COMUNE DI VERDERIO

Provincia di Lecco

STUDIO COMUNALE RISCHIO IDRAULICO

RELAZIONE GENERALE ED IDRAULICA

Elaborato n°

1

STUDIO TECNICO FP
Viale Romolo, 6 - 20143 Milano
Tel. 02-45493364
Fax 02-8323203
E-Mail: info@studiofp.it
Web: http://www.studiofp.it

Il Progettista

ING. GIORGIO FERRI

ORDINE DEGLI INGEGNERI DELLA PROVINCIA DI MILANO
DOTT. ING. FERRI GIORGIO n° 14455

Data:	Note:
Giugno 2024	Emissione
Aggiornam. Luglio 2024	Aggiornamento

1 PREMESSA 4

2 QUADRO NORMATIVO 5

2.1 NORMATIVA EUROPEA 5
2.1.1 Direttiva Quadro Alluvioni 2007/60 5
2.1.2 Standard Europeo EN 752-2:1997 5
2.2 NORMATIVA ITALIANA 6
2.2.1 Normativa relativa alla valutazione del rischio idraulico in ambito urbano 6
2.2.2 Normative relative al dimensionamento del sistema fognario 7
2.3 NORMATIVA DELLA REGIONE LOMBARDIA 8
2.3.1 Introduzione del principio di invarianza nella normativa regionale 8
2.3.2 Il Regolamento Regionale n. 7/2017 8

3 STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE 10

3.1 PREMESSA 10
3.2 COINVOLGIMENTO DEI SOGGETTI ISTITUZIONALI PRESENTI SUL TERRITORIO 11
3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO 11
3.3.1 La fattibilità geologica nel comune di Verderio 14
3.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO 18
3.4.1 Idrografia del Comune di Verderio e reticolo idrico 18
3.4.2 Il Rio Vallone 20
3.4.3 L'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento 21
3.5 RETE FOGNARIA DI VERDERIO 22
3.5.1 Premessa 22
3.5.2 Identificazione della rete fognaria 22
3.5.3 Impianti disperdenti e/o volanizzazione 23
3.5.4 Stato di avanzamento del Piano di Riassetto 23
3.6 MODELLAZIONE IDRAULICA 25
3.6.1 Generalità 25
3.6.2 Modello di trasformazione afflussi/deflussi 27
3.7 EVENTI METEORICI DI RIFERIMENTO PER LA MODELLAZIONE 28
3.7.1 Ietogrammi di progetto 30
3.8 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NELLO SCENARIO DI STATO DI FATTO 32
3.8.1 Risultati simulazione Stato di fatto per TR 2, 5 e 10 anni 35
3.8.2 Risultati simulazione Stato di fatto per TR 50 e 100 anni 47

4 SEGNALAZIONI DI CRITICITA' DIVERSE SUL TERRITORIO COMUNALE RELATIVE ALLE ACQUE METEORICHE 52

4.1 PREMESSA 52
4.2 RISCONTRI IN LUOGO E INDIVIDUAZIONE DELLE CAUSE 53
4.3 INDICAZIONI PER LA RISOLUZIONE 56

5 INDICAZIONI SU INTERVENTI STRUTTURALI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE 57

5.1 INTERVENTI A PIANO INVESTIMENTI LARIO RETI HOLDING 58
5.1.1 VER – 01 : Realizzazione vasca di accumulo in testa impianto di depurazione 59
5.1.2 VER – 02 : Aumento diametro in Via Sala, in Via Caduti della Libertà e in Strada consortile dei Bacilli e realizzazione vasca di accumulo 59
5.1.3 VER – 03 : Potenziamento della rete in Via A. Moro 59
5.1.4 VER – 05 : Adeguamento collettore di mista in Via dei Contadini Verderesi e realizzazione vasca di accumulo 59
5.2 INTERVENTI STRUTTURALI NON PREVISTI DA PIANO DI INVESTIMENTO 60
5.3 CONFRONTO TRA STATO DI FATTO E STATO DI PROGETTO PER TEMPO DI RITORNO PARI A 100 ANNI 69

6 INDIVIDUAZIONE DELLE MISURE NON STRUTTURALI 77

6.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI NON STRUTTURALI 77
6.1.1 Ispezione, monitoraggio e gestione dei manufatti 77
6.1.2 Comunicazione del rischio ai cittadini e pratiche di autoprotezione 77
6.1.3 Coinvolgimento delle comunità locali: iniziative di Citizen Science 79
6.1.4 Sistemi di monitoraggio ed allerte 80
6.1.5 Piani e studi di approfondimento 80
6.1.6 Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio 80
6.1.7 Difese temporanee 81
6.1.8 Segnaletica e pannelli a messaggio variabile 83
6.2 MISURE NON STRUTTURALI INDIVIDUATE 83
6.2.1 Stima dei volumi di laminazione per il rispetto delle portate ai limiti previsti dall'art. 8 comma 5 del RR 7/2017 83
6.2.2 Misure di invarianza idraulica per gli ambiti di trasformazione ed i piani attuativi 85

