



COMUNE DI CISLAGO  
Piazza E. Toti 1- 21040 Cislago VA

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL  
RISCHIO IDRAULICO A SENSI DELL'ART.14  
DEL R.R. N.7/2017 E S.M.I

DATA  
NOV 2023

RELAZIONE GENERALE E TECNICA

CODICE  
**CIS  
1.01**

SCALA REV.  
- 00

I progettisti

Ing. Alessandro Balbo  
Ordine Ingegneri Milano - N. A22903

**WISE**

Ing. Giacomo Galimberti  
Ordine Ingegneri Como - N. 2171A

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	EMISSIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE
01	11/2023	SECONDA EMISSIONE	AB	GG	AB

# INDICE

<b>1</b>	<b>PREMessa</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>QUADRO NORMATIVO</b>	<b>5</b>
2.1	Normativa europea	5
2.1.1	Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60	5
2.1.2	Standard Europeo EN 752-2:1997	6
2.2	Normativa italiana	7
2.2.1	Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano	7
2.2.2	Normative relative al dimensionamento del sistema fognario	8
2.3	Normativa della Regione Lombardia	8
2.3.1	Il Regolamento Regionale n. 7/2017 e Regolamento Regionale n. 8/2019	9
<b>3</b>	<b>ORGANIZZAZIONE DELL'ATTIVITA'</b>	<b>11</b>
<b>4</b>	<b>CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE, VINCOLI E FATTIBILITA' GEOLOGICA</b>	<b>12</b>
4.1	Quadro di riferimento programmatico	12
4.2	Programma di Tutela e Uso delle Acque	12
4.2.1	Contenuti del Programma	12
4.3	Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale	19
4.3.1	Tutela delle risorse idriche	21
4.4	Inquadramento geomorfologico e geologico	24
4.4.1	Geomorfologia	24
4.5	Idrografia	24
4.5.1	Torrente Bozzente	24
4.5.2	Fosso o Cavo Gradaluso	26
4.5.3	Canale scolmatore	27
4.5.4	Roggia Maestra	28
4.5.5	Alvei inattivi	29
4.6	Geologia di superficie	30

4.7	Osservazioni litostratigrafiche di dettaglio .....	31
4.8	Idrogeologia .....	34
4.8.1	Caratteri piezometrici locali .....	36
4.9	Vulnerabilità integrata degli acquiferi .....	38
<b>5</b>	<b>MODELLAZIONE DEL TERRITORIO E DELLA RETE .....</b>	<b>44</b>
5.1	Schema modellistico .....	44
5.2	Codici di calcolo impiegati .....	44
5.2.1	Infoworks ICM .....	44
5.3	Rilievo e geometria della rete .....	45
5.4	Modello digitale del terreno .....	47
5.5	Ipotesi modellistiche .....	47
5.6	Condizioni al contorno .....	47
5.7	Condizioni iniziali .....	48
<b>6</b>	<b>STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO .....</b>	<b>49</b>
6.1	Eventi meteorici di riferimento .....	49
<b>7</b>	<b>ANALISI MODELLISTICA STATO DI FATTO E CRITICITÀ .....</b>	<b>54</b>
7.1	Grado di riempimento delle condotte .....	54
7.2	Massime portate esondate dai nodi della rete .....	59
7.3	Allagamenti del territorio comunale .....	64
<b>8</b>	<b>VALIDAZIONE DEL MODELLO SULLA BASE DI EVENTI REALI .....</b>	<b>74</b>
8.1	Confronto dei risultati delle simulazioni dell'evento delle ore 13 del 24/07/2023 e dell'evento sintetico T=2 anni .....	76
8.2	Confronto dei risultati delle simulazioni dell'evento delle ore 21 del 24/07/2023 e dell'evento sintetico T=5 anni .....	79
<b>9</b>	<b>INTERVENTI STRUTTURALI .....</b>	<b>84</b>

9.1	Interventi di progetto.....	84
9.2	Confronto tra scenario stato di fatto e stato di progetto.....	103
<b>10</b>	<b>INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE NON STRUTTURALI .....</b>	<b>107</b>
10.1	Principali tipologie di interventi non strutturali.....	107
10.1.1	Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione .....	107
10.1.2	Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science .....	108
10.1.3	Sistemi di monitoraggio ed allerte.....	110
10.1.4	Piani e studi di approfondimento .....	110
10.1.5	Difese temporanee .....	111
10.2	Misure non strutturali individuate.....	114
<b>11</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>115</b>

# 1 PREMESSA

Il presente documento è stato elaborato ai fini della predisposizione dello “Studio comunale di gestione del rischio idraulico” del Comune di Cislago ai sensi dell’art. 14 comma 7 del Regolamento Regionale n. 7 del 2017 della Regione Lombardia *“Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell’inviananza idraulica ed idrologica ai sensi dell’articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)”*, così come modificato dal R.R. 7/2018, dal R.R. 8/2019 e dalla L.R. n. 18/2019.

Il territorio regionale è stato suddiviso dal Regolamento Regionale n. 7/2017 in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d’acqua recettori. Il Comune di Cislago ricade, secondo l’art. 7 del citato Regolamento, in area A, ad alta criticità idraulica.

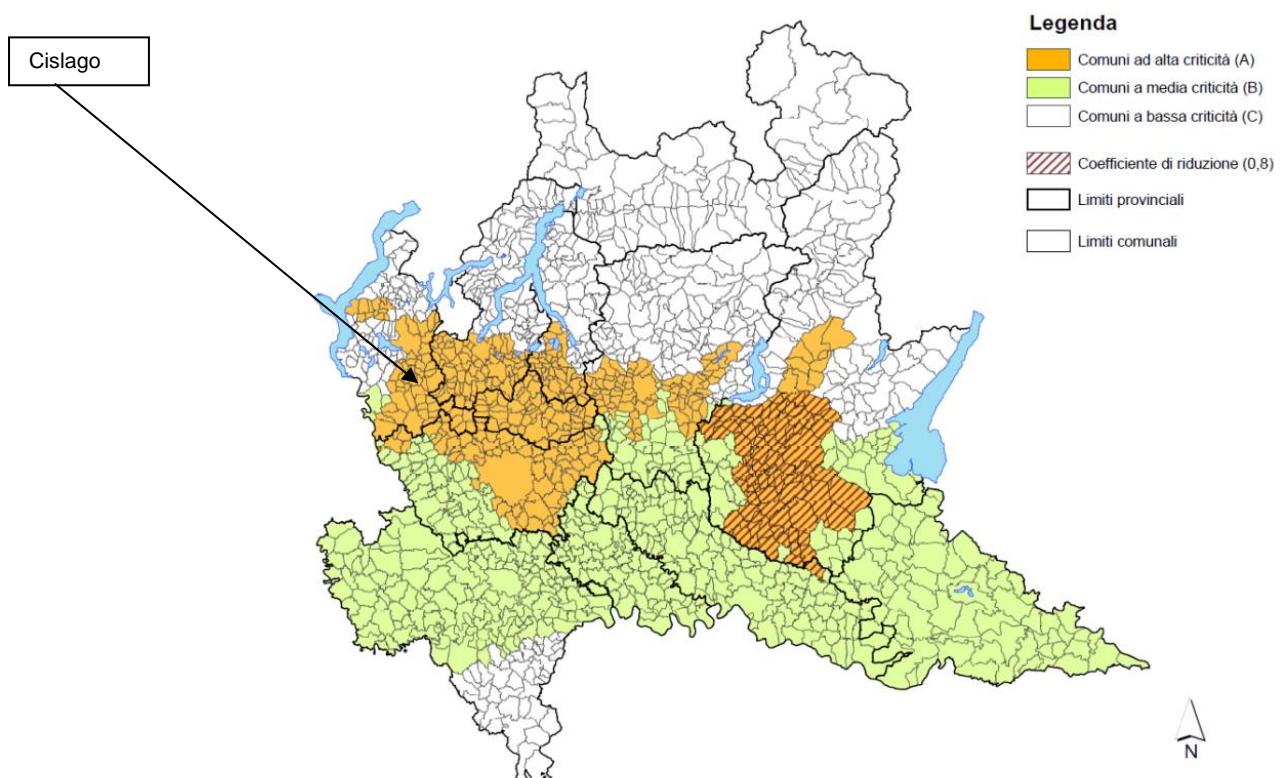


Figura 1: Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo l’allegato B al RR 7/2017 e s.m.i.

## 2 QUADRO NORMATIVO

### 2.1 Normativa europea

La prima normativa a livello europeo che tratta il tema del rischio idraulico urbano (seppur marginalmente) è la cosiddetta "Direttiva Alluvioni" (n. 2007/60/CE) o "Flood Directive" (di seguito "FD"), emanata dalla Commissione Europea il 26 novembre 2007. Il primo standard europeo EN che si occupa dei tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto per il dimensionamento delle reti fognarie è lo standard EN 752-1997 (attualmente aggiornato al 2017). Di seguito si fornisce una breve disamina delle due norme di diretto interesse.

#### 2.1.1 Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60

Nella seconda metà del secolo scorso l'Europa è stata interessata da eventi alluvionali particolarmente gravosi. Nonostante molti sforzi intrapresi a livello nazionale per proteggere cose e persone, i primi veri passi verso un coordinamento comune sono relativamente recenti (Mostert and Junier 2009). Dopo le inondazioni del 2002 nel Danubio e nell'Elba, il Consiglio Europeo ha avanzato una proposta di legge a livello europeo sulle inondazioni (Commission of the European Communities 2004), che si è conclusa nel gennaio 2006 con la pubblicazione della proposta di direttiva sulla gestione del rischio di alluvioni. La proposta è stata adottata ufficialmente il 23 ottobre 2007 (Council of the European Union 2006), divenendo la prima direttiva europea che riguarda specificamente il rischio inondazioni, FD. La FD richiede agli Stati membri dell'UE di effettuare una valutazione preliminare dei rischi alluvionali e di redigere mappe di pericolosità idraulica, del rischio idraulico e piani di gestione del rischio alluvionale. Inoltre, richiede agli Stati membri di organizzare la partecipazione pubblica alle attività di redazione dei piani e coordinare l'applicazione della FD con la Direttiva Quadro Acque (n. 2000/60/CE), centrata sulla qualità dell'acqua e sull'ecologia.

Le mappe di pericolosità richieste dalla FD devono contenere la perimetrazione delle aree geografiche che potrebbero essere interessate dall'esondazione di un corso d'acqua secondo i seguenti scenari:

- scarsa probabilità di alluvioni o scenari di eventi estremi;
- media probabilità di alluvioni (tempo di ritorno probabile  $\geq 100$  anni);
- elevata probabilità di alluvioni.

La traduzione italiana della FD definisce il termine "alluvione" come "l'allagamento temporaneo di aree che abitualmente non sono coperte d'acqua. Ciò include le inondazioni causate da fiumi, torrenti di montagna, corsi d'acqua temporanei mediterranei, e le inondazioni marine delle zone costiere e può escludere gli allagamenti causati dagli impianti fognari" (articolo 2.1). Le inondazioni riconducibili alle reti fognarie sono quindi escluse da tale definizione.

Al contrario, le traduzioni della FD in altri Paesi europei hanno creato situazioni di ambiguità, in quanto la possibilità di esclusione è stata letta solo per le acque reflue civili o miste e non per quelle puramente

meteoriche. A differenza dell'Italia, quindi, alcune nazioni europee hanno incluso tra le inondazioni oggetto di valutazione anche quelle in ambito urbano, dotandosi quindi di standard tecnici avanzati per la loro analisi.

### 2.1.2 Standard Europeo EN 752-2:1997

Lo standard europeo EN 752-2:1997 (sostituito da EN 752:2017) rappresenta il primo riferimento comune europeo per quanto attiene il dimensionamento e l'eventuale verifica dei sistemi fognari. La norma definisce:

- "allagamento" come una "*condizione in cui le acque reflu e/o le acque di superficie sfuggono o non possono entrare in un sistema di scarico o di fognatura e rimangono in superficie o entrano negli edifici*";
- "sovraffollamento" come la "*condizione in cui le acque reflu e/o le acque superficiali sono mantenute sotto pressione all'interno di un sistema di scarico a gravità o fognario, ma non sfuggono alla superficie per causare allagamenti*". Condizioni estese di sovraffollamento possono impedire all'acqua superficiale di entrare nel sistema fognario.

La norma indica fra l'altro che:

- i tempi di ritorno degli eventi meteorici di progetto che variano da un minimo di 1 a 10 anni a seconda del contesto urbano (es. aree rurali, residenziali, centri industriali, etc.) e delle infrastrutture servite;
- la gestione del sistema sia finalizzata ad evitare il funzionamento in pressione della fognatura;
- i tempi di ritorno (probabilità di accadimento) per le piogge e per gli eventi di flooding sono diversi;
- l'uso di approcci modellistici in casi idraulicamente complicati è suggerito.

<b>Tipo di contesto urbano</b>	<b>Probabilità di accadimento media annua dell'evento meteorico di progetto (1 in "n" anni)</b>	<b>Probabilità di accadimento medi annua dell'evento di allagamento (1 in "n" anni)</b>
Aree rurali	1 in 1	1 in 10
Aree residenziali	1 in 2	1 in 20
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 2	1 in 30
Centro urbano con aree commerciali/industriali con flooding check	1 in 5	-
Metropolitane/sottopassi	1 in 10	1 in 50

Tabella 1: Frequenza di allagamento di progetto consigliata dalla EN 752-2:1997

## 2.2 Normativa italiana

### 2.2.1 Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano

A livello italiano la FD è entrata in vigore il 26 novembre 2007 ed è stata recepita dal decreto D.Lgs 49/2010. Il dubbio interpretativo riguardo alla inclusione delle inondazioni dovute alla rete fognaria non si è posto, vista la definizione di “alluvione” riportata nel decreto di recepimento della FD. Non a caso, proprio all’interno del Piano di Gestione del Rischio Alluvionale (PGRA) del bacino del Fiume Po (in cui ricade la pressoché totalità della Lombardia), i fenomeni di allagamento correlati alle fognature sono stati espressamente esclusi dalle valutazioni condotte dalle singole Regioni (si vedano in particolare le Relazioni prodotte dalle Regioni Lombardia ed Emilia-Romagna che formano l’Allegato 5 del PGRA). Tale documento (il PGRA) rappresenta il principale strumento pianificatorio a scala distrettuale di cui l’Italia si è dotata in ottemperanza alla FD.

Il recepimento della Direttiva è stato condotto tenendo conto della normativa nazionale vigente, in particolar modo del D.Lgs. 152/2006 (recepimento italiano della Direttiva 2000/60/CE) e del DPCM 29 settembre 1998. L’esistenza nel territorio italiano dei Piani di Assetto Idrogeologico (PAI), redatti ai sensi della Legge n. 183/89, ha fornito un’adeguata base di partenza.

Precorritrice a livello europeo l’Italia, fin dal 1989, ha approcciato il problema del rischio idraulico territoriale alla scala del bacino idrografico (oggi distretto). Rispetto a questa scala di valutazione piuttosto ampia (bacino), il rischio idraulico urbano costituisce un problema locale. Dal punto di vista normativo la sua valutazione puntuale si inserisce solo in studi di condotte a scala comunale o al più a quella propria delle cosiddette Aree a Rischio Significativo (ARS). Le ARS, introdotte nel PGRA seguendo le specifiche indicazioni della FD, corrispondono ad aree ad elevato rischio idraulico per le quali viene garantita una priorità di pianificazione e realizzazione degli interventi di mitigazione del rischio. Esistono tre tipologie di ARS:

- distrettuali (nodi critici di rilevanza strategica in cui sono complessi interventi di mitigazione del rischio che comportano effetti alla scala di intero bacino idrografico, ove è necessario il coordinamento delle politiche di più regioni);
- regionali (situazioni di rischio molto elevato per le quali è necessario il coordinamento delle politiche regionali alla scala di sottobacino in relazione alla necessità di integrare gli interventi sul reticolo naturale e sulle reti artificiali di bonifica e di drenaggio urbano);
- locali (che rappresentano esigenze importanti per il ripristino a scala locale di adeguate condizioni di sicurezza).

È proprio nell’ambito delle azioni pianificate dal PGRA nelle ARS, soprattutto regionali e locali, che diventa preminente la valutazione del rischio idraulico urbano e di conseguenza il coinvolgimento dei Comuni e dei Gestori della rete fognaria. Da questa breve disamina normativa emerge quindi che, nel contesto italiano, non è presente una normativa nazionale specifica che impone o definisce la valutazione del rischio idraulico in ambito urbano o a scala comunale.

## 2.2.2 Normative relative al dimensionamento del sistema fognario

A livello nazionale, le norme esistenti forniscono indicazioni in merito al dimensionamento delle fognature e sono utili a stabilire criteri generali o di massima (tranne che per i materiali, dove esistono indicazioni con maggiore dettaglio (Centro Studi Deflussi Urbani 2008). Tra le norme più recenti, appare rilevante la *Circolare del Ministero dei Lavori Pubblici n. 11633* (Presidenza del Consiglio Superiore, Servizio Tecnico Centrale, 7 gennaio 1974), dal titolo *"Istruzioni per la progettazione delle fognature e degli impianti di trattamento delle acque di rifiuto"*. La Circolare dà istruzioni dettagliate riguardo alle definizioni (rete fognaria, fogne, collettori, emissario, etc.) e al contenuto del progetto di massima e del progetto esecutivo per la realizzazione di nuovi sistemi fognari. Per le fognature sia nere che pluviali è prescritta la presentazione dei calcoli e, per le fognature pluviali in particolare, l'esposizione del metodo di calcolo adoperato *"eseguito sulla base dello studio idrologico delle durate degli eventi meteorici, dell'estensione delle aree dei bacini colanti e dei coefficienti di assorbimento dei terreni"*. La Circolare non fornisce indicazioni in merito ai tempi di ritorno di riferimento per gli eventi meteorici o alla frequenza massima ammissibile di allagamento dovuto alla fognatura ma indica genericamente che *"dovrà tenersi conto anche della frequenza con cui potranno verificarsi gli eventi più gravosi"*. Indicazioni più specifiche in proposito vengono riportate nel Decreto del Presidente del Consiglio dei Ministri del 4 marzo 1996 *"Disposizioni in materia di risorse idriche"* (GU Serie Generale n.62 del 14-03-1996 - Suppl. Ordinario n. 47). Al punto 8.5.3 dell'Allegato 1, in merito ai sistemi di drenaggio urbano, si indica espressamente che *"ai fini del drenaggio delle acque meteoriche le reti di fognatura bianca o mista debbono essere dimensionate e gestite in modo da garantire che fenomeni di rigurgito non interessino il piano stradale o le immissioni di scarichi neri con frequenza superiore ad una volta ogni cinque anni per ogni singola rete"*.

## 2.3 Normativa della Regione Lombardia

La norma regionale lombarda che per prima riporta indicazioni (seppur con carattere di indirizzo) in merito al rischio idraulico in contesti urbani è la *Legge Regionale n. 12 del 2005*, che tra gli obiettivi perseguiti riporta la promozione di *"misure specifiche e interventi necessari al riequilibrio idraulico ed idrogeologico del territorio [...] per garantire la sicurezza delle popolazioni e degli insediamenti rispetto ai fenomeni di degrado delle acque e di dissesto idraulico ed idrogeologico che interessano i centri e nuclei abitati, le attività produttive, le infrastrutture al servizio del territorio [...]"*. La pubblicazione del PGRA del Bacino del Fiume Po (Marzo 2016) rappresenta un punto di svolta a livello regionale. Nell'Allegato 5 al PGRA (dedicato in modo specifico alle ARS Regionali e Locali tra cui quelle in Lombardia) viene per la prima volta riportata una misura in capo a Regione Lombardia che prevede la promozione del *"principio di invarianza idraulica ed idrologica e la riduzione dell'impermeabilizzazione attraverso la predisposizione di apposita Direttiva Regionale"*. Si tratta di una misura di prevenzione e protezione con l'obiettivo generale distrettuale della *"Difesa delle città e delle aree metropolitane"*. Essa costituisce anche una forma di applicazione della misura individuale del tipo win-win codice KTM21-P1-b099, *"Disciplina e indirizzi per la gestione del drenaggio urbano"*, indicata nel PGRA (Relazione di Piano, AdBPO, Marzo 2016). Con l'indicazione di questa misura si concretizza per la prima volta l'idea che presiede al RR, ovvero che gli allagamenti dovuti alla inadeguatezza delle reti fognarie urbane, pur non essendo ricompresi tra le tipologie di fenomeni di allagamento dalla Direttiva Alluvioni, costituiscono un

importante elemento di conoscenza per la pianificazione, la prevenzione e la protezione a scala regionale e comunale. Il RR rappresenta quindi la “*Direttiva Regionale*” che finalizza in modo indiretto le indicazioni della FD, proprio imponendo il rispetto dell’invarianza idrologica e idraulica. Il RR, per scelta politica regionale, è andato oltre all’imposizione del rispetto di questi principi, richiedendo la predisposizione degli Studi Idraulici Comunali, che allo stato attuale, per quanto di conoscenza degli scriventi, costituiscono un unicum Nazionale per contenuti e aspettative.

### 2.3.1 Il Regolamento Regionale n. 7/2017 e Regolamento Regionale n. 8/2019

La Legge Regionale 4/2016 ha modificato la Legge Regionale 12/2005 (nota come “*Legge per il governo del territorio*”) includendo tre concetti fondamentali per la gestione del rischio idraulico in Lombardia:

- (i) invarianza idraulica;
- (ii) invarianza idrologica;
- (iii) drenaggio urbano sostenibile.

La stessa legge ha demandato a specifico regolamento l’individuazione dei criteri i metodi per il rispetto del principio dell’invarianza idraulica e idrologica, ovvero il *Regolamento Regionale n.7/2017*.

Nello specifico, l’art. 14 comma 1 del RR introduce così gli adempimenti dei Comuni per la pianificazione urbanistica: “*I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica [...] sono tenuti a redigere lo studio comunale di gestione del rischio idraulico di cui al comma 7, ad approvarlo con atto del consiglio comunale e ad adeguare, di conseguenza, il PGT entro i termini di cui al comma 5.*”, definendo al comma 7 il loro contenuto minimo: “*Lo studio comunale di gestione del rischio idraulico contiene la determinazione delle condizioni di pericolosità idraulica che, associata a vulnerabilità ed esposizione al rischio, individua le situazioni di rischio, sulle quali individuare le misure strutturali e non strutturali. In particolare, lo studio comunale (di seguito SC) contiene:*

1. *la definizione dell’evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni;*
2. *l’individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, siano essi corpi idrici superficiali naturali o artificiali, quali laghi e corsi d’acqua naturali o artificiali, o reti fognarie, indicandone i rispettivi gestori;*
3. *la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza della rete fognaria. [...]*
4. *la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni;*
5. *l’indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, delle misure strutturali, quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d’acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, e l’indicazione delle misure non strutturali ai fini dell’attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quali l’incentivazione dell’estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l’ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché delle altre misure non strutturali atte al controllo*

e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali misure di protezione civile, difese passive attivabili in tempo reale;

6. l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, con l'indicazione delle caratteristiche tipologiche di tali misure. A tal fine, tiene conto anche delle previsioni del piano d'ambito del servizio idrico integrato;”
- 6 bis. l'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo [...].”

Al punto 3 del comma 7 dell'art. 14 il RR indica inoltre che il Comune redige uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale il quale:

“3.1 effettua la modellazione idrodinamica del territorio comunale per il calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, in termini di volumi e portate, per gli eventi meteorici di riferimento di cui al numero 1 (TR10, 50 e 100 anni).

3.2 si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar; qualora gli stessi non siano di adeguato dettaglio, il comune può elaborare un adeguato modello digitale del terreno integrato con il DBT;

3.3 valuta la capacità di smaltimento dei reticolli fognari presenti sul territorio. A tal fine, il gestore del servizio idrico integrato fornisce il rilievo di dettaglio della rete stessa e, se disponibile, fornisce anche lo studio idraulico dettagliato della rete fognaria;

3.4 Valuta la capacità di smaltimento dei reticolli ricettori di cui al numero 2 diversi dalla rete fognaria, qualora siano disponibili studi o rilievi di dettaglio degli stessi;

3.5 Individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti.”.

### 3 ORGANIZZAZIONE DELL'ATTIVITA'

La stesura dello studio comunale di gestione del rischio idraulico si è sviluppata a partire dal Regolamento Regionale e il documento è così articolato:

- ✓ Capitolo 4: sono descritte le caratteristiche geologiche, idrogeologiche e idrografiche del comune di Cislago e sono identificate le zone non adatte o poco adatte per l'infiltrazione delle acque pluviali;
- ✓ Capitolo 5: sono descritti il contesto spaziale e la rete fognaria del comune di Cislago con le relative caratteristiche;
- ✓ Capitolo 6: procedura di taratura;
- ✓ Capitolo 7: contiene le risultanze delle simulazioni del funzionamento della rete fognaria comunale nello stato di fatto per gli scenari con tempo di ritorno 2, 5, 10, 50 e 100 anni, tenendo in considerazione soltanto gli apporti delle acque meteoriche, in quanto significative per le finalità di protezione dal rischio di allagamenti specifiche della norma in oggetto. La geometria della rete fognaria e dei manufatti è stata ricostruita a partire dai dati forniti dal Comune. Dal punto di vista idrologico si è fatto riferimento per i dati di pioggia alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica ricostruite secondo la metodologia del progetto "STRADA" di Arpa Lombardia, utilizzando poi uno ietogramma di progetto tipo triangolare. La modellazione della rete fognaria e la simulazione degli allagamenti superficiali è stata effettuata con il software InfoWorks ICM;
- ✓ Capitolo 8: descrive gli interventi strutturali sia mirati alla risoluzione delle criticità presenti, sia al rispetto dei limiti di scarico;
- ✓ Capitolo 9: descrive i risultati in termini di funzionamento della rete e di riduzione degli allagamenti, ottenuti con la nuova configurazione di progetto;
- ✓ Capitolo 10: descrive le analisi condotte e sintetizza i risultati ottenuti.

11

115

## 4 CARATTERISTICHE GEOLOGICHE, IDROGEOLOGICHE, VINCOLI E FATTIBILITA' GEOLOGICA

### 4.1 Quadro di riferimento programmatico

La ricerca di elementi conoscitivi relativi al territorio di Cislago si è basata non solo sulla consultazione on-line delle banche-dati messe a disposizione dalla Regione Lombardia ma anche sull'analisi e il confronto con la documentazione relativa agli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale su scala sovraffocale.

Si è, quindi, proceduto all'esame dei seguenti documenti:

- Programma di tutela e uso delle acque (PTUA)
- Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale – Provincia di Varese

### 4.2 Programma di Tutela e Uso delle Acque

#### 4.2.1 Contenuti del Programma

Il Programma di Tutela e Uso delle Acque (PTUA) è stato approvato dalla Regione Lombardia, ai sensi del D.Lgs. 152/99 e della L.R. n. 26 del 12 dicembre 2003, con Delibera di Giunta Regionale n. 2244 del 29 marzo 2006.

12

115

Esso costituisce un atto comprensivo delle diverse discipline attinenti al tema della tutela e dell'uso della risorsa idrica e dell'ambiente ad essa interconnessa; rappresenta altresì lo strumento di riferimento a disposizione della Regione e delle altre amministrazioni per il raggiungimento degli obiettivi di qualità dei corpi idrici fissati dalle Direttive Europee, consentendo di attivare un'azione di governance nell'articolato settore delle acque.

Il PTUA prevede infatti la tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi dei corpi idrici individuati come "significativi" (All. 1 del D.Lgs. 152/99) per raggiungere o mantenere gli obiettivi minimi di qualità ambientale e gli obiettivi di qualità per i corpi idrici a specifica destinazione funzionale.

- una prima componente descrittivo-ricognitiva costituita da una descrizione generale delle caratteristiche del bacino idrografico (recependo e integrando, per quanto riguarda le infrastrutture idriche del settore acquedottistico e depurativo, i risultati dell'attività di ricognizione delle opere e degli schemi depurativi realizzate nel PRRA, aggiornandoli in conformità agli approfondimenti nel frattempo intercorsi per la verifica delle situazioni di incongruenza tra i dati di ricognizione e le previsioni del PRRA), da una sintesi delle pressioni e degli impatti significativi esercitati dall'attività antropica sulle acque superficiali e sotterranee e dall'individuazione delle aree sensibili, vulnerabili e di salvaguardia;
- una seconda fase propositiva in cui vengono indicati gli obiettivi e le misure di intervento da perseguire.

Il Programma è costituito dai seguenti elaborati:

- Relazione generale
- Allegati alla Relazione generale
- Relazione di sintesi
- Norme Tecniche di Attuazione (e relative appendici)
- Cartografia di Piano
- Rapporto ambientale (VAS)
- Studio di incidenza.

Sulla base dell'esame dell'All. 3 del PTUA la cui specifica tematica è la "Classificazione dello stato quantitativo dei corpi idrici di pianura", di seguito vengono riportati i principali aspetti in termini di bilancio idrico e classificazione quantitativa dell'area di Cislago.

La ricostruzione del bilancio idrico della pianura lombarda effettuata nel PTUA (relativa all'anno 2003) ha previsto dapprima l'esame della serie dei dati relativi ai fattori che contribuiscono all'alimentazione della falda (in modo particolare le precipitazioni e le irrigazioni) e successivamente la suddivisione, in base alla ricostruzione della struttura idrogeologica, del complesso acquifero in falde. Su queste basi, infine, sono state predisposte le carte della ripartizione del bilancio delle aree esaminate. All'interno delle aree sono state quindi distinte le zone a bilancio positivo e negativo per ciascuna falda.

Il modello matematico utilizzato per il bilancio idrico globale della pianura (la cui struttura è quella di un *monostrato compartmentato*), è costituito dall'applicazione del codice MODFLOW (Harbaugh e MacDonald, 1988 e s.m.i.).

Il territorio regionale di pianura viene suddiviso in cinque Bacini idrogeologici sotterranei: Ticino Adda, Adda Oglio, Oglio Mincio; Lomellina e Oltrepo, per ognuno dei quali è stato realizzato un modello di flusso in stazionario. A loro volta questi bacini sono suddivisi in Settori. Tale suddivisione deriva dalla considerazione che i grandi fiumi lombardi rappresentano dei limiti idrogeologici naturali, determinando una separazione della circolazione idrica sotterranea.

Gli acquiferi modellati nell'ambito del PTUA sono il "primo acquifero" (acquifero freatico superficiale presente entro 40-45 m di profondità) e il "secondo acquifero" (acquifero semiconfinato sottostante, presente entro una profondità variabile tra 80 e 120 m)

Inoltre, i 5 bacini sono stati suddivisi in zone acquifere omogenee denominate settori.

Il territorio di Cislago ricade nel bacino 3 Adda-Ticino, nel settore 6 – Legnano.

Il bacino è delimitato dal Fiume Ticino a ovest, dal Fiume Po a sud, dal Fiume Adda a est e dalla comparsa dei primi corpi morenici delle province di Como, Lecco Varese a nord. La seguente figura, ripresa dall'Allegato 3 del PTUA, illustra il bacino 3 Adda-Ticino e i relativi settori in cui è stato suddiviso.

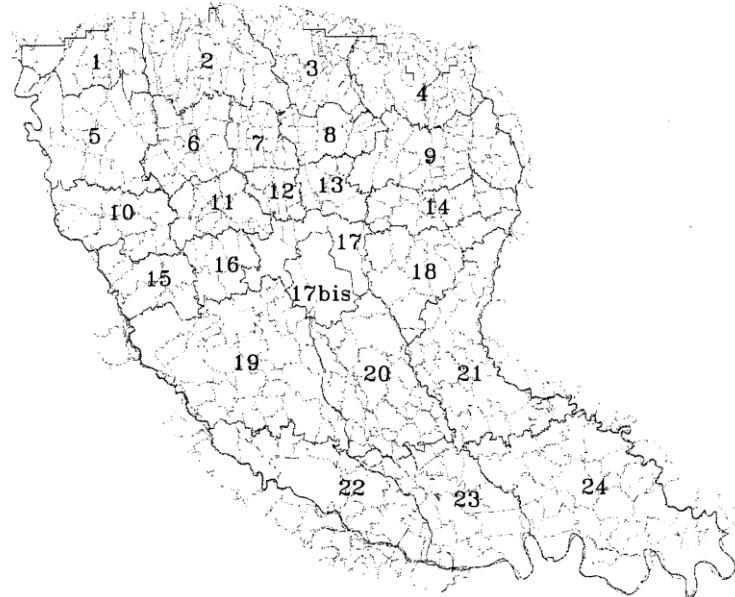


Figura 2: Bacino 3 Adda – Ticino e i relativi 24 settori in cui è stato suddiviso

Complessivamente per tale bacino è stato calcolato un prelievo idrico da pozzo di 26.75 m<sup>3</sup>/s e una ricarica pari a 50.51 m<sup>3</sup>/s.

Le principali caratteristiche del settore 6 nel quale rientra il territorio di Cislago, per quanto riguarda gli aspetti descrittivi e gli aspetti quantitativi, sono riassunte nelle seguenti schede desunte dall'Appendice 1 dell'Allegato 3 del PTUA "Schede sintetiche dei bacini idrogeologici di pianura e relativi settori".

## SETTORE 6

Il settore in esame si ubica in corrispondenza dell'alta pianura, a quota compresa tra 200 m s.l.m. a Nord e 180 m s.l.m. a Sud. Il limite occidentale è parzialmente definito dal fiume Olona, quello orientale dai confini comunali.

Superficie: 121.3 km<sup>2</sup>

Elenco dei comuni:	Canegrate	Gorla Maggiore	Rescaldina
	Castellanza	Gorla Minore	San Giorgio su Legnano
	Cerro Maggiore	Legnano	San Vittore Olona
	Cislago	Marnate	Turate
	Gerenzano	Origgio	Uboldo

(\*) L'area comunale è parzialmente compresa nel settore

Acquifero tradizionale: non differenziato

Base acquifero tradizionale: tra 120 e 50 m s.l.m..  
da 130 a 160 m dal piano campagna

Trasmissività media  $2 \cdot 10^{-2}$  m<sup>2</sup>/s

Piezometria: 170-220 m s.l.m.

Oscillazione del livello piezometrico (1993-1997)  
Stazione di Uboldo

## SETTORE 6

Prelievo medio areale	5,35 l/s km <sup>2</sup>
-----------------------	--------------------------

## Elementi del bilancio idrico:

## Entrate:

Afflusso della falda da monte	Settore n. 2	1,11	(m <sup>3</sup> /s)
Afflussi laterali della falda	Settori n. 5	0,28	(m <sup>3</sup> /s)
Infiltrazione (piogge efficaci + irrigazioni)		1,07	(m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>		2,46	(m <sup>3</sup> /s)

## Uscite:

Deflusso della falda a valle	Settore n. 11	1,27	(m <sup>3</sup> /s)
Deflussi laterali della falda	Settori n. 5 e 7	0,54	(m <sup>3</sup> /s)
Prelievi da pozzo		0,65	(m <sup>3</sup> /s)
<b>TOTALE</b>		2,46	(m <sup>3</sup> /s)

Classe Quantitativa:  
(Prelievi/Ricarica = 0,60)

A

Situazione attuale di compatibilità fra disponibilità e uso della risorsa: Uso sostenibile delle acque sotterranee senza prevedibili sostanziali conseguenze negative nel breve- medio periodo

## Classificazione livello di falda

2

## Classificazione stato quantitativo secondo D.Lgs. 152

A

Di seguito si riporta inoltre la trattazione del settore 6 desunta dall'Allegato 3 del PTUA.

16

115

## DESCRIZIONE

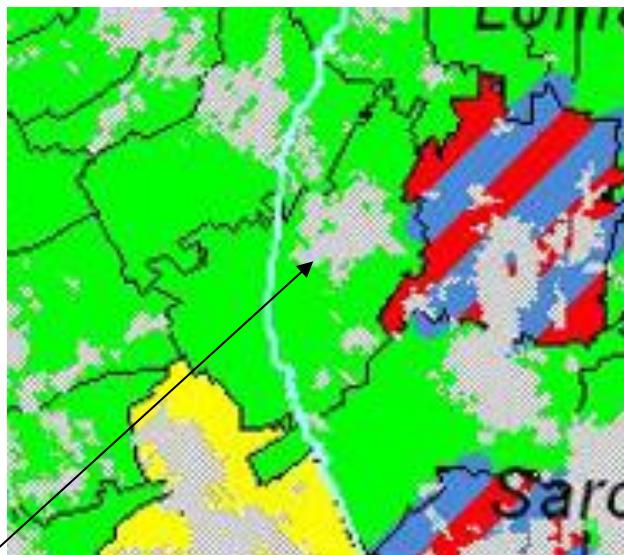
Il settore si ubica in corrispondenza dell'alta pianura, in una fascia altimetrica compresa tra 200 e 180 m s.l.m. L'area è caratterizzata da un acquifero indifferenziato, di spessore medio prossimo ai 140 m e da una trasmissività media di  $2 \cdot 10^{-2} m^2/s$ . Da rimarcare è anche la presenza dell'antica conoide del fiume Olona, dotata di spessore ed estensione molto elevati ed un'elevata trasmissività.

## ASPETTI QUANTITATIVI

Nel settore il dato più rilevante risulta la riduzione dei prelievi rispetto al 1996 così che, mentre l'entità dei prelievi registrata nel 1996 non risultava adeguatamente bilanciata dalla ricarica e il settore rientrava pertanto nella classe quantitativa C, attualmente il settore rientra nella categoria ottimale A. L'innalzamento della falda ha fatto seguito alla riduzione delle portate dei pozzi, che sono ora di soli 5,3 l/s km<sup>2</sup>, rappresentando il 30% delle uscite, mentre la ricarica costituisce il 43% delle entrate. La carta delle differenze piezometriche mostra l'innalzamento della falda che ha interessato tutto il settore, favorita anche dalla buona infiltrazione, che porta la ricarica per questa via a oltre 8 l/s per km<sup>2</sup>.

---

Il PTUA, in Allegato 10 alla Relazione Generale “Definizione delle zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e da prodotti fitosanitari”, ha proposto la rappresentazione della vulnerabilità integrata della regione Lombardia. Nella seguente figura (Figura 3) si riporta uno stralcio della Tav. 8 del PTUA relativo al territorio di Cislago.



Comune di Cislago

#### Vulnerabilità integrata del territorio

- █ Zone vulnerabili da nitrati di provenienza agrozootechnica
- Zone vulnerabili da nitrati di origine agricola e civile-industriale
- █ Zone di attenzione
- █ Zone non vulnerabili

17

115

Figura 3: Vulnerabilità integrata del territorio – PTUA Tav. 8

Secondo tale tavola, il comune di Cislago rientra tra quelli non vulnerabili. Tale classificazione è ribadita dalla d.g.r. 11 ottobre 2006, n. 8/3297 (All. 2), con cui la Regione Lombardia ha introdotto alcune modifiche al PTUA approvato, con l'individuazione di nuove aree vulnerabili (Figura 4).



