CODIFICA ELABORATO

PCR139	D-01-10-00	0
CODICE COMMESSA	TITOLO	REV

Scala: doc.

Provincia di Cremona

Corso Vittorio Emanuele II, 17 - 26100 Cremona
CF 2002130195

Responsabile Servizio Amministrativo porto e trasporti:
Giorgio Rodighiero

tel. 0372 406806
e-mail: porto@provincia.cremona.it
casella P.E.C.: protocollo@provincia.cr.it

Dirigente del settore: Arch. Giulio Biroli

SETTORE INFRASTRUTTURE STRADALI, PATRIMONIO ED EDILIZIA SCOLASTICA

PIANO REGOLATORE PORTUALE DEL PORTO DI CREMONA

ai sensi dell'art. 17, legge regionale 26 maggio 2017 n. 15
(Legge di semplificazione) come modificato dall'art. 17 della LR 9/2022)

APPROFONDIMENTO GEOLOGICO

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITA' DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI CREMONA

Responsabile del Procedimento: Giorgio Rodighiero

Società incaricata:

centropadane
l'esperienza si fa strada

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
ROBERTO MARIOTTI
geologo specialista
Albo n. 1545 AP
sezione A

Con la collaborazione di
AIPo
Agenzia Interregionale per il fiume Po

Redazione studi specialistici a cura di:

Studio Ingegneria Porcellani

PIAN. DAVIDE GEREVINI	DOTT. GEOL. ROBERTO MARIOTTI	AVV. MASSIMILIANO GRIMALDI
STUDIO TRAFFICO	VALUTAZIONE AMBIENTALE STRATEGICA	STUDIO GEOLOGICO	ASSETTO NORMATIVO

REV.	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO	DATA
0	EMISSIONE	Dott.Geol.R.Mariotti	Dott.Geol.R.Mariotti	Dott.Geol.R.Mariotti	09/2024

Questo documento non potrà essere copiato, riprodotto o altrimenti pubblicato in tutto o in parte senza il consenso scritto di Centro Padane S.r.l.

CP-CARTIGLIO-TXT-REV1

SOMMARIO

1 – PREMESSA……....…….....1
2 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE...…....…….....2
3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO.....….5
4 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO…….....11
5 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO…….....13
6 – VINCOLI GEOLOGICI.....….....16
7 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....….....16
8 – INQUADRAMENTO SISMICO…….....17

9 – PORTO DI CREMONA.....18
9.1 – PREMESSA…….…….....18
9.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI.…….18
9.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....……...19
9.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO.....20
9.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO…….....24
9.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO…….....31
9.7 – VINCOLI GEOLOGICI.....….....33
9.8 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....….....35
9.9 – INQUADRAMENTO SISMICO…….....40
9.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE…….….....……...….....….43

10 – BACINO DI PIZZIGHETTONE.....44
10.1 – PREMESSA…….....44
10.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI……...44
10.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....……..….45
10.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO...….47
10.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO…….....52
10.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO…….....57
10.7 – VINCOLI GEOLOGICI.....….....61
10.8 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....….....63
10.9 – INQUADRAMENTO SISMICO…….....67
10.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE…….….....…….....….68

11 – BANCHINA DI CASALMAGGIORE.....69
11.1 – PREMESSA……...…….....69
11.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI……..……....……69
11.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....……70
11.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO.....72
11.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO….....…….....74
11.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO….…….....79
11.7 – VINCOLI GEOLOGICI.....80
11.8 – FATTIBILITÀ GEOLOGICA .....…….....81
11.9 – INQUADRAMENTO SISMICO……...….....84
11.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE…….….....…..…….....…86

Dott. Roberto Mariotti *– Geologo Specialista* *tel/fax: 0372-23266*
Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR) *cell: 335-6958159*
e-mail: drmariotti.roberto@libero.it *pec: mariottiroberto@pec.epap.it*

RELAZIONE GEOLOGICA DI FATTIBILITÀ

1 – PREMESSA

La Provincia di Cremona, con Delibera del Presidente n. 102 del 28/08/2023 pubblicata sul BURL n. 37 del 13/09/2023, ha avviato il procedimento per l'adozione del **Piano Regolatore Portuale (P.R.P.) di Cremona**.

La l.r. n. 30 del 27/12/2006 e s.m.i. individua tra i *"Porti e zone portuali – Area di Cremona"* le seguenti aree:

- Porto di Cremona e aree funzionali allo sviluppo dell'attività portuale.
- Bacino di Pizzighettone e aree funzionali allo sviluppo dell'attività portuale.
- Banchina di Casalmaggiore.

Il Piano Regolatore Portuale ha l'obiettivo di definire l'assetto complessivo dell'ambito portuale, ivi comprese le aree destinate alla produzione industriale, all'attività cantieristica ed alle infrastrutture stradali e ferroviarie; individua altresì le caratteristiche e la destinazione funzionale delle aree interessate nonché l'assetto complessivo delle banchine commerciali del sistema idroviario.

Nella presente **relazione geologica di fattibilità**, redatta ai sensi della d.g.r. IX/2616/2011, verrà fornito un generale inquadramento "geologico" degli ambiti territoriali interessati dal Piano Regolatore Portuale di Cremona, nonché un approfondimento di dettaglio delle aree sopra citate.

2 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

I comuni interessati dai progetti del Piano Regolatore Portuale di Cremona, come rappresentato nelle figure successive (figg. 1-5), sono i seguenti (da ovest verso est): Pizzighettone, Crotta d'Adda (interessato solo dal passaggio del Canale Navigabile Mi-Cr-Po), Acquanegra Cremonese, Sesto ed Uniti, Spinadesco, Cremona, Casalmaggiore.

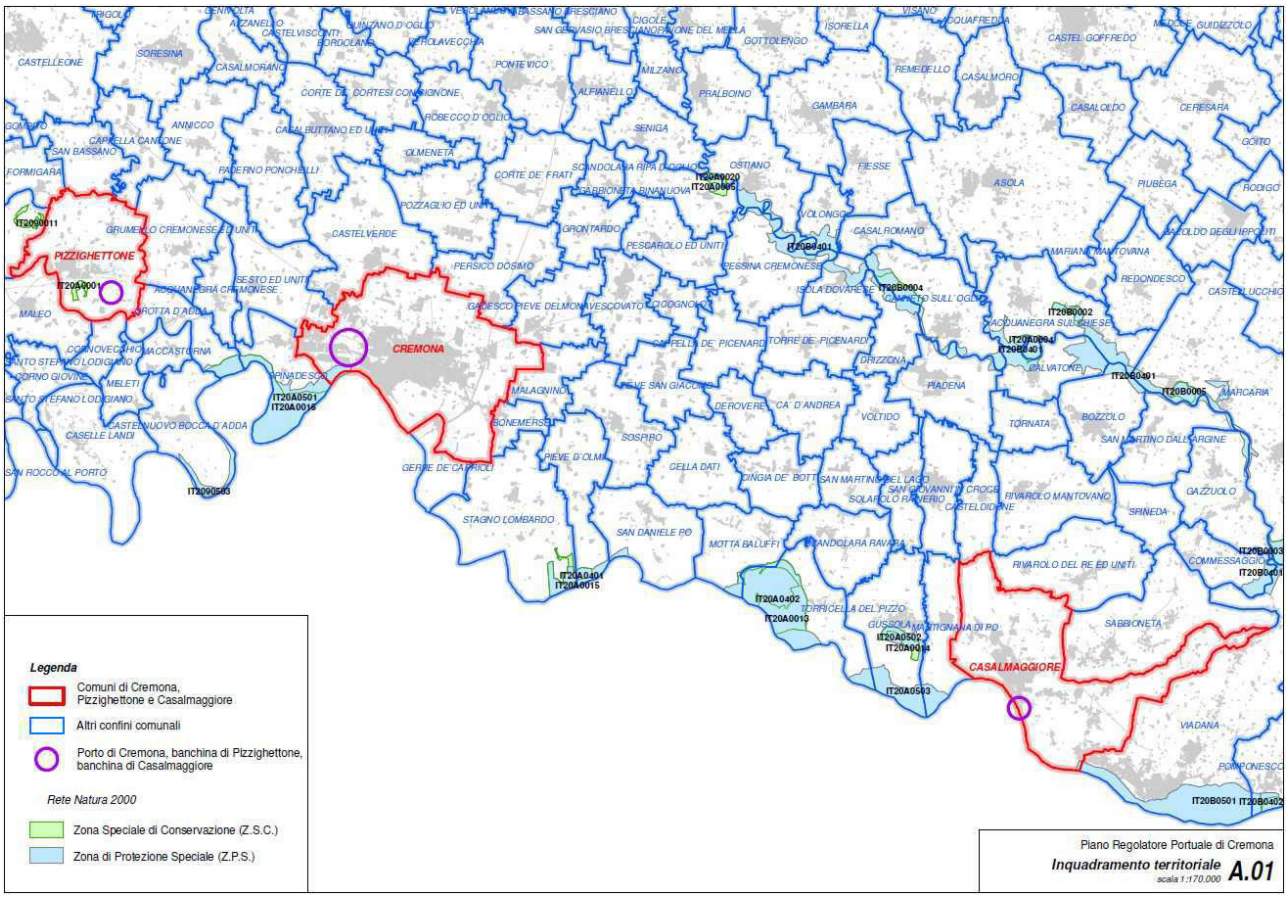


Figura 1 – Stralcio di All. 1A *"Inquadramento Rete Natura 2000 regionale"* del Documento di Scoping della Valutazione Ambientale Strategica (VAS) del Piano Regolatore Portuale di Cremona (dicembre 2023).

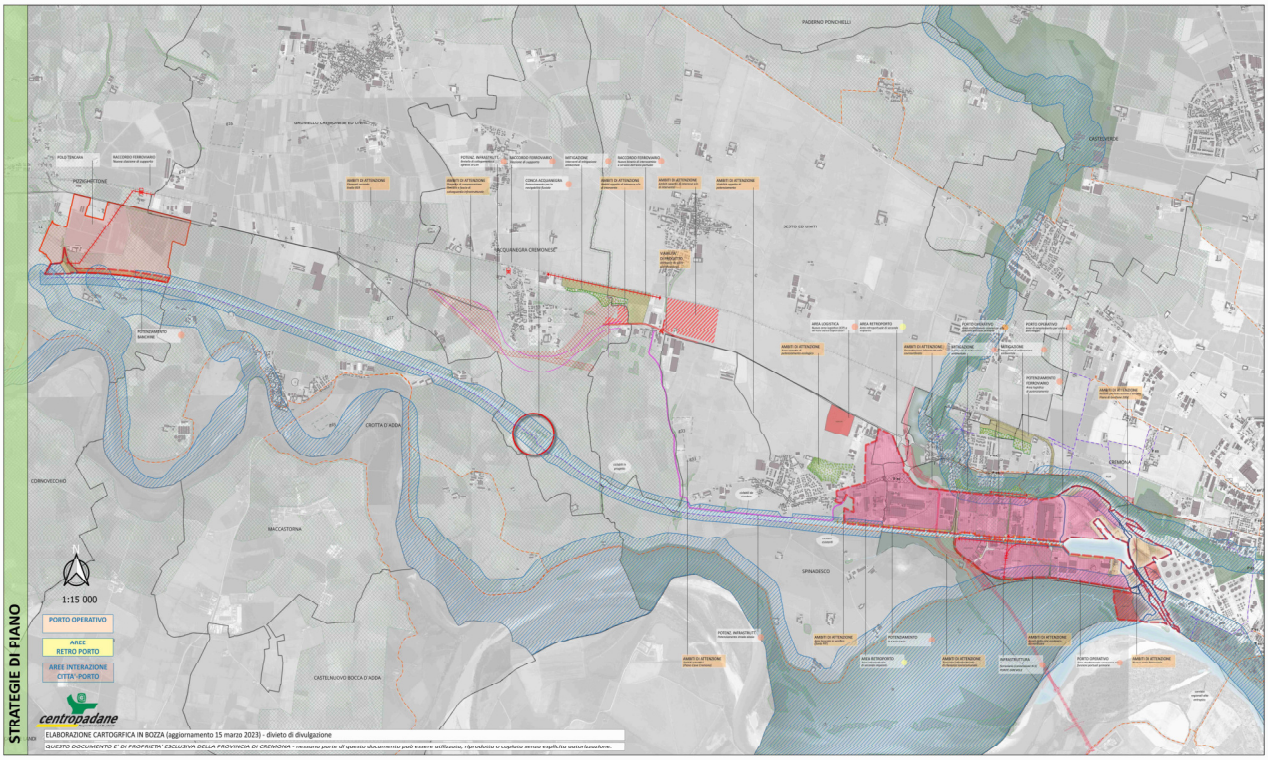


Figura 2 – Comuni interessati dai progetti del Piano Regolatore Portuale di Cremona (ad ovest del capoluogo).

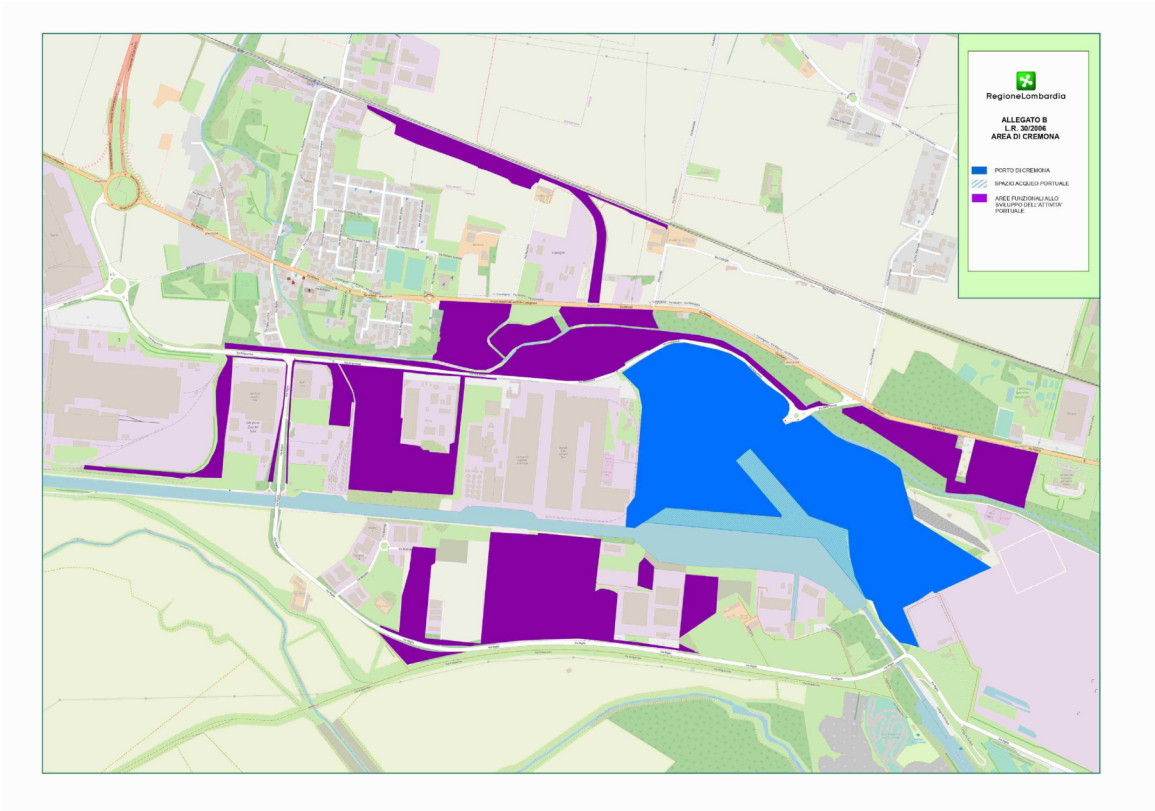


Figura 3 – Stralcio di All. 1 alla d.d.u.o. n. 11429/2022 *"Cartografie porti e zone portuali – Area di Cremona – Porto di Cremona"*.

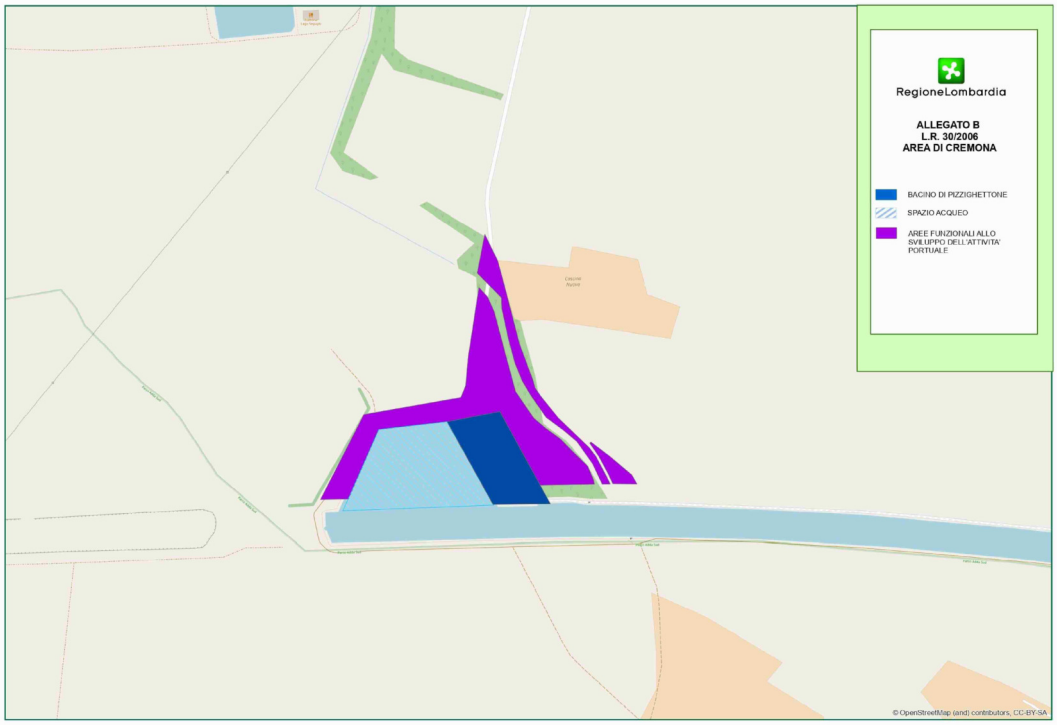


Figura 4 – Stralcio di All. 1 alla d.d.u.o. n. 11429/2022 *"Cartografie porti e zone portuali – Area di Cremona – Bacino di Pizzighettone"*.

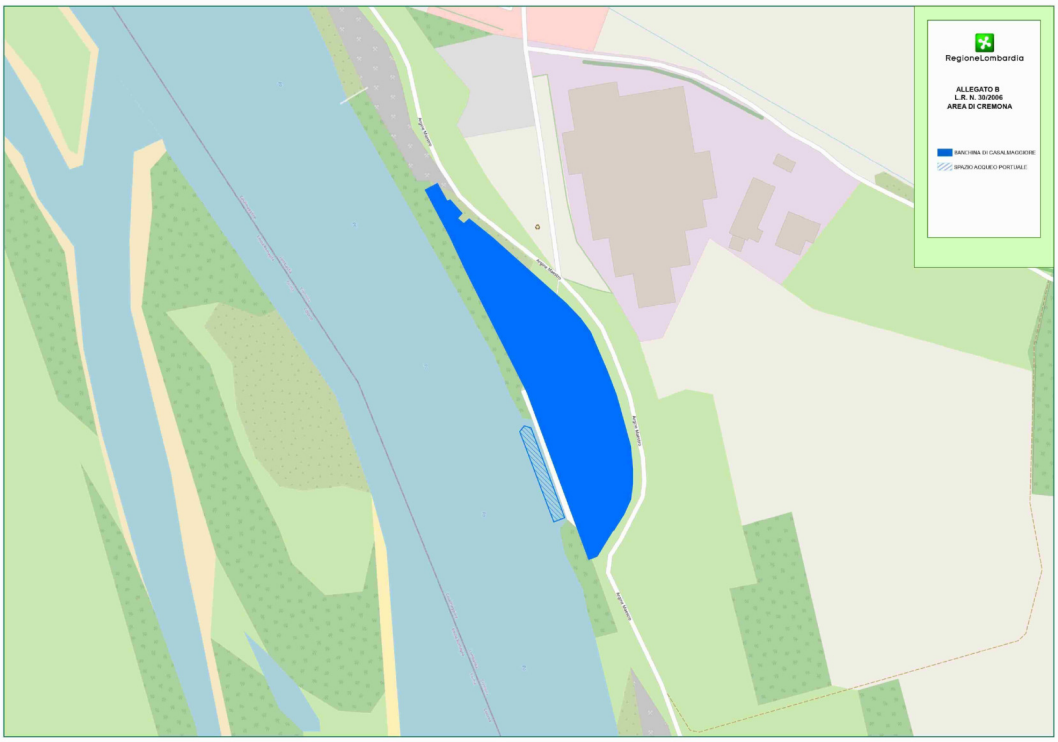


Figura 5 – Stralcio di All. 1 alla d.d.u.o. n. 11429/2022 *"Cartografie porti e zone portuali – Area di Cremona – Banchina di Casalmaggiore"*.

3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO

L'ambito territoriale in esame è caratterizzato da depositi alluvionali di origine continentale (fluvioglaciale e fluviale) risalenti al Periodo Quaternario, potenti centinaia di metri, connessi ai processi di erosione, trasporto e deposizione caratteristici della dinamica fluviale.

In particolare, le divagazioni antiche ed attuali del fiume Po e del fiume Adda hanno determinato un paesaggio in continua evoluzione, con presenza di superfici terrazzate delimitate da scarpate morfologiche a rigetto variabile e di meandri fluviali che si sviluppano all'interno delle ampie valli alluvionali, caratterizzate da evidenti tracce di paleolobi di meandro e paleoalvei, spesso rimaneggiati dall'intervento antropico.

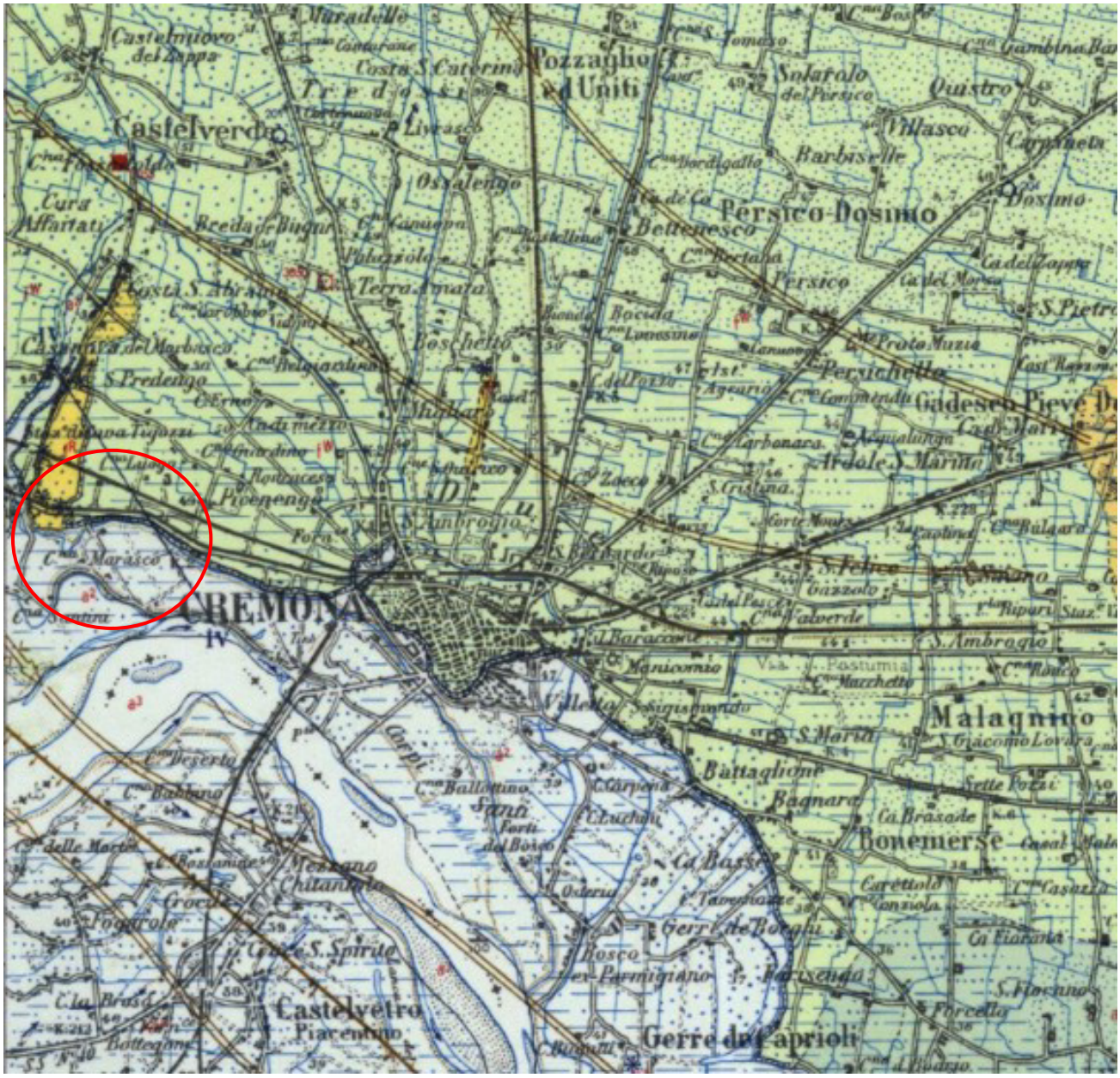
Come rappresentato nella cartografia geologica ufficiale, della quale si riportano alcuni stralci nelle figure successive (figg. 6-8), le formazioni geologiche affioranti sono le seguenti (dalla più antica alla più recente):

Fluviale Riss *"f^R"* (Pleistocene Medio): depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente da sabbie calcaree, quarzose, debolmente argillose, talora con presenza di livelletti di ciottoli di piccole dimensioni, con paleosuolo di copertura argilloso sabbiosa superficiale a colorazione giallo–rossiccia, in gran parte erosi, dilavati e/o alluvionati dai depositi del Fluviale Würm, dai quali si distinguono essenzialmente per il tenore più sabbioso e per la presenza di livelletti a ghiaietto.

Fluviale Würm *"f^W"* (Pleistocene Superiore): depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente da sabbie con sottili intercalazioni limose e ghiaiose e suolo di copertura brunastro, deposti durante l'ultima grande fase di alluvionamento della Pianura Padana, che definiscono il ripiano terrazzato conosciuto in letteratura con il termine *"Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.)"*, che si sviluppa per la maggior parte della pianura cremonese a quote superiori rispetto alle valli fluviali attuali e passate.

Alluvioni Medio-Recenti *"a^2"* o Alluvium Medio-Recente "Q_2r" (Olocene Medio): depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente da sabbie limose e limi sabbiosi che definiscono le valli alluvionali dei corsi d'acqua, di poco sospese sugli alvei attuali ed anche attualmente esondabili.

Alluvioni Attuali *"a^3"* o Alluvium "Q_2" (Olocene Superiore): depositi alluvionali caratterizzati prevalentemente da sabbie e sabbie limose con ghiaia che definiscono le fasce limitrofe ai corsi d'acqua e gli alvei stessi, soggetti al rimaneggiamento continuo da parte delle correnti fluviali che ne possono alterare l'assetto planimetrico e morfologico.


