	04	16		Bolognese	82	6-7	5.13
5	🔗 1929	04	20	01	10		Bolognese	109	7	5.36
4	🔗 1929	04	22	08	26		Bolognese	41	6-7	5.10
4	🔗 1929	04	28	19	40		Bolognese	20	6	4.73
5	🔗 1929	04	29	18	36		Bolognese	45	6	5.20
5	🔗 1929	05	11	19	23		Bolognese	64	6-7	5.29
2	🔗 1957	08	27	11	54		Appennino modenese	58	5	4.73
4	🔗 1971	07	15	01	33	2	Parmense	228	8	5.51
NF	🔗 1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
3	🔗 2000	05	10	16	52	1	Faentino	151	5-6	4.82
2	🔗 2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
4	🔗 2003	09	14	21	42	5	Appennino bolognese	133	6	5.24
5	🔗 2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Argelato	2	2
Bentivoglio	10	4
Funo	1	6
San Pietro in Casale	7	7
Ca' de' Fabbri	1	7
Castello d'Argile	8	7
Castel Maggiore	20	8
Sant'Alberto	2	9
Altedo	3	9
Armarolo	1	9
Pieve di Cento	6	9
Minerbio	15	9

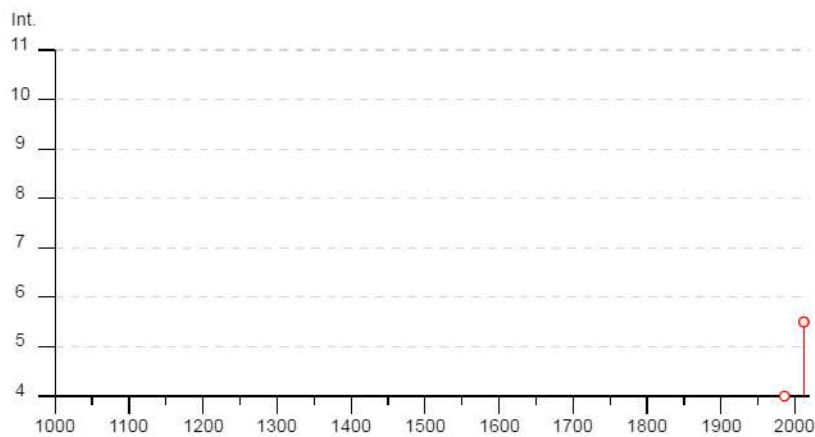
Dopo il 1900 si sono verificati due episodi con $I > 5.0$ (o MW).

San Pietro in Casale



PlaceID IT_40239
 Coordinate (lat, lon) 44.701, 11.405
 Comune (ISTAT 2015) San Pietro in Casale
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 7

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1892	08	09	07	58		Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
NF	1965	11	09	15	35		Appennino reggiano	32	5	4.17
4	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6	4.43
NF	1998	03	26	16	26	1	Appennino umbro-marchigiano	409		5.26
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
5-6	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7	6.09
5-6	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Sant'Alberto	2	2
San Venanzio	1	6
Galliera	8	6
San Giorgio di Piano	16	7
Bentivoglio	10	8
Altedo	3	8
Pieve di Cento	6	8
Argelato	2	8
Castello d'Argile	8	9
Dosso	2	9
Poggio Renatico	13	10
Cento	52	10
Corpo Reno	2	10

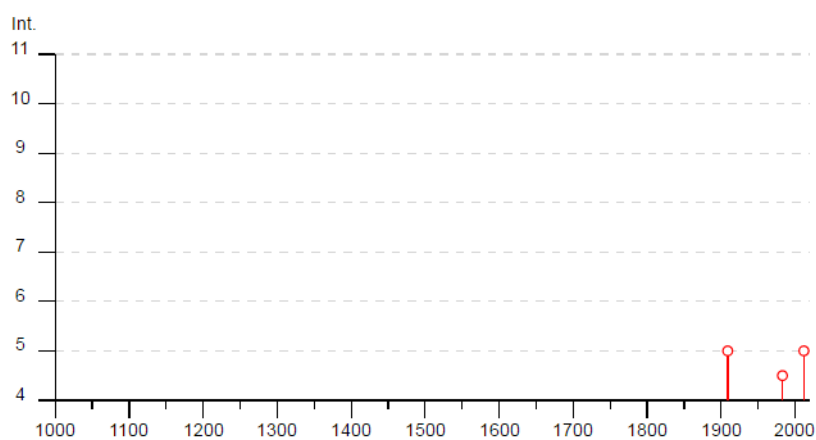
Nel 2000 si è verificato almeno 1 episodio con Intensità (o Mw) > 5.5.

Pieve di Cento



PlaceID IT_40079
 Coordinate (lat, lon) 44.713, 11.307
 Comune (ISTAT 2015) Pieve di Cento
 Provincia Bologna
 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
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4-5	1983	11	09	16	29	5	Parmense	850	6-7	5.04
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
5	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Cento	52	2
Castello d'Argile	8	4
Corpo Reno	2	5
Renazzo	6	6
Dosso	2	6
Sant'Alberto	2	8
San Pietro in Casale	7	8
Galliera	8	8
Molino Albergati	2	8
Argelato	2	9
Dodici Morelli	2	9
San Giorgio di Piano	16	9
Pilastrello	2	9
Galeazza	2	10

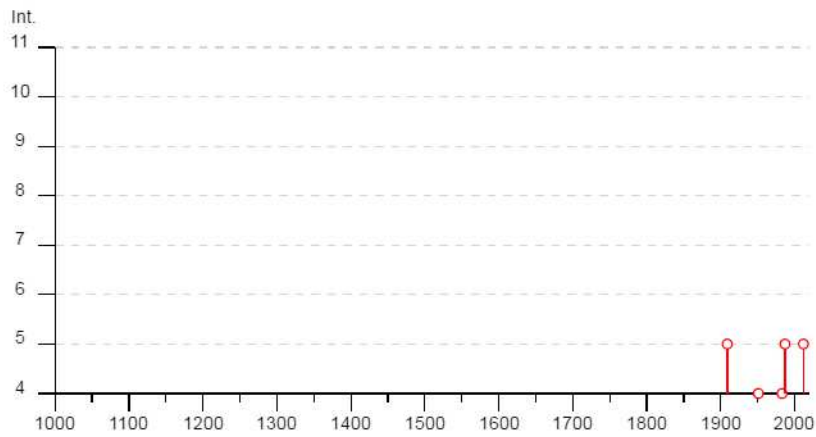
Dopo il 1900 si sono verificati due episodi con $I \approx 5.0$ (o MW).

Castello d'Argile



PlaceID IT_39492
 Coordinate (lat, lon) 44.681, 11.296
 Comune (ISTAT 2015) Castello d'Argile
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 8

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
4	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7	5.17
4	1983	11	09	16	29	5	Farmense	850	6-7	5.04
5	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6	4.71
NF	1992	04	17	11	59	0	Appennino bolognese	56	4-5	4.11
NF	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6	4.40
NF	2002	06	18	22	23	3	Frignano	186	4	4.30
5	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8	5.90



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Pieve di Cento	6	4
Cento	52	5
Argelato	2	6
San Giorgio di Piano	16	7
Sala Bolognese	6	8
Corpo Reno	2	8
San Pietro in Casale	7	9
Renazzo	6	9
Sant'Alberto	2	10
San Giovanni in Persiceto	27	10

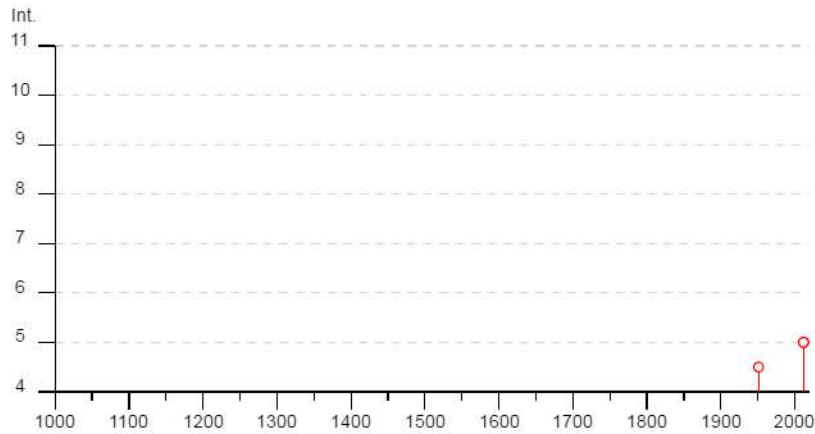
Dopo il 1900 si sono verificati tre episodi con $I \approx 5.0$ (o MW).

Galliera



PlaceID IT_39674
 Coordinate (lat, lon) 44.751, 11.393
 Comune (ISTAT 2015) Galliera
 Provincia Bologna
 Regione Emilia-Romagna
 Numero di eventi riportati 8

Effetti	In occasione del terremoto del						NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale		
F	1889	03	08	02	57	0	Bolognese	38	5 4.53
4-5	1951	05	15	22	54		Lodigiano	179	6-7 5.17
3	1972	10	25	21	56	1	Appennino settentrionale	198	5 4.87
F	1986	12	06	17	07	1	Ferrarese	604	6 4.43
NF	1987	05	02	20	43	5	Reggiano	802	6 4.71
3	2000	06	18	07	42	0	Pianura emiliana	304	5-6 4.40
5	2012	05	20	02	03	5	Pianura emiliana	53	7 6.09
5	2012	05	29	07	00	0	Pianura emiliana	87	7-8 5.90



Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
San Venanzio	1	3
Sant'Alberto	2	4
Dosso	2	5
Sant'Agostino	10	5
San Pietro in Casale	7	6
Molino Albergati	2	6
San Carlo	2	6
Corpo Reno	2	7
Poggio Renatico	13	7
Buonacompra	2	7
Pilastrello	2	8
Pieve di Cento	6	8
Renazzo	6	8
Cento	52	9
Dodici Morelli	2	9
Alberone	2	10
Mirabello	5	10
Casumaro	6	10
Reno Centese	2	10
Casumaro	1	10

Dopo il 1900 si sono verificati due episodi con $4.5 < I < 5.0$ (o MW).

G. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per il progetto in esame si fa riferimento alla campagna geognostica eseguita per la caratterizzazione geologica stratigrafica, geotecnica, idrogeologica e sismica dei terreni in corrispondenza delle principali opere.

Sono state eseguite dalla ditta Songeo Srl di Ferrara le seguenti prove:

- n° 14 CPTE spinte a 15 m dal p.c.;
- n° 6 Masw;
- n°1 HVSR;
- n° 1 Sondaggio a conservazione di nucleo spinto a 20,00 m dal p.c. con prelievo di un campione indisturbato.

Per il logs stratigrafici e le specifiche tecniche dei macchinari utilizzati si rimanda alla relazione sulle indagini redatta dalla ditta Songeo di Ferrara.

Elenco delle indagini eseguite:

Tratti ciclabile	Prove CPTE	Sondaggi a conservazione di nucleo	Sismica	Laboratorio
Tratto 1	2		1 MASW	
Tratto 2	2		1 MASW	
Tratto 3	2		1 MASW	
Tratto 4	2	1	1 MASW	1
Tratto 7	2		1 MASW	
Tratto 10_1	2		1 MASW	
Tratto 10_2	2		1 HVSR	

1.0 TRATTO 1

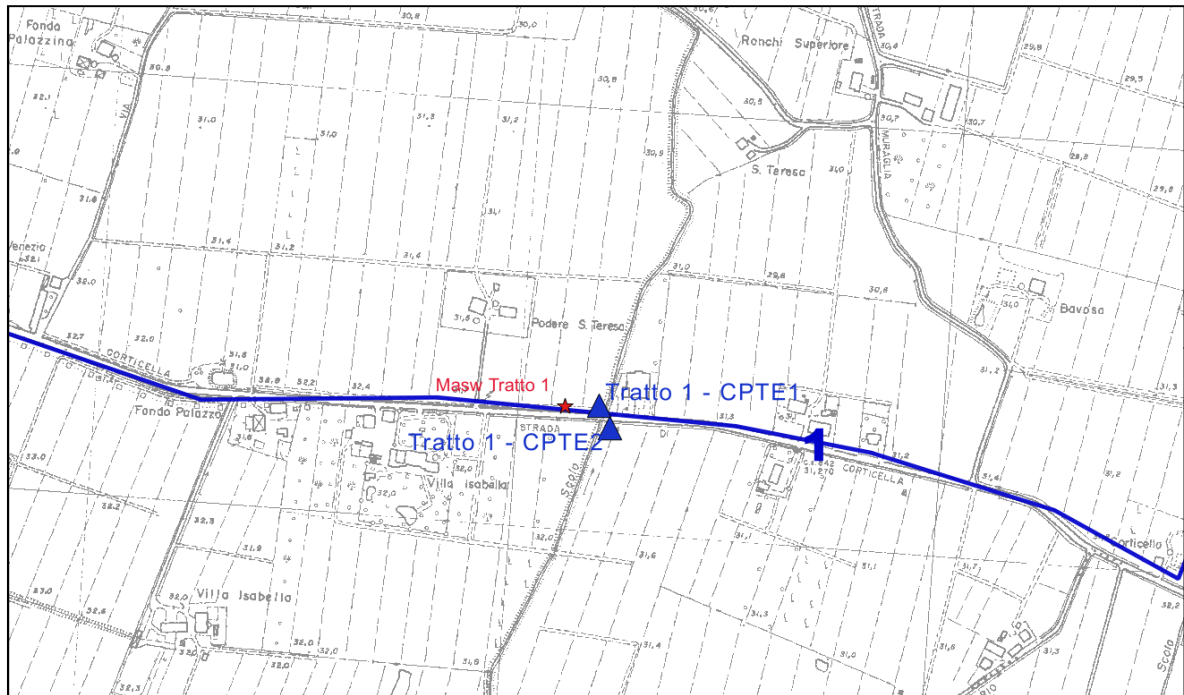


Figura 20 - stralcio planimetrico del tratto 1 con ubicazione di indagini geognostiche.

1.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

1.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 1 ricade nel comune di Castel Maggiore. Si articola con andamento longitudinale lungo una strada che ad Ovest lambisce il corso del Fiume Reno e a est segue la viabilità esistente attraversando lo Scolo Riolo fino a lambire la ferrovia, oltre la quale scorre il Canale Navile.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 31-31.4 mt slm.

La vocazione dell'area, un tempo prettamente agricola, è oggi stata modificata dalla forte presenza insediativa.

1.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nell'area in esame affiorano depositi alluvionali quaternari appartenenti all'Unità di Modena (AES8a), di natura prevalentemente limo-argillosa o limo-sabbiosa.

“Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o piu' antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

Alla luce di quanto indicato dalle prove eseguite, l'acquifero sarebbe costituito da sedimenti prevalentemente fini e quindi a bassa trasmissività.

Il piezometro della Rete ARPA "BO90-01" posto in prossimità del tracciato di progetto mostrava nell'unica misura disponibile che la soggiacenza era di 13.78 m. dal p.c..

1.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 1 si sviluppa in destra idrografica del fiume Reno, ma non interferisce con il corso d'acqua. Per realizzare la pista sarà invece realizzata una passarella in acciaio in corrispondenza dell'attraversamento dello Scolo Riolo.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

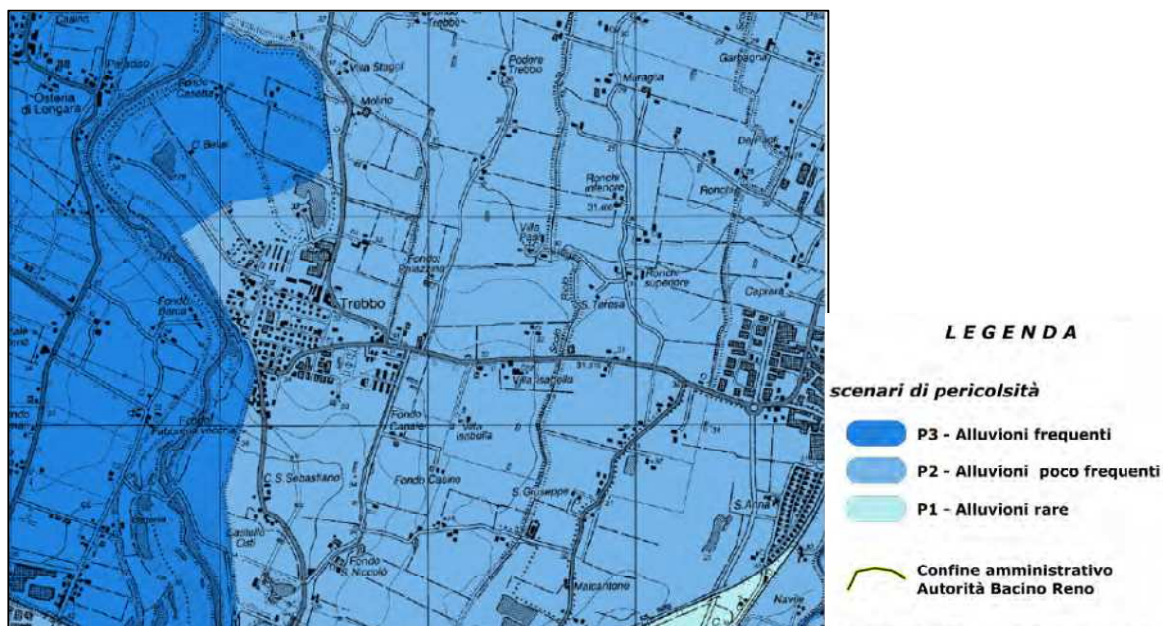


Figura 22: tavola MP3, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

1.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione il comune di Castel Maggiore è classificato come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

La classe topografica del tratto in esame è legata alla configurazione del piano campagna ed

è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

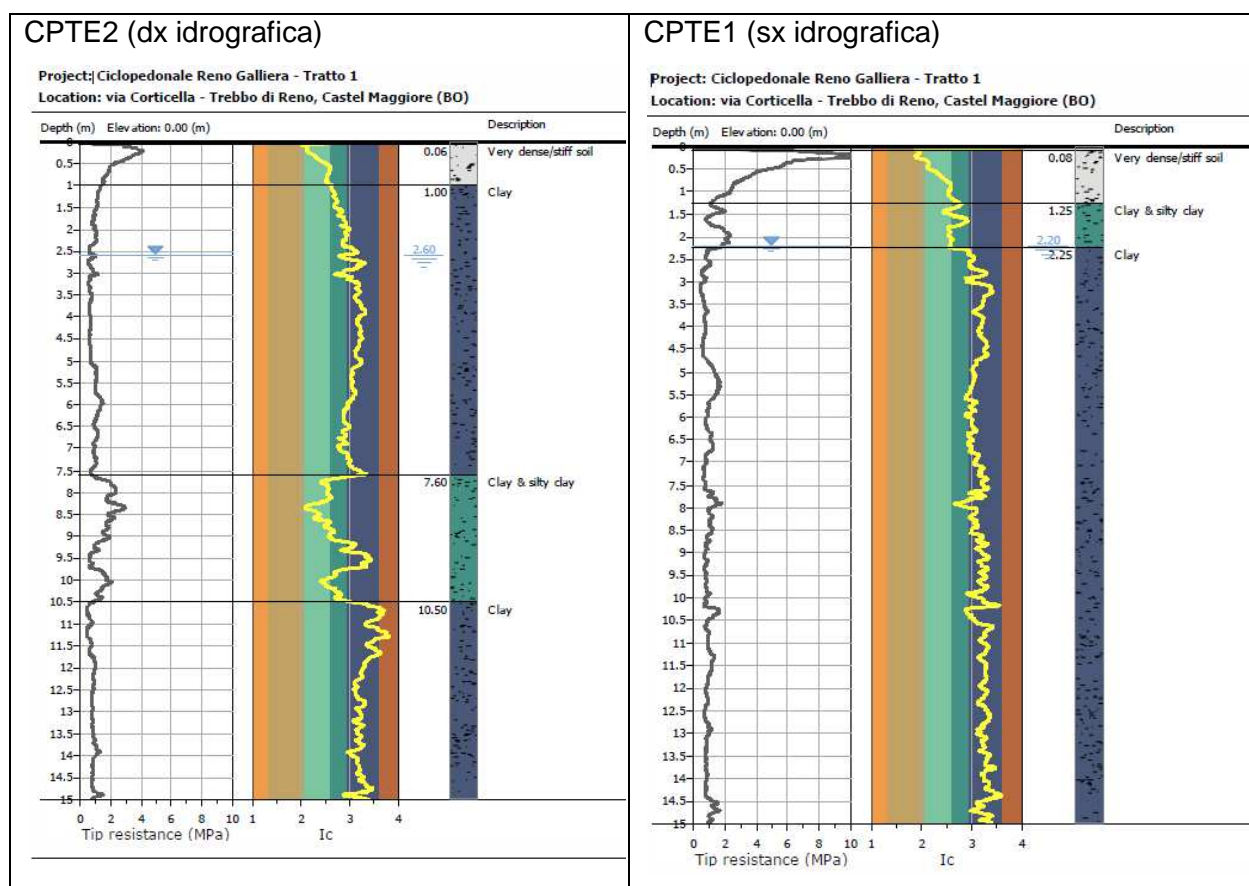
La categoria di sottosuolo è riportata nel successivo paragrafo.