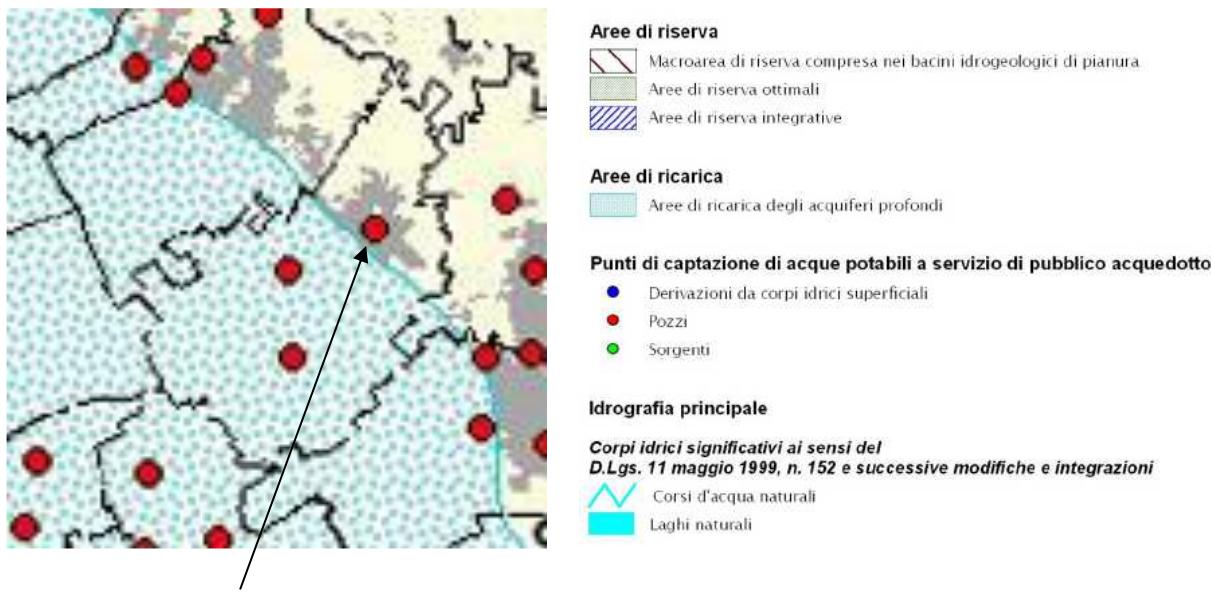
Figura 4: Carta della vulnerabilità da nitrati – DGR 8/3297/06

Nell'Allegato 11 alla Relazione Generale “Definizione delle aree di ricarica e di riserva delle zone di pianura”, il PTUA evidenzia l'utilità e la necessità dell'istituzione di una zona di riserva (area interessata da risorse idriche pregiate) nella pianura lombarda secondo le indicazioni della normativa vigente, tra cui il D.Lgs. 152/99 e s.m.i.; il Piano definisce pertanto le seguenti aree:

- macroarea di riserva;
- zone di riserva ottimale;
- zone di riserva integrativa.

Nelle considerazioni svolte sugli aspetti quantitativi del bilancio, il PTUA inoltre sottolinea l'importanza dell'entità della ricarica, proporzionale alla permeabilità dei terreni superficiali e alla fittezza e importanza della rete idrica di superficie, naturale e irrigua. In base a tali considerazioni, il PTUA evidenzia come un'ampia regione che occupa una parte importante dell'alta pianura presenti una specifica predisposizione a favorire l'alimentazione delle falde acquifere fino a notevole profondità, tanto che ne trattengono le loro risorse gli acquiferi superficiali e quelli profondi. In Tav. 9 del PTUA viene pertanto delimitato, sia pure in modo approssimativo, l'estensione della zona di ricarica principale delle falde della pianura lombarda.

Il territorio di Cislago è un comune facente parte, in modo parziale, delle aree di ricarica degli acquiferi profondi, come riportato in Figura 5.



Comune di Cislago

Figura 5: Aree di riserva e di ricarica - PTUA Regione Lombardia

#### 4.3 Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Varese è stato approvato con Delibera P.V. n. 27 in data 11.04.2007 (l'avviso di definitiva approvazione del piano è stato pubblicato sul B.U.R.L. n. 18 del 2.5.2007).

Il P.T.C.P. è uno strumento di coordinamento, orientamento ed indirizzo degli obiettivi generali dell'assetto e della tutela del territorio e di definizione della politica di governo del territorio di competenza provinciale in coerenza con i quadri normativi di riferimento regionali. Il PTCP è predisposto in conformità alla disciplina di cui all'art. 20 del D.Lgs. n. 267/2000 e all'art. 15 della L.R. 12 /2005.

Il PTCP specifica e approfondisce i contenuti della programmazione e della pianificazione territoriale della Regione e costituisce il riferimento primario per la pianificazione urbanistica comunale.

Gli obiettivi del PTCP della Provincia di Varese sono:

- promuovere le sinergie tra formazione, ricerca ed imprese;
- valorizzare il ruolo dell'agricoltura varesina;
- sviluppare il turismo ed il marketing territoriale;
- promuovere la qualità urbana e del sistema territoriale.

Esso articola i propri contenuti rispetto alle seguenti tematiche di interesse territoriale:

- Competitività;
- Sistemi specializzati ovvero:
- Mobilità e reti

Polarità urbane ed insediamenti sovracomunali

- Agricoltura;
- Paesaggio;
- Rischio.

Gli elaborati costitutivi del P.T.C.P. sono:

- a) Relazione generale
- b) Norme di Attuazione
- c) Cartografie

20

115

- Mobilità

Carta della gerarchia stradale (tav. MOB1)

Carta del trasporto pubblico ( tav. MOB2)

Carta dei livelli di vincolo stradale (tav. MOB3)

- Agricoltura

Carta di sintesi (tav. AGR1)

Carta degli ambiti agricoli (tav. AGR1 serie a-I)

- Paesaggio

Carta di sintesi (tav. PAE1)

Carta delle rilevanze e delle criticità (tav. PAE1 serie a-I)

Carta del Sistema Informativo

Beni Ambientali (tav. PAE2)

Carta della Rete Ecologica (tav. PAE3)

- Rischio
  - Carta del rischio (tav. RIS1 serie a-l)
  - Carta censimento dissesti (tav. RIS2 a,c,d,e,f)
  - Carta della pericolosità frane (tav. RIS3)
  - Carta della pericolosità frane di crollo (tav. RIS4 a,c,d)
  - Carta tutela risorse idriche (tav. RIS5)
  - Carta di sintesi
- d) Approfondimenti tematici:
  - Volume 1
    - Competitività
    - Reti mobilità
    - Agricoltura
  - Volume 2
    - Paesaggio
    - Rete ecologica
    - Rischio Idrogeologico
      - Repertori paesaggio
      - Linee guida per la previsione, prevenzione e mitigazione del dissesto
      - Rischio di incidente rilevante.

21

115

Ai sensi della L.R. 12/05, per la parte inherente la difesa del territorio, il PTCP concorre alla definizione del quadro conoscitivo del territorio regionale, ne definisce l'assetto idrogeologico, in coerenza con le direttive regionali e dell'Autorità di Bacino, censisce ed identifica cartograficamente le aree soggette a tutela o classificate a rischio idrogeologico e sismico.

Pertanto, come indicato nella D.G.R. 8/7374/08 – parte 2, punto 6, la sua consultazione e lo sviluppo critico del suo contenuto vengono ritenuti indispensabili nella redazione della componente geologica del PGT.

Nei paragrafi seguenti si è proceduto all'analisi del tematismo del PTCP “RISCHIO” ritenuto di interesse per il presente studio tramite l'esame della Tavola RIS5 -Tutela delle risorse idriche e delle Norme d'Attuazione (Titolo IV, sezioni IV).

#### 4.3.1 **Tutela delle risorse idriche**

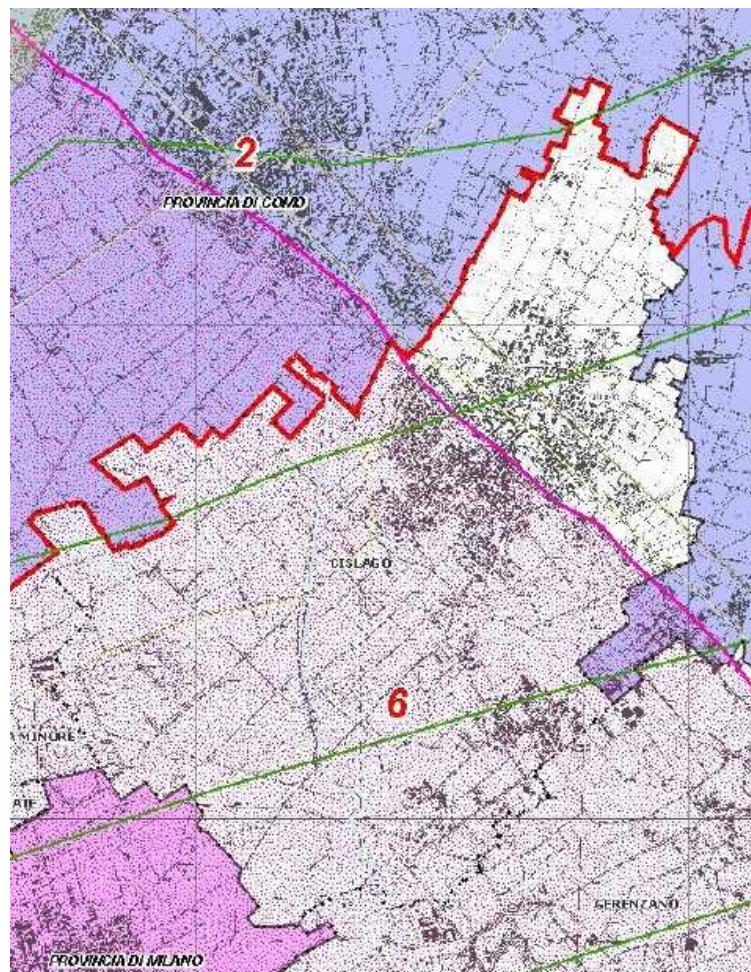
La tematica della gestione e tutela delle risorse idriche viene esaminata nel PTCP in Tav. Ris5 e nella Sezione IV del Titolo IV nelle Norme di Attuazione.

Il PTCP della Provincia di Varese recepisce quanto predisposto dal Programma di Tutela e Uso delle Acque regionale (PTUA), per quanto disposto dal Titolo III – Capo I “Aree sensibili, vulnerabili e di salvaguardia” delle relative norme tecniche di attuazione.

In particolare:

- recepisce le aree di salvaguardia e i punti di captazione identificati nella Tav. 9 del PTUA, di cui si riporta nella figura seguente l'estratto relativo al comune di Cislago, e normati dagli articoli 29 e 30 delle NdA del PTUA;
- identifica, in base alla Tav. 9 del PTUA, le “Aree di riserva integrativa” e le “Aree di ricarica” riportate nella Carta RIS5;
- in Tav. RIS5 del PTCP della Provincia di Varese sono inoltre proposte delle “Aree di riserva a scala provinciale”.

La figura seguente rappresenta uno stralcio per l'area di Cislago della Tavola RIS5.



## Legenda

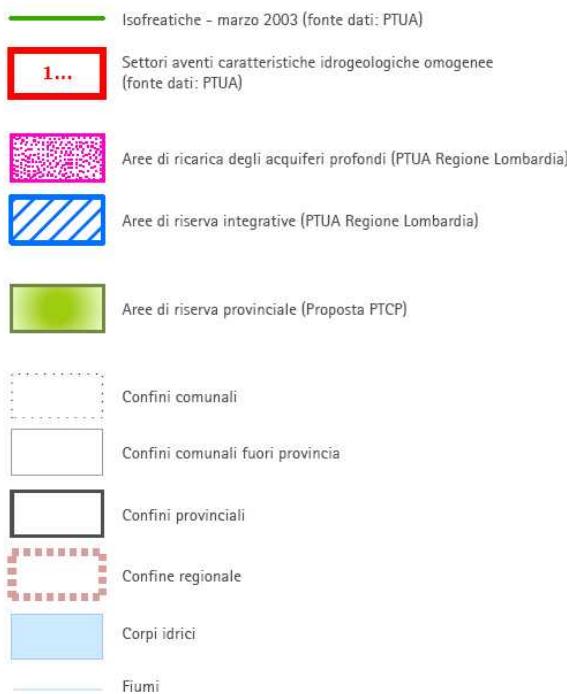


Figura 6: Carta Tutela delle risorse idriche RIS5 – PTCP Provincia di Varese

23

115

Come osservabile e come già precedentemente enunciato (cfr. paragrafo PTUA), il territorio di Cislago ricade nel settore 6 Legnano – classe quantitativa A ed entro le aree di ricarica degli acquiferi profondi definite dal PTUA per il settore centrale e meridionale.

Per i settori ricadenti in classe quantitativa A sono da prevedere le seguenti attività (art. 94 Norme di Attuazione PTCP):

- monitoraggio dei prelievi;
- controllo della qualità delle acque;
- controllo della piezometria.

Per i settori ricadenti entro le aree di ricarica degli acquiferi profondi, in ottemperanza alle misure di salvaguardia fornite dal PTUA, il PTCP propone indirizzi di tutela finalizzati ad una adeguata pianificazione delle risorse idriche anche a livello comunale (art. 95 delle Norme Tecniche di Attuazione del PTCP “Contenimento e governo dei consumi idrici”).

In particolare l'Art. 95 comma 2 del PTCP cita che “*i Comuni, in particolare quelli che si trovano su territori caratterizzati da particolare pregio della risorsa idrica, quali le Aree di Riserva Provinciale o le aree di riserva integrativa e di ricarica degli acquiferi profondi, in caso di previsione di espansione di aree ad uso*

residenziale e/o industriale e artigianale o di qualsiasi altro uso che presupponga l'utilizzo della risorsa idrica sotterranea come fonte di approvvigionamento, verificano tramite apposito studio idrogeologico l'effettiva disponibilità della risorsa e che il suo sfruttamento rientri nei termini di salvaguardia previsti dal PTUA stesso".

## 4.4 Inquadramento geomorfologico e geologico

### 4.4.1 Geomorfologia

Il territorio comunale di Cislago, ubicato al confine con la Provincia di Como a Nord e Milano a sud, si posiziona nel contesto morfologico dell'Alta Pianura Lombarda caratterizzata da morfologie legate a deposizione fluvio glaciale e fluviale di età quaternaria.

Il territorio presenta andamento sostanzialmente sub-pianeggiante con quote altimetriche decrescenti verso Sud.

Sono infatti individuabili due settori territoriali altimetricamente separati da un terrazzo morfologico con andamento NW-SE che attraversa il territorio di Cislago in corrispondenza del centro abitato.

L'area di raccordo tra i due settori è rappresentata da una superficie a blanda acclività, localmente terrazzata.

Il settore nord-orientale, è altimetricamente più rilevato ed appartiene ad un ambito di piana fluvio glaciale di epoca rissiana A.A..

Il settore sud-occidentale risulta ribassato rispetto al precedente di un dislivello massimo di 4-6 m ed è di pertinenza della piana fluvio glaciale di epoca würmiana A.A.

Il drenaggio delle acque superficiali non è organizzato in una rete idrografica naturale ben sviluppata (pianura asciutta). Unico elemento idrografico è rappresentato dal T. Bozzente, caratterizzato da una zona d'alveo debolmente incisa e di ridotte dimensioni; il corso d'acqua, con andamento generale N-S, acquisisce andamento a meandri nel settore meridionale del territorio dando luogo ad aree di spaglio.

Ulteriori elementi idrografici naturali presenti in territorio di Cislago sono l'estremo tratto terminale del Fosso Gradaluso e la relativa area di spaglio in condizioni di magra e morbida. Sono altresì presenti elementi artificiali quali l'alveo artificiale relativo al canale scolmatore e la Roggia Maestra riattivabile in condizione di piena.

Le caratteristiche idrografiche dei corsi d'acqua, descritte nel paragrafo successivo, sono state desunto dallo studio effettuato dagli Scriventi in data febbraio 2006 relativo all'individuazione del reticolo idrografico principale e minore.

## 4.5 Idrografia

### 4.5.1 Torrente Bozzente

Ai sensi dell'Allegato A alla D.G.R. 7/13950/03, modificato dalla D.G.R. 8/8127/2008 in territorio di Cislago il reticolo idrografico principale è costituito dal **T. Bozzente** (VA080).

Il bacino del T. Bozzente è collocato nel contesto dell'alta e media pianura del territorio delle province di Como, Varese, Milano e si estende con forma allungata su una superficie di circa 80 kmq per una lunghezza dell'asta principale di circa 40 km. Il tratto che interessa la provincia di Varese è localizzato nella parte centrale del bacino imbrifero, attraversando i territori compresi tra Cislago ed Origgio per una lunghezza di 11 km.

Nel territorio in provincia di Milano il corso d'acqua attraversa con andamento NO-SE i comuni compresi tra Rescaldina a N e Rho a S fino alla confluenza nel F. Olona a valle della linea ferroviaria Milano-Gallarate.

Dal punto di vista geologico, in territorio di Cislago il T. Bozzente è inserito nell'ambito di piana fluvioglaciale e fluviale, costituita da ghiaie poligeniche a supporto clastico, localmente a supporto di matrice sabbiosa ("Allogruppo di Besnate"-Pleistocene medio - superiore), con debole grado di alterazione.

Il suo tracciato è in buona parte artificiale avendo subito, nel corso dei secoli, rettifiche di percorso tali da allontanarlo anche di oltre 2 Km dall'alveo originario naturale.

La ricostruzione storica dei percorsi dei tre Torrenti Bozzente, Gradaluso e Fontanile di Tradate e delle vicissitudini accadute nel territorio è esposta nella pubblicazione a cura di Peppino Donzelli "Storia dei tre torrenti Bozzente – Gradaluso – Fontanile dall'anno 1500 fino all'epoca della loro separazione del 1762 ai giorni nostri – 1986".

Alla fine secolo XVI il corso antico del Bozzente scorreva più ad est, attraversando il paese di Cislago fra le due chiese, e causava periodiche e violente inondazioni interessanti l'abitato stesso; il corso fu oggetto di ripetute derivazioni come quella del 1604 che, tramite la chiusa di San Martino (Cislago), originò il Cavo Borromeo corrispondente nel tratto a sud della S.P 21 all'attuale corso del Bozzente. A seguito della grande piena del 1756 causata dal Bozzente Antico a cui progressivamente si erano uniti i corsi del Gradaluso e Fontanile di Tradate, fu attuato il "Piano di separazione" che prevedeva la realizzazione di un nuovo tratto rettilineo (corrispondente al tratto rettilineo in Cislago) a partire dal ponte sulla S.S. Varesina fino al ponte sulla S.P. 21 con immissione nel Cavo Borromeo. In corrispondenza del punto di immissione fu realizzata la prima derivazione (denominata "Roggia Maestra"), costituita da uno sfioratore (briglia) e relativo divisore a cuneo per derivare le acque di piena dal corso principale e disperderle, attraverso un canale rettilineo, nei boschi di Gerenzano.

Il torrente si sviluppa per una lunghezza di 3.7 km e con una pendenza media di circa il 3‰. L'andamento è rettilineo in direzione N-S dal confine con Mozzate a circa 400 m a sud del ponte sulla S.P. 21, dopodiché piega leggermente verso SE e, a partire dall'incrocio con la strada vicinale S. Maria Iniziata, il corso d'acqua prosegue con tracciato naturaliforme di tipo sinuoso/meandriforme.

L'alveo attivo è ovunque in terreno naturale e, nel tratto rettilineo, è provvisto di argini in terra continui, ben conservati, di altezza di circa 3-4 m. A valle del tratto rettilineo è morfologicamente individuabile la piana di esondazione delimitata da orli di terrazzi morfologici con dislivello progressivamente decrescente da circa

3 m a nord fino ad annullarsi a sud. L'alveo risulta incassato mediamente di 2-3 m rispetto alla piana di esondazione.

Le sponde sono quasi ovunque naturali, ad eccezione dei tratti in corrispondenza degli attraversamenti (ponte sulla S.P. 21, ponte sulla strada vicinale del Ponte Vecchio) o di alcuni brevi tratti (a valle del ponte sulla S.P. 21 e in corrispondenza del punto di derivazione della Roggia Maestra) con opere di difesa costituite da muri di contenimento in mattoni e/o calcestruzzo.

Lungo l'alveo sono osservabili opere di regimazione idraulica quali: briglia nel settore N e traversa in cemento.

Localmente, specie nei tratti sinuosi, le sponde sono interessate da fenomeni di erosione per scalzamento al piede ad opera dell'azione erosiva del corso d'acqua, con ribaltamento degli alberi ed innesco di piccole nicchie di scivolamento dei depositi di copertura. Immediatamente a valle della briglia ubicata nel tratto a N, l'erosione ha causato il parziale franamento degli argini e l'allargamento dell'alveo.

Sono presenti due punti di recapito delle tubazioni di sfioro del Collettore fognario Consortile, uno a valle del ponte della S.P. 21 ed uno all'incrocio con il sentiero di S. Maria Iniziata. Verso sud è inoltre osservabile il punto di immissione dell'alveo artificiale a cielo aperto utilizzato come scolmatore di piena del Collettore Consortile; il punto di recapito della tubazione di troppo pieno del Collettore stesso è ubicato in corrispondenza della curva a gomito di Via Dante Alighieri.

A valle del ponte sulla S.P. 21 è ancora rilevabile, nonostante la folta vegetazione, il punto di derivazione della Roggia Maestra, costituito dal cuneo in blocchi di cemento e calcestruzzo in stato di abbandono.

Il Torrente Bozzente è stato interessato in tempi storici da inondazioni in misura e gravità diverse, come desumibile dalla pubblicazione sopraccitata.

Le tabelle relative al “censimento delle zone inondate nel periodo 1965-1997” tratte dallo studio effettuato per la Provincia di Varese dall’Università di Pavia nel dicembre 1998 “Piano di previsione e prevenzione di protezione civile – Rischio idraulico e rischio dighe”, riportano che in data 31/10/1976 si è verificato un episodio di esondazione, con interessamento del vecchio corso del Bozzente in corrispondenza della Frazione S. Martino di Mozzate e dell’area oggi occupata dal Campo Sportivo in Cislago.

#### 4.5.2 Fosso o Cavo Gradaluso

Il Cavo o Fosso Gradaluso ha origine nel territorio collinare compreso tra i comuni di Vengono Inferiore, Castelnuovo Bozzente e Beregazzo con Figliaro, dalla confluenza di corsi d’acqua pertinenti a vallecole minori, ad andamento subparallelo e orientazione prevalentemente N-S, costituenti gli assi di drenaggio preferenziale di aree caratterizzate da terreni a bassa permeabilità (ambito di pianalto ferrettizzato). La densità di drenaggio è molto elevata proprio in relazione all’impermeabilità dei depositi che favorisce il deflusso delle acque superficiali e la conseguente formazione di aste fluviali gerarchicamente organizzate. Si tratta di corsi con regime torrentizio a carattere discontinuo, fortemente influenzati dai cicli stagionali; in corrispondenza di eventi meteorici intensi, la portata aumenta notevolmente innescando fenomeni erosivi e di esondazione. I torrenti

Gradaluso, Fontanile di Tradate e Bozzente, aventi bacini idrografici contigui e di dimensioni simili, sono caratterizzati dallo stesso regime e cioè i periodi di piena e di magra sono coincidenti. In tempi storici numerose esondazioni hanno colpito le aree nella direttrice Mozzate, Cislago, Gerenzano, Uboldo Origgio, Lainate, Rho che costituisce la direzione del corso antico del Bozzente, al quale le acque di piena dei tre torrenti tendevano naturalmente ad unirsi.

Il Fosso Gradaluso, lungo il suo percorso, lambisce ad oriente con tratto sinuoso il nucleo urbanizzato di Tradate, e successivamente, con tracciato rettilineo dovuto ai numerosi interventi storici di regimazione, separa Locate Varesino da Carbonate, attraversa il settore occidentale di Mozzate e va a spagliare nei boschi di Cislago a Nord di Cascina Visconta, in corrispondenza di terreni ad elevata permeabilità che permettono il disperdimento delle acque nel sottosuolo.

A partire dal limite comunale con Mozzate, nell'estremo settore nord-occidentale del territorio del comune di Cislago, è presente il tratto terminale del Fosso Gradaluso, prima dello spagliamento finale ed a valle del manufatto di regolazione posto immediatamente a monte della strada di accesso alle discariche Boschi Ramascioni e F.Ili Milanese; tale manufatto è realizzato in maniera tale da consentire il recapito delle acque di piena alla vasca di laminazione di recente realizzazione posta nell'area di confine tra Mozzate e Cislago e al contempo da mantenere il deflusso delle acque di magra e di morbida alla naturale zona di spagliamento.

Si tratta di un alveo rettilineo in terreno naturale, di larghezza di 4-4.5 m, delimitato da argini di circa 1 m, localmente caratterizzati da rotture laterali con funzione di disperdimento; in territorio di Mozzate l'alveo risulta adiacente in sponda sinistra all'argine della vasca di laminazione. Alla data dei sopralluoghi la presenza di sabbia e ghiaietto sul fondo testimonia l'azione recente di trasporto. L'alveo recapita alla zona di spaglio relativa agli eventi di magra e di morbida, caratterizzata dallo sviluppo di una vegetazione di tipo arbustivo (differenti dal bosco circostante) e presenza di rifiuti lasciati dal passaggio della corrente.

Verso sud è stato rilevato il tracciato dell'alveo di piena principale divenuto inattivo a partire dall'entrata in funzione della vasca; dal punto di vista morfologico tutta l'area di valle, delimitata a est dalla C.na Visconta e verso sud dalla S.P. 21 evidenzia la presenza di blande depressioni ed alvei relitti minori (paleoalvei) riconducibili all'azione di spagliamento prima della realizzazione della vasca di laminazione.

#### 4.5.3 Canale scolmatore

Nel settore sud del territorio comunale è presente un canale artificiale con sviluppo NE-SW, a sezione rettangolare con fondo e pareti in cemento, provvisto di attraversamenti (foto 13), con recapito finale nel Torrente Bozzente (foto 14). Tale canale raccoglie le acque provenienti dalla tubazione di sfioro del Collettore Consortile; il punto di recapito è situato in corrispondenza della curva a gomito della Via Dante Alighieri.

#### 4.5.4 Roggia Maestra

La roggia, costruita dopo la grande piena del 1756 come sfioratore di piena del Torrente Bozzente, è stata probabilmente utilizzata a scopo irriguo nel passato. Sulla base delle informazioni acquisite in Comune la roggia costituiva, fino a 15 anni fa, il recapito della fognatura delle Frazioni di Massina e S. Maria Iniziata, attualmente collettate.

La cartografia catastale messa a disposizione dal Comune risulta la presenza di un alveo appartenente al demanio idrico, disposto in direzione NW-SE, che interessa il territorio comunale dal punto di derivazione dal Torrente Bozzente fino al limite comunale sud con Gerenzano.

Sulla base dell'assetto attuale della Roggia, è possibile differenziare il corso in due tratti:

- **I Tratto** (dal T. Bozzente alla Strada Comunale da Brughiera)

In questo tratto l'alveo attuale della Roggia Maestra, in condizioni asciutte, si sviluppa in terreno naturale con andamento rettilineo e direzione NW-SE; nel tratto a valle del punto di derivazione dal Torrente Bozzente, per una lunghezza di circa 100 m, si presenta in buono stato di conservazione, con larghezza media di circa 5 m ed argini di altezza di 2.5-3 m (foto 6). Verso SE l'asta è rilevabile con traccia progressivamente più debole fino all'altezza della strada comunale da Brugheria.

Pur essendo tuttora priva di evidenze di funzionalità idraulica, l'alveo può riattivarsi in condizioni di eventi eccezionali.

La Roggia Maestra, in questo tratto, è stata pertanto inserita nella classificazione del *reticolo idrografico minore*, anche in prospettiva del ripristino della sua funzionalità come collettore delle acque di piena del T. Bozzente, tramite costituzione di un nuovo canale, qualora risulti necessaria la formazione di un'area di laminazione controllata che si verrebbe a collocare, nel caso specifico, tra il Torrente Bozzente e la Roggia Maestra. È in programma infatti da parte dell'Amministrazione Comunale il ripristino della funzionalità idraulica della Roggia Maestra nel tratto a valle della Strada da Brughiera con la realizzazione di un nuovo canale, recapitante nel Canale Scolmatore esistente. Per tale tratto è stata individuata la fascia di rispetto con attività di polizia idraulica, ai sensi della D.G.R. 7/13950/2003.

- **II Tratto** (dalla Strada Comunale da Brughiera al confine con Gerenzano): seppur presente nella cartografia catastale, l'alveo è privo di evidenza morfologica e di recapito finale.

Dalla documentazione acquisita dal Comune di Cislago e relativa ad una nota a cura dell'Ing. Attilio Savi sullo stato di fatto della fognatura comunale nel marzo 1974 (come risultante da un originale rilievo), risulta evidente che la Roggia Maestra, nel tratto a valle della Strada Comunale da Brughiera ed interessante l'area di proprietà della Garden Sporting Club di Cislago, è intubata con Ø 700 ed ha recapito finale nel canale scolmatore del Collettore Consortile. Al momento, inoltre, questo tratto risultava attivo con funzione di collettore fognario e recapito finale nel Canale Scolmatore.

L'attuale funzionalità idraulica di questo tratto non è confermata in quanto sembrerebbe essere stata interrotta per occlusione del canale stesso nella porzione terminale, al momento di dismissione dell'utilizzo come fognatura.

Per tale tratto è stata individuata una fascia di rispetto, unicamente in ragione della sua presenza nella cartografia catastale e con carattere di provvisorietà fino all'entrata in funzione del canale scolmatore di progetto.

#### 4.5.5 Alvei inattivi

Dal confronto con la cartografia catastale si evidenzia nel territorio di Cislago, oltre al T. Bozzente e Fosso Gradaluso di cui si è trattato nei precedenti paragrafi, la presenza dei seguenti alvei minori che sono stati oggetto di rilievo in sito: alveo in prossimità di C.na Mombello (settore nord-est del territorio comunale), Fosso Bisenti.

##### Alveo in prossimità di C.na Mombello

A circa 100 m dall'imbocco in curva della strada che da Cascina Mombello conduce a C.na Restelli (in comune di Mozzate), è osservabile una debole depressione, senza evidenza di alveo definito, rintracciabile verso N per una lunghezza di circa 200 m, che risulta parzialmente ostruita a monte da un'area interessata da riporto di terreno; proseguendo verso nord, la depressione tende a scomparire.

Nell'area di valle rispetto al punto di inizio della depressione, laddove nella cartografia catastale è presente il tracciato, non è invece rilevabile alcuna evidenza morfologica riferibile alla presenza di un reticolo di drenaggio attivo, sia lungo la Strada di C.na Mombello che nell'area agricola posta a est della strada.

A partire da circa 250 m dal confine provinciale con Turate, in direzione N, si osserva la comparsa di una debole incisione che diventa via via più evidente verso sud, raggiungendo larghezza massima di 4-5 m e profondità di circa 1.5-2 m, a circa 150 m dal punto di inizio. Proseguendo verso valle, l'incisione diminuisce progressivamente fino a non essere più rilevabile in corrispondenza del limite con Turate.

In entrambe le situazioni, gli alvei risultano asciutti e non vi sono evidenze, comunque, di flusso idrico recente.

Tali forme costituiscono blande ondulazioni caratteristiche dell'area di pianalto e sono riconducibili ad uno stadio iniziale di evoluzione di reticolo idrografico. Lo stato di abbandono idraulico motiva *l'esclusione di tali tracciati dalla classificazione di reticolo idrografico minore*.

##### Fosso Bisenti

Il tracciato desumibile dalla cartografia catastale è ancora parzialmente osservabile sul terreno. Si tratta di un'incisione presente nel settore nord-occidentale del territorio comunale, ad andamento rettilineo, con orientazione NW-SE, bordata da filari di alberi. L'alveo presenta larghezza di circa 3 m ed è delimitato da argini in terra di altezza di circa 1 m, generalmente conservati, ad eccezione di alcuni tratti a valle della strada vicinale del Guasto ove l'argine in sinistra idrografica è stato asportato presumibilmente a scopo di irrigazione dell'area prospiciente.

Verso monte l'incisione tende a scomparire innestandosi su un viottolo, e nella parte di valle termina con una curva ad angolo retto subito a monte di un sentiero.

L'asta veniva utilizzata in passato presumibilmente a scopo irriguo; attualmente risulta asciutta e priva di funzionalità idraulica. Non è pertanto classificabile come reticolo idrografico minore.

## 4.6 Geologia di superficie

Il rilevamento geologico delle varie aree è stato eseguito alla scala 1:10.000, utilizzando i nuovi criteri stratigrafici per il Quaternario continentale e i termini formazionali definiti dal Gruppo Quaternario - Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università di Milano (Bini, 1987).

Le caratteristiche litologiche delle unità sono state definite studiando alcune sezioni di riferimento costituite da spaccati naturali (affioramenti) ed artificiali (scavi edili) presenti nel territorio comunale ed in aree limitrofe.

I risultati ottenuti sono stati completati mediante l'esecuzione nel 2000, in occasione del precedente studio geologico, di assaggi con escavatore fino alla profondità di 3 metri e la conseguente analisi litologica e pedologica dei terreni attraversati.

Oltre alle osservazioni dirette sul terreno, i limiti tra le unità geologiche sono stati interpretati anche con l'ausilio dei dati di sottosuolo (stratigrafie dei pozzi per acqua).

Le unità geolitologiche presenti in affioramento sono di seguito descritte dalla più antica alla più recente.

30

115

### Alloformazione di Albizzate

(Pleistocene medio)

L'Unità è costituita nella sua parte superiore da depositi fini, limoso sabbiosi e limoso argillosi, pedogenizzati con un consistente profilo di alterazione (copertura loessica), di colore bruno e bruno-rossiccio e con stato di consistenza localmente tenero. Lo spessore di tale strato raggiunge massimi di 250 cm dal piano campagna; in termini pedologici l'unità si caratterizza da suoli profondi (Alfisuoli).

La parte inferiore dell'unità, per profondità oltre 130-250 cm da p.c., è costituita da ghiaie medie a supporto clastico in matrice sabbiosa e sabbioso limosa, localmente al limite tra supporto clastico e supporto di matrice. I ciottoli sono poligenici prevalentemente arrotondati con diametro massimo di 40 cm e medio di 5 cm.

La struttura è massiva o a ciottoli embricati con alternanze di strati anche ben selezionati.

Il profilo di alterazione è mediamente evoluto (spessore massimo di 2-3 m); l'alterazione si sviluppa prevalentemente ai danni dei clasti carbonatici, granitici e metamorfici che si presentano arenizzati o con patine di ossidazione e cortex.

Le litologie dei ciottoli cristallini sono tuttavia ancora ben riconoscibili.

L'unità costituisce gran parte del territorio comunale e corrisponde alla piana fluvioglaciale individuata dal terrazzo morfologico con orientazione NW-SE che attraversa il territorio comunale. Il contatto con l'Allogruppo di Besnate, più recente, è individuato dal piede di tale terrazzo.

### **Allogruppo di Besnate**

(Pleistocene superiore – Olocene)

L'Unità è espressione sedimentaria dell'espansione glaciale più recente (Wurm A.A.) ed è costituita da ghiaie a supporto clastico, localmente a supporto di matrice. La matrice è prevalentemente sabbiosa (anche grossolana) e si alterna a sabbia più fine con limo scarso o assente.

I ciottoli sono poligenici, prevalentemente arrotondati con diametro massimo che in alcuni strati raggiunge i 40 - 60 cm e mediamente è inferiore o prossimo a 10 cm.

La struttura è massiva o a ciottoli embriciati con alteranze di strati anche ben selezionati.

Il grado di alterazione è generalmente debole ed essenzialmente ai danni di alcuni clasti carbonatici ed alcuni clasti granitici che si presentano arenizzati. Si osserva la presenza abbastanza ricorrente di strati ghiaiosi a granulometria più grossolana alla profondità di circa 3 m.

Il profilo di alterazione superficiale varia da poco a moderatamente evoluto (max 2 m).

L'Unità affiora nel settore sud-occidentale del territorio comunale, in corrispondenza della piana inferiore che costituisce il livello fondamentale della pianura. L'unità poggia direttamente sull'Alloformazione di Albizzate (Riss A.A.)

31

115

### **Unità postglaciale**

(Olocene)

La litologia prevalente è a ghiaie fini, sabbie, limi sabbiosi e limi con rari ciottoli. L'unità è presente nella zona d'alveo del T. Bozzente e nelle relative aree di esondazione. I depositi dell'unità sono privi di suoli.

I caratteri sedimentologici e pedologici indicano un ambiente di sedimentazione fluviale; l'età è presumibilmente Olocenica.

## **4.7 Osservazioni litostratigrafiche di dettaglio**

Le caratteristiche litologiche di ciascuna delle unità riconosciute sono state osservate in aree di affioramento (spaccati naturali ed artificiali), nonché in appositi sondaggi eseguiti con escavatore (profondità di 3-4 metri) effettuati in occasione del precedente studio geologico.

Di seguito vengono descritte le caratteristiche riscontrate in ciascuno dei punti di osservazione dall'alto verso il basso.