Castelverde
Pozzaglio ed Uniti
Solarolo del Persico
Quistro
Villasco
Barbaselle
Persico-Dosimo
Bettenesco
Persico
Persichetto
Gadesco Pieve
Ardole
S. Marino
Castelmuovo del Zappa
Costa S. Caterina
Livrasco
Ossalengo
Breda Burgo
Terra Nuova
Boschetto
Bocida
Proto Muzio
S. Predengo
Pievenenga
S. Ambrogio
Marasco
CREMONA
Gazzolo
Baracone
Manicomio
Postumia
Malagnino
S. Maria
Battaglione
Bagnara
Bonemerse
Ca Brasade
Ca Basse
Gerre de Borghi
Bosco Parmigiano
Parsenga
Castelvetro Piacentino
Gerre dei Caprioli
S. Spirito
Mezzano Chitantolo
Groci
Fogarole
Deserta
Ballottino
Sant'Ambrogio
Forti del Bosco
Osteria
Carpeni
Cuchetti
Tavernola
Caretto
Conziola
Casazza
Ca Fiorana
S. Fiorano
Forcella
Sette Pozzi
Gambina
Cura Affratati
Castelmuovo del Zappa
Costa S. Abramo
Casamura del Marbasco
Rovinaccia
Ca Zucca
Ca Carbonara
Acquaviva
Corte Mondo
Ca Bulgara
Ca Falcone
Ca Falverde
Ca del Pesce
Ca del Moro
Ca del Zappa
S. Pietro
Ca Bosco
Ca Gambina
Ca Bordigallo
Ca Bertana
Ca Lanuppa
Ca Belgiardino
Ca Ernesto
Ca Tupazzi
Ca Giardino
Ca Luigi
Ca Marco
Ca Deserta
Ca Babbano
Ca delle Marte
Ca Bosco
Ca Lucchi
Ca Bassa
Ca Fiorana
Ca Brasa
Ca Lanzi
Ca Zucca
Ca Carbonara
Ca Marco
Ca Giardino
Ca Belgiardino
Ca Tupazzi
Ca Ernesto
Ca Lanuppa
Ca Bordigallo
Ca Bertana

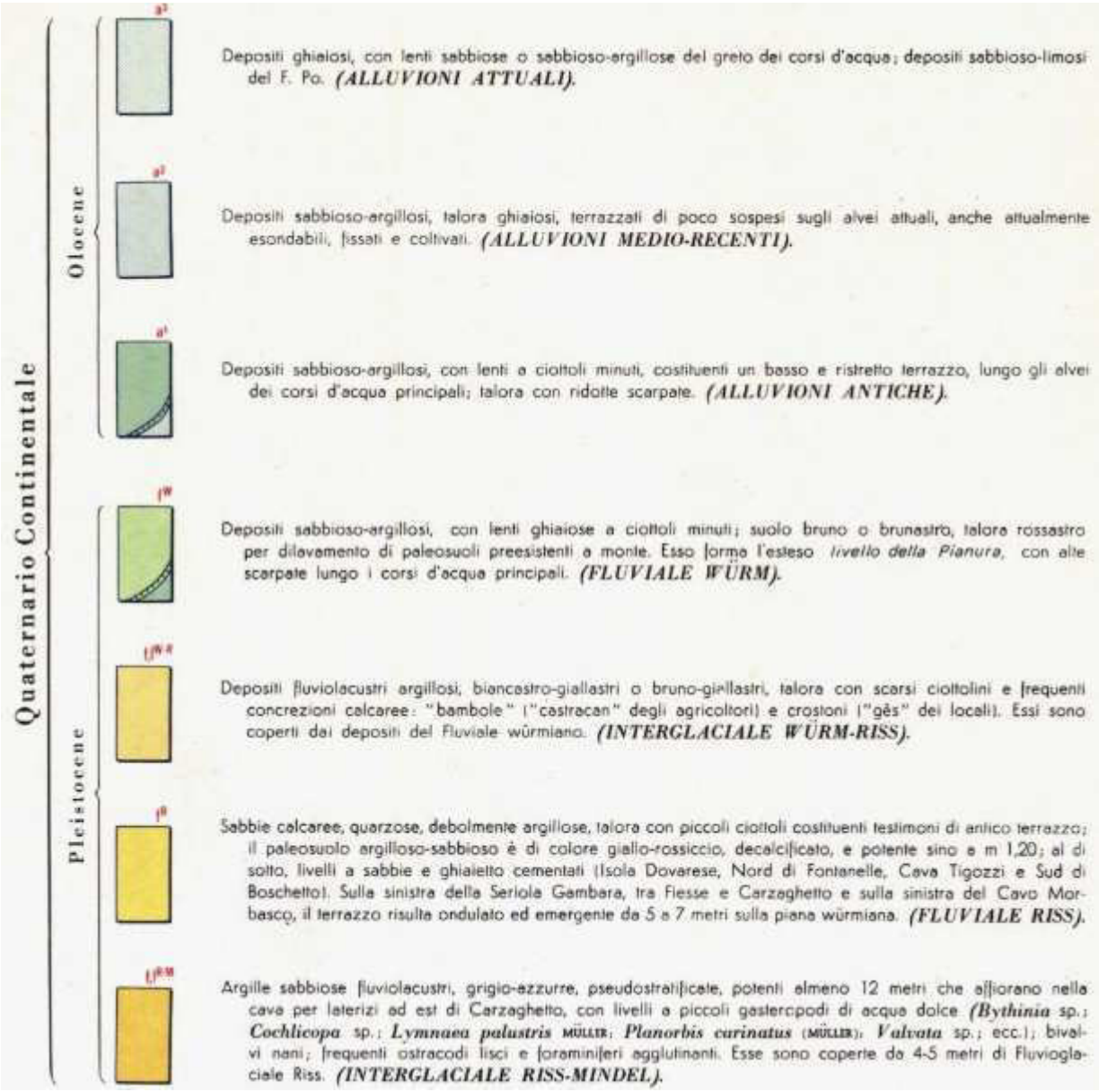
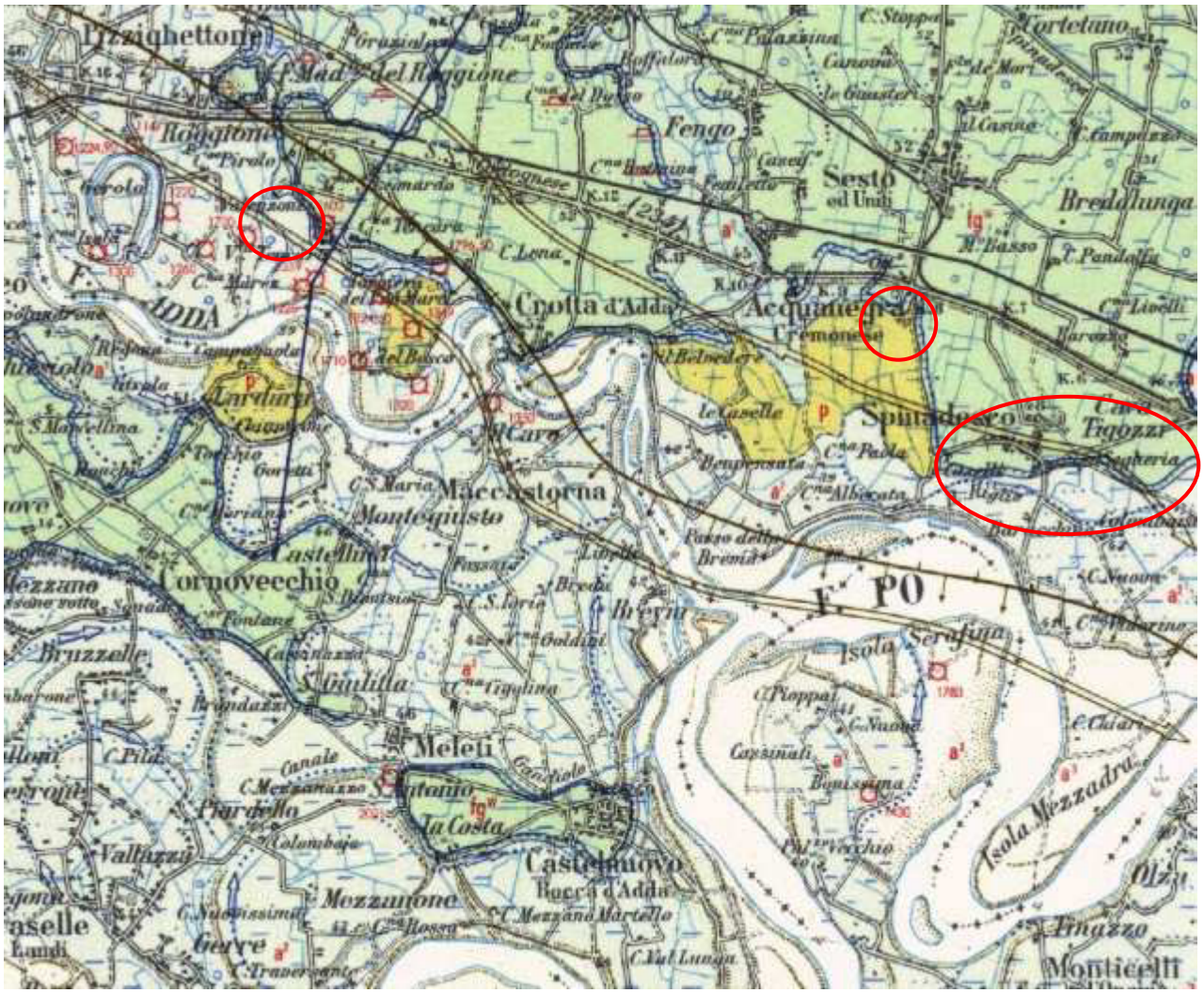


Figura 6 – Stralcio del Fg. 61 *"Cremona"* della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) con indicazione dell'ambito in esame.

Dott. Roberto Mariotti *– Geologo Specialista* *tel/fax: 0372-23266*
Corso Garibaldi, 95 – 26100 Cremona (CR) *cell: 335-6958159*
e-mail: drmariotti.roberto@libero.it *pec: mariottiroberto@pec.epap.it*



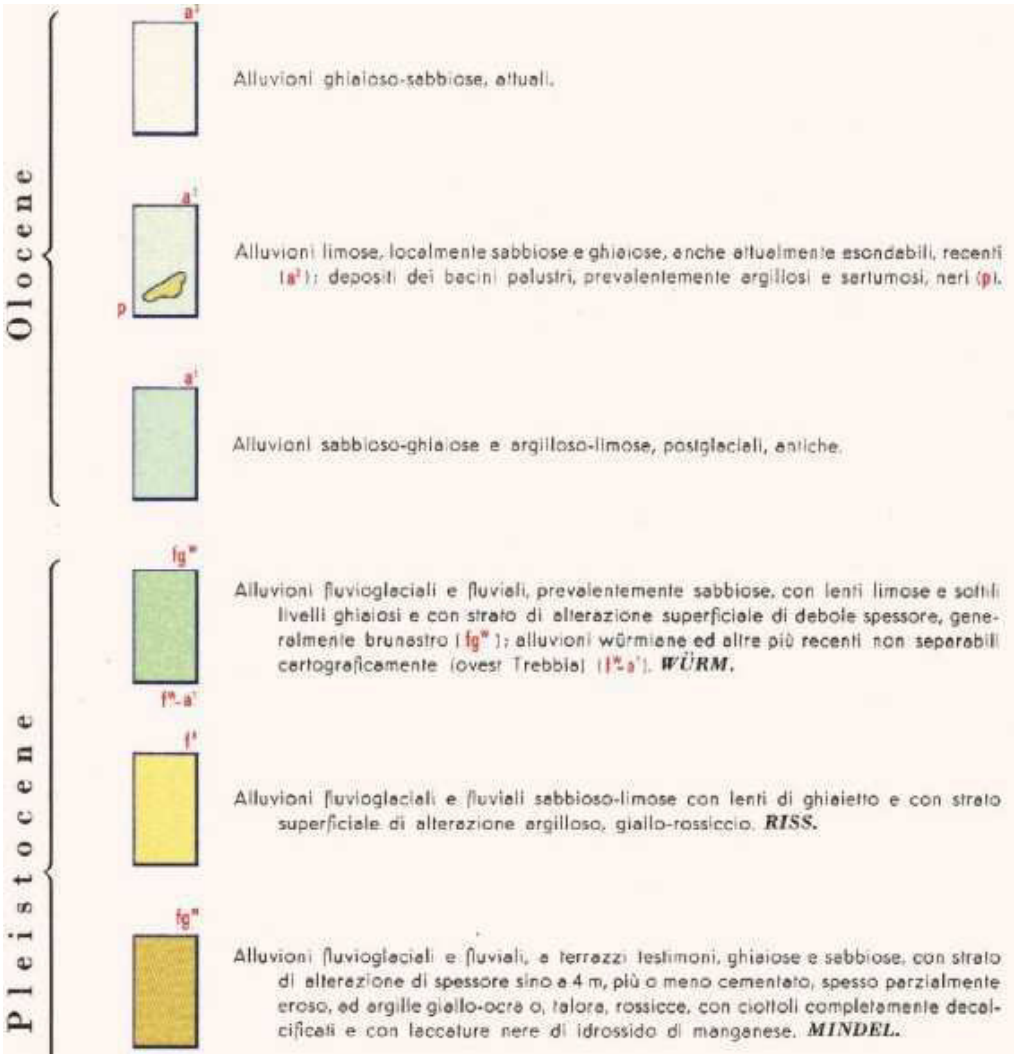
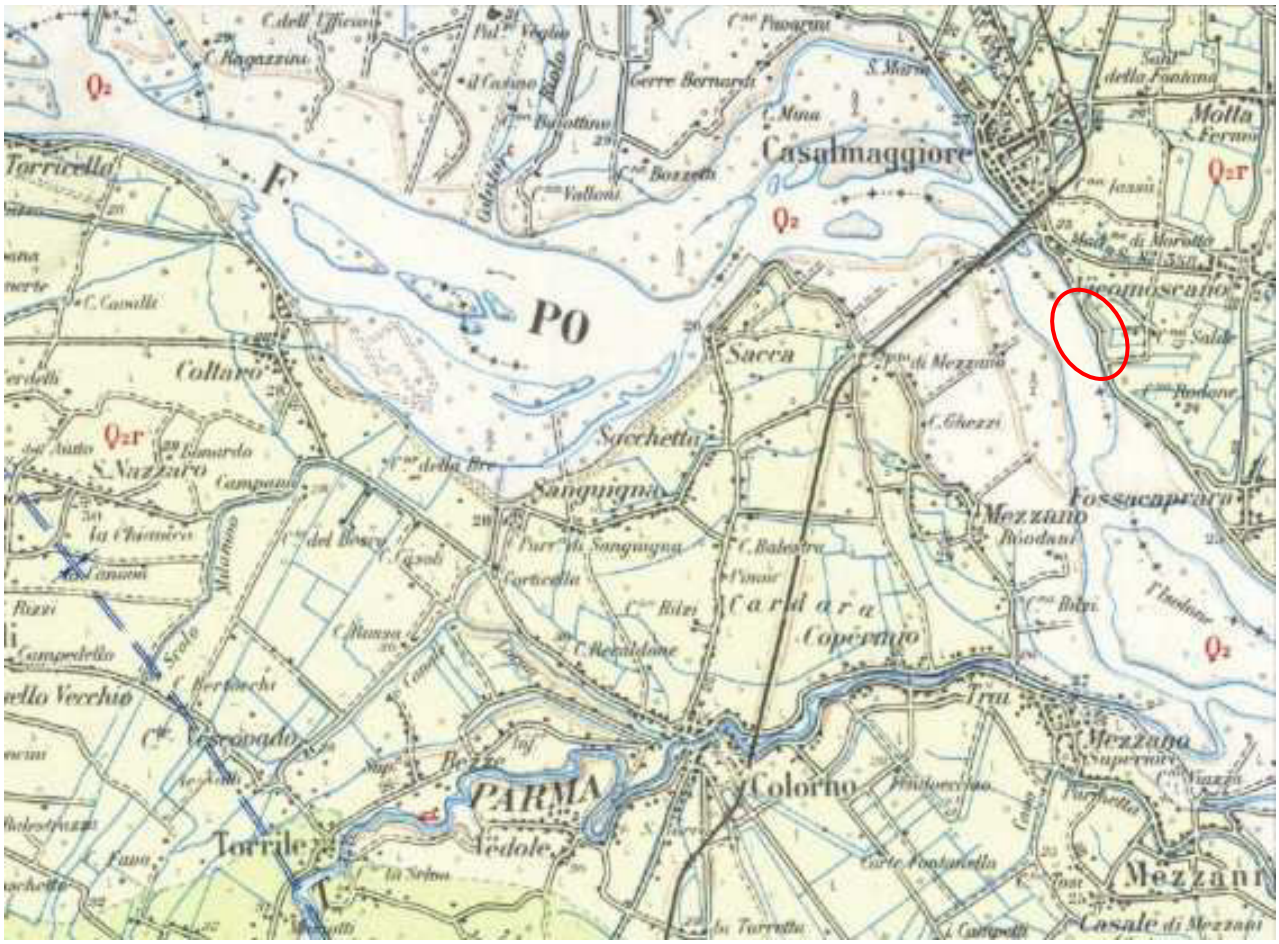


Figura 7 – Stralcio del Fg. 60 *"Piacenza"* della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) con indicazione degli ambiti in esame.



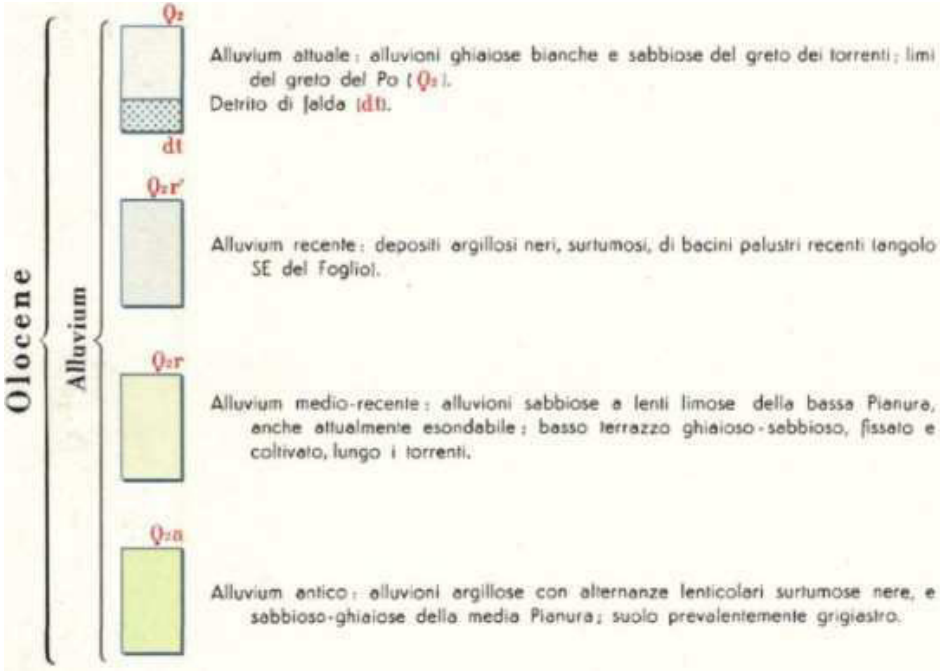


Figura 8 – Stralcio del Fg. 73 *"Parma"* della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) con indicazione dell'ambito in esame.

4 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO

L'ambito territoriale oggetto di intervento nelle vigenti mappe di pericolosità del *"Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)"*, predisposto dalla Regione Lombardia in attuazione della Direttiva 2007/60/CE *"Direttiva Alluvioni"* e del d.lgs. 49/2010 ed approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in cui è contenuta la delimitazione/classificazione delle aree allagabili e che rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del P.A.I., relativamente al reticolo principale di pianura (RP: fiume Po) è indicato essenzialmente come *"Area P1 (L nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni rare"*; solamente la Banchina di Casalmaggiore è indicata come *"Area P3 (H nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni frequenti"* (fig. 9).

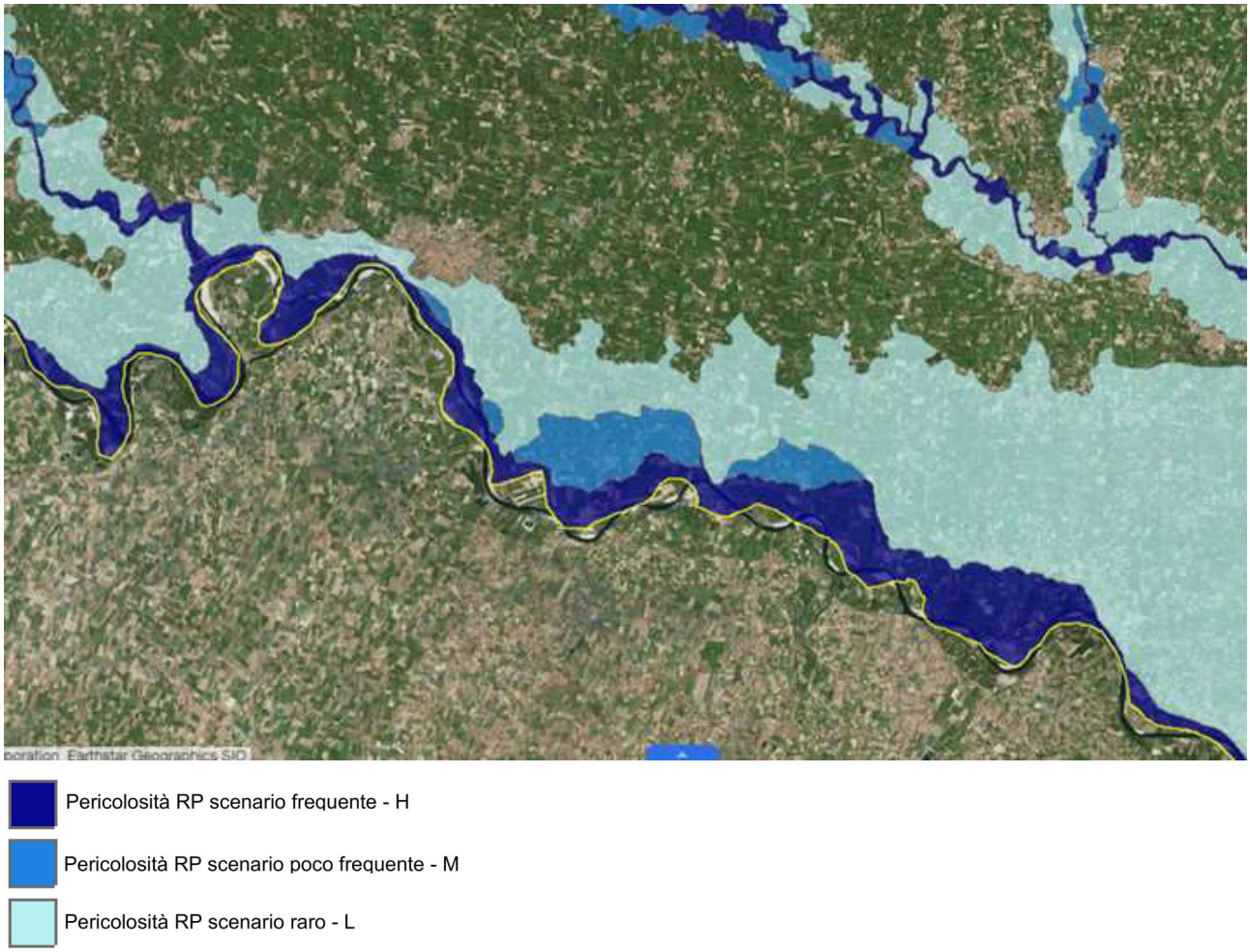


Figura 9 – Stralcio della *"Mappa di pericolosità"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

Si segnala che allo stato attuale sono in corso **Varianti al PAI-PGRA** che ampliano sostanzialmente in via cautelativa il territorio interessato da "*alluvioni poco frequenti (M)*" e da "*alluvioni frequenti (H)*", come riportato nello stralcio di figura 10 (rif: aggiornamento mappe aree allagabili complessive relativo all'ambito delle Aree a Potenziale Rischio Significativo distrettuali arginate Po, Parma, Enza, Secchia e Panaro – adozione Decreto Segretario generale ADBPO 44 del 11 aprile 2022).

Figura 10 – Stralcio della *"Mappa delle aree allagabili"* della Variante (in corso) al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

5 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrostratigrafico del sottosuolo del territorio in esame è quello tipico della pianura alluvionale, caratterizzato da depositi continentali Quaternari che definiscono acquiferi permeabili multistrato a spessore variabile, costituiti in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie poligeniche di elevata permeabilità, alternati a livelli argillosi impermeabili a sviluppo lenticolare o continuo, che si estendono per uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri al di sopra dei fronti di avanzamento sepolti del Sistema SudAlpino ed Appenninico; tali caratteristiche sono tipiche delle unità idrogeologiche appartenenti alla *"Serie idrogeologica della medio-bassa pianura"* della provincia cremonese, ciascuna delle quali raggruppa i terreni che presentano proprietà idrogeologiche omogenee.

Sulla base degli studi condotti da Regione Lombardia ed Eni – Divisione Agip *("Geologia degli acquiferi padani della Regione Lombardia"*) a scala regionale si possono individuare quattro Unità Idrostratigrafiche di rango superiore (fig. 11), denominate ***"Gruppi Acquiferi A, B, C , D"***, rappresentate dai depositi pleistocenici continentali e marini che affiorano sul margine settentrionale del Bacino Padano e si immergono verso sud al di sotto dei sedimenti olocenici del fiume Po e dei suoi affluenti.

Ogni Gruppo di acquiferi è idraulicamente separato dagli altri da ben definiti livelli argillosi impermeabili ad estensione regionale (barriere di permeabilità) ed è caratterizzato da diversi serbatoi acquiferi sovrapposti o giustapposti, suddivisi a loro volta in Complessi e Sistemi Acquiferi che corrispondono a sequenze deposizionali generate da eventi climatici che hanno causato l'alternarsi di attivazioni e disattivazioni dei sistemi fluviali e deltizi.

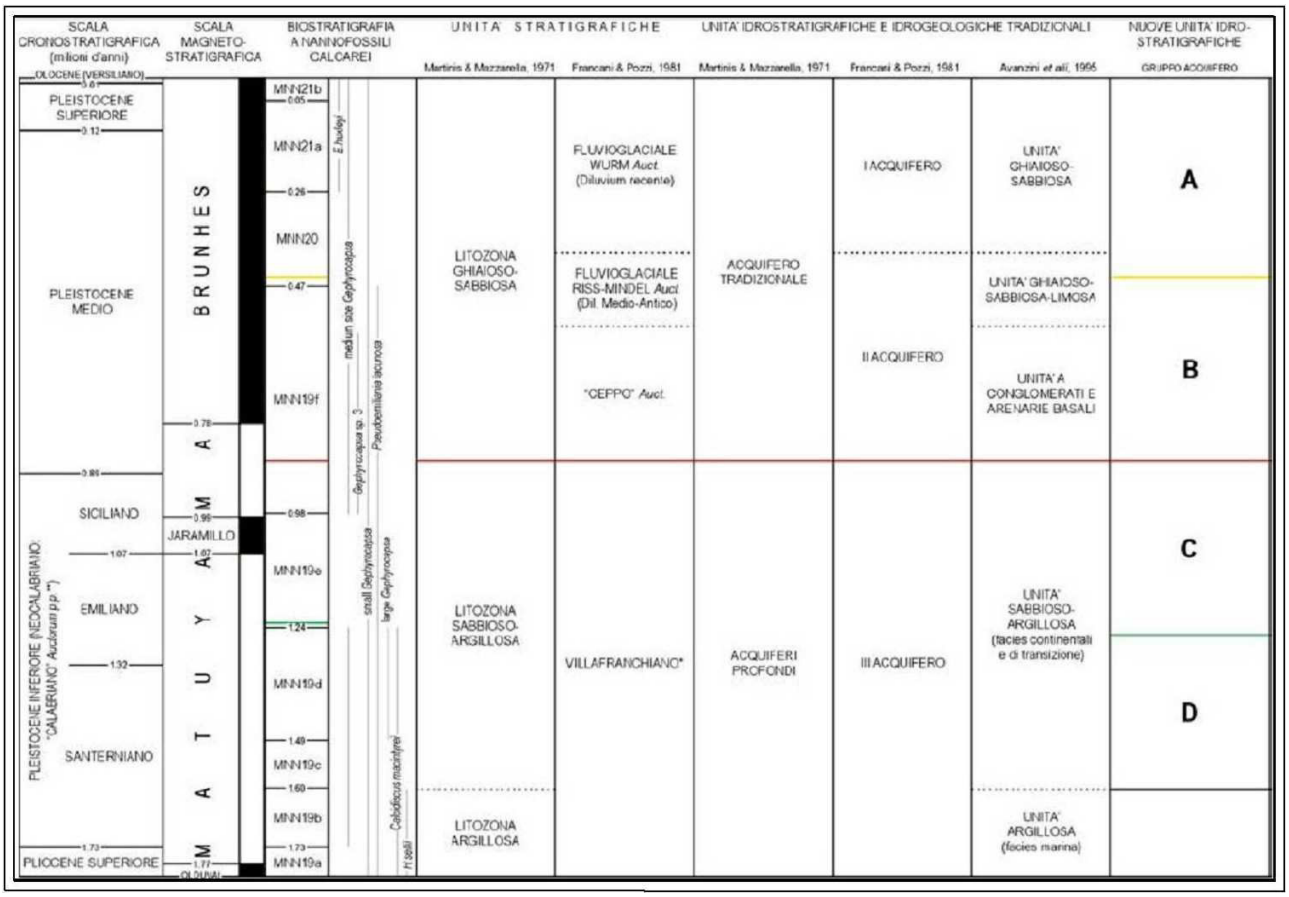


Figura 11 – Schema dei rapporti stratigrafici nel sottosuolo della pianura lombarda (tratto dallo studio *"Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia"*).

Come riportato nello studio *"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona"* (Università degli Studi di Milano, 2007), sulla base di dati relativi alle misure dei livelli dell'acquifero freatico effettuati in numerosi pozzi e piezometri distribuiti in territorio provinciale è stata redatta una tavola relativa alla piezometria di riferimento per l'acquifero freatico superficiale (fig. 12), alimentato essenzialmente da precipitazioni e dalle acque utilizzate per l'irrigazione ed interessato da forti scambi con il reticolo idrografico di superficie.

Dall'analisi dell'andamento delle curve isopiezometriche, che rappresentano la quota assoluta del livello piezometrico della falda freatica, si individua un flusso sotterraneo a direzione generale N-S e NO-SE, secondo la cadente topografica meridionale; nella tavola relativa ai gradienti idraulici medi dell'acquifero freatico (fig. 13) è inoltre evidente l'azione drenante dei corsi d'acqua principali (fiumi Po, Adda, Oglio, Serio).

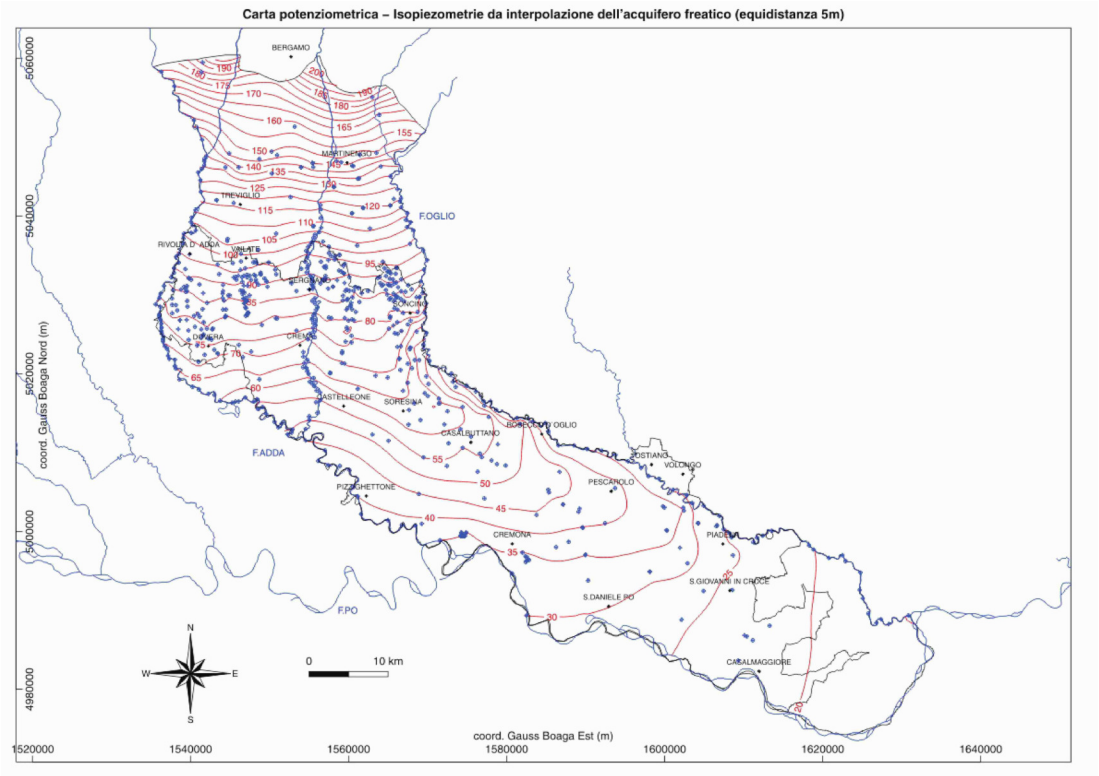


Figura 12 – Carta potenziometrica relativa all'acquifero freatico (tratta dallo studio *"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona"*).