1.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questo tratto sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 1 e CPTE2-tratto 1).

Di seguito vengono confrontate le stratigrafie desunte da tali prove realizzate in prossimità del corso d'acqua.

E' stata inoltre eseguita una prova sismica MASW.



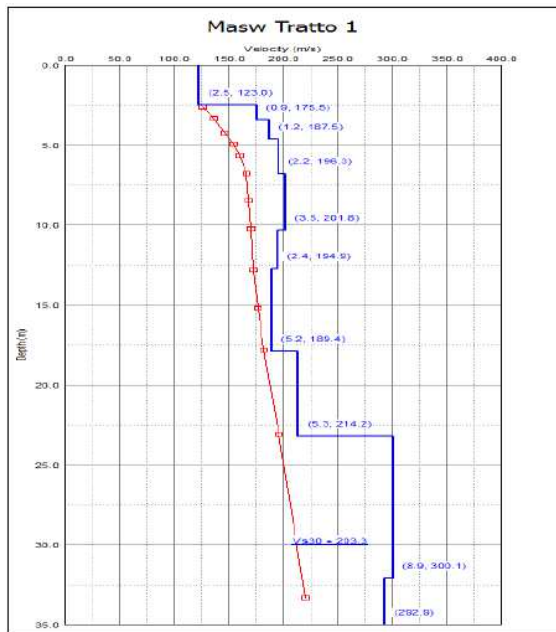
L'ubicazione ed i risultati delle prove sono tratti dal Report specifico allegato al progetto.

L'indagine geofisica MASW1 evidenzia una velocità V_s entro i primi 30 pari a :

$$V_{s30} = 203 \pm 10 \text{ m/s}$$

La prova sismica evidenzia una velocità V_s equivalente riconducibile alla seguente Categoria di sottosuolo:

C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
---	---



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di V_s e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	2.5	2.5	123.0
2	3.4	0.9	175.5
3	4.6	1.2	187.5
4	6.8	2.2	196.3
5	10.3	3.5	201.8
6	12.7	2.4	194.9
7	17.9	5.2	189.4
8	23.2	5.3	214.2
9	32.1	8.9	300.1
10	∞	∞	292.9

$$V_{s30} = 203.3 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di V_{s30} calcolato.

L'ubicazione e i risultati delle prove sono tratti dal Report restituito dalla ditta Songeo srl.

1.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPTE e alla relativa MASW.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto1:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0	0
2	1.25	1.00
3	2.25	7.60
4	-	10.50

Orizzonti geotecnici	N60	Es (MPa) ²	Dr (%) ³	Phi° ⁴	M ⁵ (MPa)	Go ⁶	Su (kPa) ⁷	OCR ⁸	Gamma (KN/mc) ⁹
1	8/12	35/47	-	-	32/47	44/62	162/194	39/47	19/20
2	4/6	-/35	-	-	9/21	32/38	56/105	5/13	17/18
3	4/5	-/34	-	-	6/14	35/36	52/76	3/4	16/17
4	5	-	-	-	-/3	32	40	2	16

² Modulo di Young

³ Densità relativa

⁴ Angolo di attrito interno

⁵ Modulo Edometrico

⁶ Modulo di taglio a piccole deformazioni

⁷ Coesione non drenata

⁸ Grado di sovraconsolidazione

⁹ Peso specifico

2.0 TRATTO 2

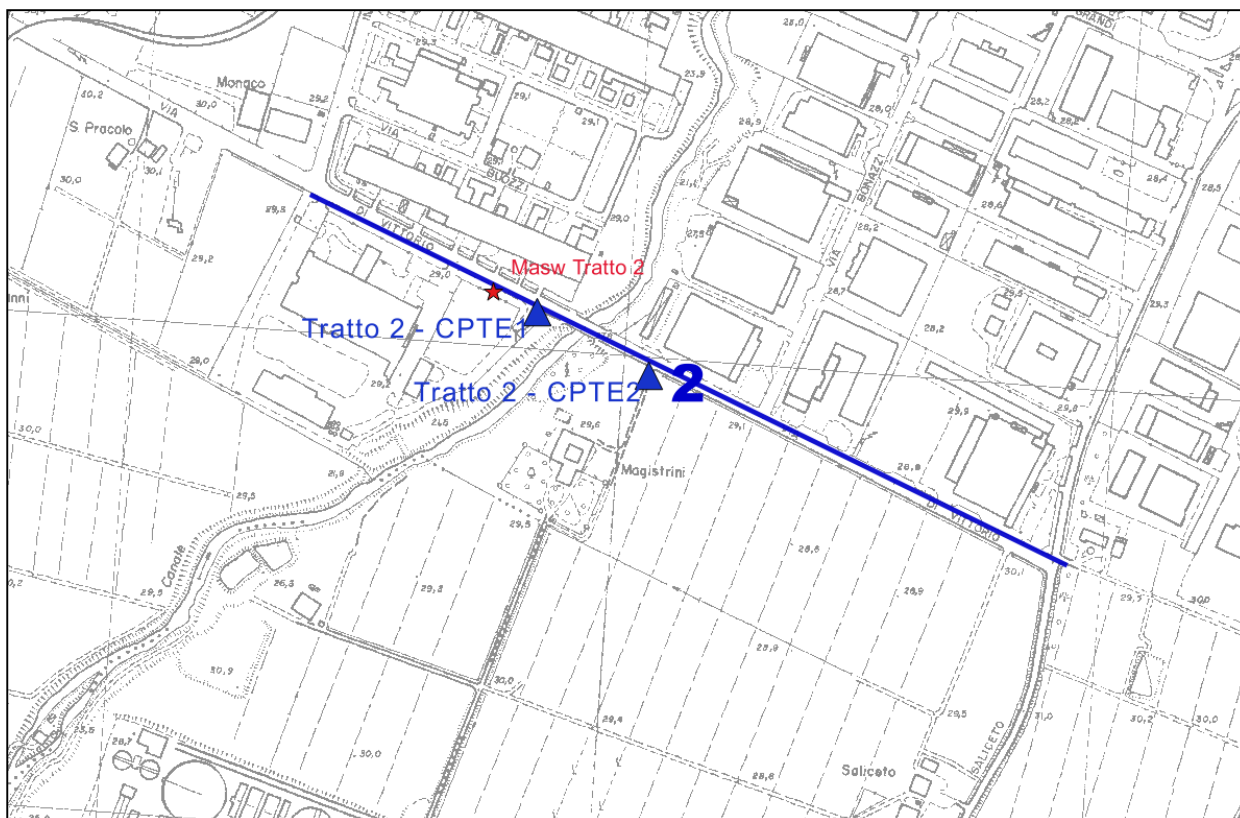


Figura 23: stralcio planimetrico del tratto 2 con ubicazione di indagini geognostiche.

2.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

2.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 2 ricade nel comune di Castel Maggiore. Si articola con andamento trasversale al Canale Navile, che attraversa in corrispondenza di una zona artigianale.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 29.3-29.5 mt slm.

2.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nell'area in esame affiorano depositi alluvionali di natura prevalentemente limo-argillosa appartenenti al Subsistema di Ravenna (Subsistema AES8).

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unita' AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e

alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

Entrambe le prove penetrometriche realizzate hanno evidenziato un netto prevalere di livelli limo argillosi per tutta la verticale indagata.

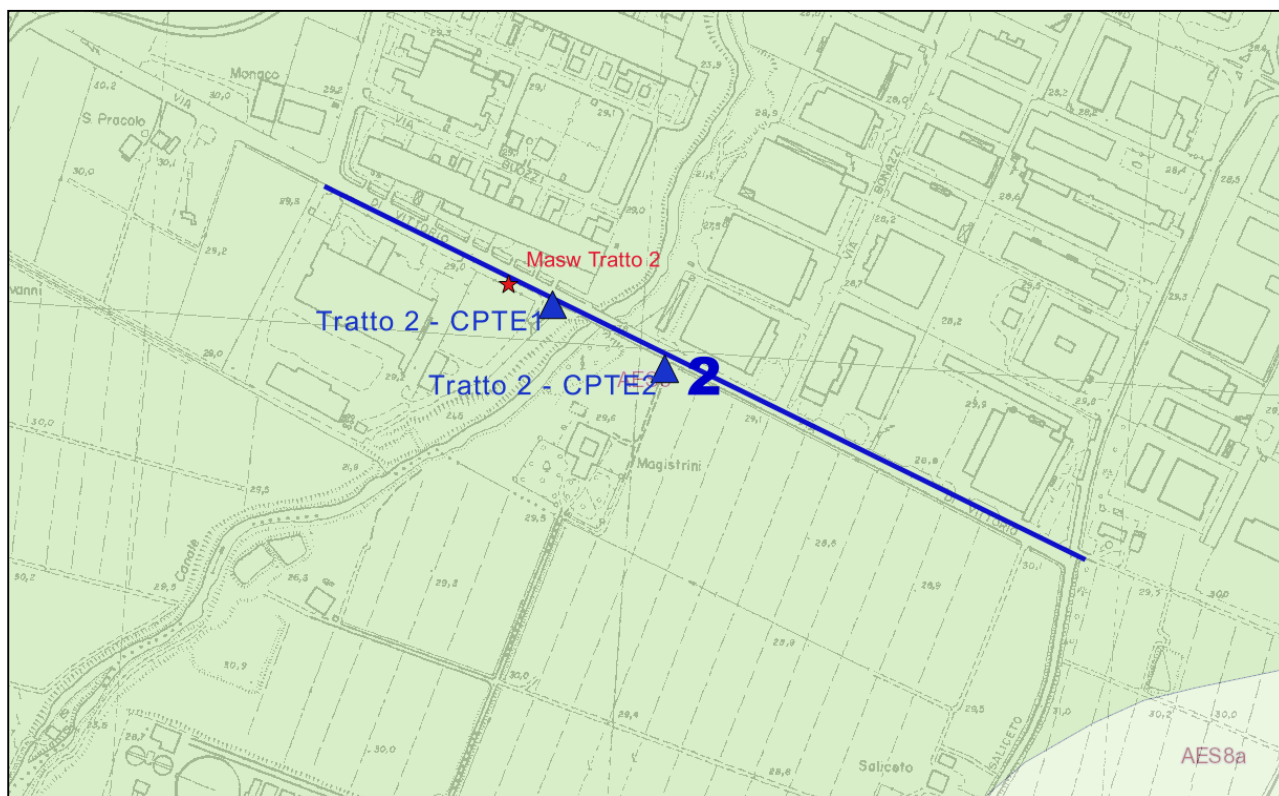


Figura 24: carta litologica del tratto 2

2.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICO

Nell'area di studio le prove penetrometriche avrebbero evidenziato la presenza di falda ad una profondità di compresa tra 2.8 e 4.2 mt dal p.c..

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

Alla luce di quanto indicato dalle prove eseguite, l'acquifero sarebbe costituito da sedimenti prevalentemente fini e quindi a bassa trasmissività.

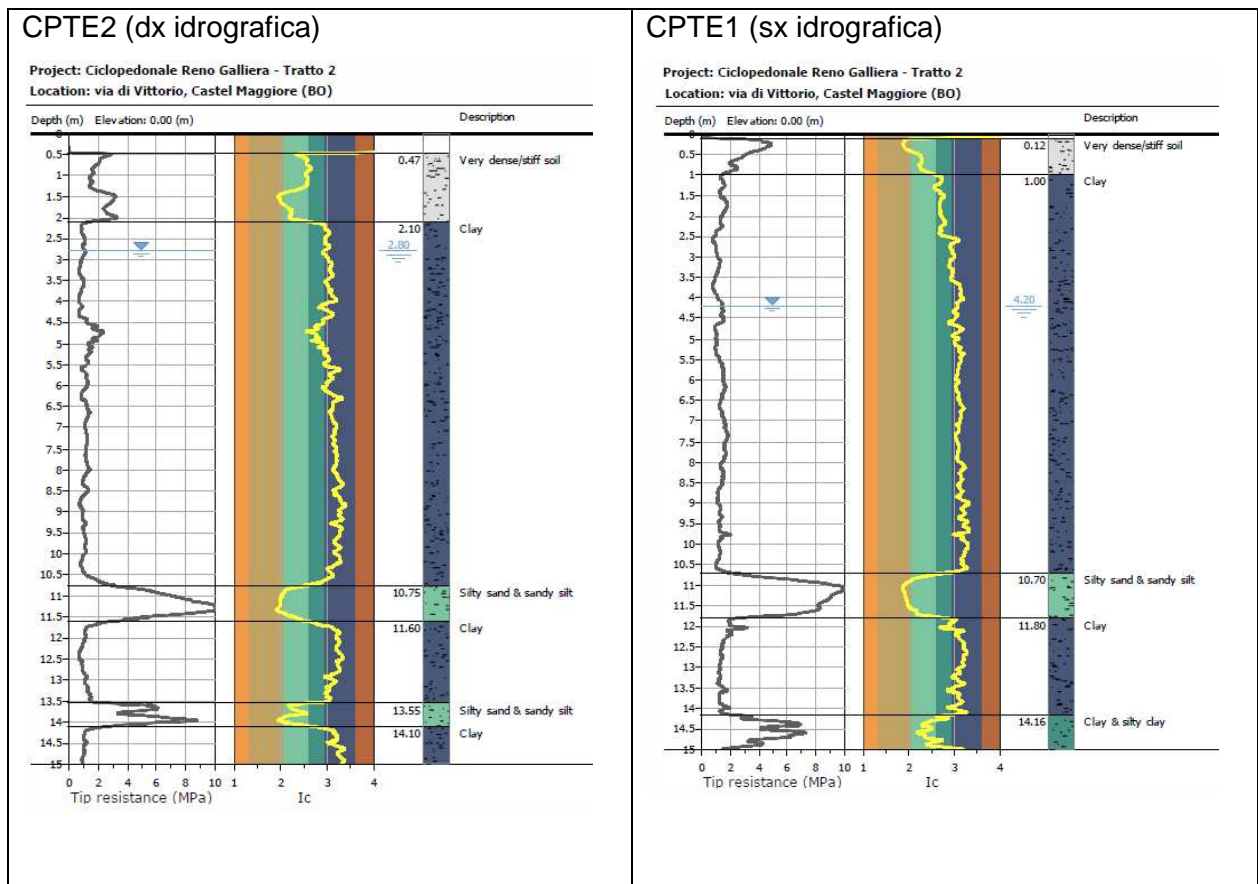
Il piezometro della Rete ARPA "BO90-00" posto in prossimità del tracciato di progetto mostrava nelle misure dal 1988 al 1999 che la soggiacenza è variata tra circa 19 e 15 m. dal p.c..

2.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

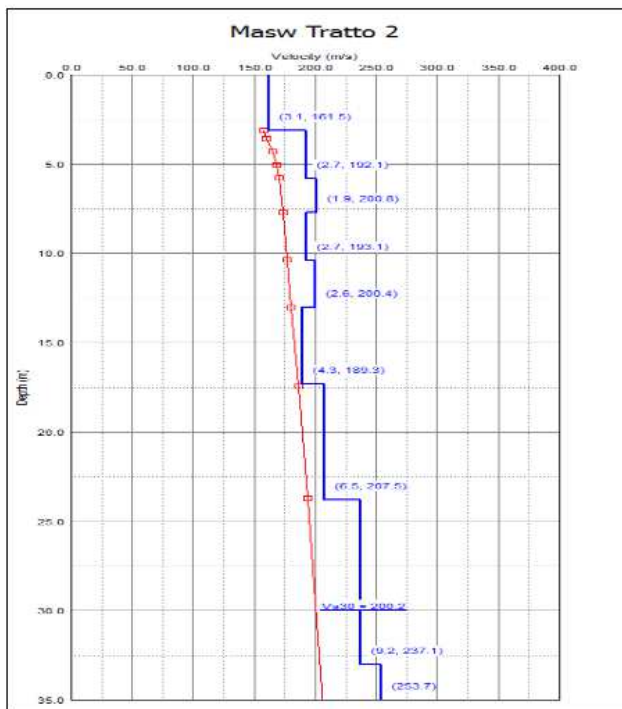
In questo tratto sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 2 e CPTE2-tratto 2).

Di seguito vengono confrontate le stratigrafie desunte da tali prove realizzate in prossimità del corso d'acqua.

E' stata inoltre eseguita una prova sismica MASW.



L'ubicazione ed i risultati delle prove sono tratti dal Report specifico allegato al progetto.



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di V_s e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	3.1	3.1	161.5
2	5.8	2.7	192.1
3	7.7	1.9	200.8
4	10.4	2.7	193.1
5	13.0	2.6	200.4
6	17.3	4.3	189.3
7	23.8	6.5	207.5
8	33.0	9.2	237.1
9	∞	∞	253.7

$$V_{s30} = 200.2 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di V_{s30} calcolato.

L'ubicazione ed i risultati delle prove sono tratti dal Report specifico allegato al progetto.