### **Sezione S1**

Località: Via Falcone, 250 m s.l.m. in prossimità della 1a Area di Variante al P.R.G.

da 0 a 0,40 m	Terreno di coltura limoso-argilloso color bruno chiaro.
da 0,40 a 1,40 m	Limo argilloso bruno con vari ciottoli poligenici non alterati
da 1,40 a 2,50 m	Ghiaie poligeniche in abbondante matrice limoso-argillosa. Ciottoli da freschi a mediamente alterati.
da 2,50 a 3,10 m	Sabbie grossolane debolmente limose, color bruno giallastre con ghiaia.
da 3,10 a 3,70 m	Abbondanti ghiaie poligeniche, a ciottoli subarrotondati, in sabbie pulite.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Alloformazione di Albizzate.*

### Sezione S2

Località: Via Virgilio, 233 m s.l.m. in prossimità del curvone in località S. Maria Inziata

da 0 a 0,60 m	Terreno di coltura limoso-argilloso color bruno con rari ciottoli freschi.
da 0,60 a 1,70 m	Ghiaie poligeniche a supporto di matrice limoso-argillosa color bruno. Ciottoli subarrotondati di dimensioni anche decimetriche.
da 1,70 a 2,00 m	Ghiaie con progressivo aumento della frazione argillosa nella matrice sabbiosa grossolana.
da 2,00 a 3,50 m	Ghiaie poligeniche a ciottoli, da inalterati a debolmente alterati, da angolosi a subarrotondati e di dimensioni variabili da centimetriche a decimetriche, in matrice sabbiosa grossolana debolmente limosa.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Allogruppo di Besnate.*

32

115

### Sezione S3

Località: Via Petrarca, 228 m s.l.m.

da 0 a 0,40 m	Terreno di coltura limoso-argilloso color bruno chiaro.
da 0,40 a 1,00 m	Limo argilloso bruno chiaro con rari ciottoli, con progressivo aumento della frazione argillosa attorno a 0,80 - 1,00 m di profondità.
da 1,00 a 1,80 m	Ghiaie poligeniche in abbondante matrice limoso-argillosa con ciottoli di dimensioni da centimetriche a decimetriche, da freschi a debolmente alterati.
da 1,80 a 2,30 m	Ghiaie a supporto clastico in matrice sabbioso-limosa. La percentuale della frazione sabbiosa aumenta con la profondità. Ciottoli mediamente freschi di dimensioni da centimetriche a decimetriche.

da 2,30 a 3,20 m Ghiaie a supporto clastico in matrice sabbiosa poco limosa color grigio chiaro. Clasti eterometrici a granulometria media maggiore rispetto al livello precedente, di dimensioni massime attorno ai 30 cm, da freschi a debolmente alterati.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Allogruppo di Besnate.*

#### Sezione S4

Località: Zona marginale della 2a Area di Variante al P.R.G., poco distante dal corso del T. Bozzente, in prossimità della S.P. n. 21 - 240 m s.l.m.

da 0 a 0,50 m Terreno di coltura limoso-argilloso color bruno.

da 0,50 a 1,30 m Ghiaia grossolana e sabbia in matrice limosa debolmente argillosa color bruno chiara, passante a limo sabbioso in profondità (~ 1,00 m). Ciottoli eterometrici (dimensioni massime di 20 cm) da freschi a debolmente alterati.

da 1,30 a 2,80 m Ghiaia grossolana/media a prevalente pezzatura costante, in matrice sabbiosa color grigio chiara. Ciottoli mediamente non alterati a progressivo e prevalente supporto clastico.

da 2,80 a 3,70 m Ghiaie e sabbie pulite.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Allogruppo di Besnate.*

#### Sezione S5

Località: Via del Popolo, 249 m s.l.m. in prossimità del campetto da calcio.

da 0 a 0,50 m Terreno di riporto.

da 0,50 a 2,00 m Limo argilloso color bruno chiaro con rari ciottoli sparsi poco alterati.

da 2,00 a 2,50 m Ghiaia in abbondante matrice limosa debolmente sabbiosa. Ciottoli sostanzialmente freschi di dimensioni da centimetriche a decimetriche.

da 2,50 a 3,50 m Ghiaie abbondanti di granulometria più grossolana, al limite tra il supporto di matrice e quello clastico. Aumento della frazione sabbiosa nella matrice limosa color bruno chiaro/giallastra. La matrice più sabbiosa in profondità appare di color nocciola.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Alloformazione di Albizzate.*

**Sezione PZ**

Località: Via Libertà, 234 m s.l.m. - pozzetto esplorativo di supporto ad una serie di prove penetrometriche per lo studio del terreno di fondazione di una Casa comunale per anziani.

da 0 a 0,10 m	Terreno di coltura limoso argilloso color bruno.
da 0,10 a 1,15 m	Limo argilloso color bruno rossiccio con rari ciottoli.
da 1,15 a 1,45 m	Ghiaie di dimensioni eterometriche (massime attorno ai 30 cm), a ciottoli inalterati e subarrotondati in abbondante matrice limoso-sabbiosa color bruno rossiccio.
da 1,45 a 4,15 m	Ghiaie poligeniche di dimensioni variabili in matrice sabbiosa debolmente limosa color bruno nocciola. Ciottoli sostanzialmente freschi.

*Interpretazione: depositi fluvioglaciali ascrivibili all'Allogruppo di Besnate.*

## 4.8 Idrogeologia

Sulla base delle caratteristiche litologiche dedotte dalle stratigrafie di pozzi esistenti, si riconoscono nel sottosuolo varie unità idrogeologiche, distinguibili per la loro omogeneità di costituzione e di continuità orizzontale e verticale.

Le unità idrogeologiche si succedono, dalla più superficiale alla più profonda, secondo il seguente schema:

34

115

### 3) UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA

È costituita da depositi in facies fluvioglaciale e fluviale caratterizzati in prevalenza da ghiaie eterometriche, sabbie e ciottoli, con subordinate intercalazioni di conglomerati e di argille e limi sabbiosi privi di continuità laterale.

Negli strati più superficiali del sottosuolo si riscontrano localmente livelli di argille bruno-rossastre e ghiaie limoso-argillose da poco a molto alterate con spessori estremamente variabili (0-20 m) in funzione del grado di erosione complessivo dell'area. Ciò condiziona il grado di protezione degli acquiferi dalle infiltrazioni provenienti dalla superficie

L'unità è presente con continuità in senso orizzontale e verticale raggiungendo uno spessore complessivo da 70 a oltre i 100 m.

È sede dell'acquifero superiore di tipo libero e localmente semiconfinato con soggiacenza media di circa 30-35 m dal p.c., tradizionalmente utilizzato dai pozzi di captazione a scopo idropotabile.

L'acquifero superiore contenuto in tale unità è caratterizzato da elevato grado di vulnerabilità ad eventuali inquinamenti provenienti dalla superficie in quanto sono assenti o poco sviluppati livelli superficiali a bassa permeabilità eventualmente limitanti la diffusione di inquinanti idrogeologici.

### 2) UNITÀ ARGILLOSO-GHIAIOSA

E' costituita da depositi in facies marina e transizionale ad argille e limi argillosi grigi arealmente continui, a cui si intercalano livelli ghiaiosi, sabbiosi e conglomeratici, sede di falde idriche intermedie e profonde di tipo confinato e semiconfinato.

Gli acquiferi dell'unità presentano un basso grado di vulnerabilità intrinseca essendo delimitati a tetto da livelli a bassa permeabilità arealmente continui con funzione di protezione dalle contaminazioni superficiali. L'isolamento degli acquiferi profondi rispetto all'acquifero superficiale viene generalmente confermato dalle buone caratteristiche qualitative delle acque captate.

La produttività degli acquiferi profondi nel territorio è da considerarsi buona, con valori compresi fra 25 l/s e oltre 50 l/s ed abbassamenti inferiori ai 15 m.

---

La caratterizzazione idrogeologica sopracitata è stata posta a confronto con la suddivisione delle unità idrostratigrafiche introdotta da Avanzini M., Beretta G.P., Francani V. e Nespoli M, 1994 di seguito descritta dall'alto verso il basso:

- UNITÀ GHIAIOSO-SABBIOSA (facies fluviali dell'Olocene-Pleistocene Sup.);
- UNITÀ SABBIOSO-GHIAIOSA (facies fluviali del Pleistocene Medio);
- UNITÀ A CONGLOMERATI E ARENARIE (facies fluviali del Pleistocene Inf.);
- UNITÀ SABBIOSO-ARGILLOSA (facies continentale e transizionale, Pleistocene Inf.-Villafranchiano Sup. e Medio Auct.);
- UNITÀ ARGILLOSA (facies marina, Pleistocene Inf.-Calabriano Auct.).

35

115

Queste unità sono state più di recente riclassificate nello studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia" condotto tra il 1999 e il 2002 dalla Regione Lombardia in collaborazione con Eni – Divisione Agip nelle nuove seguenti unità idrostratigrafiche, derivanti dalla ricostruzione di un modello geologico della pianura a scala regionale attraverso l'interpretazione di dati sismici e stratigrafici:

**Gruppo Acquifero A** (Olocene-Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'unità ghiaioso-sabbiosa;

**Gruppo Acquifero B** (Pleistocene Medio); all'incirca corrispondente all'insieme delle unità sabbioso-ghiaiosa e a conglomerati e arenarie;

**Gruppo Acquifero C** (Pleistocene Medio); corrispondente alla parte superiore dell'unità sabbioso-argillosa;

**Gruppo Acquifero D** (Pleistocene Inf.); corrispondente alla restante parte dell'unità sabbioso-argillosa.

Sulla base delle profondità e delle caratteristiche litologiche desunte dallo studio Regione Lombardia – Eni, si è pertanto riconosciuto (cfr. immagine seguente) la coincidenza della unità 3 con l'insieme dei gruppi acquiferi A+B e dell'unità 2 con il gruppo acquifero C. Non è possibile individuare la comparsa del gruppo acquifero D per insufficienza di dati stratigrafici di pozzi profondi.

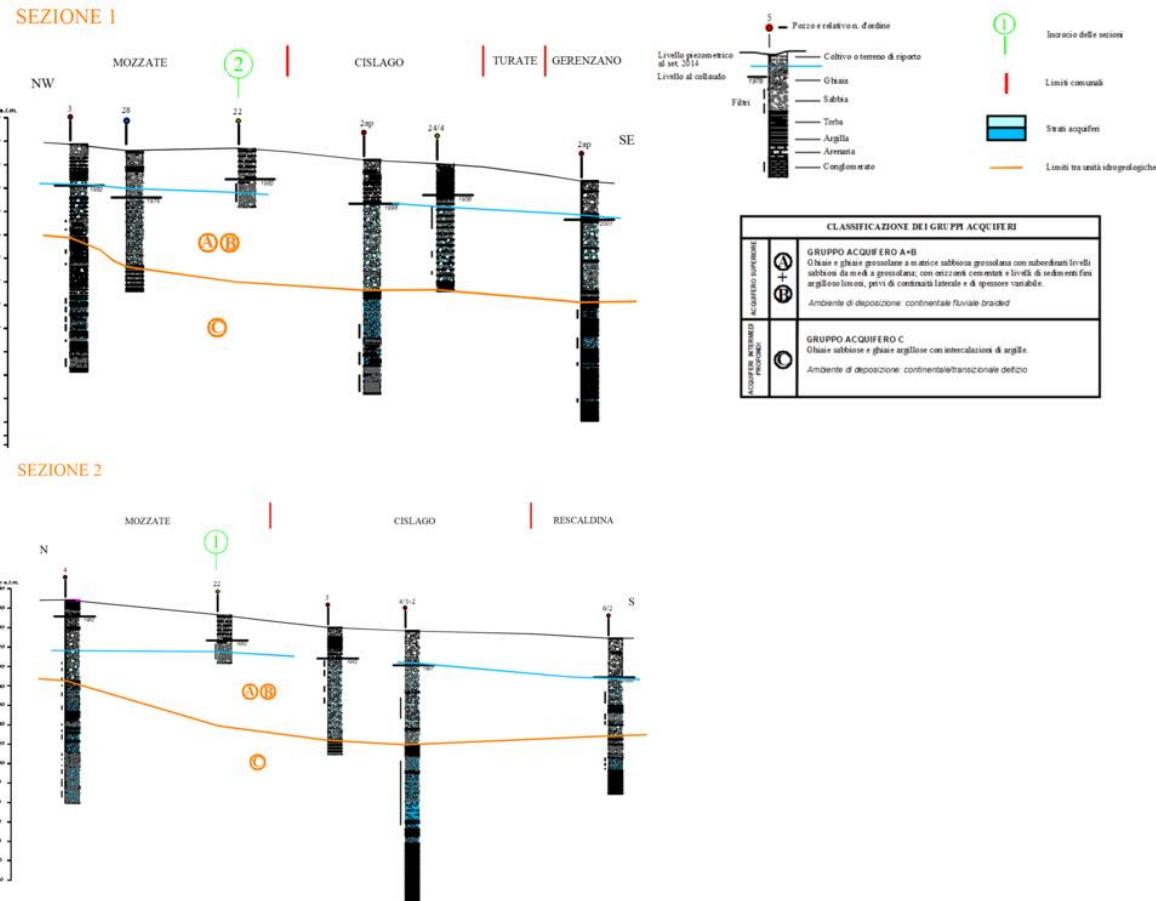


Figura 7: sezioni idrogeologiche

#### 4.8.1 Caratteri piezometrici locali

La morfologia della superficie piezometrica dell'acquifero superiore è stata ricostruita tramite i dati di soggiacenza riferiti al periodo settembre 2009, ottenuti dalle misure di soggiacenza registrate in occasione di apposita campagna di misurazione effettuata dagli Scriventi sui pozzi/piezometri del territorio, integrati dai dati di livello sui punti di controllo delle reti di monitoraggio CAP Gestione S.p.A., ARPA di Como, Provincia di Varese e sui piezometri della discarica di Gorla Maggiore-Mozzate (acquisiti da Econord/Comune di Mozzate).

comune	n.	Quota p.c. (m s.l.m.)	Livello statico (m)	Quota piezometrica (m s.l.m.)
Cislago	22	240,5	37,4	203,1
Cislago	27/3	207,13	4,65	202,48
Cislago	30	237,1	35,5	201,6
Gerenzano	9/c	220,65	41,24	179,41
Gorla Minore	39/2	241,93	43,63	198,3
Gorla Maggiore	pz02	263,63	44,91	218,72
Gorla Maggiore	pz03	263,7	45,09	218,61
Gorla Maggiore	pz06	260,36	44,63	215,73
Gorla Maggiore	pz012	263,33	44,13	219,2
Gorla Maggiore	pz013	263,42	44,63	218,79
Mozzate	pz02bis	259,58	44,18	215,4
Mozzate	pz13bis	257,895	43,64	214,255
Mozzate	pz14bis	253,63	42,16	211,47
Mozzate	pz15bis	255,02	42,98	212,04
Mozzate	pz026	259,59	43,32	216,27
Mozzate	pz029	255,12	43,09	212,03
Mozzate	pz030	252,81	42,49	210,32
Mozzate	pz032	251,67	42,12	209,55
Uboldo	23/A	203,4	34,27	169,13
Uboldo	P sud	202,4	30,13	172,27

Tabella 2- campagna piezometrica sui pozzi/piezometri dell'area

I dati utilizzati, riassunti nella sottostante tabella, sono stati preliminarmente interpolati tramite l'utilizzo di software dedicato (Surfer) secondo il sistema di interpolazione dei dati Kriging.

Nell'area in esame, la morfologia della superficie piezometrica evidenzia una falda radiale debolmente divergente, con quote piezometriche comprese tra 188 e 208 m s.l.m.; le componenti locali del flusso idrico assumono una direzioni NNW-SSE e NW-SE e il gradiente idraulico è mediamente compreso tra i valori di 5‰ e 7‰.

La dinamica nel tempo delle variazioni della superficie piezometrica è illustrata dal grafico di **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** ottenuto dalla serie storica dei dati del pozzo C.A.P. 001 di Rescaldina, situato a SW rispetto al territorio di Cislago.

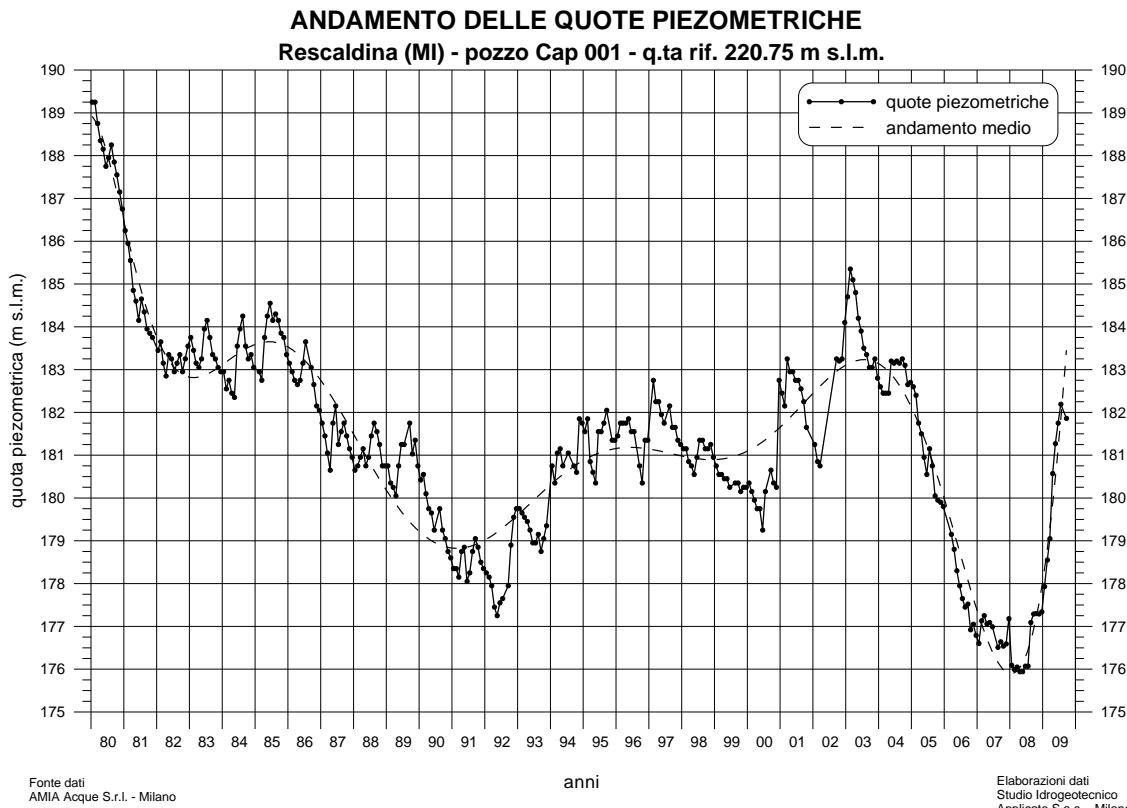


Figura 8: Andamento delle quote piezometriche – Rescaldina CAP 001

38

115

Durante il periodo investigato (1980÷2009) si registra un massimo piezometrico relativo all'anno 1980 che ha interessato l'intera pianura milanese fin dal 1978 e causato dalle abbondanti precipitazioni del 1976-1977.

Dopo il 1980 si registra una generale tendenza all'abbassamento delle quote piezometriche che evidenzia l'instaurarsi di un periodo di magra che ha avuto il suo apice nel mese di maggio 1992, in cui la falda raggiunge i 43.5 m di profondità, con approfondimento piezometrico rispetto al 1980 pari a circa 12 m. Dalla seconda metà del 1992, a seguito di un moderato aumento delle precipitazioni medie, si assiste ad un sensibile recupero delle quote piezometriche medie; l'andamento successivo evidenzia un moderato decremento delle quote piezometriche tra il 1997 e il giugno 2000 (circa 3 m), seguito dal picco piezometrico relativo del marzo 2001.

#### 4.9 Vulnerabilità integrata degli acquiferi

La carta della vulnerabilità, riportata qui di seguito in figura, è data dalla associazione di due differenti elaborati: la carta della vulnerabilità intrinseca e la mappa dei centri di pericolo e dei soggetti recettori dell'inquinamento.

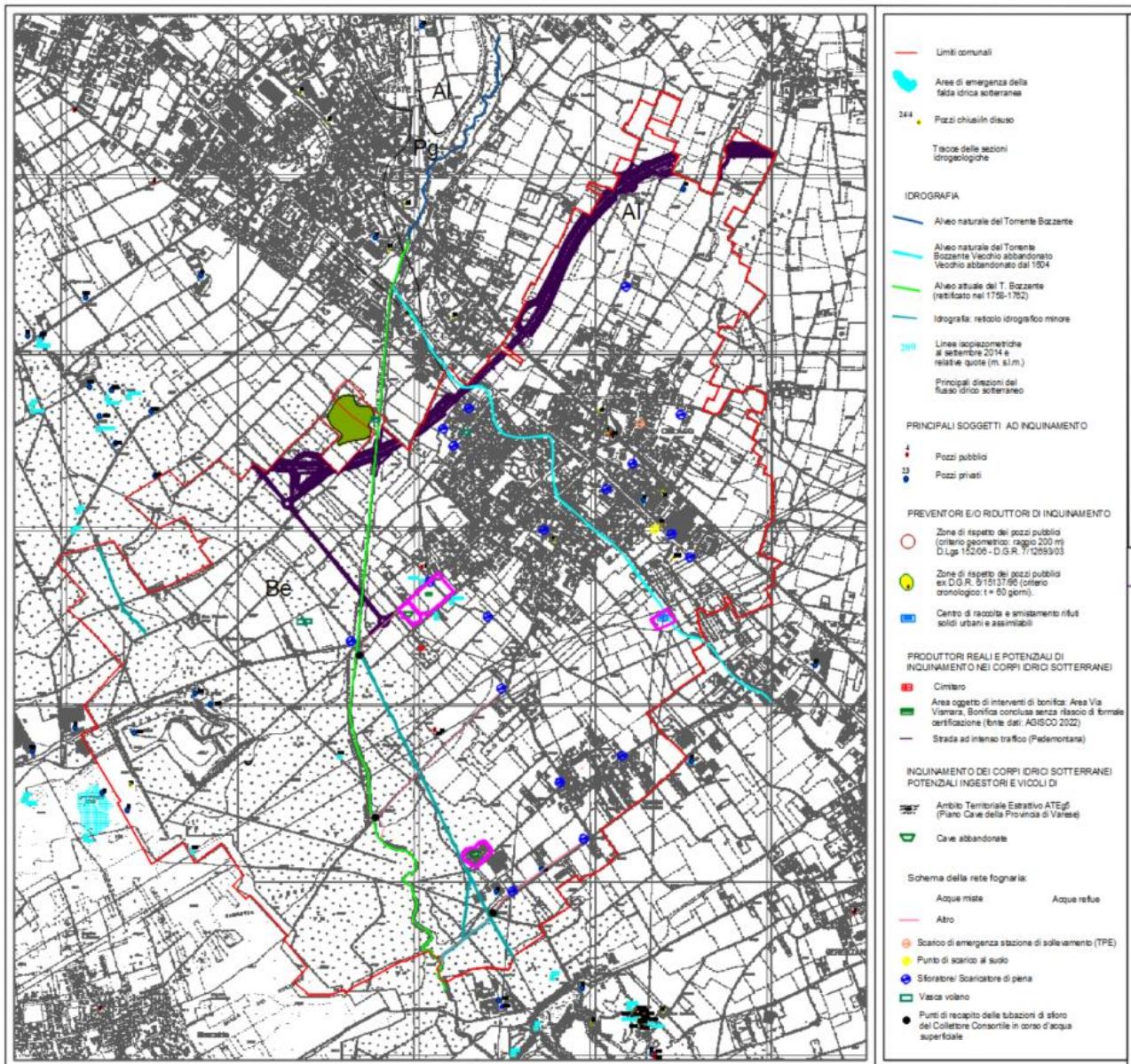


Figura 9: carta della vulnerabilità

Nella definizione del grado di vulnerabilità intrinseca è stato utilizzato il Metodo della Legenda unificata, messo a punto da Civita M. (1990) nell'ambito del progetto VAZAR (Vulnerabilità degli acquiferi ad alto rischio) del CNR. Ad esso sono state applicate alcune modifiche (Maestrello H., Rigamonti I., Uggeri A., Ghezzi E.) per adattarlo alla situazione locale.

La vulnerabilità intrinseca di un'area viene definita principalmente in base alle caratteristiche ed allo spessore dei terreni attraversati dalle acque di infiltrazione (e quindi dagli eventuali inquinanti idrogeologici) prima di raggiungere la falda acquifera, nonché dalle caratteristiche della zona satura. Essa dipende sostanzialmente da tre fattori che, per il territorio di Cislago, sono così definiti:

1) *caratteristiche di permeabilità dell'unità acquifera e modalità di circolazione delle acque sotterranee in falda*: l'acquifero più superficiale, a cui si riferisce la Carta, è comune a tutta l'area ed è da considerarsi complessivamente omogeneo. Esso è costituito da ghiaie e sabbie e possiede quindi un'elevata permeabilità interstiziale.

Nell'acquifero libero sono scarsi o assenti gli elementi litologici (argille, torbe) in grado di attenuare eventuali fenomeni di inquinamento delle acque sotterranee, ad eccezione delle sequenze sommitali (suoli) in prossimità della superficie topografica.

2) *soggiacenza della falda*: i valori di soggiacenza si attestano su valori > 30/35 m da p.c.

3) *caratteristiche litologiche e di permeabilità del non saturo*: la protezione della falda è condizionata dallo spessore e dalla permeabilità dei terreni soprafalda e dalla presenza di suoli e livelli argillosi in superficie. Nel caso in esame la parte inferiore della zona non satura è caratterizzata da depositi ghiaiosi e sabbiosi che non offrono garanzie di protezione a causa dell'elevata permeabilità, mentre la parte superiore è rappresentata dalle unità quaternarie in affioramento caratterizzate da diverso spessore e tipologia di sequenze sommitali fini che rappresentano i livelli più importanti di protezione della falda

Il grado di vulnerabilità di ciascuna area è quindi condizionato dalla presenza, in affioramento o nel sottosuolo delle unità stratigrafiche riconosciute nel rilevamento dei depositi quaternari di superficie, con la taratura basata sui dati stratigrafici dei pozzi presenti nell'area.

In particolare, nel territorio di Cislago le coperture superficiali a bassa permeabilità sono molto ridotte, garantendo una protezione molto limitata dell'acquifero libero.

4) *presenza di corpi idrici superficiali*: in caso di presenza di corsi d'acqua sospesi rispetto alla superficie piezometrica, vi è la possibilità di ingressione diretta in falda di acque superficiali in ragione del loro ruolo di alimentazione.

40

115

La sintesi delle informazioni raccolte ha permesso la delimitazione di 3 aree omogenee contraddistinte da un differente grado di vulnerabilità intrinseca (da estremamente elevato a alto).

In sintesi:

Area di affioramento dell'Alloformazione di Albizzate – settore orientale: acquifero libero in materiale alluvionale, con soggiacenza > 30/35 m, copertura superficiale costituita dall'orizzonte pedogenizzato superiore dei depositi fluvioglaciali dell'Alloformazione di Albizzate (max 2-4 m).

*Grado di vulnerabilità: alto*;

Area di affioramento dell'Allogruppo di Besnate – settore occidentale: acquifero libero in materiale alluvionale con soggiacenza >30/35 m, copertura superficiale di spessore ridotto/moderato, in corrispondenza dei depositi dell'Allogruppo di Besnate.

*Grado di vulnerabilità: elevato/alto*;

Area di affioramento dell'Unità di Postglaciale – settore centro-settentrionale: acquifero libero in materiale alluvionale con corso d'acqua sospeso rispetto alla piezometrica media della falda in corrispondenza di depositi fluviali, localmente fini.

*Grado di vulnerabilità: elevato.*

La vulnerabilità integrata considera, oltre alle caratteristiche naturali sopra elencate, la pressione antropica esistente sul sito, ed in particolare la presenza di "centri di pericolo", definibili come attività o situazioni non compatibili nella zona di rispetto dei pozzi ad uso potabile, ai sensi dell'art. 94 del D.Lgs. 152/06 (e successive modificazioni).

In **Tav. 2** sono stati riportati alcuni elementi di carattere puntuale che concorrono alla definizione della vulnerabilità integrata e che sono riconducibili alle seguenti categorie con riferimento alla Legenda Unificata del GNDI – CNR.:

Gli elementi cartografati sono riconducibili alle seguenti categorie:

*Produttori reali e potenziali di inquinamento dei corpi idrici sotterranei*

- **insediamenti produttivi** considerati a rischio ai fini della contaminazione della falda.

Sulla base del censimento delle attività produttive appositamente fornito dall'Ufficio Tecnico del Comune, si sono considerati ed ubicati quegli insediamenti la cui tipologia di lavorazione può prevedere lo stoccaggio di rifiuti pericolosi e/o materie prime che possono dar luogo a rifiuti pericolosi al termine del ciclo produttivo.

In particolare, le categorie di attività ritenute "a rischio" sono le seguenti:

ATTIVITA'
Autofficine, carrozzerie
Falegnameria, trattamento del legno, produzione mobili
Carpenteria, torneria, metallurgia, officina meccanica
Autotrasporti, spedizionieri, deposito automezzi
Produzione e lavorazione materie plastiche
Industria alimentare
Maneggio
Azienda agricola
Florovivaista
Industria elettrotecnica - elettrica
Lavorazione vetro
Industria ceramica
Distributore di carburante e/o autolavaggio/stazione di servizio/benzinaio ATTIVI

Stampaggio materie plastiche
Cimitero
Area oggetto di interventi di bonifica

- **area con iter di bonifica in corso** (ai sensi del D.Lgs. 152/06): si tratta di un'area di ex cava (Via Vismara) che è stata interessata da deposito di rifiuti inerti ed è stata oggetto nel 2006 di caratterizzazione ambientale e successivo progetto preliminare di ripristino ambientale con messa in sicurezza permanente.
- **sistema fognario comunale:** indipendentemente dall'eventuale presenza di depuratori, in grado di prevenire maggiori problemi di inquinamento, le reti fognarie rappresentano dei centri di pericolo per l'eventuale presenza di perdite accidentali (deterioramento dell'impermeabilizzazione del fondo) o sistematiche (cattiva esecuzione di tratti della rete). In Tav. 2 sono riportati i tracciati della rete fognaria comunale, del Collettore Consortile () :

- il tracciato delle tubazioni delle acque miste;
- il Collettore Consortile;
- i punti di recapito delle tubazioni di sfioro del Collettore Consortile in corso d'acqua superficiale (T. Bozzente e alveo scolmatore);
- gli sfioratori del Collettore Consortile.
- **cimitero.**

42

115

#### *Principali soggetti ad inquinamento*

- **pozzi di captazione ad uso idropotabile:** è opportuno segnalare che i pozzi captanti acquiferi sovrapposti, oltre ad essere dei soggetti ad inquinamento, rappresentano essi stessi dei centri di pericolo per l'acquifero confinato in quanto costituiscono una interruzione della continuità degli orizzonti di protezione;

#### *Preventori e/o riduttori di inquinamento*

- **Centro per la raccolta differenziata** ed il trattamento dei rifiuti solidi urbani.

#### *Potenziali ingestori e via colo di inquinamento dei corpi idrici sotterranei*

- **Ambito Territoriale Estrattivo:** nel settore occidentale del comune, al confine con Gorla Minore e Rescaldina è situato il perimetro relativo all'Ambito Territoriale Estrattivo (ATEg5), desunto dal Piano Cave della Provincia di Varese (approvato con D.C.R. VIII/698 del 30.09.08). Il perimetro comprende l'area estrattiva a ghiaie e sabbie, le aree di rispetto, le aree per servizi e le aree per gli impianti. Le aree

caratterizzate da attività estrattiva in corso sono interessate da riduzione dello spessore della zona non satura per asportazione dei materiali di copertura e possono pertanto costituire via di contaminazione.

- **Pozzi in disuso:** rappresentano potenzialmente la via preferenziale di inquinamento dei corpi idrici sotterranei.

## 5 MODELLAZIONE DEL TERRITORIO E DELLA RETE

### 5.1 Schema modellistico

I tempi di ritorno scelti per la modellazione sono quelli riportati nell'Art. 14 comma 7 del R.R. 7/2017 ovvero Tr 10, 50 e 100 anni, a cui sono state aggiunte le simulazioni per il Tr2e 5 anni, particolarmente significative per individuare i punti di maggior criticità idraulica della rete. Il tempo di ritorno di 10 anni è quello generalmente adottato per il dimensionamento delle reti fognarie, i Tr più elevati (50 e 100 anni) sono invece quelli imposti dall'Art. 11 del RR per il dimensionamento delle opere di invarianza (50 anni per il dimensionamento, 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza). Per la scelta delle schematizzazioni modellistiche da utilizzare, si è fatto riferimento al manuale "Code of Practice for the hydraulic Modelling of Urban Drainage System (version 01, anno 2017)" del CIWEM Urban Drainage Group.

I modelli suggeriti sono di tipo monodimensionali "1D di rete-2D di allagamento accoppiati". Per il presente studio è costruito un modello 1D della rete fognaria un modello 2D per la mappatura degli allagamenti superficiali con il software INFOWORKS ICM.

Lo schema modellistico proposto consente di rappresentare la risposta di drenaggio specifica di un territorio e può essere utilizzato quale strumento di pianificazione e valutazione del rischio idraulico al fine di:

- riconoscere i problemi idraulici all'interno di un bacino idraulico, compresa l'identificazione dei rischi di allagamento, deflusso fognario in pressione e difficoltà allo scarico;
- simulare e identificare le prestazioni degli scolmatori di piena a servizio di reti miste e opere idrauliche di supporto (impianti di sollevamento, by-pass, etc.);
- individuare la necessità di interventi di riqualificazione idraulica urbana e condurre le prime valutazioni di impatto a scala territoriale in caso di realizzazione parziale o distribuita;
- valutare l'impatto degli sviluppi proposti, i cambiamenti climatici e lo sviluppo urbano.

44

115

### 5.2 Codici di calcolo impiegati

Per la modellazione della rete e del territorio è stato utilizzato il software *Infoworks ICM*.

#### 5.2.1 Infoworks ICM

Il software impiegato nella modellazione è InfoWorks ICM di HR Wallingford che consente il dimensionamento e la verifica di reti di fognatura di qualsiasi estensione e complessità, dalla piccola urbanizzazione alla grande città, utilizzando algoritmi di calcolo molto sofisticati.

Inserendo come dati di input gli elementi della rete con le proprie caratteristiche geometriche e funzionali (pozzetti, tubazioni, sifoni, sfioratori di piena, impianti di sollevamento, etc.) ed i sottobacini con le relative caratteristiche idrologiche, si può studiare il comportamento della rete sia in tempo asciutto, con il solo deflusso in rete derivante dagli scarichi civili, che in tempo bagnato, con gli eventi meteorici combinati con gli scarichi civili.

InfoWorks appartiene alla categoria dei modelli di simulazione "distribuiti" e "fisicamente basati", ossia considera la variabilità spaziale e temporale delle caratteristiche del sistema e descrive i processi idrologici ed idraulici attraverso le equazioni fondamentali della fisica che ne governano il funzionamento.

L'unità di calcolo idrologico di InfoWorks, per la quale vengono calcolati afflussi e deflussi, è data dal sottobacino, all'interno del quale è possibile definire la generazione di portate nere, attraverso dati di popolazione e dotazione idrica.

Ogni sottobacino è a sua volta composto da superfici, ossia presenti al suo interno zone impermeabili (strade, marciapiedi, tetti, edifici minori, cortili, ferrovie, etc.) e zone permeabili (parchi, verde pubblico e privato). La risposta idrologica è data da ogni singola superficie che contribuisce in modo indipendente al deflusso del sottobacino. Il deflusso complessivo si genera dunque dalla somma dei contributi di ogni categoria di superficie presente all'interno del sottobacino.

Il calcolo idrologico può essere sintetizzato nei seguenti tre processi fondamentali:

- trasformazione pioggia linda in pioggia netta: vengono calcolate le perdite iniziali, per decurtare la prima parte dell'evento di pioggia che viene perso nelle depressioni superficiali e per imbibimento delle superfici;

- trasformazione pioggia netta in portata: la pioggia netta (ovvero priva delle perdite iniziali) entra in una formulazione che determina la trasformazione della pioggia in portata; da uno ietogramma si ottiene così un idrogramma. Tra quelli proposti, viene qui scelto il metodo classico (equivalente formula razionale), per il quale una quota parte costante ed invariabili e della pioggia netta che colpisce la superficie viene indirizzata alla fognatura, il resto viene perso o si infiltra;

- ruscellamento: il processo di trasferimento al nodo viene controllato da varie formulazioni e parametri che consentono di avere risposte più o meno rapide in funzione della natura della superficie. Tra quelli proposti, viene qui scelto il metodo Wallingford, che rappresenta il trasferimento al nodo con due invasi lineari in cascata.

Una volta calcolata l'immissione al nodo termina il calcolo idrologico e inizia il calcolo idraulico, a moto vario.

La schematizzazione della propagazione delle portate in rete avviene utilizzando le equazioni di De Saint Venant complete.

Tali equazioni sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione. Per permettere ad InfoWorks di simulare anche situazioni di condotte in pressione (senza problemi nella transizione da uno stato all'altro) il motore di calcolo adotta la tecnica dello slot di Priessman, per il quale si ipotizza una piccola fessura alla sommità della condotta, fino al piano campagna. Così facendo il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità efficace nella transizione da moto a gravità a quello in pressione.

La metodologia di calcolo a moto vario è in grado di tenere conto dei volumi in gioco e quindi delle attenuazioni dell'onda di piena, quando questa riempie i volumi disponibili in rete (tubazioni, canali, pozzetti) oppure vere e proprie vasche di espansione. Quando il sistema va in pressione ed esonda si tiene conto anche dell'invaso, che può avvenire in superficie, quando si allaga il territorio.

### 5.3 Rilievo e geometria della rete

Il servizio di fognatura e di acquedotto di Cislago sono stati gestiti direttamente Lario Reti Holding.

Il modello idraulico del sistema fognario a servizio del Comune di Cislago è stato implementato utilizzando come base di partenza i dati, i documenti e le informazioni forniti dal gestore e dal Comune.

Partendo da questi dati, la rete è stata modellata tramite l'impiego di 1013 pozzetti, 1035 condotte. Il bacino afferente alla rete simulata è stato suddiviso in 677 sottobacini.