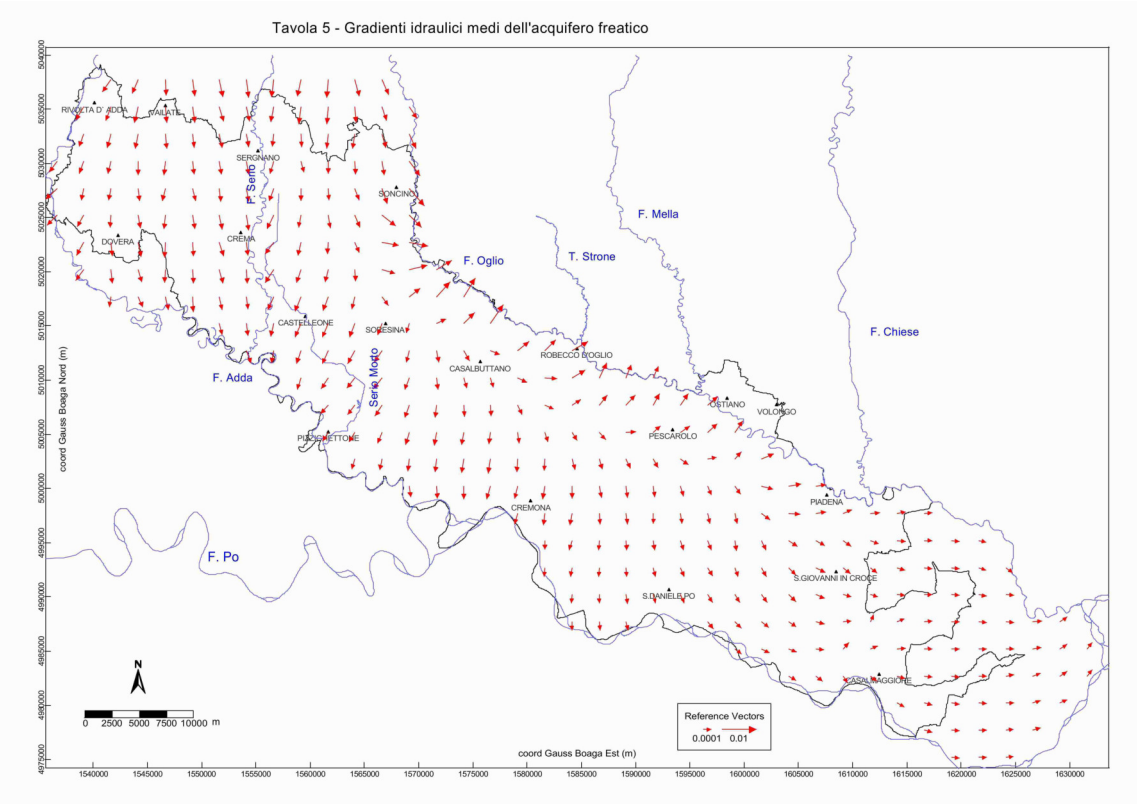


Figura 13 – Carta dei gradienti idraulici medi dell'acquifero freatico (tratta dallo studio *"Realizzazione di un modello preliminare del flusso idrico nel sistema acquifero della Provincia di Cremona"*).

6 – VINCOLI GEOLOGICI

Per verificare la presenza di vincoli geologici all'interno dell'ambito territoriale interessato dal Piano Regolatore Portuale di Cremona sono stati consultati i piani di programmazione e pianificazione comunale, provinciale, regionale e sovraregionale.

Dall'analisi effettuata emerge che esso è interessato essenzialmente dai vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino, ovvero dalle fasce fluviali del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po.

Oltre ai vincoli geologici individuati in corrispondenza del Porto di Cremona, del Bacino di Pizzighettone e della Banchina di Casalmaggiore, dettagliati nei rispettivi paragrafi, si segnala la presenza dei seguenti elementi oggetti di tutela:

- P.L.I.S. "*Parco del Po e del Morbasco"* (Comune di Cremona);
- Geosito n. 8 "*Valle dei Navigli"* (Comune di Spinadesco).

7 – FATTIBILITÁ GEOLOGICA

In riferimento alla fattibilità geologica, come riportato negli studi geologici di supporto ai P.G.T. dei comuni interessati dal Piano Regolatore Portuale di Cremona, le aree in esame ricadono nelle seguenti classi di fattibilità:

- Comune di Pizzighettone: classi di fattibilità geologica **1, 2, 3, 4** (si rimanda allo specifico paragrafo);
- Comune di Acquanegra Cremonese: classe di fattibilità geologica **2a** (zone a vulnerabilità idrogeologica da medio-alta a medio-bassa e caratteristiche geotecniche da buone a discrete);
- Comune di Sesto ed Uniti: classe di fattibilità geologica **3a** (aree a vulnerabilità idrogeologica da moderata ad alta);
- Comune di Spinadesco: classi di fattibilità geologica **1** (aree con caratteristiche geotecniche buone e soggiacenza della falda superiore a m. 5,00 da p.c.), **2** (aree con caratteristiche geotecniche da buone a molto buone e soggiacenza della falda m. 4,00÷5,00 da p.c.), **3b/c** (aree con scadenti caratteristiche geotecniche comprese in fascia C del P.A.I.);
- Comune di Cremona: classe di fattibilità geologica **3** (si rimanda allo specifico paragrafo);
- Comune di Casalmaggiore: classe di fattibilità geologica **4a** (si rimanda allo specifico paragrafo);

Si rimanda alle *"Norme Geologiche di Piano" - "Norme Geologiche di Attuazione" - "Norme di Fattibilità Geologica"* dei P.G.T. comunali per approfondimenti.

8 – INQUADRAMENTO SISMICO

L'ambito territoriale in esame, in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in Zona Sismica 4.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla **pericolosità sismica** che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, entrato ufficialmente in vigore dal **10 aprile 2016**.

Pertanto a seguito di tale aggiornamento nell'ambito territoriale oggetto di intervento, riclassificato in **Zona Sismica 3**, dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito specifico è necessario valutare l'influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali: effetti di sito) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli **effetti di amplificazione** che può subire il moto sismico di riferimento che gli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

In riferimento agli effetti di amplificazione tutto l'ambito in oggetto è interessato dallo scenario sismico **PSLZ4a**, che caratterizza zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica e geometrica del segnale sismico di base.

In riferimento agli effetti di instabilità tutto l'ambito in oggetto è "potenzialmente" interessato dallo scenario sismico **PSLZ2a**, che caratterizza zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti potenzialmente soggetti a fenomeni di cedimento in seguito ad un'azione sismica, e dallo scenario sismico **PSLZ2b**, che caratterizza le zone con depositi granulari fini saturi potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

9 – PORTO DI CREMONA

9.1 – PREMESSA

Si procede di seguito ad una valutazione di dettaglio della zona portuale sita in Comune di Cremona (CR) indicata in All. B della l.r. 30/2006 (e succ. mod.) come *"Porto di Cremona e aree funzionali allo sviluppo dell'attività portuale"*.

Attraverso la consultazione dello studio geologico di supporto al Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) comunale e dei principali piani vigenti in materia verranno analizzati i principali aspetti geologici, geomorfologici, litologici, geologico-tecnici, idrografici, idraulici, idrogeologici, vincolistici e sismici del territorio, al fine di individuare eventuali elementi di vulnerabilità e pericolosità.

9.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fornisce di seguito l'elenco della normativa di riferimento consultata per la realizzazione della presente relazione.

- **D.M. 17 gennaio 2018 (NTC18)** *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* e relativa **Circolare applicativa.**
- **L.R. 12 ottobre 2015 n. 33** *"Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"*.
- **D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001** *"Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)"*.
- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** *"Legge per il governo del territorio"*.
- **D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616** "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57,comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12*".
- **D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738** *"Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza..."*.
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Po.**
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P) e succ. Var.** – approvato con delibera di C.P. n. 95 del 9 luglio 2003.
- **Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Cremona – Variante 2023 –** approvata dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 10 del 4 marzo 2024.

9.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area vasta in esame (figura 14) è localizzata ad ovest del centro abitato di Cremona (CR), a sud della strada provinciale SP234 *"Via Milano"*, in sinistra idrografica del fiume Po; si sviluppa a quote topografiche di circa m. 40,00 s.l.m. (rif: quote C.T.R.).

E' cartografata nelle sezioni C7e4 *"Castelverde"* e C7e5 *"Cremona Ovest"*della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 (figura 15).

Figura 14 – Ripresa satellitare dell'area in esame. Fonte: Google Earth; data acquisizione immagini: 24/06/2021.

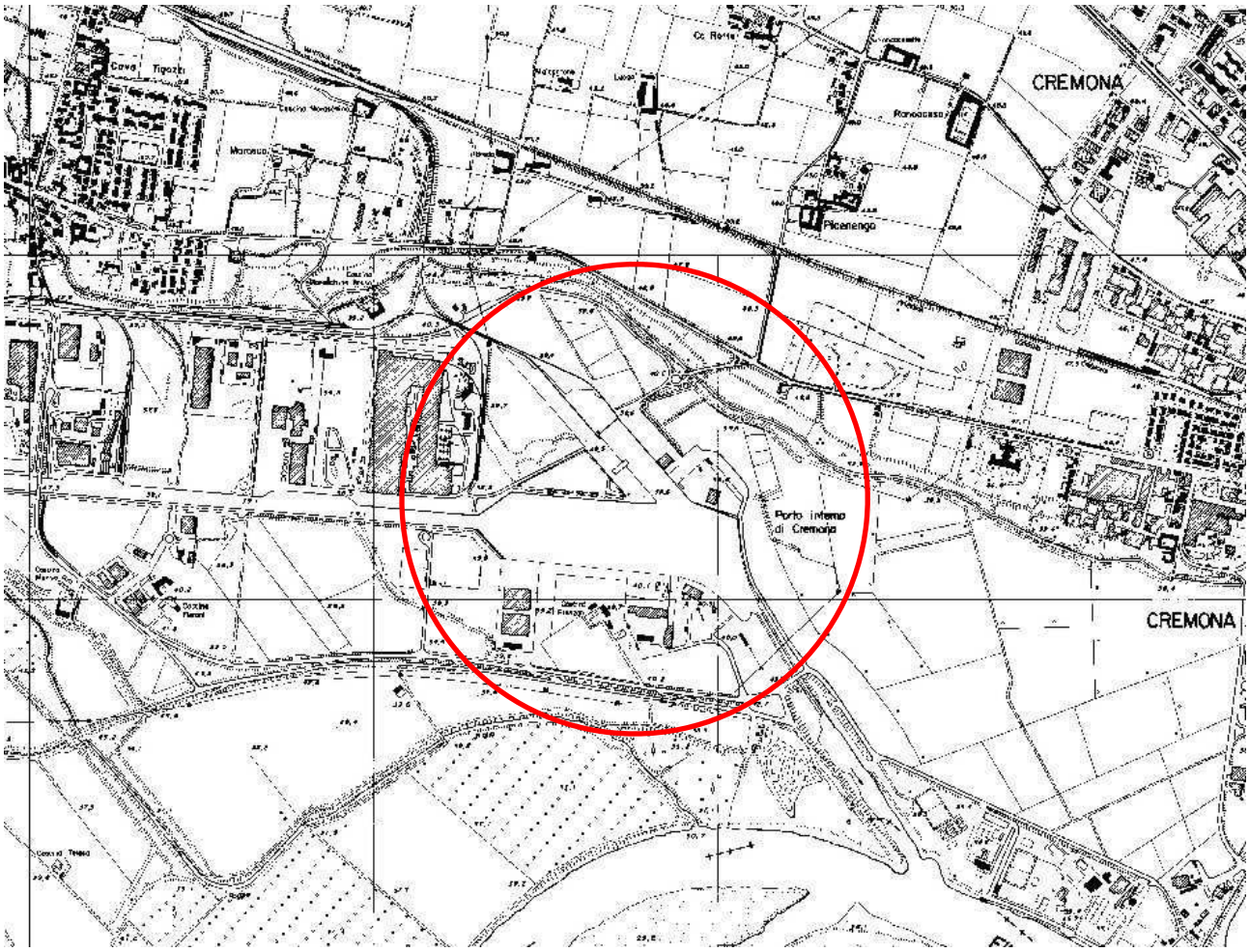


Figura 15 – Corografia su base cartografica C.T.R. (scala 1:10.000) con indicazione dell'area in esame.

9.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO

Come rappresentato nella Tav. 1 *"Geologia e geomorfologia"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 16, l'ambito territoriale che si sviluppa in prossimità del bacino portuale è caratterizzato dai depositi alluvionali di origine continentale appartenenti alla formazione geologica Olocenica denominata *"Alluvioni medio-recenti (a^2)"*, indicati in cartografia come *"Unità sabbiosa della valle esterna, con frequenti intercalazioni e/o coperture limo argillose"*.

Detta Unità comprende le aree della valle del fiume Po retrostanti l'argine maestro ed ordinariamente non inondabili, caratterizzate da depositi sabbiosi calcarei e limi sabbiosi, con suoli a granulometrie limose e drenaggio mediocre/buono, delimitata a nord da una scarpata morfologica ad andamento ovest-est che presenta rigetti generalmente superiori a m. 7,00 e che separa la valle alluvionale dal ripiano terrazzato noto in letteratura come *"Livello Fondamentale della Pianura"*,

sviluppato per la maggior parte della pianura cremonese a quote superiori rispetto alle valli fluviali attuali e passate, testimonianza dell'ultima grande fase di colmamento detritico postglaciale della pianura.

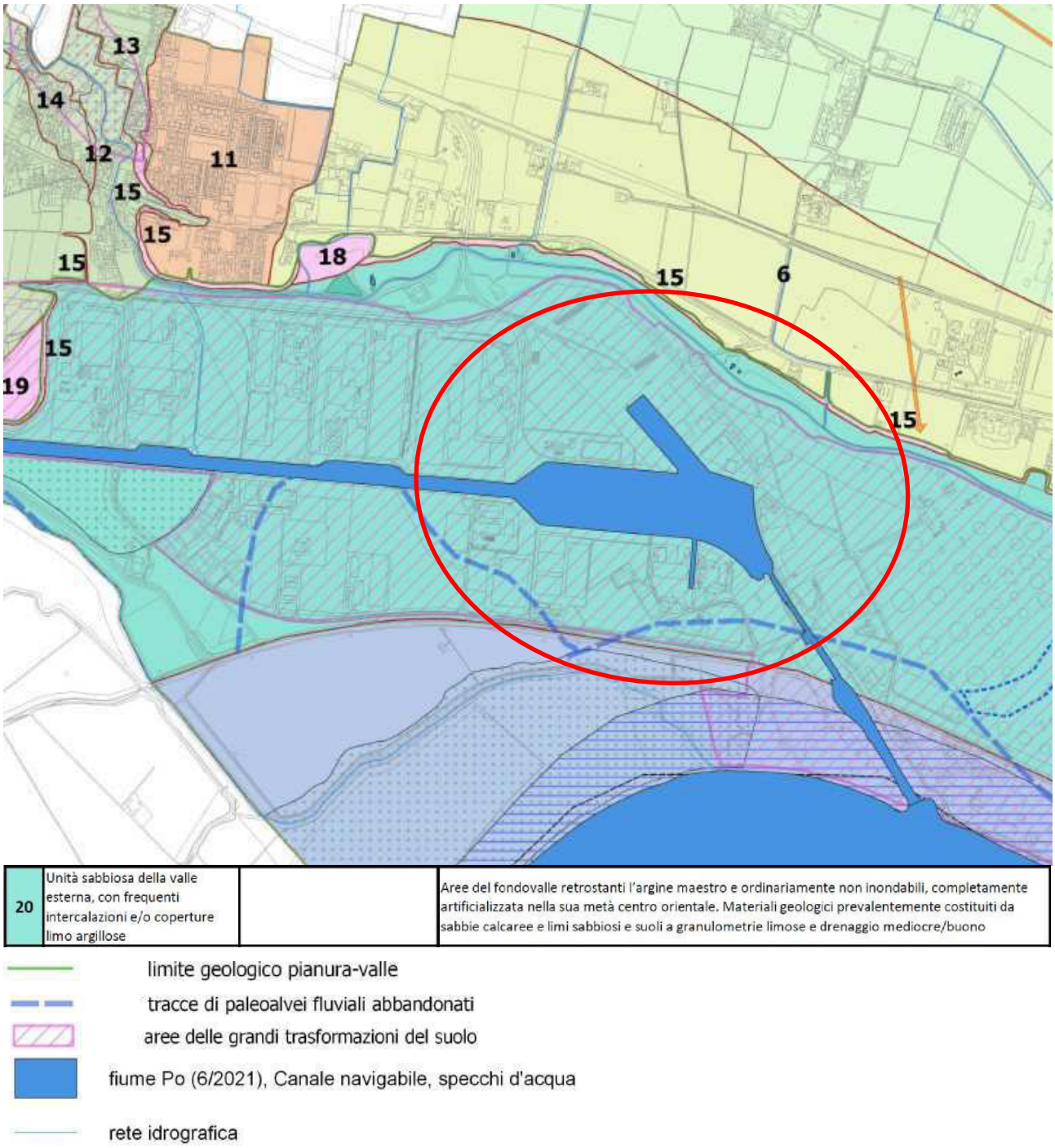
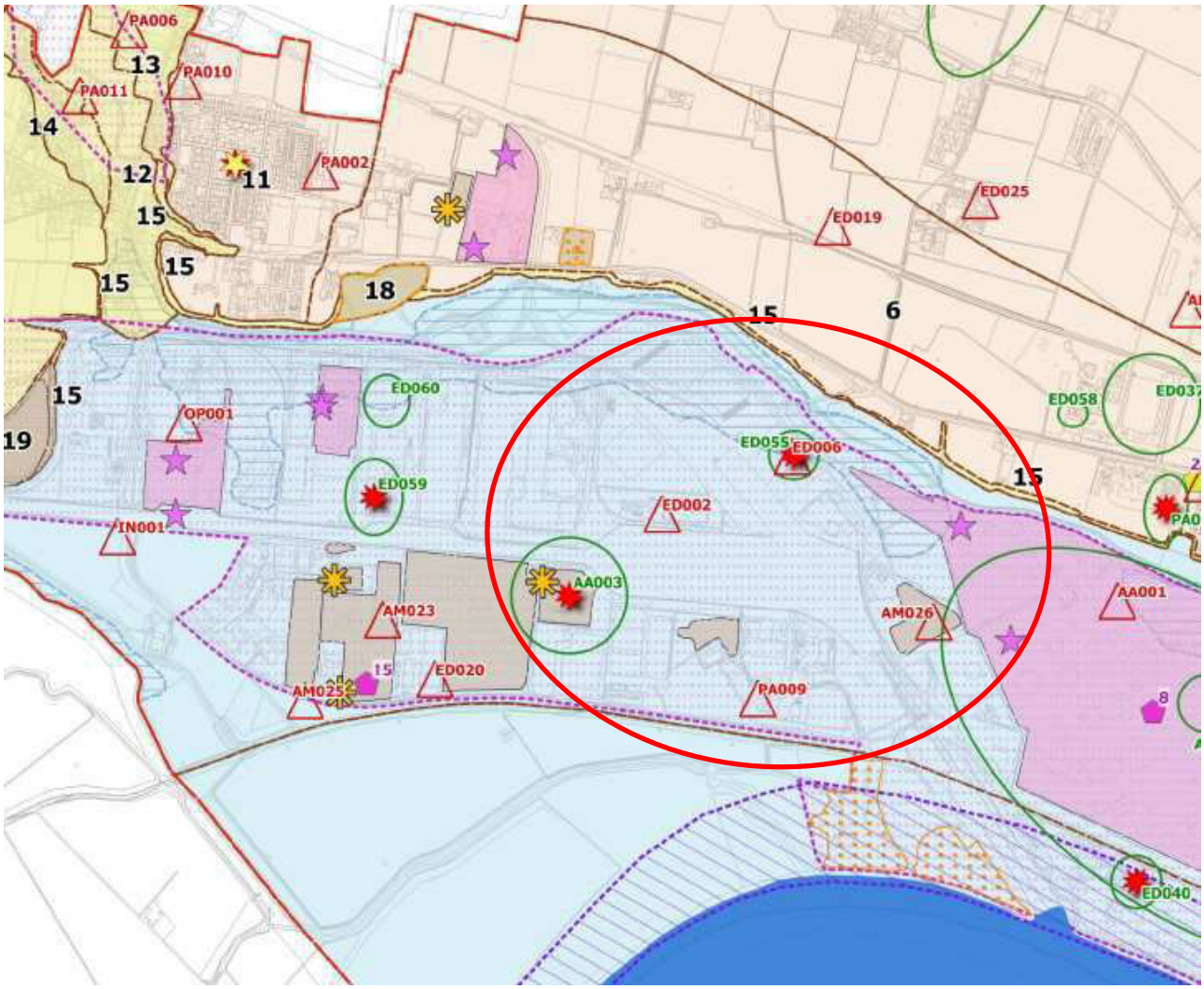


Figura 16 – Stralcio della Tav. 1 *"Geologia e geomorfologia"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

Sono rappresentate in cartografia alcune tracce di antichi corsi fluviali (paleoalvei), spesso di difficile riconoscimento sul terreno a causa del rimaneggiamento antropico, testimonianza di antichi tracciati del fiume Po e dei suoi principali affluenti, che nel tempo hanno subito modifiche e variazioni sia naturali sia connesse ad interventi antropici.

L'ambito territoriale in esame difatti, come rappresentato nella Tav. 4 *"Caratteri geologico tecnici e degrado dei terreni"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 17, è stato oggetto nel tempo di numerose trasformazioni che hanno determinato una profonda modifica/alterazione dei terreni, tra cui si segnalano oltre allo scavo del Bacino Portuale-Darsena e del Canale Navigabile, varie aree di discarica di scorie di acciaieria cessate (rimodellate e/o recuperate) ed aree di trasformazione recente/attuale, nonché la progressiva realizzazione di stabilimenti industriali ad uso produttivo e logistico, sia a nord (Arvedi Tubi Acciaio, Katoen Natie Italia S.r.l., Sol S.p.a., ASTL S.r.l.) che a sud (Ocrim S.p.a., Cremona Ecologia Ambiente S.r.l.) del Bacino Portuale e del Canale Navigabile.

Sono riportate in cartografia anche alcune aree in cui sono state realizzate indagini geognostiche e sismiche, identificate da un codice specifico ed allegate allo studio geologico del P.G.T. comunale (All. G), che permettono di definire un assetto litostratigrafico caratterizzato generalmente da sabbie limose e/o limi sabbiosi superficiali intercalate ad argille limose potenti almeno m. 4,00, cui seguono in profondità sabbie e sabbie limose, come confermato anche da indagini eseguite in passato nell'area in esame per conto dello scrivente.



Aree o siti di alterazione/degradazione del suolo/sottosuolo

- grandi aree urbane di modifica del suolo
- *aree di cava o ex cava*
- aree con lavorazioni residuali
- aree di ex cava
- porzione di alveo del Po colmata negli anni '50-60
- altre discariche storiche e aree di trasformazione recente/attuale

Rischio geologico da fonti antropogeniche

Siti con procedimenti aperti di indagine ambientale, caratterizzazione e bonifica (d.lgs 152/2006)

- bonificato
- contaminato
- Impianti di gestione rifiuti
- Attività pericolose a Rischio Incidente Rilevante
- Aree industriali con attività a Rischio Incidente Rilevante
- terreni autorizzati allo scarico fanghi civili o assimilati (d.lgs 99/1992 e art.127 d.lgs 152/2006)

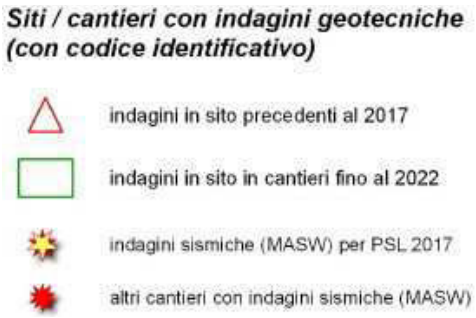


Figura 17 – Stralcio della Tav. 4 *"Caratteri geologico tecnici e degrado dei terreni"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

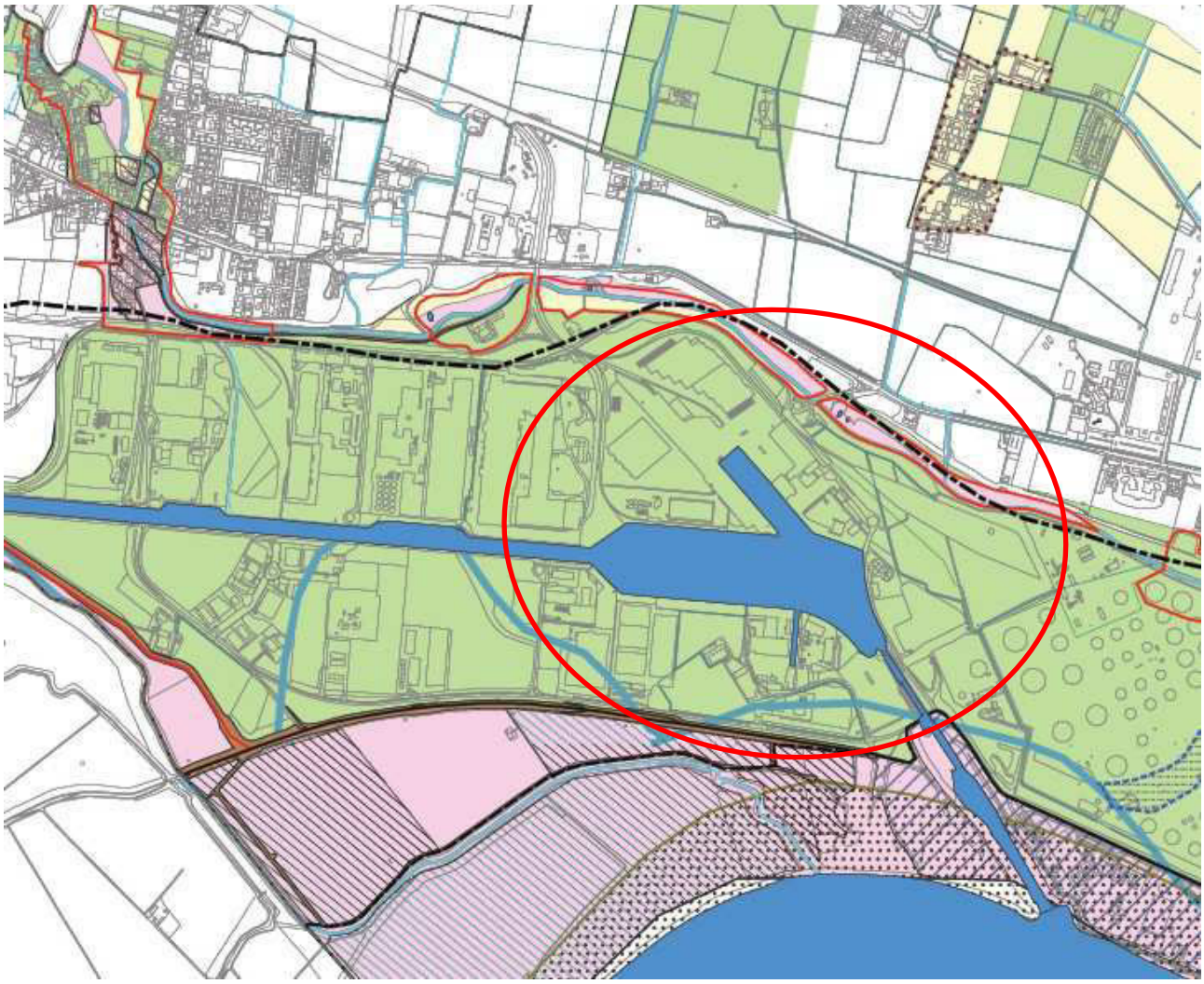
9.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO

Come rappresentato nella Tav. 2 *"Idrografia e rischio idraulico"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 18, l'ambito in esame è caratterizzato dalla presenza del Bacino Portuale – Darsena di Cremona e del Canale Navigabile Milano-Cremona-Po, a nord dell'alveo del fiume Po che si sviluppa con andamento meandriforme in direzione ovest-est ad una distanza minima di circa 400 m.

A nord dell'area in oggetto, ai piedi della scarpata morfologica menzionata, scorre in direzione all'incirca ovest-est il Colatore Morbasco, corso d'acqua iscritto nell'Elenco delle Acque Pubbliche della Provincia di Cremona al n° 16, il cui tracciato originale ad est dell'abitato di Cavatigozzi è stato in passato rettificato e spostato verso nord per affrancare l'area di insediamento produttivo che si sviluppa a nord del Canale Navigabile.

L'area in esame ricade all'interno della **fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, che interessa la porzione di territorio extra golenale che si sviluppa oltre l'argine maestro del fiume Po.

Come riportato in cartografia, all'ambito territoriale in esame è stata assegnata una **pericolosità idraulica media o moderata H1-H2** (tiranti idrici < 0,3 m e velocità di corrente < 0,6 m/s).