2.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPTe e alla relativa MASW.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 2:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0	0
2	1.00	2.10
3	10.70	10.75
4	11.80	11.60
5	14.16	13.55
6	-	14.10

Orizzonti geotecnici	N60	Es (MPa) ¹⁰	Dr(%) ¹¹	Phi° ¹²	M ¹³ (MPa)	Go ¹⁴	Su (kPa) ¹⁵	OCR ¹⁶	Gamma (KN/mc) ¹⁷
1	7/9	28/32	41/67	37-42	28/36	37/40	-	-	18
2	6/7	28/45	-	-	11/14	43/50	68/85	4-5	18
3	19/20	68/70	41/42	37	79/80	85/87	-	-	18/19
4	6/8	-/50	-	-	6/11	41/57	61/90	2-3	17
5	16/17	63/67	35	36	56/64	77/89	193	6	18
6	6	-	-	-	5	42	58	2	17

¹⁰ Modulo di Young

¹¹ Densità relativa

¹² Angolo di attrito interno

¹³ Modulo Edometrico

¹⁴ Modulo di taglio a piccole deformazioni

¹⁵ Coesione non drenata

¹⁶ Grado di sovraconsolidazione

¹⁷ Peso specifico

3.0 TRATTO 3

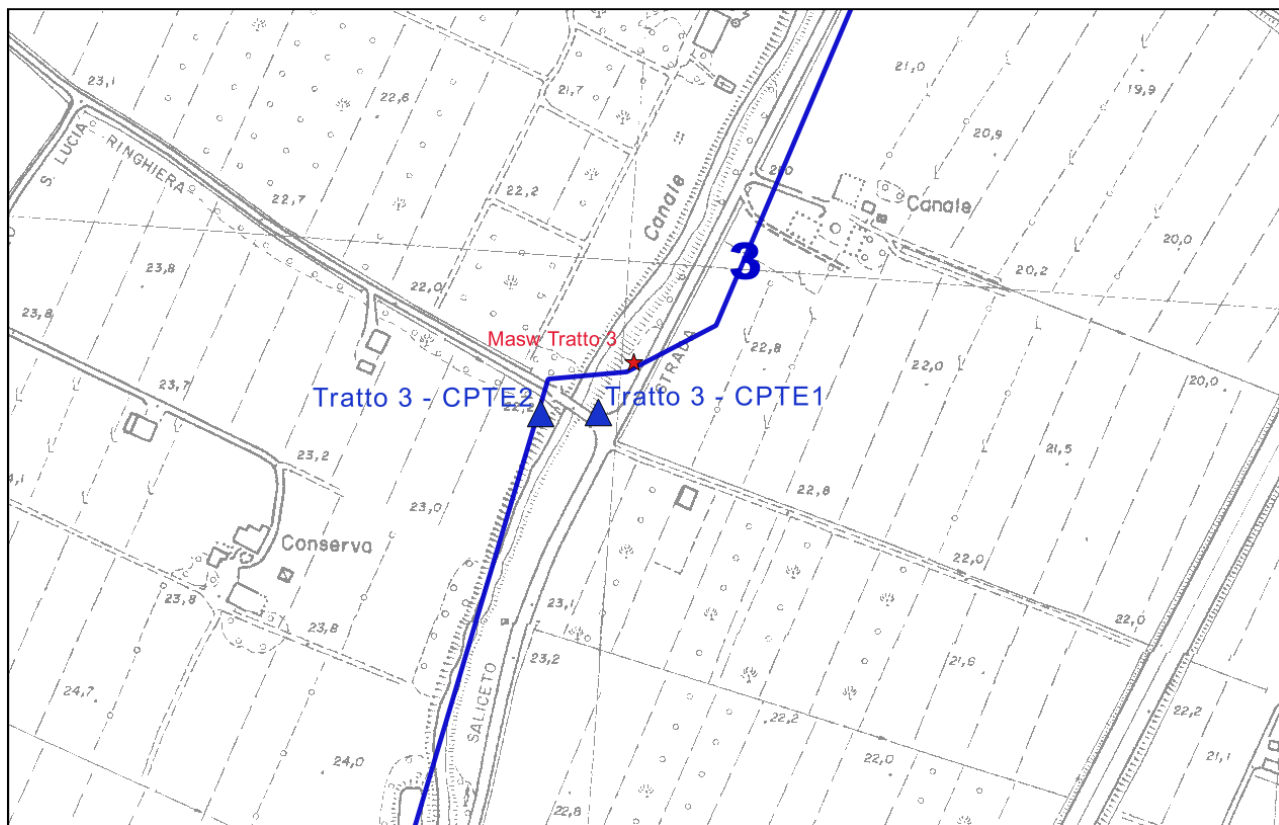


Figura 26 - stralcio planimetrico del tratto 3 con ubicazione di indagini geognostiche

3.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

3.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 3 si sviluppa sui territori comunali di Castel Maggiore a Sud e di Bentivoglio a Nord.

Si articola con andamento longitudinale all'alveo del Canale Navile in corrispondenza di una zona prevalentemente agricola.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 17.0-21.0 mt slm.

3.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

A Nord del toponimo di C.sa Canale, i terreni affioranti sono rappresentati da depositi quaternari appartenenti all'Unità di Modena; a Sud si rinviene invece il SubSintema di Ravenna. L'opera per l'attraversamento del Canale Navile ricade in corrispondenza di quest'ultimi depositi.

Subsintema di Ravenna (AES8)

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente

3.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nell'area di studio le prove penetrometriche non hanno evidenziato la presenza di falda.

Al di sotto dei primi metri di livelli di riporto, si sono evidenziati sedimenti fini a bassa trasmissività.

Il piezometro della Rete ARPA "BO23-01" posto in prossimità del tracciato di progetto mostrava nel periodo di letture tra 1988 ed il 2009 che la soggiacenza della falda era circa tra di 10 e 17 m. dal p.c..

3.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 3 corre costantemente lungo l'alveo del Canale Navile. Circa a metà del tratto esso passa dalla sinistra alla destra idrografica: sarà quindi realizzato un apposito attraversamento per la pista ciclabile.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade principalmente in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti, mentre la parte più settentrionale ricade in area P3 soggetta ad alluvioni frequenti.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

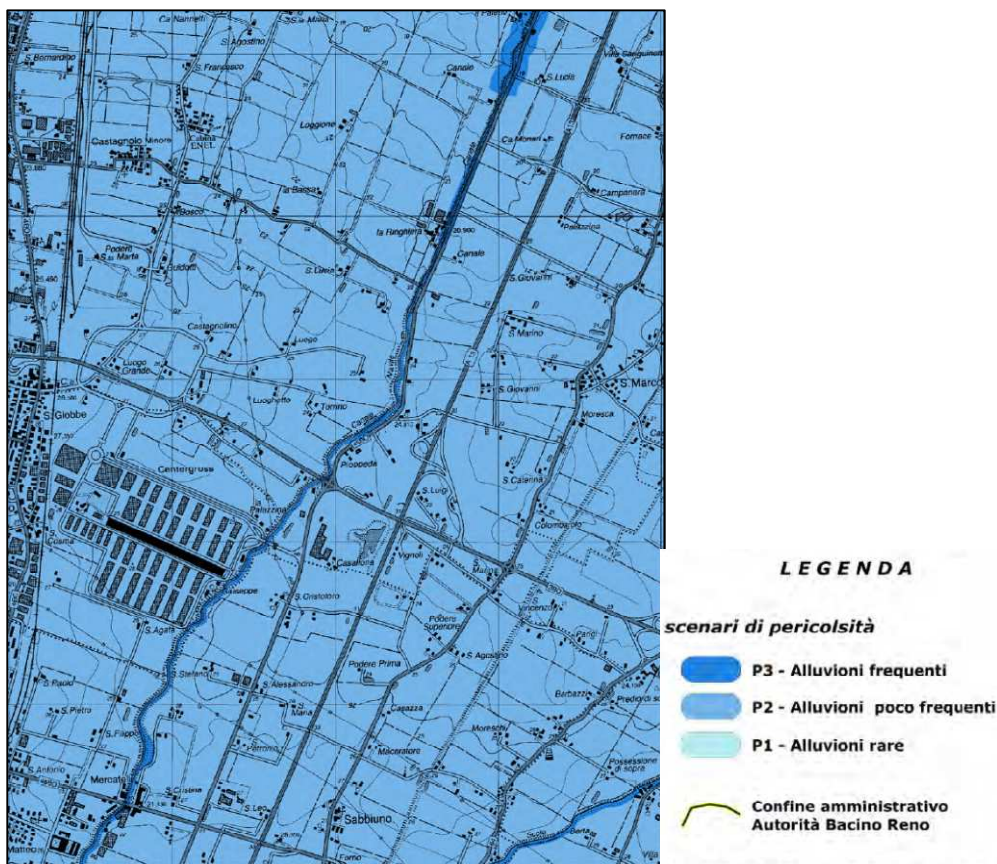


Figura 28: tavola MP6, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

3.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comune di Castel Maggiore e Bentivoglio sono classificati come “Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)”.

La classe topografica del tratto in esame è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

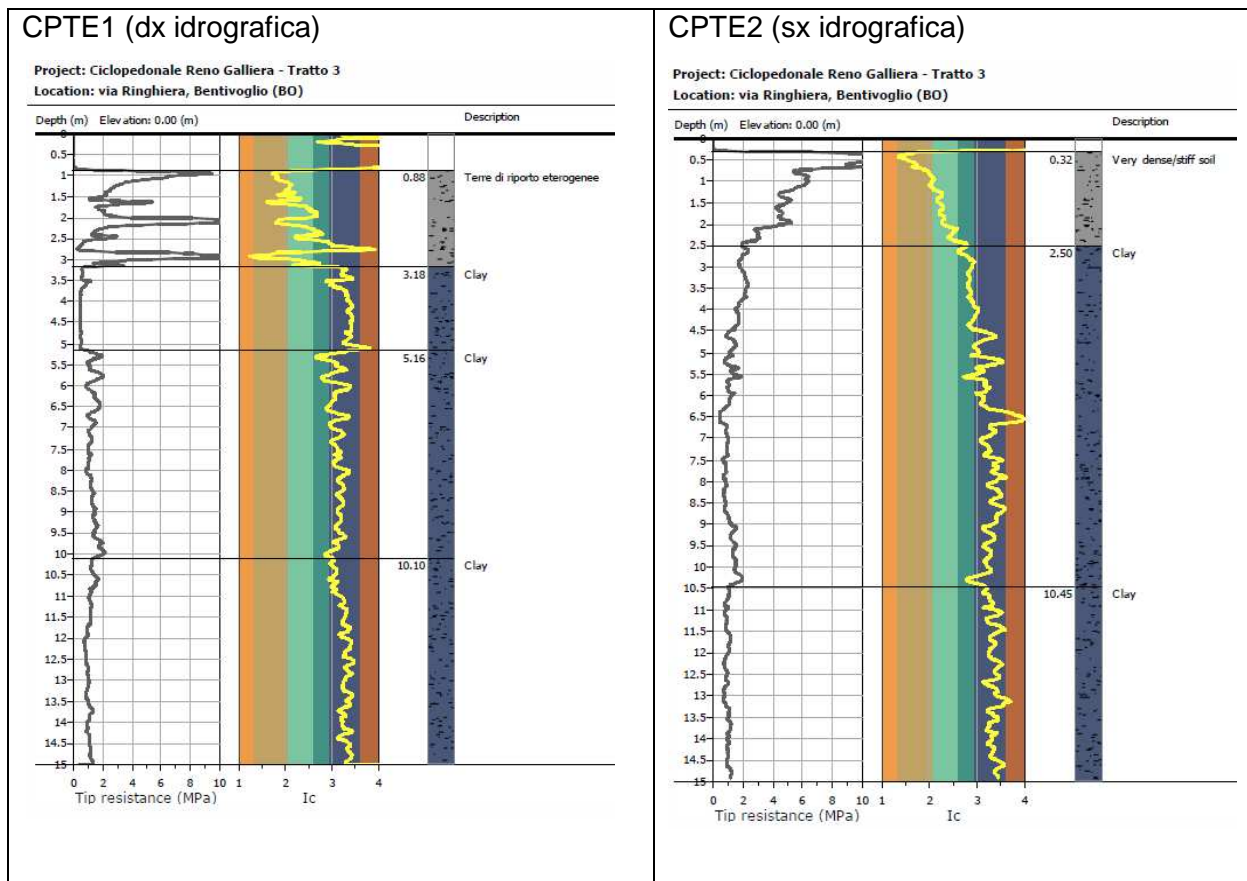
La categoria di sottosuolo è riportata nel successivo paragrafo.

3.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

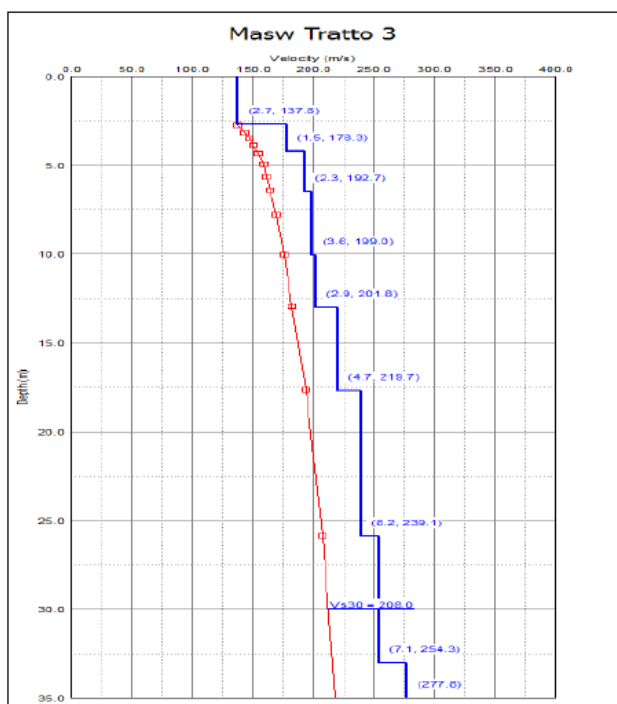
In questo tratto sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 3 e CPTE2-tratto 3).

Di seguito vengono confrontate le stratigrafie desunte da tali prove realizzate in prossimità del corso d’acqua.

E’ stata inoltre eseguita una prova sismica MASW.



L'ubicazione ed i risultati delle prove sono tratti dal Report specifico allegato al progetto.



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di Vs e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	2.7	2.7	137.8
2	4.2	1.5	178.3
3	6.5	2.3	192.7
4	10.1	3.6	199.0
5	13.0	2.9	201.8
6	17.7	4.7	219.7
7	25.9	8.2	239.1
8	33.0	7.1	254.3
9	∞	∞	277.8

$$V_{s30} = 208.0 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di Vs30 calcolato.

Nei successivi paragrafi si riportano sinteticamente i risultati di tali indagini. Per ogni precisazione si rimanda a quanto indicato nella relazione conclusiva sulle indagini eseguite ed allegata alla presente.

3.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPTe e alla relativa MASW.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 3:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0.88	0.32
2	3.18	-
3	5.16	2.50
4	10.10	10.45

Orizzonti geotecnici	N ₆₀	E _s (MPa) ¹⁸	Dr(%) ¹⁹	Phi° ²⁰	M ²¹ (MPa)	Go ²²	Su (kPa) ²³	OCR ²⁴	Gamma (KN/mc) ²⁵
1	9/15	38/58	51/67	39-42	30/61	43/70	-	-	18/19
2	3	-	-	-	2.5	26	30	2	16
3	7	-	-	-	9/13	52/54	75/84	3.5/3.7	18
4	6/6.5	-	-	-	3/5	44/47	51/60	1.6/1.9	17

¹⁸ Modulo di Young

¹⁹ Densità relativa

²⁰ Angolo di attrito interno

²¹ Modulo Edometrico

²² Modulo di taglio a piccole deformazioni

²³ Coesione non drenata

²⁴ Grado di sovraconsolidazione

²⁵ Peso specifico

4.0 TRATTO 4

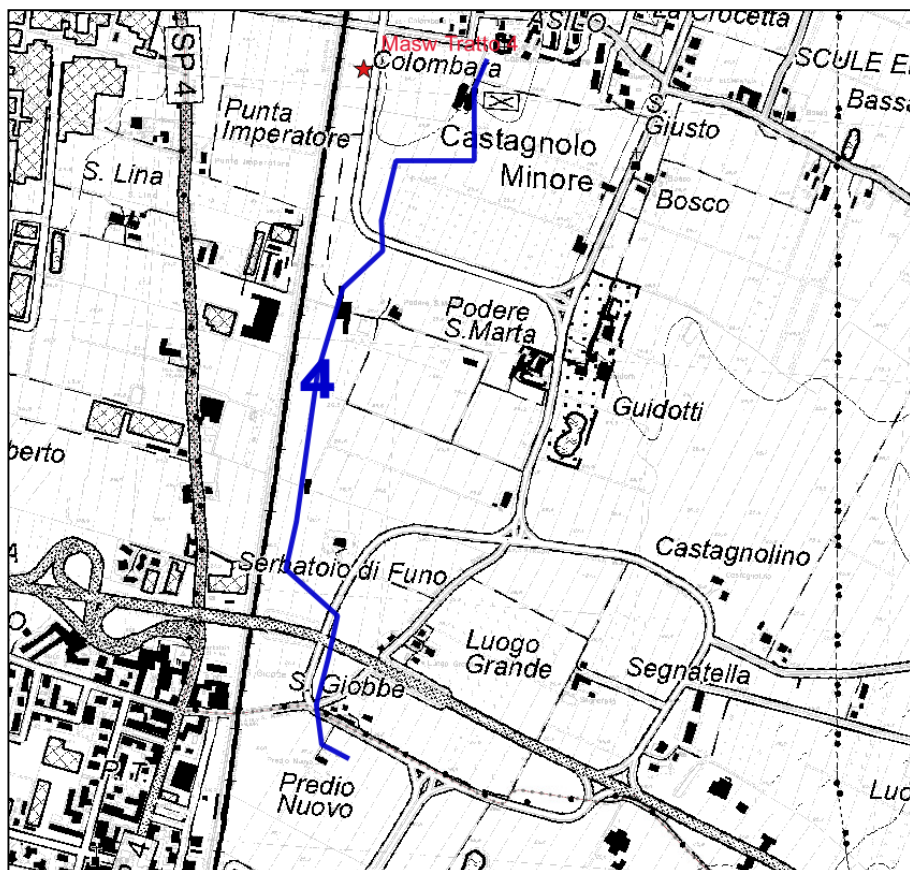


Figura 29: stralcio planimetrico del tratto 4 con ubicazione di indagini geognostiche

4.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

4.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 4 si sviluppa per un piccolo tratto nel comune di Castel Maggiore e per il restante nel comune di Bentivoglio.

In questo tratto dovrà essere realizzato un sottovia mediante spingi tubo, per consentire l'attraversamento della sede stradale della (strada a quattro corsie) che conduce nell'Area Produttiva Renata Viganò. In questo tratto la strada che dovrà essere oltrepassata, corre in leggero rilevato (circa 1.00 m) che sarà superato attraverso la realizzazione di un'opera in sotterraneo.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 27.0-24.9 mt slm.

4.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nel tratto in esame affiorano depositi di piana alluvionale riconducibili al Subsistema di Ravenna (AES8).

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

Tutte le prove realizzate hanno evidenziato un'alternanza di livelli fini (argille e limi) e sabbiosi.

