

**Studio associato**

Via Giorgio e Guido Paglia, n° 21 – 24122 BERGAMO – e-mail: bergamo@eurogeo.net
Tel. +39 035 248689 – Fax +39 035 271216

REL. DOSRI-01 27/03/2024

**COMUNE DI CAVERNAGO**

Via Papa Giovanni, 24 – 24050 Cavernago (BG)

**DOCUMENTO SEMPLIFICATO DEL RISCHIO
IDRAULICO COMUNALE**

(ai sensi dell'art. 14 del R.R. n. 7 del 23 novembre 2017 e successivo aggiornamento R.R. n. 8 del 19 aprile 2019)

Relazione tecnica

Bergamo, marzo 2024





SOMMARIO

1. INTRODUZIONE.....	2
2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	4
2.1 Geologia e geomorfologia	4
2.2 Idrogeologia	7
2.3 Aree poco/non adatte all'infiltrazione nel suolo e sottosuolo	10
3. SISTEMA INTEGRATO DI DRENAGGIO.....	12
3.1 Reticolo idrico superficiale.....	12
3.1.1 Reticolo idrico principale.....	13
3.1.2 Reticolo idrico consortile.....	14
3.2 Rete fognaria.....	16
4. DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO	17
4.1 Piano di Assetto Idrogeologico.....	17
4.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni.....	19
4.3 Piano di Governo del Territorio.....	23
4.4 Piano di Emergenza Comunale	23
4.5 Gestore del Servizio Idrico Integrato	24
5. MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA	27
5.1 Misure strutturali	28
5.1.1 Interventi previsti dal Consorzio di Bonifica.....	28
5.1.2 Interventi suggeriti da UniAcque.....	29
5.2 Misure non strutturali.....	29
5.2.1 Drenaggio urbano sostenibile.....	29
5.2.2 Incentivazioni.....	32
5.2.3 Protezione civile.....	33

TAVOLE

- TAV. 1: Planimetria del sistema integrato di drenaggio (scala 1:5.000)
- TAV. 2: Planimetria delle criticità idrauliche censite (scala 1:5.000)
- TAV. 3: Individuazione di massima per l'applicazione delle misure strutturali (scala 1:5.000)



1. INTRODUZIONE

In attuazione dell'articolo 58 bis della Legge Regionale n. 12 dell'11 marzo 2005, il Regolamento Regionale n. 7 del 23 novembre 2017 e i successivi aggiornamenti (Regolamento Regionale n. 7 del 29 giugno 2018 e Regolamento Regionale n. 8 del 19 aprile 2019) definiscono i criteri e i metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica e idrogeologica, che devono essere utilizzati dai regolamenti comunali per disciplinare le modalità per il conseguimento dei principi stessi, e specificano gli interventi ai quali applicare tale disciplina. Il testo coordinato del regolamento è pubblicato sul BURL n. 51, Serie Ordinaria, del 21 dicembre 2019.

Il regolamento si occupa della gestione delle acque meteoriche non contaminate, con l'obiettivo di diminuire il deflusso verso le reti di drenaggio urbano e da queste verso i corsi d'acqua già in condizioni critiche, riducendo così l'effetto degli scarichi urbani sulle portate di piena dei corsi d'acqua stessi. Lo scopo del regolamento è quello di perseguire l'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo e di riequilibrare progressivamente il regime idrologico e idraulico naturale, nonché di conseguire la riduzione quantitativa dei deflussi, l'attenuazione del rischio idraulico e la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non suscettibili di inquinamento.

Secondo l'art. 7 del R.R. 8/2019, l'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica è estesa a tutto il territorio regionale e a tutti i tipi di permeabilità del suolo, differenziando in relazione alla natura del suolo e all'importanza degli interventi previsti. I limiti allo scarico sono diversificati in funzione delle caratteristiche del territorio lombardo, il quale a tal proposito è suddiviso nelle seguenti tre tipologie di aree in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

- aree A = aree ad alta criticità idraulica;
- aree B = aree a media criticità idraulica;
- aree C = aree a bassa criticità idraulica.

Ai sensi dell'art. 14 del R.R. 8/2019, i comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica sono tenuti a redigere lo "Studio comunale di gestione del rischio idraulico" o, nelle more della redazione di esso ed entro nove mesi dall'entrata in vigore del Regolamento, il "Documento semplificato del rischio idraulico comunale", con la rappresentazione delle



condizioni di rischio idraulico presenti nel territorio comunale e delle conseguenti misure strutturali e non strutturali atte al controllo e alla riduzione delle condizioni di rischio.

Il comune di Cavernago ricade nell'area B a media criticità idraulica (Figura 1) e la presente relazione costituisce il relativo Documento semplificato del rischio idraulico comunale.

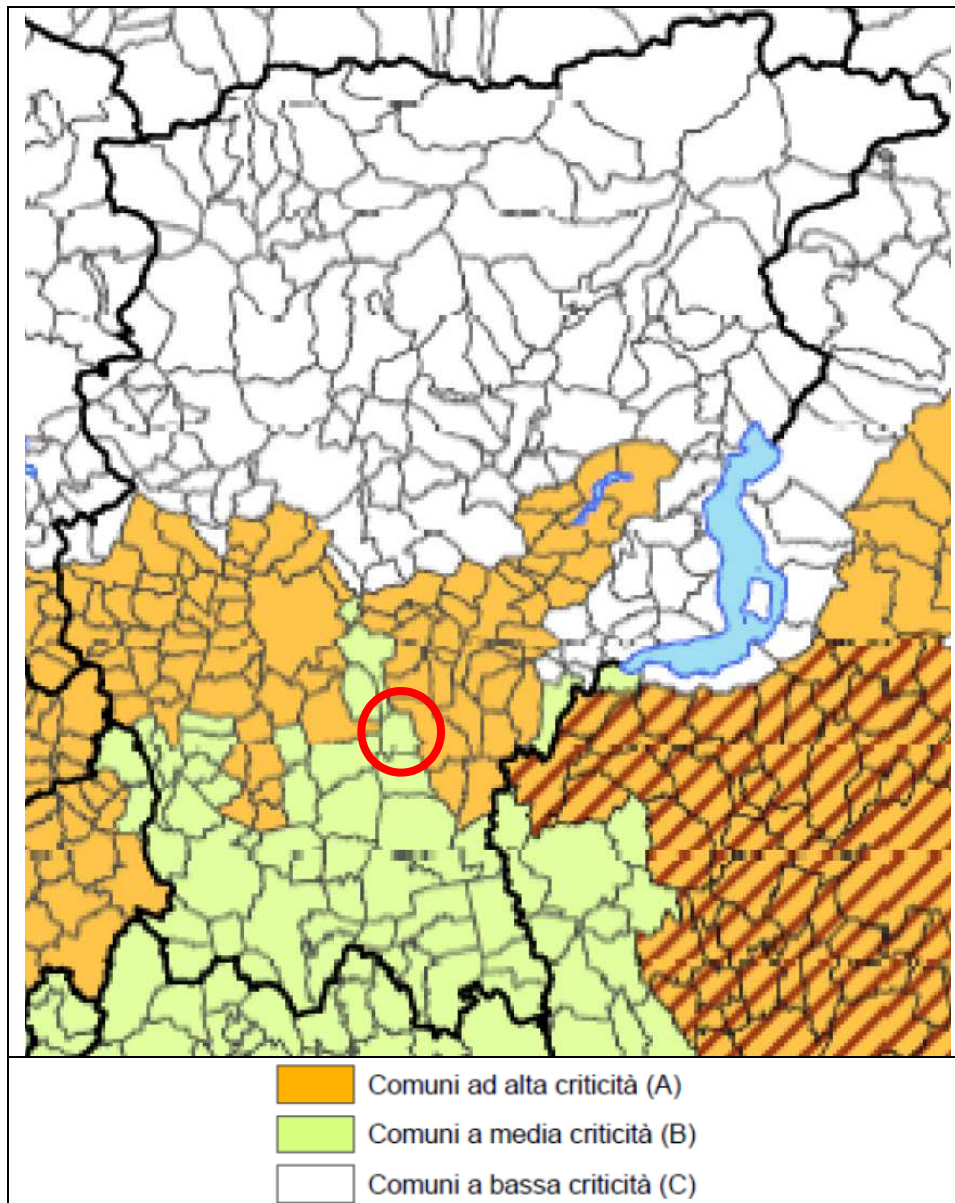


Figura 1: Estratto della “Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica” per la Provincia di Bergamo, Allegato B, Regolamento Regionale n. 8/2019, con l’individuazione del Comune di Cavernago (cerchiato in rosso).



2. INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Il territorio comunale di Cavernago è ubicato nella settore sud-orientale della Provincia di Bergamo, ha un'estensione pari a 7,74 kmq e dista circa 10 km dal capoluogo provinciale. Confina a nord con Seriate e Calcinante, a est con Calcinante, a sud con Ghisalba e a ovest con Urgnano, Zanica e Grassobbio.

L'ambito territoriale del comune è incluso all'interno del Foglio C5C4 della Carta Tecnica della Regione Lombardia a scala 1:10.000.

L'inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico del territorio è stato desunto dallo *Studio geologico del territorio comunale* (Eurogeo, 2003).

2.1 *Geologia e geomorfologia*

Il territorio di Cavernago è posto nella porzione settentrionale della pianura bergamasca compresa tra il fiume Serio a ovest e il fiume Oglio a est; di conseguenza, l'assetto geomorfologico risente principalmente dell'azione delle dinamiche fluviali e fluvioglaciali e del prolungato impatto antropico nel tempo. Vi affiorano depositi fluvioglaciali ed alluvionali che hanno determinato il progressivo colmamento del mare Pliocenico e la conseguente formazione della Pianura Padana.

L'intero territorio comunale di Cavernago nonostante l'apparente omogeneità, si presenta articolato dal punto di vista fisiografico e geologico. Risulta possibile distinguere due unità litologiche principali, ulteriormente suddivise in sottounità (Figura 2):

- Livello fondamentale della pianura, che si compone di sedimenti ghiaioso-sabbiosi, inglobanti rari ciottoli arrotondati poligenici, presenza di orizzonti superficiali pedogenizzati e locali lenti a materiale più fine. Risultano ubicati nel settore centro-orientale del territorio, delimitato a ovest da scarpate d'erosione alluvionale, alcune delle quali attenuate e modificate dall'attività antropica. Questa formazione è stata generata da processi di tipo alluvionale, nello specifico in un ambiente di conoide pedemontana legato ad attività deposizionale del Fiume Serio. Nell'insieme l'unità si presenta come una vasta superficie topografica debolmente inclinata verso sud e morfologicamente stabile;
- Valle alluvionale attuale del fiume Serio, a composizione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa, all'interno delle quali la presenza di sabbie, limi e argille in orizzonti



lenticolari è legata alle deviazioni dell'asta fluviale. Questa unità litologica occupa la fascia occidentale del territorio a quote inferiori rispetto al Livello fondamentale della pianura adiacente. Comprende i sedimenti dell'alveo di piena del Fiume Serio e quelli che ne formano il letto, e la parte di competenza amministrativa del Comune di Cavernago coincide alla sponda idrografica sinistra. Risulta suddiviso in sottounità riconoscibili in base al tipo di morfologie, alla loro età, ai sedimenti e ai suoli affioranti, quali:

- letto fluviale, che costituisce la porzione di valle alluvionale permanentemente interessata dai fenomeni di scorrimento idrico fluviale e delimitata da una scarpata d'erosione fluviale continua, con altezza compresa tra 2 m nella porzione meridionale e 10 m in quella settentrionale. Viene rappresentato da depositi a ghiaie, sabbie e limi alluvionali, al tetto dei quali i profili pedologici sono assenti o poco sviluppati; all'interno dell'alveo fluviale si riconoscono zone generate da accumulo di materiale alluvionale, talvolta ricoperto da vegetazione pioniera;
- terrazzo inferiore, che si presenta come una fascia continua in posizione più esterna rispetto all'asta fluviale ed ubicata sopra la scarpata principale che delimita il letto fluviale del Serio, delimitata superiormente, talvolta in maniera discontinua, da scarpate secondarie a dislivello incluso tra 0,5 e 2 metri. Si tratta di un'area appartenente al letto fluviale ma che, a causa di un approfondimento dello stesso, risulta isolata dall'altra subunità e viene riattivata solo in occasione di piene annuali. Viene rappresentato da sabbie e ghiaie prive di copertura pedologica, fatta eccezione per occasionali orizzonti poco sviluppati interessati da vegetazione spontanea;
- terrazzo superiore, che costituisce un'ulteriore fascia leggermente più esterna rispetto alla precedente (rispetto all'alveo fluviale) e delimitata superiormente dalla scarpata che la separa dal Livello Fondamentale della Pianura, meglio visibile nella porzione settentrionale del territorio comunale. Questa sottounità è rappresentata da ghiaie e sabbie con intercalazioni limose, debolmente alterate. Trattasi di un unità Olocenica riattivata solo in occasione di piene particolarmente importanti.