RETICOLI IDRICI

divisi per competenza idraulica

Naviglio Civico di Cremona

Reticolo Idrico Minore comunale

tratti sotterranei

tratti a cielo aperto

RIM a regime speciale (antichi percorsi)

Reticolo Idrico Minore Consorzio DUNAS

tratti sotterranei

tratti a cielo aperto

Reticolo idrico secondario privato

Paleoalvei del Po

Tracce di percorsi fluviali

Fascia d'alveo colmata anni '50-'60

Rilevati arginali

Alveo attivo Fiume Po 6/2021

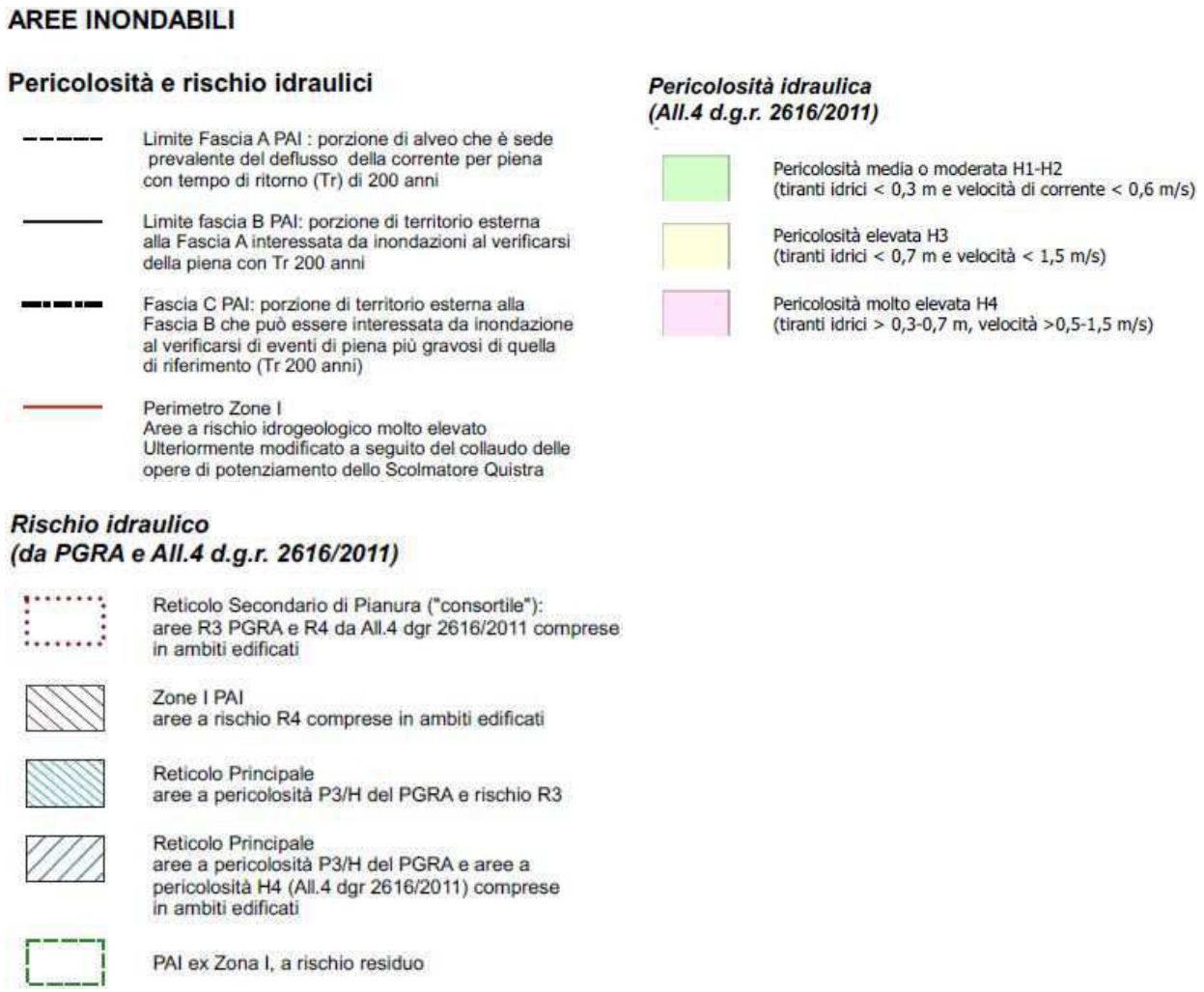


Figura 18 – Stralcio della Tav. 2 *"Idrografia e rischio idraulico"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

Nelle vigenti mappe di pericolosità del *"Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)"*, predisposto dalla Regione Lombardia in attuazione della Direttiva 2007/60/CE *"Direttiva Alluvioni"* e del d.lgs. 49/2010 ed approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in cui è contenuta la delimitazione/classificazione delle aree allagabili e che rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del P.A.I., l'area in esame relativamente al reticolo principale di pianura (RP) è indicata come *"Area P1 (L nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni rare"* (fig. 19), mentre relativamente al reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP) è indicata come *"Area P2 (M nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni poco frequenti"* (fig. 20).

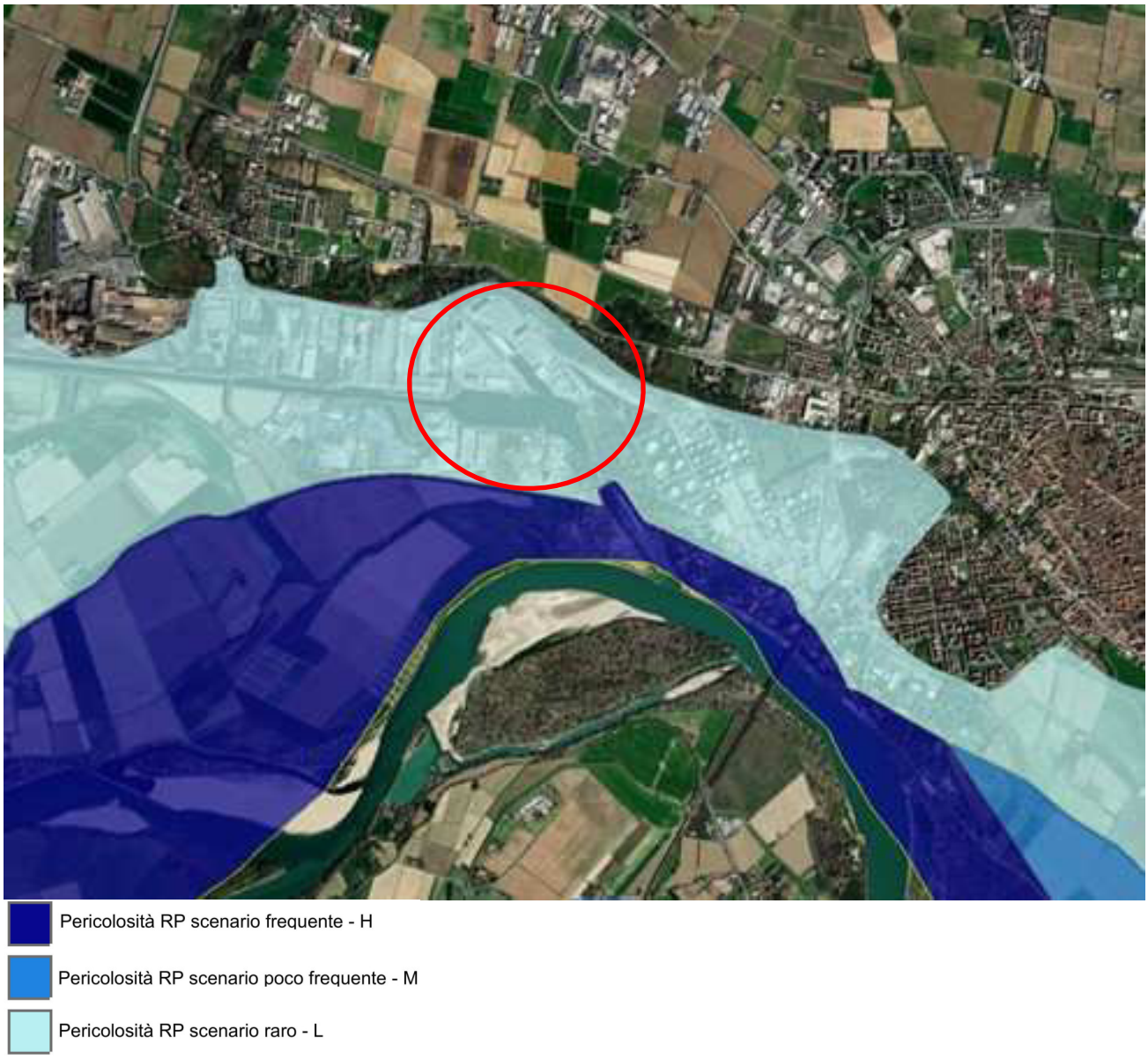


Figura 19 – Stralcio della *"Mappa di pericolosità"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Figura 20 – Stralcio della *"Mappa di pericolosità"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Nelle vigenti mappe di rischio del PGRA l'area in esame è indicata come area a *"Rischio medio (R2) e moderato (R1)"* (fig. 21).

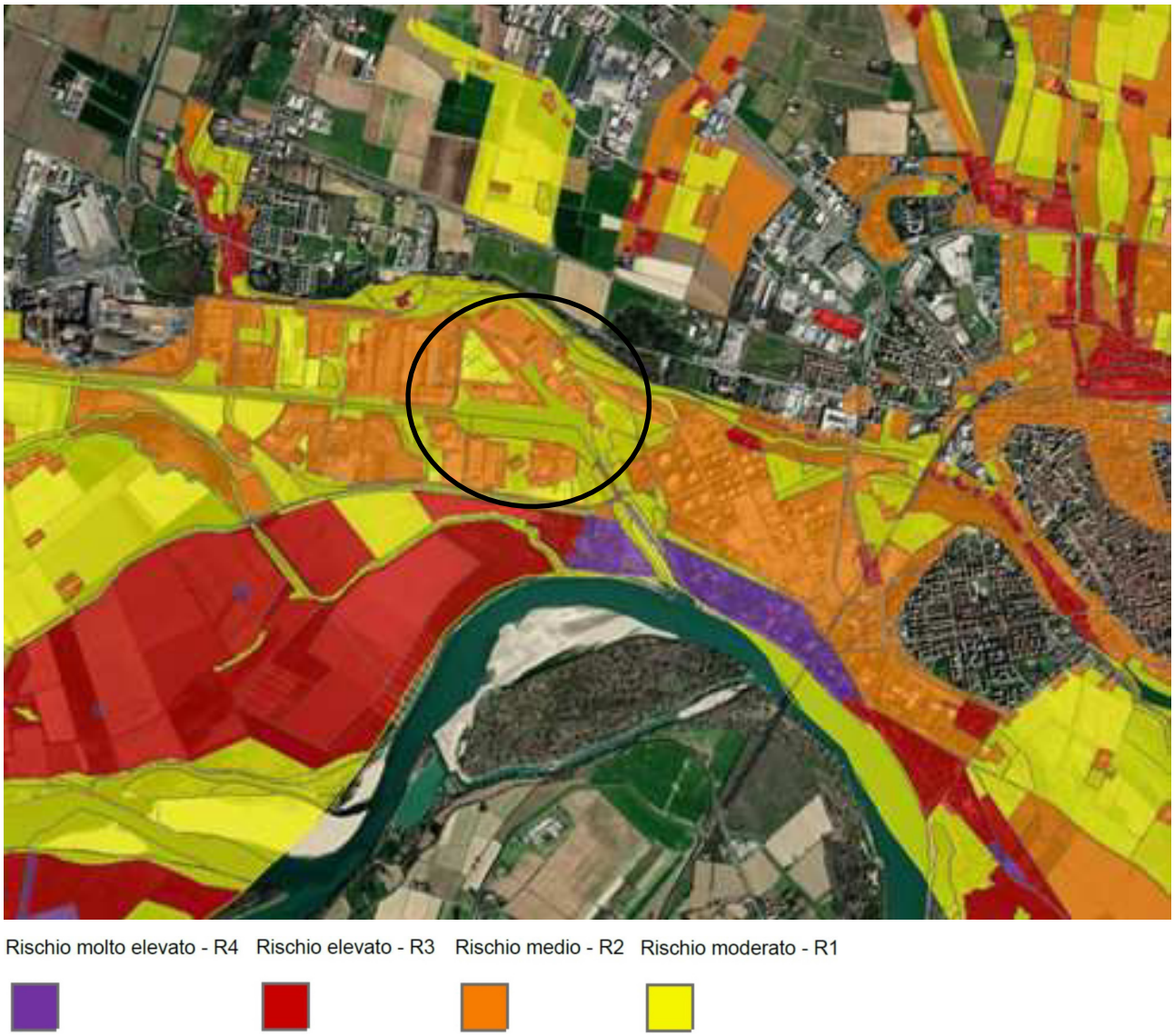


Figura 21 – Stralcio della *"Mappa di rischio"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

In riferimento al reticolo principale di pianura (RP: fiume Po), si segnala che allo stato attuale sono in corso **Varianti al PAI-PGRA** che interessano anche l'ambito in esame, il quale passerà da *"alluvioni rare (L)"* ad *"alluvioni poco frequenti (M)"*, come riportato nello stralcio di figura 22 (rif: aggiornamento mappe aree allagabili complessive relativo all'ambito delle Aree a Potenziale Rischio Significativo distrettuali arginate Po, Parma, Enza, Secchia e Panaro – adozione Decreto Segretario generale ADBPO 44 del 11 aprile 2022).

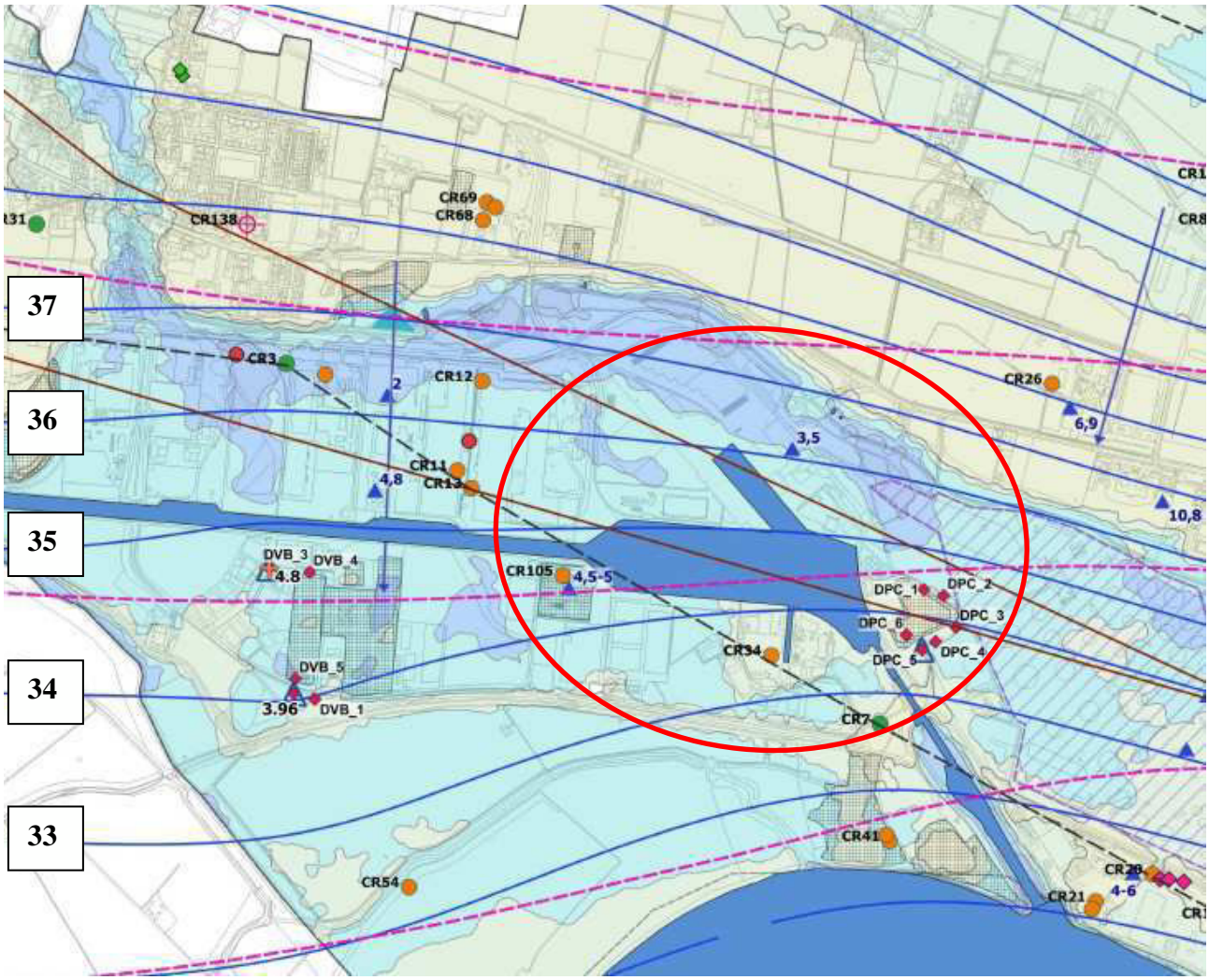
Figura 22 – Stralcio della *"Mappa delle aree allagabili"* della Variante (in corso) al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

9.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrostratigrafico del sottosuolo del territorio analizzato è quello tipico della pianura alluvionale, caratterizzato da depositi continentali Quaternari che definiscono acquiferi permeabili multistrato a spessore variabile, costituiti in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie poligeniche di elevata permeabilità, alternati a livelli argillosi impermeabili a sviluppo lenticolare o continuo, che si estendono per uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri al di sopra dei fronti di avanzamento sepolti del Sistema SudAlpino ed Appenninico; tali caratteristiche sono tipiche delle unità idrogeologiche appartenenti alla *"Serie idrogeologica della medio-bassa pianura"* della provincia cremonese, ciascuna delle quali raggruppa i terreni che presentano proprietà idrogeologiche omogenee.

Come rappresentato nella Tav. 3a *"Idrogeologica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 23, la falda freatica che circola nell'acquifero superficiale presenta una direzione di flusso essenzialmente N-S, attratta dall'alveo del fiume Po con cui è in contatto idraulico, come evidenziato dall'andamento delle linee isofreatiche (rilievo piezometrico: novembre 2011), che rappresentano la quota assoluta (s.l.m.) del livello piezometrico della falda freatica superficiale.

Dal confronto tra la quota topografica media indicata in precedenza (m. 40,00 s.l.m.) e la quota assoluta delle linee isofreatiche che intercettano l'ambito in esame (m. 34,00÷37,00 s.l.m.), si desume una soggiacenza media della falda freatica generalmente superiore a **m. 3,00** da p.c., valore soggetto ad oscillazioni stagionali.



PUNTI DI CAPTAZIONE IDRICA

Pozzi con codice identificativo (CRXXX)

- Pozzi pubblici attivi uso potabile
- Pozzi pubblici chiusi
- Pozzi privati attivi
- Pozzi privati dismessi
- Pozzi pubbici altri usi
- Altri pozzi da banca dati Regione
- Pozzi irrigui Consorzio DUNAS
- Altri pozzi produttivi privati

Altri punti acqua
(piezometri controllo ambientale, pozzi presa geotermici ecc.)

- piezometri
- pozzi privati
- pozzi geotermici di presa

PUNTI DI MISURA E CONTROLLO DELLA FALDA

Piezometri con codice identificativo

- AEM
- DUNAS
- Padania Acque

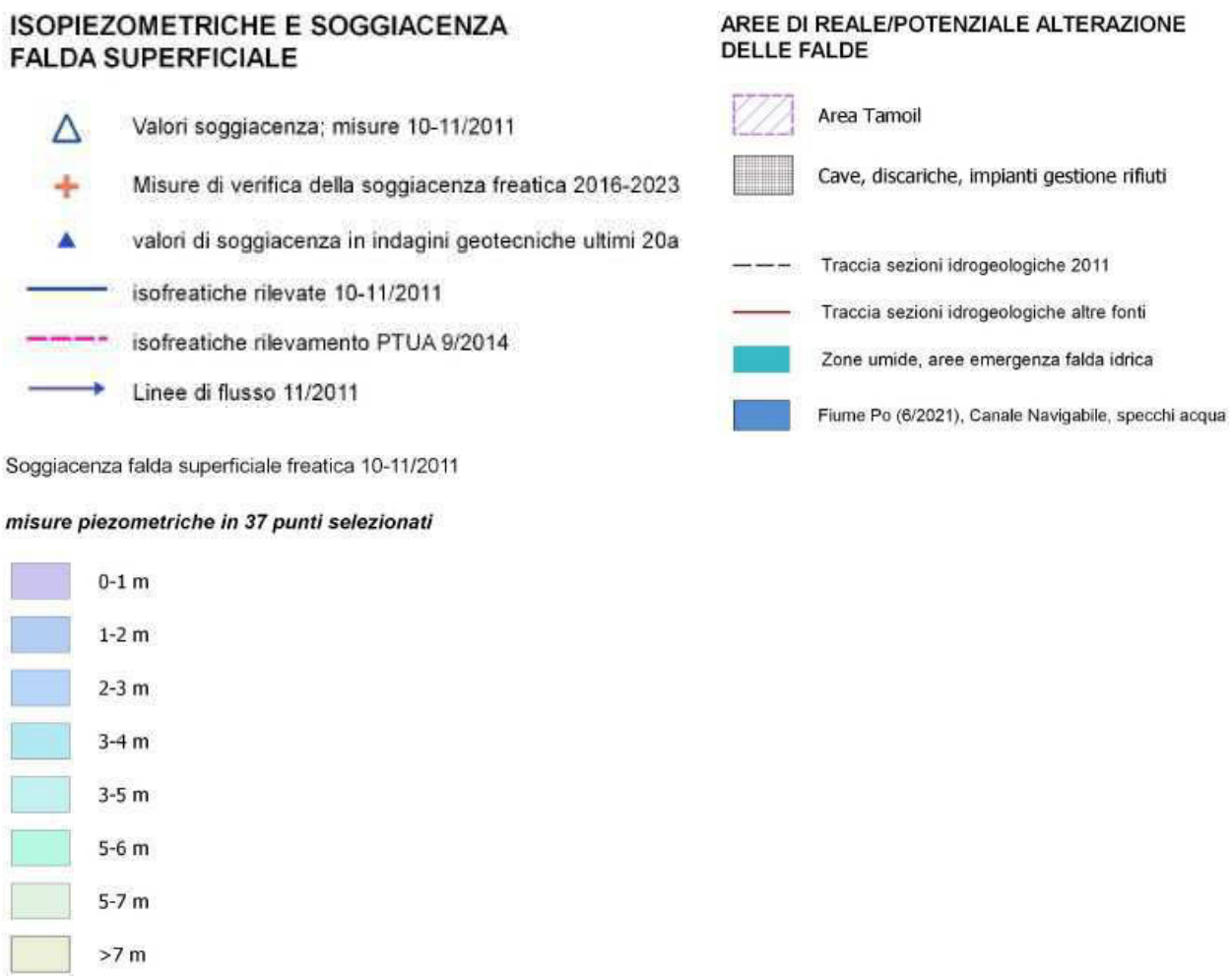


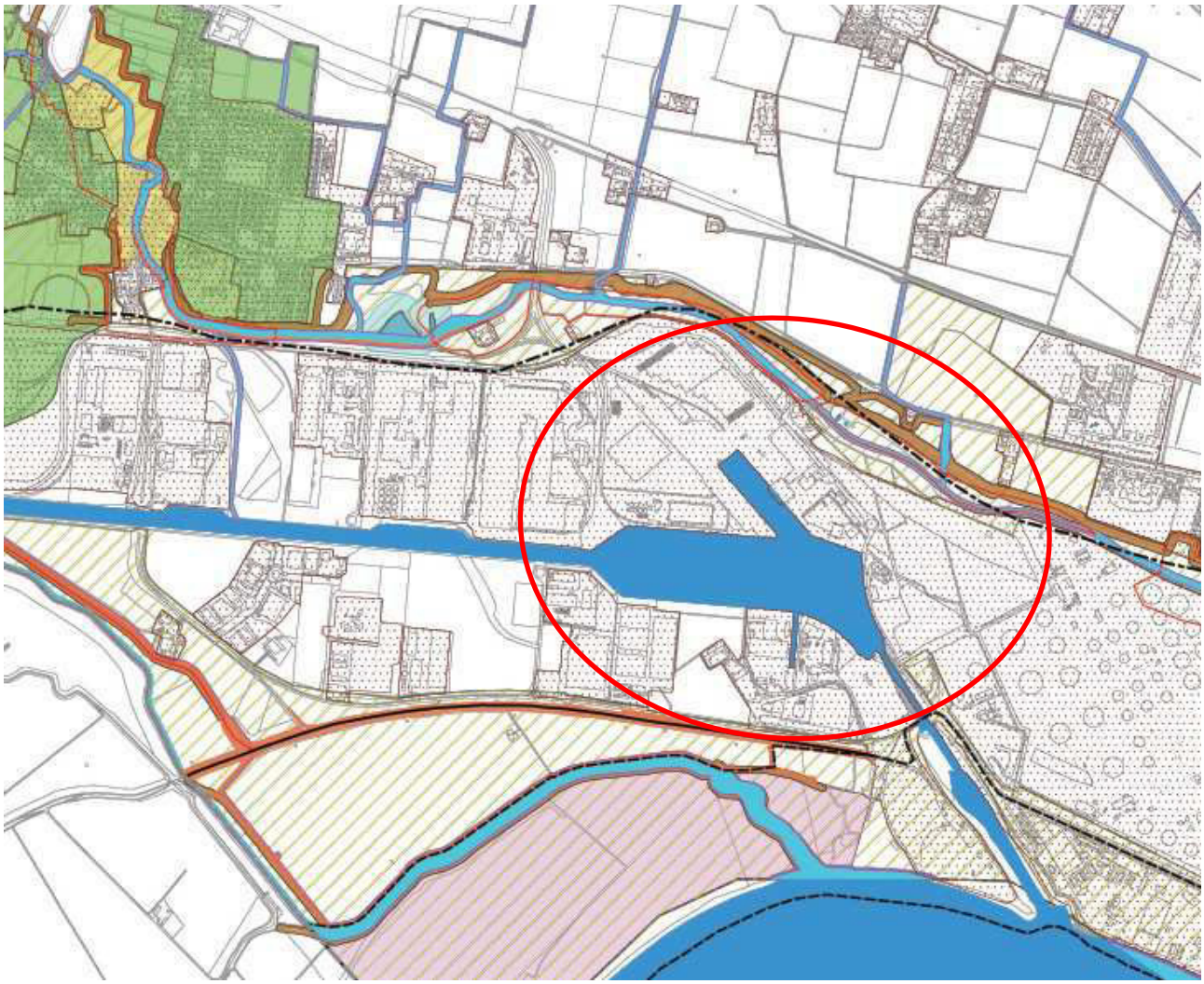
Figura 23 – Stralcio della Tav. 3a*"Idrogeologia"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

9.7 – VINCOLI GEOLOGICI

Per verificare la presenza di vincoli geologici all'interno dell'ambito in esame sono stati consultati i piani di programmazione e pianificazione comunale, provinciale, regionale e sovraregionale.

In particolare, come rappresentato nella Tav. 6 *"Vincoli geologici"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 24, l'area in esame risulta:

- interna alla fascia C del P.A.I. (area di inondazione per piena catastrofica);
- esterna alle Zone I (aree a rischio idrogeologico molto elevato con eventi di piena T_R<50 anni) del P.A.I.;
- esterna alla fascia di tutela paesaggistica di 150 m dalle sponde del Colatore Morbasco;
- esterna al P.L.I.S. denominato "*Parco del Po e del Morbasco"*;
- esterna alle aree sottoposte a tutela nel P.T.C.P..



VINCOLI DERIVANTI DALLA PIANIFICAZIONE DI BACINO

Piano di Assetto Idrogeologico (PAI)

Fasce Fluviali (Titolo II NdA)

- limite Fascia A del PAI
porzione di alveo che è sede prevalente del deflusso della corrente per la piena con Tempo di ritorno (Tr) di 200 anni
- limite Fascia B del PAI
porzione di territorio esterna alla Fascia A, interessata da inondazioni al verificarsi della piena con Tempo di ritorno (Tr) di 200 anni
- limite Fascia C del PAI: porzione di territorio esterna alla Fascia B che può essere interessata da inondazione per eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento (Tr 200 a)

Aree a rischio idrogeologico molto elevato (Titolo IV NdA PAI)

- Perimetro Zone I: aree potenzialmente interessate da inondazioni per eventi di piena con Tr inferiore o uguale a 50 anni
- Perimetro area ex Zona I, a rischio residuo per effetto delle opere di potenziamento dello Scolmatore Quistra e ridefinizione della pericolosità idraulica

VINCOLI DI POLIZIA IDRAULICA

- Area tra le sponde (Linee Guida per la digitalizzazione, Regione Lombardia 1/2017)
- Argini
- Fasce di rispetto di 10 m sul Fiume Po (Reticolo Principale/RP) e di 5 m su Reticolo di Bonifica (RIB) e Reticolo Minore (RIM) comunale interno al Tessuto Urbano Consolidato (TUC)
- ***PLIS - Parco del Po e del Morbasco***
- ***Area della ZPS IT20A0501 Spinadesco***
- ***Ambiti edificati e pertinenze, al 2023***

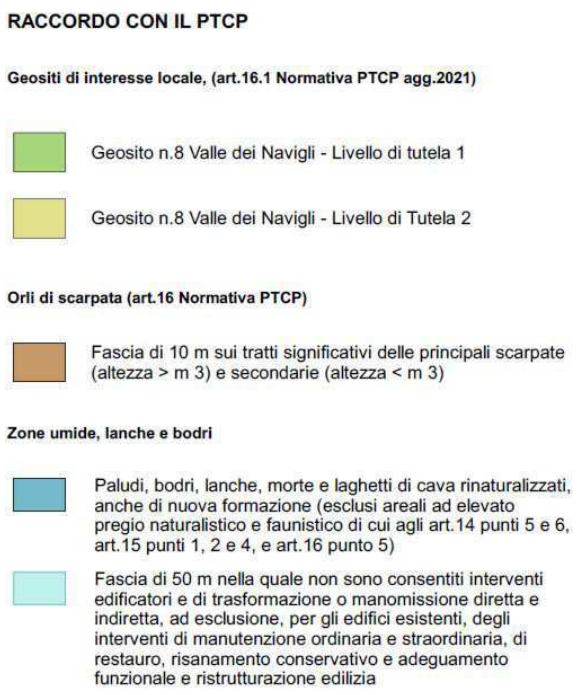


Figura 24 – Stralcio della Tav. 6 *"Vincoli geologici"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

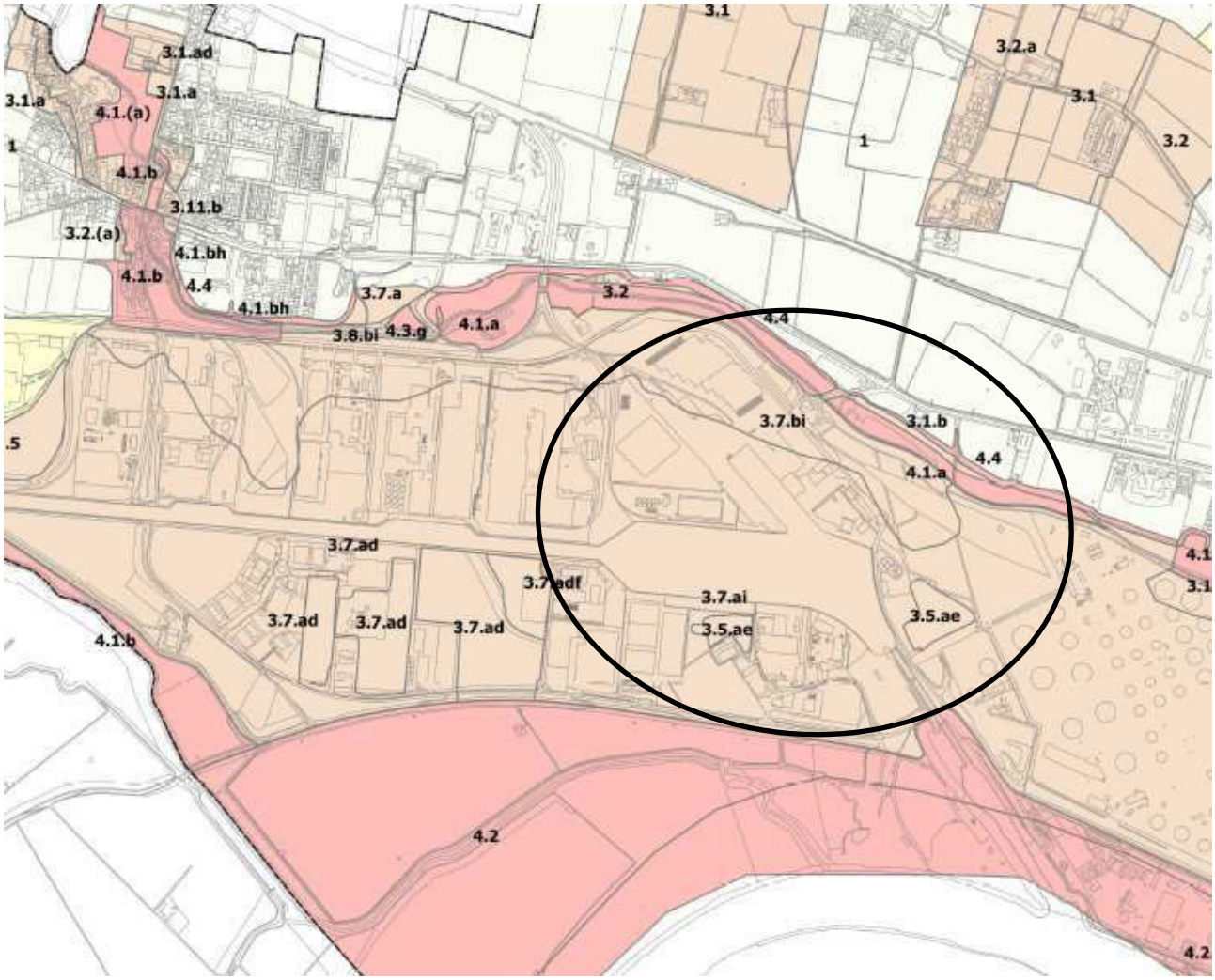
9.8 – FATTIBILITÁ GEOLOGICA

Come rappresentato nella Tav. 9 *"Fattibilità geologica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 25, l'area in esame è stata inserita in **Classe di Fattibilità Geologica 3** (fattibilità con consistenti limitazioni), in particolare in **Sottoclasse 3.7**, che comprende aree a tergo del sistema arginale in gran parte ricadenti in fascia C del P.A.I., ed in parte in **Sottoclasse 3.5**, che comprende aree con riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti e falda mediamente compresa nei primi 5 m da p.c..