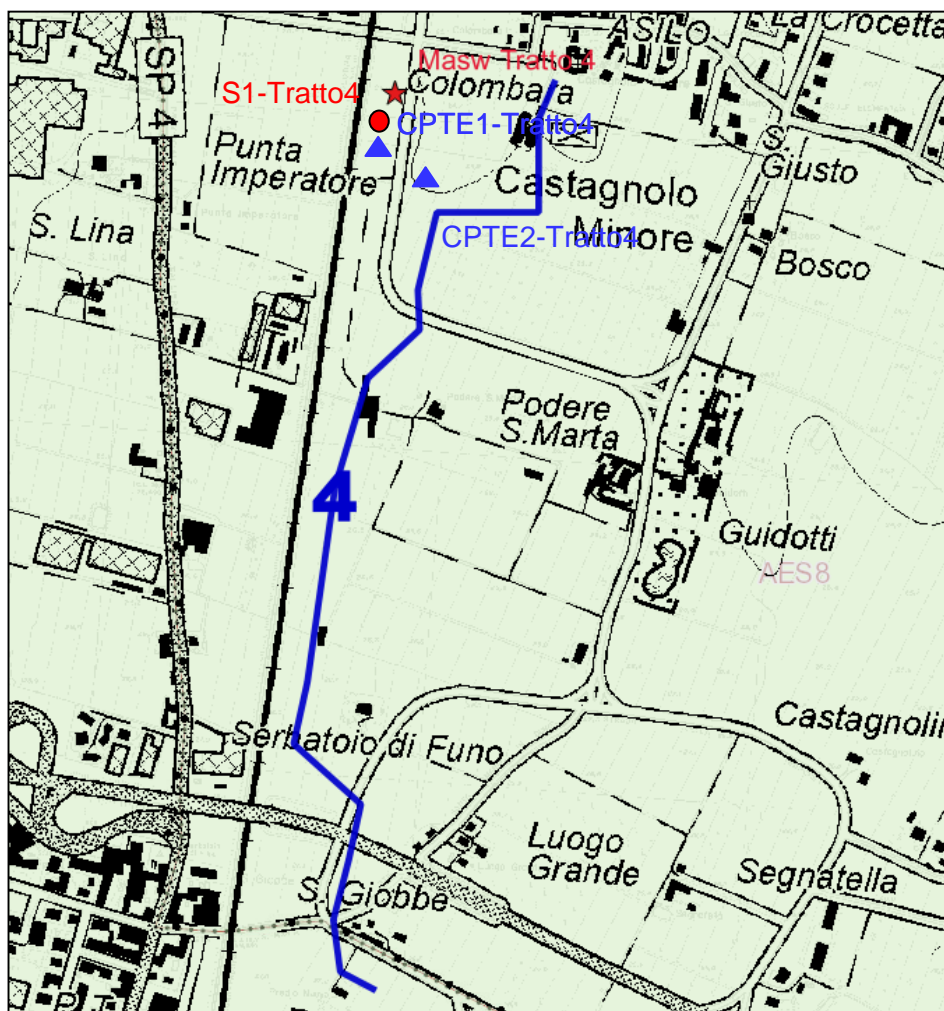


Figura 30: carta litologica del tratto 4

4.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nell'area di studio le prove penetrometriche avrebbero evidenziato la presenza di falda ad una profondità di circa 2.1-2.2 mt dal p.c.. Anche nel sondaggio realizzato è stata segnalata la presenza di falda alla stessa quota.

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

Alla luce di quanto indicato dalle prove eseguite, l'acquifero sarebbe costituito da sedimenti prevalentemente medio-fini e quindi a medio-bassa trasmissività.

La rete dei piezometri ARPA ha nell'area i dati di due punti di controllo: il "BO25-03" mostrava nelle misure dal 2004 al 2009 che la soggiacenza è posta a circa 23-24 m. dal p.c.; il "BO81-00" mostrava nelle misure dal 1978 al 2006 che la soggiacenza è posta a circa 17-24 m. dal p.c

4.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 4 non intercetta corsi d'acqua significativi.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

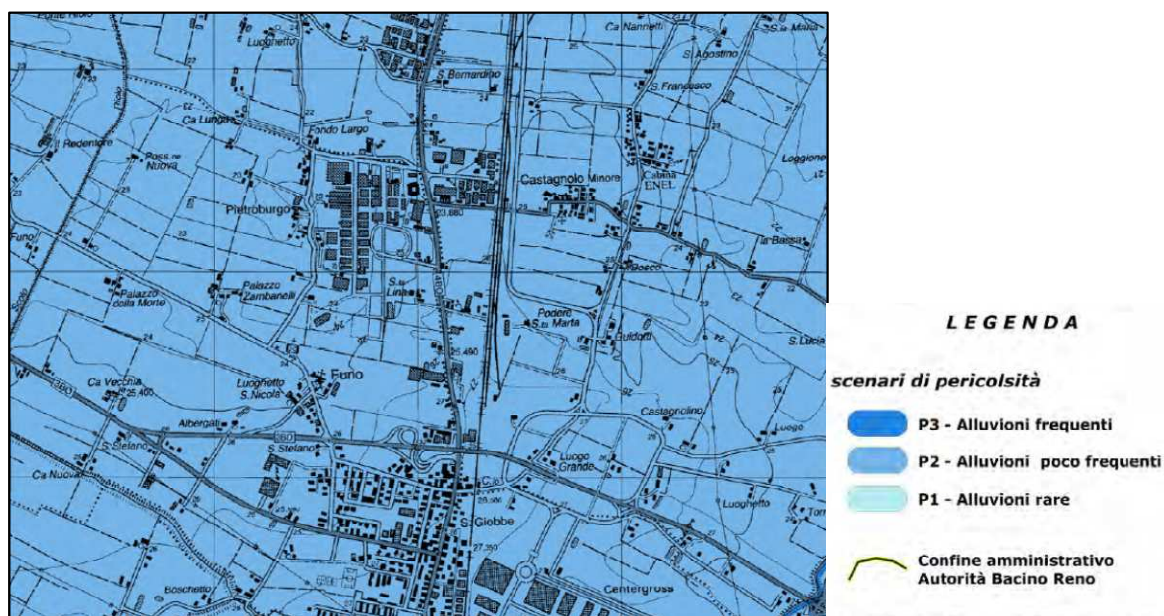


Figura 31: tavola MP6, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

4.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comune di Castel Maggiore e Bentivoglio sono classificati come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

La classe topografica del tratto in esame è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

La categoria di sottosuolo è riportata nel successivo paragrafo.


4.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

In questo tratto sarà realizzato un attraversamento viario con spingi tubo.

Per indagare a fondo le caratteristiche geognostiche dell'area è stato eseguito un sondaggio meccanico a conservazione di nucleo ed è stato prelevato un campione indisturbato tra 1,5 e 2,0 m dal p.c. sul quale sono state eseguite le prove di laboratorio. Sono state effettuate anche prove SPT in foro.

Sono state inoltre eseguite n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 4 e CPTE2-tratto 4) ed una prova sismica MASW.

Di seguito sono riportate le stratigrafie desunte da tali prove.

 Via A. Ascani 5 - 44019 Guadolo di Voghera (P.C.) tel. 0532 773135 - 0532 815683 fax 0532 776455 E mail info@songeo.it Sito www.songeo.it Laboratorio autorizzato con decreto N° 567/18 del 17/09/07 per indagini geognostiche, prelievo di campioni e prove in sito al sensi dell'art. 59 del DPR 380/2001 e Circ. Min. 7619/STC			DATA ESECUZIONE DAL 06/06/17 AL 06/06/17	METODO PERFOR. Carotaggio continuo	SONDAGGIO N° S1	Pag. 2/2
QUOTA p.c.			ATTREZZI: Carotiere semplice diam. 101 mm Rivestimenti diam. 127 mm		SONDA IDRAULICA CMV MK420	
COMMITTENTE Unione Reno Galliera			PIEZOMETRO ASSENTE			
LOCALITA' Interporto - Bologna entrance			NOTE Quota S1 23,35 m s.l.m. Quota piano stradale 24,74 m s.l.m.			
CAMPIONI ● SPT ○ CAMPIONI RIMANEGGIATI ■ CAMPIONI INDISTURBATI			LIVELLO ACQUA DATA 06/06/17 MT. dal P.C. 2,10	PROF. FORO 20,00 m	PROF. RIVEST. 18,00 m	
			ASSISTENTI A. Fini		OPERATORI R. Sacchetti	

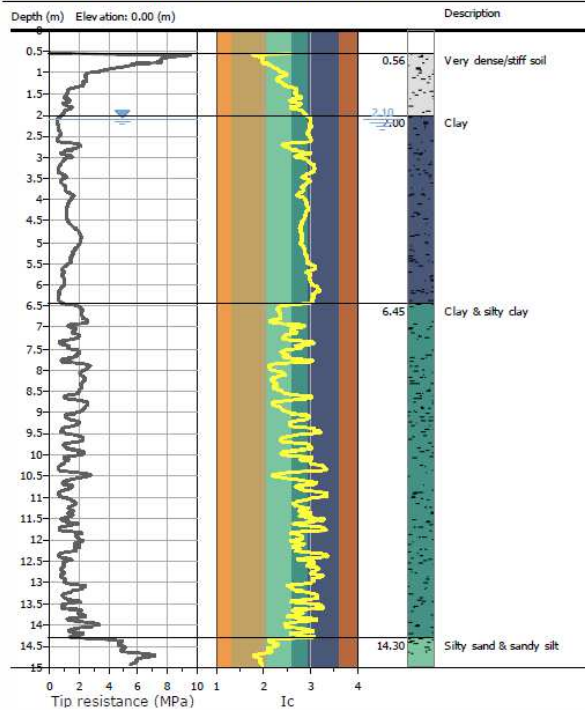
mt.	QUOTA da P.C.	SIMBOLOGIA	CAMPIONI		DESCRIZIONE STRATIGRAFICA	POCKET kg/cm ²	TORVANE kg/cm ²	PIEZOMETRO
			TIPO	NUM.				
1	1,10				Limo argilloso nocciola molto consistente ed asciutto, con tracce di radici e ghiaia nella parte superiore	>8 >8	>2,4 >2,4	
2	2,60		SH1	1,50 2,00	Sabbia fine con limo di colore nocciola passante a limo debolmente argilloso (da 1,30 m) e limo sabbioso nella parte inferiore	2,0 1,2 0,7	0,4 0,6 0,2	
3	3,40		SPT	2,00 2,45	Argilla nocciola/grigia con livelletti centimetrici limosi, noduli e sfumature ocre da moderatamente consistente a consistente e plastica	1,0 0,7 1,5	0,6 0,4 0,8	
4			SPT	4,00 4,45	Argilla grigia consistente con rare laminazioni millimetriche nerastre e minuti frammenti di conchiglie. Da 5,00 m presenti sfumature nocciola	2,0 1,7 1,5 1,6 1,3 2,0 1,7	1,0 1,0 0,8 1,0 0,6 0,8 0,6	
5	6,60		SPT	6,00 6,45				
6			SPT	4- 2- 3	Sabbia medio-fine nocciola con limo, sciolta			
7	8,10		SPT	7,00 7,45				
8			SPT	2- 4- 5				
9					Sabbia medio-fine nocciola limosa moderatamente addensata ed a tratti poco addensata			
10	10,30							
11					Sabbia fine con limo alternata a limo con sabbia fine di colore nocciola da poco addensata a sciolta			
12	12,00							
13	12,70				Limo con sabbia fine e sabbia fine con limo di colore grigio verdastro			
14	13,10				Sabbia fine con limo grigia/verdastra con sfumature nocciola			
15	14,70				Alternanze di sabbia fine con limo sabbioso e limo con sabbia fine di colore grigio			
16	15,50				Sabbia medio-fine debolmente limosa grigia addensata. Alla base sabbia grossa con tracce di ghiaia fine (15,50 m)			
17	16,20				Limo argilloso sabbioso grigio con livelletti di sabbia fine limosa	0,9 0,7 0,6	0,3 0,2 0,2	
18					Alternanze di sabbia fine da limosa a con limo grigia e locali livelletti centimetrici francamente limosi e tracce di torba	0,5 0,6 0,5 0,6 0,6 0,6 0,7 0,8	0,2 0,2 0,1 0,2 0,1 0,1 0,1 0,2	
19	18,80							
20	20,00				Sabbia medio-fine limosa grigia addensata			

Certificato n°	53/17	data	08/06/17	N° VERBALE ACCETTAZIONE	52/17	DATA	01/06/2017
Procedure di riferimento	ASTM D 2488-90; AGI 1977						
responsabili	Dr. Andrea Fini		revisione	0		inizio lavori	5 giugno 2017
elaborazione	Dr. Renato Sacchetti		responsabile cantiere	Dott. Geol. Sacchetti Renato		fine lavori	7 giugno 2017
verifica			direzione lavori	Dott. Geol. Samuel Sangiorgi			
SPERIMENTATORE				DIRETTORE			



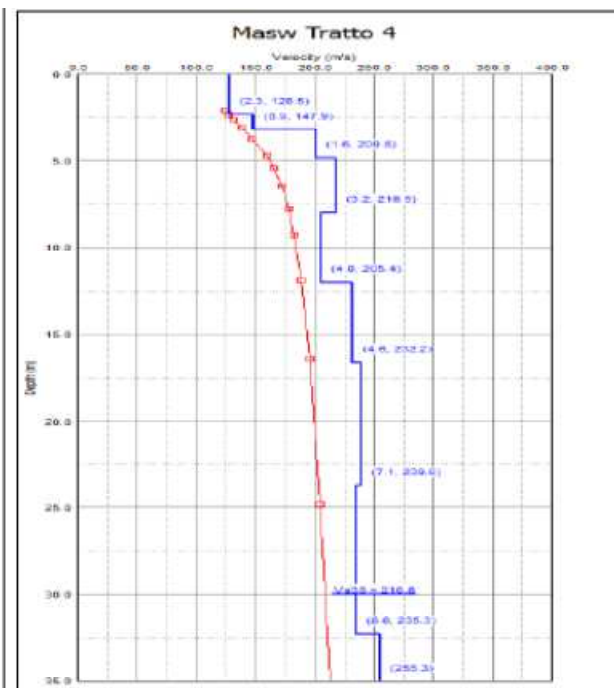
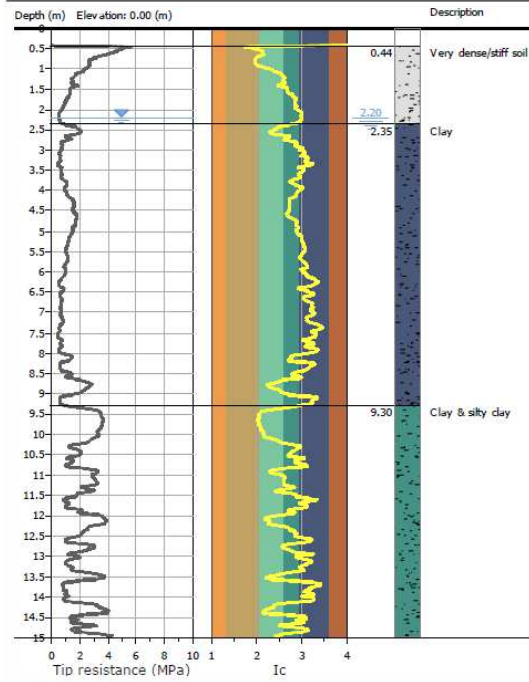
CPTE1 (dx rilevato)

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 4
 Location: Area Produttiva Interporto - Bentivoglio (BO)



CPTE2 (sx rilevato)

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 4
 Location: Area Produttiva Interporto - Bentivoglio (BO)



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di Vs e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	Vs (m/s)
1	2.3	2.3	128.5
2	3.2	0.9	147.9
3	4.8	1.6	200.8
4	8.0	3.2	218.5
5	12.0	4.0	205.4
6	16.6	4.6	232.2
7	23.7	7.1	239.6
8	32.3	8.6	235.3
9	∞	∞	255.3

$$V_{s30} = 210.5 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di Vs30 calcolato.

Nei successivi paragrafi si riportano sinteticamente i risultati di tali indagini. Per ogni precisazione si rimanda a quanto indicato nella relazione conclusiva sulle indagini eseguite ed allegata alla presente.

4.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle indagini geognostiche eseguite.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 4:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0.56	0.44
2	2.00	2.35
3	6.45	9.30
4	14.30	-

Orizzonti geotecnici	N60	Es (MPa) ²⁶	Dr(%) ²⁷	Phi° ²⁸	M ²⁹ MPa)	Go ³⁰	Su (kPa) ³¹	OCR ³²	Gamma (KN/mc) ³³
1	6/8	30/37	-	-	19/30	33/45	72/109	10/15	18/18
2	5/5	31/32	-	-	9/12	32/35	56/68	4/6	17/17
3	6/9	34/51	-	-	14/21	37/50	74/99	1/4	16/17
4	15	50	35	36	58	62	-	-	17

²⁶ Modulo di Young

²⁷ Densità relativa

²⁸ Angolo di attrito interno

²⁹ Modulo Edometrico

³⁰ Modulo di taglio a piccole deformazioni

³¹ Coesione non drenata

³² Grado di sovraconsolidazione

³³ Peso specifico

suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

5.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La rete dei piezometri ARPA ha nell'area i dati di due punti di controllo: il "BO25-03" mostrava nelle misure dal 2004 al 2009 che la soggiacenza è posta a circa 23-24 m. dal p.c.; il "BO81-00" mostrava nelle misure dal 1978 al 2006 che la soggiacenza è posta a circa 17-24 m. dal p.c..

Non si può escludere comunque la presenza di falde freatiche più superficiali, in collegamento diretto con il reticolo idrografico.

5.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 5 non intercetta corsi d'acqua significativi e segue la viabilità esistente.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

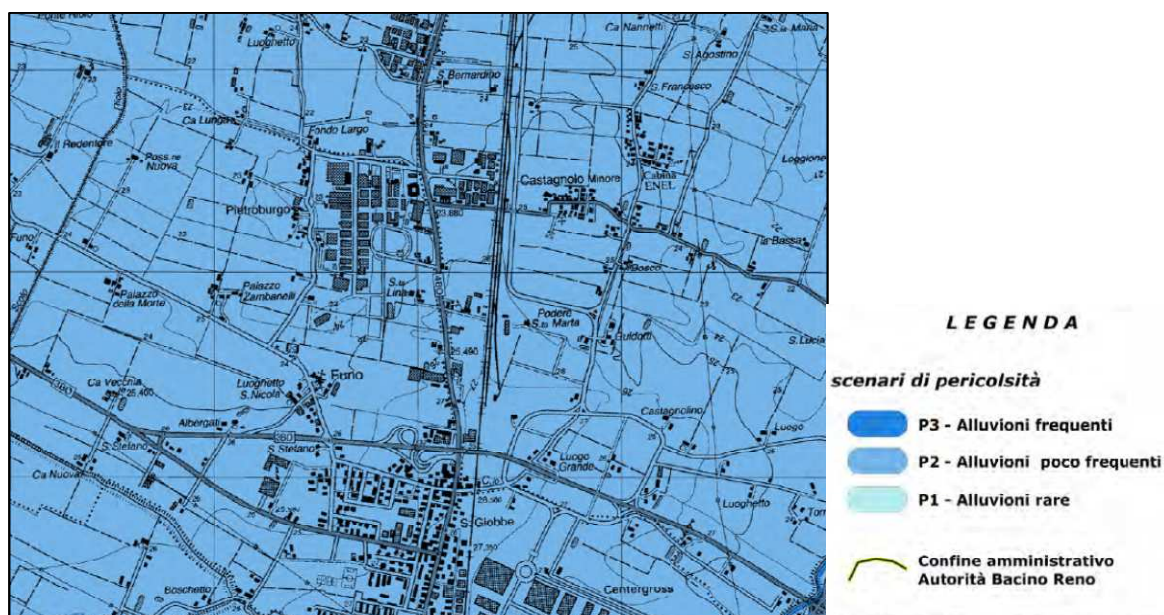


Figura 34: tavola MP6, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

5.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di Castel Maggiore, Argelato e Bentivoglio sono classificati come “Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)”.