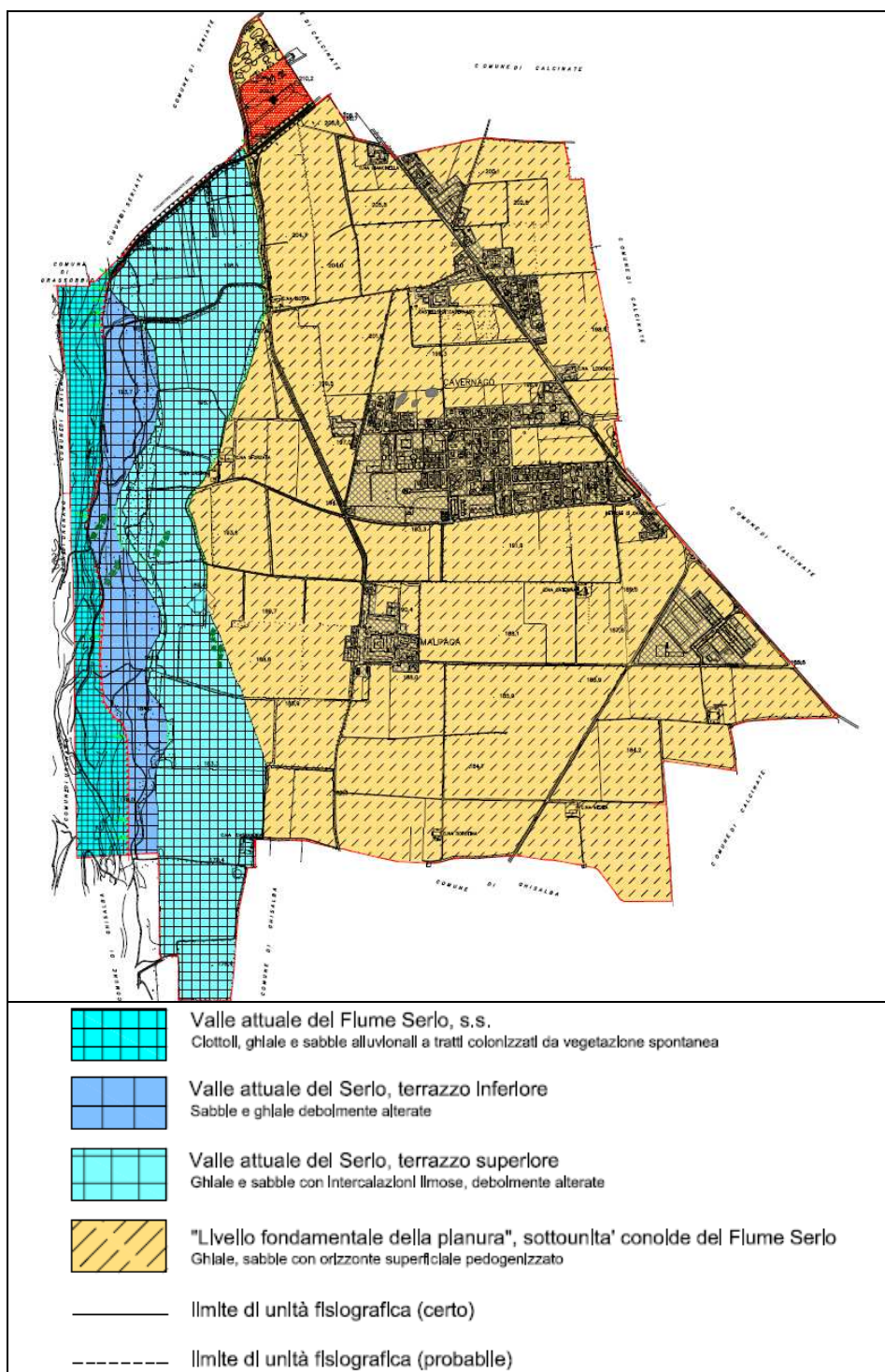


Figura 2: Estratto della **TAV. 1 "Carta geomorfologica"**, Studio geologico del territorio comunale (Eurogeo, 2003).

L'elevazione media è pari a circa 195 metri s.l.m., con quote comprese tra 213 metri s.l.m. a nord e 175 metri s.l.m. in corrispondenza dell'estremità meridionale (Figura 3), e la superficie topografica immerge verso sud con una pendenza pari a circa il 9‰.

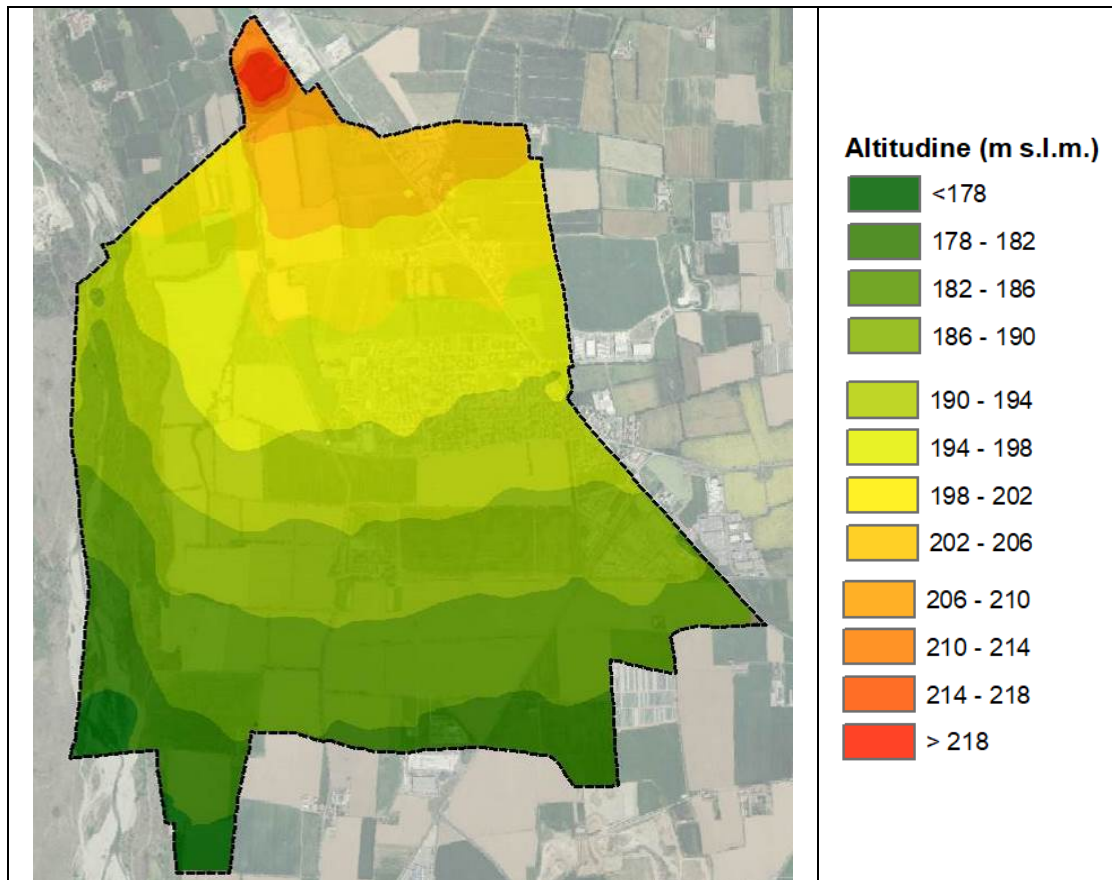


Figura 3: Distribuzione altimetrica (in metri s.l.m.) relativa al territorio di Cavernago.

2.2 Idrogeologia

Dal punto di vista idrogeologico, nel territorio comunale vengono identificate tre litozone principali aventi differenti caratteristiche litologiche, geometriche ed idrogeologiche:

- *Unità ghiaioso-sabbiosa* costituisce la parte più superficiale caratterizzata dalla prevalenza di ciottoli, ghiaie e sabbie e locali livelli coesivi di limitato spessore e scarsa continuità laterale;
- *Unità delle alternanze ghiaioso-argillose e conglomeratiche*: si tratta di un'alternanza di sedimenti sabbioso-ghiaiosi più o meno cementati e conglomerati in intercalazioni aventi discreta continuità laterale associati a banchi limoso-argillosi. La litologia prevalente è quindi rappresentata da conglomerati e ghiaie con sottili orizzonti di materiale coesivo;
- *Unità Villafranchiana*: è costituita da depositi limoso-argillosi di origine continentale poggianti su depositi tardo pliocenici di origine marina caratterizzati da ricche faune fossili.



L'unità più superficiale è sede di un acquifero di tipo freatico, mentre l'unità delle alternanze ghiaioso-argillose e conglomeratiche si caratterizza per la presenza di orizzonti lenticolari permeabili che costituiscono nel loro insieme un acquifero multifalda profondo di tipo artesiano o semiartesiano.

Per quanto riguarda la permeabilità superficiale, il territorio è stato suddiviso in due classi di terreni: una comprendente i terreni con permeabilità superiore a 10^{-5} m/s e l'altra comprendente i terreni con permeabilità tra 10^{-5} e 10^{-8} m/s. La classe a maggiore permeabilità raggruppa i terreni della fascia perfluviale corrispondente ai terrazzi del fiume Serio, suoli poco sviluppati con substrato a tessitura ghiaioso-sabbiosa.

Su gran parte del territorio, rappresentato dal Livello Fondamentale della Pianura, la permeabilità è moderata o moderatamente bassa a causa della presenza di suoli a tessitura franco sabbiosa o franco limosa (Figura 4).

La superficie piezometrica della falda freatica presenta direzione di flusso prevalente nord sud con variazioni locali nel settore occidentale (verso sud est) e nel settore orientale (verso sud ovest). Il gradiente idraulico è compreso tra il 6‰ e l'8‰, mentre la soggiacenza della falda è mediamente compresa tra 23 metri nella zona meridionale e 54 metri del settore nord del territorio. In quest'area la falda risulta essere alimentata dal fiume Serio e infatti il livello piezometrico risulta essere più alto in prossimità dell'asta del Serio che non nelle restanti aree del territorio comunale.