Limitazioni aggiuntive:

Specifica "**a**": falda idrica tra 3 e 5 m dalla superficie.
Specifica "**b**": falda idrica entro 3 m dalla superficie.
Specifica **"c"** substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici.
Specifica **"d":** riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti.
Specifica "**e**": aree a tergo del sistema arginale del Po, in gran parte ricedenti in fascia C del Pai, potenzialmente allagabili in caso di eventi eccezionali.
Specifica "**i**": aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni.

Si rimanda alle *"Norme di Fattibilità Geologica"* del P.G.T. comunale per approfondimenti.



Fattibilità Geologica – Legenda

PIANURA

Classe 1

Classe 2

2.1 Aree con falda idrica mediamente presente tra 3 e 5/7 m dalla superficie

b falda idrica entro 3 m dalla superficie
X area rischio residuo ex Zona I

2.2 Aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

Classe 3

3.1 Aree esondabili o allagabili da Reticolo Secondario di Pianura "consortile", a pericolosità idraulica "media o moderata" H1-H2

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
d riempimenti o riporti di natura e/o caratteri litotecnici non noti
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

3.2 Altre aree esondabili o allagabili da Reticolo Secondario di Pianura di tipo "consortile" a pericolosità idraulica "elevata" o "molto elevata" H3- H4

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

3.3 Aree con falda prossima alla superficie (entro 3 m da p.c.)

a falda idrica tra 2 e 5 m dalla superficie
d riempimenti o riporti di natura e/o caratteri litotecnici non noti

3.4 Zone con substrati a caratteri geotecnici scadenti; aree con terreni argillosi e/o organici, drenaggio incerto

b falda idrica entro 3 m dalla superficie
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

PIANURA E VALLE

3.5 Aree con riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti, e falda mediamente compresa nei primi 5 m dalla superficie

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
e aree a tergo del sistema arginale del Po, in gran parte ricadenti in fascia C del PAI, potenzialmente allagabili in caso di eventi eccezionali

VALLE PO

3.6 Aree a tergo del sistema arginale, attualmente non inserite nella Fascia C PAI e/o nello Scenario "alluvioni rare" del PGRA, allagabili in caso di eventi eccezionali

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie

3.7 Aree a tergo del sistema arginale, in gran parte ricadenti in fascia C del PAI e/o negli Scenari del PGRA "alluvioni poco frequenti" (Reticolo Secondario Pianura) o "alluvioni rare" (Reticolo Principale), a pericolosità idraulica "media o moderata"

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
d riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico

3.8 Aree a tergo del sistema arginale, in genere in fascia C del PAI e/o negli Scenari PGRA "alluvioni poco frequenti" e "frequenti" (Reticolo Secondario di Pianura) o "rare" (Reticolo Principale), a pericolosità idraulica "elevata" o "molto elevata"

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

3.9 Terreni a caratteri geotecnici scadenti; aree con paleomeandri; zone con probabile presenza di sedimenti organici in ambito di valle inondabile

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
e aree a tergo del sistema arginale del Po, in fascia C del PAI, allagabili in caso di eventi eccezionali

3.10 Aree in Fascia B del PAI. Coincidono con aree con pericolosità M del Reticolo Principale (RP) del PGRA

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie

3.11 Aree delle Zone I PAI ("a Rischio idrogeologico Molto Elevato") a pericolosità idraulica H1-H2, interne al centro edificato (perimetro TUC)

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
d riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni

PIANURA E VALLE

Classe 4

4.1 Aree delle Zone I PAI ("a Rischio idrogeologico Molto Elevato") esterne al Tessuto Urbano Consolidato, o interne ad esso e a pericolosità idraulica H3-H4

a falda idrica tra 3 e 5/7 m dalla superficie
b falda idrica entro 3 m dalla superficie
c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti organici
d riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti
f aree idriche/umide
h scarpate con h>4 m e pendenza >30%
i aree urbane con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o forte alterazione dei terreni
l cava e laghi di cava non rinaturalizzati, comprensivi di fascia di rispetto e sicurezza

4.2 Fascia A del PAI e Scenario H su Reticolo Principale del PGRA con pericolosità idraulica H4

d riempimenti o riporti di natura o caratteri litotecnici non noti
f aree idriche/umide
i aree perifluviali colmate e trasformate, con scavi e riporti storici di spessore plurimetrico e natura non precisata e/o alterazione dei terreni

4.3 Aree umide/idriche (aree con ristagno idrico, bodri, aree idriche con valenza naturalistica)

c substrati a caratteri geotecnici scadenti e probabile presenza di sedimenti fini e/o organici in aree soggette ad esondazioni o allagamenti periodici
g aree umide periodicamente allagabili

4.4 Scarpate di raccordo tra superfici a quota diversa, al margine della pianura e in Valle del Morbasco, con dislivelli superiori a 4 m e pendenza elevata (superiore a 30%)

e in aree parzialmente allagabili

Figura 25 – Stralcio della Tav. 9 *"Fattibilità geologica"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

9.9 – INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio comunale di Cremona (CR), in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in Zona Sismica 4.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla **pericolosità sismica** che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, entrato ufficialmente in vigore dal **10 aprile 2016**.

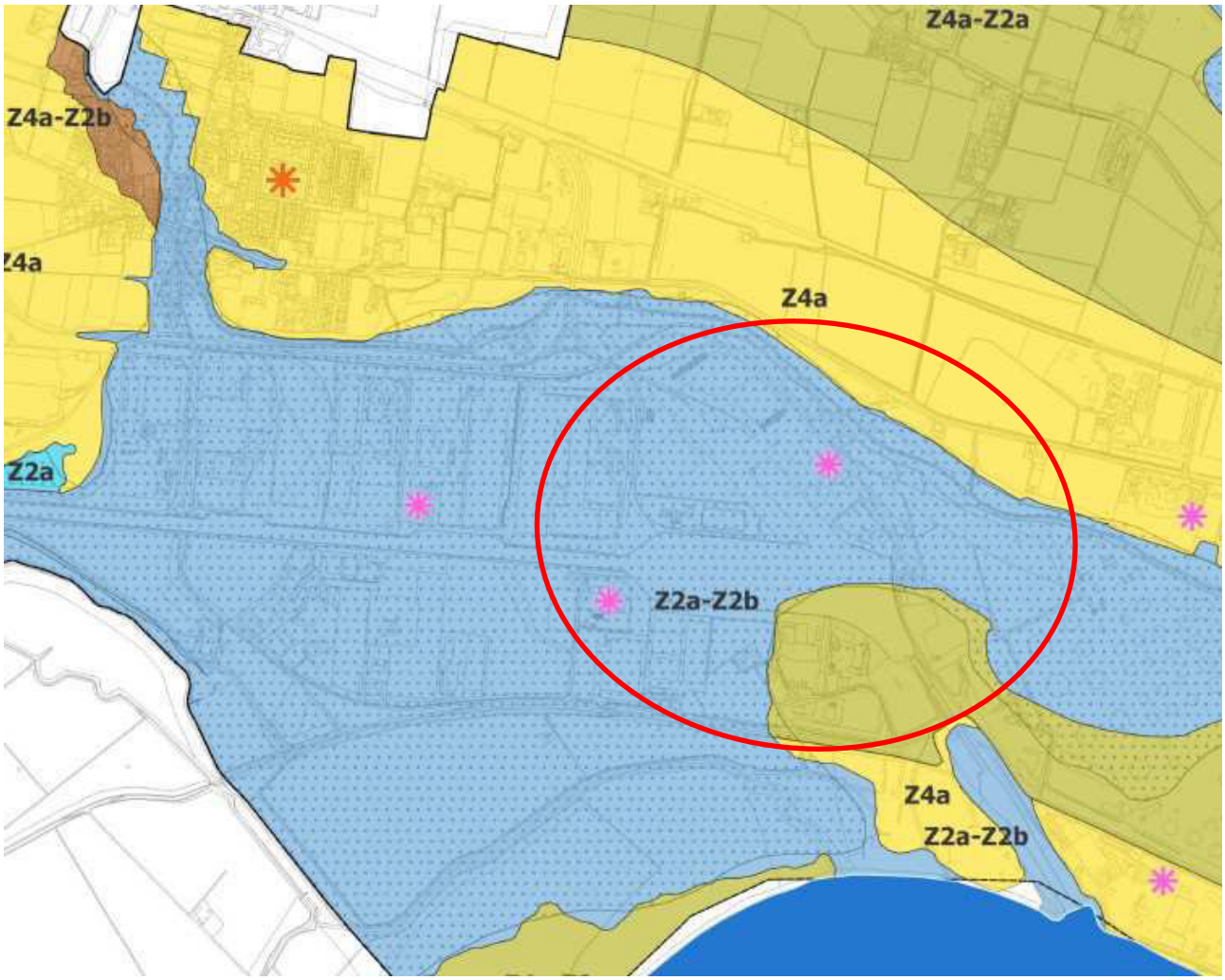
Pertanto a seguito di tale aggiornamento in territorio comunale, riclassificato in **Zona Sismica 3**, dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito specifico è necessario valutare l'influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali: effetti di sito) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli **effetti di amplificazione** che può subire il moto sismico di riferimento che gli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

In riferimento agli effetti di amplificazione tutto il territorio comunale è interessato dallo scenario sismico **PSLZ4a**, che caratterizza zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica e geometrica del segnale sismico di base.

In riferimento agli effetti di instabilità cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica l'ambito in esame nello studio geologico del P.G.T. comunale, come rappresentato nella Tav. 5 *"Pericolosità sismica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 26, l'area in esame è stata inserita sia saturi particolarmente scadenti potenzialmente soggetti a fenomeni di cedimento, sia all'interno dello

scenario sismico **PSLZ2b** (scenario secondario), che caratterizza le zone con terreni potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione, associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in seguito ad un significativo aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari, che determina una fluidificazione del materiale con conseguenti potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione, la cui valutazione ai sensi delle NTC18 è obbligatoria per qualsiasi intervento edificatorio (fase di progettazione).all'interno dello scenario sismico **PSLZ2a** (scenario principale), che caratterizza zone con terreni di fondazione



Scenari PSL: principale	secondario	DESCRIZIONE	EFFETTI PSL PRINCIPALE	EFFETTI PSL SECONDARIO
Z2a		Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	cedimenti	
Z2a	Z2b	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti / Zone con depositi granulari fini saturi	cedimenti	liquefazioni
Z2a	Z4a	Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti / Zona di pianura con prevalenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi	cedimenti	amplificazioni litologiche e geometriche
Z2b		Zone con depositi granulari fini saturi	liquefazioni	
Z2b	Z2a	Zone con depositi granulari fini saturi / Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	liquefazioni	cedimenti
Z2b	Z4a	Zone con depositi granulari fini saturi / Zona di pianura con prevalenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi	liquefazioni	amplificazioni litologiche e geometriche
Z4a		Zona di pianura con prevalenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi	amplificazioni litologiche e geometriche	
Z4a	Z2a	Zona di pianura con prevalenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi / Zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti	amplificazioni litologiche e geometriche	cedimenti
Z4a	Z2b	Zona di pianura con prevalenza di depositi alluvionali granulari e/o coesivi / Zone con depositi granulari fini saturi	amplificazioni litologiche e geometriche	liquefazioni

Soggiacenza falda freatica 0- 5 m da p.c.

Indagini sismiche MASW 2017 per PSL

Indagini sismiche MASW da cantieri diversi (edilizia, infrastrutture, piani attuativi...)

Figura 26 – Stralcio della Tav. 5 *"Pericolosità sismica"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

9.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici ha permesso di escludere la presenza di elementi di pericolosità; l'analisi degli aspetti litologici ha permesso di individuare la presenza di depositi alluvionali sabbioso limosi e/o limoso sabbiosi alternati a livelli argilloso limosi.

L'analisi degli aspetti idrografici ed idraulici ha permesso di individuare un potenziale rischio derivante da esondazione del reticolo secondario (RSP), evento definito poco frequente nel PGRA, e da esondazione del fiume Po (RP), evento attualmente definito raro nel PGRA che in seguito alle Varianti al PAI-PGRA (in corso) passerà a poco frequente.

L'analisi degli aspetti idrogeologici ha permesso di definire la presenza di una falda freatica superficiale con valori di soggiacenza generalmente superiori a **m. 3,00** da p.c., valore soggetto ad oscillazioni stagionali.

L'analisi degli aspetti vincolistici ha permesso di verificare che l'ambito in esame ricade all'interno della fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) del P.A.I.; si rimanda alla relativa normativa per eventuali approfondimenti.

L'analisi degli aspetti sismici ha permesso di verificare che i depositi alluvionali dell'ambito in esame in condizioni sismiche sono potenzialmente suscettibili sia ad effetti di amplificazione stratigrafica (litologica e geometrica) del segnale sismico di base sia ad effetti di instabilità (cedimenti post-sismici, liquefazione).

La realizzazione di qualsiasi intervento edificatorio che interessa i terreni di fondazione (fase di progettazione) dovrà essere preceduta da una relazione geologica (R1) redatta secondo le NTC18, nella quale dovrà essere fornito un modello geologico di riferimento del sito di intervento sulla base dei risultati di indagini geognostiche (note o realizzate ex novo) ed effettuati i necessari approfondimenti relativamente agli effetti sismici citati.

10 – BACINO DI PIZZIGHETTONE

10.1 – PREMESSA

Si procede di seguito ad una valutazione di dettaglio della zona portuale sita in Comune di Pizzighettone (CR) indicata in All. B della l.r. 30/2006 (e succ. mod.) come *"Bacino di Pizzighettone e aree funzionali allo sviluppo dell'attività portuale"*.

Attraverso la consultazione dello studio geologico di supporto al Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) comunale e dei principali piani vigenti in materia verranno analizzati i principali aspetti geologici, geomorfologici, litologici, geologico-tecnici, idrografici, idraulici, idrogeologici, vincolistici e sismici del territorio, al fine di individuare eventuali elementi di vulnerabilità e pericolosità.

10.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fornisce di seguito l'elenco della normativa di riferimento consultata per la realizzazione della presente relazione.

- **D.M. 17 gennaio 2018 (NTC18)** *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* e relativa **Circolare applicativa.**
- **L.R. 12 ottobre 2015 n. 33** *"Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"*.
- **D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001** *"Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)"*.
- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** *"Legge per il governo del territorio"*.
- **D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616** "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57,comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12*".
- **D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738** *"Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza..."*.
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Po.**
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P) e succ. Var.** – approvato con delibera di C.P. n. 95 del 9 luglio 2003.
- **Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Pizzighettone – Variante –** approvata dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 49 del 9 dicembre 2014.

10.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame (figura 27) è localizzata a sud-est dei centri abitati di Pizzighettone e Roggione (CR), a sud della strada provinciale SP234 *"Codognese"*, in sinistra idrografica del fiume Adda; si sviluppa a quote topografiche di circa m. 45,00 s.l.m. (rif: quote C.T.R.).

E' cartografata nelle sezioni C7c4 *"Pizzighettone"* e C7d4 *"Grumello Cremonese"*della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 (figura 28) e censita al catasto come rappresentato in figura 29.

Figura 27 – Ripresa satellitare dell'area in esame. Fonte: Google Earth; data acquisizione immagini: 24/06/2021.

Figura 28 – Corografia su base cartografica C.T.R. (scala 1:10.000) con indicazione dell'area in esame.

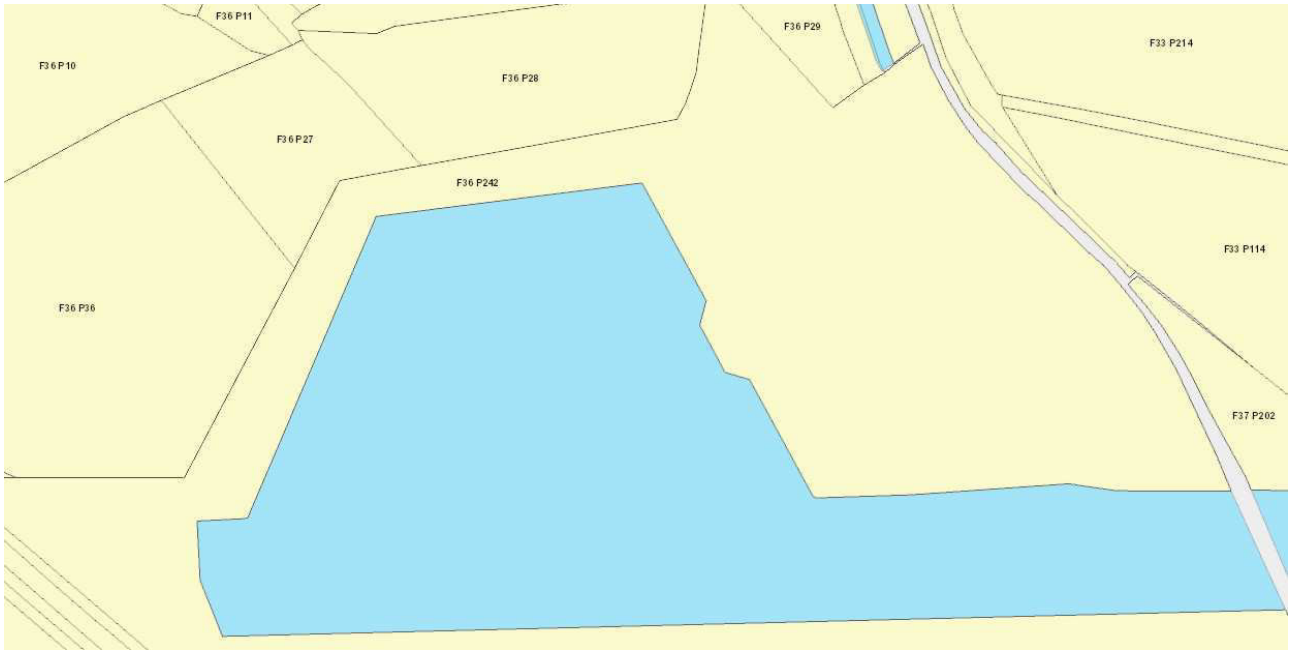
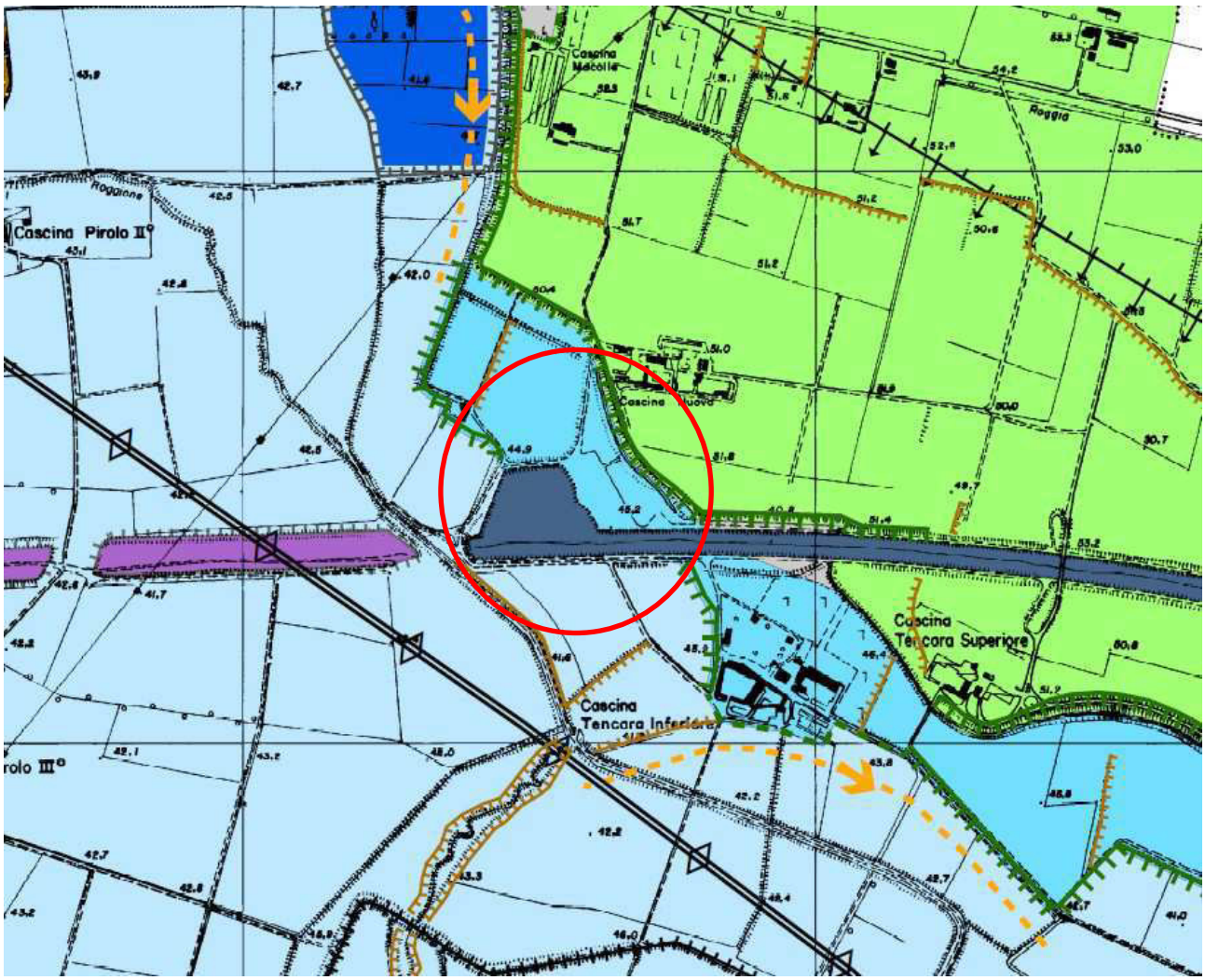


Figura 29 – Stralcio della mappa catastale relativa ad una porzione dell'area in esame.

10.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO

Come rappresentato nella Tav. 0/1 *"Carta geologica e geomorfologica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 30, l'ambito territoriale che si sviluppa in prossimità del bacino del Canale Navigabile Milano-Cremona-Po è caratterizzato dai depositi alluvionali di origine continentale appartenenti alle Formazioni Geologiche Oloceniche denominate *"Alluvioni Antiche"* ed *"Alluvioni Medio-Recenti"*, costituiti da terreni a litologia prevalentemente limoso sabbiosa e sabbiosa, localmente limoso argillosa ed argilloso torbosa nelle aree distali dall'alveo del fiume Adda.



LEGENDA		
UNITA' STRATIGRAFICHE (dalla Carta Geologica d'Italia, F.60 "Piacenza")	**SIMBOLO**	**UNITA' GEOMORFOLOGICHE**
	OLOCENE	
ALLUVIONI ATTUALI Depositi prevalentemente ghiaiosi e sabbiosi del greto del Fiume Adda.		Forme deposizionali poste all'interno dell'alveo inciso del Fiume Adda (isole, barre di accrescimento, ecc.)
ALLUVIONI MEDIO-RECENTI Depositi alluvionali terrazzati del Fiume Adda (Olocene medio-sup.).		Sistema terrazzato sull'alveo attivo dell'Adda (modellato nei depositi alluvionali dello stesso corso d'acqua e del Fiume Serio) parzialmente inondabile in caso di piene straordinarie.
ALLUVIONI ANTICHE Depositi alluvionali antichi dell'Adda e del Serio (Olocene inferiore).		Stretto ripiano terrazzato sviluppato nei pressi di C.na Tencara, posto in posizione intermedia tra le piane alluvionali recenti ed il L.F.d.P., da tempo indisturbato dai fenomeni deposizionali e morfogenetici del corso d'acqua.
		Sistema di ripiani terrazzati, ospitati all'interno di una tipica valle "a cassetta", formatisi ad opera di un antico percorso del Fiume Serio (Serio di Grumello).
	PLEISTOCENE	
FLUVIOGLACIALE WURM Alluvioni fluvioglaciali e fluviali, prevalentemente sabbiose, con lenti limose e sottili livelli ghiaiosi e con strato di alterazione superficiale di debole spessore, generalmente brunastro.		Livello Fondamentale della Pianura (o Piano Generale Terrazzato): superficie erosiva polifasica modellata nei corpi sedimentari formatisi per aggradazione fluviale durante il Pleistocene.

PRINCIPALI ELEMENTI MORFOLOGICI	
Scarpate morfologiche ai margini dei principali ripiani terrazzati (a) e loro rimaneggiamenti (b).	a) b)
Scarpate morfologiche secondarie.	
Principali corsi d'acqua (Adda e Serio Morto).	
Sponde in erosione lungo l'alveo dell'Adda.	
Forme deposizionali all'interno del Fiume Adda.	
Depressione morfologica, frequentemente meandriforme, sviluppata all'interno delle principali valli (Adda e Serio) e corrispondente ad antichi tracciati fluviali.	
Traccia planimetrica di antico percorso fluviale.	
Depressioni morfologiche con falda affiorante (naturali o artificiali).	

ELEMENTI ANTROPICI	
Rilevati arginali (Fiume Adda, Serio Morto).	
Difese spondali lungo l'Adda (massicciate).	
Superfici derivanti da rimaneggiamento antropico.	
Rilevato artificiale - Cumuli di terra da scavo.	
Scarpata artificiale derivante da attività estrattiva e rimaneggiamento antropico.	
Canale Navigabile.	

Figura 30 – Stralcio della *"Carta geologica e geomorfologica (Tav. 0/1)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

Detti depositi terrazzati caratterizzano l'ampia valle alluvionale del fiume Adda, che si sviluppa a quote altimetriche inferiori rispetto al ripiano noto in letteratura come *"Livello Fondamentale della Pianura (L.F.P.)"*, caratterizzato dai depositi alluvionali di origine continentale appartenenti alla Formazione Geologica Pleistocenica denominata *"Fluvioglaciale Wurm"*, il cui limite è individuato in corrispondenza di scarpate morfologiche fluviali con rigetti anche superiori a m. 10,00 (tra m. 5,00÷7,00 nell'ambito in esame).

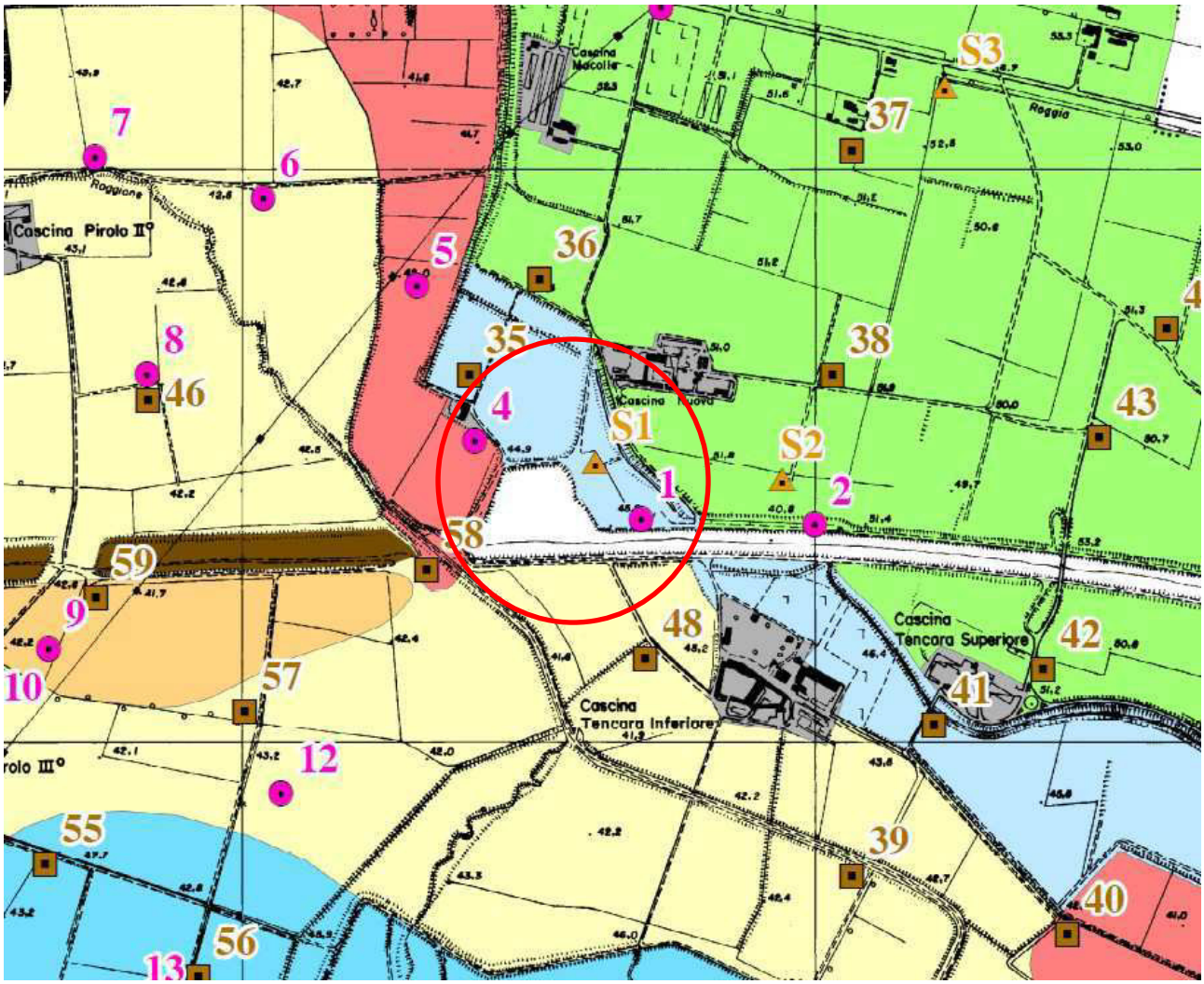
Sono evidenti all'interno della valle dell'Adda tracce di antichi alvei (paleoalvei) e paleolobi di meandro abbandonati che ospitano specchi di acqua stagnante (lanche, mortizze) destinati ad un progressivo interrimento naturale.