La fognatura comunale di Cislago ha un'estensione di 48,2 km, ed è così suddivisa:

Cislago	
Tipologia	Estensione [km]
Bianca	6.3
Nera	0
Mista	41.9
<b>Totale</b>	<b>48.2</b>

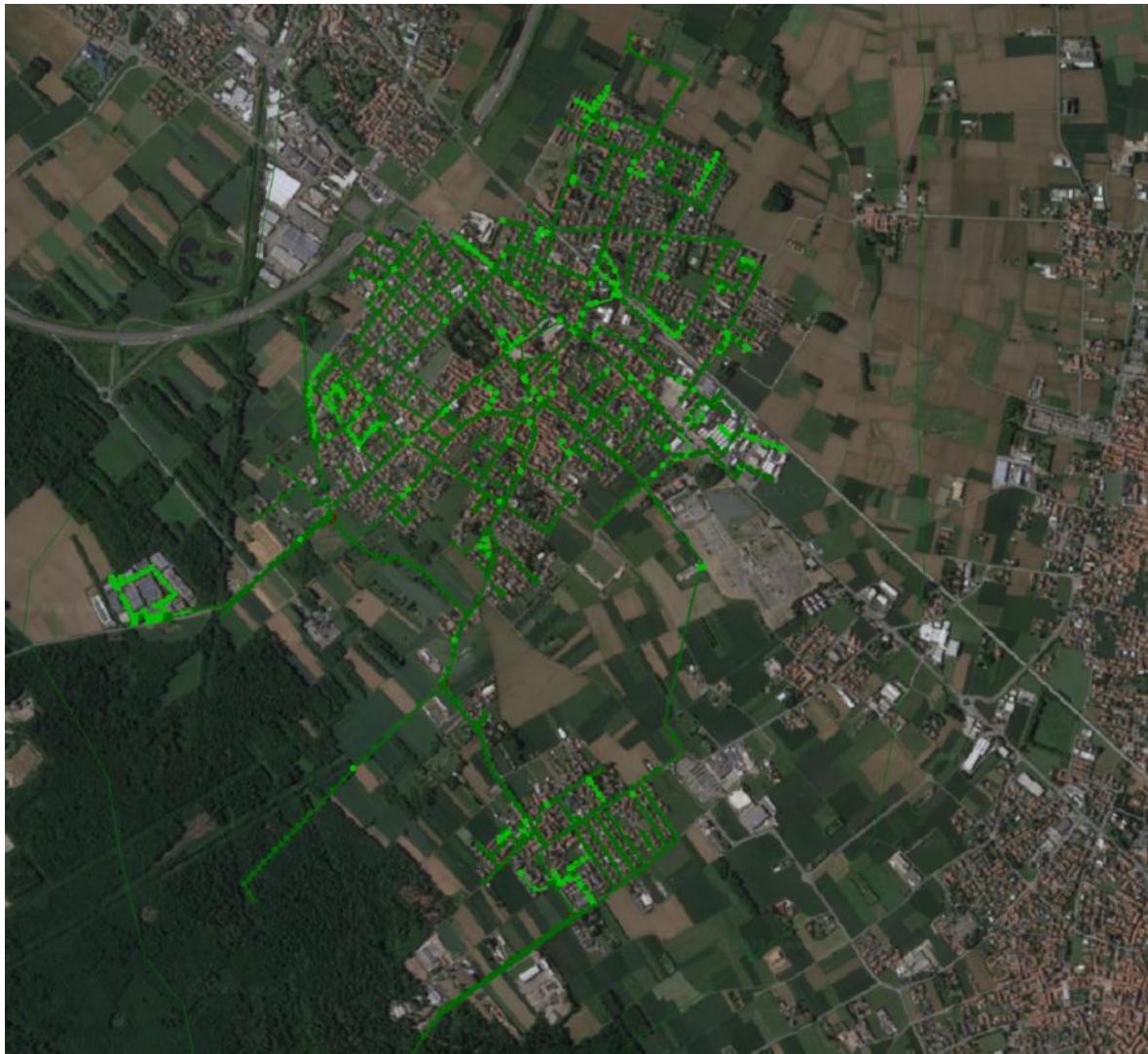


Figura 10: Geometria rete fognaria di Cislago

## 5.4 Modello digitale del terreno

Come base topografica per la definizione degli allagamenti superficiali è stato utilizzato un modello digitale del terreno 5 x 5 m. È stata verificata la coerenza tra questo rilievo superficiale e le quote dei nodi provenienti dal rilievo, e da tale verifica è emersa una buona congruenza di quote.

## 5.5 Ipotesi modellistiche

Il modello matematico della rete fognaria di Cislago è stato realizzato sulla base del rilievo geometrico e piano-altimetrico della fognatura, opportunamente predisposto per simulare la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali sul territorio comunale al fine di verificare lo stato della rete fognaria esistente.

Lo studio idraulico si è sviluppato secondo le seguenti fasi operative:

- implementazione del modello matematico 1D della rete sulla base dei dati di rilievo;
- taratura del modello matematico rispetto agli studi pregressi;
- analisi pluviometrica;
- analisi dello stato di fatto e individuazione delle criticità attraverso simulazioni per diversi tempi di ritorno.

Il modello matematico simula la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali analizzando diversi scenari aventi come input eventi sintetici caratterizzati da tempi di ritorno rispettivamente di 2, 5, 10, 50 e 100 anni. Il modello stima le portate meteoriche utilizzate per verificare i tronchi della rete fognaria. Oltre alle portate meteoriche calcolate dalla pioggia netta ricadente in ambito comunale, sono state stimate anche le portate nere provenienti dagli scarichi civili e dalle attività antropiche presenti sul territorio.

Le aree interessate dall'allagamento superficiale sono state mappate a partire dalle portate esondate dalle camerette fognarie accoppiando bidirezionalmente il modello 1D della rete fognaria con il modello 2D delle aree superficiali.

47

115

## 5.6 Condizioni al contorno

Le condizioni al contorno di un modello idrologico-idraulico sono costituite da tutte quelle informazioni ed impostazioni che definiscono lo stato del dominio di calcolo durante gli scenari oggetto delle simulazioni. Le condizioni al contorno possono essere grossolanamente divise in:

- geometriche;
- idrologiche;
- idrauliche.

Le condizioni di tipo geometrico del modello della rete di drenaggio comprendono tutte le caratteristiche dimensionali della rete stessa e delle opere accessorie.

Le condizioni al contorno di tipo idrologico includono sostanzialmente le grandezze regionalizzate caratterizzanti l'intensità delle piogge che sollecitano l'intero sistema di drenaggio, e in generale tutte le portate de-fluenti in esso. L'intensità di progetto londa delle piogge è desunta dalle LSPP messe a disposizione da

ARPA Lombardia, nei paragrafi successivi descritta in maniera più dettagliata. Le condizioni idrauliche al contorno includono le condizioni di livello idrico (ed eventualmente carico statico e dinamico).

Come detto in precedenza, all' interno dei sottobacini è possibile definire la generazione di portate nere, attraverso dati di popolazione e dotazione idrica. I sottobacini afferenti ai vari nodi della rete sono stati ottenuti da analisi cartografica, seguendo i confini di deflusso naturale. Per ciascun sottobacino sono state calcolate le superfici impermeabili e permeabili suddivise rispettivamente nelle seguenti classi: strade, tetti, cortili, ferrovie e aree verdi.

Per il calcolo della dotazione idrica si sono considerati solamente gli apporti dati dalle portate nere diluite provenienti dai Comuni limitrofi e recapitanti nel collettore passante per Cislago, mentre le portate nere in tempo secco non sono state utilizzate per il calcolo poiché ritenute trascurabili rispetto alle prime.

La dotazione idrica in tempo di pioggia è stata assunta pari a 750 l/g. ab.

## 5.7 Condizioni iniziali

Entrambi i modelli, rete di drenaggio e mappatura allagamenti superficiale, simulano la propagazione completa dell'evento a partire da un contesto asciutto.

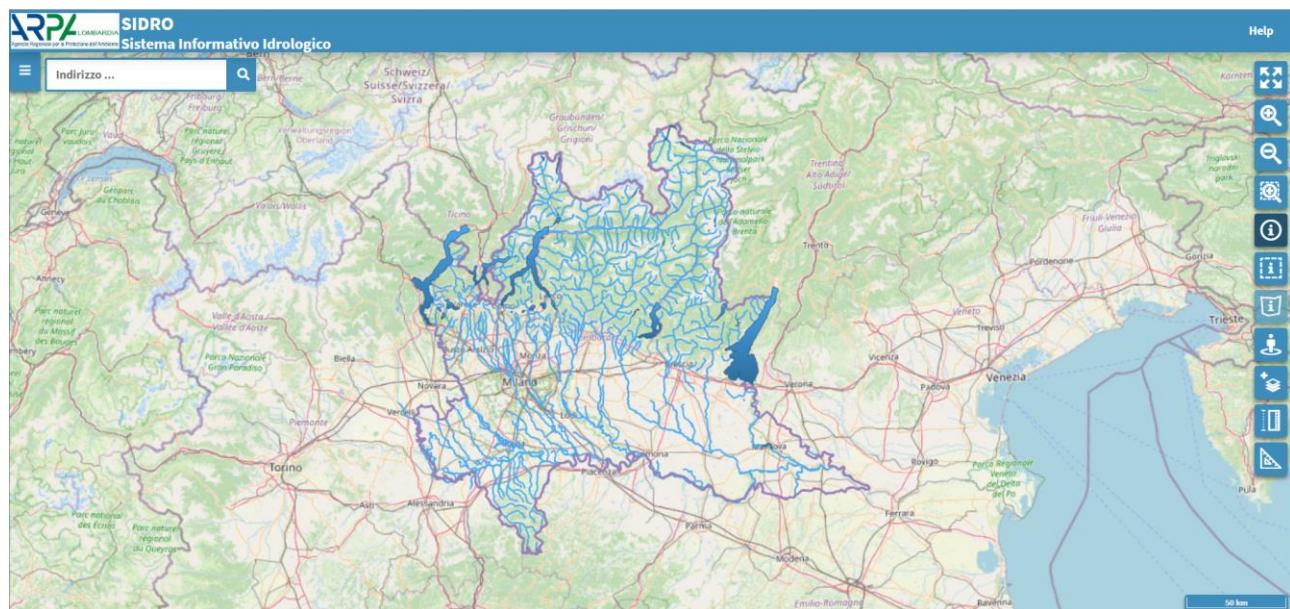
## 6 STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO

### 6.1 Eventi meteorici di riferimento

Lo ietogramma di progetto è costruito a partire dalle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica. Il riferimento per l'informazione pluviometrica da utilizzare nello sviluppo degli studi previsti dal RR 7/2017, secondo l'allegato G dello stesso decreto, sono le Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica ricavate da ARPA Lombardia nell'ambito del progetto STRADA [AAVV (2013), "Il monitoraggio degli eventi estremi come strategia di adattamento ai cambiamenti climatici. Le piogge intense e le valanghe in Lombardia", ARPA Lombardia, Lecco].

Sul sito di ARPA Lombardia è possibile accedere ai dati raster dei parametri a1 e n della LSPP con risoluzione al suolo di 2 km x 2 km, ricavati secondo il modello probabilistico GEV scala invariante, con stima dei parametri puntuali tramite il metodo degli L-moments ed estrapolazione spaziale dei quantili.

Accedendo al sito : <https://idro.arpalombardia.it/it/map/sidro/> è possibile, tramite ricerca per comune o pluviometro, visualizzare le stazioni ed il territorio di interesse e scaricare i valori dei parametri delle LSPP stimati con la metodologia sopra indicata.



49

115

Figura 11: LSPP progetto strada accessibile dal sito di ARPA Lombardia

Per il territorio comunale, i parametri della LSPP da utilizzare per i calcoli idrologici e le modellazioni idrauliche sono riportati nella tabella seguente, per i tempi di ritorno 2, 5, 10, 50 e 100 anni.

Parametri LSPP	Tr=2 anni	Tr=5 anni	Tr=10 anni	Tr=50 anni	Tr=100 anni
a	29.99	40.4	47.4	62.9	69.9
n (d >= 1 ora)	0.32	0.32	0.32	0.32	0.32
n (d < 1 ora)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

I valori dei parametri da adottare sono stati ricavati tramite media aritmetica dei valori dei parametri associati ai quadranti del grigliato che coprono il territorio comunale. Infatti, data la ridotta variabilità a scala locale, i valori delle altezze di pioggia così calcolati sono pressoché coincidenti, con scostamenti dell'ordine dello 0,1%, con quelli che si otterrebbero ricorrendo alla media pesata sulle aree.

Nell'immagine seguente è riportato il grafico delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno; sono evidenziate le LSPP relative ai tempi di ritorno di interesse.

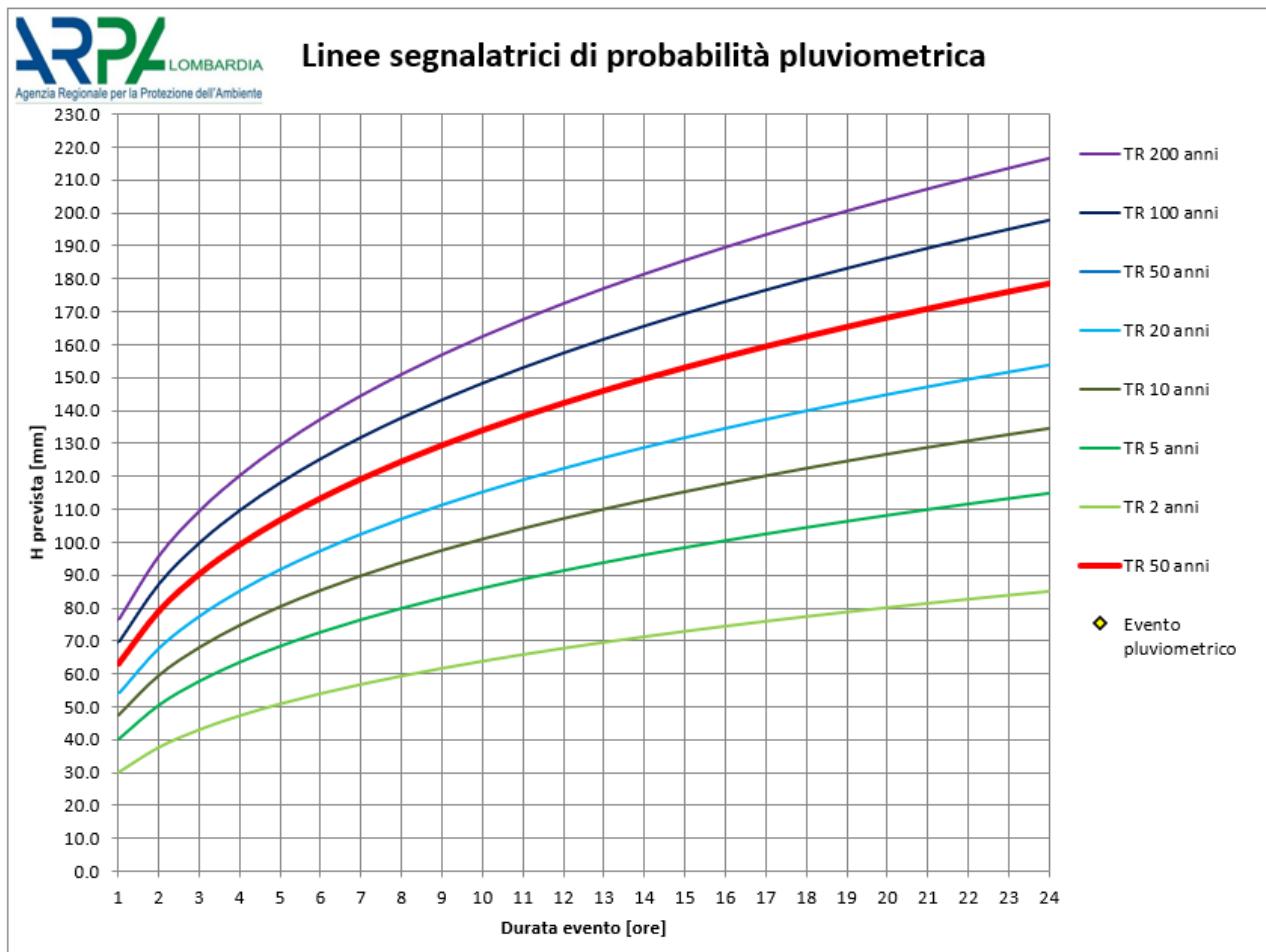


Figura 12: Curve di possibilità pluviometrica

Quale ietogramma di progetto si è adottato lo ietogramma triangolare, che presenta un'intensità variabile nel tempo in nodo lineare ed intensità media uguale a quella dello ietogramma rettangolare. Il ramo crescente parte da zero fino ad un massimo pari al doppio della media, che si raggiunge all'istante  $r\theta$ , con  $r$  variabile tra 0 ed 1 che esprime la posizione del picco di pioggia. Nel nostro caso si è posto  $r$  pari a 0.5, ponendo il picco a metà della durata dell'evento, assunto pari al tempo di corravazione della rete di 80 minuti per la rete di Cislago.

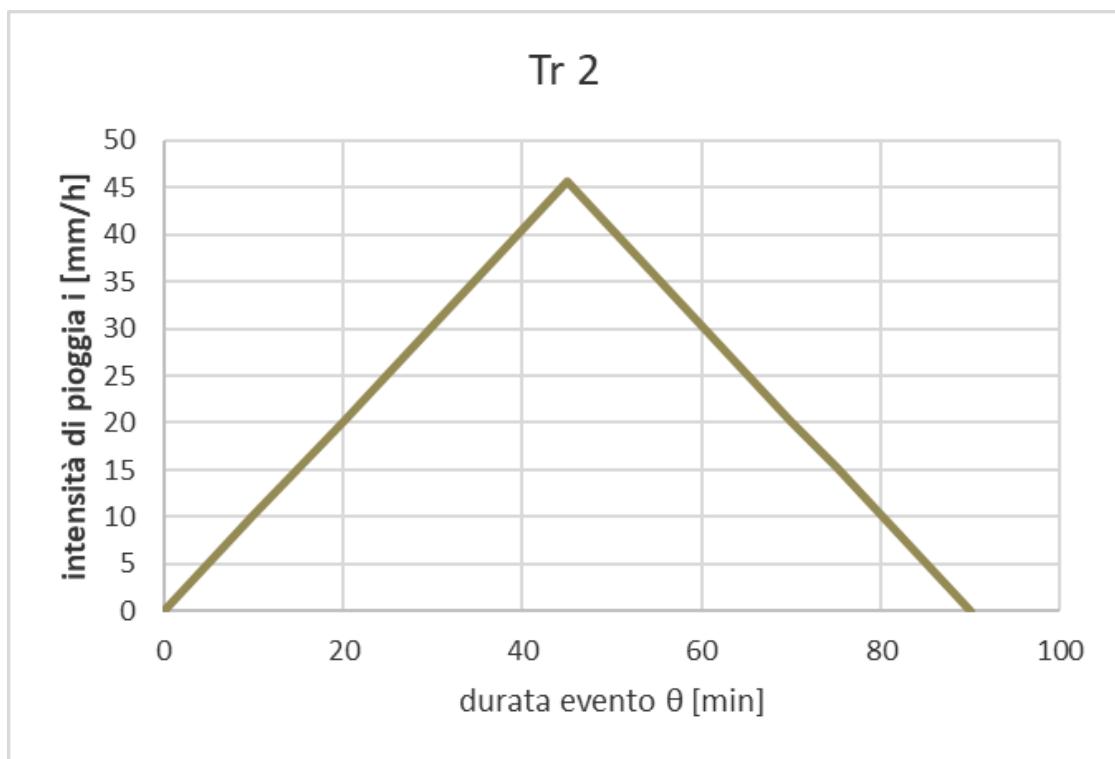
Il tempo di corravazione, necessario per la determinazione del tempo di base dello ietogramma, è stato calcolato considerando il tempo di scorrimento dell'acqua all'interno dei collettori; questo valore è stato

determinato dal rapporto tra la lunghezza dell'asta principale della rete e la velocità media di scorrimento dell'acqua nei collettori.

Nell'idrologia urbana per il tempo di ritorno  $T$  si adottano di norma valori non superiori ai 10 anni. Il tempo di ritorno è definito come il numero di anni che intercorre mediamente tra due eventi che provocano una portata superiore a quella di progetto.

La scelta progettuale del tempo di ritorno nasce, quindi, da un ragionevole compromesso tra l'esigenza di far fronte a insufficienze della rete fognaria e l'esigenza di contenere i costi, limitando, dove possibile, le dimensioni dei collettori.

Più in dettaglio, le simulazioni di funzionamento della fognatura di Cislago sono state effettuate sollecitando la rete di drenaggio, rispettivamente, con eventi meteorici sintetici aventi tempo di ritorno  $T = 2$  anni,  $T = 5$  anni,  $T = 10$  anni,  $T = 50$  anni e  $T = 100$  anni definiti dagli ietogrammi triangolari.



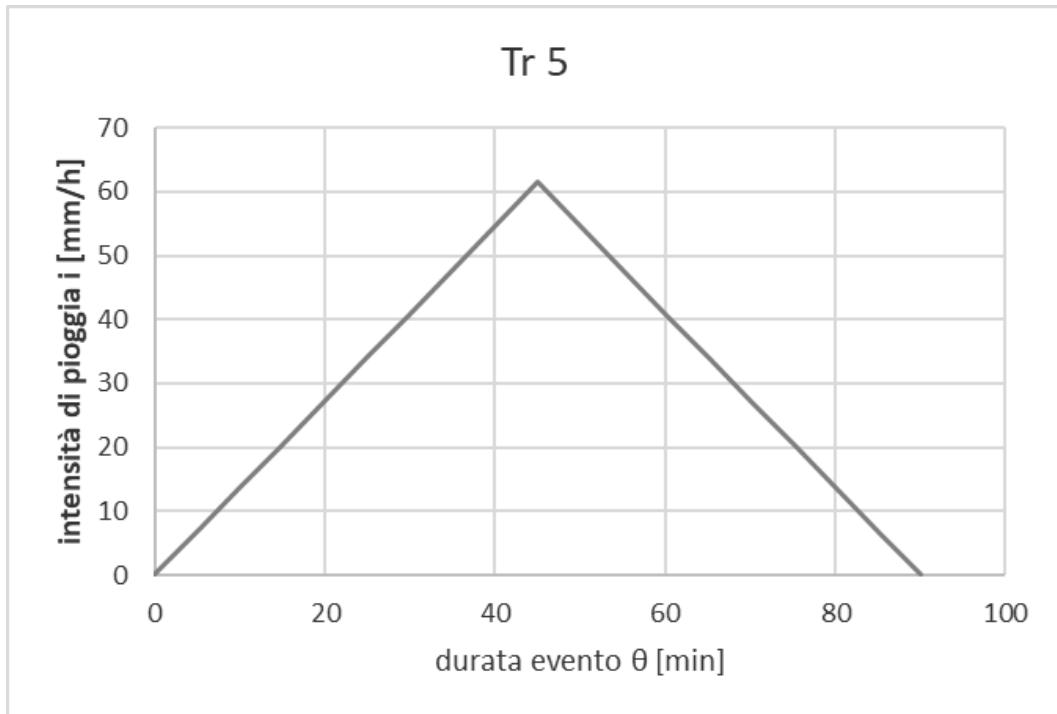


Figura 14: Ietogramma Tr=5 anni Cislago

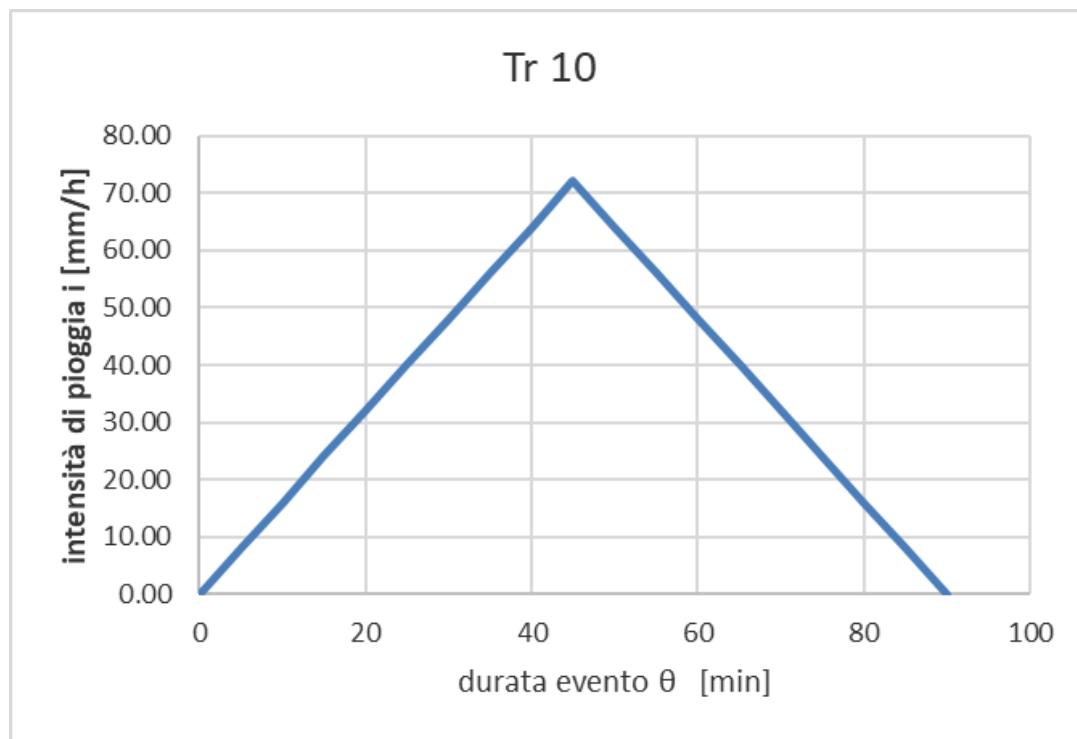


Figura 15: Ietogramma Tr=10 anni Cislago

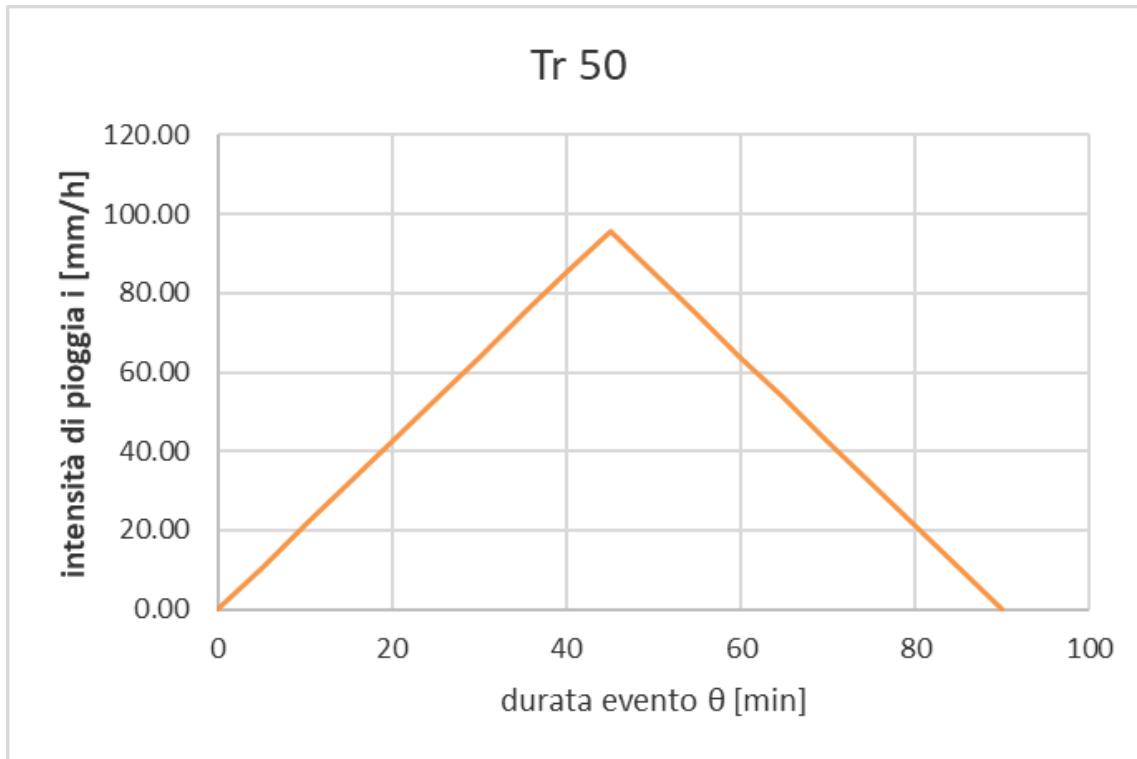


Figura 16: Ietogramma Tr= 50 anni Cislago

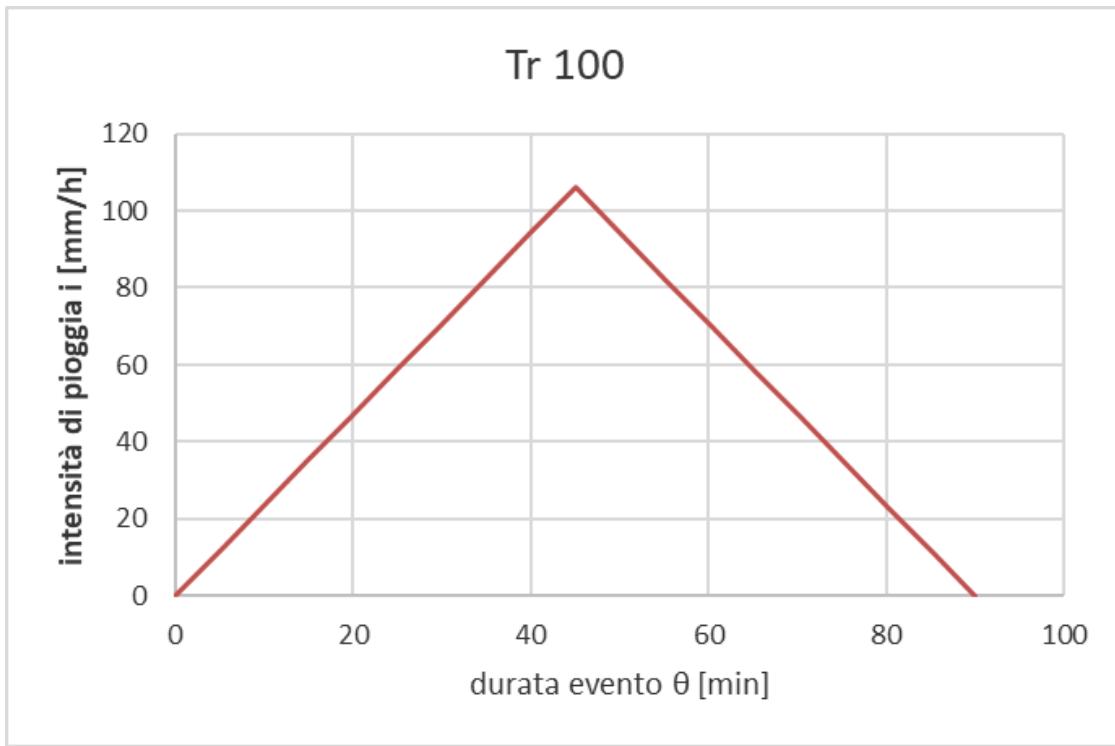


Figura 17: Ietogramma Tr=100 anni Cislago

## 7 ANALISI MODELLISTICA STATO DI FATTO E CRITICITÀ

L'obiettivo di questa fase è la verifica della funzionalità idraulica della rete nelle sue attuali condizioni.

Sono state individuate le zone critiche laddove le insufficienze presenti comportano malfunzionamenti della rete cui possono seguire rigurgiti con potenziali allagamenti del piano stradale.

Particolare significato hanno le verifiche condotte sollecitando la rete con l'evento  $T = 2$  anni, perché tale pioggia, di modesta intensità e di frequenza statistica piuttosto elevata, è in grado di evidenziare le prime zone a rischio di esondazione ed i più gravi problemi a carico della rete.

Le verifiche successive, effettuate con tempi di ritorno  $T = 5$  anni e  $T = 10$  anni confermano le problematiche evidenziate per  $T = 2$  anni, rivelando ulteriori criticità e nuove zone soggette al rischio di allagamento.

In questo capitolo vengono riassunti i risultati delle simulazioni condotte nell'assetto attuale della rete, dalle quali emerge un quadro di criticità che integra quanto segnalato in studi pregressi e consente di definire un assetto di progetto finalizzato alla mitigazione del rischio.

### 7.1 Grado di riempimento delle condotte

La rete fognaria nell'attuale configurazione presenta funzionamento in pressione per la maggior parte delle condotte già con tempo di ritorno di 2 anni.

Nelle figure sottostanti sono riportate le mappe rappresentanti il grado di riempimento percentuale delle condotte per eventi con tempo di ritorno 2, 5, 10, 50, e 100 anni, secondo la seguente simbologia:

- le tratte di colore verde e arancione rappresentano le condotte sufficienti a convogliare le portate in arrivo da monte (condotti funzionanti "a pelo libero", ossia con linea piezometrica interna alla sezione del tubo), con grado di riempimento rispettivamente inferiore all'80% e comprese tra l'80% e il 100%;
- le tratte di colore blu rappresentano le condotte insufficienti a convogliare le portate in arrivo da monte (condotti funzionanti in pressione, ossia con linea piezometrica superiore all'intradosso superiore del tubo).