Nel territorio di Cavernago la vulnerabilità della falda freatica viene considerata bassa, e la mancanza di spessori significativi di argille fa ritenere che la falda entro i primi 100 m di alluvioni sia unica, senza falde artesiane o sospese. La ricostruzione della geometria degli acquiferi e la tessitura dei depositi potrebbe portare a definire elevata la permeabilità del "non saturo" sopra la falda, poco protetta da orizzonti irregolari di conglomerati fratturati e scarsità di livelli impermeabili. Nonostante questi fattori portino a ritenere la falda freatica vulnerabile, vi sono fattori che garantiscono una certa sicurezza nei confronti di sostanze inquinanti:

- lo spessore elevato di sedimenti sabbioso-ghiaiosi sopra il pelo libero della falda può essere ritenuto buona garanzia per la tutela della falda stessa; questo è dovuto agli alti valori di soggiacenza della falda rispetto al piano campagna, che vanno da un massimo di 54 metri nelle zone più a rischio (discarica), fino ad un minimo di 23 metri;



- la tessitura grossolana degli orizzonti minimizza i fenomeni di risalita capillare al di sopra del pelo libero della falda;
- la presenza di orizzonti pedogenizzati estesi e continui costituiti da percentuali di materiali fini quali limi e argille garantisce una discreta impermeabilizzazione naturale della superficie topografica con buona protezione dell'acquifero sotterraneo, pur assicurando un buon drenaggio delle acque superficiali.

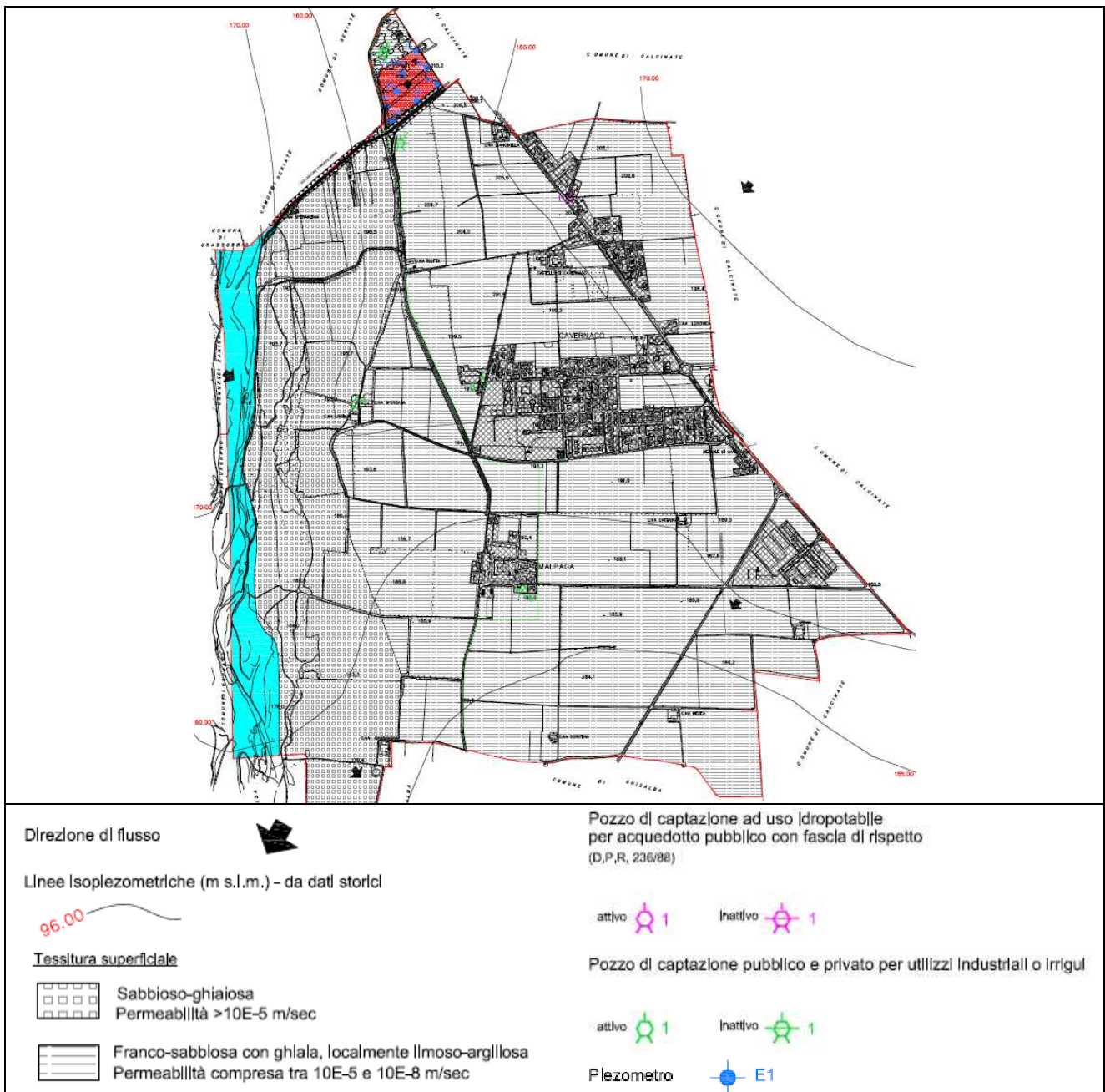


Figura 4: Estratto della TAV. 3 "Carta idrogeologica e del sistema idrografico", Studio geologico del territorio comunale (Eurogeo, 2003).



Nel territorio comunale è presenti un pozzo per approvvigionamento idrico ad uso idropotabile sito in corrispondenza della rotatoria tra la SS 498 e la SP 92, per il quale in base alla normativa vigente sono individuate le relative zone di tutela assoluta (10 metri) e di rispetto (200 metri) (Figura 5).

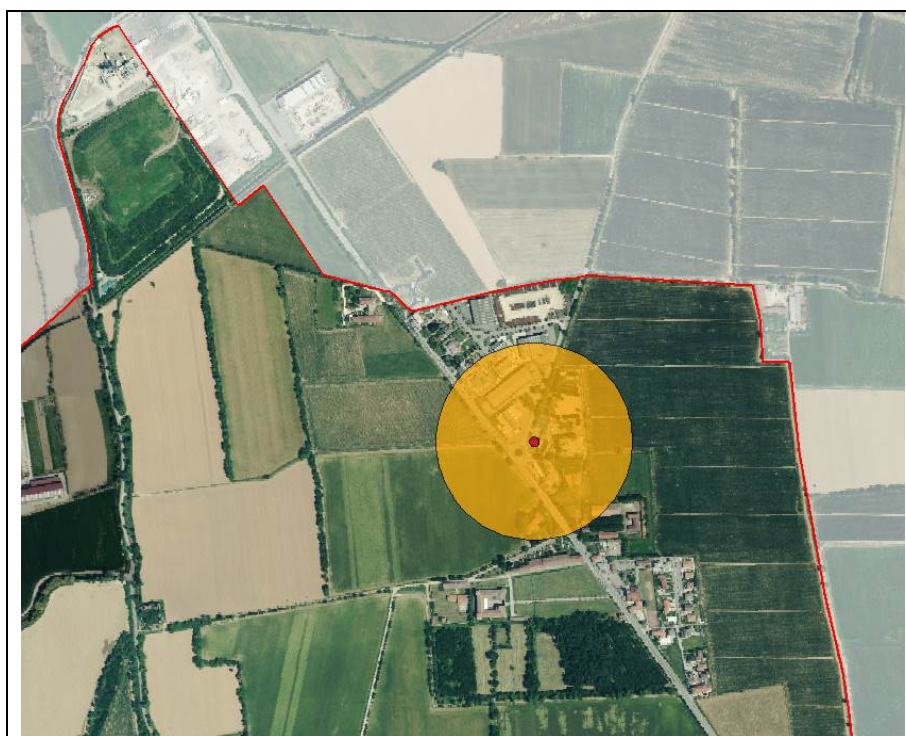


Figura 5: Ubicazione del pozzo ad uso idropotabile nel territorio di Cavernago e relativa fascia di rispetto.

2.3 Aree poco/non adatte all'infiltrazione nel suolo e sottosuolo

Dall'analisi delle caratteristiche geologiche e idrogeologiche di Cavernago, riassunte nel precedente paragrafo, è possibile individuare le porzioni del territorio comunale nelle quali vietare o normare il ricorso all'infiltrazione per lo smaltimento delle acque pluviali.

Il R.R. 8/2019 specifica come sia necessario individuare le *“porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente instabili, zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini, aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, aree con terreni contaminati”*. Inoltre, nelle zone di rispetto e tutela assoluta dei pozzi a uso idropotabile è vietata la dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade, ai sensi dell'art. 94 del D.lgs. 152/2006.



Sul territorio di Cavernago si evidenziano le seguenti aree poco adatte/non adatte all'infiltrazione:

- zone di tutela e rispetto del pozzo ad uso idropotabile;
- aree comprese nella fascia A del P.A.I. e con pericolosità P3/H del P.G.R.A.;
- discarica di rifiuti speciali Bergamo Pulita S.r.l. in località Cava Biancinella, identificata come area interessata dalla presenza di centri di pericolo.

In tutto il territorio comunale il ricorso all'infiltrazione deve essere adeguatamente supportato da un piano di indagini geologiche e idrogeologiche sito specifiche, con lo scopo di progettare sistemi di smaltimento correttamente dimensionati.

Dal punto di vista della vulnerabilità dell'acquifero superficiale, si ritiene opportuno che i progetti di infiltrazione prestino attenzione alla qualità delle acque da smaltire, optando per soluzioni facilmente ispezionabili e mantenibili.



3. SISTEMA INTEGRATO DI DRENAGGIO

Per sistema integrato di drenaggio si intende l'insieme del reticolo idrico e della rete fognaria, due sistemi tra loro interconnessi e interdipendenti. La planimetria del sistema integrato di drenaggio del Comune di Cavernago è riportata in **Tavola 1** "Planimetria del sistema integrato di drenaggio".

3.1 Reticolo idrico superficiale

Il reticolo idrografico superficiale di Cavernago comprende corsi d'acqua ascrivibili al reticolo principale e a quello consortile, sui quali sono applicate fasce di rispetto di ampiezza pari a 5 o 10 metri (Figura 6). Per ulteriori dettagli, si rimanda allo studio di "Individuazione del Reticolo Idrico Minore ed esercizio delle attività di polizia idraulica" (Eurogeo, 2013).