* * *

Dal punto di vista litologico, come rappresentato nella Tav. 0/3 *"Carta di prima caratterizzazione litotecnica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 31, l'area in esame è caratterizzata da depositi prevalentemente sabbiosi con una frazione limosa diffusa e locali eteropie verso terreni fini (talora organici).

Ad ovest del bacino idrico è segnalata la presenza di spessori metrici di torbe e/o terreni argillosi e limosi con una elevata componente organica, caratterizzati da alta plasticità e scarsa consistenza, caratteristici di depositi di meandro abbandonato e/o paleoalveo.

Si riportano di seguito le descrizioni litologiche di n. 2 trincee esplorative (T35, T58) realizzate in corrispondenza dell'ambito territoriale in oggetto, allegate in calce allo studio geologico del P.G.T. comunale.



INDAGINI GEOGNOSTICHE

S1 Sondaggio e relativa numerazione.

1 Prova penetrometrica e relativa numerazione.

1 Trincea esplorativa e relativa numerazione.

UNITA' LITOTECNICHE		
SIMBOLO	DESCRIZIONE	CLASSIFICAZIONE U.S.C.S.
	Depositi prevalentemente sabbiosi con una frazione limosa superficiale frequentemente derivante da fenomeni di alterazione pedogenetica.	SW, SP, SM (SM, ML superficiali)
a) b)	Terreni alluvionali di natura prevalentemente sabbiosa e sabbioso-ghiaiosa: a) Depositi granulari generalmente ben selezionati e caratterizzati da uno strato di alterazione superficiale poco sviluppato, presenti nella fascia perifluviale del fiume Adda in corrispondenza delle principali barre di accrescimento. b) Depositi prevalentemente sabbiosi, meno selezionati rispetto ai precedenti, con una frazione limosa piu' diffusa e locali eteropie verso terreni fini (talora con una componente organica); costituiscono il substrato della valle del Serio Morto a NE di Roggione e dei ripiani antichi dell'Adda nei pressi di C.na Tencara.	SW, SP SP, SM prevalenti
a) b)	Depositi caratterizzati da una diffusa matrice limosa (limi, limi sabbiosi e limi argillosi). In funzione dei meccanismi sedimentari responsabili della messa in posto dei terreni, sono presenti in modo subordinato: a) depositi sabbiosi (ambienti a maggiore energia); b) terreni fini, frequentemente associati a una elevata componente organica (quali argille organiche di media-alta plasticita', torbe, resti vegetali, etc., caratteristici di ambienti a bassa energia); questi ultimi sono piu' frequenti in corrispondenza delle aree di meandro abbandonato. I rapporti latero-verticali tra le differenti facies litologiche sono complessi e decisamente articolati.	ML, CL prevalenti. Subordinati SM, SP, SW (a), OL, OH, Pt (b)
	Classici depositi di meandro abbandonato (clay-plug) costituiti da torbe e/o terreni argillosi e limosi con una elevata componente organica, caratterizzati da alta plasticita' e scarsa consistenza.	OL, OH, Pt, ML, CL prevalenti
	Cumuli di terre di scavo.	-
	Corpi idrici superficiali.	-
	Aree urbanizzate.	-

Figura 31 – Stralcio della *"Carta di prima caratterizzazione litotecnica (Tav. 0/3)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

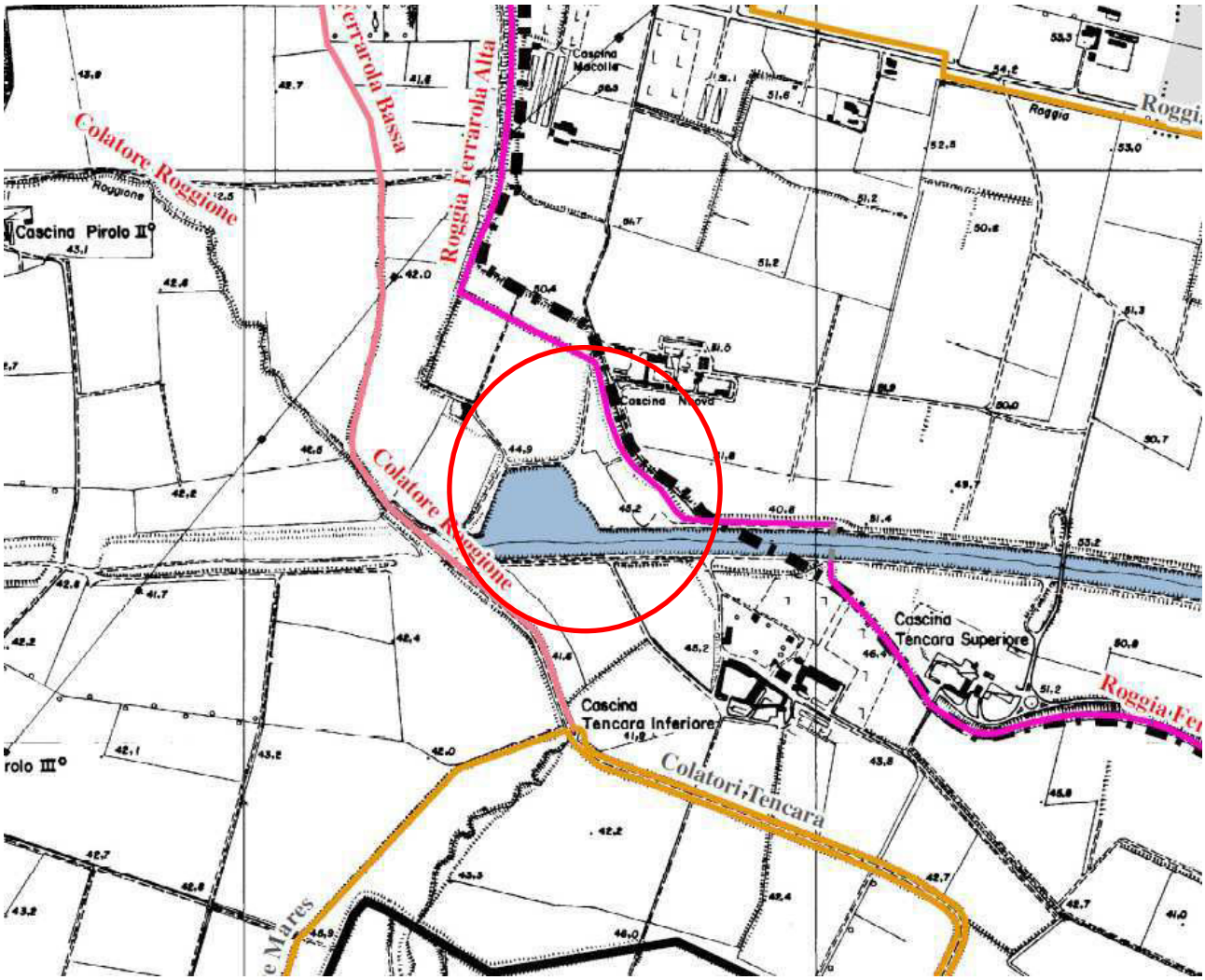
T35:					
profondità (m. da p.c.)				*Classificazione USCS*	*Natura dei terreni*
Da	0.00	a	0.4		Terreno vegetale a componente sabbiosa
Da	0.4	a	0.8	SM	Sabbia fine limosa poco consistente nocciola
Da	0.8	a	2.1	SM	Sabbia media con lenti limose e rara ghiaia
falda: assente					

T58:					
profondità (m. da p.c.)				*Classificazione USCS*	*Natura dei terreni*
Da	0.00	a	0.8		Terreno vegetale
Da	0.8	a	1.2	ML	Limo bruno con sabbia finissima
Da	1.2	a	3.1	OH	Limo argilloso e argilla limosa grigia con abbondante sartume vegetale non consistente – rilascio d'acqua – sabbie molto fini
Da	3.1	a	3.5	SP	Sabbia grigia media e grossa
falda: - 3 m (?)					

10.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO

Come rappresentato nella Tav. 0/4 *"Carta del reticolo idrico"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 32, l'area bacinale in esame è collegata al porto di Cremona tramite il Canale Navigabile Milano-Cremona-Po, che si sviluppa in direzione ovest-est.

Il reticolo idrografico secondario nell'ambito di studio è caratterizzato da corsi d'acqua con funzione di irrigazione e/o colo appartenenti al Reticolo Idrico Minore (R.I.M.) di competenza comunale (Roggia Ferrarola Alta, Roggia Ferrarola Bassa) o a consorzi irrigui privati al servizio di derivazioni idriche (Colatore Roggione, Colatori Tencara).



RETICOLO MINORE DI COMPETENZA DEL COMUNE DI PIZZIGHETTONE
(con linea discontinua sono evidenziati i tratti tombinati)

CODICE	DENOMINAZIONE	SIMBOLO
PIZ01	Adda Morta	
PIZ02	Colatore Santa Cristina	
PIZ03	Fosso Manfredo	
PIZ04	Roggia Ferrarola Alta (o Nuova)	
PIZ05	Roggia Ferrarola Bassa (o Vecchia)	
PIZ06	Roggia Gatta Masera	
PIZ07	Roggia Marchese Stanga	
PIZ08	Roggia Salvignana	
PIZ09	Sorgente del Valentino	
PIZ10	Sorgente delle Vallate	

PRINCIPALI CANALI AL SERVIZIO DI DERIVAZIONI IRRIGUE

Cavo Grossi	
Colatore Dugale	
Colatore Roggione	
Colatore Roggione Mares	
Colatore Silva	
Colatori Tencara	
Roggia Stanga	

FASCE FLUVIALI DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

	Limite tra la fascia A e la fascia B.
	Limite tra la fascia B e la fascia C.
	Limite di progetto tra la fascia B e la fascia C.
	Limite esterno della fascia C.

Figura 32 – Stralcio della *"Carta del reticolo idrico (Tav. 0/4)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

L'area in esame ricade all'interno della **fascia C** (area di inondazione per piena catastrofica) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, che interessa la porzione di territorio extra golenale che si sviluppa oltre l'argine maestro del fiume Adda.

Nelle vigenti mappe di pericolosità del *"Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)"*, predisposto dalla Regione Lombardia in attuazione della Direttiva 2007/60/CE *"Direttiva Alluvioni"* e del d.lgs. 49/2010 ed approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in cui è contenuta la delimitazione/classificazione delle aree allagabili e che rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del P.A.I., l'area in esame relativamente al reticolo principale di pianura (RP) è indicata come *"Area P1 (L nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni rare"* (fig. 33).

Figura 33 – Stralcio della *"Mappa di pericolosità"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Nelle vigenti mappe di rischio del PGRA l'area in esame è indicata come area a *"Rischio medio (R2) e moderato (R1)"* (fig. 34).

Figura 34 – Stralcio della *"Mappa di rischio"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Si segnala che allo stato attuale sono in corso **Varianti al PAI-PGRA** che interessano anche l'ambito in esame e che ampliano sostanzialmente il territorio interessato da *"alluvioni poco frequenti (M)"*, come riportato nello stralcio di figura 35 (rif: aggiornamento mappe aree allagabili complessive relativo all'ambito delle Aree a Potenziale Rischio Significativo distrettuali arginate Po, Parma, Enza, Secchia e Panaro – adozione Decreto Segretario generale ADBPO 44 del 11 aprile 2022).

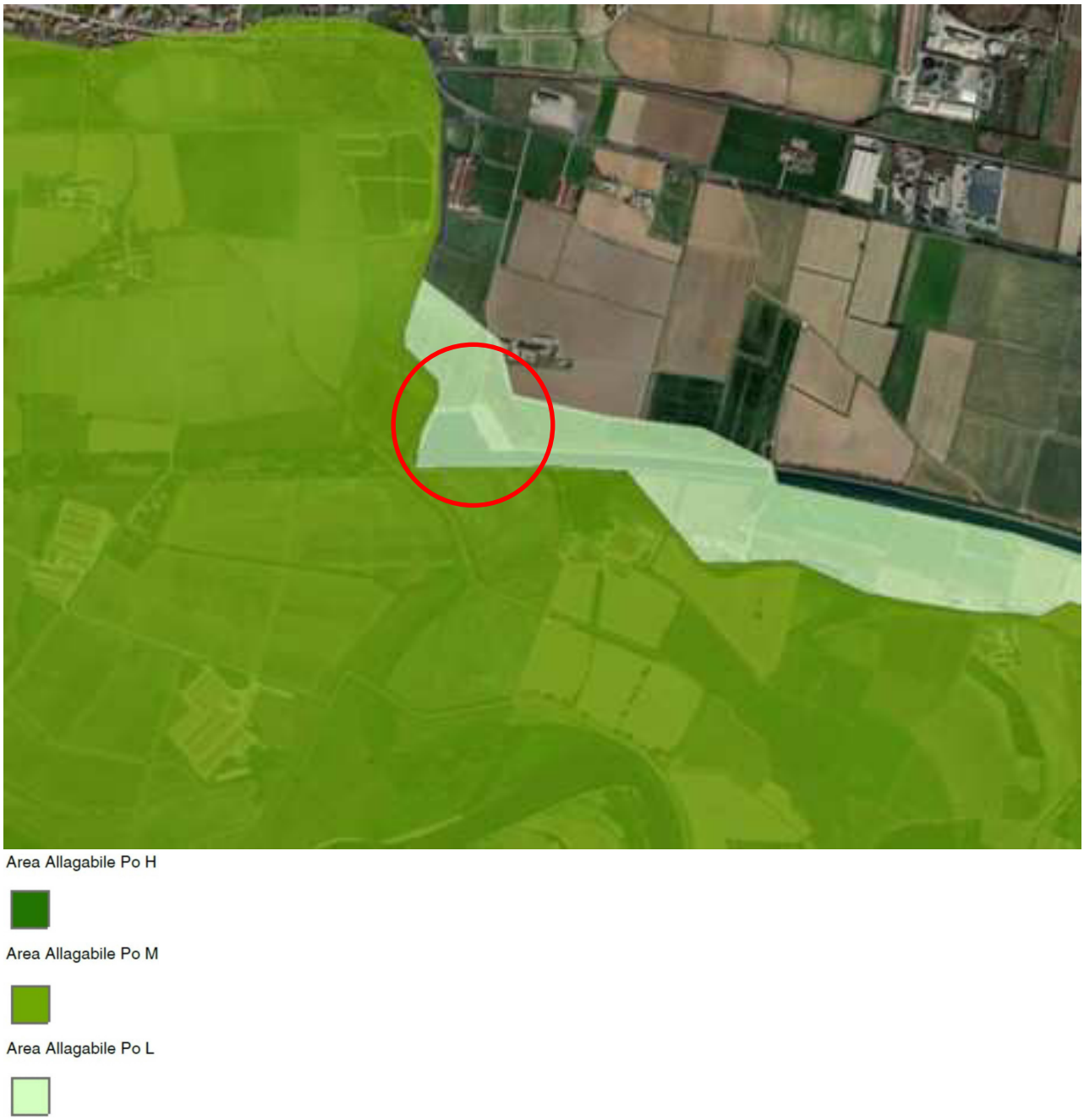


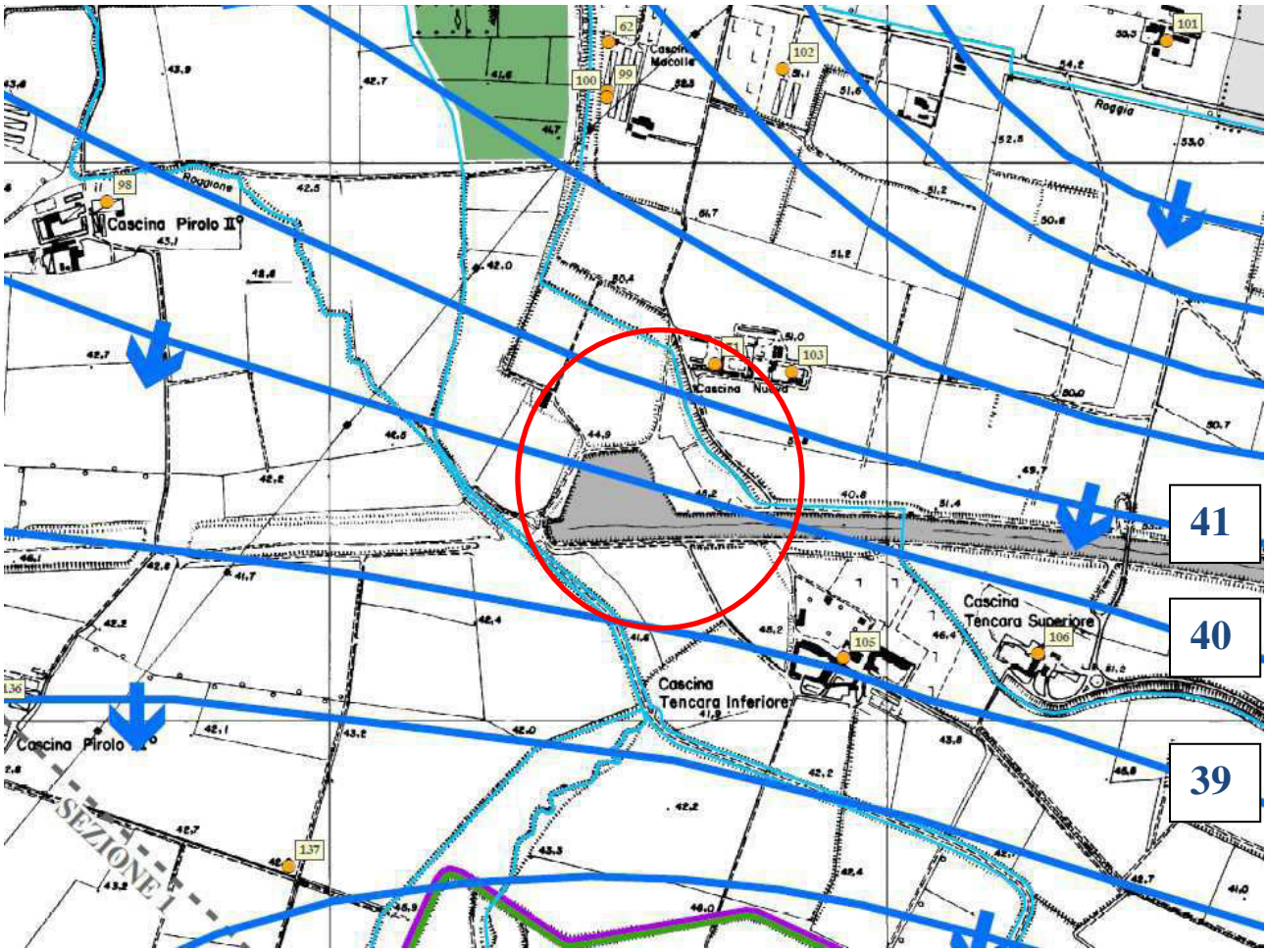
Figura 35 – Stralcio della *"Mappa delle aree allagabili"* della Variante (in corso) al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

10.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrostratigrafico del sottosuolo del territorio analizzato è quello tipico della pianura alluvionale, caratterizzato da depositi continentali Quaternari che definiscono acquiferi permeabili multistrato a spessore variabile, costituiti in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie poligeniche di elevata permeabilità, alternati a livelli argillosi impermeabili a sviluppo lenticolare o continuo, che si estendono per uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri al di sopra dei fronti di avanzamento sepolti del Sistema SudAlpino ed Appenninico; tali caratteristiche sono tipiche delle unità idrogeologiche appartenenti alla *"Serie idrogeologica della medio-bassa pianura"* della provincia cremonese, ciascuna delle quali raggruppa i terreni che presentano proprietà idrogeologiche omogenee.

Come rappresentato nella Tav. 0/5 *"Carta idrogeologica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 36, la falda freatica che circola nell'acquifero superficiale presenta una direzione di flusso essenzialmente NNE-SSO, fortemente attratta dall'alveo del fiume Adda con cui è in contatto idraulico, come evidenziato dall'andamento delle linee isopiezometriche (rilievo piezometrico: marzo 2008), che rappresentano la quota assoluta (s.l.m.) del livello piezometrico della falda freatica superficiale.

Dal confronto tra la quota topografica media indicata in precedenza (m. 45,00 s.l.m.) e la quota assoluta delle linee isopiezometriche che intercettano l'area in esame (m. 40,00÷41,00 s.l.m.), si desume una soggiacenza media della falda freatica dell'ordine di **m. 4,00÷5,00** da p.c..

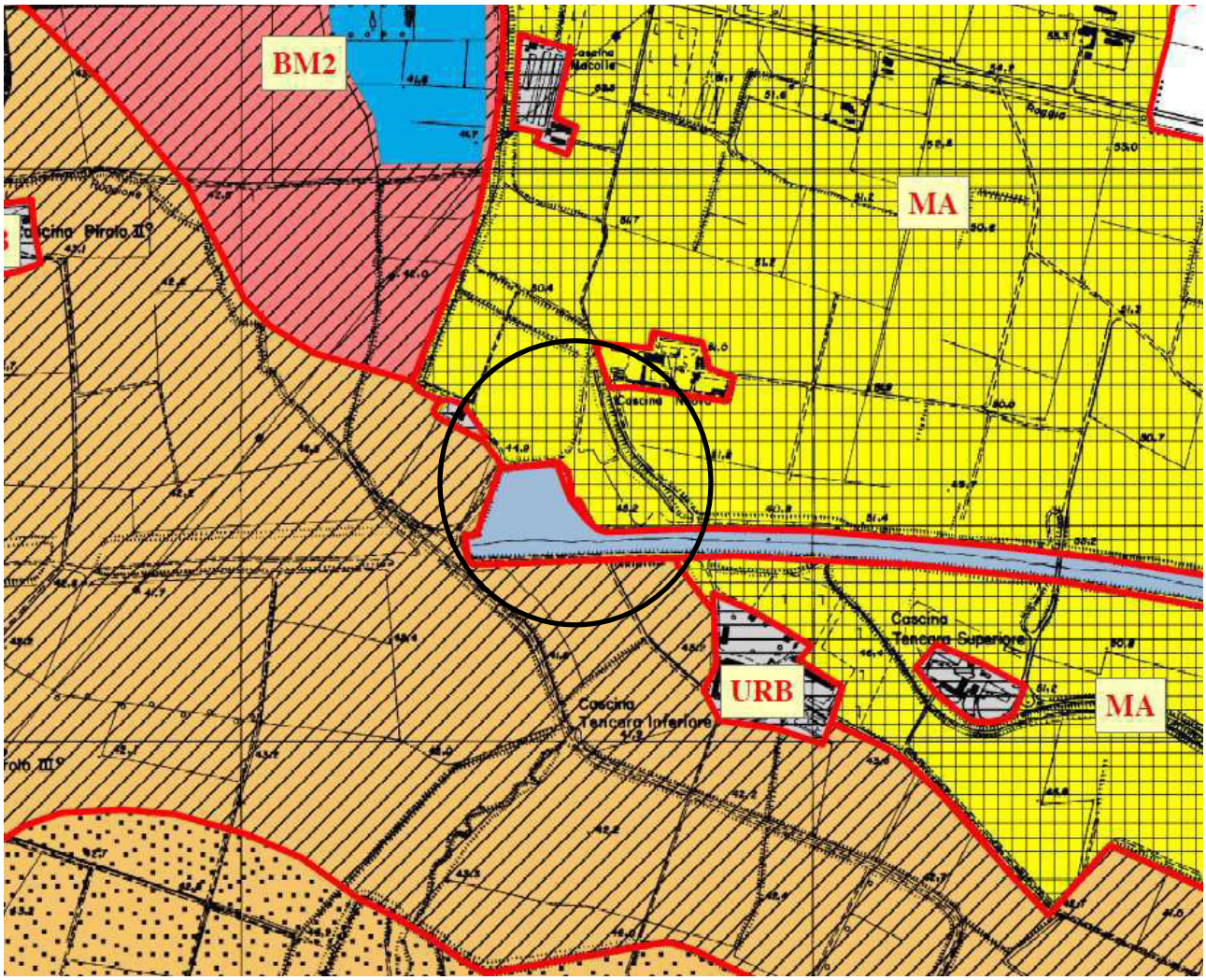

Cascina Pirolo II°
Roggione
Cascina Macolle
Roggia
Cascina Nuova
Cascina Tencara Superiore
Cascina Tencara Inferiore
Cascina Pirolo
SEZIONE I
41
40
39

CORPI IDRICI SOTTERRANEI E SUPERFICIALI	
Linea isopiezometrica della falda superficiale e relativa quota in m s.l.m. (rilievo piezometrico eseguito nel mese di marzo 2008).	43.00
Direzione di flusso della falda superficiale.	
Fenomeni sorgentizi.	
Reticolo idrografico.	
Depressione morfologica con acqua di falda affiorante.	
ELEMENTI ANTROPICI	
Pozzi censiti e relativo codice (con numero da 1 a 4 sono indicati i pozzi pubblici ad uso acquedottistico).	1 22
Acqua di falda affiorante per attivita' estrattiva.	
Canale Navigabile.	
Traccia delle sezioni di TAVOLA 8.	
AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO	
Aree allagabili per esondazione dell'Adda con diversi tempi di ritorno*: a) limite di allagamento della piena ventennale b) limite di allagamento della piena duecentennale c) limite di allagamento della piena cinquecentennale *(Fonte: Autorita' di Bacino del Fiume Po, 2004).	a) b) c)

Figura 36 – Stralcio della *"Carta idrogeologica (Tav. 0/5)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

Come rappresentato nella Tav. 0/6 *"Carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 37, l'area in esame è caratterizzata da depositi alluvionali superficiali con permeabilità media discreta (terreni prevalentemente sabbiosi con frazione limosa).

L'acquifero freatico superficiale, libero o semi-libero, è caratterizzato da una vulnerabilità da moderata ad alta (MA).



PERMEABILITA' MEDIA DEI DEPOSITI SUPERFICIALI

DA BASSA A DISCRETA (1)	DISCRETA (2)	DA DISCRETA A BUONA (3)	AREE URBANIZZATE/ PARZIALMENTE IMPERMEABILIZZATE

(1) La marcata variabilita' tessiturale e granulometrica dei depositi naturali incide in modo significativo sugli indici di permeabilita', facendone variare i valori anche di diversi ordini di grandezza. Localmente, infatti, si possono sviluppare terreni con permeabilita da molto bassa (depositi argillosi) a buona (depositi granulari privi di copertura).

(2) Terreni prevalentemente sabbiosi con frazione limosa piu' frequente negli orizzonti superficiali.

(3) Depositi sabbiosi o sabbioso-ghiaiosi generalmente selezionati.

SOGGIACENZA MEDIA (S) DELLA SUPERFICIE PIEZOMETRICA

S < 2 m	2 < S < 5 m (4)	5 < S < 10 m	S >10 m

VULNERABILITA' DELL'ACQUIFERO SUPERFICIALE

AE1	VULNERABILITA' DA ALTA A ELEVATA: Acquifero generalmente libero, con coperture assenti o molto ridotte, costituito dai depositi granulari della fascia perifluviale dell'Adda. Le consistenti escursioni piezometriche e i complessi rapporti tra acque sotterranee e fiume aumentano il grado di esposizione della falda a potenziali agenti inquinanti idroveicolabili.
AE2	VULNERABILITA' DA ALTA A ELEVATA: Acquifero libero, con soggiacenza media della falda inferiore a 2 m. Sono possibili locali riduzioni della vulnerabilita' in presenza di coperture fini.
A	VULNERABILITA' ALTA: Acquifero generalmente libero con soggiacenza della falda compresa tra 2 e 5 m dal piano campagna.
MA	VULNERABILITA' DA MODERATA AD ALTA: Acquifero libero o semi-libero i cui indici di vulnerabilita' sono mitigati da una significativa soggiacenza della superficie piezometrica (S>5 m) e da una frequente componente limosa nei depositi più superficiali.
BM1	VULNERABILITA' DA BASSA A MODERATA: Acquifero da semilibero-semiconfinato a confinato-artesiano, con profondita' della superficie piezometrica compresa tra 2 e 5 m. Nei terreni di copertura sono comunque possibili eteropie verso terreni granulari che riducono il grado di protezione della falda soggiacente, incrementandone localmente gli indici di vulnerabilita'.
BM2	VULNERABILITA' DA BASSA A MODERATA: Acquifero generalmente confinato da coperture fini, frequentemente di natura organica. La falda subaffiorante, le caratteristiche tessiturali dei depositi superficiali e i complessi rapporti tra acque superficiali e sotterranee possono comunque dar luogo a condizioni di elevata esposizione dell'acquifero alla pressione antropica di superficie.