6.0 TRATTO 6

In questo tratto non sono state realizzate indagini poiché la pista segue la viabilità esistente e non è prevista la realizzazione di opere d'arte.

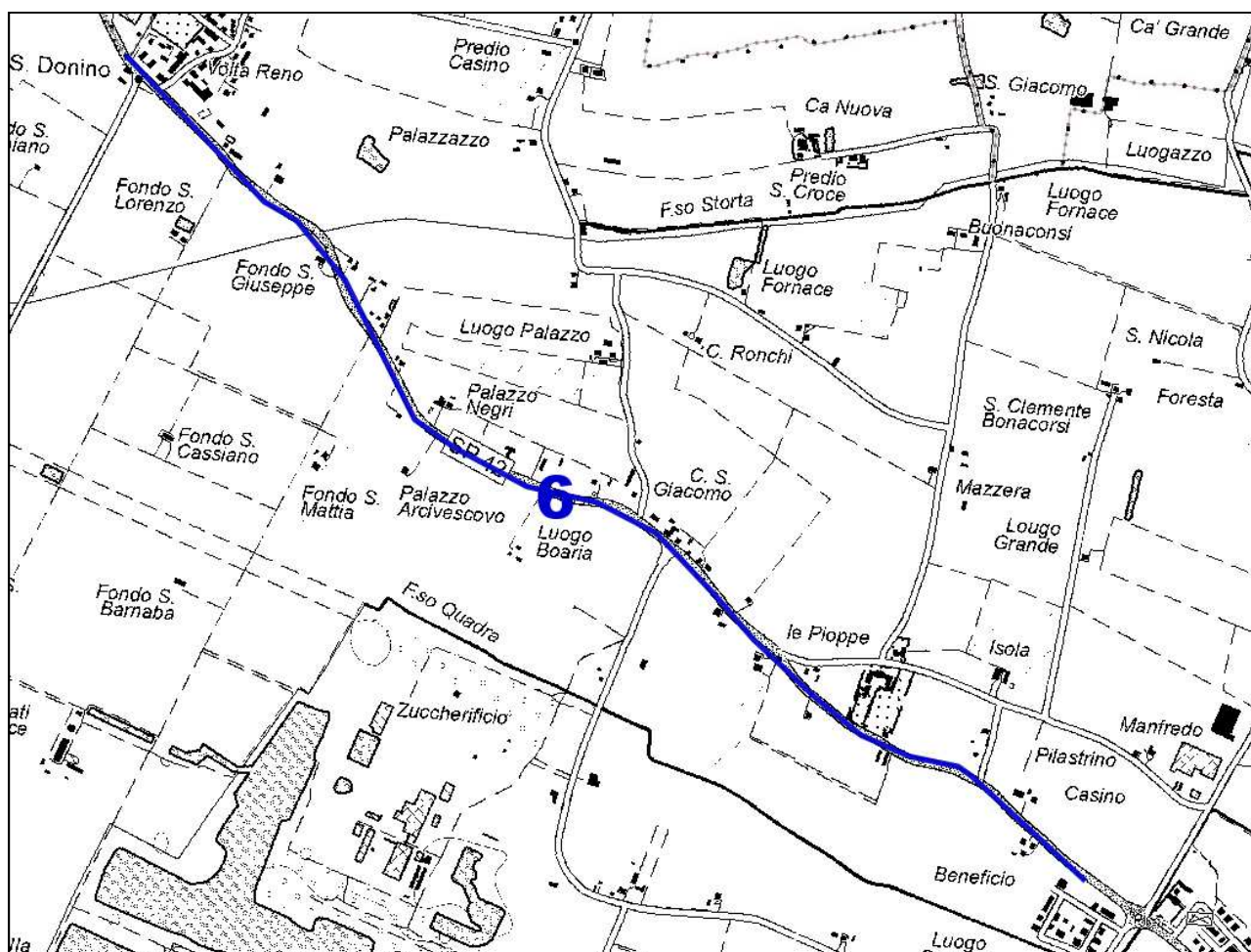


Figura 35: stralci planimetrico del tratto 6

6.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

6.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 6 si sviluppa con assetto NNW-SSE all'interno del territorio del comune di Argelato.

Il tratto 6 si sviluppa in adiacenza alla SP12 in una zona a prevalente vocazione agricola.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 21.3-22.3 mt slm.

6.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICHE

Nell'area in esame affiorano depositi alluvionali quaternari appartenenti all'Unità di Modena (AES8a), di natura prevalentemente limo-sabbiosa.

“Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o piu' antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intra Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m.” (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

Questo litotipo appartiene alla parte alta del Sistema Emiliano-Romagnolo.

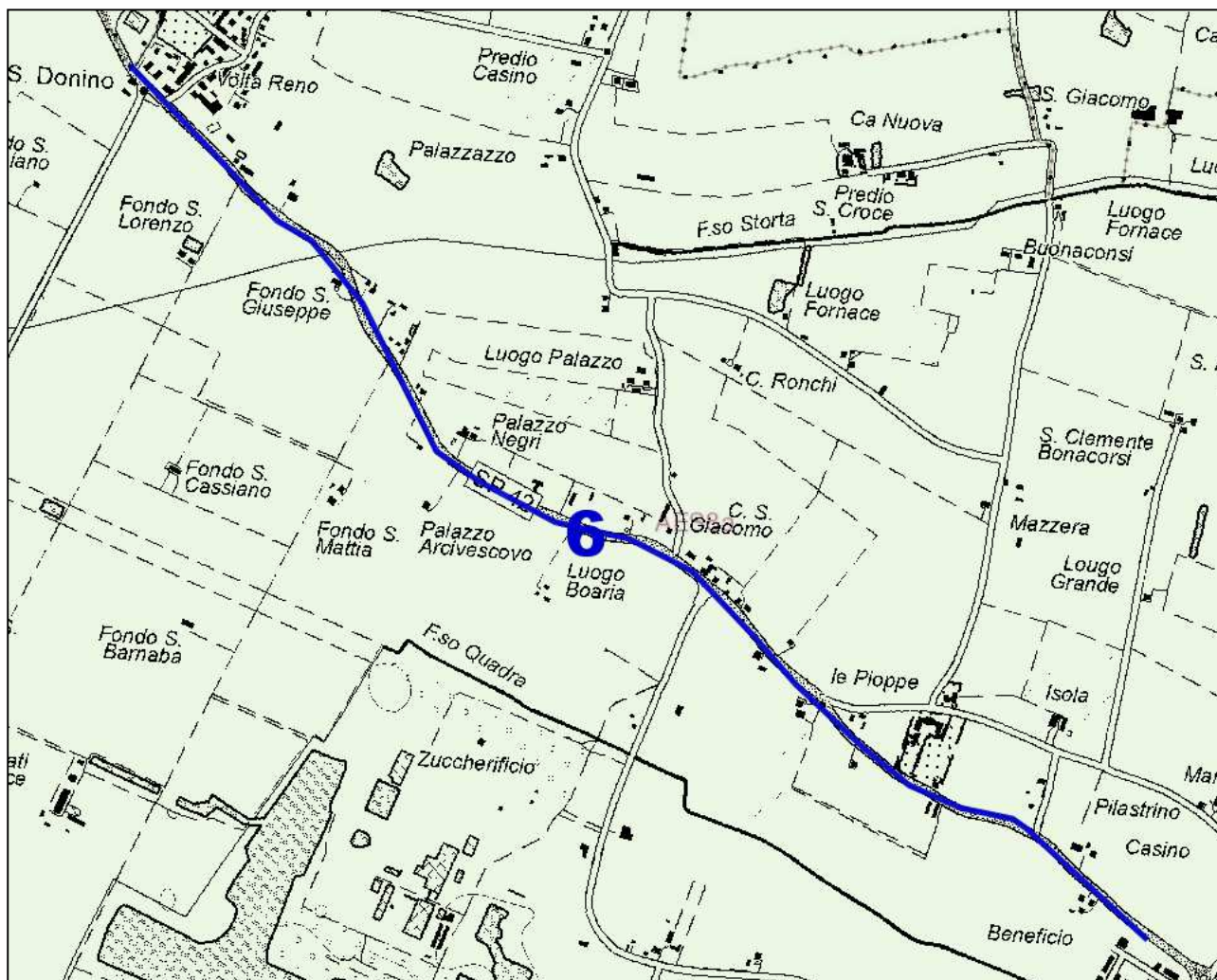


Figura 36: carta litologica del tratto 6

6.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La rete dei piezometri ARPA ha nell'area i dati di un punto di controllo: il "BO81-00" mostrava nelle misure dal 1978 al 2006 che la soggiacenza è posta a circa 17-24 m. dal p.c..

Non si può escludere comunque la presenza di falde freatiche più superficiali, in collegamento diretto con il reticolo idrografico.

6.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 6 si sviluppa in destra idrografica del fiume Reno, ma non interferisce mai con il corso d'acqua. La pista, in questo tratto, non interferisce con significativi canali e/o fossi.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti.



Figura 37: tavola MP3, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

6.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di Castel Maggiore, Argelato e Bentivoglio sono classificati come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

7.0 TRATTO 7

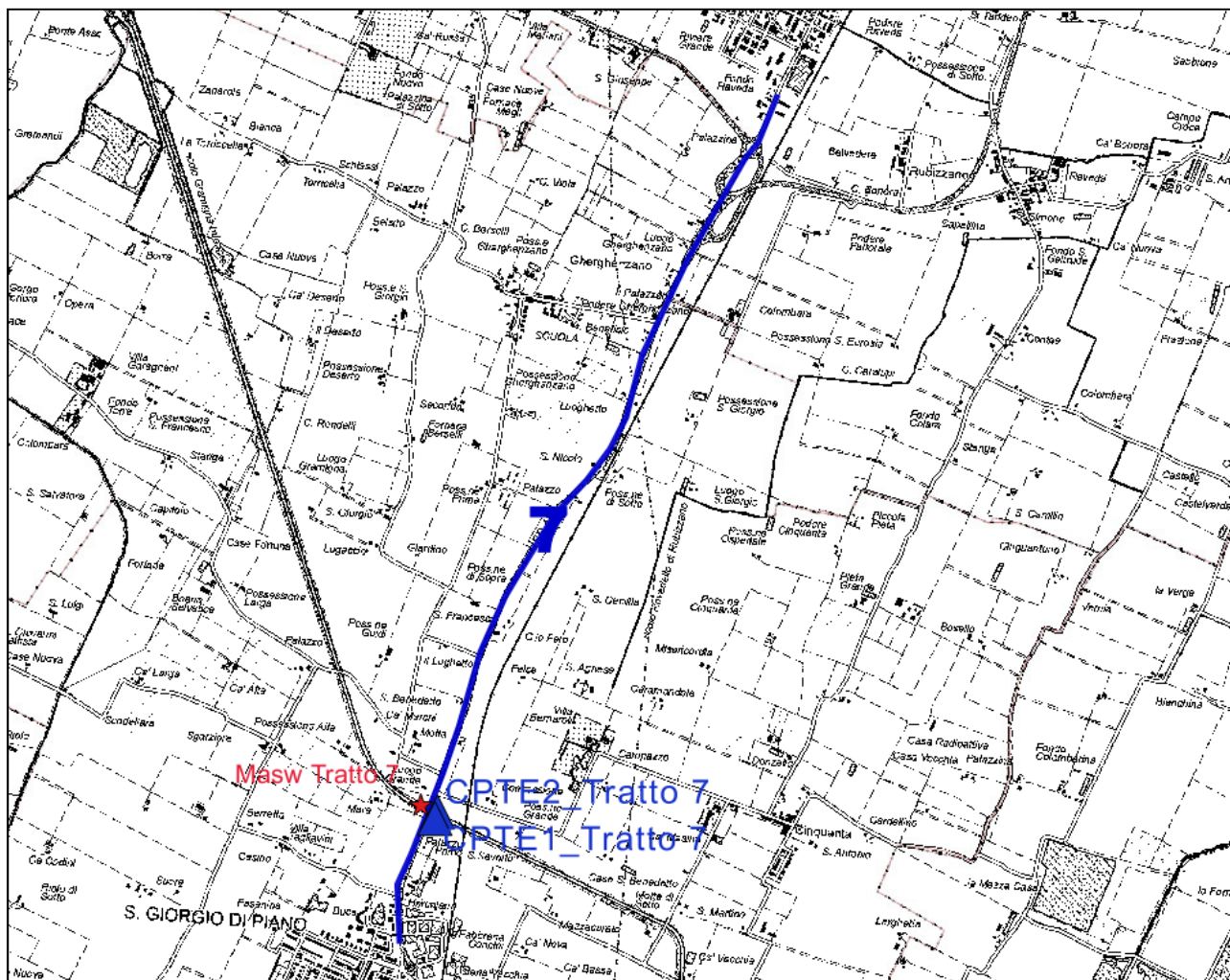


Figura 38: stralcio planimetrico del tratto 7 con ubicazione di indagini geognostiche

7.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

7.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 7 si sviluppa nei comuni di San Giorgio di Piano (circa il 75% del tracciato) ed a N-NE nel comune di San Pietro in Casale. Il tratto ha uno sviluppo rettilineo con assetto NNE-SSW. In questo tratto dovrà essere realizzato un attraversamento in corrispondenza del Canale Emiliano Romagnolo. L'opera sarà realizzata in adiacenza alla sede stradale presente. La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 21.3-17.8 mt slm.

7.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nel tratto in esame affiorano depositi di piana alluvionale riconducibili al Subsistema di Ravenna (AES8).

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

Le prove realizzate hanno evidenziato un'alternanza di livelli fini (argille e limi) prevalenti, con subordinati livelli sabbiosi.



Figura 39: carta litologica del tratto 7

7.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nell'area di studio le prove penetrometriche indicano che la falda è posta ad una profondità compresa tra 2.05 e 2.50 mt dal p.c..

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

Alla luce di quanto indicato dalle prove eseguite, l'acquifero sarebbe costituito da sedimenti prevalentemente medio-fini e quindi a medio-bassa trasmissività.

La rete dei piezometri ARPA può fornire nell'area i dati di due punti di controllo: il "BO23-00" mostrava nelle misure dal 1976 al 2009 che la soggiacenza è posta a circa 14-8 m. dal p.c.; il "BO03-01" mostrava nelle misure dal 2002 al 2009 che la soggiacenza è posta a circa 7-12 m. dal p.c

7.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 7 intercetta in Loc. Luogo Grande il Canale Emiliano Romagnolo. In tale punto sarà realizzato un apposito attraversamento per la pista ciclabile.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade principalmente in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti, mentre la parte più settentrionale ricade in area P3 soggetta ad alluvioni frequenti.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

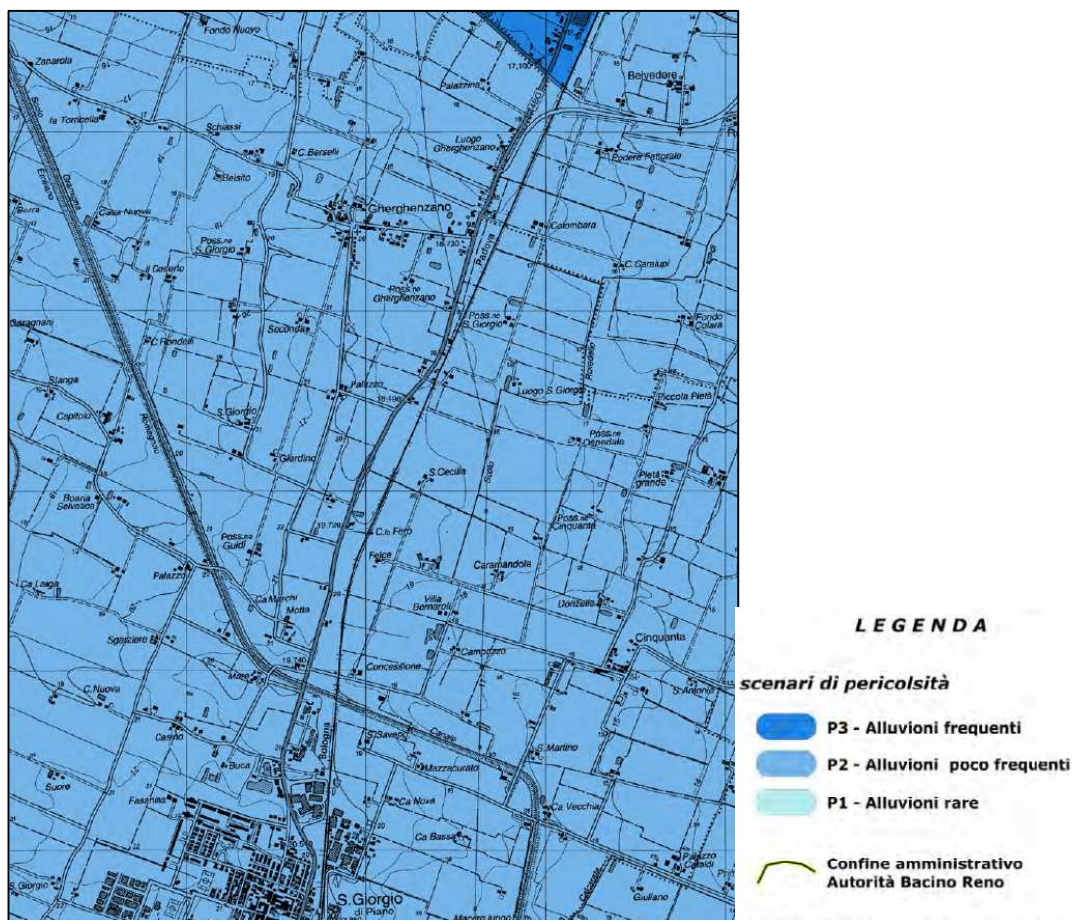


Figura 40: tavola MP7, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

7.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di San Giorgio di Piano e San Pietro in Casale sono classificati come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

La classe topografica del tratto in esame è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

La categoria di sottosuolo è riportata nel successivo paragrafo.

7.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

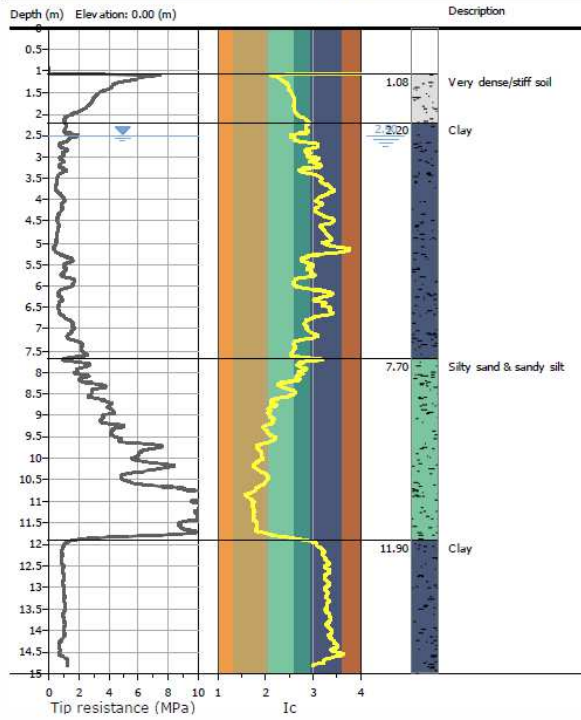
In questo tratto sono state realizzate n°2 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 7 e CPTE2-tratto 7).