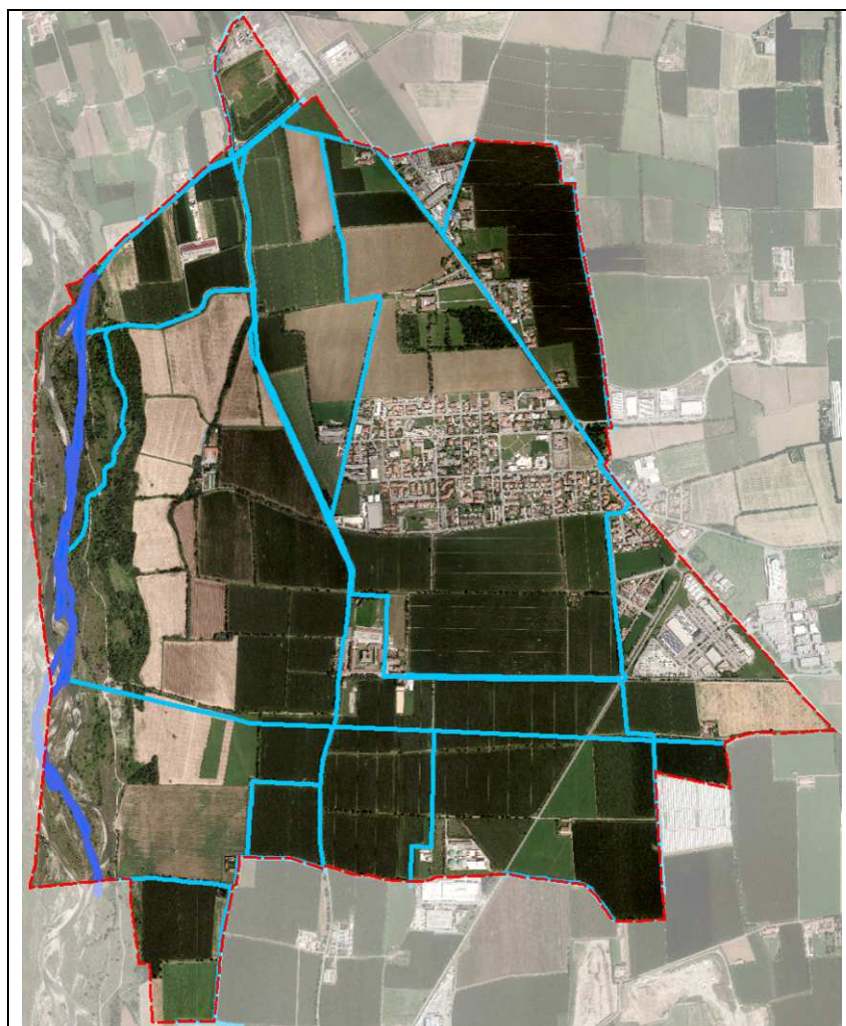


Figura 6: Tracciato del reticolo idrico principale (in blu) e consortile (in azzurro) nel territorio di Cavernago.



3.1.1 Reticolo idrico principale

L'unico corso d'acqua ascrivibile al reticolo idrico principale, appartenente all'Allegato A "Individuazione del reticolo idrico principale" della D.G.R. XII/1615 del 18 dicembre 2023, è il Fiume Serio (BG088) (

Tabella 1).

Tabella 1: Corso d'acqua appartenente al reticolo idrico principale di Cavernago.

N. progr.	Denominazione	Foce/sbocco	Tratto classificato come principale
BG088	Fiume Serio	Fiume Adda	Dal punto in cui passa in provincia di Cremona alle sue sorgenti ed in ogni ramo di origine fino a tutto lo specchio d'acqua dei laghi della Malgina di Barbellino.

Il Fiume Serio ha origine sul Monte Torena nelle alpi Orobiche a 2.500 metri s.l.m. e scorre interamente in Lombardia attraversando le province di Bergamo e Cremona per 124 km, per confluire nell'Adda in località Bocca Serio nel Comune di Montodine sottendendo, in questa sezione, un bacino imbrifero con superficie di circa 1.170 kmq e altezze massime e minime pari rispettivamente a 3.050 metri s.l.m. (Pizzo Coca) e a 45 metri s.l.m. (sbocco in Adda).

Lungo la Valle Seriana il fiume raccoglie le acque di numerosi affluenti naturali in gran parte concentrati nella parte alta del bacino a monte di Seriate, così come ripartisce le proprie acque per alimentare il sistema irriguo della media pianura bergamasca attraverso un sistema ramificato di canali e rogge.

Il tratto in pianura risulta ripartito in due sezioni con caratteristiche ben distinte: il tratto a nord nella bergamasca è costituito da un ampio greto ghiaioso provocato dall'inabissamento delle acque del fiume, mentre nel tratto più a sud nel cremonese il fiume riemerge ristabilendosi in alveo meandriforme all'interno di una valle profonda fino a 12 metri, non molto ampia in quanto più recente rispetto all'antico tracciato percorso dal fiume. Il regime idrologico è di carattere torrentizio in quanto nella stagione estiva ed invernale il Serio è alimentato da sorgenti e da scarsissimi nevai e non dispone di contributi glaciali. Al contrario, durante la primavera e l'autunno la portata arriva a 40 volte quella di magra, con piene che presentano un forte potenziale erosivo e conseguenze rilevanti anche a livello di dissesto idrogeologico. Il regime idrologico è condizionato sia dalla presenza di bacini idroelettrici nella sua parte montana sia da prelievi del sistema irriguo nella sua parte media.



Nel territorio di Cavernago, il fiume Serio scorre nel settore occidentale da nord verso sud, segnando il confine comunale con Zanica e Urgnano.

3.1.2 Reticolo idrico consortile

Secondo l'Allegato C "Individuazione del reticolo idrico di competenza dei consorzi di bonifica" della D.G.R. XII/1615 del 18 dicembre 2023, il territorio comunale di Cavernago è interessato dalla presenza di rogge e canali in gestione al Consorzio della Media Pianura Bergamasca. I corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico consortile di Cavernago sono elencati in Tabella 2 e descritti di seguito.

Tabella 2: Corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrico consortile di Cavernago.

Denominazione	Comuni attraversati	Funzione
Canale Adda Serio	Calusco D'Adda, Solza, Medolago, Suisio, Chignolo, Madone, Filago, Osio Sopra, Levate, Comun Nuovo, Zanica, Urgnano, Cavernago, Calcinata, Ghisalba, Mornico Al Serio	Irrigua
Fosso Mornichello	Cavernago, Ghisalba, Calcinata, Mornico Al Serio, Martinengo	Promiscua
Ramo Cavernago	Cavernago	Promiscua
Ramo Malpaga	Cavernago, Ghisalba	Promiscua
Roggia Borgogna Est	Scanzorosciate, Pedrengo, Torre De' Roveri, Albano Sant'Alessandro, San Paolo D'Argon, Montello, Costa Di Mezzate, Bagnatica, Calcinata, Cavernago	Promiscua
Roggia Martinenga	Seriate, Calcinata, Cavernago, Martinengo	Promiscua
Roggia Seriola di Calcinata	Bagnatica, Cavernago, Calcinata, Mornico Al Serio	Promiscua
Scolmatore Torrente Zerra	Bagnatica, Calcinata, Seriate, Cavernago	Idraulica
Tubazione Speranzina	Cavernago	Irrigua

- Il Canale Adda Serio scorre tombinato attraversando il territorio da ovest verso est.
- Il Fosso Mornichello è derivato dalla Roggia Seriola di Calcinata a circa metà di Via Roma tra Via Papa Giovanni e Via G. Ungaretti e, dopo un breve tratto tombinato verso sud-est sotto Via G. Deledda, scorre verso sud parallelo a Viale Rogge Colleonesche, sottopassa la SS 498 e abbandona il territorio di Cavernago proseguendo nei terreni agricoli, seguendo il confine tra Calcinata e Ghisalba.
- Il Ramo Cavernago si origina dal Ramo Malpaga a nord del territorio comunale e si divide in due tratti: il primo prosegue verso sud-est scorrendo lungo il confine



comunale con Calcinate, per poi piegare verso sud-ovest e immettersi nella roggia Seriola di Calcinate; il secondo si dirige verso sud/sud-ovest attraversando i terreni agricoli e scorrendo parallelo a Via B. Colleoni, per poi confluire nel Ramo Malpaga all'altezza della piattaforma ecologica lungo la SP 96.

- Il Ramo Malpaga si origina in continuità della Roggia Borgogna Est nel territorio di Calcinate ed entra a Cavernago nella parte settentrionale dopo aver sottopassato la SS 498. Dopo un primo tratto con direzione nord-est/sud-ovest parallela allo scolmatore del Torrente Zerra e aver ricevuto le acque della Roggia Martinenga, corre a cielo aperto in direzione nord-sud a est della SP 96 e all'altezza dello scolmatore si suddivide in due canali secondari, che scorrono paralleli fino al Borgo di Malpaga. In questo punto, un canale prosegue verso sud parallelo alla SP 96, supera il borgo di Malpaga ed entra nel territorio di Ghisalpa, mentre l'altro piega verso est, attraversa il borgo e corre a cielo aperto parallelo a Via G. Marconi, per poi confluire nel Fosso Mornichello all'altezza di Via G. Marconi-Via Caravaggio lungo la SS 498.
- La Roggia Borgogna Est proviene dal territorio di Calcinate e appena prima di entrare nel territorio di Cavernago cambia denominazione in Ramo Malpaga. In corrispondenza dello scolmatore lungo la SP 96 riprende la denominazione originale, dipartendosi dal canale principale e dirigendosi a cielo aperto dapprima verso ovest e poi verso sud, fino a confluire nel Fiume Serio.
- La Roggia Martinenga proviene da nord dal territorio di Calcinate e scorre per un breve tratto nella parte settentrionale del territorio comunale lungo la SP 96, sino a confluire nel Ramo Malpaga all'altezza di Via Cascina Speranzina.
- La Roggia Seriola di Calcinate scorre intubata lungo la SS 498 nel tratto compreso tra le due rotonde di intersezione della bretella, prosegue a cielo aperto verso sud-est per un breve tratto e poi torna intubata e devia lungo la SP 93 nel territorio di Calcinate.
- Lo scolmatore del Torrente Zerra proviene da Calcinate, attraversa la porzione settentrionale del territorio comunale a cielo aperto con direzione nord-est/sud-ovest e si immette poi nel Fiume Serio.
- La Tubazione Speranzina ha origine dal Ramo Malpaga e attraversa intubata la porzione settentrionale del territorio comunale con direzione nord-est/sud-ovest scorrendo parallela allo scolmatore del Torrente Zerra.



3.2 Rete fognaria

La rete fognaria del Comune di Cavernago, in gestione alla società UniAcque S.p.A., è principalmente di tipo misto, essendo presenti solo tratti limitati predisposti al convogliamento delle sole acque bianche o nere di recente realizzazione. Lo smaltimento delle acque superficiali è pertanto strettamente collegato all'efficienza della rete fognaria.

La rete si estende per 17,3 km, di cui 12,5 km costituita da fognatura di tipo misto, 2 km da fognatura per lo smaltimento delle acque bianche, 1,8 km per lo scarico delle acque nere e il restante 1 km per il convogliamento delle acque sfiorate. Completano la rete di smaltimento acque uno sfioratore (SF1), posto a sud del borgo di Malpaga, e il relativo scarico (S1) nel Fiume Serio, e cinque pozzi perdenti nella zona di Via G. Verga-Via A. Manzoni. La fognatura recapita nell'impianto di depurazione di Ghisalba (BG) in Via IV Novembre.

Uniacque segnala nel settore sud-orientale del territorio comunale sul confine con Calcinate una zona di cui non si conosce il tracciato della rete fognaria perché privata e recapitante nella cameretta 432 situata in Via G. Marconi-SS 498. L'area è compresa tra Via G. Ungaretti a nord, la SS 498 a est, Via Caravaggio a sud e il tracciato del Fosso Mornichello a ovest (Figura 7). Il gestore privato si occupa anche della manutenzione e della pulizia delle caditoie.