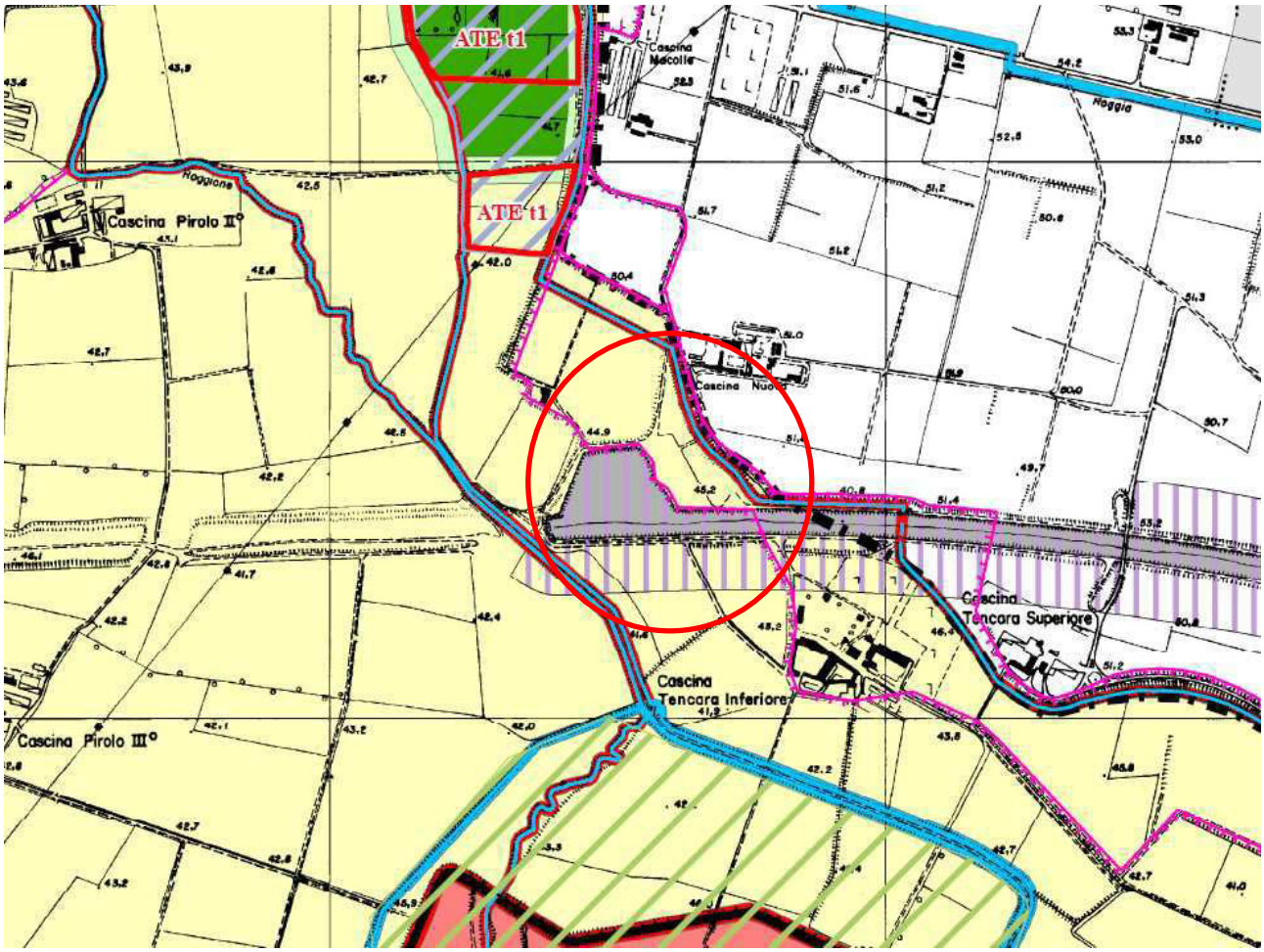
Figura 37 – Stralcio della *"Carta della vulnerabilità dell'acquifero superficiale (Tav. 0/6)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

10.7 – VINCOLI GEOLOGICI

Per verificare la presenza di vincoli geologici all'interno dell'ambito in esame sono stati consultati i piani di programmazione e pianificazione comunale, provinciale, regionale e sovraregionale.

In particolare, come rappresentato nella Tav. 0/10 *"Carta dei vincoli geologici"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 38, sono presenti i seguenti vincoli geologico-ambientali:

- fascia C del P.A.I. (area di inondazione per piena catastrofica);
- fascia di rispetto del Canale Navigabile Milano-Cremona-Po;
- fascia di rispetto della Roggia Ferrarola Alta (10 m da entrambe le sponde);
- orli di scarpata morfologica.



Corpi idrici superficiali (a), rilevati arginali (b) e relative fasce di rispetto previste dagli specifici regolamenti di polizia idraulica (T.U. 523/1904 e s.m.i. e R.D. 368/1904 e s.m.i.).	a) b)
Pozzi acquedottistici e relative fasce di tutela assoluta (coincidenti per i pozzi n. 3 e 4 con quelle di rispetto secondo Decreto della Provincia di Cremona n. 441 del 2006).	3, 4
Pozzi acquedottistici e relative fasce di tutela assoluta e di rispetto (D. Lgs. 152/2006).	5, 6
FASCE FLUVIALI DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	
Fascia A e relativo limite esterno.	
Fascia B e relativo limite esterno.	
Fascia C e relativo limite esterno.	
Fascia B (C di progetto) e relativo limite di progetto tra la fascia B e C.	

AREE SOGGETTE A REGIME DI TUTELA DEL P.T.C.P.
(P.T.C.P. approvato con D.C.P. n. 113 del 23.12.2013).

Orlo di scarpata - Art. 16.4.	
Zone umide - Art. 16.6.	
Sito di importanza comunitaria (S.I.C.) - Art. 14.5.	
Fascia di rispetto del Canale Navigabile MI-CR-PO - Art. 19.8.	
Ambiti Territoriali Estrattivi ATE g15 e ATE t1 (a) e relativo giacimento di completamento per l' ATE g15 (b) (Piano Cave Provinciale approvato con D.c.r. n. IX/435 del 17.04.2012).	a) b)
Geositi - Art. 16.1: torbiere della valle relitta del Fiume Serio (a), torbiere della zona a meandri del Fiume Adda (b), valle relitta del Fiume Serio (c) e zona a meandri del Fiume Adda (d).	a) b) c) d)

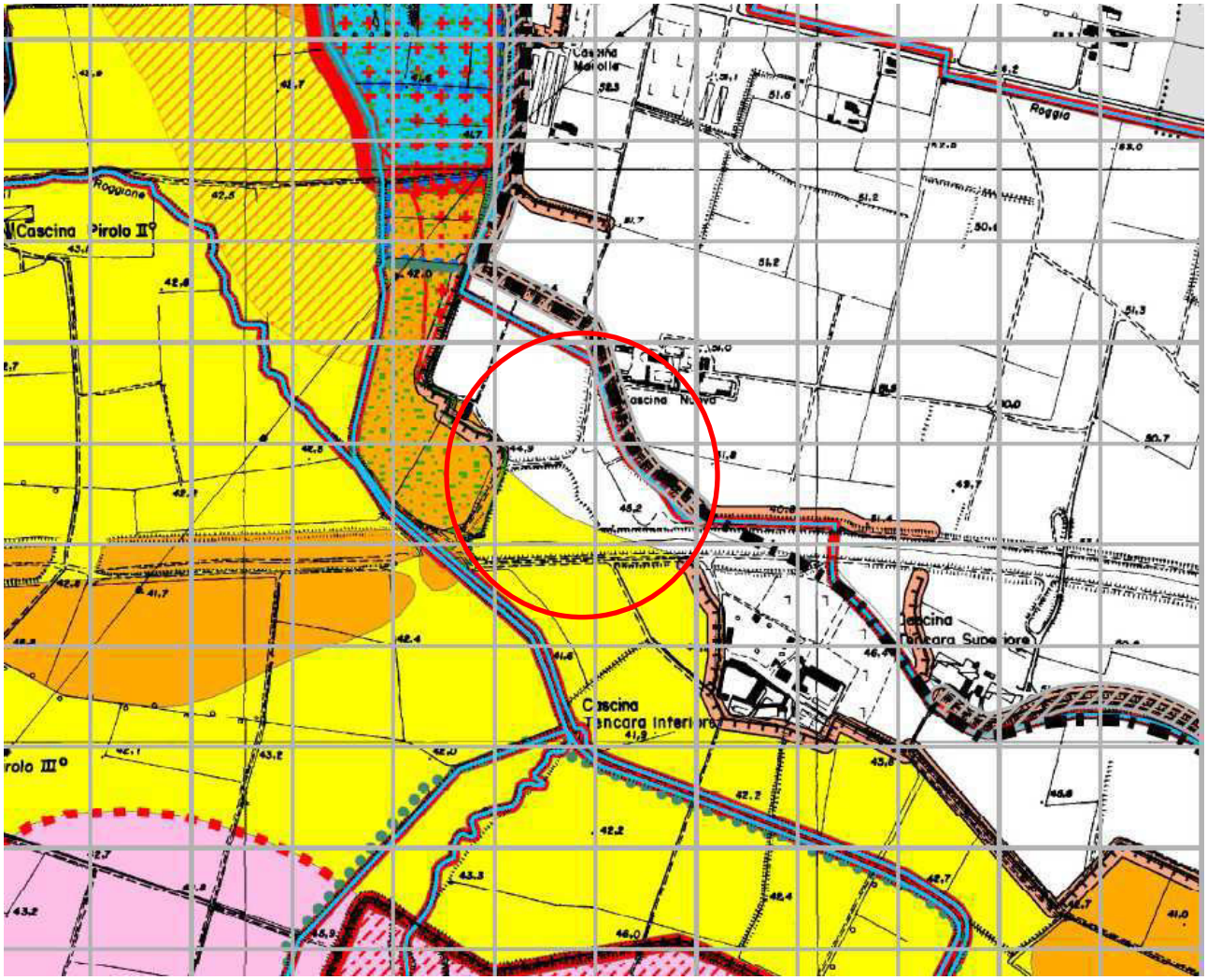
Figura 38 – Stralcio della *"Carta dei vincoli geologici (Tav. 0/10)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

10.8 – FATTIBILITÁ GEOLOGICA

Come rappresentato nella Tav. 0/11 *"Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 39, l'area in esame è stata inserita per la maggiore parte in **Classe di Fattibilità Geologica 1** (fattibilità senza particolari limitazioni), che comprende aree per le quali gli studi non hanno individuato specifiche controindicazioni di carattere geologico all'urbanizzazione o alla modifica di destinazione d'uso delle particelle.

La porzione sud ovest del bacino idrico è stata inserita in **Classe di Fattibilità Geologica 2** (fattibilità con modeste limitazioni), che comprende aree con limitazioni derivanti dalle caratteristiche dei terreni di substrato, gli orli di scarpata morfologica in **Classe di Fattibilità Geologica 3B** (fattibilità con consistenti limitazioni), la Roggia Ferrarola Alta e la relativa fascia di rispetto in **Classe di Fattibilità Geologica 4B** (fattibilità con gravi limitazioni).

Si rimanda alle *"Norme Geologiche di Attuazione"* del P.G.T. comunale per approfondimenti.



CLASSI DI FATTIBILITA'	SIMBOLO	SOTTOCLASSE			
CLASSE 1 Fattibilita' senza particolari limitazioni					- Applicazione delle norme di cui agli artt. 1, 2, 3, 4, 5, 6.
CLASSE 2 Fattibilita' con modeste limitazioni		2A	Art. 7	Limitazioni derivanti dalle caratteristiche dei terreni di substrato.	- Nella progettazione di nuove strutture di fondazione si dovrà valutare il modello geologico-tecnico locale, interessato da terreni con diffuse eteropie verso termini coesivi di limitata capacità portante in presenza di acqua a modesta profondità. - Nel caso di progettazione di volumi interrati è obbligatorio eseguire indagini finalizzate a valutare la profondità della falda e le sue possibili escursioni.
CLASSE 3 Fattibilita' con consistenti limitazioni		3A	Art. 8	Terreni di scadenti caratteristiche geotecniche.	- Sono vietati nuovi interventi di urbanizzazione. - E' sconsigliata la realizzazione di nuove infrastrutture (quali strade, ferrovie, strutture a reti interrate ecc.). - Sono consentiti interventi di completamento di centri abitati già previsti dallo strumento urbanistico previgente al P.G.T., nonchè opere di ristrutturazione, di ampliamento o completamento di insediamenti esistenti; suddetti interventi dovranno essere preceduti da idoneo studio di fattibilità geotecnico, idrogeologico e sismico.
		3B	Art. 9	Scarpate morfologiche.	- Sono vietati gli interventi che possono alterare i caratteri morfologici, paesaggistici e naturalistici. - Sono vietati nuovi interventi di urbanizzazione e di nuova edificazione; sugli edifici esistenti sono ammessi interventi edilizi secondo quanto previsto dall'art. 16.4 del P.T.C.P. - Per gli interventi edilizi e/o di urbanizzazione compatibili con i regolamenti vigenti dovrà essere redatto specifico studio geologico e geotecnico in relazione alla stabilità della scarpata e a quella delle strutture in progetto.
		3C	Art. 10	Vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale da alta ad elevata.	- Limitare gli interventi e le opere che costituiscono vie preferenziali per la veicolazione di contaminanti verso le acque sotterranee.
		3D	Art. 11	Aree con ridotta soggiacenza della falda.	- Evitare la realizzazione di scantinati e seminterrati. - Valutare il grado di saturazione dei terreni costituenti il sedime di fondazione di nuove strutture.
		3E	Art. 12	Fascia di rispetto dei pozzi acquedottistici.	- Applicazione delle norme previste dal D.Lgs. 152/06.
		3F	Art. 13	Fascia B del P.A.I.	- Applicazione delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

CLASSE 4 Fattibilita' con gravi limitazioni		4A	Art. 14	Fascia di tutela assoluta dei pozzi acquedottistici.	- Area adibita all'opera di captazione e alle relative infrastrutture di servizio (D.Lgs. 152/06).
		4B	Art. 15	Reticolo idrografico e opere idrauliche.	- Applicazione delle norme di Polizia Idraulica.
		4C	Art. 16	Depressioni morfologiche con acqua di falda affiorante o subaffiorante (zone umide).	- Divieto di interventi di carattere edificatorio, di trasformazione o di manomissione sino ad un intorno di 50 metri. - Sugli edifici esistenti sono ammessi interventi edilizi nei limiti dell'art. 16.6 del P.T.C.P. - Divieto di opere di bonifica per finalità agricole. - Divieto di svolgimento di attività che costituiscono una fonte di inquinamento delle acque superficiali e sotterranee.
		4D	Art. 17	Aree con emergenze idriche diffuse.	Oltre a quanto prescritto all'articolo 11, in presenza di fenomeni sorgentizi: - Sono vietati interventi di trasformazione del suolo che non siano finalizzati ad un miglioramento delle condizioni di drenaggio o ad una valorizzazione naturalistico-ambientale. - Sono vietati nuovi interventi edificatori; sugli edifici esistenti sono ammesse opere nei limiti indicati nelle Norme geologiche di attuazione. - Sono ammesse opere pubbliche solo se non diversamente localizzabili e valutate compatibili con le condizioni di fragilità del territorio: preliminarmente alla progettazione dovrà essere svolto specifico studio di fattibilità che dimostri la compatibilità delle opere previste con la struttura idrogeologica locale.
		4E	Art. 18	Fascia A del P.A.I.	- Applicazione delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico.

SCENARIO DI PERICOLOSITA' SISMICA LOCALE

Z4a	Z4a - Effetti di amplificazione litologica.
Z3a	Z3a - Effetti di amplificazione topografica (scarpate morfologiche principali).

Figura 39 – Stralcio della *"Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano (Tav. 0/11)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

10.9 – INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio comunale di Pizzighettone (CR), in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in Zona Sismica 4.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla **pericolosità sismica** che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, entrato ufficialmente in vigore dal **10 aprile 2016**.

Pertanto a seguito di tale aggiornamento in territorio comunale, riclassificato in **Zona Sismica 3**, dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito specifico è necessario valutare l'influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali: effetti di sito) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli **effetti di amplificazione** che può subire il moto sismico di riferimento che gli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

In riferimento agli effetti di amplificazione l'ambito in esame nello studio geologico del P.G.T. comunale, come rappresentato nello stralcio di fig. 39, è stato inserito all'interno dello scenario sismico **PSLZ4a**, che caratterizza zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica e geometrica del segnale sismico di base.

In riferimento agli effetti di instabilità cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica, per qualsiasi intervento edificatorio (fase di progettazione) che interessa i terreni di fondazione le NTC18 rendono obbligatoria la valutazione della stabilità del sito nei confronti della **liquefazione**, fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo

di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in seguito ad un significativo aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari, che determina una fluidificazione del materiale con conseguenti potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

10.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici ha permesso di escludere la presenza di elementi di pericolosità.

L'analisi degli aspetti litologici ha permesso di individuare la presenza di depositi alluvionali prevalentemente sabbioso limosi con livelli coesivi di natura limoso argillosa.

L'analisi degli aspetti idrografici ed idraulici ha permesso di individuare un potenziale rischio derivante da esondazione del fiume Adda, evento definito raro nel PGRA.

L'analisi degli aspetti idrogeologici ha permesso di definire la presenza di una falda freatica superficiale con valori di soggiacenza media dell'ordine di **m. 4,00÷5,00** da p.c..

L'analisi degli aspetti vincolistici ha permesso di verificare che l'ambito in esame ricade all'interno della fascia C (area di inondazione per piena catastrofica) del P.A.I. ed è interessato da varie fasce di rispetto (Canale Navigabile Milano-Cremona-Po, Roggia Ferrarola Alta, orli di scarpata morfologica); si rimanda alla relativa normativa per eventuali approfondimenti.

L'analisi degli aspetti sismici ha permesso di verificare che i depositi alluvionali dell'ambito in esame in condizioni sismiche sono potenzialmente suscettibili sia ad effetti di amplificazione stratigrafica (litologica e geometrica) del segnale sismico di base sia ad effetti di instabilità (liquefazione).

La realizzazione di qualsiasi intervento edificatorio che interessa i terreni di fondazione (fase di progettazione) dovrà essere preceduta da una relazione geologica (R1) redatta secondo le NTC18, nella quale dovrà essere fornito un modello geologico di riferimento del sito di intervento sulla base dei risultati di indagini geognostiche (note o realizzate ex novo) ed effettuati i necessari approfondimenti relativamente agli effetti sismici citati.

11 – BANCHINA DI CASALMAGGIORE

11.1 – PREMESSA

Si procede di seguito ad una valutazione di dettaglio della zona portuale sita in Comune di Casalmaggiore (CR) indicata in All. B della l.r. 30/2006 (e succ. mod.) come *"Banchina di Casalmaggiore"*.

Attraverso la consultazione dello studio geologico di supporto al Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) comunale e dei principali piani vigenti in materia verranno analizzati i principali aspetti geologici, geomorfologici, litologici, geologico-tecnici, idrografici, idraulici, idrogeologici, vincolistici e sismici del territorio, al fine di individuare eventuali elementi di vulnerabilità e pericolosità.

11.2 – RIFERIMENTI NORMATIVI

Si fornisce di seguito l'elenco della normativa di riferimento consultata per la realizzazione della presente relazione.

- **D.M. 17 gennaio 2018 (NTC18)** *"Norme Tecniche per le Costruzioni"* e relativa **Circolare applicativa.**
- **L.R. 12 ottobre 2015 n. 33** *"Disposizioni in materia di opere o di costruzioni e relativa vigilanza in zone sismiche"*.
- **D.G.R. 30 marzo 2016 n. X/5001** *"Approvazione delle linee di indirizzo e coordinamento per l'esercizio delle funzioni trasferite ai comuni in materia sismica (artt. 3, comma 1, e 13, comma 1, della l.r. 33/2015)"*.
- **L.R. 11 marzo 2005 n. 12** *"Legge per il governo del territorio"*.
- **D.G.R. 30 novembre 2011 n. 9/2616** "*Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57,comma 1, della L.R. 11 marzo 2005 n. 12*".
- **D.G.R. 19 giugno 2017 n. X/6738** *"Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvioni (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza..."*.
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) del Bacino del Fiume Po.**
- **Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (P.T.C.P) e succ. Var.** – approvato con delibera di C.P. n. 95 del 9 luglio 2003.
- **Piano di Governo del Territorio (P.G.T.) del Comune di Casalmaggiore – Variante –** approvata dal Consiglio Comunale con deliberazione n. 30 del 18 maggio 2023.

11.3 – INQUADRAMENTO TERRITORIALE

L'area in esame (figura 40) è localizzata a sud del centro abitato di Casalmaggiore (CR) e della strada provinciale SP420 *"Sabbionetana"*, in sinistra idrografica del fiume Po; si sviluppa a quote topografiche di circa m. 27,00 s.l.m. (rif: quote C.T.R.).

E' cartografata nelle sezioni D8d3 *"Casalmaggiore"* e D8e3 *"Sabbioneta"*della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 (figura 41) e censita al catasto come rappresentato in figura 42.

Figura 40 – Ripresa satellitare dell'area in esame. Fonte: Google Earth; data acquisizione immagini: 07/09/2021.

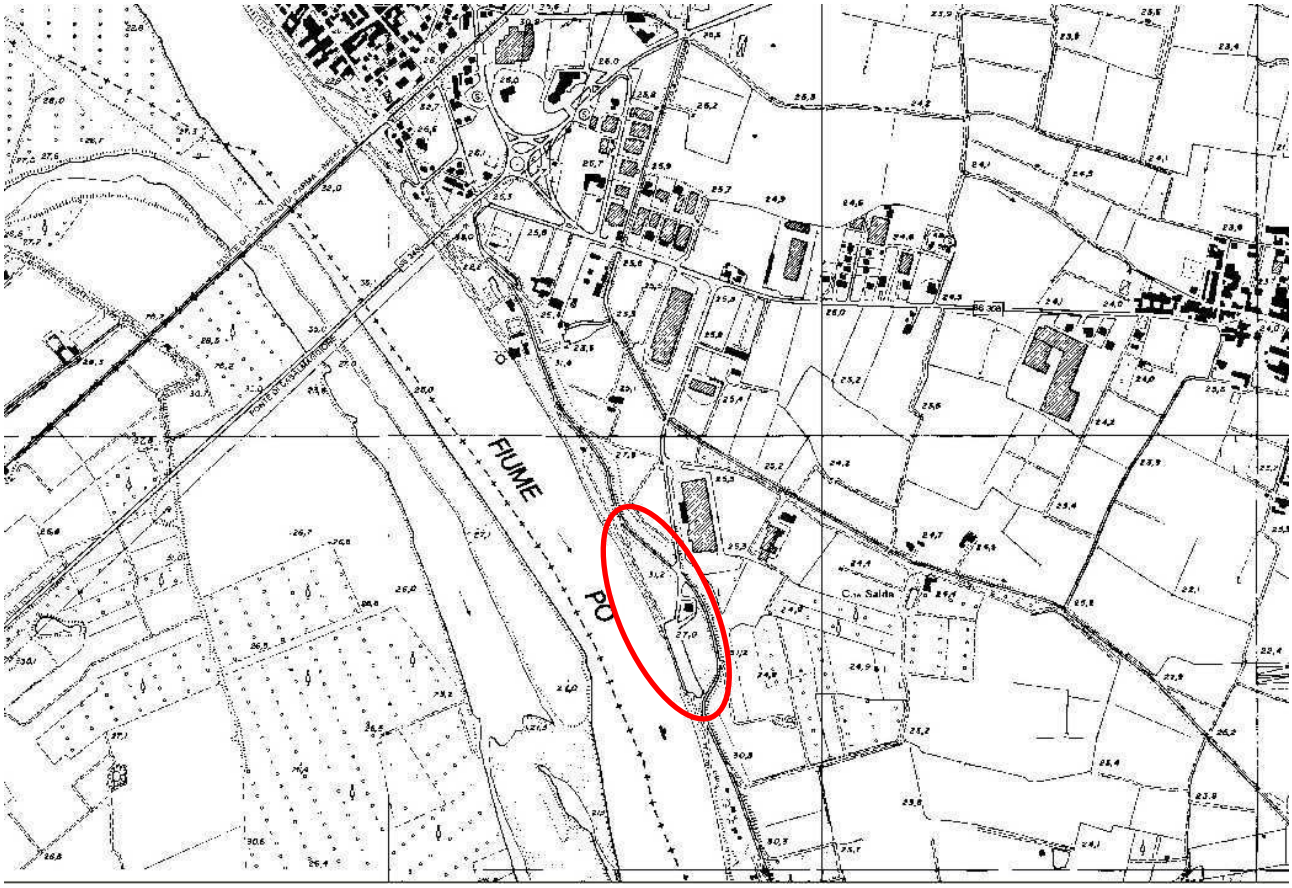
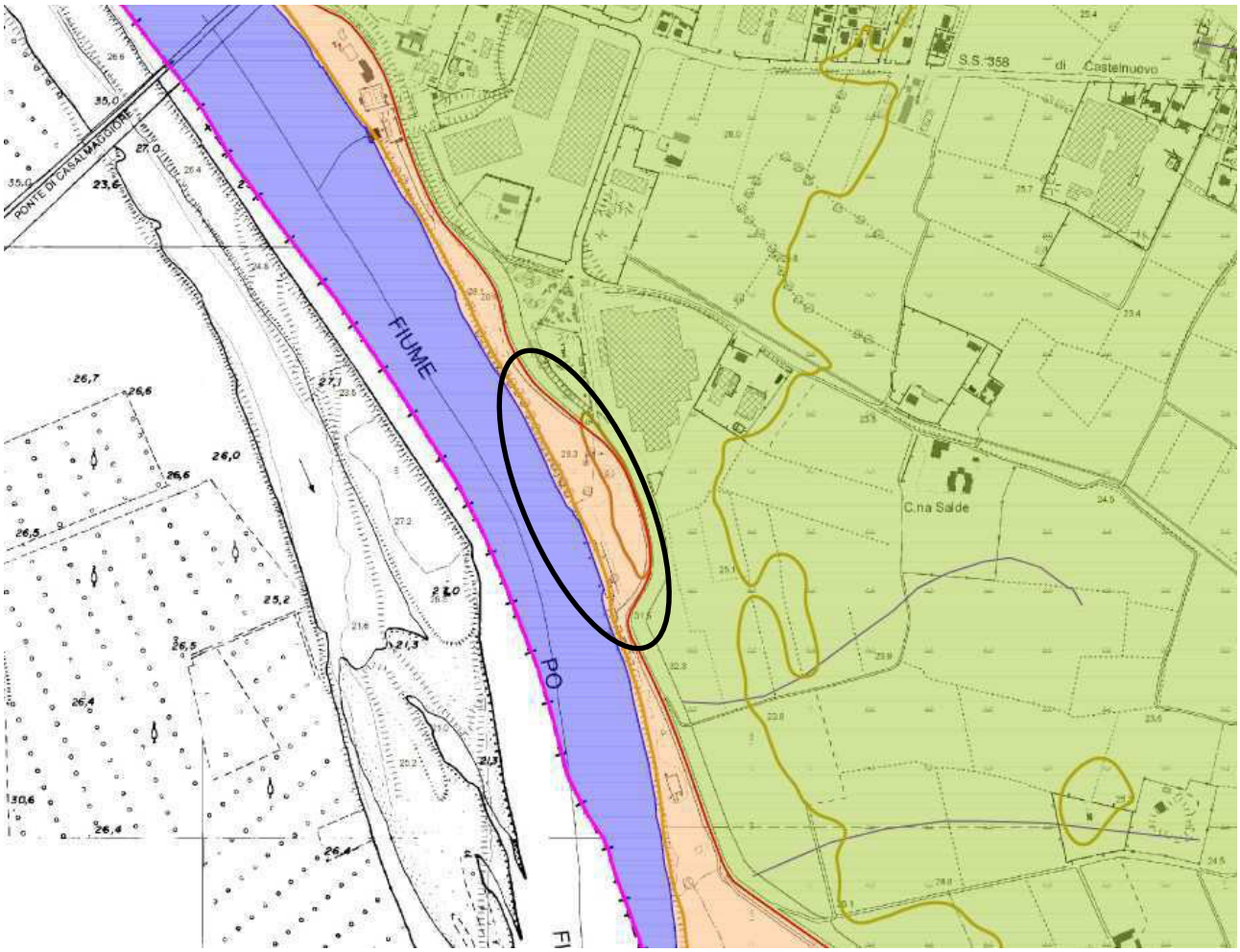


Figura 41 – Corografia su base cartografica C.T.R. (scala 1:10.000) con indicazione dell'area in esame.

Figura 42 – Stralcio della mappa catastale relativa ad una porzione dell'area in esame.

11.4 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO E LITOLOGICO

Come rappresentato nella Tav. 1a *"Carta geomorfologica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 43, l'area in esame appartiene alla piana alluvionale attuale del fiume Po, esondabile, caratterizzata dai depositi alluvionali di più recente deposizione del corso d'acqua appartenenti alla Formazione Geologica Olocenica denominata *"Alluvioni Attuali (a^3),* costituiti da una coltre superficiale limoso argillosa discontinua di spessore variabile tra m. 1,00÷3,00 cui seguono in profondità livelli sabbiosi intercalati a lenti e/o strati limosi e limoso sabbiosi.



UNITA' GEOMORFOLOGICA

1 2 — Piana alluvionale medio-recente del f. Po (Olocene medio)
Litologia: coltre superficiale continua argillosa e argilloso-limosa
di spessore s = 3-5 m (1) e s = 5-10 (2) su sabbie limose e sabbie

Piana alluvionale attuale del f. Po (Olocene superiore)
Litologia: coltre superficiale limoso-argillosa, discontinua,
di spessore s = 1-3 m su sabbie poligeniche

Isoipse 30 m s.l.m.

Isoipse 25 m s.l.m.

Isoipse 20 m s.l.m.

Traccia di paleoalveo

Argine maestro

Fiume Po

Confine comunale

Figura 43 – Stralcio della *"Carta geomorfologica (Tav. 1a)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

11.5 – INQUADRAMENTO IDROGRAFICO ED IDRAULICO

Come rappresentato nella Tav. 2a *"Carta idrogeologica e idrografica"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 44, l'area in esame si sviluppa in prossimità della sponda sinistra del fiume Po, appartenente al Reticolo Idrico Principale (RIP), che si sviluppa con andamento meandriforme in direzione generale ovest-est, delimitato da un sistema di arginature continue a difesa delle aree retrostanti dalle inondazioni in occasione di eventi alluvionali significativi.

Il reticolo idrografico secondario è caratterizzato da corsi d'acqua con funzione di irrigazione e/o colo appartenenti al Reticolo Idrico di Bonifica (R.I.B.) di competenza del Consorzio di Bonifica Navarolo Agro Cremonese Mantovano.