Di seguito vengono confrontate le stratigrafie desunte da tali prove realizzate in prossimità del corso d'acqua.

E' stata inoltre eseguita una prova sismica MASW.

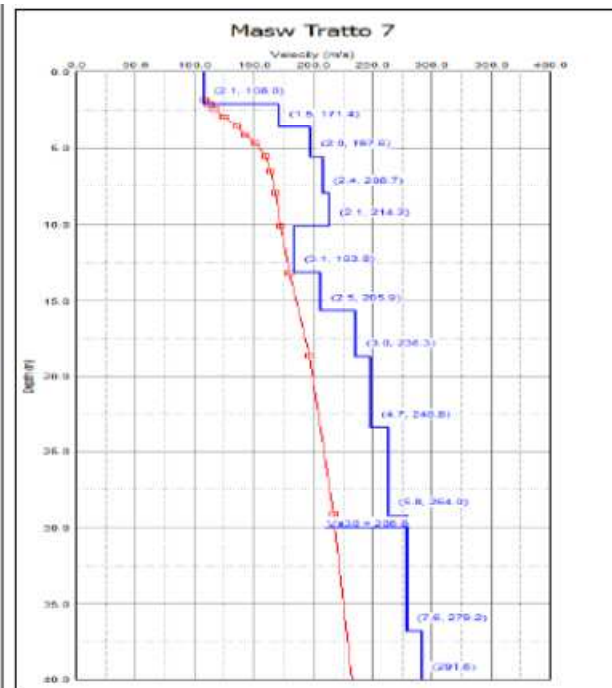
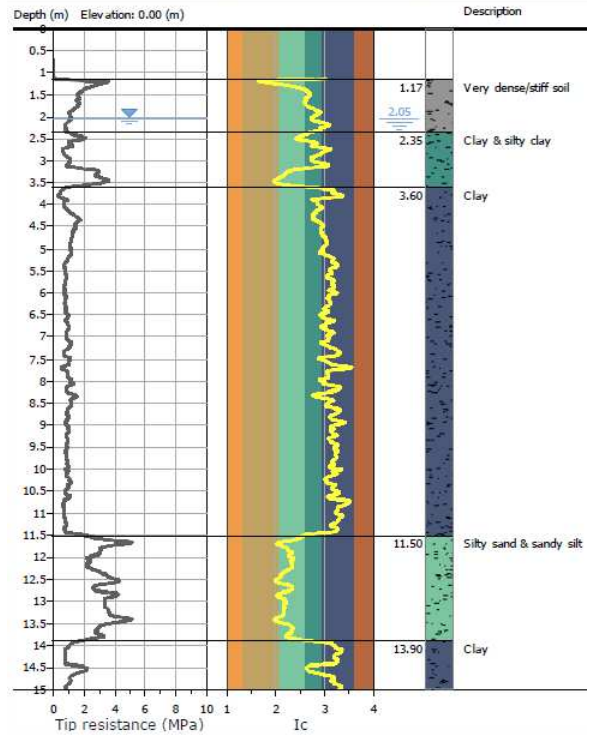
CPTE1 (sx rilevato)

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 7
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Giorgio di Piano (BO)



CPTE2 (dx rilevato)

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 7
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Giorgio di Piano (BO)



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di Vs e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V _s (m/s)
1	2.1	2.1	108.0
2	3.6	1.5	170.4
3	5.6	2.0	197.6
4	8.0	2.4	208.7
5	10.1	2.1	214.2
6	13.2	3.1	183.8
7	15.7	2.5	205.9
8	18.5	3.0	236.3
9	23.2	4.7	248.8
10	29.0	5.8	264.0
11	36.6	7.6	279.2
12	∞	∞	291.6

$$V_{S30} = 206.8 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di Vs30 calcolato.

L'ubicazione e i risultati delle prove sono tratti dal Report restituito dalla ditta InGeo s.r.l. ed allegato alle presente relazione.

7.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”. Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPTe e alla relativa MASW.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 7:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	1.08	1.17
2	-	2.35
3	2.20	3.60
4	7.70	11.50
5	11.90	13.90

Orizzonti geotecnici	N60	Es (MPa) ³⁴	Dr(%) ³⁵	Phi° ³⁶	M ³⁷ MPa)	Go ³⁸	Su (kPa) ³⁹	OCR ⁴⁰	Gamma (KN/mc) ⁴¹
1	6/11	31/63	-	-	19/39	36/64	88/189	12/23	18/19
2	5.5	28	-	-	18	32	67	7.1	17.2
3	5	33/35	-	-	7/9	34/35	54/58	3.3/4.2	17
4	10/14	35.5/50.6	28/41	33.5/37	40/54	45/62	-	-	16.4/17.7
5	6	-	-	-	4/5	36/42	52/56	1.9/2.1	16.4/17

³⁴ Modulo di Young

³⁵ Densità relativa

³⁶ Angolo di attrito interno

³⁷ Modulo Edometrico

³⁸ Modulo di taglio a piccole deformazioni

³⁹ Coesione non drenata

⁴⁰ Grado di sovraconsolidazione

⁴¹ Peso specifico

8.0 TRATTO 8

N.D.

9.0 TRATTO 9

In questo tratto la pista corre lungo la viabilità esistente e non sono previste opere d'arte.

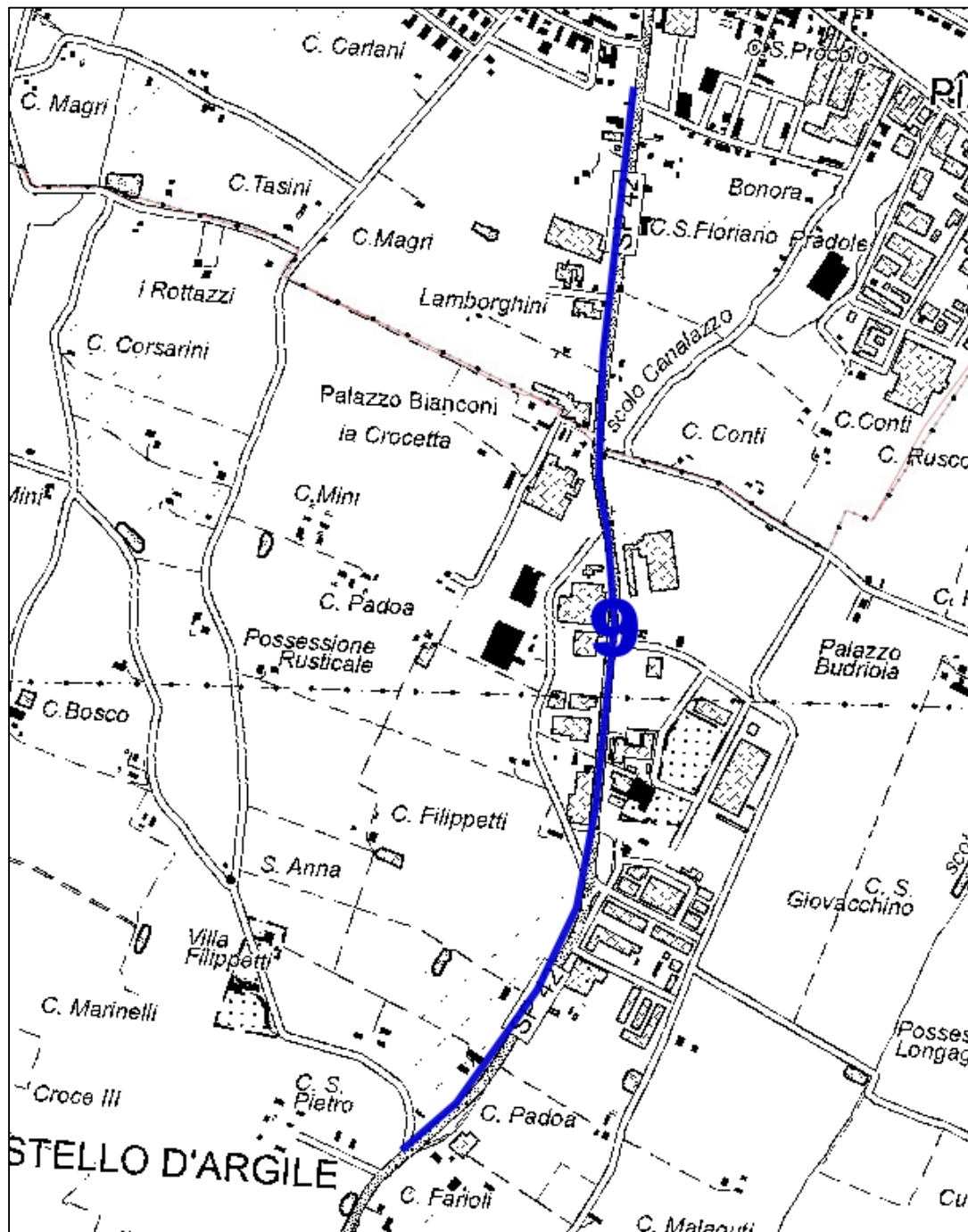


Figura 41: stralcio planimetrico del tratto 9

9.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Dai dati reperiti nell'area è presente una falda superficiale, posta a circa 2-3 m. dal p.c..

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

La rete dei piezometri ARPA ha nell'area un punto di controllo, il "BOF2-00", che però non fornisce dati relativamente alla piezometria.

9.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

Il tratto 9 si sviluppa in destra idrografica del fiume Reno, ad una distanza poco superiore ad 1 km dal suo argine.

Il tratto non interferisce con significativi corsi d'acqua o canali.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade in area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti.

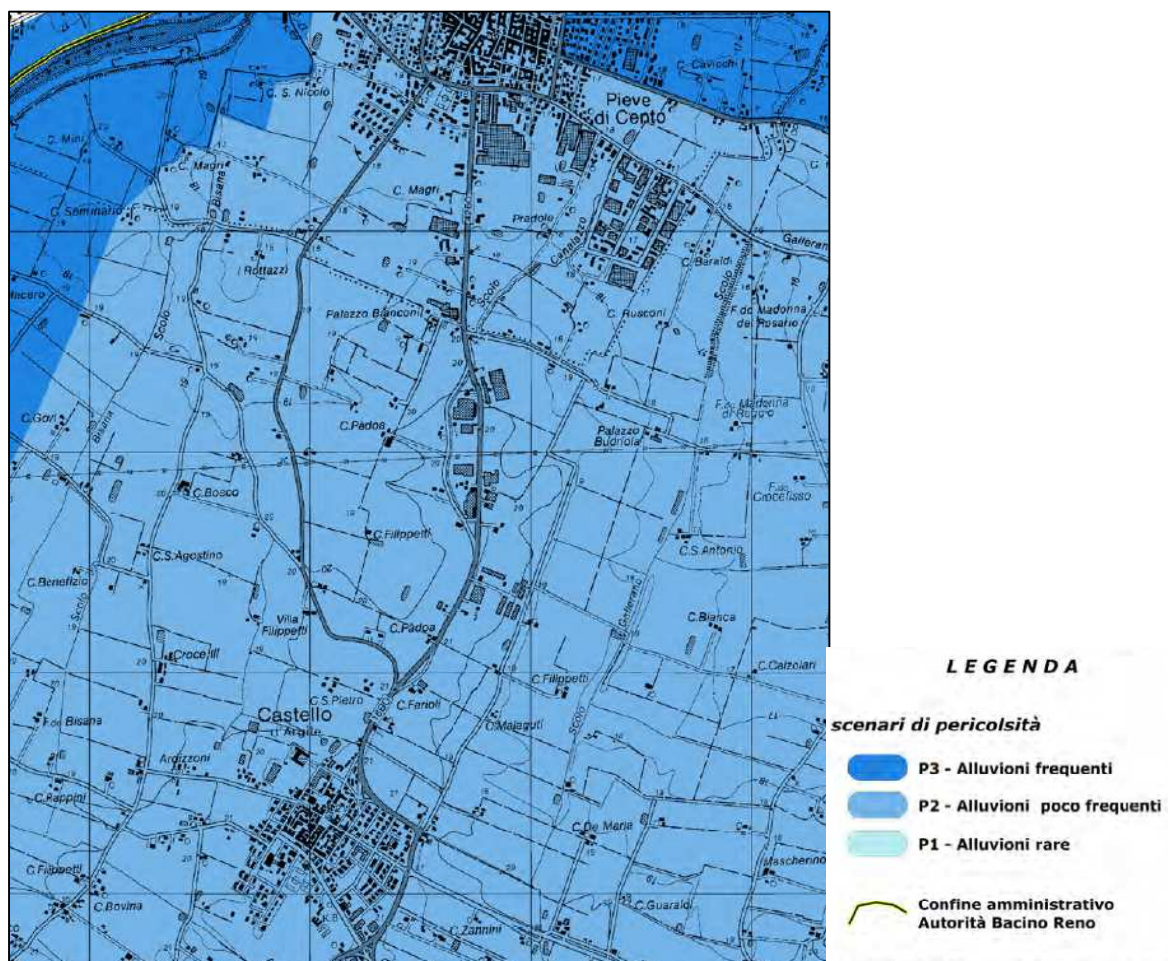


Figura 43: tavola MP3, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

9.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di Castello di Argile e di Pieve di Cento sono classificati come “Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)”.

10.0 TRATTO 10

10.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

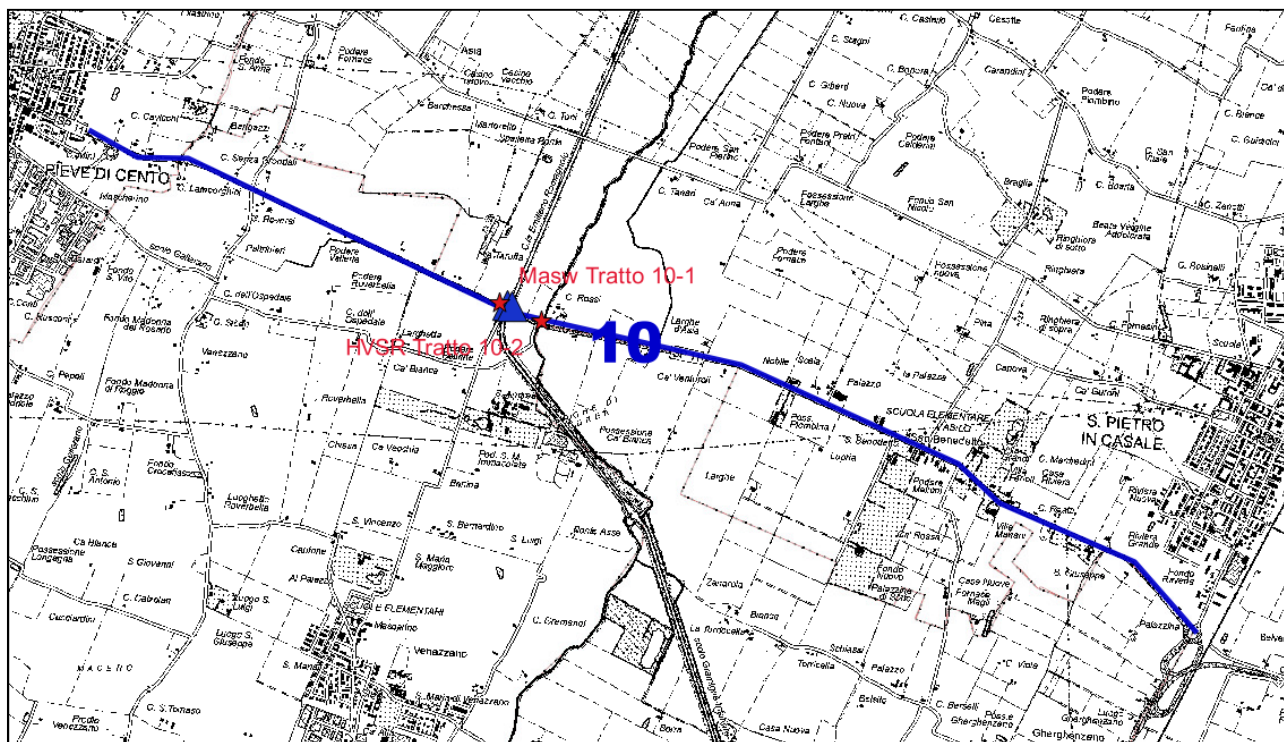


Figura 44: stralcio planimetrico del tratto 10 con ubicazione di indagini geognostiche

10.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 10 si sviluppa con assetto trasversale in direzione WNW-ESE all'interno dei territori dei comuni di San Pietro in Casale, Castello d'Argile e di Pieve di Cento. Questo tratto di ciclabile collega l'abitato di San Pietro in Casale all'abitato di Pieve di Cento.

Il tratto 10 si sviluppa in adiacenza alla Provinciale in una zona a prevalente vocazione agricola.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 17.0-17.6 mt slm.

10.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nell'area in esame affiorano depositi alluvionali di natura prevalentemente limo-argillosa appartenenti all'Unità di Modena (AES8a) nella porzione occidentale e centrale, mentre affiorano depositi quaternari riconducibili al Subsintema di Ravenna (AES8) nella parte orientale.

Le opere di attraversamento previste ricadono su terreni dell'Unità di Modena, laddove prevale la litofacies argillo-limosa.