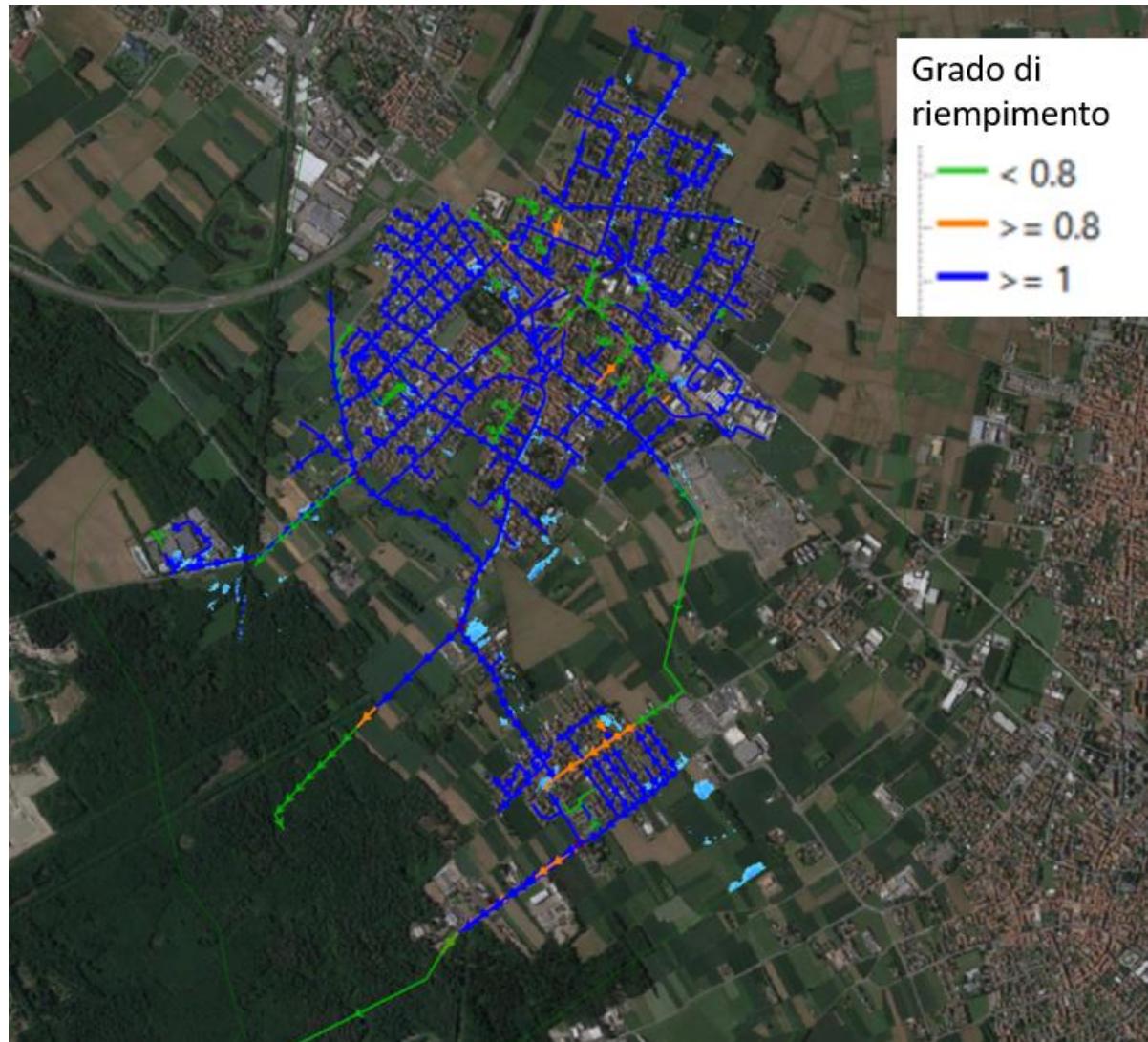


Figura 18 -Visuale massima criticità Tr=2 anni Cislago

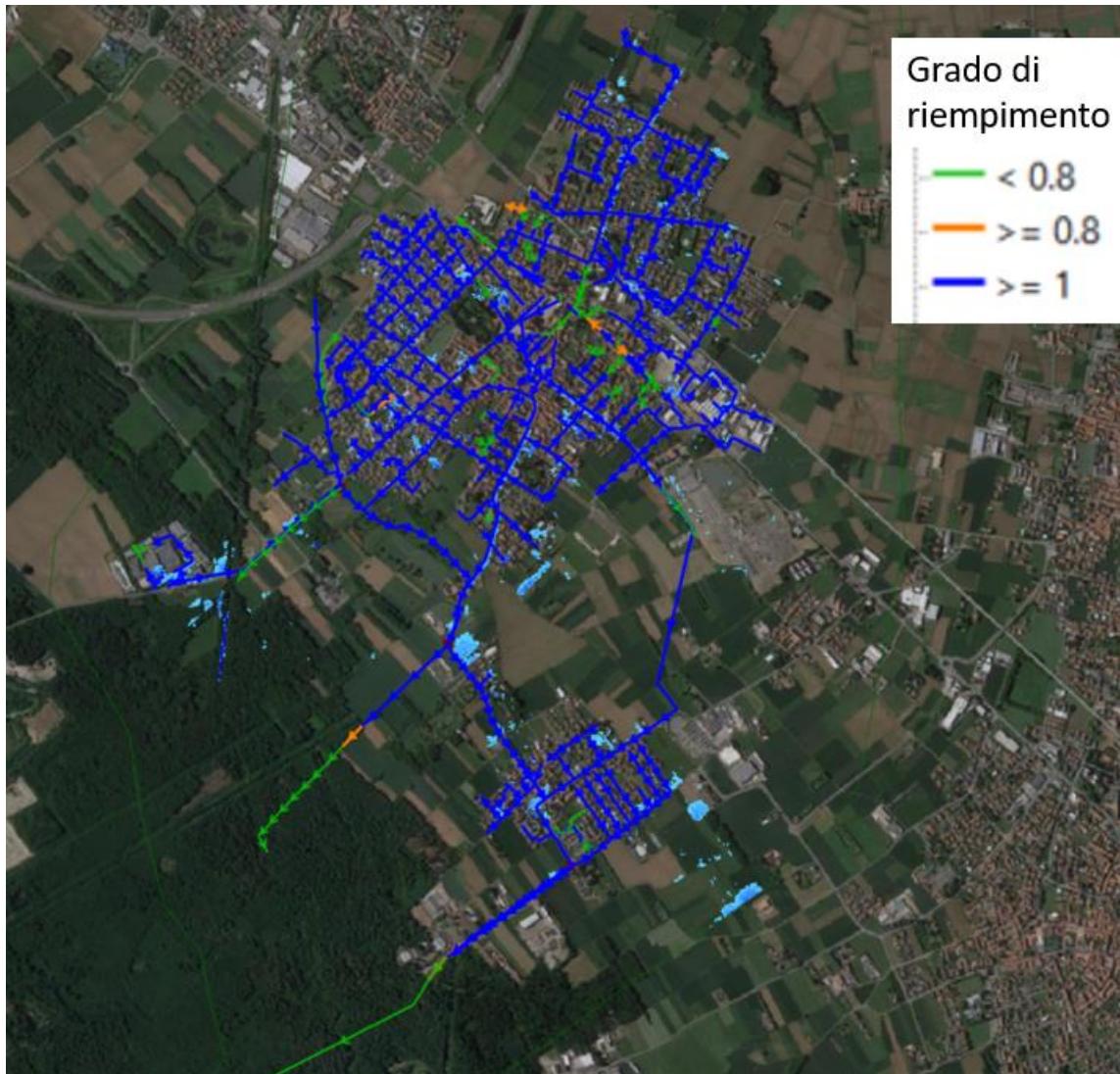


Figura 19 -Visuale massima criticità Tr=5 anni Cislago

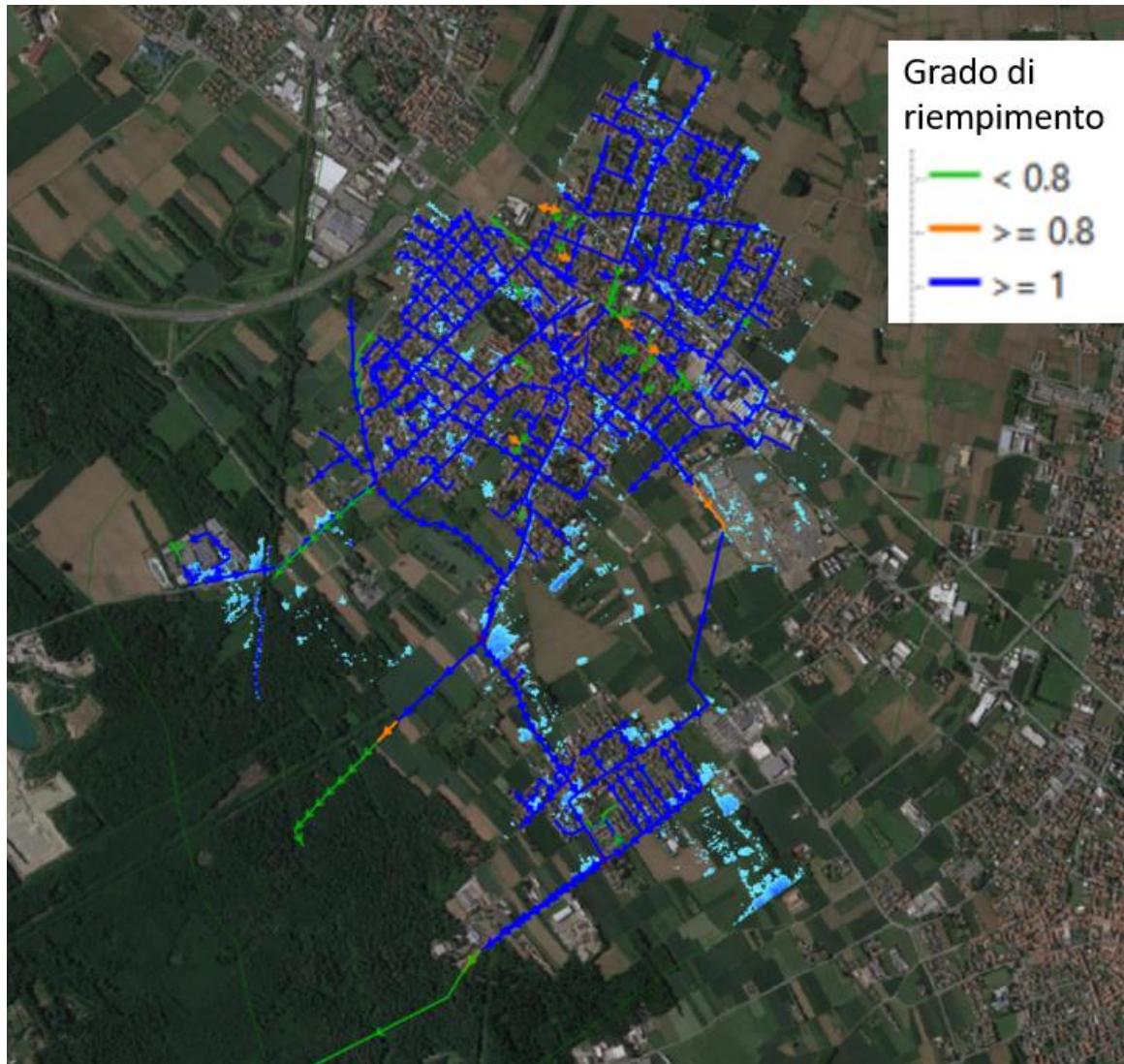


Figura 20 -Visuale massima criticità Tr=10 anni Cislago

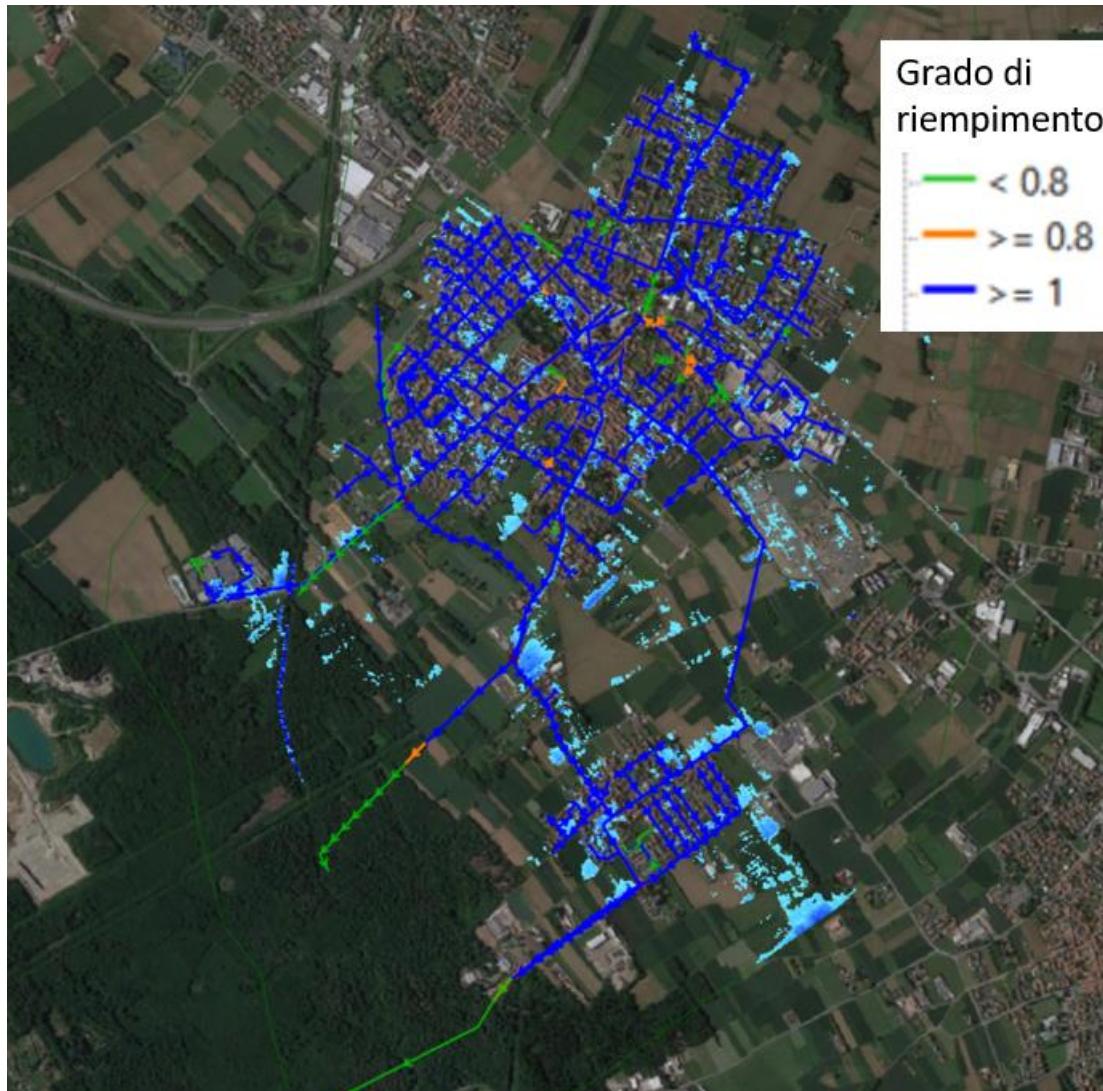


Figura 21 -Visuale massima criticità Tr=50 anni Cislago

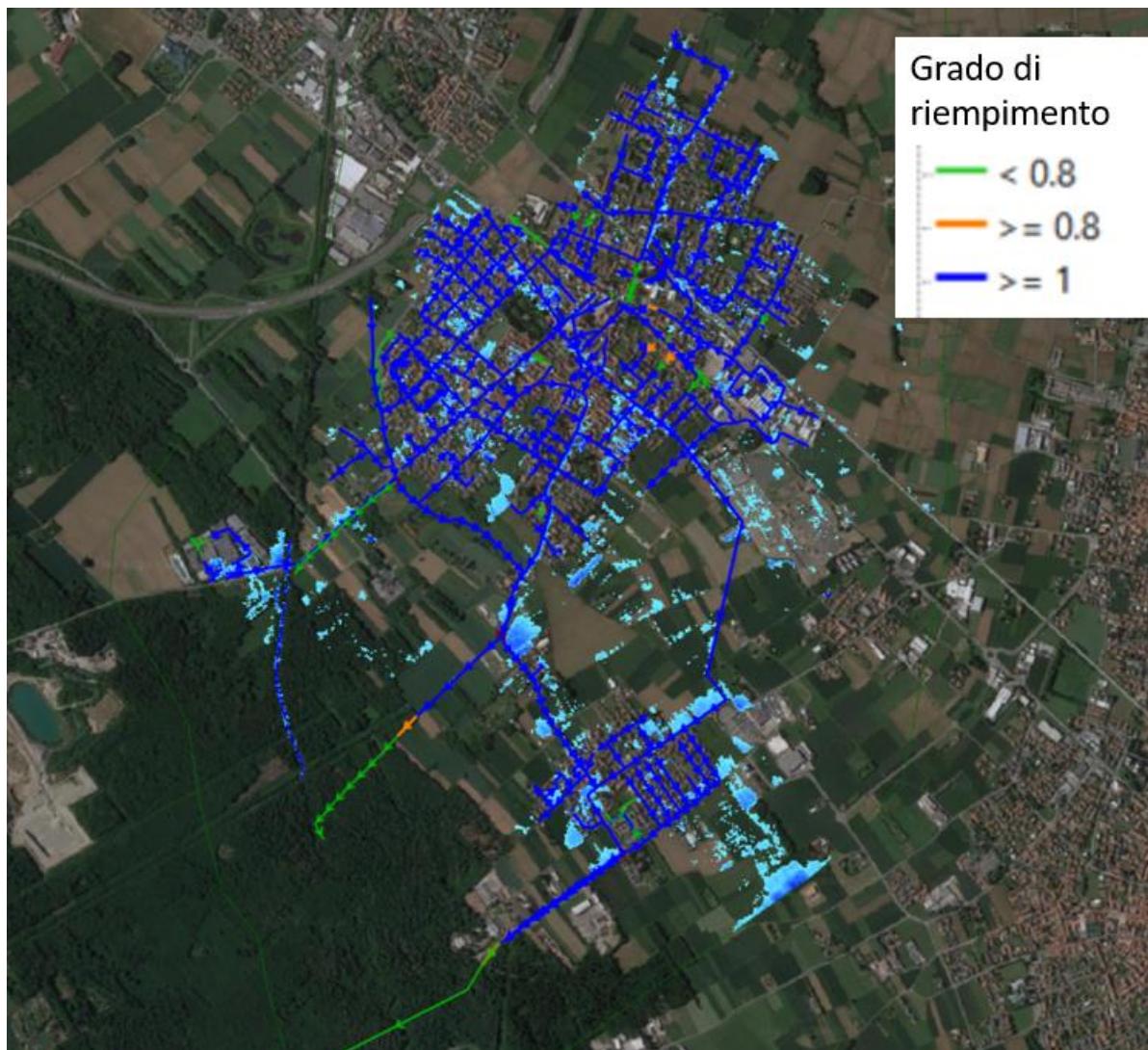


Figura 22 -Visuale massima criticità Tr=100 anni Cislago

## 7.2 Massime portate esondate dai nodi della rete

Nelle figure sottostanti sono evidenziati i nodi fognari che presentano la massima portata esondata da ciascun nodo, per valori superiori a  $0.05 \text{ m}^3/\text{s}$ .

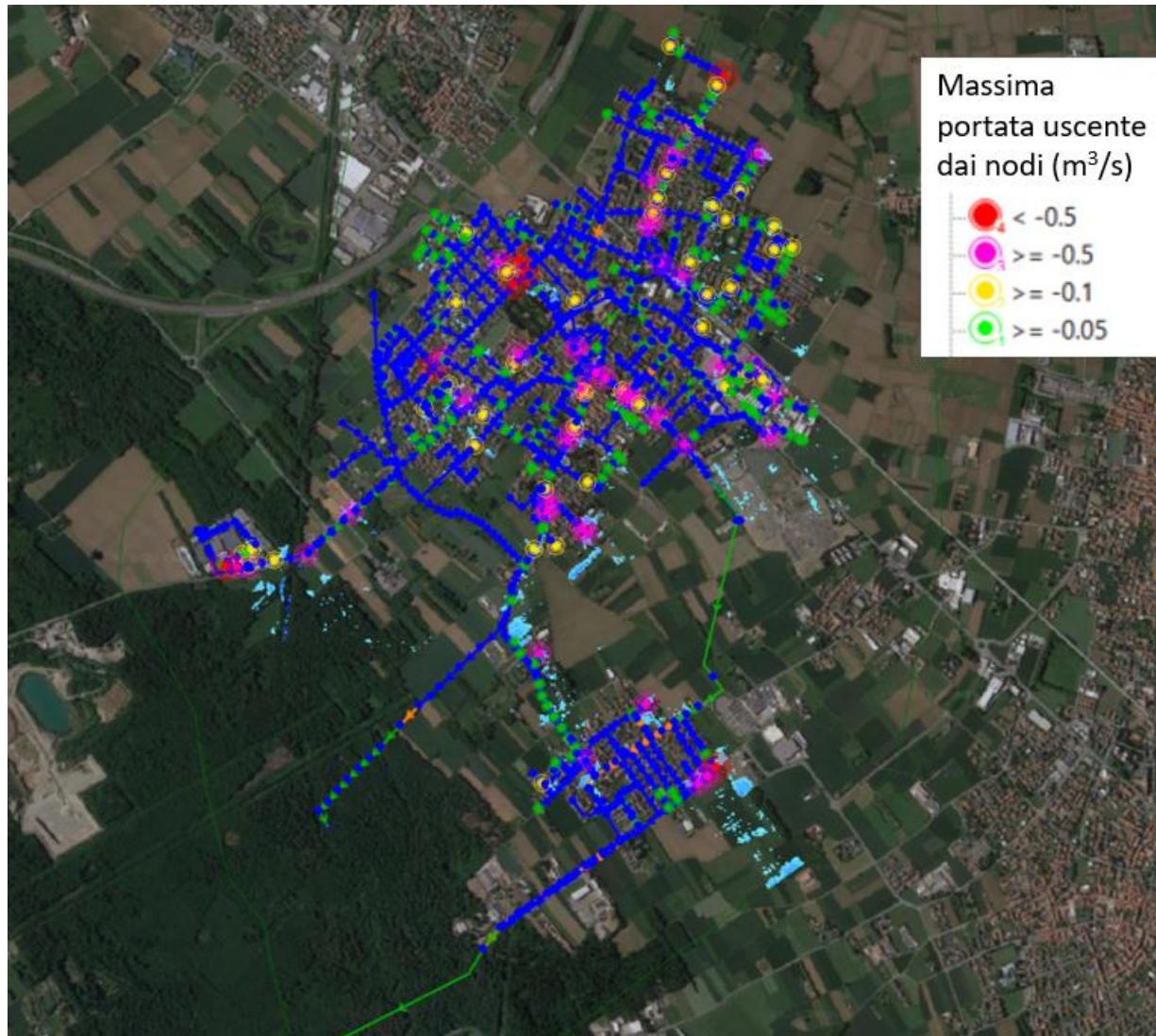


Figura 23 -Portata massima uscente dai nodi Tr=2 anni Cislago

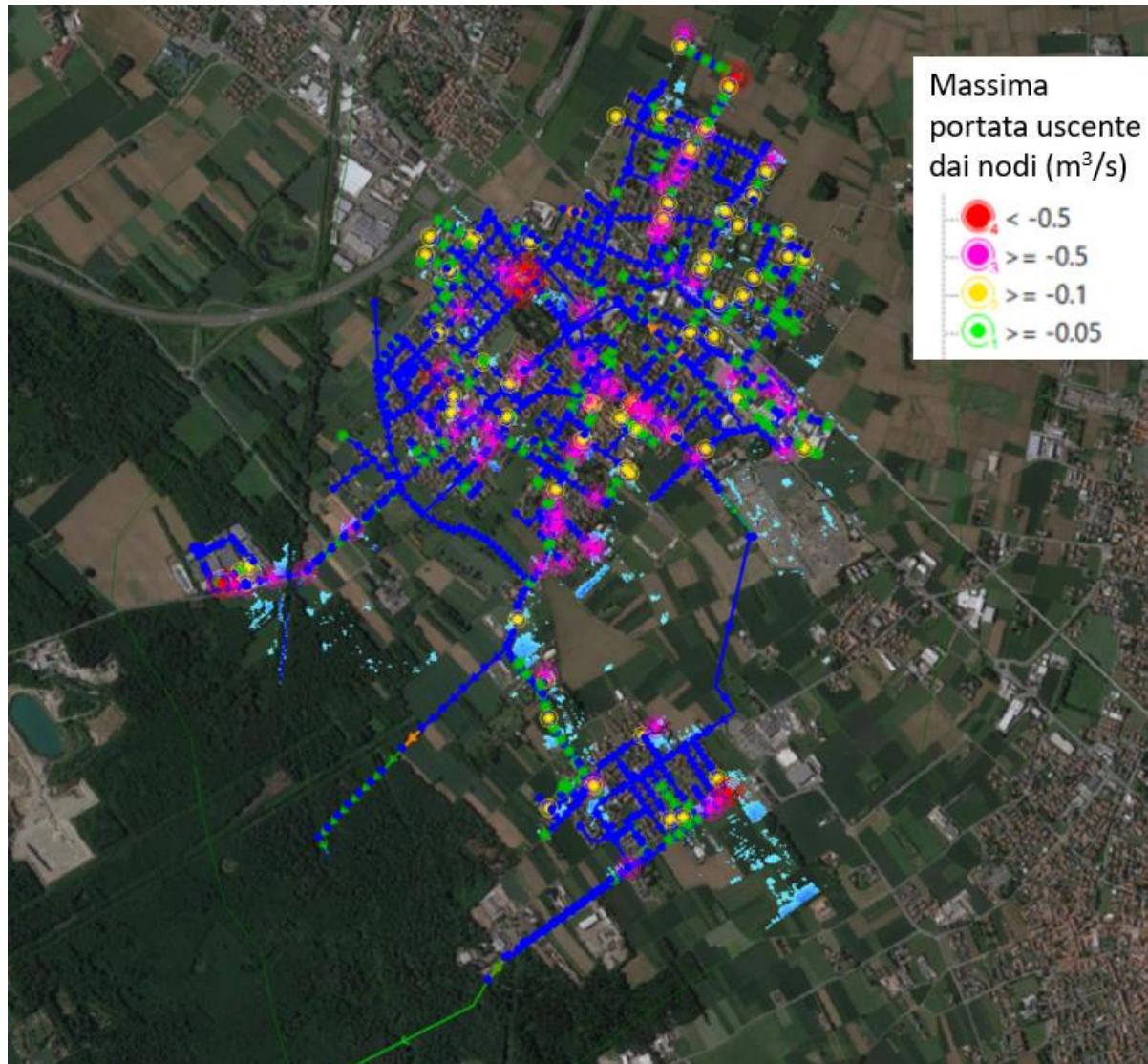


Figura 24 -Portata massima uscente dai nodi Tr=5 anni Cislago

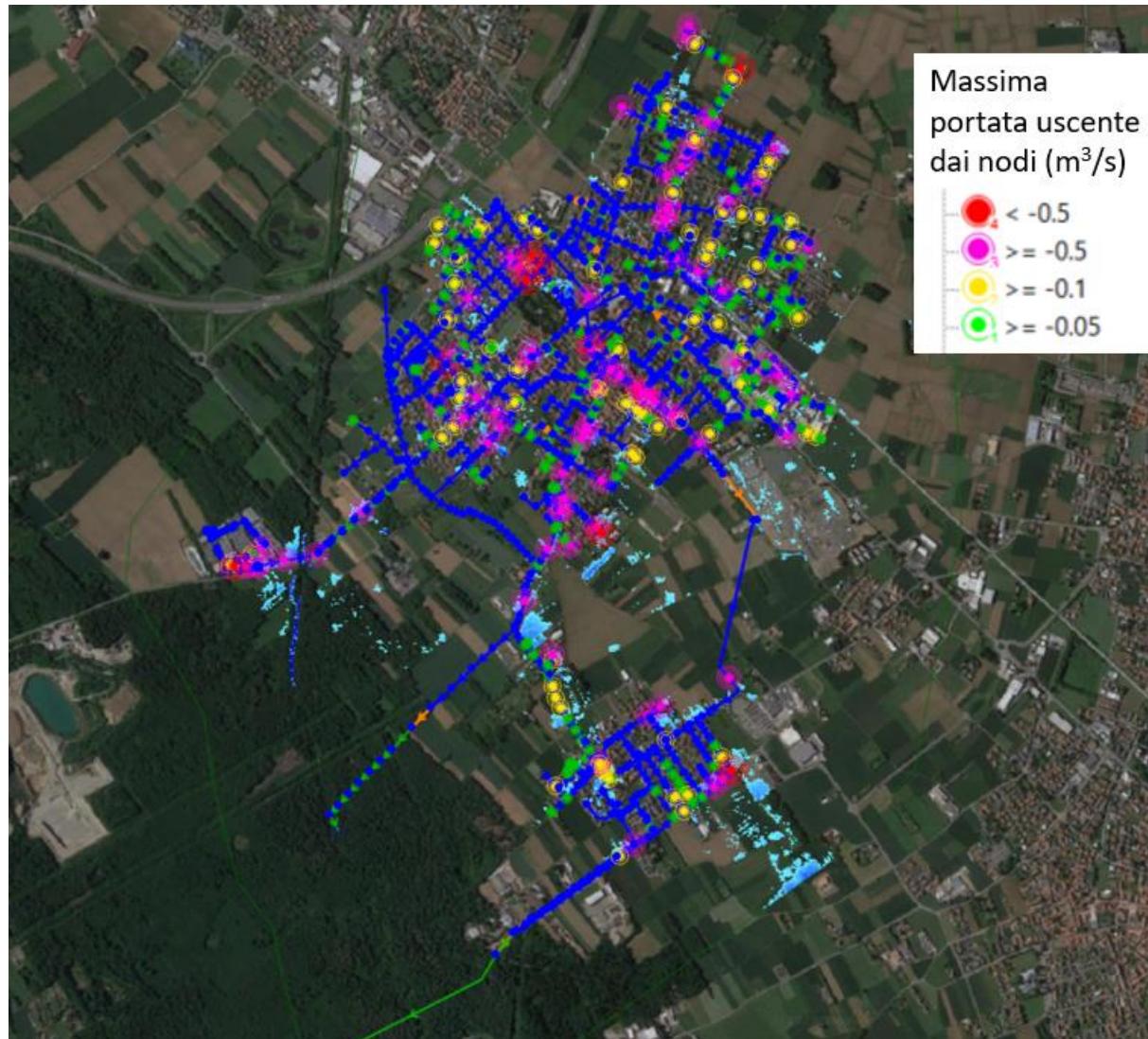


Figura 25 -Portata massima uscente dai nodi Tr=10 anni Cislago

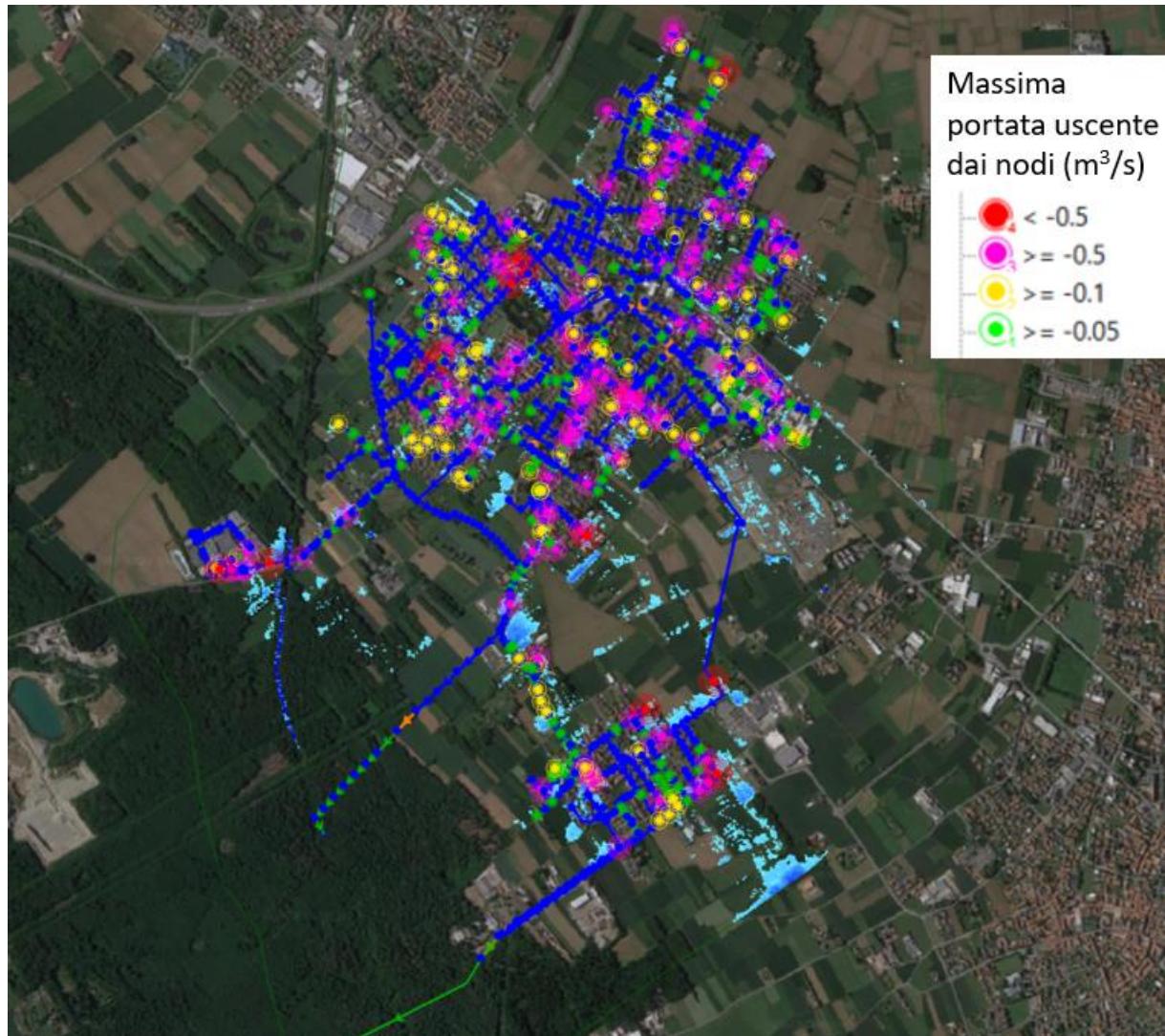


Figura 26 -Portata massima uscente dai nodi Tr=50 anni Cislago

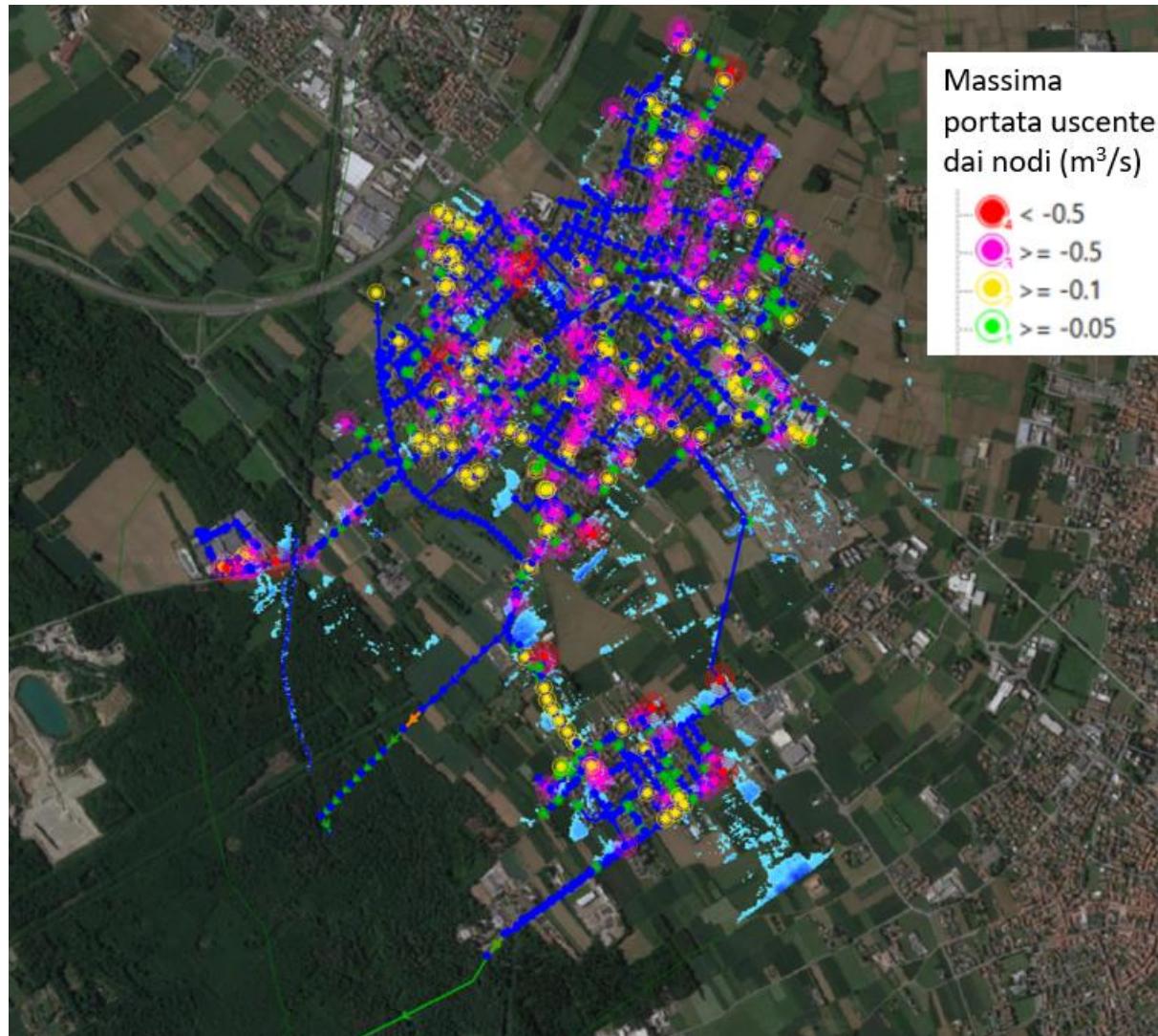


Figura 27 -Portata massima uscente dai nodi Tr=100 anni Cislago

### 7.3 Allagamenti del territorio comunale

Nelle figure sottostanti sono riportati gli allagamenti risultanti dal modello Infoworks ICM, generati dalla fuoriuscita di acqua dai pozzetti della fognatura.

Altezze di  
allagamento (m)

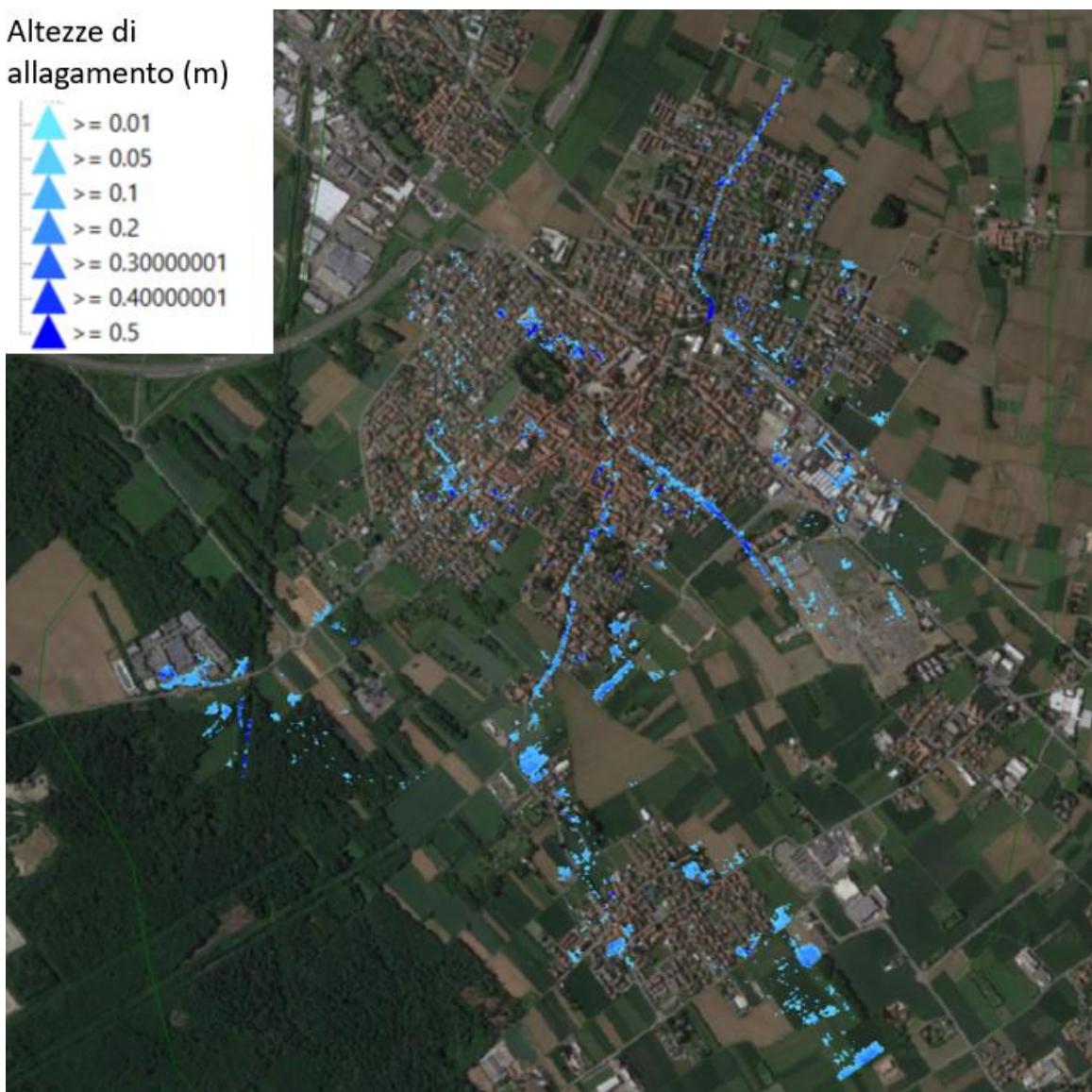
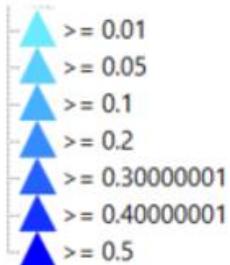