7 INDICAZIONI RELATIVE ALLA POSSIBILITA' DI IMPIEGO DELLA DISPERSIONE IN SUOLO DELLE ACQUE METEORICHE 88

8 IL RIO VALLONE 88

8.1 PREMESSA 88
8.2 RICOGNIZIONE LOCALE E RILIEVI PUNTUALI 89
8.3 GEOMETRIA DEL CORPO IDRICO 92
8.4 COSTRUZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO 96
8.5 SIMULAZIONI ESEGUITE E CRITICITÀ RISCONTRATE 97
8.5.1 Simulazione con Tr=10 anni 97
8.5.2 Simulazione con Tr=50 anni 98
8.5.3 Simulazione con Tr=100 anni 102
8.5.4 Analisi complessiva dei risultati 106
8.6 VALUTAZIONI SUI POSSIBILI INTERVENTI 107

9 CONCLUSIONI 108

1 PREMESSA

Il presente documento è stato elaborato ai fini della predisposizione del Documento semplificato del rischio idraulico comunale del Comune di Verderio ai sensi dell'art. 14 comma 8 del Regolamento Regionale n. 7 del 2018 della Regione Lombardia "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'articolo 58 bis della legge regionale 11 marzo 2005, n. 12 (Legge per il governo del territorio)".

Il bacino urbano del comune di Verderio non è drenato da alcun collettore intercomunale in quanto, la rete di drenaggio urbano, afferisce al depuratore comunale sito presso la Strada Consortile dei Grilli.

Lo studio, in sintesi, si compone di analisi geologiche, idrauliche ed urbanistiche, definizione delle misure strutturali e non strutturali, del masterplan delle infrastrutture verdi e delle linee guida per l'adeguamento degli strumenti urbanistici.