Unità di Modena (AES8a)

“Nei settori intravallivi ghiaie prevalenti organizzate in 2 ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore sempre affiorante dato da un suolo calcareo di colore bruno olivastro e bruno grigiastro privo di reperti archeologici romani, o piu' antichi, non rimaneggiati. Limite inferiore dato da una superficie di erosione fluviale nelle aree intra Spessore massimo in pianura 7 metri, nel sottosuolo circa 10m.” (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

Subsistema di Ravenna (AES8)

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unita' AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

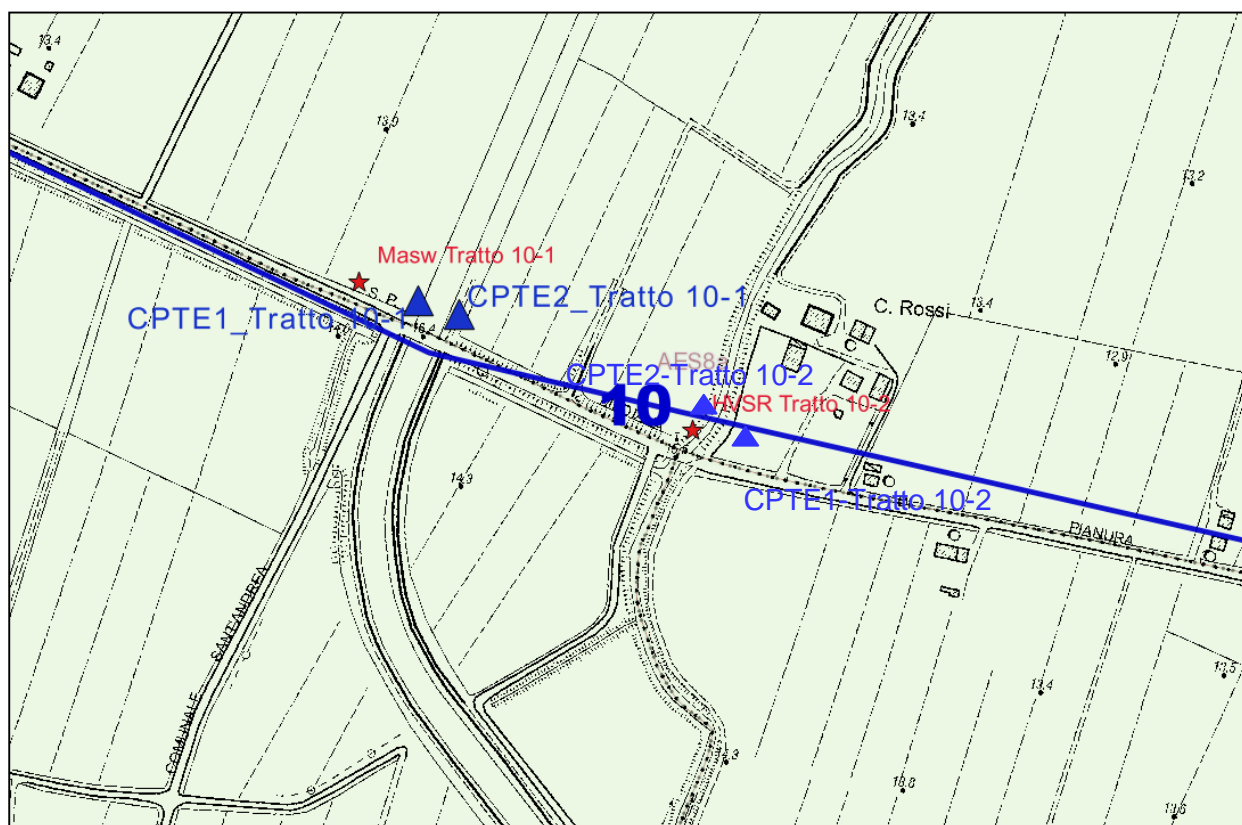


Figura 45: carta litologica del tratto 10

10.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

Nell'area di studio le prove penetrometriche indicano che la falda è posta ad una profondità compresa tra 2.60 e 4.10 mt dal p.c..

Si tratta probabilmente di una falda superficiale di interesse locale, in diretta connessione con la rete idrografica superficiale.

Alla luce di quanto indicato dalle prove eseguite, l'acquifero sarebbe costituito da sedimenti prevalentemente fini e quindi a bassa trasmissività.

La rete dei piezometri ARPA può fornire nell'area i dati di un punto di controllo: il "BO3-01" mostrava nelle misure dal 2002 al 2009 che la soggiacenza è posta tra circa 12 e 7 m. dal p.c..

10.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICO

Il tratto 10 attraversa in Loc. Casa Rossi il Canale Emiliano Romagnolo ed un suo collettore secondario.

In corrispondenza di tali attraversamenti saranno realizzati delle passerelle per dare continuità alla pista ciclabile.

Per quanto riguarda gli studi di natura idraulica si rimanda allo specifico elaborato allegato al progetto.

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che il tratto ricade interamente al margine tra l'area P2, caratterizzata da alluvioni poco frequenti, e quella P3, caratterizzata da alluvioni frequenti.

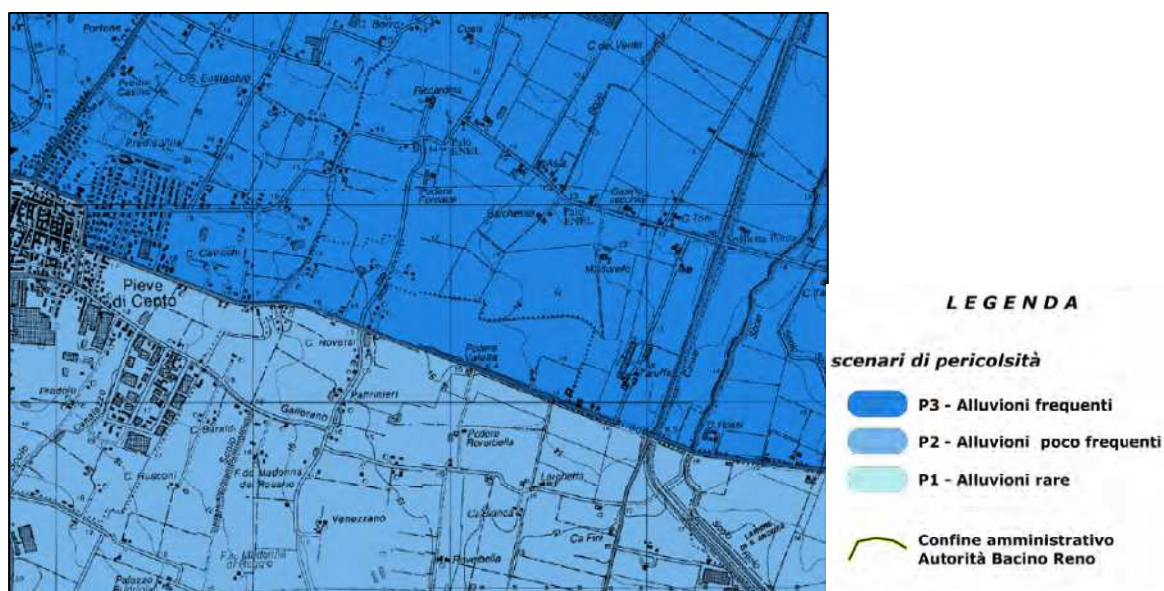


Figura 46: tavola MP3, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

10.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di Castello di Argile di Pieve di Cento e di San Pietro in Casale sono classificati come "Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)".

La classe topografica del tratto in esame è legata alla configurazione del piano campagna ed è determinabile attraverso la Tabella 3.2.IV delle NTC, i valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica sono presentati nella Tabella 3.2.VI delle NTC.

Nella seguente tabella è riportata la classe per il sito in esame:

Categoria topografica	Descrizione	Valore massimo coefficiente S_T
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	1.0

La categoria di sottosuolo è riportata nel successivo paragrafo.

10.2 INDAGINI GEOGNOSTICHE

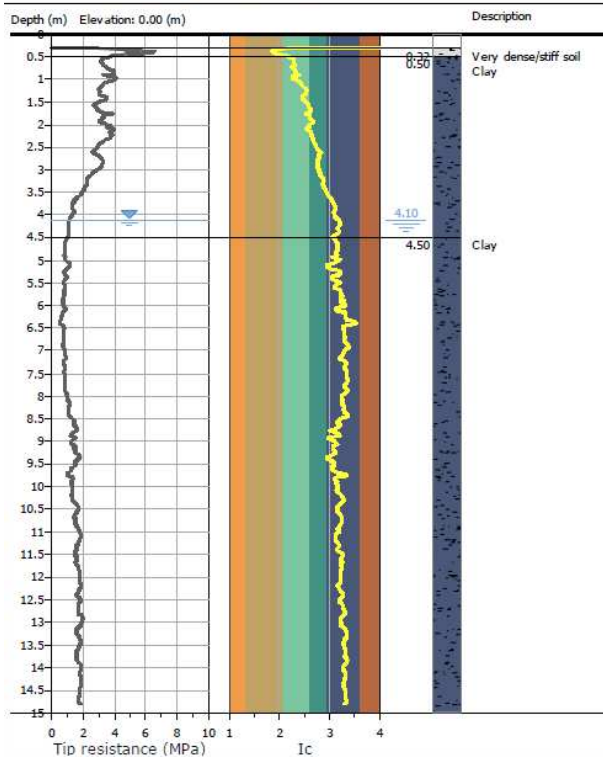
In questo tratto sono state realizzate n°4 prove penetrometriche statiche con punta elettrica (CPTE1-tratto 10-1 e CPTE2-tratto 10-1; CPTE1-tratto 10-2 e CPTE2-tratto 10-2).

Di seguito vengono confrontate le stratigrafie desunte da tali prove realizzate in prossimità del corso d'acqua.

E' stata inoltre eseguita una prova sismica MASW ed una HVSR.

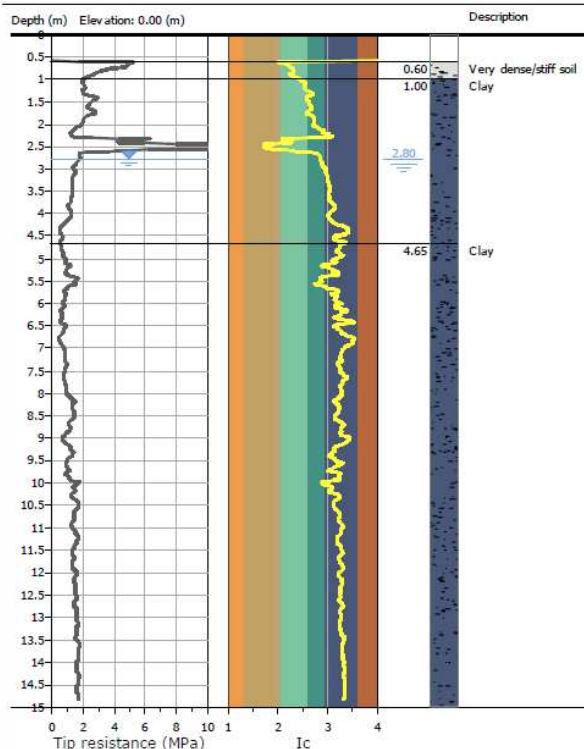
CPTE1 tratto 10-1

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 10-1
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Pietro in Casale



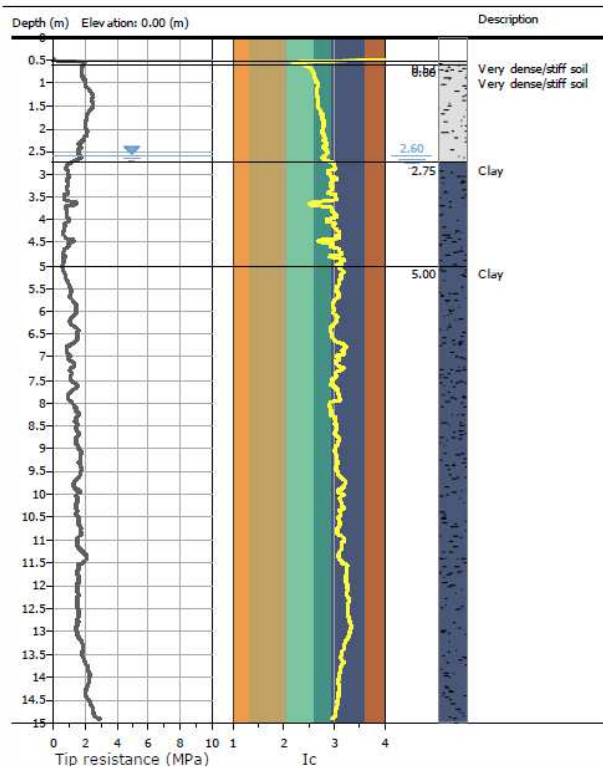
CPTE2 tratto 10-1

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 10-1
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Pietro in Casale



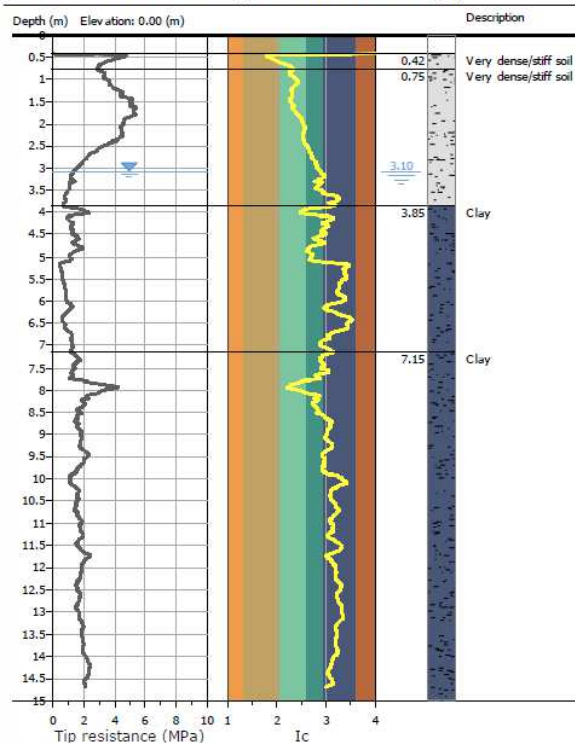
CPTE1 tratto 10-2

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 10-2
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Pietro in Casale (BO)



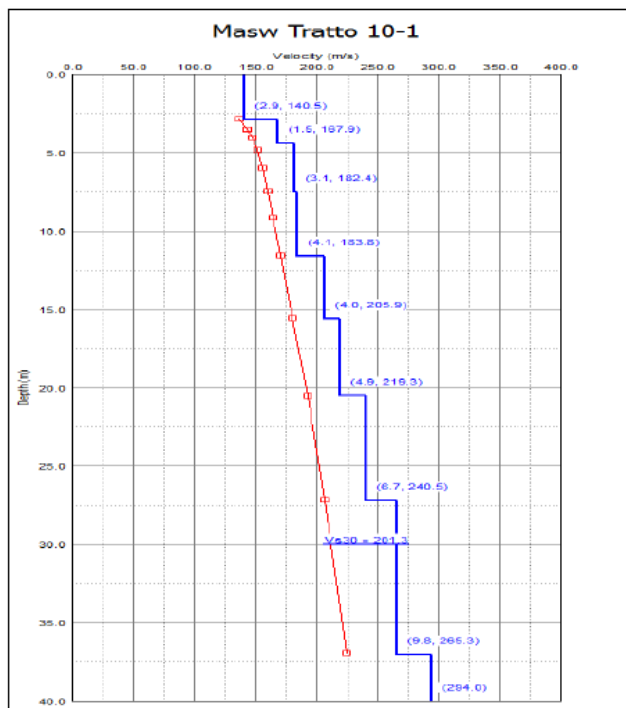
CPTE2 tratto 10-2

Project: Ciclopedonale Reno Galliera - Tratto 10-2
 Location: Canale Emiliano-Romagnolo - San Pietro in Casale (BO)



L'ubicazione e i risultati delle prove sono tratti dal Report restituito dalla ditta InGeo s.r.l. ed allegato alle presente relazione.

MASW tratto 10-1



Modello di sottosuolo (1D) descritti in termini di V_s e spessore dei sismostrati (spezzata blu) e curva di dispersione sperimentale delle onde R (curva rossa).

Tabella di sintesi

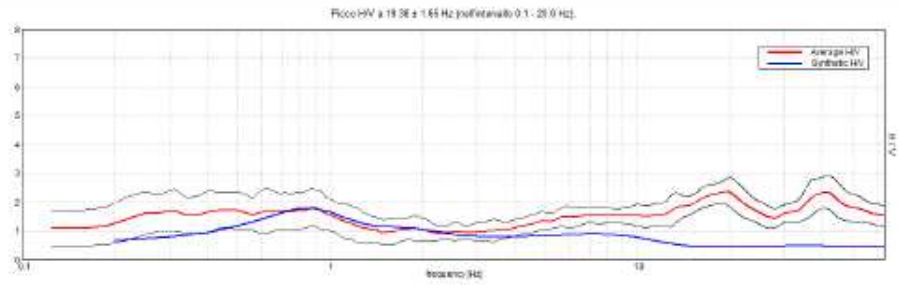
n. Strato	Profondità letto (m dal p.c.)	Spessore (m)	V_s (m/s)
1	2.9	2.9	140.5
2	4.4	1.5	167.9
3	7.5	3.1	182.4
4	11.6	4.1	183.8
5	15.6	4.0	205.9
6	20.5	4.9	219.3
7	27.2	6.7	240.5
8	37.0	9.8	265.3
9	∞	∞	294.0

$$V_{S30} = 201.3 \pm 10 \text{ [m/s]}$$

Sintesi dei parametri del modello di sottosuolo ottenuto e Valore di V_{S30} calcolato.

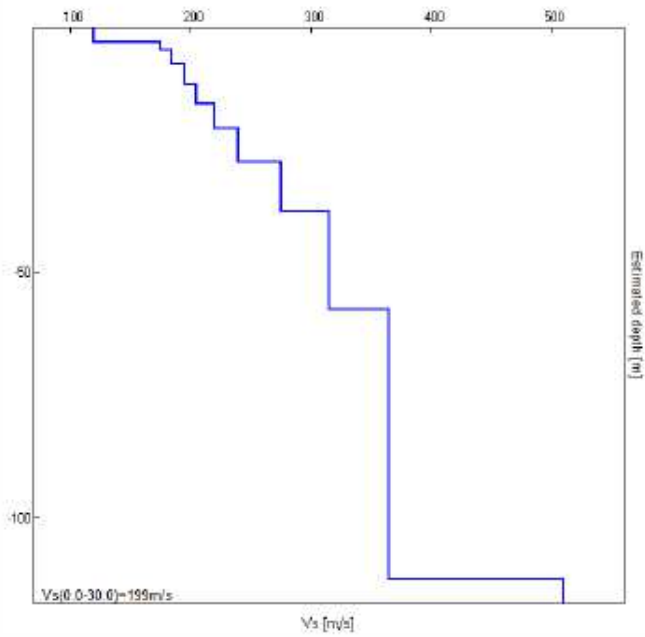
HVSR tratto 10-2

H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]
3.00	3.00	120
4.50	1.50	175
7.50	3.00	185
11.50	4.00	195
15.50	4.00	205
20.50	5.00	220
27.50	7.00	240
37.50	10.00	275
57.50	20.00	315
112.50	55.00	365
inf.	inf.	510

Vs(0.0-30.0)=199m/s



10.3 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Ai sensi della CIRCOLARE 2 febbraio 2009, n. 617 Istruzioni per l'applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008. (rif. C6.2.2 INDAGINI, CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE GEOTECNICA), come valori caratteristici dei parametri geotecnici sono possono essere scelti i valori medi poiché: “Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti”.

Per la determinazione della stratigrafia dei terreni e la loro parametrizzazione geotecnica si fa riferimento ai risultati delle prove penetrometriche CPT e alle indagini sismiche.