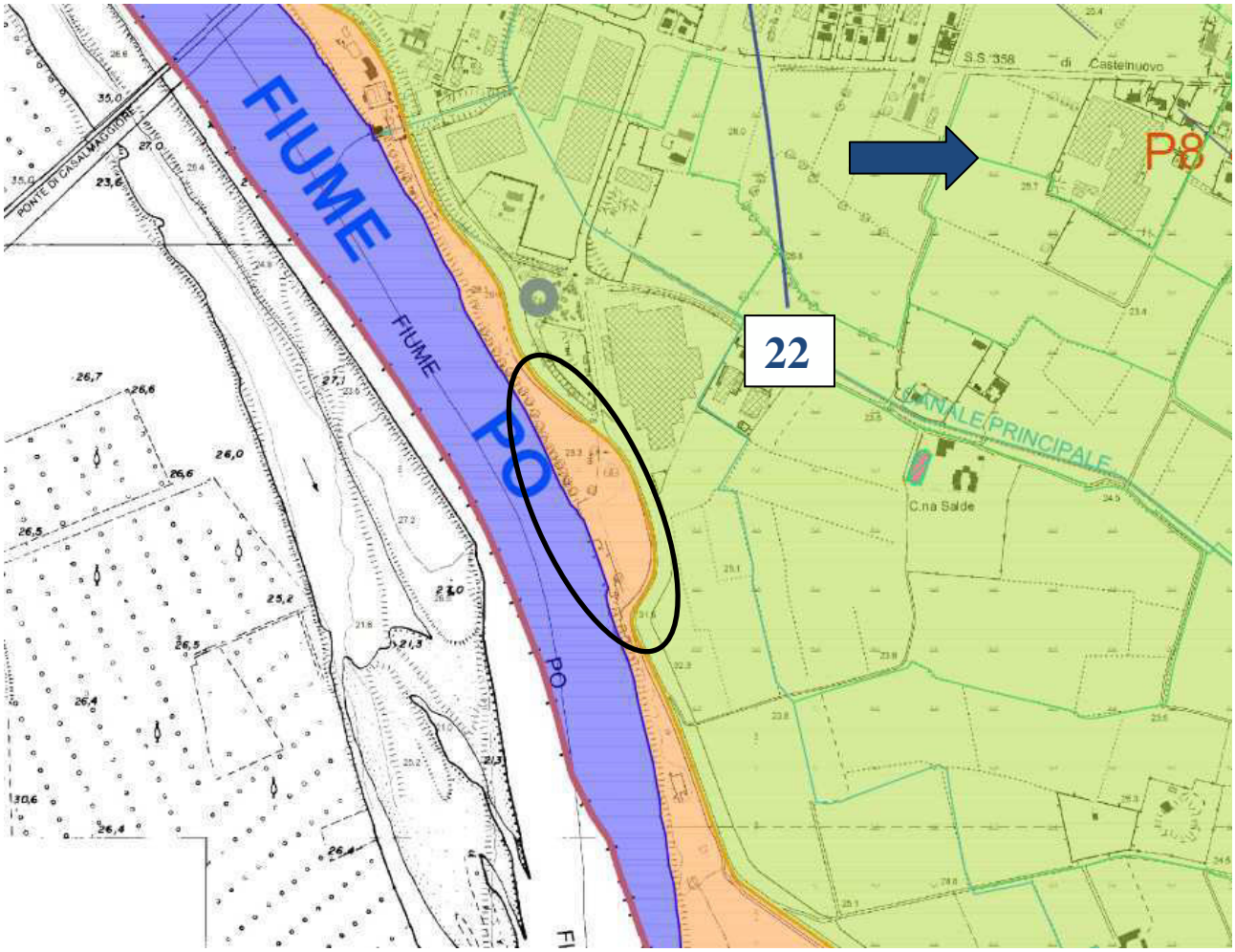


Figura 44 – Stralcio della *"Carta idrogeologica e idrografica (Tav. 2a)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

L'area in esame ricade all'interno della **fascia A** (fascia di deflusso della piena) del Piano Assetto Idrogeologico (P.A.I.) redatto dall'Autorità di Bacino del fiume Po, che comprende nell'ambito in studio l'area golenale del fiume Po compresa tra l'argine maestro e l'alveo attivo del corso d'acqua.

Nelle vigenti mappe di pericolosità del *"Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)"*, predisposto dalla Regione Lombardia in attuazione della Direttiva 2007/60/CE *"Direttiva Alluvioni"* e del d.lgs. 49/2010 ed approvato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po, in cui è contenuta la delimitazione/classificazione delle aree allagabili e che rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del P.A.I., l'area in esame relativamente al reticolo principale di pianura (RP) è indicata come *"Area P3 (H nella cartografia) potenzialmente interessata da alluvioni frequenti"* (fig. 45).

Figura 45 – Stralcio della *"Mappa di pericolosità"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Nelle vigenti mappe di rischio del PGRA l'area in esame è indicata come area a *"Rischio molto elevato (R4) e moderato (R1)"* (fig. 46).

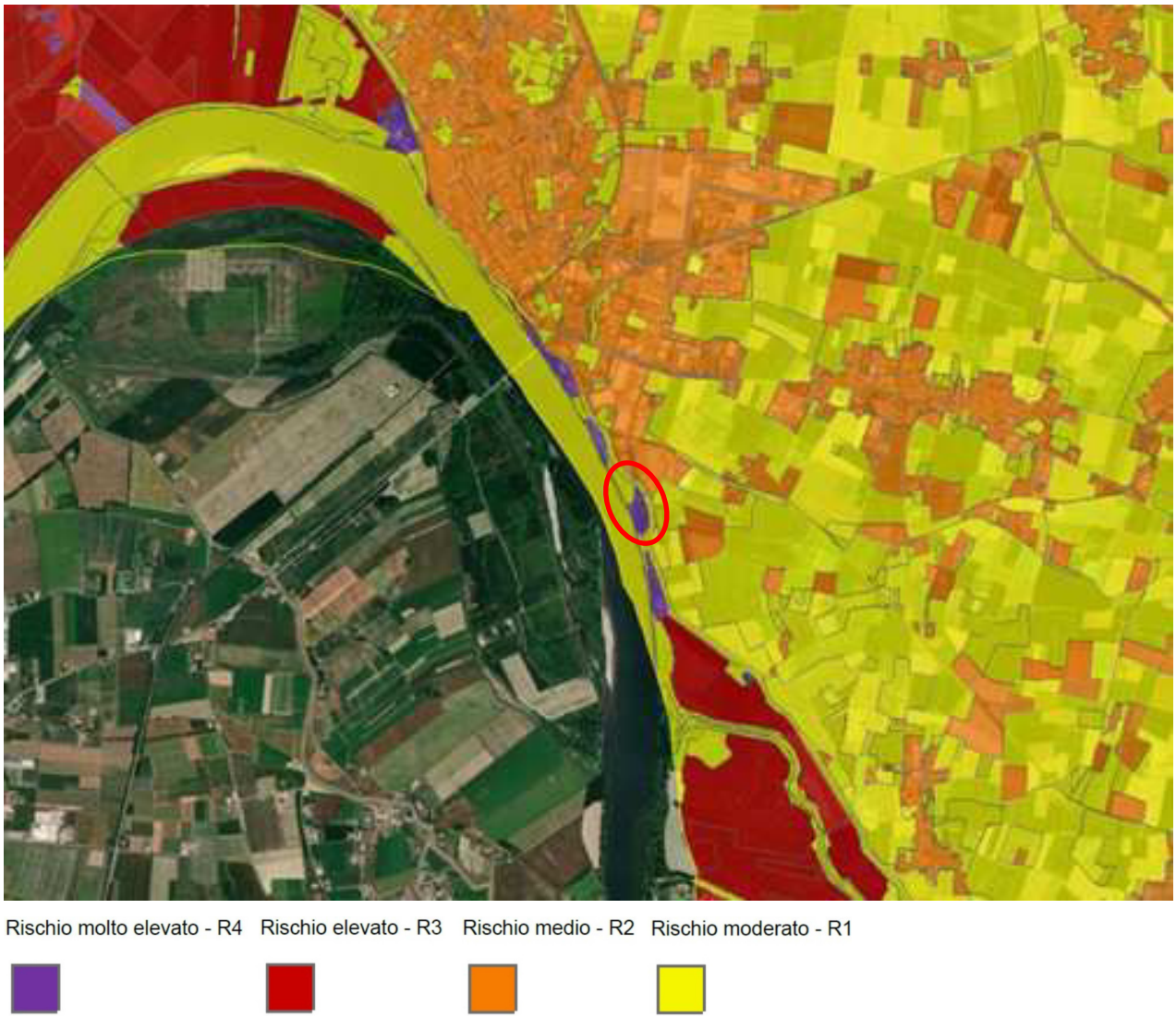


Figura 46 – Stralcio della *"Mappa di rischio"* del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

Si segnala che allo stato attuale sono in corso **Varianti al PAI-PGRA** che interesseranno essenzialmente il territorio extragolenale, che passerà da *"alluvioni rare (L)"* ad *"alluvioni poco frequenti (M)"*, come riportato nello stralcio di figura 47 (rif: aggiornamento mappe aree allagabili complessive relativo all'ambito delle Aree a Potenziale Rischio Significativo distrettuali arginate Po, Parma, Enza, Secchia e Panaro – adozione Decreto Segretario generale ADBPO 44 del 11 aprile 2022); non sono previste modifiche all'area in esame.

Area Allagabile Po H

Area Allagabile Po M

Area Allagabile Po L

Figura 47 – Stralcio della *"Mappa delle aree allagabili"* della Variante (in corso) al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), con indicazione dell'area in esame.

11.6 – INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'assetto idrostratigrafico del sottosuolo del territorio analizzato è quello tipico della pianura alluvionale, caratterizzato da depositi continentali Quaternari che definiscono acquiferi permeabili multistrato a spessore variabile, costituiti in prevalenza da sabbie grossolane e ghiaie poligeniche di elevata permeabilità, alternati a livelli argillosi impermeabili a sviluppo lenticolare o continuo, che si estendono per uno spessore complessivo di alcune centinaia di metri al di sopra dei fronti di avanzamento sepolti del Sistema SudAlpino ed Appenninico; tali caratteristiche sono tipiche delle unità idrogeologiche appartenenti alla *"Serie idrogeologica della medio-bassa pianura"* della provincia cremonese, ciascuna delle quali raggruppa i terreni che presentano proprietà idrogeologiche omogenee.

Come rappresentato nello stralcio della Tav. 2a *"Carta idrogeologica e idrografica"* riportato in fig. 44 la falda freatica che circola nell'acquifero superficiale presenta una direzione di flusso generale ovest-est; in corrispondenza della fascia territoriale che si sviluppa in prossimità dell'alveo del fiume Po, compresa l'area in esame, la soggiacenza della falda è strettamente influenzata dal regime idrometrico del corso d'acqua, con cui è in contatto idraulico, il quale può svolgere un'azione drenante o alimentante nei confronti delle acque sotterranee.

Dal confronto tra la quota topografica media indicata in precedenza (m. 27,00 s.l.m.) e la quota assoluta della curva isopiezometrica tracciata in prossimità dell'area in esame (circa m. 22,50 s.l.m.), si desume una soggiacenza media della falda freatica dell'ordine di **m. 4,00÷5,00** da p.c., valore soggetto a significative oscillazioni periodiche.

L'acquifero freatico superficiale in corrispondenza dell'area in esame è caratterizzato da un alto grado di vulnerabilità all'inquinamento.

11.7 – VINCOLI GEOLOGICI

Per verificare la presenza di vincoli geologici all'interno dell'ambito in esame sono stati consultati i piani di programmazione e pianificazione comunale, provinciale, regionale e sovraregionale.

Come rappresentato nella Tav. 5a *"Carta dei vincoli"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 48, l'area in esame ricade in fascia A (fascia di deflusso della piena) del P.A.I. ed è potenzialmente interessata da alluvioni frequenti (PGRA: P3/H – TR 20-50 anni).

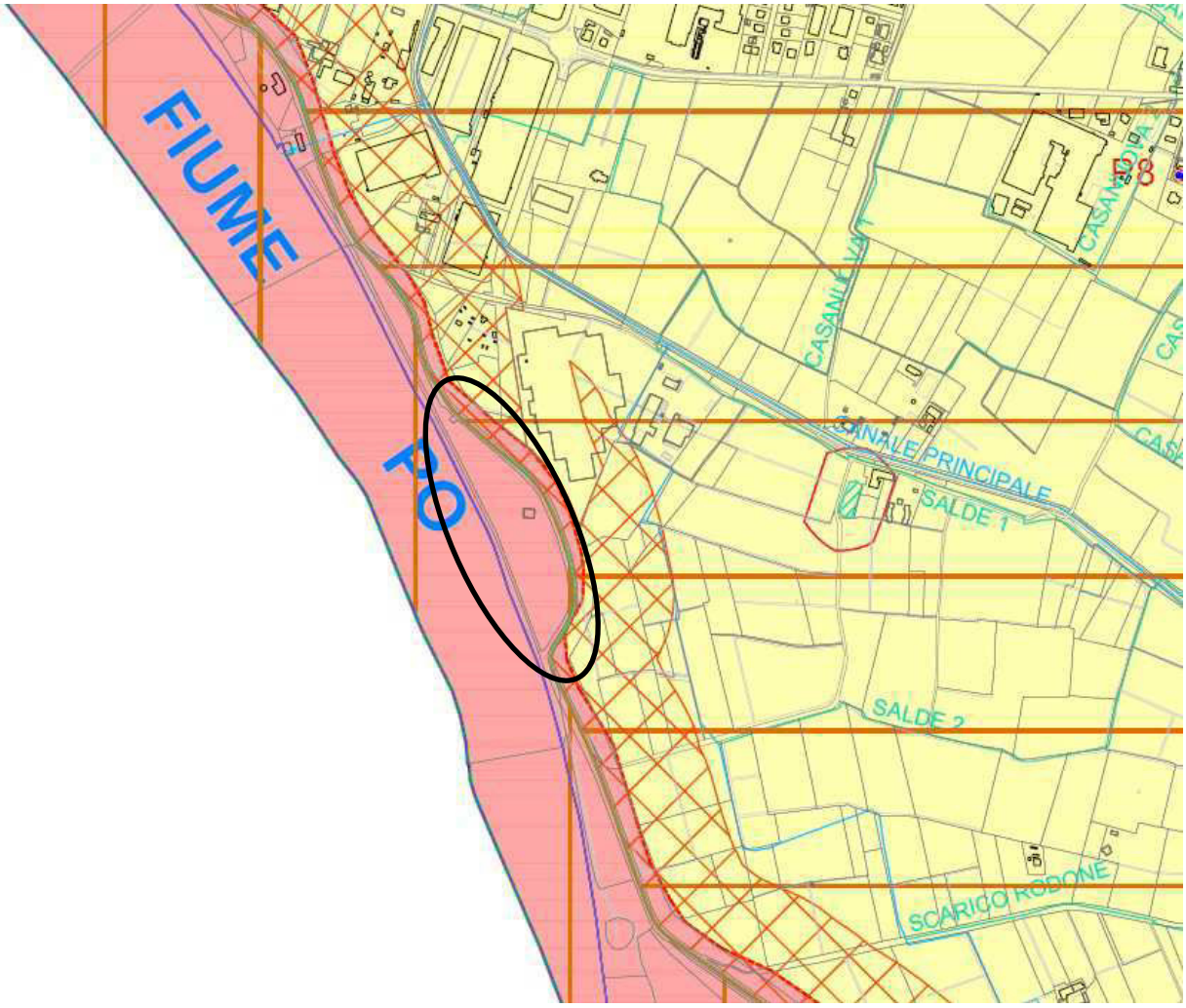
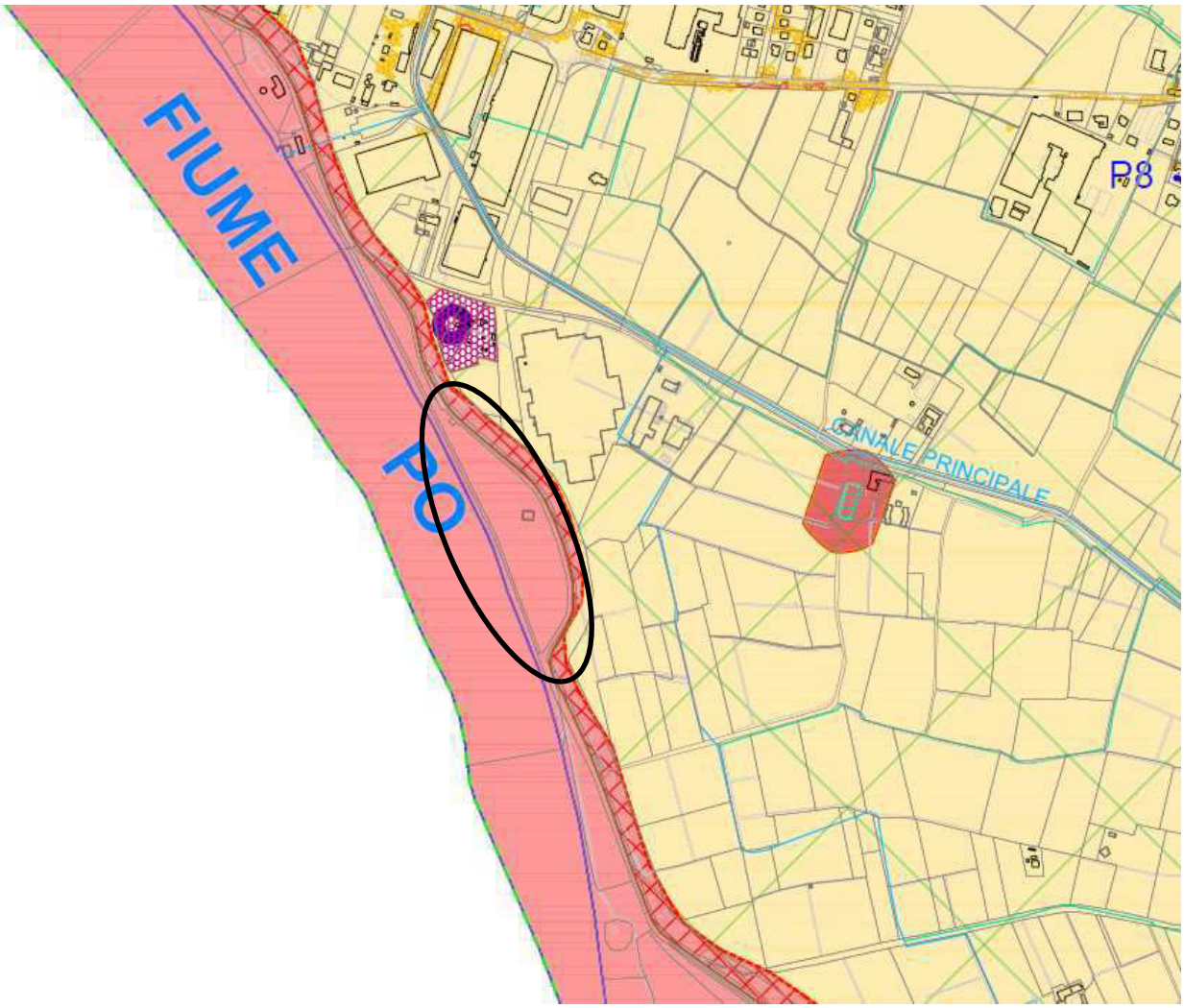


Figura 48 – Stralcio della *"Carta dei vincoli (Tav. 5a)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

11.8 – FATTIBILITÁ GEOLOGICA

Come rappresentato nella Tav. 7a *"Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano"* (scala 1:10.000) dello studio geologico del P.G.T. comunale, di cui si riporta uno stralcio in fig. 49, l'area in esame è stata inserita in **Classe di Fattibilità Geologica 4a** (fattibilità con gravi limitazioni), che comprende le aree golenali in fascia A del P.A.I. interessate anche da alluvioni frequenti (P3/H) con rischio idraulico da elevato a molto elevato del PGRA.

Si riporta di seguito lo stralcio dell'art. 6 delle *"Norme Geologiche di Piano"* del P.G.T. comunale, alle quali si rimanda per approfondimenti.



Scenari di pericolosità sismica locale (PSL)
(Tab. 1 Allegato 5 del D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011)

Z4a	Z2a	Z2b
(Esteso a tutto il territorio comunale) FAc(0,1-0,5) < FAs(0,1-0,5) FAc(0,5-1,5) < FAs(0,5-1,5)		

Il Comune di Casalmaggiore è in zona sismica 3 (D.g.r. 11 luglio 2014 - n. X/2129)

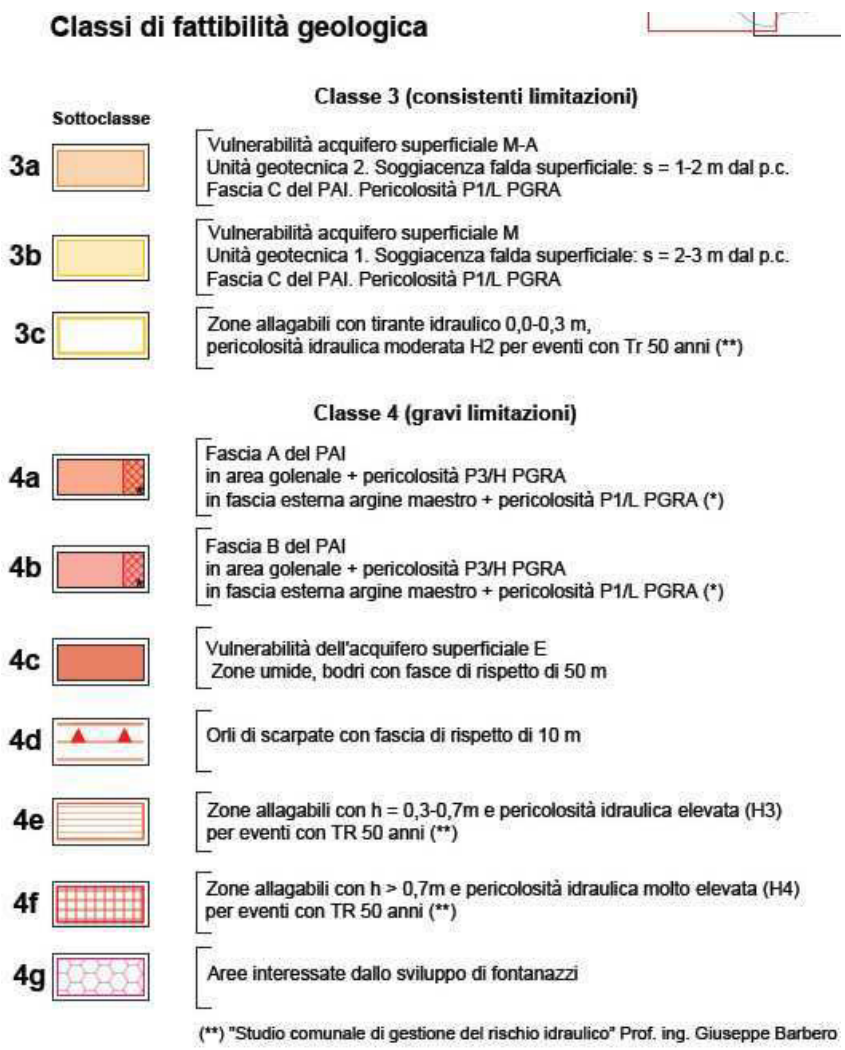


Figura 49 – Stralcio della *"Carta di fattibilità geologica delle azioni di Piano (Tav. 7a)"* dello studio geologico del P.G.T. comunale (scala 1:10.000), con indicazione dell'area in esame.

Sottoclasse 4a: fascia A del PAI

Art. 6 – Riguarda l'area golenale in fascia A del PAI (Piano per l'Assetto Idrogeologico) del f. Po, interessata anche da alluvioni frequenti (P3/H) con rischio idraulico da elevato a molto elevato del PGRA (Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni); inoltre, interessa una stretta porzione in fascia A che graficamente risulta esterna all'argine maestro, con interessamento anche del centro edificato, e si sovrappone ad aree interessate da alluvioni rare (P1/L) con rischio idraulico moderato o nullo secondo il PGRA.

Questa situazione anomale, per altro già evidenziata dallo scrivente all'interno della Relazione geologico-tecnica, sarà valutata dall'Autorità di bacino del f. Po in sede di variante d'asta per l'aggiornamento delle fasce fluviali sulla base delle aree allagabili.

Entro l'argine maestro, in cui si ha la sovrapposizione delle aree allagabili P3/H del PGRA, vengono applicate le prescrizioni più cautelative della fascia A previste dalle Norme di attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI del fiume Po. In allegato ne viene proposto un estratto esaustivo.

Nella stretta porzione di fascia A che graficamente supera l'argine maestro, sovrapponendosi alle aree allagabili P1/L del PGRA con parziale interessamento del centro edificato, si confermano le prescrizioni già inserite nelle Norme geologiche di Piano dello studio della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Casalmaggiore, redatto ai sensi della D.G.R. 28/05/08 n. 8/7374 dalla dott. geol. Francesca Torti (2009-agg.2010).

In queste aree deve essere esclusa qualsiasi nuova opera di edificazione. Entro questi ambiti potranno essere realizzati interventi volti al consolidamento ed alla sistemazione idrogeologica dei siti, mentre per gli edifici esistenti saranno consentiti interventi così come definiti dalla L.R. 26 novembre 2019 n. 18. L'eventuale realizzazione di opere pubbliche e di interesse pubblico che non prevedano la presenza continuativa e temporanea di persone dovrà essere valutata puntualmente dall'Autorità Comunale e dall'Autorità di bacino, previa presentazione di studio geologico, geotecnico, idrogeologico e idraulico che dimostri la compatibilità degli interventi previsti.

11.9 – INQUADRAMENTO SISMICO

Il territorio comunale di Casalmaggiore (CR), in seguito all'O.P.C.M. 20 marzo 2003 n. 3274 ed alla d.g.r. 14964/03 della Regione Lombardia, è stato classificato in Zona Sismica 4.

Successivamente, l'O.P.C.M. 3519/2006 ha stabilito che la nuova suddivisione in zone sismiche da parte della Regione Lombardia deve avere come riferimento una nuova mappa di pericolosità sismica, allegata all'O.P.C.M., nella quale vengono espressi i valori di accelerazione sismica di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, risultato di valutazioni relative alla **pericolosità sismica** che hanno avuto come riferimento la **zonazione sismogenetica ZS9**, realizzata per tutto il territorio nazionale dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Gruppo di lavoro MPS 2004).

In accordo con le disposizioni normative nazionali e coerentemente con la mappa di pericolosità sismica, la Giunta Regionale ha approvato, con d.g.r. 11 luglio 2014 n. X/2129, l'aggiornamento delle zone sismiche in Regione Lombardia, entrato ufficialmente in vigore dal **10 aprile 2016**.

Pertanto a seguito di tale aggiornamento in territorio comunale, riclassificato in **Zona Sismica 3**, dovrà essere adottato un regime normativo più restrittivo e maggiormente attento alla componente sismica sia a livello di pianificazione che di progettazione degli interventi.

Per la definizione dell'azione sismica di progetto di un sito specifico è necessario valutare l'influenza delle condizioni geologiche e geomorfologiche della zona (condizioni locali: effetti di sito) sulla pericolosità sismica di base, valutando sia gli **effetti di amplificazione** che può subire il moto sismico di riferimento che gli **effetti di instabilità** cui sono sottoposti i terreni se sottoposti ad una sollecitazione sismica.

Come rappresentato nello stralcio di fig. 49, tutto il territorio comunale è stato inserito all'interno dello scenario sismico **PSLZ4a**, che caratterizza zone di fondovalle e di pianura con presenza di depositi alluvionali e/o fluvio-glaciali granulari e/o coesivi potenzialmente soggetti a fenomeni di amplificazione litologica e geometrica del segnale sismico di base, mentre solamente il territorio extragolenale è stato inserito all'interno dello scenario sismico **PSLZ2a**, che caratterizza zone con terreni di fondazione saturi particolarmente scadenti potenzialmente soggetti a fenomeni di cedimento in seguito ad un'azione sismica, ed all'interno dello scenario sismico **PSLZ2b**, che caratterizza le zone con terreni potenzialmente soggetti a fenomeni di liquefazione dei terreni in condizioni sismiche.

Si ritiene tuttavia che tutti gli scenari sismici sopra menzionati debbano essere estesi anche al territorio golenale, compresa l'area in esame.

In particolare, si ritiene opportuno sottolineare che per qualsiasi intervento edificatorio (fase di progettazione) che interessa i terreni di fondazione le NTC18 rendono obbligatoria la valutazione della stabilità del sito nei confronti della **liquefazione**, fenomeno associato alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, in seguito ad un significativo aumento istantaneo della pressione interstiziale dell'acqua presente nei vuoti intergranulari, che determina una fluidificazione del materiale con conseguenti potenziali effetti di instabilità nei confronti delle strutture di fondazione e delle strutture in elevazione.

11.10 – CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

L'analisi degli aspetti geologici e geomorfologici ha permesso di escludere la presenza di elementi di pericolosità.

L'analisi degli aspetti litologici ha permesso di individuare la presenza di depositi alluvionali superficiali limoso argillosi cui seguono in profondità livelli sabbiosi intercalati a lenti e/o strati limosi e limoso sabbiosi.

L'analisi degli aspetti idrografici ed idraulici ha permesso di individuare un potenziale rischio derivante da esondazione del fiume Po, evento definito frequente nel PGRA.

L'analisi degli aspetti idrogeologici ha permesso di definire la presenza di una falda freatica superficiale con valori di soggiacenza media dell'ordine di **m. 4,00÷5,00** da p.c., strettamente connessi con il regime idrometrico del fiume Po.

L'analisi degli aspetti vincolistici ha permesso di verificare che l'area in esame ricade all'interno della fascia A (fascia di deflusso della piena) del P.A.I. ed è potenzialmente interessata da alluvioni frequenti (PGRA: P3/H – TR 20-50 anni).

L'analisi degli aspetti sismici ha permesso di verificare che i depositi alluvionali dell'area in esame in condizioni sismiche sono potenzialmente suscettibili sia ad effetti di amplificazione stratigrafica (litologica e geometrica) del segnale sismico di base sia ad effetti di instabilità (cedimenti post-sismici, liquefazione).

La realizzazione di qualsiasi intervento edificatorio consentito che interessa i terreni di fondazione (fase di progettazione) dovrà essere preceduta da una relazione geologica (R1) redatta secondo le NTC18, nella quale dovrà essere fornito un modello geologico di riferimento del sito di intervento sulla base dei risultati di indagini geognostiche (note o realizzate ex novo) ed effettuati i necessari approfondimenti relativamente agli effetti sismici citati.

Cremona, giugno 2024

Il tecnico
Dott. Geol. Roberto Mariotti

ORDINE DEI GEOLOGI della LOMBARDIA
ROBERTO MARIOTTI
geologo specialista
Albo n. 1545 AP
sezione A