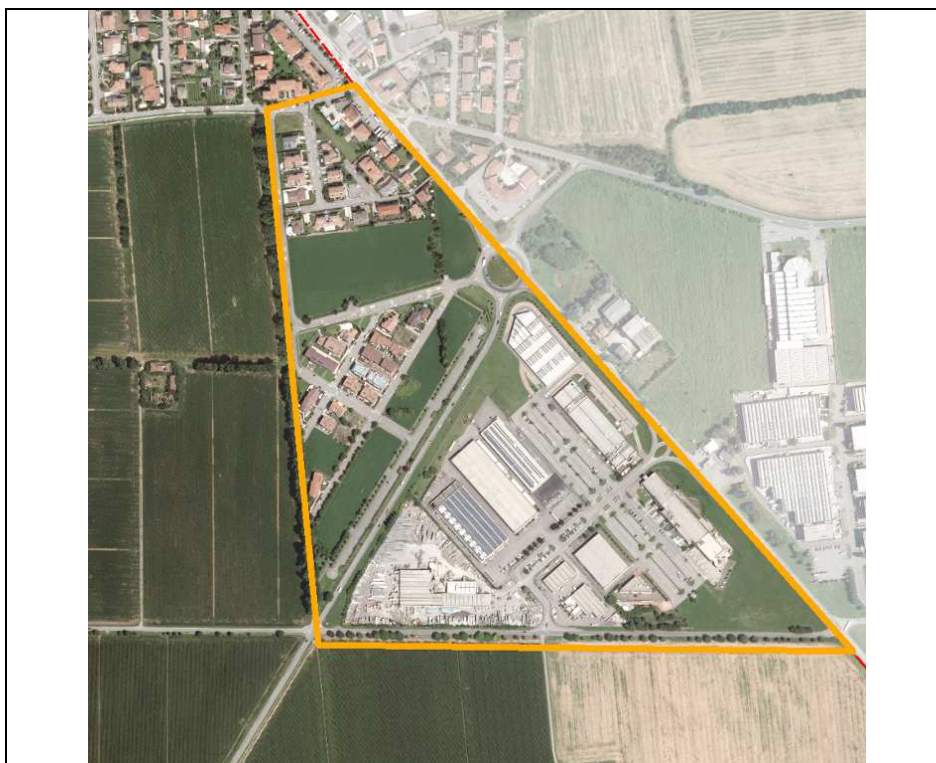


Figura 7: Area con fognatura privata nel settore sud-orientale di Cavernago.



4. DELIMITAZIONE DELLE AREE A RISCHIO IDRAULICO

Il R.R. 7/2017 prevede l'individuazione delle aree a rischio idraulico, siano esse connesse all'assetto geologico e idrogeologico del territorio piuttosto che a carenze infrastrutturali nelle reti di smaltimento delle acque meteoriche o semplicemente a situazioni ritenute potenzialmente critiche visto lo stato dei luoghi.

Nella **Tavola 2** "*Planimetria delle criticità idrauliche censite*" allegata al presente documento sono delimitate le porzioni del territorio comunale di Cavernago soggette o potenzialmente soggette ad allagamento. In particolare, nella carta di inquadramento sono evidenziate le aree allagabili recepite dal Piano per l'Assetto Idrogeologico, dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni, dall'Aggiornamento della Componente geologica del PGT, dal Piano di Emergenza Comunale e dal gestore del Servizio Idrico Integrato.

Sono di seguito descritti i documenti che hanno individuato le aree a rischio idraulico.

4.1 Piano di Assetto Idrogeologico

Il Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001, ha la finalità di ridurre il rischio idrogeologico entro valori compatibili con gli usi del suolo in atto, in modo tale da salvaguardare l'incolumità delle persone e ridurre al minimo i danni ai beni esposti. Il PAI contiene:

- la delimitazione delle fasce fluviali (Fascia A, Fascia B, Fascia B di progetto e Fascia C) dell'asta del Po e dei suoi principali affluenti (Elaborato 8);
- la delimitazione e classificazione, in base alla pericolosità, delle aree in dissesto per frana, valanga, esondazione torrentizia e conoide (Elaborato 2 - Allegato 4) che caratterizzano la parte montana del territorio regionale;
- la perimetrazione e la zonazione delle aree a rischio idrogeologico molto elevato in ambiente collinare e montano (zona 1 e zona 2) e sul reticolo idrografico principale e secondario nelle aree di pianura (zona I e zona BPr) (Elaborato 2 - Allegato 4.1);
- le norme alle quali le sopracitate aree a pericolosità di alluvioni sono assoggettate (Elaborato 7 - Norme di attuazione).

In particolare, l'alveo fluviale e la parte di territorio limitrofo, costituente nel complesso la regione fluviale, sono oggetto della seguente articolazione in fasce:



- fascia di deflusso della piena (Fascia A), costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, ovvero che è costituita dall'insieme delle forme fluviali riattivabili durante gli stati di piena;
- fascia di esondazione (Fascia B), esterna alla precedente, costituita dalla porzione di alveo interessata da inondazione al verificarsi dell'evento di piena di riferimento. Con l'accumulo temporaneo in tale fascia di parte del volume di piena si attua la laminazione dell'onda di piena con riduzione delle portate di colmo;
- fascia di inondazione per piena catastrofica (Fascia C), costituita dalla porzione di territorio esterna alla precedente (Fascia B), che può essere interessata da inondazione al verificarsi di eventi di piena più gravosi di quelli di riferimento.

Nel territorio di Cavernago si individuano le fasce A, B e C relative al fiume Serio (Figura 8).

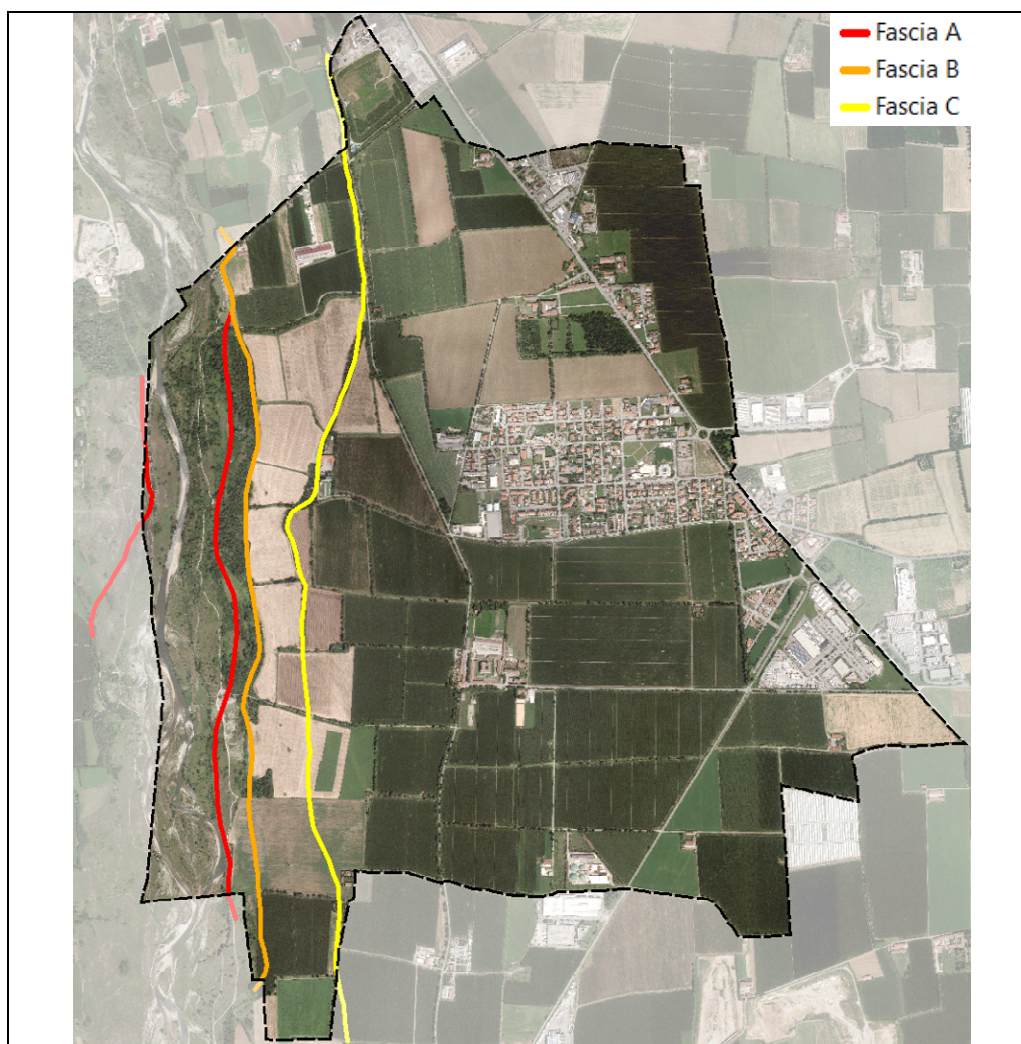


Figura 8: Porzioni del territorio di Cavernago comprese nelle fasce fluviali del P.A.I. relative al fiume Serio (in rosso fascia A, in arancione fascia B, in giallo fascia C).



4.2 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.), predisposto in attuazione del D.lgs. n. 49/2010 di recepimento della Direttiva Europea 2007/60/CE “Direttiva Alluvioni”, è lo strumento operativo previsto dalla legge italiana, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

Il PGRA viene predisposto a livello di distretto idrografico e aggiornato ogni 6 anni. Il primo PGRA (PGRA 2015) è stato adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po con Delibera n. 4 del 17 dicembre 2015 e approvato con Delibera n. 2 del 3 marzo 2016 e successivamente con D.P.C.M. del 27 ottobre 2016 (G.U. n. 30 del 6 febbraio 2017).

La prima revisione del PGRA (PGRA 2021), relativa al sessennio 2022-2027, è stata adottata dalla Conferenza Istituzionale Permanente dell'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po con Delibera n. 3 del 29 dicembre 2020 e approvata con Delibera n. 5 del 20 dicembre 2021 e con D.P.C.M. del 1 dicembre 2022. L'Autorità di Bacino, con Decreto n. 54 del 17 luglio 2023, ha adottato un progetto di aggiornamento delle fasce fluviali del PAI e delle mappe delle aree allagabili del PGRA, relativo al torrente Molgora e al sistema idrografico delle Trobbie fino alla confluenza nel Canale Muzza. Il progetto è in attesa di approvazione.

L'art. 10 della Deliberazione n. 5 del 2016 del Comitato Istituzionale dell'ADBPO delega il Segretario Generale ad approvare con proprio decreto, ogni qualvolta si renda necessario e previo parere favorevole della Conferenza Operativa, le modifiche cartografiche alle perimetrazioni delle aree allagabili del PGRA, in relazione al variare della situazione morfologica, ecologica e territoriale dei luoghi, all'approfondimento degli studi conoscitivi e di monitoraggio e allo stato di avanzamento delle opere programmate.

Il PGRA vigente contiene:

- la mappatura delle aree allagabili, classificate in base alla pericolosità e al rischio;
- l'individuazione delle Aree a Potenziale Rischio Significativo (APSRF);
- le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione (SEZIONE A) e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità e analisi (SEZIONE B).

Le mappe di pericolosità del PGRA evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo i seguenti scenari di probabilità:



- alta probabilità → aree P3/H potenzialmente interessate da alluvioni frequenti con tempo di ritorno di 20-50 anni;
- media probabilità → P2/M potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti con tempo di ritorno di 100-200 anni;
- bassa probabilità → aree P1/L potenzialmente interessate da alluvioni rare con tempo di ritorno maggiore di 500 anni o massimo storico registrato (raro).