Figura 28 – Allagamenti stato di fatto Tr=2 anni Cislago

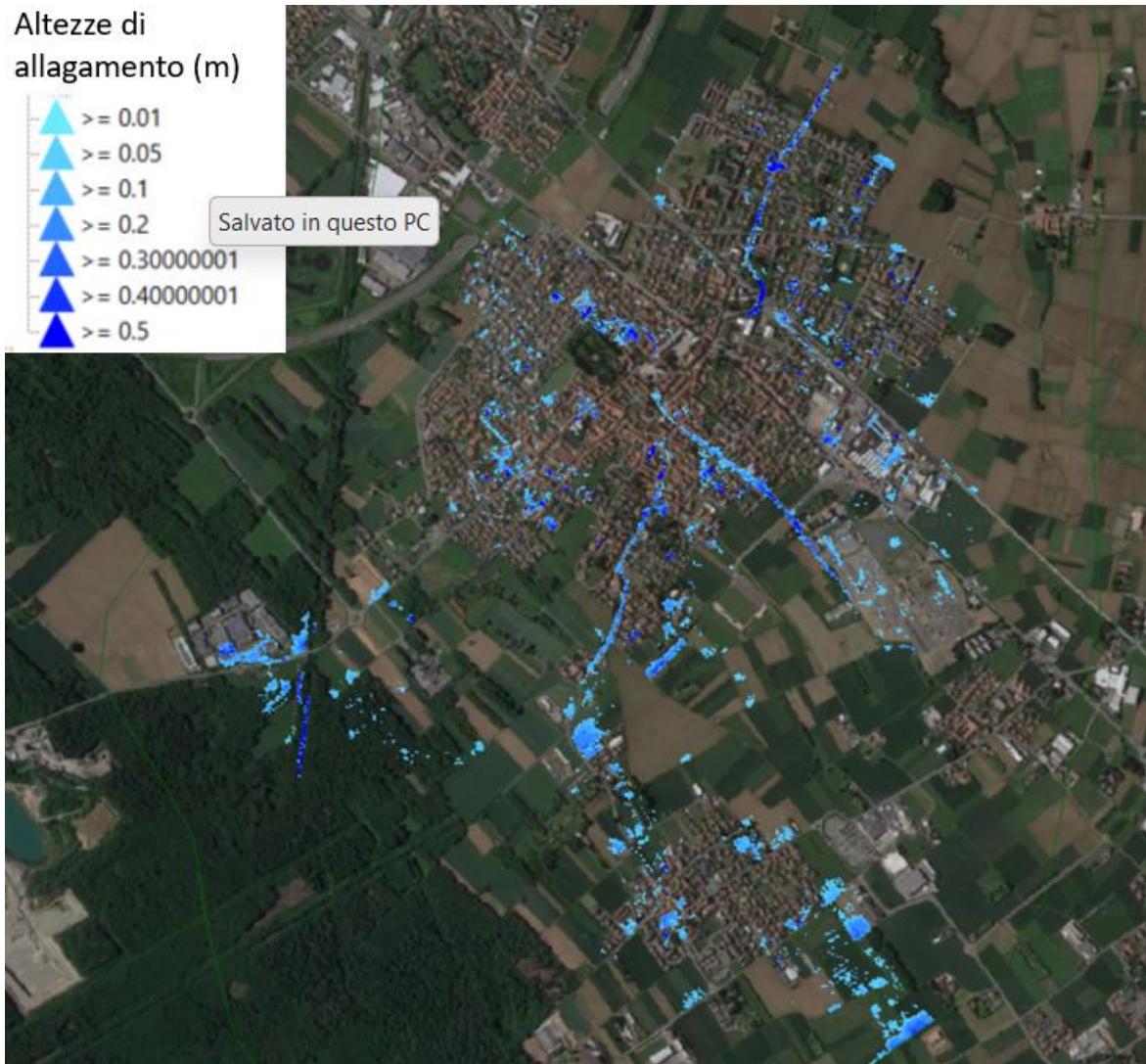


Figura 29 - Allagamenti stato di fatto Tr=5 anni Cislago

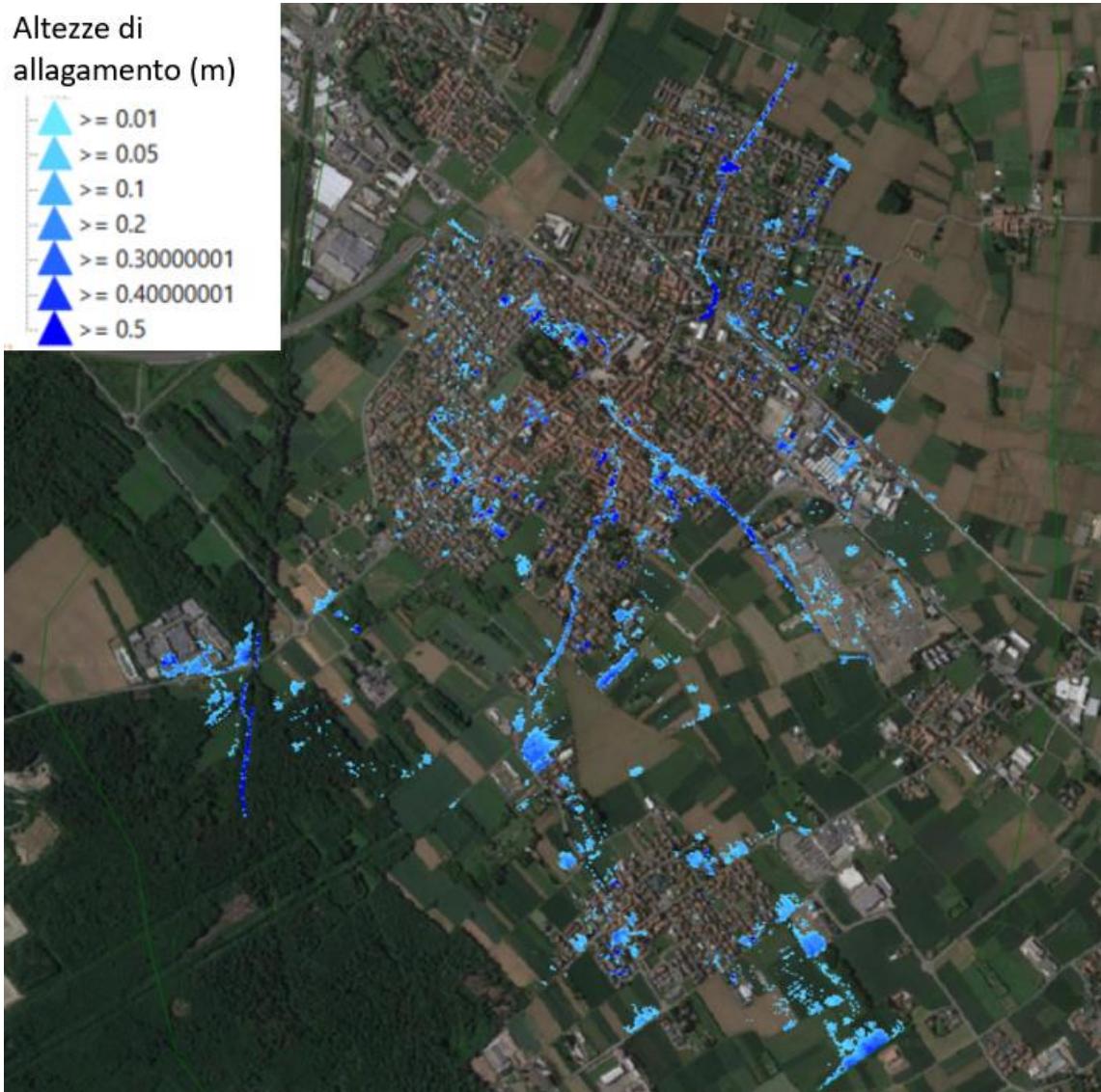


Figura 30 - Allagamenti stato di fatto Tr=10 anni Cislago

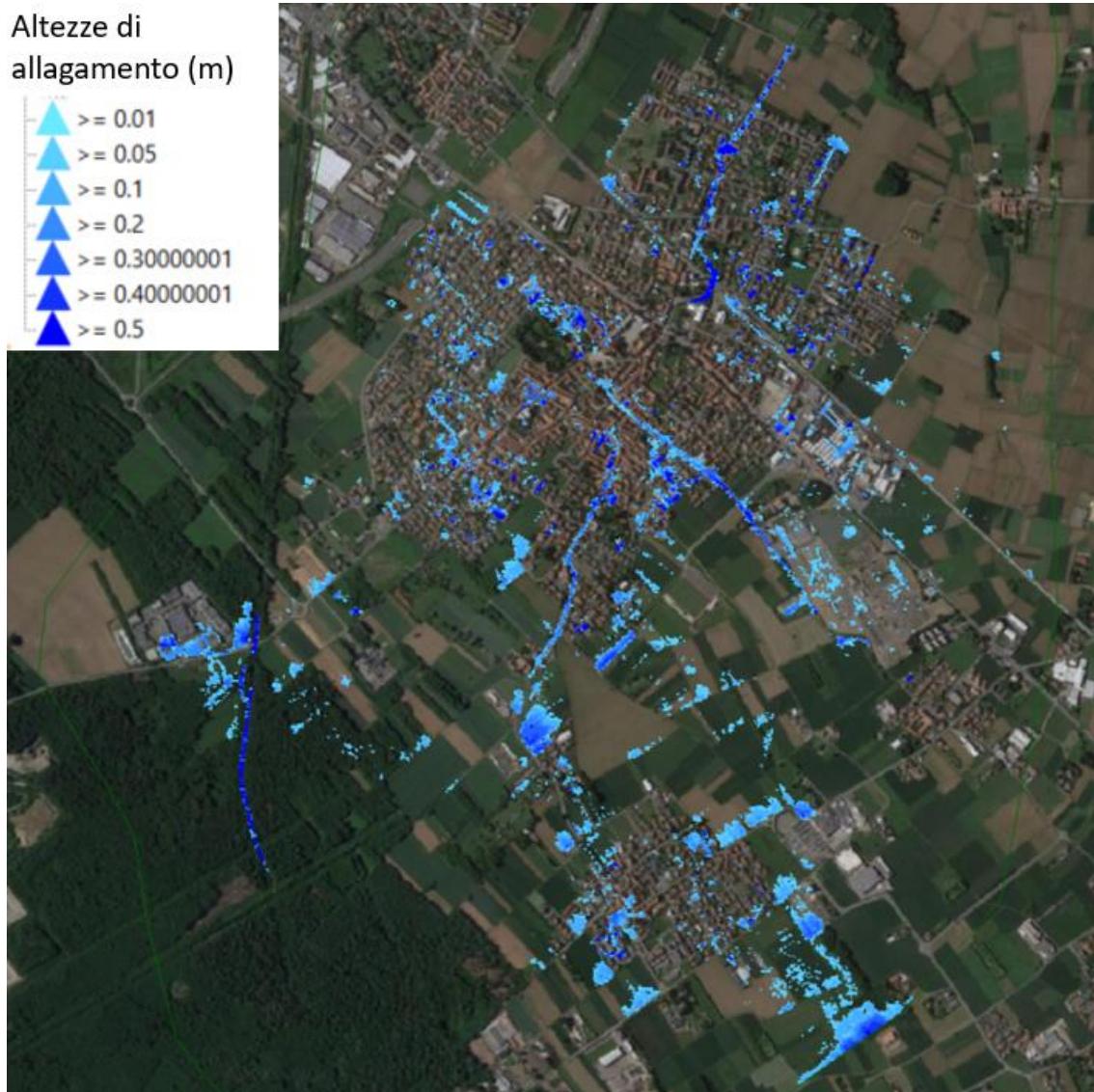
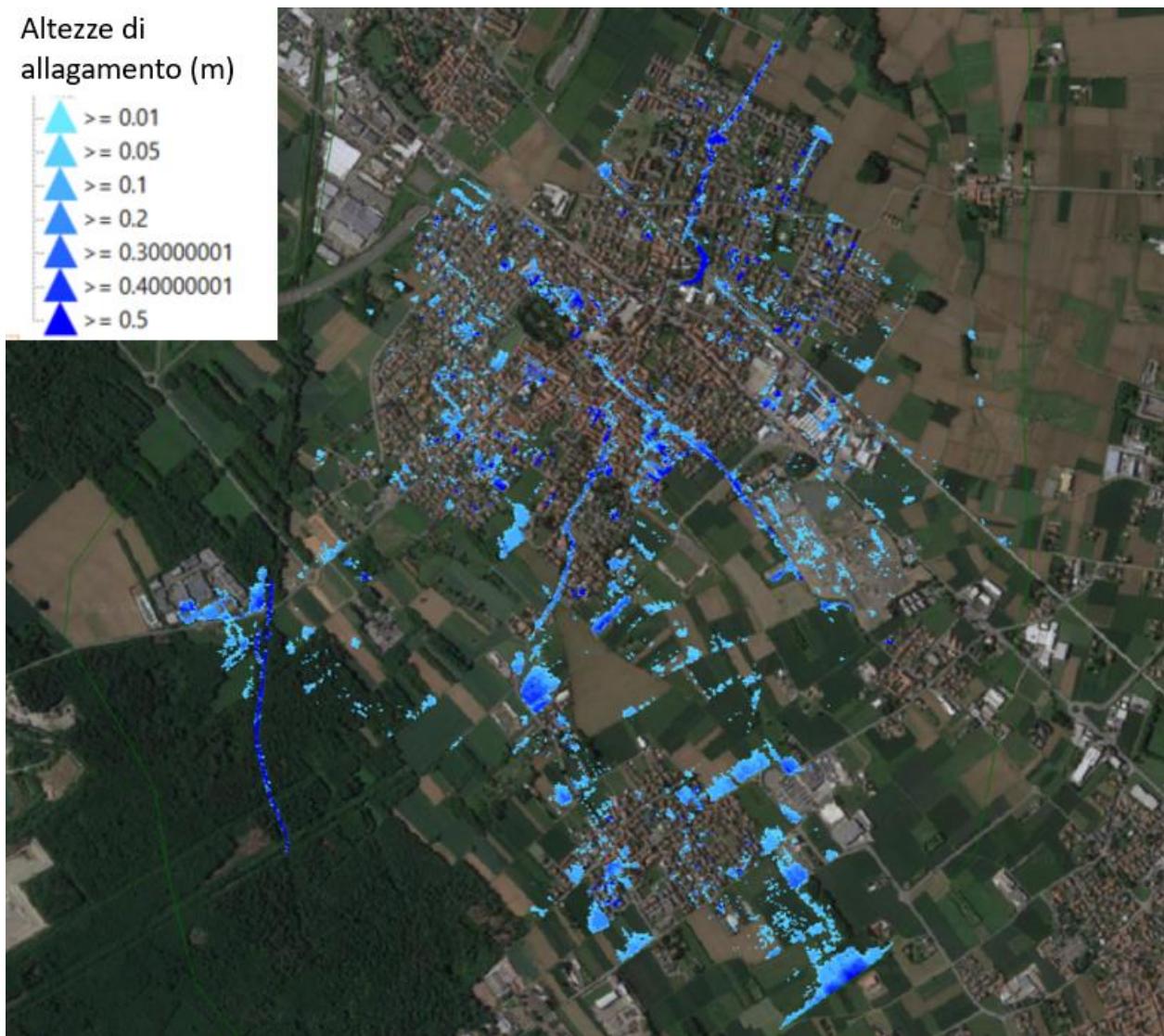
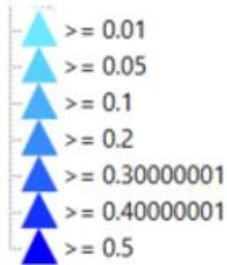


Figura 31 - Allagamenti stato di fatto Tr=50 anni Cislago

Altezze di allagamento (m)



Dall'analisi dei risultati del modello di stato di fatto rappresentati attraverso il grado di riempimento delle condotte, i nodi esondati e le aree di allagamento, emerge una diffusa criticità della rete in termini di sovrapressioni che genera allagamenti già per tempo di ritorno basso ( $T=2$  anni). Tali allagamenti, tuttavia in termini di tiranti sono generalmente inferiori a 5 cm come evidenziato nelle seguenti immagini che riportano per  $T=2$ ,  $T=5$  e  $T=10$  anni i soli allagamenti con tiranti superiori a 5 cm.



70

115

Figura 33 – Allagamenti stato di fatto per T=2 anni Cislago con tiranti maggiori di 5 cm

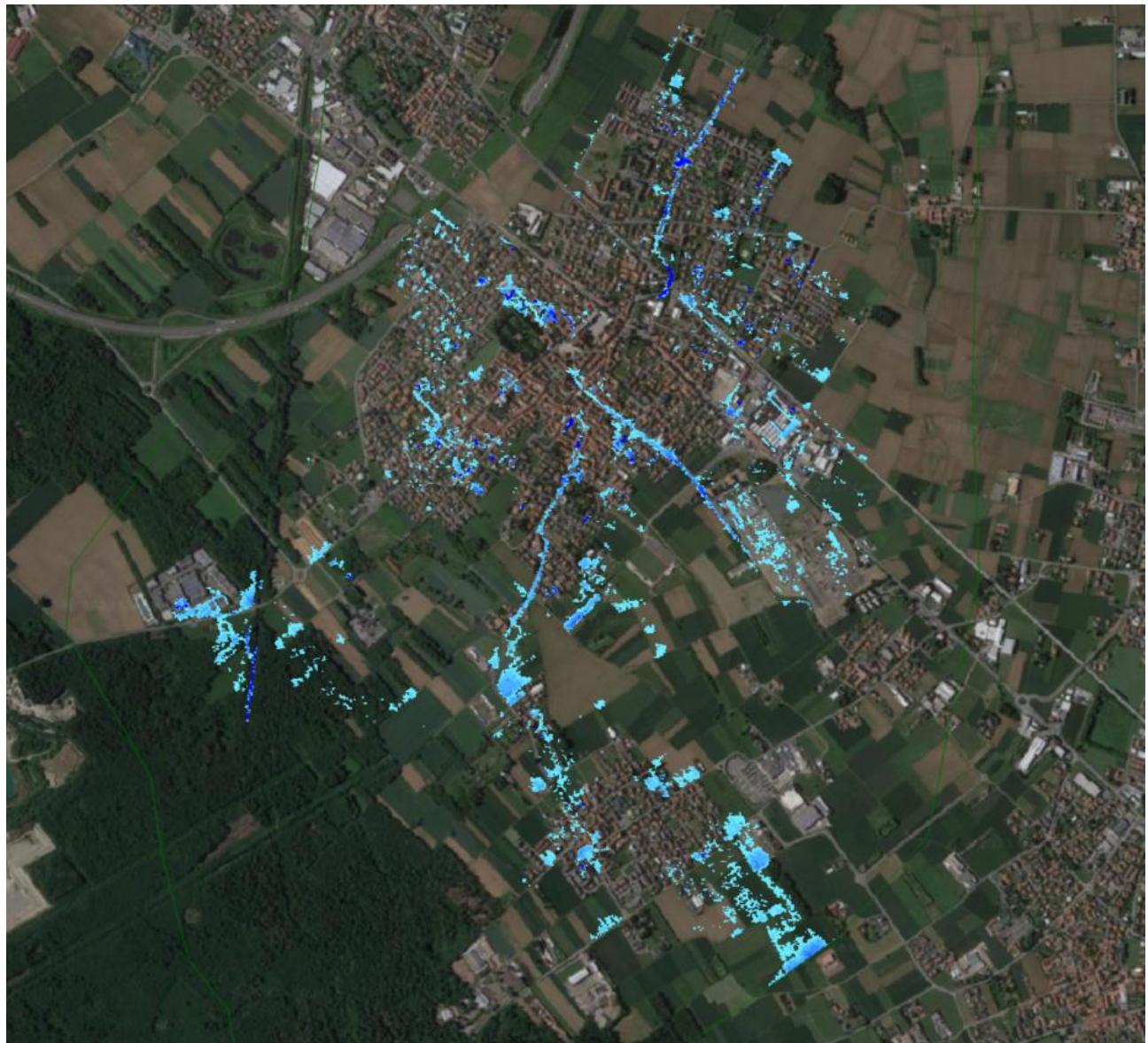


Figura 34 – Allagamenti stato di fatto per T=5 anni Cislago con tiranti maggiori di 5 cm

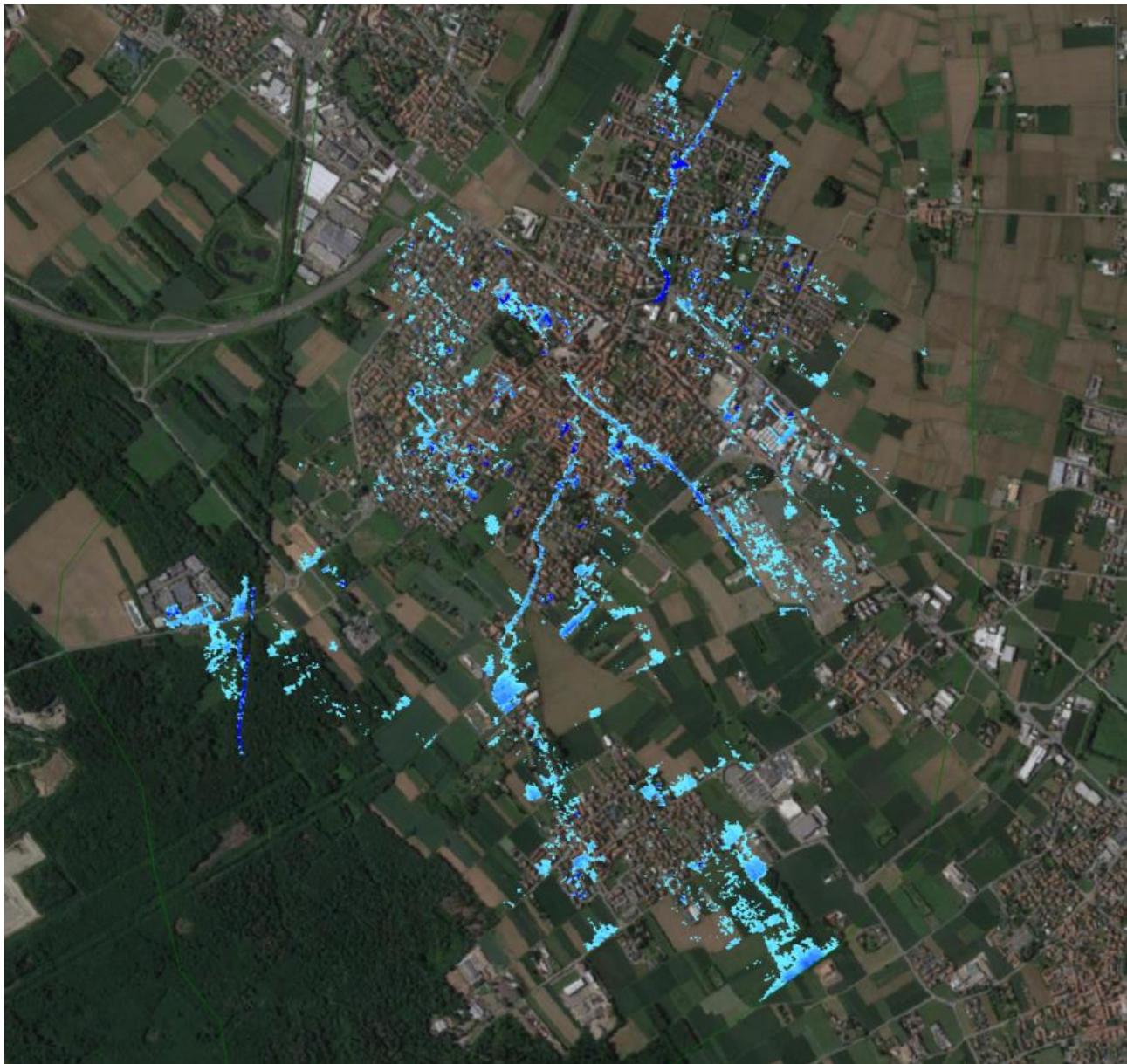


Figura 35 – Allagamenti stato di fatto per  $T=10$  anni Cislago con tiranti maggiori di 5 cm

Dall'analisi dei risultati del modello di stato di fatto rappresentati attraverso il grado di riempimento delle condotte, i nodi esondati e le aree di allagamento, emerge una diffusa criticità della rete in termini di sovrapressioni che genera allagamenti già per tempo di ritorno basso ( $T=2$  anni).

In particolare, incrociando le informazioni emerse dalle indagini di campo con le informazioni acquisite presso il comune e con i risultati delle simulazioni idrauliche, si evincono le seguenti considerazioni:

- La rete fognaria presenta funzionamento in pressione su gran parte del territorio.
- Si riscontra un generale sottodimensionamento dei diametri delle tubazioni che con l'aumentare delle portate afferenti provoca allagamenti e rigurgiti verso la rete di monte.
- Si riscontra l'assenza di corsi d'acqua nell'abitato con impossibilità di alleggerire la rete lungo il

suo sviluppo, e conseguente necessità di convogliare tutte le acque miste fino a sud dell'abitato scolmando qui verso il Bozzente le acque di pioggia e inviando a depurazione, tramite il collettore consortile, le acque nere diluite.

- Si riscontrano importanti apporti di acque meteoriche da aree extraurbane agricole afferenti alla rete fognaria, in particolare dai terreni a nord di via Vittorio Veneto e a ovest di via Mascagni.

## 8 VALIDAZIONE DEL MODELLO SULLA BASE DI EVENTI REALI

Non essendo disponibili serie storiche di misura nei diversi punti della rete, al fine di valutare la rispondenza del modello alla realtà, sono stati simulati due eventi reali occorsi il 24 Luglio 2023, di breve durata ma significativa intensità, allo scopo di:

- confrontare ove possibile e noto, gli allagamenti risultanti da modello con quelli reali;
- Assegnare un tempo di ritorno ai due eventi in base all'intensità e durata della pioggia e confrontare gli allagamenti risultanti da modello per i due eventi simulati con quelli corrispondenti all'evento sintetico con tempo di ritorno più prossimo.

Il modello di calcolo è stato tarato sulla base dei dati di pioggia ottenuti dal Centro Meteo Lombardo per l'evento di pioggia del 24 luglio 2023, risultato particolarmente gravoso e che ha causato diversi allagamenti su tutto il territorio comunale.

Sono state acquisiti dal Centro Meteo Lombardo i dati di pioggia della stazione pluviometrica di Tradate (VA), che si trova poco più a nord del comune di Cislago, con un dettaglio di registrazione di altezza e intensità di pioggia ogni 5 minuti.

Per poter confrontare l'evento del 24 luglio 2023 con le modellazioni idrauliche, sono state confrontato le altezze di pioggia dell'evento in due momenti diversi della giornata (h.13 e h.21), con le curve di possibilità pluviometrica di 2, 5, 10, 50 e 100 anni, per vedere quale fosse la magnitudo dell'evento reale rispetto agli eventi teorici.

A tale scopo sono state ricavate, per entrambi gli eventi reali, le altezze di pioggia cumulata al variare della durata dell'evento stesso e sono state graficate insieme alle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per i diversi tempi di ritorno.

Qui di seguito sono riportate le intensità di pioggia nel tempo durante i due eventi.



Figura 36: Intensità di pioggia durante l'evento del 24 Luglio 2023 h.13.00



Figura 37: Intensità di pioggia durante l'evento del 24 Luglio 2023 h.21.00

Nella figura seguente è invece riportato il confronto tra le piogge cumulate dei due eventi e quelle associate ai diversi tempi di ritorno basate sui parametri ARPA

### Linee segnalatrici di probabilità pluviometrica

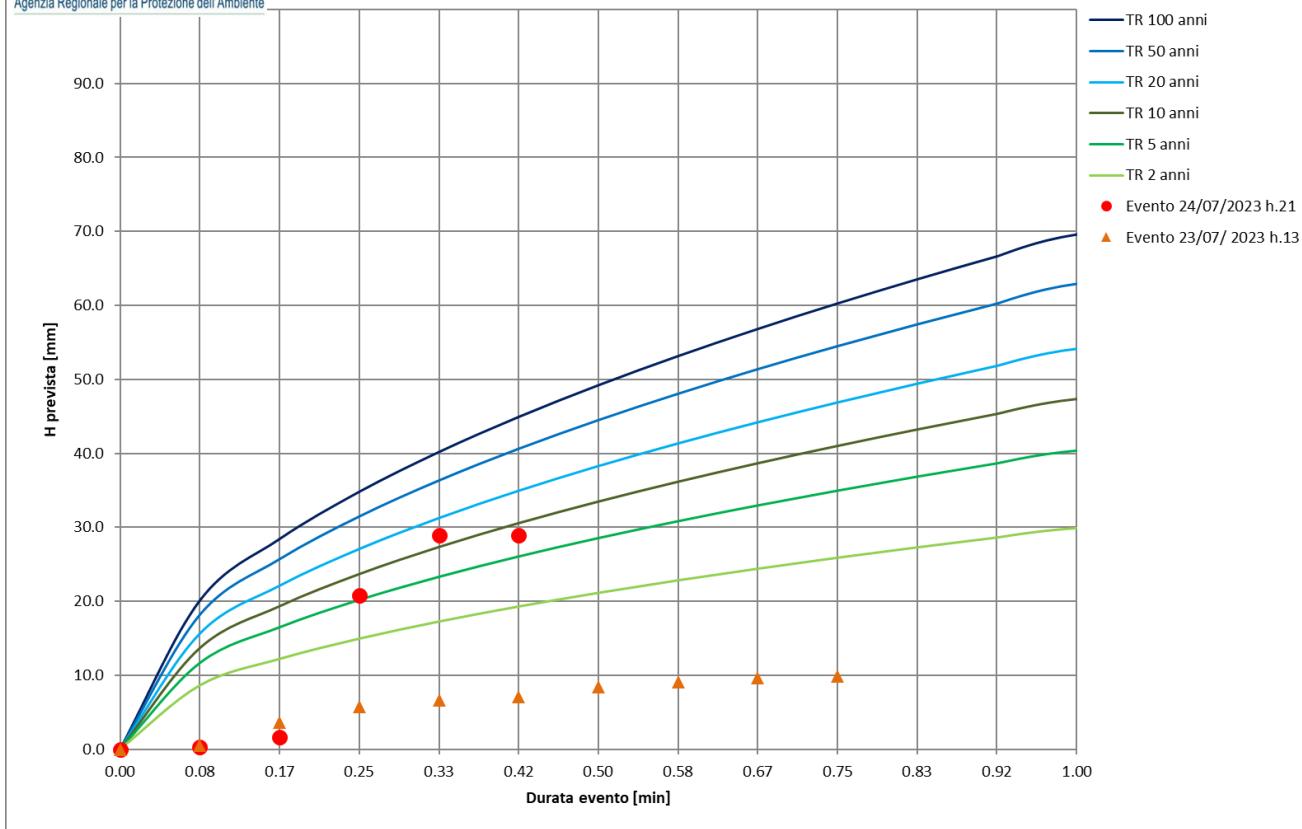


Figura 38: confronto tra altezze cumulate di pioggia dei due eventi reali di pioggia e LSPP

Come è possibile notare, l'evento delle ore h.13 , di durata indicativa 45 minuti, risulta essere di molto inferiore ad un evento di pioggia con tempo di ritorno 2 anni per tutte le durate di pioggia; mentre per quanto riguarda la pioggia caduta alle h.21, essa risulta essere di durata molto breve, circa 20 minuti con porzione di alta intensità di circa 10 minuti, che porta a una magnitudo di evento decisamente superiore, comparabile ad eventi di ritorno di 5 e 10 anni al variare della durata di pioggia considerata.

Sulla base di queste considerazioni sono stati quindi simulati i due eventi e gli allagamenti risultanti sono stati comparati con gli eventi sintetici di tempo di ritorno più prossimo.

## 8.1 Confronto dei risultati delle simulazioni dell'evento delle ore 13 del 24/07/2023 e dell'evento sintetico T=2 anni

Nelle due immagini seguenti sono messi a confronto la modellazione nello stato di fatto per T 2 anni e l'evento del 24 luglio alle h.13; com'è possibile vedere, gli allagamenti reali sono di gran lunga inferiori a quelli modellati idraulicamente, in coerenza con quanto evidenziato in Figura 38.



Figura 39: allagamenti modellati con tempo di ritorno 2 anni



Figura 40: allagamenti a seguito dell'evento del 24 luglio alle h.13

Analizzando alcuni punti significativi e confrontando i livelli massimi raggiunti tra simulazione dell'evento reale e dell'evento con fissato tempo di ritorno, si sono riscontrate le seguenti differenze riportate in tabella e nelle immagini seguenti:

<b>Evento</b>	<b>Altezza d'acqua [m]</b>	
	<i>Simulazione T 2 anni</i>	<i>Simulazione evento 24 luglio 2023 h. 13</i>
<b>Sottopasso di via Vittorio Veneto</b>	1.29	0.90
<b>Piazza Castelbarco</b>	0.07	0.06



Figura 41: allagamenti a confronto: a sinistra T2 anni da modello, a destra evento del 24 luglio h.13 in corrispondenza del sottopasso di via V. Veneto

79  
115

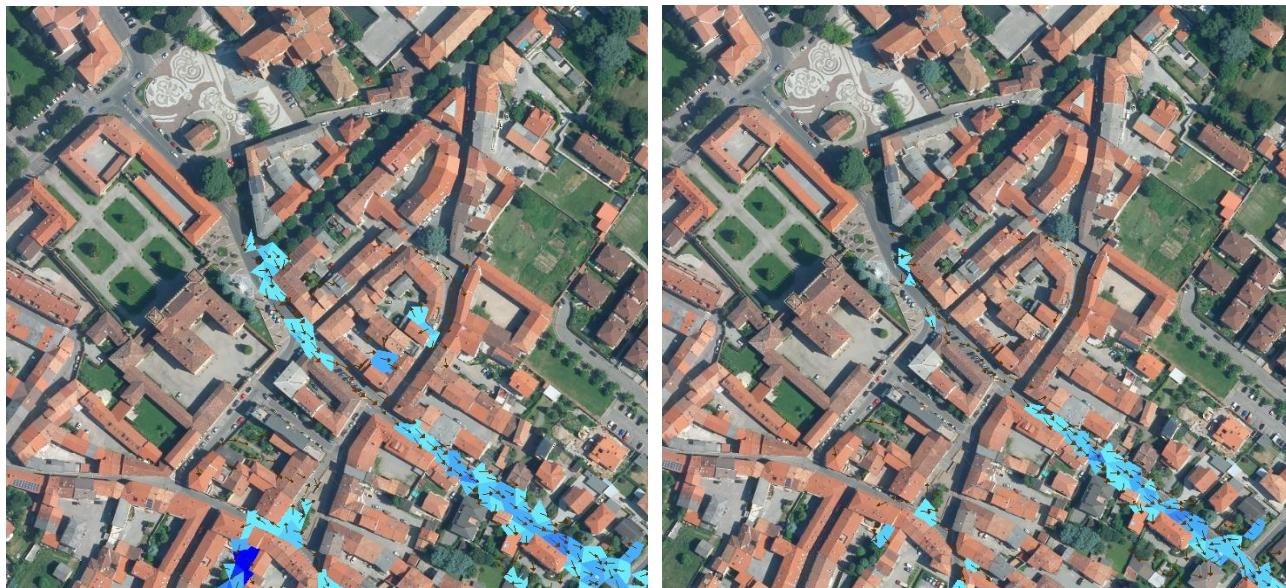
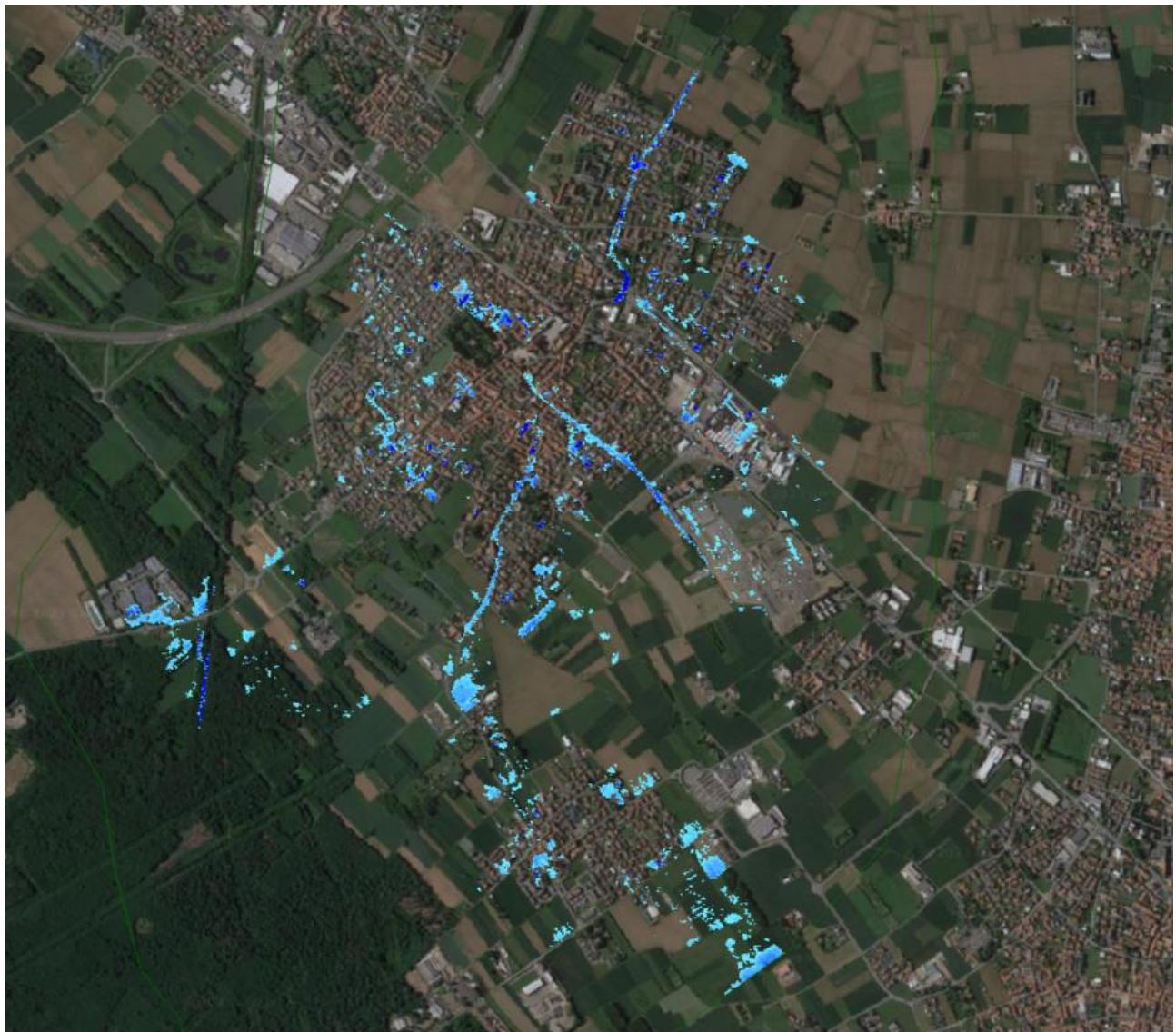


Figura 42: allagamenti a confronto: a sinistra T2 anni da modello, a destra evento del 24 luglio h.13 in corrispondenza del sottopasso di piazza Castelbarco

## 8.2 Confronto dei risultati delle simulazioni dell'evento delle ore 21 del 24/07/2023 e dell'evento sintetico T=5 anni

Nelle seguenti immagini invece si confrontano la modellazione nello stato di fatto per T 5 anni e l'evento del 24 luglio alle h.21; come è possibile notare, i due eventi sono paragonabili in termini di estensione delle aree allagate e altezze d'acqua. I livelli risultanti dalle simulazioni sono stati anche confrontati con i livelli reali riscontrati durante l'evento, segnalati tramite video o informazioni dirette dai tecnici comunali durante le riunioni successive all'evento.



80

115

Figura 43: allagamenti risultanti dalla simulazione con tempo di ritorno 5 anni



Figura 44: allagamenti a seguito dell'evento del 24 luglio alle h.21

<b>Evento</b>	<b>Altezza d'acqua [m]</b>		
	<i>Simulazione T 2 anni</i>	<i>Simulazione evento 24 luglio 2023 h.21</i>	<i>Dato indicativo riscontrato sul campo da personale comunale durante l'evento</i>
<b>Sottopasso di via Vittorio Veneto</b>	1.69	1.54	1.50
<b>Piazza Castelbarco</b>	0.18	0.17	
<b>Via Mascagni</b>	0.26	0.23	0.20

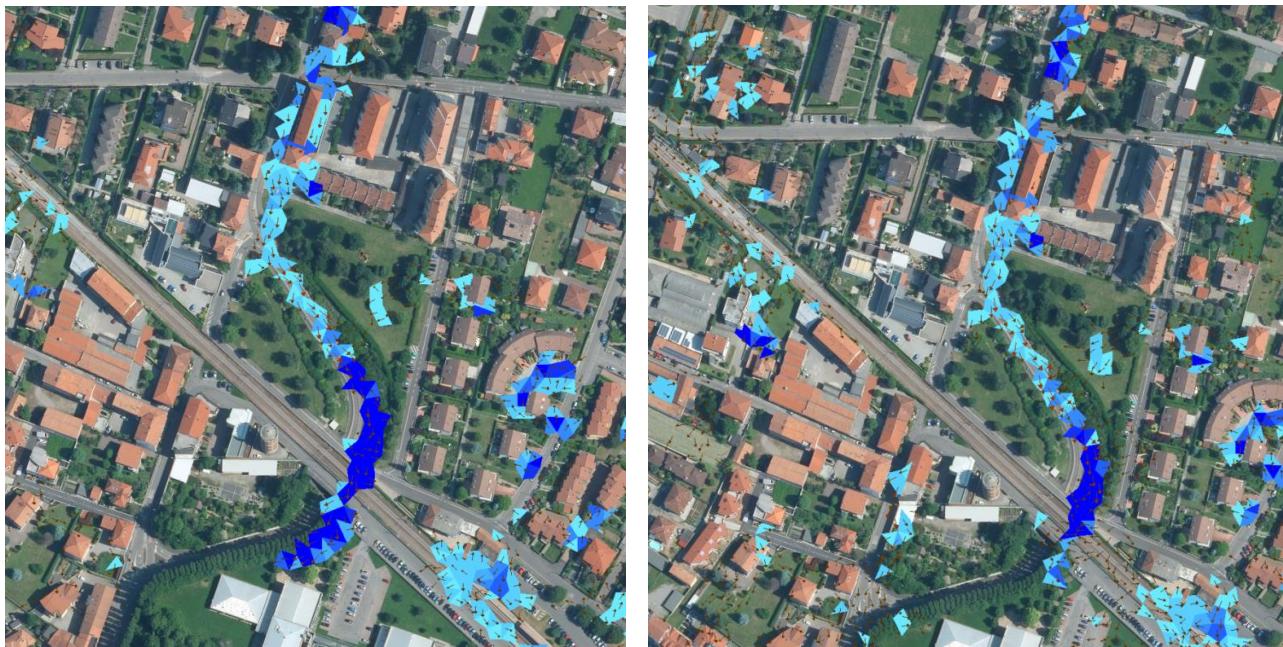


Figura 45: allagamenti a confronto: a sinistra T5 anni da modello, a destra evento del 24 luglio h.21



Figura 46: allagamenti a confronto: a sinistra T5 anni da modello, a destra evento del 24 luglio h.21



Figura 47: allagamenti a confronto: a sinistra immagine dell'allagamento reale riscontrato all'incrocio tra via IV Novembre e Piazza Castelbarco, a destra l'allagamento risultante dalla simulazione del medesimo evento



Figura 48: allagamenti a confronto: a sinistra T5 anni da modello, a destra evento del 24 luglio h.21

Dall'analisi condotta è emersa una buona rispondenza tra gli allagamenti riscontrati e le criticità segnalate dal comune e verificate sul campo.