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 10, punto 1:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0.22	0.60
2	0.50	1.00
3	4.50	4.65

Orizzonti geotecnici	N ₆₀	E _s (MPa) ⁴²	Dr(%) ⁴³	Phi° ⁴⁴	M ⁴⁵ MPa	Go ⁴⁶	Su (kPa) ⁴⁷	OCR ⁴⁸	Gamma (KN/mc) ⁴⁹
1	13/10	39/44	60/82	41/44	45/51	53/53	-	-	19/19
2	7/11	40/53	-	-	20/34	51/69	97/171	9/16	18/19
3	7/7	-	-	-	9/10	54/58	71/77	3/3	18/18

Di seguito sono riportati i parametri geotecnici derivati dall'elaborazione delle prove per l'opera nel tratto 10, punto 2:

Orizzonti geotecnici	CPT1	CPT2
	Quota da p.c. in metri	
1	0.52	0.42
2	0.60	0.75
3	2.75	3.85
4	5.00	7.15

⁴² Modulo di Young

⁴³ Densità relativa

⁴⁴ Angolo di attrito interno

⁴⁵ Modulo Edometrico

⁴⁶ Modulo di taglio a piccole deformazioni

⁴⁷ Coesione non drenata

⁴⁸ Grado di sovraconsolidazione

⁴⁹ Peso specifico

Orizzonti geotecnici	N60	Es (MPa)	Dr(%)	Phi°	M (MPa)	Go	Su (kPa)	OCR	Gamma (KN/mc)
1	5/9	23/33	52/64	39/41	23/29	28/36	-	-	18/18
2	8/10	31/66	-	-	27/34	55/63	139/176	17/19	19/19
3	4/5	24/36	-	-	9/9	29/40	53/63	4/4	17/17
4	8/10	-/53	-		16/19	60/71	93/111	4/4	18/18

11.0 TRATTO 11

In questo tratto la pista corre lungo la viabilità esistente e non sono previste opere d'arte

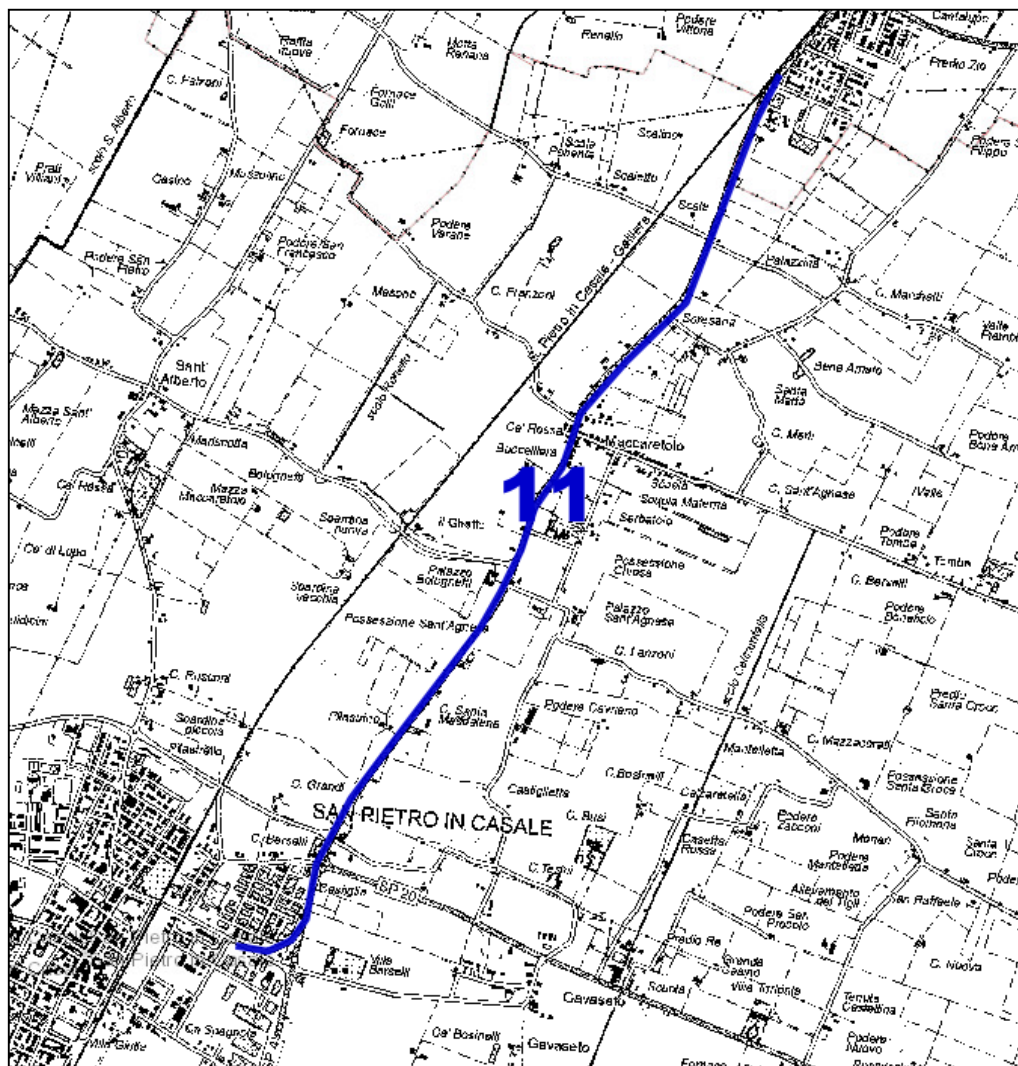


Figura 47: stralcio planimetrico del tratto 11

11.1 CARATTERIZZAZIONE E MODELLAZIONE DEL SITO DI PROGETTO

11.1.1 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Il tratto 11 si sviluppa con assetto direzionato NNE-SSW all'interno dei territori dei comuni di San Pietro in Casale e, per l'ultimo tratto, in territorio del comune di Galliera.

Il tratto 11 si sviluppa in adiacenza alla viabilità esistente in una zona a prevalente vocazione agricola, ad eccezione della prima e ultima parte del percorso che attraversano zone altamente edificate.

La morfologia dell'area si presenta sub pianeggiante e il piano campagna è posto ad una quota altimetrica compresa tra 14.0-15.0 mt slm.

11.1.2 CARATTERISTICHE GEOLOGICO STRATIGRAFICO

Nell'area in esame affiorano depositi alluvionali di natura prevalentemente limo-argillosa appartenenti al Subsistema di Ravenna (Subsistema AES8).

“Nei settori intravallivi ghiaie passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Negli sbocchi vallivi e nella piana alluvionale ghiaie, sabbie, limi ed argille. Limite superiore dato da suoli variabili da non calcarei a calcarei. I suoli non calcarei e scarsamente calcarei hanno colore bruno scuro e bruno scuro giallastro, spessore dell'alterazione da 0,5 ad 1,5 m, contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. I suoli calcarei appartengono all'unità AES8a. Limite inferiore erosivo sui depositi marini e alluvionali sottostanti. Subsistema contenente una unità a limiti inconformi di rango gerarchico inferiore (AES8a) che, dove presente, ne costituisce il tetto stratigrafico. Spessore massimo in pianura di 25 metri circa. (Legenda Carta delle Coperture Quaternarie, WMS Regione Emilia Romagna).

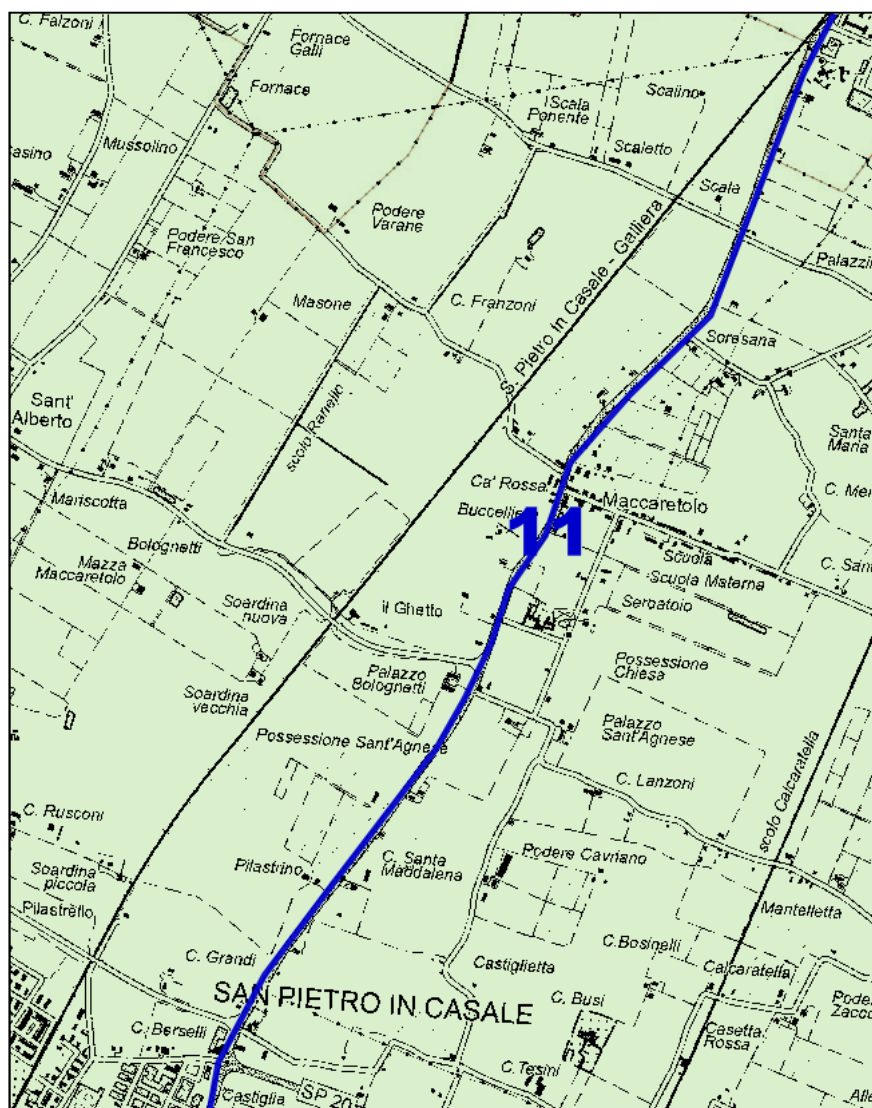


Figura 48: carta litologica del tratto 11

11.1.3 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La rete dei piezometri ARPA ha nell'area i dati di due punti di controllo: il "BO3-01" mostrava nelle misure dal 2002 al 2009 che la soggiacenza è posta tra circa 12 e 7 m. dal p.c.; il "BO83-00" mostrava nelle misure dal 1982 al 2009 che la soggiacenza è posta a circa 5 e 12 m. dal p.c..

Non si può escludere comunque la presenza di falde freatiche più superficiali, in collegamento diretto con il reticolo idrografico.

11.1.4 CARATTERISTICHE IDRAULICHE

La recente Variante di Coordinamento tra il Piano Gestione Rischio Alluvioni e i Piani Stralcio di Bacino dell'Autorità di Bacino del Fiume Reno (confluita nel 2017 nell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po), evidenzia che tutto il tratto ricade in area P3 soggetta ad alluvioni frequenti.

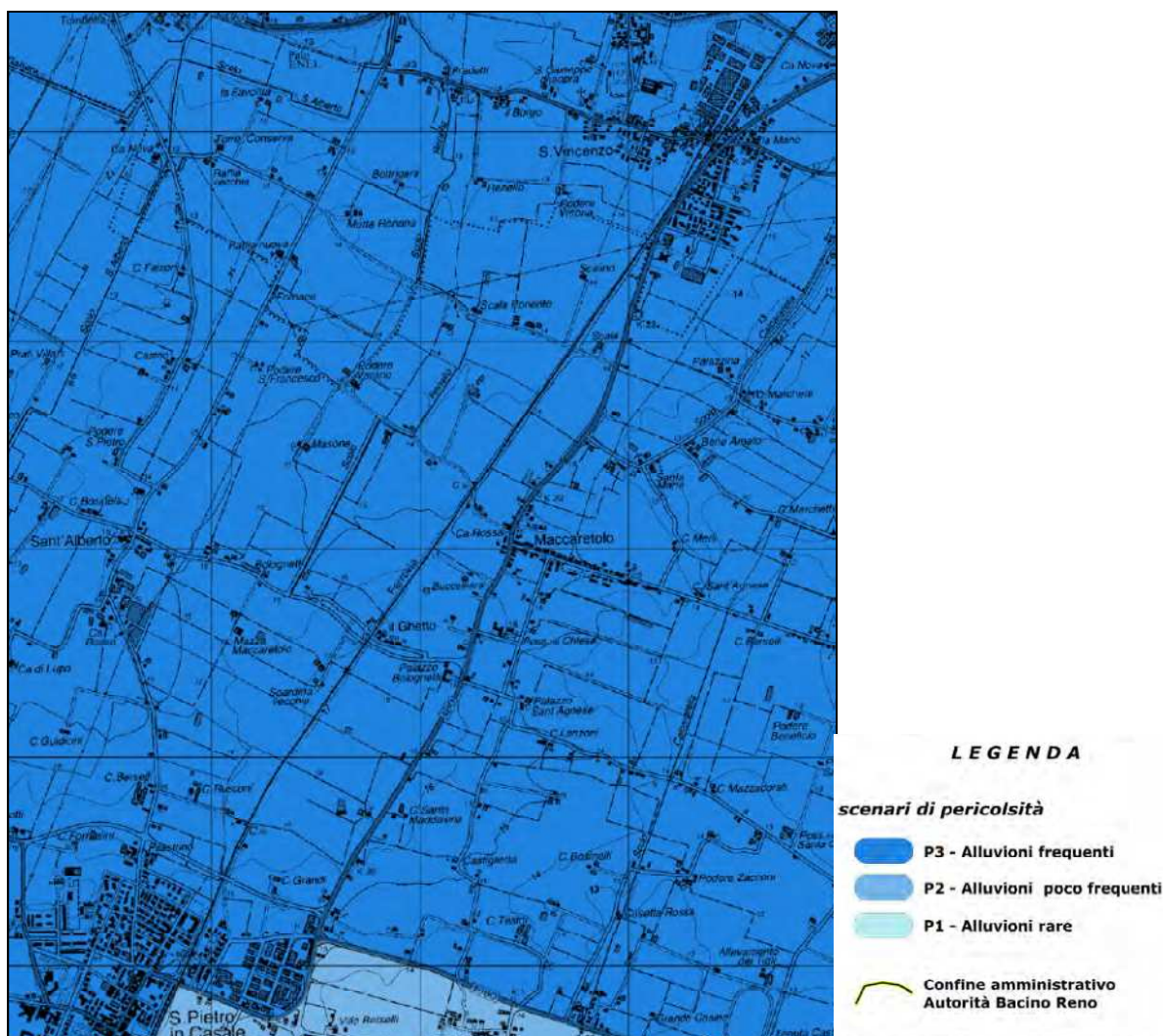


Figura 49: tavola MP6, mappa delle aree potenzialmente interessate da alluvioni (2016)

11.1.5 CARATTERISTICHE SISMICHE

Con Delibera Giunta Regionale della Regione Emilia Romagna del 21 luglio 2003 n. 1435 è stata aggiornata la classificazione sismica dell'intero territorio. In base a tale classificazione i comuni di San Pietro in Casale e di Galliera sono classificati come “Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari (zona 3)”.

12.0 CONCLUSIONI

Gli interventi di progetto risultano fattibili da un punto di vista geologico s.l..

L'impatto sul territorio di una pista ciclabile è molto ridotto, soprattutto quando inserita in un contesto, come quello in esame, già fortemente antropizzato.

Lo studio ha evidenziato che l'area è caratterizzata da coltri sedimentarie quaternarie con granulometria medio-fini prevalenti.

Le indagini hanno mostrato potenti spessori limo-argillosi, soprattutto nei primi metri dal p.c., che a luoghi mostrano caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti, con bassi gradi di addensamento e consistenza.

Si è rilevata una falda freatica piuttosto superficiale in tutto il territorio: essa è probabilmente in diretto collegamento il reticolo idrografico e ha bassa potenzialità e trasmissività. Dati su pozzi profondi dell'Arpa mostrano che diffusamente la falda principale si pone a quote di circa 15-20 m. dal p.c. nella porzione meridionale del territorio, per poi risalire a 5-10 m. dal p.c. in quella settentrionale.

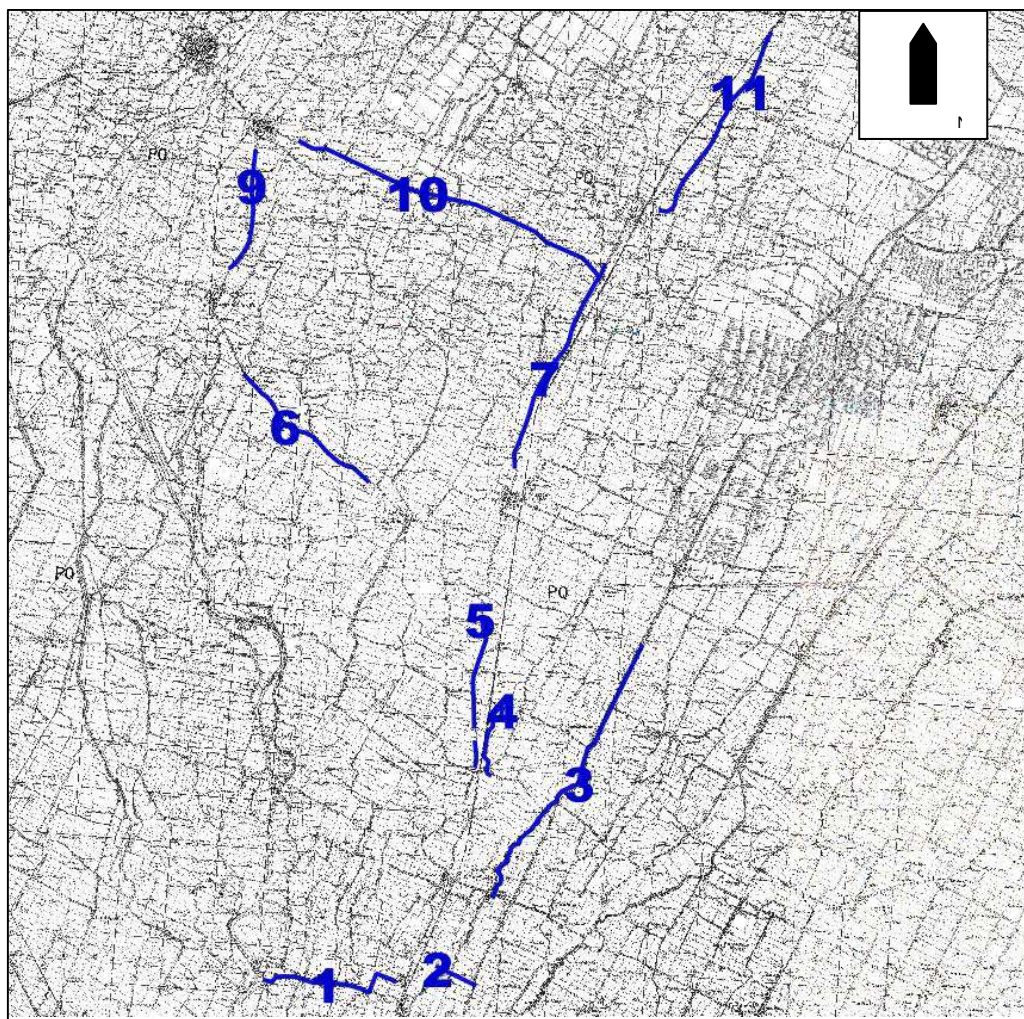
Le principali opere sono i nuovi attraversamenti previsti su alcuni corsi d'acqua (scoli e canali). Vista la tipologia di terreni si consiglia la realizzazione di fondazioni profonde.

Le fondazioni e le opere dovranno essere adeguatamente protette da eventuali fenomeni di erosione. Per le valutazioni idrauliche si rimanda allo specifico elaborato.


In caso di difformità rispetto a quanto previsto, lo scrivente dovrà essere tempestivamente avvisato.

CARTA TOPOGRAFICA D'ITALIA IGM

Inquadramento generale a piccola scala



Non in scala

 Ubicazione dei tratti in esame

REPORT INDAGINI

- Relazione sulle indagini redatta dalla ditta Songeo di Ferrara.