Le mappe identificano ambiti territoriali omogenei, distinti in relazione alle caratteristiche e all'importanza del reticolo idrografico e alla tipologia e gravità dei processi di alluvioni prevalenti ad esso associati, secondo la seguente classificazione:

- Reticolo Principale di pianura e di fondovalle (RP);
- Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM);
- Reticolo Secondario di Pianura naturale e artificiale (RSP);
- Aree Costiere Lacuali (ACL).

Per quanto riguarda Cavernago, è presente una porzione di ambito territoriale di pertinenza del Fiume Serio nel settore occidentale, alla quale viene attribuita pericolosità da P3/H (per le aree più prossime all'alveo) a P2/M e P1/L (per quelle più lontane) (Figura 9).

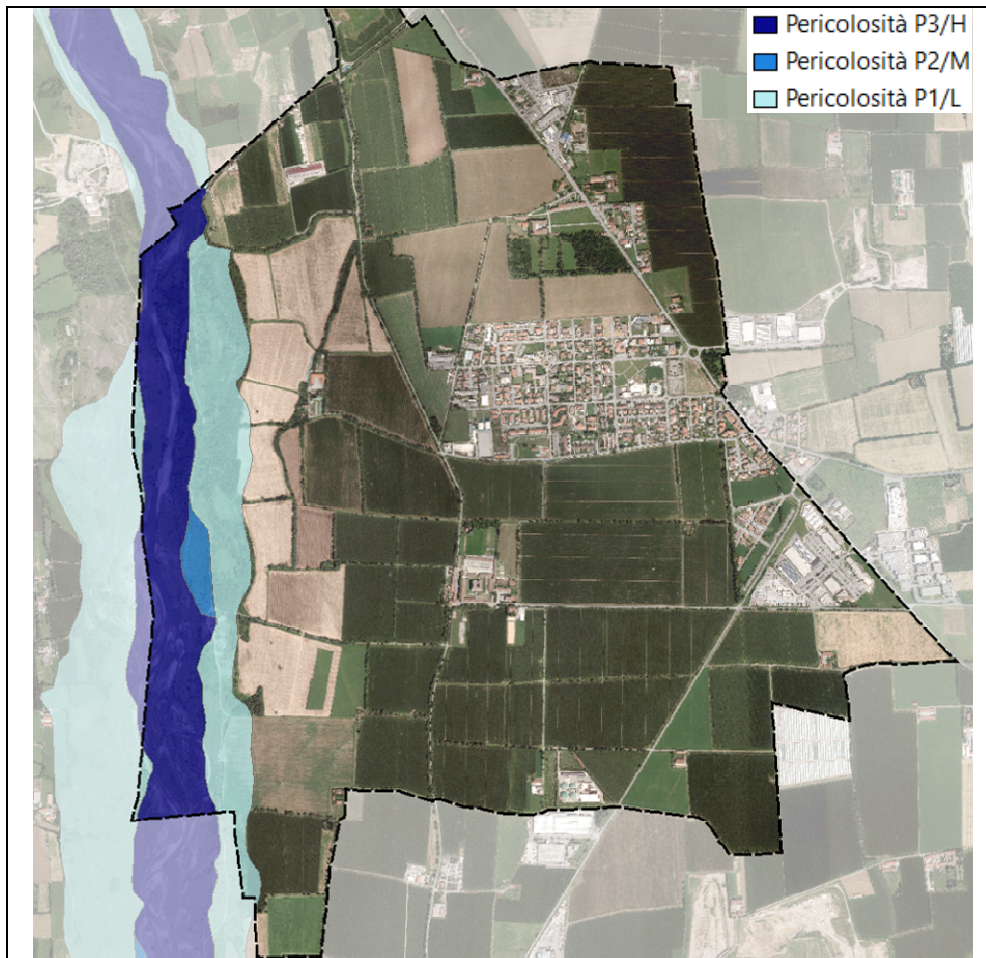


Figura 9: Porzione del territorio comunale di Cavernago interessata dal P.G.R.A. con le aree allagabili a pericolosità P3/H, P2/M e P1/L relative al Fiume Serio.

Le mappe del rischio alluvioni del PGRA indicano invece le potenziali conseguenze negative derivanti dell'evento alluvionale, individuando il numero indicativo di abitanti interessati, le infrastrutture e strutture strategiche, i beni ambientali, storici e culturali esposti, la distribuzione e la tipologia delle attività economiche, gli impianti a rischio di incidente rilevante e le aree soggette ad alluvioni con elevato volume di trasporto solido e/o colate detritiche.

Dai dati territoriali relativi alla cartografia di rischio, emerge come il 13,1% del territorio di Cavernago sia soggetto al rischio di esondazione del Fiume Serio, di cui la maggior parte con valori di rischio R1 (12,7% della superficie comunale) (Tabella 3). L'unica area con un grado di rischio maggiore, da medio a molto elevato, si trova a ovest della Frazione Malpaga. Un eventuale fenomeno di esondazione avrebbe influenza solo nelle aree limitrofe al fiume Serio, tutte destinate a un utilizzo agricolo e non urbanizzate.

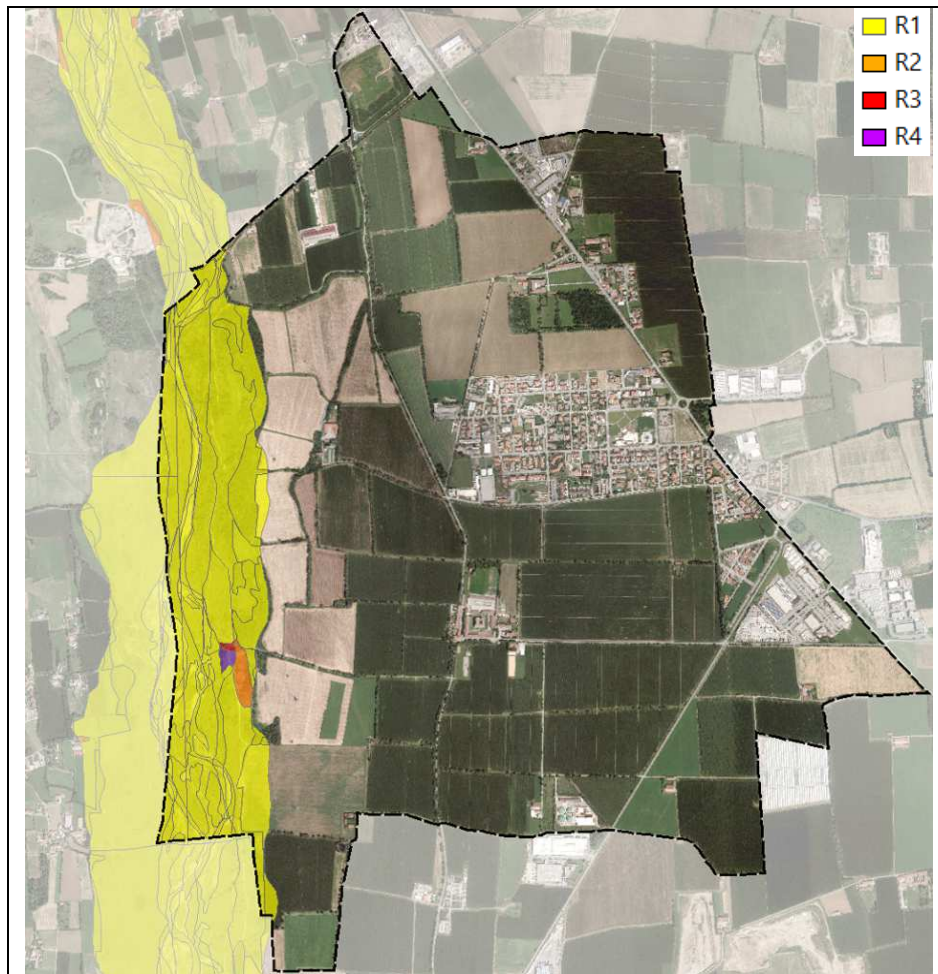


Figura 10: Estratto della carta di rischio del P.G.R.A. relativa all'area del Fiume Serio nel territorio comunale di Cavernago.

Tabella 3: Valori di rischio connesso a esondazioni del Fiume Serio (PGRA).

	Kmq	% su superficie a rischio	% su territorio comunale
R1 – Basso	0,98	97,3%	12,7%
R2 – Moderato	0,02	2%	0,3%
R3 – Alto	0,002	0,2%	0,03%
R4 – Molto alto	0,005	0,5%	0,06%
TOTALE	1,007	100%	13,1%

Nel PGRA sono state inoltre individuate 31 APSFR, di cui 8 distrettuali e 23 regionali, descritte in dettaglio negli Allegati 2 e 3 del Piano. Nessuna di queste aree ricade nel territorio comunale di Cavernago.



4.3 Piano di Governo del Territorio

L'aggiornamento della *Componente geologica, idrogeologica e sismica* del Piano di Governo del Territorio di Cavernago (Eurogeo, 2024), redatta ai sensi della D.G.R. 11/2120 del 9 settembre 2019, ha individuato le criticità idrauliche sul territorio comunale. La Tavola di Sintesi inserisce nelle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico quelle comprese nelle fasce P.A.I. e in quelle vulnerabili dal punto di vista idrogeologico la discarica esaurita di rifiuti speciali Bergamo Pulita s.r.l. in loc. Cava Biancinella, situata a nord del territorio comunale.

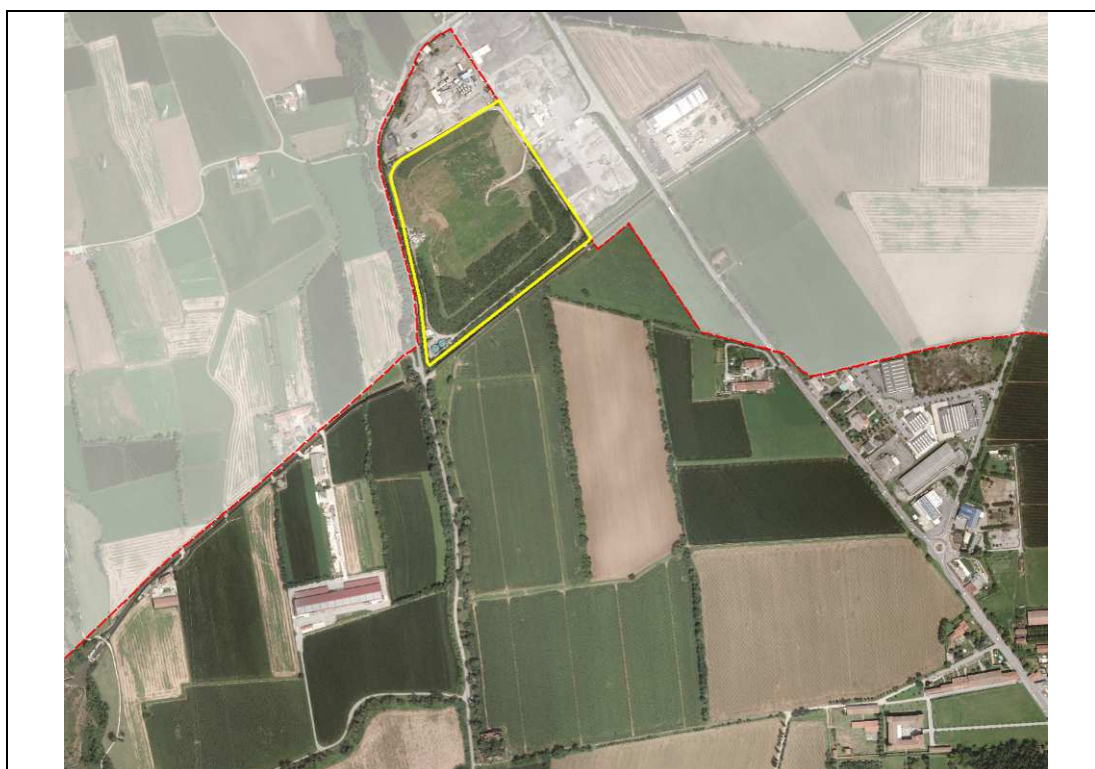


Figura 11: Discarica esaurita di rifiuti speciali Bergamo Pulita s.r.l. in loc. Cava Biancinella.