## 9 INTERVENTI STRUTTURALI

L'assetto di progetto proposto prevede vari interventi che consentono di ridurre progressivamente il rischio di esondazione per tempi di ritorno via via crescenti.

Qui di seguito vengono descritti gli interventi previsti nei due scenari:

Il piano si sviluppa prevalentemente attraverso le seguenti tipologie di azioni:

- Alleggerimento delle dorsali e dei collettori tramite l'inserimento di aree di laminazione o separazione tra rete nera e rete bianca;
- Potenziamento delle reti fognarie, mediante interventi di incremento dei diametri senza aggravare le condizioni di sicurezza nei tratti di valle.

Di seguito sono descritti puntualmente gli interventi proposti.

### 9.1 Interventi di progetto

#### Intervento 1: Via Vittorio Veneto

Allagamento del sottopasso ferroviario dovuto ad un cospicuo afflusso di acque meteoriche provenienti dai bacini extraurbani di monte, all'elevata pendenza del terreno e alle tubazioni sottodimensionate



84

115

Figura 49:Criticità Via Vittorio Veneto per Tr=10 anni

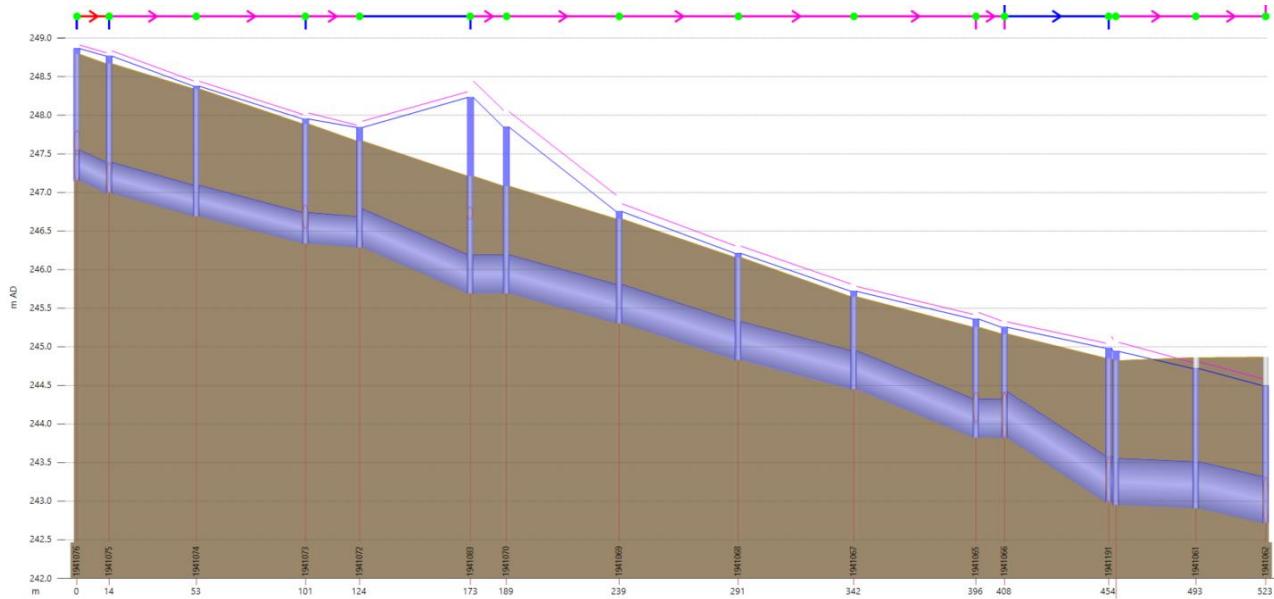


Figura 50: Profilo Tr=10 anni della rete fognaria lungo via Vittorio Veneto

Sono state ipotizzate due tipologie di interventi progettuali per la mitigazione degli allagamenti nella zona di Via Vittorio Veneto e del sottopasso ferroviario.

#### Interventi con priorità 1:

- Confinamento delle acque provenienti dai campi situati nella zona nord di Via Vittorio Veneto, tramite innalzamento del rilevato stradale, a partire dall'incrocio con Via delle Grigne, e/o in alternativa vasca di accumulo a monte dell'abitato;
- Potenziamento dell'impianto di pompaggio nel sottopasso ferroviario di Via Vittorio Veneto.

#### Interventi con priorità 2:

- Inserimento di una vasca di laminazione da 2600 mc in Via Vittorio Veneto nei pressi della linea ferroviaria;
- Adeguamento dei diametri per un tratto di rete fognaria che parte dall'incrocio con Via Mascagni, fino alla nuova vasca in progetto nei pressi della stazione, passando da DN circolare 500-600 ad uno scatolare 1200x600mm, per un tratto lungo circa 130m.



86  
115

Figura 51 – Tracciato della rete fognaria in progetto lungo via Vittorio Veneto



Figura 52 – Inserimento nuova vasca nell’area verde di fronte alla stazione



Figura 53 – Planimetria di progetto Tr=10 anni in via Vittorio Veneto

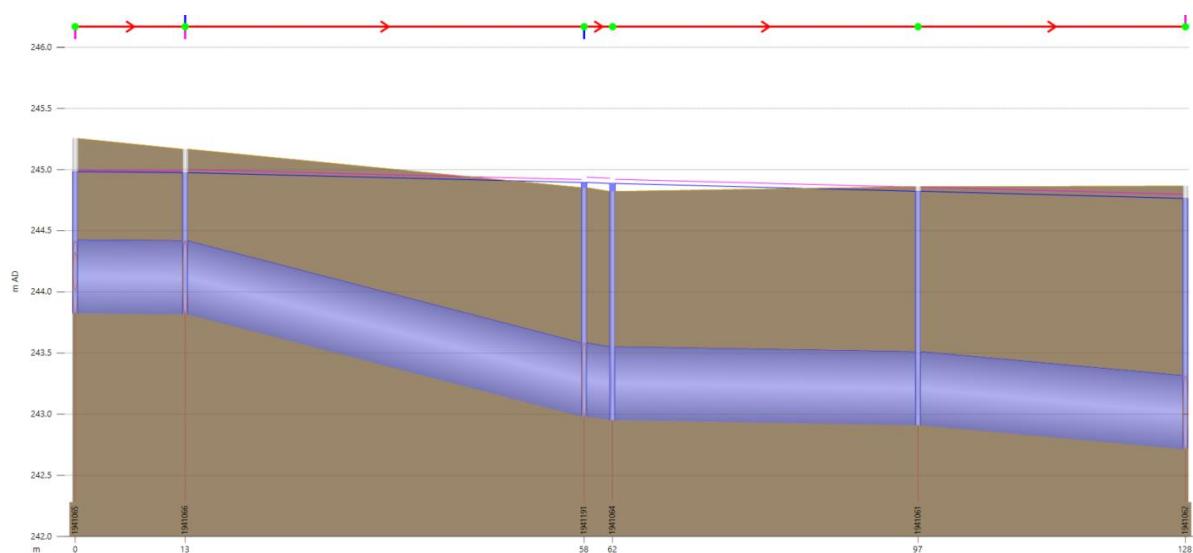


Figura 54 – Profilo Tr= 10 anni della rete fognaria lungo via Vittorio Veneto in progetto

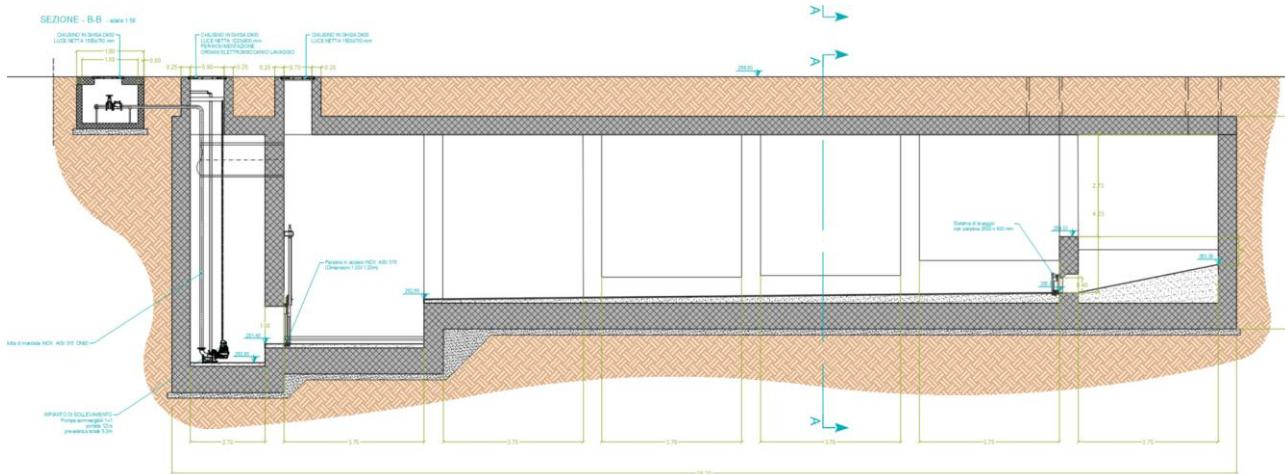


Figura 55 –Sezione tipo vasca interrata in cemento armato

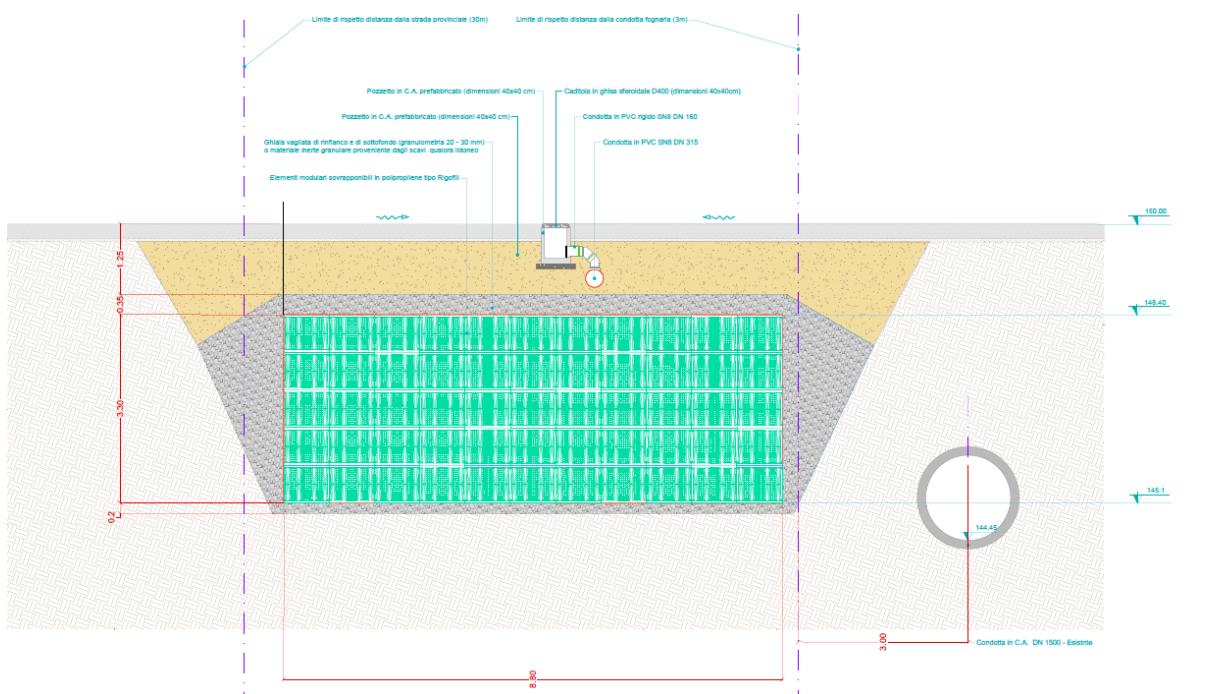


Figura 56 – Sezione tipo vasca interrata in moduli geocellulari

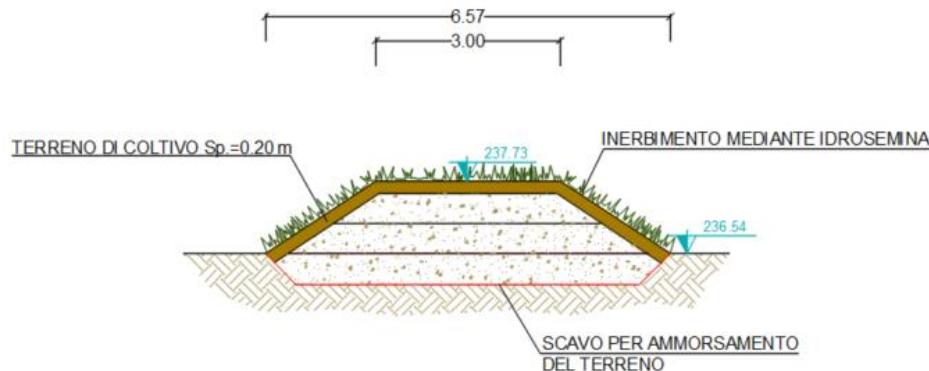


Figura 57 – Sezione tipo rilevato arginale

## Intervento 2: Piazza Toti, Piazza Castelbarco, Via Garibaldi

Il tratto di rete in esame risulta essere completamente insufficiente, con rigurgito durante gli eventi meteorici intensi della cameretta sull'incrocio di via IV Novembre con Piazza Castelbarco.

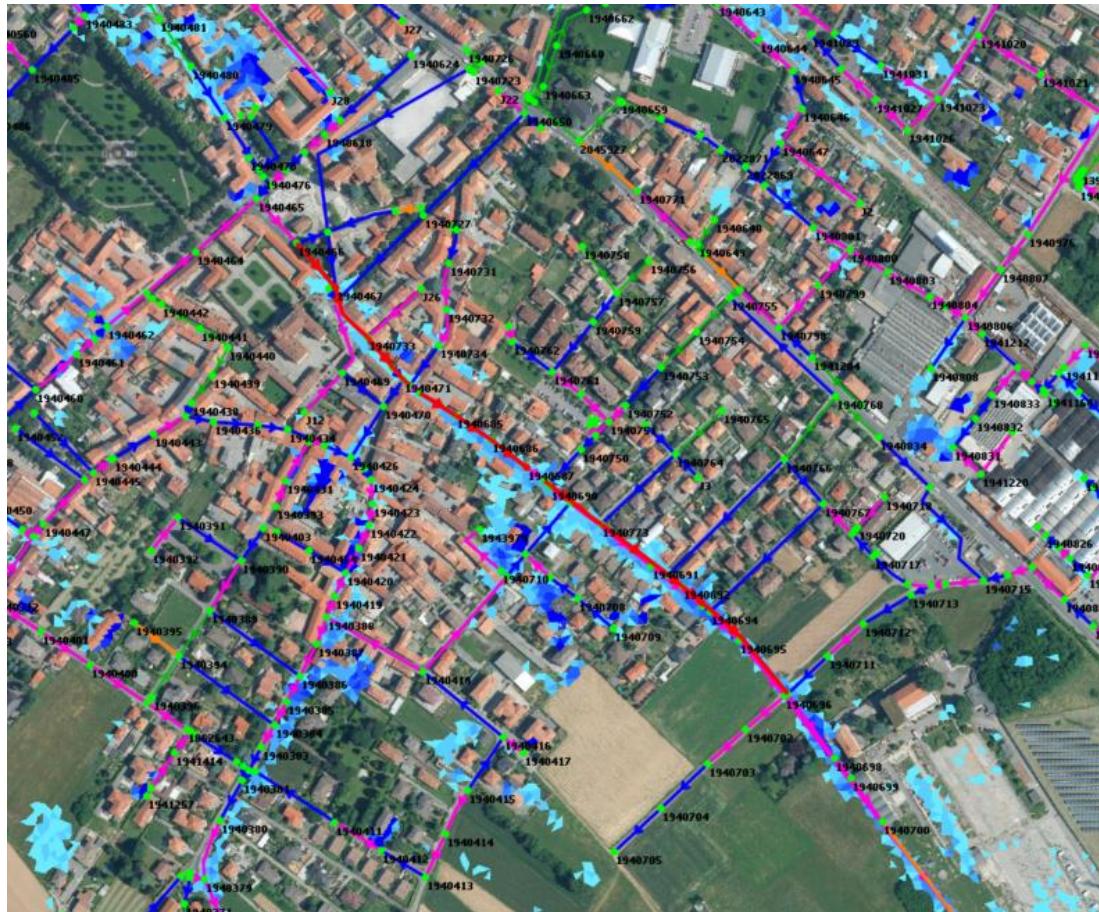


Figura 58 – Criticità Piazza Toti, Piazza Castelbarco e Via Garibaldi per  $Tr=10$  anni

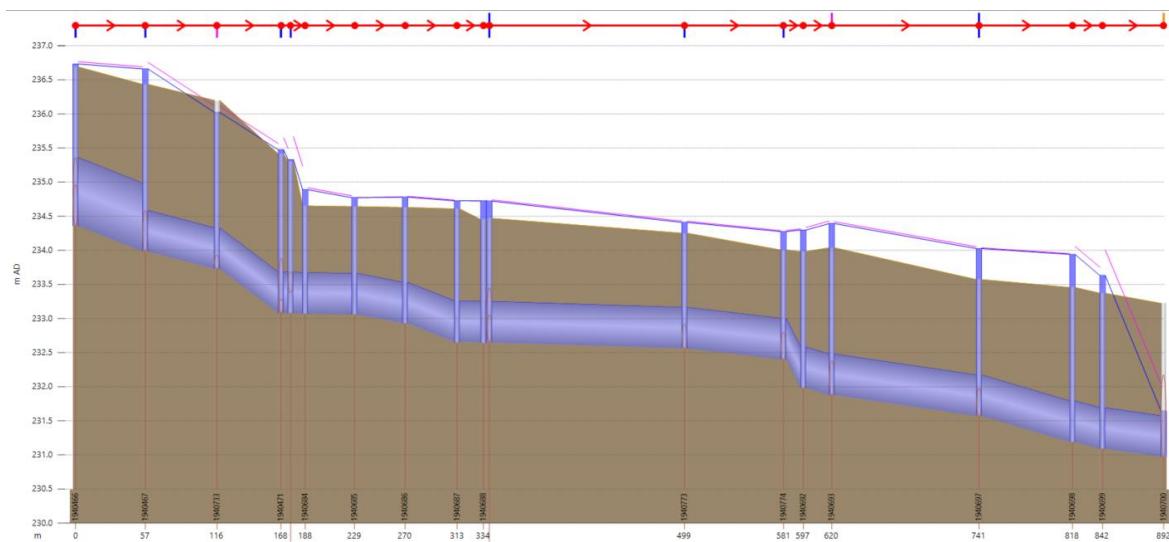


Figura 59 – Profilo Tr= 10 anni della rete fognaria lungo Via Piazza Toti, Piazza Castelbarco e Via Garibaldi

Per mitigare le criticità presenti in questa zona si è prevista l'adeguamento di pendenze e diametri del tratto di un tratto di rete lungo circa 835 m, dal nodo 1940467 al nodo 1940699 tramite l'inserimento di uno scatolare rettangolare 2000x12000mm, nel tratto evidenziato in rosso in figura sottostante.

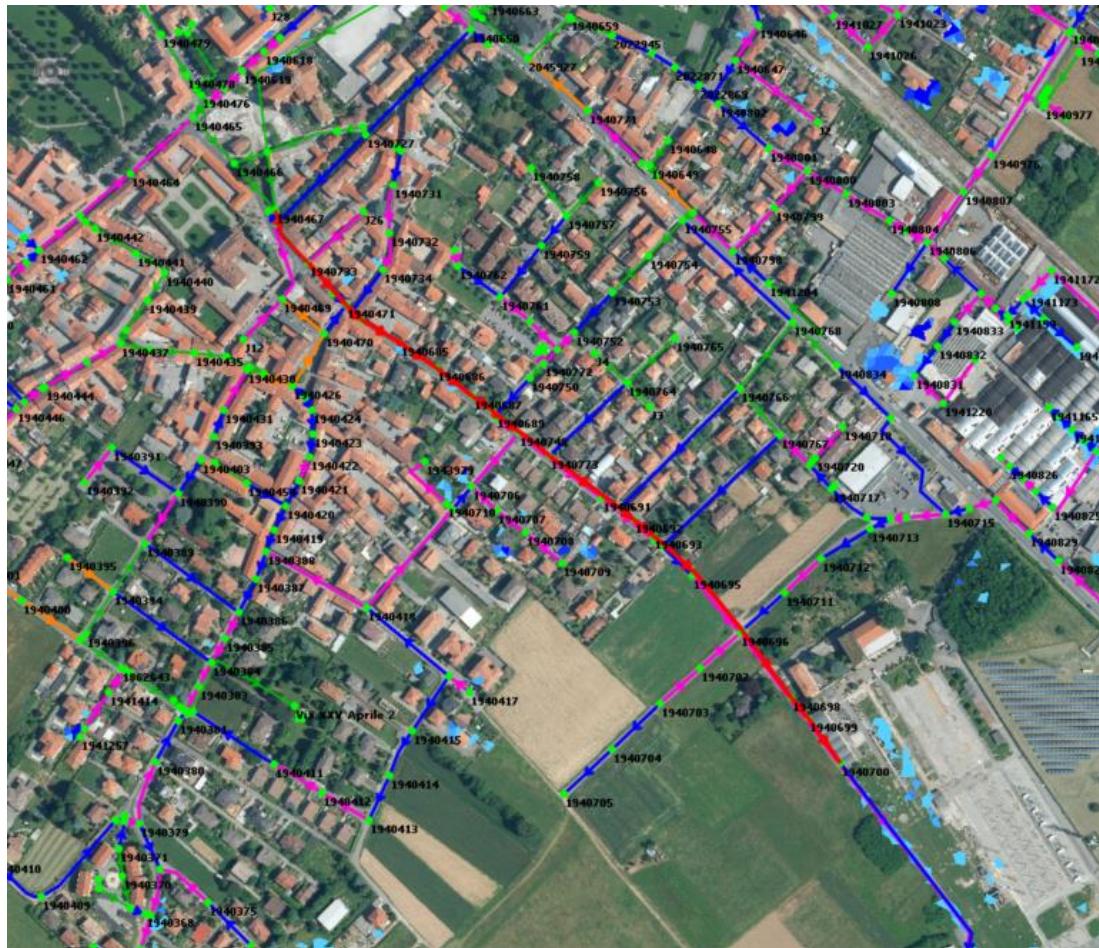


Figura 60 – Tracciato della rete fognaria in progetto lungo Piazza Toti, Piazza Castelbarco e Via Garibaldi

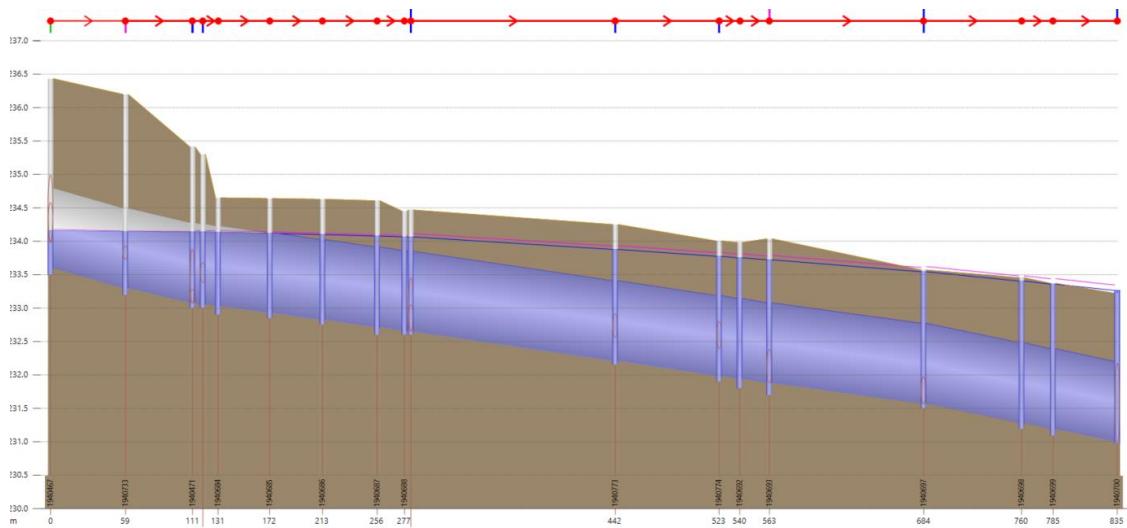


Figura 61 – Profilo Tr= 10 anni della rete fognaria lungo Piazza Toti, Piazza Castelbarco e Via Garibaldi

**Intervento 3: Via Vismara, Via Maria Piazza, Via Magenta**

Il tratto di fognatura risulta essere sottodimensionato rispetto alle portate del bacino drenato, causando perciò allagamenti dovuti al sovraccarico della rete.



Figura 62 – Criticità Via Vismara, Via Magenta e Via Maria Piazza per Tr=10 anni

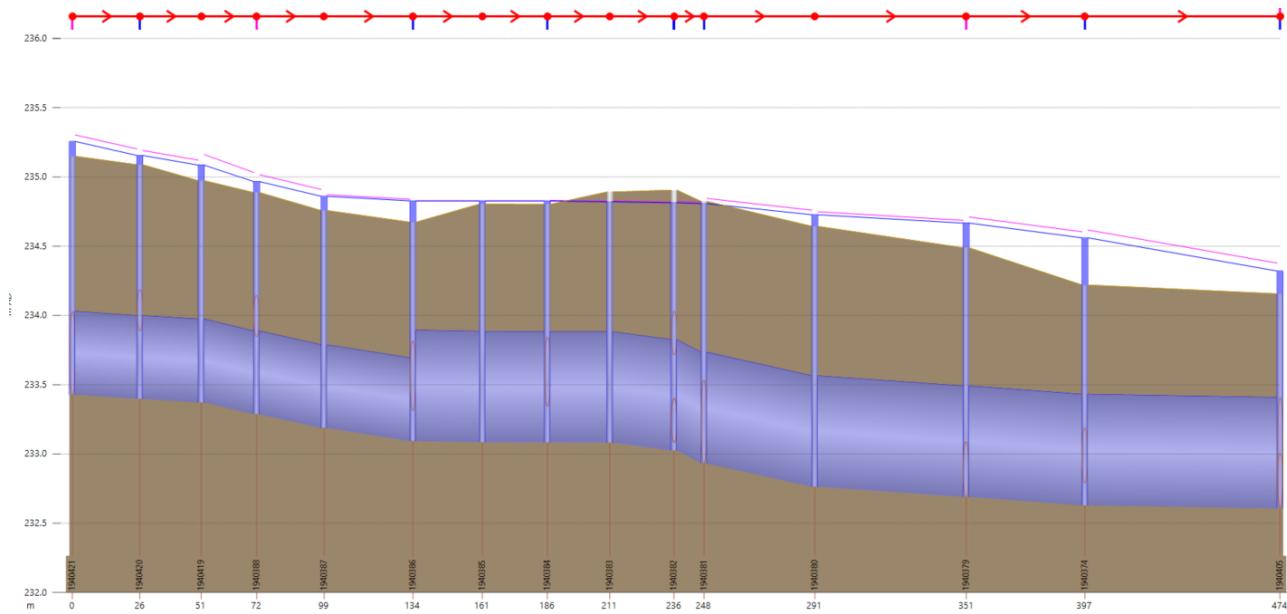


Figura 63 – Profilo Tr= 10 anni della rete fognaria lungo Via Magenta

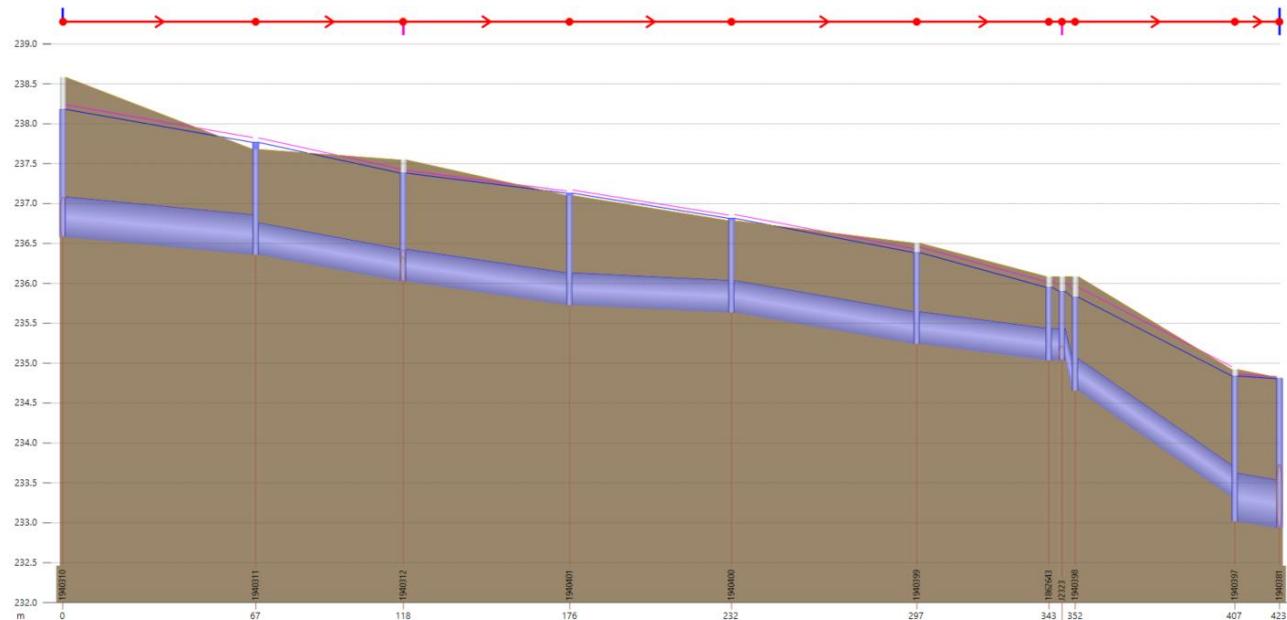


Figura 64 – Profilo Tr= 10 anni della rete fognaria lungo Via Maria Piazza

Come soluzione progettuale di priorità primaria si è previsto l'inserimento di una vasca di laminazione da 6200 mc situata nel parco di via Magenta, collegata alla rete di Via Maria Piazza tramite inserimento di un DN1000 di circa 140m.



Figura 65 – Inserimento vasca di laminazione nel parco di Via Magenta

Si sono adeguati anche i diametri e le pendenze su Via Maria Piazza e su Via Palestro, con l'inserimento rispettivamente di un DN800 e un DN400.

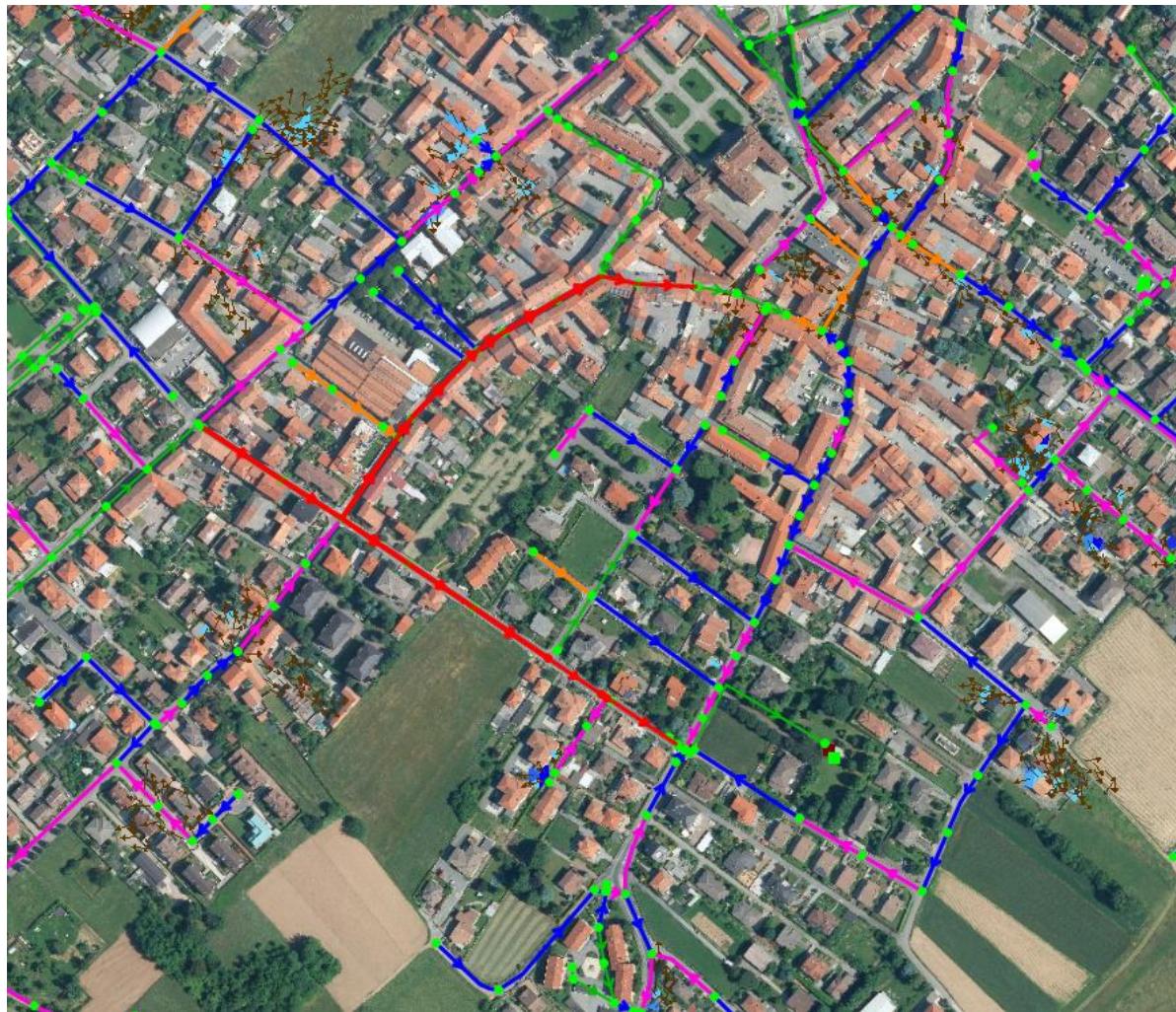


Figura 66 – Tracciato soggetto a sostituzione dei diametri in Via Maria Piazza/ Via Palestro

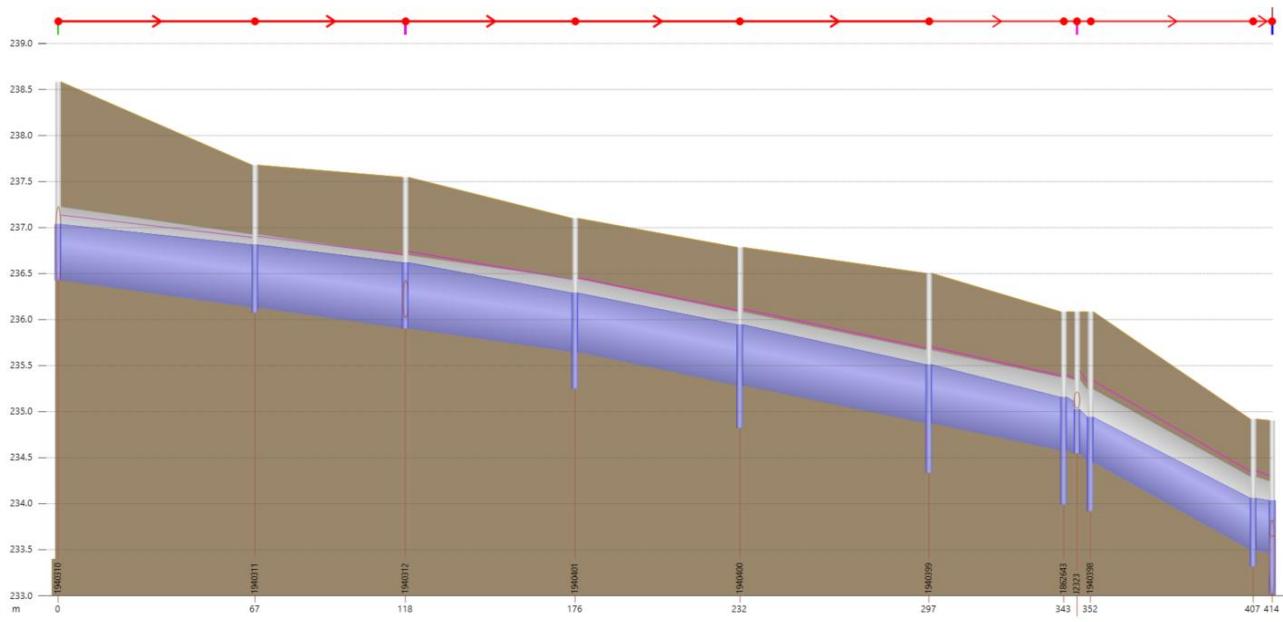


Figura 67 – Profilo Tr= 10 anni di progetto lungo Via Maria Piazza

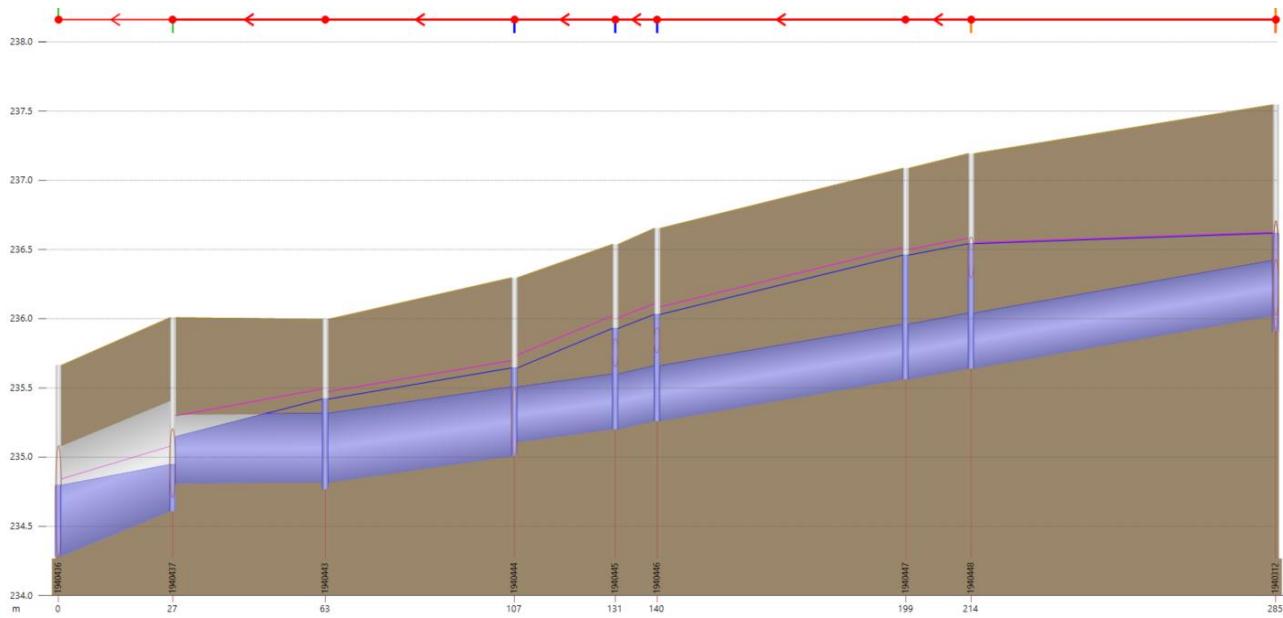


Figura 68 – Profilo Tr= 10 anni di progetto lungo Via Palestro

**Intervento 4: Via Carso, Via San Giuseppe, Via Leonardo da Vinci**

L'intera area residenziale racchiusa in queste vie è soggetta ad allagamenti dovuti ad un malfunzionamento generalizzato della rete a causa di diametri e pendenze insufficienti.