4.4 Piano di Emergenza Comunale

Il Comune di Cavernago, con Deliberazione di Consiglio Comunale n. 21 del 18/07/2017, ha approvato il Piano di Emergenza Comunale (P.E.C.), composto da un insieme di documenti, periodicamente aggiornati, che riassumono gli elementi utili e indispensabili per prevenire e fronteggiare le differenti emergenze e per pianificare strategie e interventi. L'obiettivo primario del piano è costituito dalla definizione degli scenari di rischio, dai quali è possibile risalire al "cosa succederebbe se" e quindi alle necessità di mobilitazione delle strutture operative. Il completamento dello scenario di rischio è rappresentato dal modello di intervento, ossia l'elenco di attività che costituiscono la procedura operativa.



Il rischio di esondazione nel territorio di Cavernago è legato alle dinamiche del fiume Serio. L'aumento delle portate può interessare porzioni di territorio esterne all'alveo del fiume, senza tuttavia spingersi sino a raggiungere le aree edificate o infrastrutture stradali significative. Relativamente alla pericolosità e rischio idraulico, la cartografia di Piano evidenzia le aree allagabili definite dal P.G.R.A connesse ad alluvioni ed esondazioni del Fiume Serio, per le quali si rimanda al par. 4.2 che contiene un estratto aggiornato (2023) rispetto alla Carta di pericolosità e rischio disponibile nel Piano di Emergenza Comunale (2017).

4.5 Gestore del Servizio Idrico Integrato

UniAcque S.p.A., gestore del Servizio Idrico Integrato del Comune di Cavernago, ha riscontrato sul territorio comunale le seguenti criticità legate alla gestione della rete fognaria:

- C1 – Via Roma → in passato si sono verificati allagamenti nelle abitazioni poste in corrispondenza della rotatoria tra la SS 498 e la bretella a quote inferiori rispetto alla strada (Foto 1), a causa dell'esondazione della Roggia Seriola di Calcinate dovute all'occlusione della griglia in corrispondenza del tratto tombinato nel territorio di Calcinate (Foto 2);
- C2 – Via Oratorio → in Via Oratorio si segnala lo sversamento delle acque di ruscellamento dei terreni agricoli posti a nord sulla strada e la presenza di limi all'interno delle caditoie stradali (Foto 3);
- C3 – Passaggio pedonale parallelo a Via G. Verdi → in passato si è verificato che le acque di ruscellamento provenienti dai terreni agricoli posti a nord del passaggio pedonale, in seguito all'irrigazione degli stessi, si riversassero sulle strade prospicienti, provocando anche allagamenti di alcuni interrati delle abitazioni limitrofe (Foto 4).



Foto 1: Cortile dell'abitazione posto sotto il piano stradale della SS 498.



Foto 2: Griglia in corrispondenza del tratto tombinato della Roggia Seriola di Calcinate nel territorio di Calcinate.



Foto 3: Terreni agricoli posti a nord del passaggio pedonale parallelo a Via G. Verdi.



Foto 4: Terreni agricoli posti a nord di Via Oratorio.

All'interno delle tubazioni fognarie nella zona centro-meridionale del territorio di Cavernago, in particolare in Via Papa Giovanni, Piazza S. D'Acquisto, Via G. Donizetti, Via G. Ungaretti e lungo la SP 96, è stato posato il cavo di fibra ottica. Questo può causare ostruzioni improvvise all'interno della tubazione a causa dell'accumulo di materiale di tipo filamentoso attorno al cavo, riducendone quindi la capacità di deflusso delle acque. In determinate condizioni, le ostruzioni sono tali da poter generare sovrappressioni e dar luogo a rigurgiti fognari imprevedibili. La presenza del cavo genera impedimenti nella gestione e manutenzione ordinaria e straordinaria della rete fognaria stessa.

La criticità C1 è stata risolta realizzando un fosso di salvaguardia tra i terreni agricoli, un canale di scolo a protezione dell'abitato, quindi non viene riportata nella Tavola 2.

Le criticità segnalate sono rappresentate con areali indicativi in Figura 12.

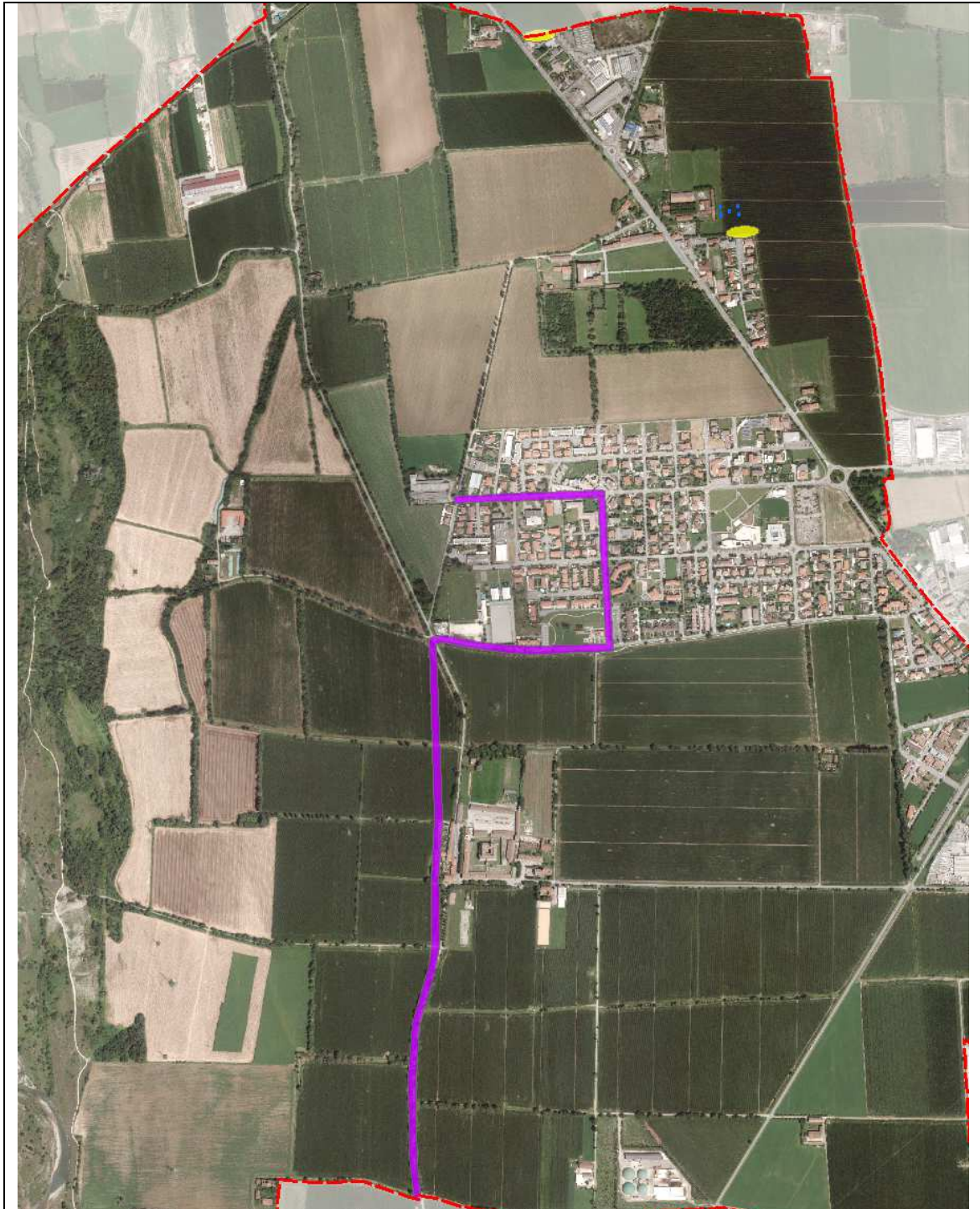


Figura 12: Inquadramento territoriale indicativo delle criticità individuate da UniAcque S.p.A. (in giallo) e dell'ubicazione del cavo di fibra ottica posato all'interno della rete fognaria (in viola).



5. MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA

L'applicazione del principio di invarianza idraulica e idrologica è perseguibile mediante un'adeguata progettazione degli interventi edilizi e infrastrutturali e la realizzazione di un drenaggio urbano sostenibile. Il regolamento edilizio comunale dovrà esplicitare la disciplina del principio di invarianza idraulica e idrologica, come stabilito dall'art. 6 del R.R. 7/2017.

Il controllo e la gestione delle acque pluviali avviene sostanzialmente con la realizzazione di sistemi di ritenzione delle acque (come ad esempio vasche di laminazione) e il progressivo rilascio dei volumi invasati in modo controllato e correlato alla contesto geologico e idrogeologico locale. Come indicato nell'art. 5 del R.R. 7/2017, lo smaltimento dei volumi invasati deve avvenire secondo il seguente ordine decrescente di priorità:

- riuso dei volumi stoccati, in funzione dei vincoli di qualità e delle effettive possibilità, quali innaffiamento di giardini, acque grigie e lavaggio pavimentazioni e auto;
- infiltrazione nel suolo o negli strati superficiali del sottosuolo, compatibilmente con le caratteristiche pedologiche del suolo e idrogeologiche del sottosuolo, con le normative ambientali e sanitarie e con le pertinenti indicazioni contenute nella componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T.;
- scarico in corpo idrico superficiale naturale o artificiale, con i limiti di portata di cui all'art. 8 del R.R. 7/2017;
- scarico in fognatura, con i limiti di portata di cui all'art. 8 del R.R. 7/2017.

Alcuni esempi di buona pratica sono indicate nell'Allegato L al R.R. 7/2017.

La scelta della metodologia per lo smaltimento dei volumi di acqua invasati deve essere necessariamente correlata alla situazione geologica, idrogeologica e idraulica locale, per non aggravare situazioni di dissesto attive o potenzialmente attivabili.

Oltre a quanto previsto dal Regolamento Regionale, per gli interventi edilizi che comportino un'impermeabilizzazione del suolo l'implementazione di tecniche costruttive adeguate e di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche sono un elemento virtuoso che può aiutare al raggiungimento delle finalità prefissate. L'incremento dell'efficienza degli interventi di invarianza idraulica e idrologica è sempre auspicabile sia da parte dei privati cittadini e delle aziende che da parte dell'ente pubblico.



5.1 Misure strutturali

Le misure strutturali per il controllo delle condizioni di rischio sono, per esempio, vasche di laminazione con o senza dispersione in falda e vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali. Gli interventi previsti per il territorio di Cavernago sono riportati nella **Tavola 3** *"Individuazione di massima per l'applicazione delle misure strutturali"* allegata al presente documento.