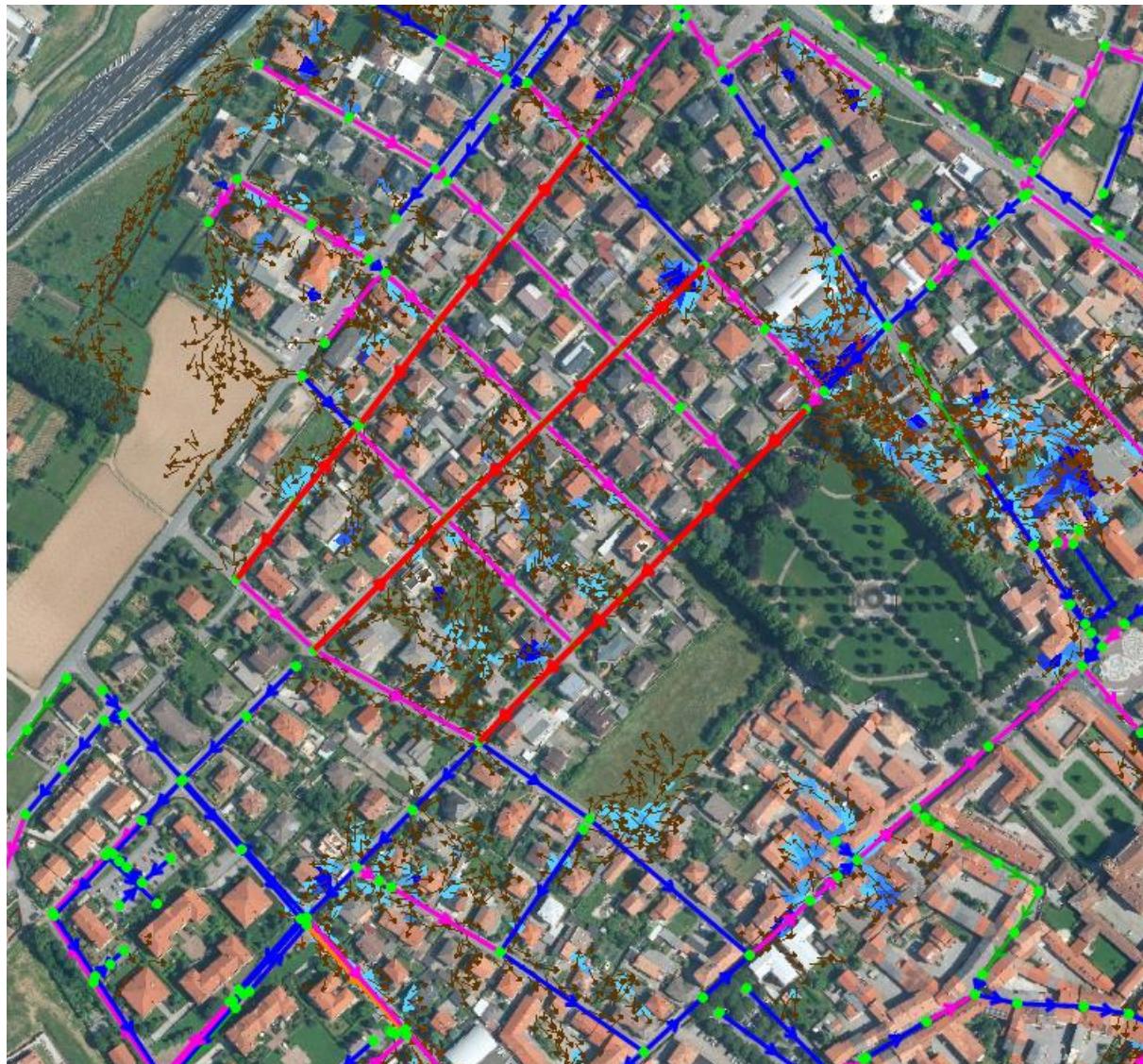


Figura 69 – Criticità Via Carso, Via San Giuseppe e Via Leonardo da Vinci per Tr=10 anni

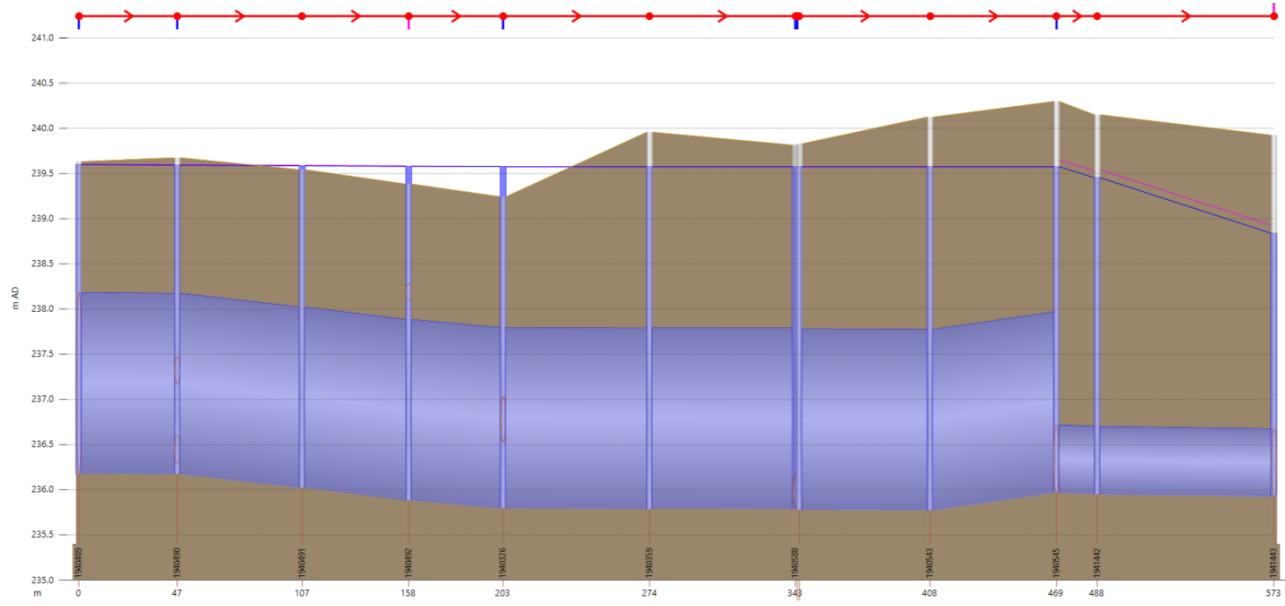


Figura 70 – Profilo Tr=10 anni della rete lungo Via Carso e Via Giovanni XXIII

Per risolvere le criticità si è proposto di inserire una vasca di laminazione da 10500 mc lungo via Giovanni XXIII, nell'area verde di fronte a Via Santa Sofia. Collegata con un DN1600 a via Santa Sofia.



Figura 71 – Inserimento vasca di laminazione lungo via Giovanni XXIII

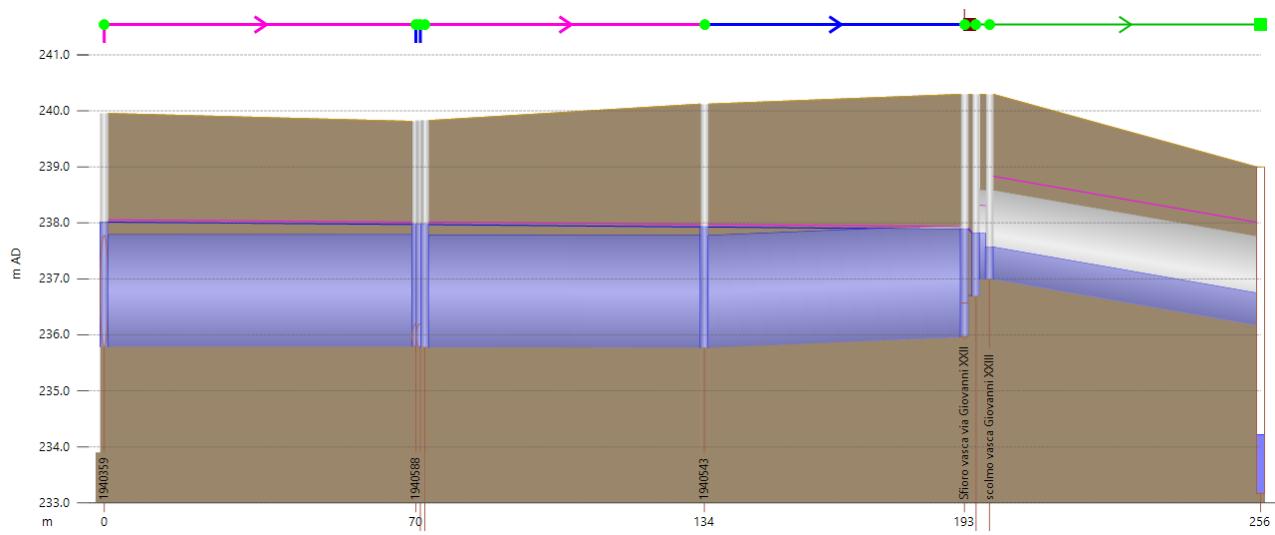


Figura 72 – Profilo Tr=10 anni di progetto della rete lungo Via Carso e Via Giovanni XXIII

### Intervento 5: Via Mascagni

Via Mascagni risulta essere completamente allagata a seguito di eventi di pioggia di grande intensità, dovuti dal drenaggio delle acque provenienti dai campi agricoli adiacenti alla zona e alle pendenze del terreno che convogliano le acque lungo la via e da qui verso via Vittorio Veneto.



Figura 73 – Criticità Via Mascagni per Tr=10 anni

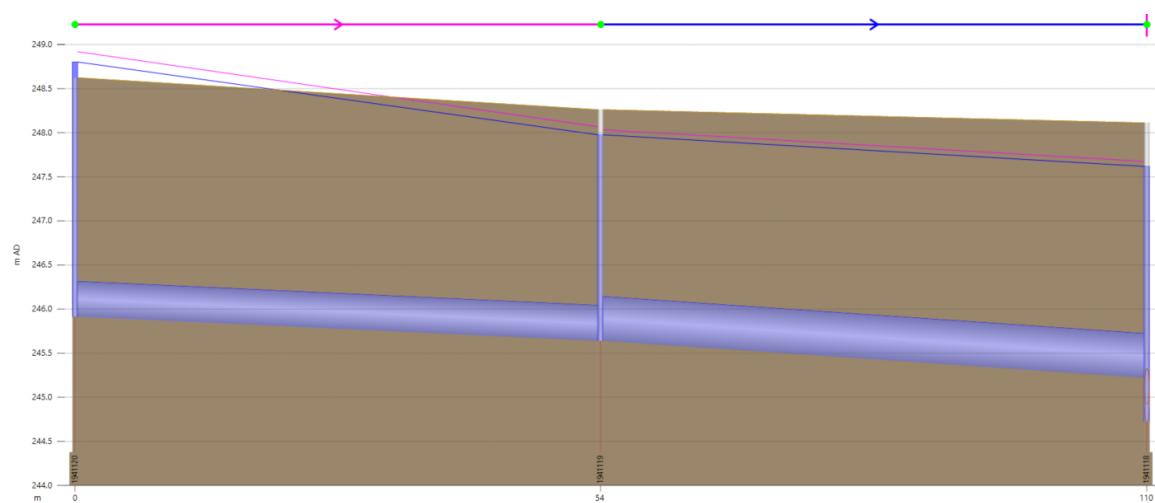


Figura 74 – Profilo stato di fatto Tr=10 anni della rete lungo Via Mascagni

Per risolvere le criticità si è proposto un rimodellamento della strada al fine di mantenere l'acqua all'interno dei campi.



101  
115

Figura 75 – Riduzione allagamenti Via Mascagni per T= 10 anni

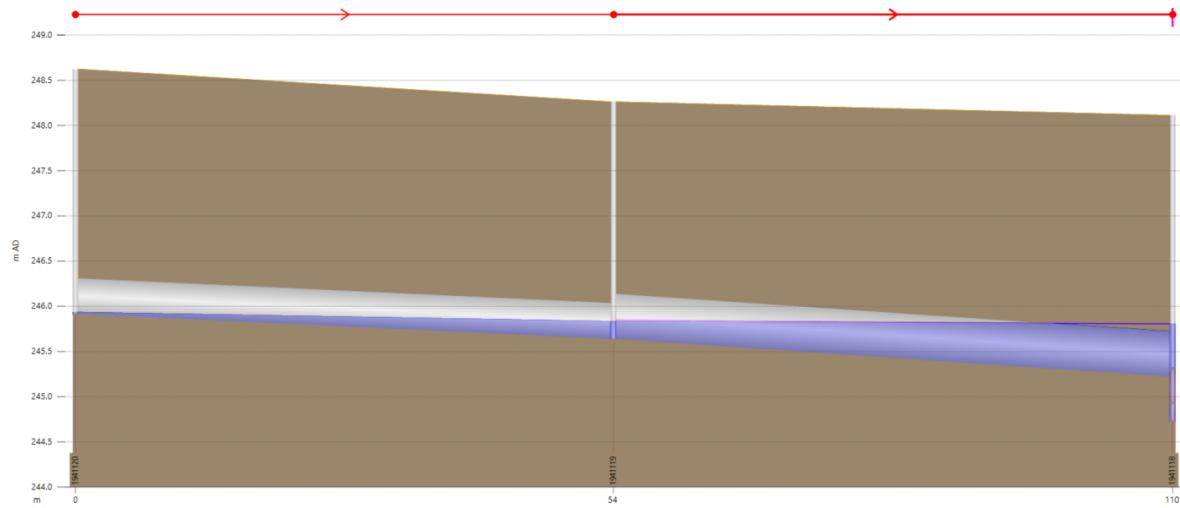


Figura 76 – Profilo di progetto  $Tr=10$  anni della rete lungo Via Mascagni

Intervento	Priorità
Confinamento delle acque provenienti dai campi situati nella zona nord di Via Vittorio Veneto, tramite innalzamento del rilevato stradale, a partire dall'incrocio con Via delle Grigne, e/o in alternativa vasca di accumulo a monte dell'abitato;	1
Potenziamento dell'impianto di pompaggio nel sottopasso ferroviario di Via Vittorio Veneto	1
Inserimento di una vasca di laminazione da 2600 mc in Via Vittorio Veneto nei pressi della linea ferroviaria	2
Adeguamento dei diametri per un tratto di rete fognaria che parte dall'incrocio con Via Mascagni, fino alla nuova vasca in progetto nei pressi della stazione, passando da DN circolare 500-600 ad uno scatolare 1200x600mm, per un tratto lungo circa 130m	2
Piazza Toti, Piazza Castelbarco, Via Garibaldi: adeguamento di pendenze e diametri del tratto di un tratto di rete lungo circa 835 m tramite l'inserimento di uno scatolare rettangolare 2000x12000mm	2
Via Vismara, Via Maria Piazza, Via Magenta: l'inserimento di una vasca di laminazione da 6200 mc situata nel parco di via Magenta, collegata alla rete di Via Maria Piazza tramite inserimento di un DN1000 di circa 140m	1
Via Vismara, Via Maria Piazza, Via Magenta: Si sono adeguati anche i diametri e le pendenze su Via Maria Piazza e su Via Palestro, con l'inserimento rispettivamente di un DN800 e un DN400.	2
Via Carso, Via San Giuseppe, Via Leonardo da Vinci: inserimento di una vasca di laminazione da 10500 mc lungo via Giovanni XXIII, nell'area verde di fronte a Via Santa Sofia. Collegata con un DN1600 a via santa Sofia	2

102

115

## 9.2 Confronto tra scenario stato di fatto e stato di progetto

Nelle immagini seguenti sono rappresentati gli allagamenti risultanti per gli scenari stato di fatto e stato di progetto relativi al tempo di ritorno di 10 anni (cfr. tav. 2 pericolosità idraulica stato di progetto per Tr 10 anni).

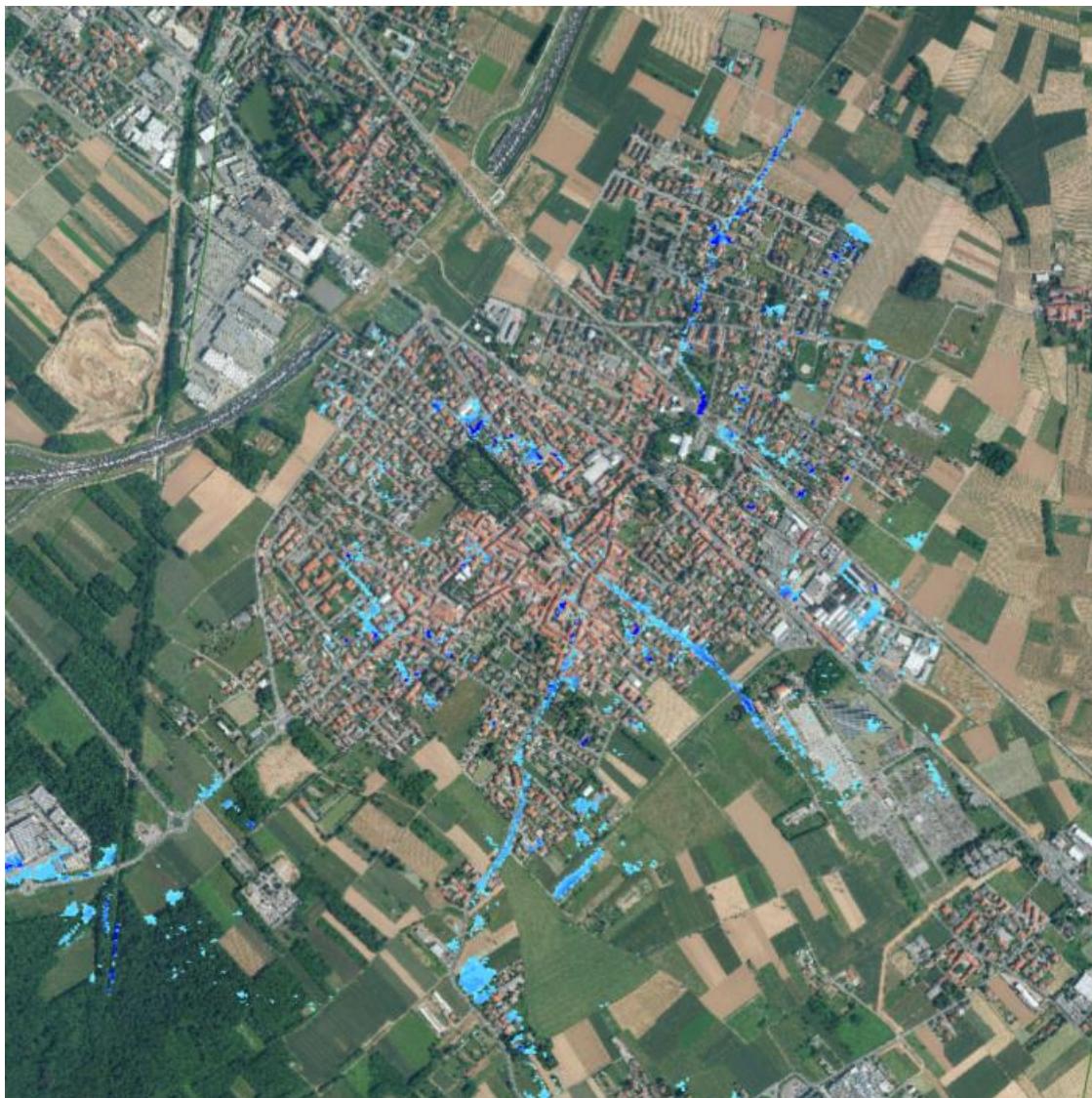


Figura.77 - Mappa allagamenti **stato di fatto Tr 2 anni**



104  
115

Figura 78 - Mappa allagamenti **stato di fatto Tr 10 anni**



Figura 79 - Mappa allagamenti **stato di progetto** - Tr 2 anni



Figura 80 - Mappa allagamenti **stato di progetto- Tr 10 anni**

Le immagini mostrano che gli interventi ipotizzati riescono a ridurre e/o mitigare la maggior parte delle criticità evidenziate ed in ogni caso a ridurre drasticamente gli allagamenti per Tr 10 anni. Ovviamente, poiché le opere sono dimensionate per tale tempo di ritorno, non si hanno invece benefici significativi per i tempi di ritorno di 50 e 100 anni, eccedenti gli usuali tempi di ritorno di riferimento per il dimensionamento delle fognature esistenti.

## 10 INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE NON STRUTTURALI

Il Regolamento Regionale n. 7/2017 prevede all'art 14 che sia lo studio comunale di gestione del rischio idraulico che il documento semplificato del rischio idraulico comunale debbano contenere l'individuazione di misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio idraulico a cui è soggetto il territorio.

Nel seguito della presente relazione vengono presentate le principali misure non strutturali ed esempi di buone prassi messe in atto in ambiti simili ed individuate per lo specifico territorio le più opportune azioni attuabili a scala comunale.

### 10.1 Principali tipologie di interventi non strutturali

#### 10.1.1 Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione

Un'importante misura non strutturale riguarda la comunicazione del rischio, delle procedure di emergenza già definite e delle misure di autoprotezione e prevenzione alla comunità interessate dagli allagamenti.

A tal fine possono essere organizzati specifici incontri di comunicazione e formazione alla cittadinanza, da parte di operatori specializzati e/o volontari. Gli incontri possono essere effettuati per gruppi omogenei di cittadini, che vivono le stesse situazioni di rischio o sono portatori di interessi analoghi (ad. es commercianti, residenti, industrie) e coinvolgendo le scuole.

Un aspetto di assoluto rilievo riguarda l'effettiva taratura degli incontri sul territorio specifico, informando sia su concetti generali ma soprattutto sulla reale situazione in essere nei comuni coinvolti.

Gli strumenti informativi e di formazione di base da utilizzare possono essere audiovisivi e materiale divulgativo cartaceo messi a disposizione dalle istituzioni, quali ad esempio la Protezione Civile Nazionale o l'Istituto di Ricerca per la Protezione Idrogeologica (CNR – IRPI).

Un'utile iniziativa di informazione e formazione è quella collegata alla campagna di comunicazione nazionale "Io non rischio" sulle buone pratiche di protezione civile. Il punto di partenza della campagna è la presa di coscienza che l'esposizione individuale ai rischi a cui è soggetto il territorio italiano (terremoto, maremoto, alluvione, frane, etc...) può essere sensibilmente ridotta attraverso la conoscenza del problema, la consapevolezza delle possibili conseguenze e l'adozione di alcuni semplici accorgimenti. Io non rischio è anche lo slogan della campagna, il cappello sotto il quale ogni rischio viene illustrato e raccontato ai cittadini insieme alle buone pratiche per minimizzarne l'impatto su persone e cose.

Nel fine settimana dedicato alla campagna vengono allestiti degli stand informativi nelle piazze dei comuni interessati. I volontari distribuiscono i materiali informativi e rispondono alle domande dei cittadini sulle possibili azioni da fare per ridurre il rischio.

107

115



Figura 81 – Pieghevole della campagna nazionale “Io non rischio – buone pratiche di protezione civile: alluvione” <http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/>

### 10.1.2 Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science

La direttiva 2007/60/CE ed anche la direttiva quadro sulle acque 2000/60/UE promuovo il coinvolgimento dei cittadini, necessario per garantire il successo della direttiva stessa, che dipende da una stretta collaborazione e da un'azione coerente a livello locale, della Comunità e degli Stati membri e dall'informazione, dalla consultazione e dalla partecipazione dell'opinione pubblica.

Per coinvolgere i cittadini, oltre alle iniziative di comunicazione descritte al paragrafo precedente, possono essere implementati progetti di Citizen Science applicati agli ambiti di interesse: riqualificazione fluviale, biodiversità, qualità delle acque e rischio idraulico.

Il termine Citizen Science (letteralmente, scienza dei cittadini in inglese) indica quel complesso di attività collegati ad una ricerca scientifica a cui partecipano semplici cittadini. È un modo per coinvolgere le comunità locali in attività che comportano una presa di coscienza ed un aumento della conoscenza e della competenza dei cittadini che vi partecipano ed al contempo consente a ricercatori ed istituzioni di ampliare i dati raccolti sulle variabili ambientali, da utilizzare per progetti di ricerca, ma anche per la pianificazione, progettazione e gestione delle emergenze.

L'aumentata conoscenza da parte dei cittadini consente anche scelte più consapevoli e partecipate e di innescare percorsi virtuosi di coinvolgimento, che nel contesto del presente progetto possono essere recepiti e valorizzati all'interno del Contratto di fiume ([www.contrattidifiume.it](http://www.contrattidifiume.it)).

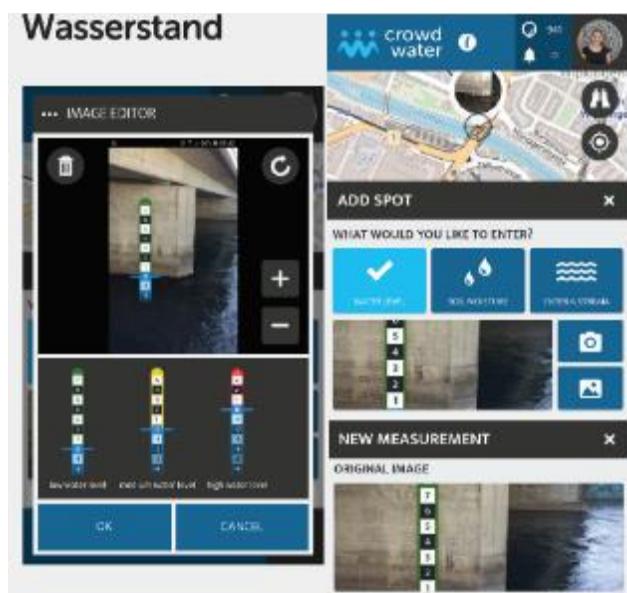
L'ampia diffusione, anche tra i non addetti, di tecnologie e sensori utili per la raccolta dati (ad esempio tramite gli smartphone), rendono possibile attraverso iniziative di Citizen Science il coinvolgimento dei cittadini nella misurazione di grandezze legate ai fiumi, quali ad esempio i livelli idrici o anche le portate.

Nell'ambito delle misure dei livelli idrici si segnalano due progetti di Citizen Science, presentati all'European Geoscience Union 2017 e alla prima conferenza italiana sulla Citizen Science, tenutasi a Roma nel novembre 2017:

- **Crowd Water** (<http://www.crowdwater.ch>): progetto svizzero promosso dall'Università di Zurigo, per la misura relativa dei livelli tramite aste virtuali rispetto uno zero idrometrico fissato dagli utenti, tramite l'utilizzo di smartphone;
- **Cithyd** (Citizen Hydrology <http://cithyd.com>): progetto italiano promosso dalla società WISE, per la misura dei livelli tramite asta idrometrica fisica e l'utilizzo di smartphone.

Il progetto Crowd Water tramite l'App Spotteron, scaricabile gratuitamente sia per Android che per IOS, permette a volontari di inserire aste virtuali e quindi misure su qualsiasi fiume di interesse. All'interno della App è implementata anche la possibilità di indicare classi di umidità del suolo per aree di interesse.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della App associata a Crowd Water, come si presenta su un comune smartphone.



109

115

Figura 82 – Alcune schermate del progetto Crowd Water [da [www.crowdwater.ch](http://www.crowdwater.ch)]

Il progetto CITHYD (Citizen Hydrology) è sviluppato tramite una web-App, che riceve i dati di livello idrico misurati dai cittadini in sezioni fluviali dotate di asta idrometrica e di un cartello informativo, munito di codice QR, esegue delle semplici verifiche, memorizza i dati in un geodatabase e li pubblica per tutti (Open Data). L'applicazione è un utile strumento per il coinvolgimento delle persone nella raccolta dati in modo semplice e rapido ed anche per avvicinarle al fiume e al territorio perifluviale, per la fruizione, l'accrescimento dell'identità territoriale e la cura delle risorse idriche e dell'ambiente. Cithyd è stata citata anche come esempio delle misure previste nel Progetto di sottobacino del Seveso nell'ambito dei Contratti di fiume.

L'immagine seguente mostra alcune schermate della web-App.

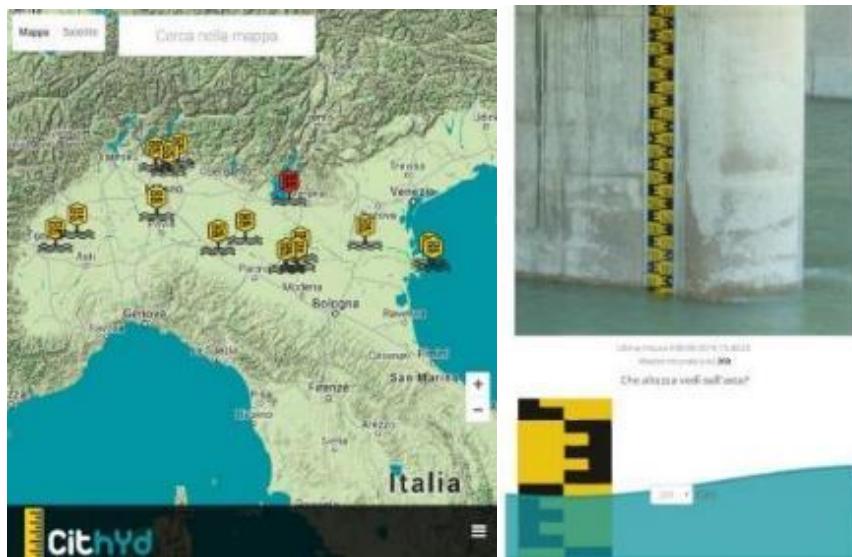


Figura 83 – Alcune schermate della web App Cithyd [da [www.cithyd.com](http://www.cithyd.com)]

### 10.1.3 Sistemi di monitoraggio ed allerte

Tra le misure non strutturali rivestono particolare importanza i sistemi di monitoraggio ed allerta, che consentono di conoscere il livello e/o la portata del corso d'acqua strumentato ed anche altri parametri ambientali (quali ad esempio temperatura, velocità e direzione del vento e precipitazione) in funzione dei sensori installati.

La conoscenza dei livelli del corso d'acqua permette infatti di attivare, in relazione al raggiungimento di alcune soglie prefissate (attenzione, preallerta, allerta), procedure di emergenza per la gestione di eventuali esondazioni e quindi per la riduzione del danno.

Per rendere ancora più efficace l'impiego dei dati misurati è inoltre possibile implementare e tarare specifici modelli previsionali di piena in tempo reale, in grado di prevedere un evento pericoloso con un tempo sufficiente per mettere in sicurezza persone e beni.

I sistemi di monitoraggio possono essere inoltre collegati a dispositivi in grado di attuare delle misure di protezione, ad esempio semafori o barriere a funzionamento automatico per impedire l'accesso ad aree soggette ad allagamenti.

### 10.1.4 Piani e studi di approfondimento

Tra le misure non strutturali previste nel PGRA del bacino del Po sono indicati approfondimenti e studi per migliorare la conoscenza della pericolosità e dell'efficacia degli interventi, tramite analisi idrologiche e idrauliche degli scenari di rischio residuale, verifiche di compatibilità di ponti, infrastrutture ed impianti e studi e azioni per prescrivere o promuovere il principio dell'invarianza idraulica (e idrologica). Il presente documento costituisce pertanto già una prima misura non strutturale messa in atto, da completare con un'analisi più approfondita condotta tramite modellazioni numeriche della rete di fognatura.

110

115

### 10.1.5 Difese temporanee

Oltre alle difese permanenti, volte a diminuire la probabilità di accadimento di un prefissato evento di piena è possibile mettere in atto anche difese di tipo temporaneo, per proteggere il territorio per eventi di piena più gravosi o per diminuire i danni che quell'evento può produrre sul territorio.

Le difese temporanee possono essere adottate, nelle varie tipologie disponibili, sia dai soggetti istituzionali, sia dai cittadini per la difesa delle proprie proprietà private.

Le difese temporanee possono essere indicativamente raggruppate nelle seguenti classi (secondo lo statunitense US Army Corps of Engineers. National Nonstructural/Flood Proofing Committee - NFPC):

- barriere temporanee;
- dispositivi di chiusura;
- valvole antiriflusso;
- sistemi di pompaggio.

Le barriere temporanee sono dispositivi da posizionare in previsione di eventi di piena per gestire l'eventuale allagamento del territorio, si va dai classici sacchetti di sabbia, storicamente usati per questo scopo, a prodotti più tecnologici e recenti, quali barriere tubolari in materiale plastico, riempibili ad aria o ad acqua, o ancora a barriere metalliche provvisionali a montaggio manuale.

Nelle immagini seguenti sono mostrate alcune modelli in commercio delle varie tipologie.



111

115

Figura 84 – Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia



Figura 85 – Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente



Figura 86 – Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria



Figura 87 – Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua



Figura 88 – Barriera temporanea antiesondazione autostabile modulare



Figura 89 – Barriera temporanea modulare con pilastri e panconi manuali in alluminio

I dispositivi di chiusura sono costituiti da paratoie e panconi a chiusura delle aperture nei muri o recinzioni, per evitare l'ingresso di acqua e sono solitamente utilizzate a protezione degli edifici. Possono essere dei cancelli a tenuta stagna, paratoie a sollevamento automatico o paratoie manuali, da montare in previsione di possibili allagamenti. In funzione dell'importanza dell'edificio o attività da proteggere, dell'evento temuto e dell'esistenza di vincoli di budget è possibile scegliere la tipologia più adatta. Nelle immagini seguenti sono mostrati alcuni dispositivi, sia manuali, che automatici.



Figura 90 – Paratoia di chiusura a scorrimento orizzontale per un cancello a tenuta idraulica



113

115

Figura 91 – Paratoie manuali a protezione di porte di ingresso

L'insufficienza della rete e l'impossibilità da parte del sistema fognario a scaricare le acque raccolte può far sì che le acque in eccesso nella rete fognaria possano trovare improprio sfogo nei terminali installati nelle abitazioni e quindi possano esserci allagamenti dovuti al rigurgito delle acque negli impianti.

Per evitare il verificarsi di tali situazioni e diminuire quindi il danno che gli allagamenti possono produrre è consigliato installare dei dispositivi anti-riflusso tra le tubazioni private e la rete pubblica di raccolta delle acque. L'immagine seguente mostra il funzionamento del sistema antiriflusso, che impedisce alle acque della rete fognaria di risalire la tubazione di scarico.



Figura 92 – Funzionamento del sistema antiriflusso

## 10.2 Misure non strutturali individuate

La tabella seguente riepiloga le principali misure non strutturali che possono essere impiegate sul territorio comunale ed individua le più opportune in relazione al contesto ed alla tipologia e cause presumibili degli allagamenti presenti.

Misura non strutturale	Applicabilità nel territorio comunale
1. Interventi di manutenzione programmata su organi di sfioro e condotte	X
2. Stima dei volumi di laminazione per rispetto delle portate ai limiti previsti dall'art. 8 comma 5 del RR 7/2017;	X
3. Indicazione di massima delle misure di Invarianza Idraulica e idrologica da prevedere per il rispetto della normativa	X
4. Promozione ed incentivazione per l'adozione di misure di invarianza idraulica e idrologica per le aree industriali, al fine di ottenere una progressiva disconnessione delle superfici anche quando non è da prevedere il RR 7/2017	X

114

115

Figura 93 – Tabella di riepilogo delle tipologie di misure non strutturali applicabili

## 11 CONCLUSIONI

Gli scriventi hanno definito un assetto di progetto finalizzato a ridurre le criticità idrauliche sul territorio comunale, eliminando progressivamente gli allagamenti per eventi con tempo di ritorno di 2 e 10 anni.

Dato il carattere preliminare dello studio richiesto dal R.R. 7/2017 e s.m.i. nelle fasi successive di progetto sarà necessario condurre approfondimenti topografici sui tratti di rete oggi non completamente rilevati, per affinare l'assetto di progetto proposto e ottimizzare le soluzioni progettuali proposte in questa sede.