5.1.1 Interventi previsti dal Consorzio di Bonifica

Al fine di agevolare il deflusso delle acque nei canali di propria competenza e risolvere alcune criticità nel comprensorio oggetto di studio, il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca ha in previsione un intervento nel territorio di Cavernago, riportato nel Piano Comprensoriale (2017). A questo si aggiungono le opere di manutenzione e pulizia ordinaria che il Consorzio esegue costantemente sul reticolo idrico di propria competenza.

Ripristino della dorsale idraulica sino al Fosso Bergamasco, costituita dai canali della roggia Martinengo e dei fontanili Bajona, Camporosso e Acquaviva (intervento 9)

A valle dell'abitato di Martinengo si verificano allagamenti in quanto la rete dei canali non è in grado di smaltire adeguatamente gli sfiori fognari. Inoltre, nello stato attuale i depuratori di Martinengo e Cortenuova scaricano i propri reflui depurati su canali che per buona parte dell'anno risultano essere privi di acqua. Il ripristino della Roggia Martinenga da Cavernago fino a Martinengo (e dei canali a valle fino a Cortenuova e Romano di Lombardia) consentirebbe sia di allontanare le acque meteoriche evitando esondazioni sui terreni sia di avere una portata defluente negli alvei. L'azione risponde ai seguenti obiettivi generali:

- protezione dei centri urbani mediante opere idrauliche di collettamento, diversione o laminazione delle portate;
- ripristino o adeguamento dei collettori ad uso promiscuo, con particolare riferimento ai canali e alle rogge posti a valle dei comprensori irrigui, chiamati a raccogliergli gli apporti di piena e a recapitarli nella rete principale;
- risoluzione di criticità localizzate della rete di colo, dovute a sezioni di deflusso insufficienti, quote spondali irregolari, manufatti non adeguati e instabilità delle sponde.

L'intervento vuole risolvere problematiche idrauliche (allagamenti) per eventi con $T_R \leq 50$ anni relative ad allagamenti a valle di Martinengo, fino a Cortenuova e Romano di Lombardia.



5.1.2 Interventi suggeriti da UniAcque

Rispetto alle criticità individuate da UniAcque (par. 4.5), il gestore suggerisce a titolo puramente indicativo alcuni interventi risolutivi.

Per le criticità di Via Oratorio (C1) si ipotizza la realizzazione di un fosso di salvaguardia a protezione delle abitazioni poste a sud dei terreni agricoli, in modo tale da convogliare le acque di ruscellamento provenienti dai campi.

Per la criticità di Via Roma (C2) si propone la gestione e la pulizia della griglia in corrispondenza del tratto tombinato della Roggia Seriola di Calcinate, nonché il mantenimento e la gestione del fosso di salvaguardia presente a protezione dell'abitazione situata sotto il livello stradale.

Per la problematica relativa all'ostruzione delle tubazioni della rete fognaria provocate dalla presenza del cavo in fibra ottica, UniAcque consiglia, con l'occasione di lavori stradali di rifacimento, di prevedere un cavidotto ad uso esclusivo del cavo, evitando così l'impedimento nella gestione e manutenzione.

Un altro intervento che si può considerare strutturale è la manutenzione della rete di smaltimento delle acque, oltre che l'individuazione e la soluzione puntuale delle immissioni parassite nella rete stessa. Questo obiettivo è senza dubbio auspicabile e non può prescindere da una cooperazione tra il Comune di Cavernago e l'ente gestore.

5.2 Misure non strutturali

Le misure non strutturali finalizzate all'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica comprendono l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, nonché delle misure atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale.

5.2.1 Drenaggio urbano sostenibile

Il drenaggio urbano sostenibile è un sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i



fenomeni di allagamento urbano, contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

L'applicazione di questo insieme di azioni ha lo scopo di:

- ridurre gli effetti idrologici-idraulici dell'impermeabilizzazione che provocano un'accelerazione dei deflussi superficiali e incremento del rischio idraulico;
- migliorare la qualità delle acque, alterata dagli inquinanti diffusi, prevalentemente provenienti dal traffico veicolare e dal dilavamento delle strade, nonché dall'inquinamento organico distribuito dagli sfioratori fognari;
- integrare il paesaggio del verde urbano rendendolo maggiormente gradevole e migliorando il microclima.

I punti cardini per il conseguimento delle finalità di cui ai punti precedenti e ascrivibili agli interventi non strutturali si possono sintetizzare nelle seguenti azioni:

- trattenere il più possibile le acque a monte, attraverso piccoli invasi, allargamenti della sezione dell'alveo, rallentamenti dei flussi;
- favorire il riuso dell'acqua e la corretta reimmissione nei cicli biogeochimici naturali dei nutrienti;
- minimizzare i volumi di acque pulite immessi nelle reti fognarie meteoriche e parassite;
- minimizzare e compensare la superficie impermeabilizzata, introducendo abbondanti aree filtranti e di laminazione diffuse nel tessuto urbano.

Per attuare le azioni precedentemente articolate all'interno del tessuto urbanizzato esistente è possibile utilizzare tecniche come i "rain garden", i "fossi vegetati" o gli stagni di ritenuta. Alcuni esempi di buona pratica sono indicate nell'Allegato L al R.R. 7/2017, al quale si rimanda per maggiori dettagli.

A titolo esemplificativo si considerino le aiuole spartitraffico o di separazione tra la carreggiata carrabile e i marciapiedi, esse sono tipicamente rilevate rispetto alla sede stradale. In casi di eventi meteorici importanti le acque tendono dunque a concentrarsi lungo la strada e vengono raccolte nelle caditoie. Sostituendo le aiuole con dei fossi vegetati (Foto 5, Foto 6) si realizzerebbero i seguenti risultati:

- formazione di piccole aree di laminazione e raccolta delle acque con conseguente rallentamento del deflusso verso il recettore finale;



- infiltrazione di parte delle acque nel suolo con conseguente diminuzione dei volumi diretti verso il recettore finale (l'infiltrazione è da valutare compatibilmente con le condizioni geologiche e idrogeologiche del territorio)
- minima rimozione degli inquinanti.

La manutenzione di tali opere prevede la rimozione di detriti ed eventuali problemi di intasamento che risultano facilmente individuabili. Tali opere possono avere dimensioni molto variabili a seconda della necessità e degli spazi a disposizione.



Foto 5: Esempio di fosso vegetato presso Victoria Park, Sydney (AUS), immagine tratta da "Manuale di drenaggio urbano".



Foto 6: Esempio di fosso vegetato presso Livermore, California (USA), immagine tratta da "Manuale di drenaggio urbano".

Un importante elemento di misure non strutturali è la manutenzione programmata delle opere di smaltimento delle acque meteoriche, non solo quelle che saranno progettate e realizzate per il rispetto dei criteri di invarianza idraulica ma anche le reti esistenti.

È pertanto importante scadenzare un piano di manutenzione ordinaria che preveda il monitoraggio dell'efficienza degli elementi drenanti e una serie di interventi come la pulizia dai rifiuti, la rimozione di detriti, il taglio di vegetazione e il controllo dell'eventuale presenza di specie animali infestanti.

Nel caso in cui si rilevino malfunzionamenti o situazioni particolarmente gravi, sarà necessario intervenire con una manutenzione straordinaria, da valutarsi di volta in volta ma da prevedere nei bilanci e nelle programmazioni finanziarie degli enti.

Anche per l'applicazione delle misure non strutturali di invarianza è necessario valutare l'assetto geologico e idrogeologico locale, in particolare relativamente agli aspetti quantitativi e qualitativi di un eventuale recapito finale nel suolo per infiltrazione. Dal punto di vista qualitativo, se non è possibile escludere una possibile contaminazione della falda freatica,



sarà necessario individuare altre soluzioni oppure realizzare opere di pretrattamento quali filtri o disoleatori.

5.2.2 Incentivazioni

In considerazione del fatto che più diffuse sono le opere e le pratiche di invarianza, è auspicabile che esse siano adottate anche all'interno del tessuto urbano esistente sia da parte degli enti territorialmente competenti che dei privati cittadini, anche su interventi che non ricadono tra quelli da assoggettare al R.R. 7/2017. Per promuovere l'applicazione dei principi di invarianza il comune può avvalersi dei seguenti mezzi:

- incentivazione urbanistica:
 - riconoscimento di diritti edificatori in ambiti ben precisi individuati nel documento di piano del PGT;
 - concessione di ampliamento volumetrico in loco senza alterazione al suolo della sagoma dell'edificio;
- riduzione oneri di urbanizzazione, del costo di costruzione;
- cofinanziamento di interventi con fondi provenienti dalle monetizzazioni.

Il R.R. 7/2017 prevede la possibilità di monetizzazione qualora sussista l'impossibilità ad ottemperare ai disposti del regolamento stesso, in quanto si verificano le circostanze descritte al comma 1 dell'art. 16, di seguito riassunte.

Ai fini della monetizzazione, per gli interventi di cui all'articolo 3, comma 2, lettere da b) a e), devono sussistere contestualmente tutte le condizioni di cui alle lettere del presente comma, mentre per gli interventi di cui all'articolo 3, comma 2, lettera a), anche ricadenti all'interno delle aree individuate nei PGT come ambiti di rigenerazione urbana e territoriale ai sensi dell'articolo 10 della L.R. 12/2005, devono sussistere contestualmente le sole condizioni di cui alle lettere a) e b), nonché una tra quelle di cui alle lettere da c) a e) del seguente elenco:

- a) sono caratterizzati da un rapporto tra la superficie occupata dall'edificazione e la superficie totale dell'intervento maggiore o uguale al 90 per cento, e pertanto da una superficie dell'area esterna all'edificazione minore del 10 per cento;
- b) è dimostrata l'impossibilità a realizzare nell'area dell'intervento esterna all'edificazione il volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3;
- c) è dimostrata l'impossibilità a realizzare il volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, in altre aree esterne poste nelle vicinanze di quelle dell'intervento, per loro indisponibilità o condizioni di vincolo;



- d) la realizzazione del volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, sulle coperture dell'edificato è motivatamente impedita;
- e) la realizzazione del volume di laminazione di cui all'art. 11, comma 2, lettera e), numero 3, nel sottosuolo dello stesso sia impedita in quanto l'intervento edilizio è previsto senza modifiche delle sue strutture di fondazione.

La monetizzazione non è consentita per gli interventi relativi alle infrastrutture stradali e autostradali, loro pertinenze e parcheggi, di cui all'articolo 3, comma 3 del R.R. 7/2017. Le cifre destinate alla monetizzazione possono essere utilizzate, oltre che per la redazione dello Studio di gestione del rischio idraulico comunale, anche per la realizzazione delle misure di invarianza inserite nel Piano dei Servizi o per il cofinanziamento di interventi di invarianza che non ricadono negli obblighi di applicazione del regolamento.

Le tipologie di incentivazione da applicare ed eventualmente le zone del territorio dove applicarle devono essere regolamentate all'interno degli strumenti urbanistici, quali il Documento di Piano e il Regolamento Edilizio.

5.2.3 Protezione civile

Le misure non strutturali implementabili nel Piano di Emergenza Comunale e concernenti il rischio di allagamento sono connesse agli scenari di esondazione e/o allagamento.

Il Comune di Cavernago è dotato del Piano di Emergenza Comunale (2017). Si coglie l'occasione, col presente documento, di ribadire come il primo passo per una corretta attuazione delle misure di Protezione Civile sia quello dell'informazione della popolazione la quale, quando correttamente formata, è in grado di facilitare e agevolare le azioni da intraprendere in situazioni di criticità.

Bergamo, marzo 2024

Dott. Geol Renato Caldarelli



Dott. Geol. Massimo Elitropi