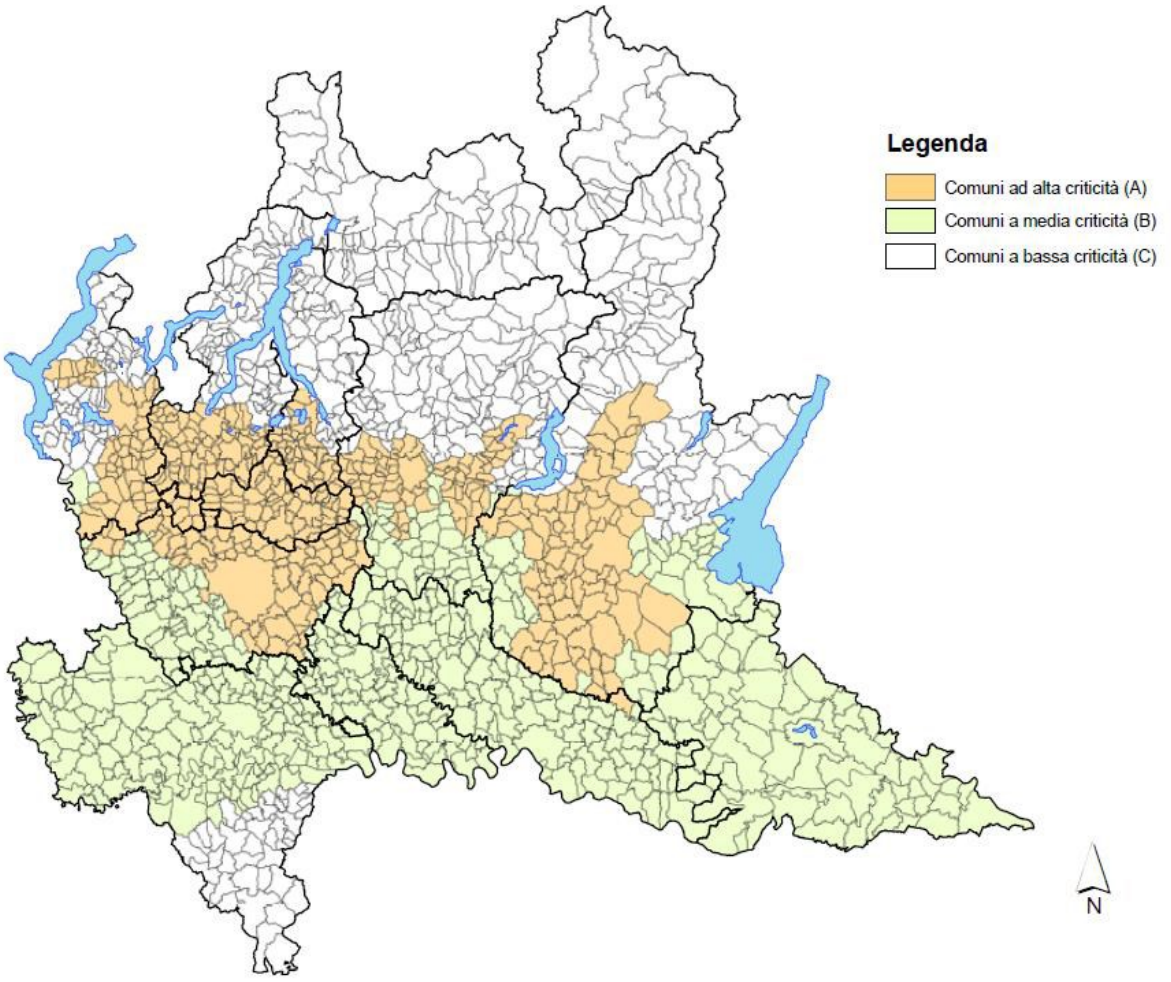


Figura 1 - Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica secondo l'allegato B al RR 7/2017

2 QUADRO NORMATIVO

La sintesi del quadro normativo alla base del seguente documento è tratta dalle "Linee guida per la redazione degli studi comunali del rischio idraulico", Lario Reti Holding, 2019.

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 Comunities 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.

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 reflue 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";
- "sovraccarico" come la "condizione in cui le acque reflue 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 sovraccarico 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 (Tabella 1);
- 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.

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

Tipo di contesto urbano	Probabilità di accadimento media annua dell'evento meteorico di progetto (1 in 'n' anni)	Probabilità di accadimento media annua dell'evento allagamento (1 in 'n' anni)
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

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 condotti 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

2.3.1 Introduzione del principio di invarianza nella normativa regionale

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 Direttiva Alluvioni, 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.

2.3.2 Il Regolamento Regionale n. 7/2017

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 SC: "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", 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 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 dei 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
6. 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;
7. 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 reticoli 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 reticoli 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." Dal testo del RR si desume in definitiva che lo studio idraulico dovrà essere esteso a tutti i corpi idrici superficiali di competenza comunale e alla rete fognaria presenti nel territorio comunale. La valutazione relativa ai ricettori di competenza di altri enti territoriali dovrà essere svolta utilizzando gli studi esistenti, ovvero sarà necessaria la fattiva collaborazione di tutti gli enti competenti sui corpi idrici connessi al sistema urbano.

3 STATO ATTUALE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE

3.1 PREMESSA

Nel presente Capitolo vengono trattati i seguenti aspetti:

- inquadramento geomorfologico;
- inquadramento idrogeologico;
- criticità idrauliche evidenziate nella componente geologica del PGT e dal P.G.R.A.;
- descrizione della rete fognaria comunale;
- definizione degli eventi meteorici di riferimento per la modellazione (T = 2, 5 e 10 anni);
- risultati delle simulazioni effettuate nello scenario di stato di fatto.

Gli elementi elencati sopra, considerati nel loro insieme, hanno permesso di definire lo scenario di stato di fatto ed in particolare la pericolosità idraulica sul territorio comunale per i tempi di ritorno considerati.

Le caratteristiche della rete fognaria nello stato di fatto e relative criticità sono state desunte dai dati forniti dal gestore Lario Reti Holding, mentre per gli aspetti geomorfologici ed idrogeologici si è fatto riferimento alla Relazione geologica della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Gestione del Territorio, di cui vengono riportati gli elementi maggiormente significativi per il presente studio, rimandando al documento allegato al PGT per una trattazione più generale.

Le simulazioni idrauliche condotte, i cui risultati vengono sintetizzati al termine del presente capitolo, verranno descritte con maggior dettaglio nell'allegata Relazione idraulica.

3.2 COINVOLGIMENTO DEI SOGGETTI ISTITUZIONALI PRESENTI SUL TERRITORIO

Per la redazione del documento, che riguarda un processo generale di individuazione e valutazione delle criticità legate alla rete di fognatura pubblica e alle infrastrutture strategiche ad essa collegate, è stata considerata fondamentale, per la definizione e risoluzione delle problematiche, l'acquisizione di informazioni dal soggetto più interessato dal presente documento e cioè il Comune di Verderio.

È infatti in corso la fase finale del processo di pubblicazione del PGT che raccoglierà le indicazioni dello studio comunale in particolare per quanto riguarda le misure legate all'introduzione degli ambiti di trasformazione (ATR) che, come è noto, sono strettamente disciplinati sotto il profilo idraulico – idrologico dal recente R.R. n°7/2017.

Il Comune ha fornito le indicazioni relative ai suddetti ambiti oltre ai valori tipici di carattere urbanistico definiti negli ambiti stessi e il sottoscritto tecnico ha condiviso i risultati numerici dei volumi di invarianza richiesti dal regolamento, trovando generale assenso da parte dei tecnici coinvolti.

Inoltre, sono state acquisite informazioni sul territorio relativamente a specifiche situazioni di crisi trovando conferma nelle informazioni fornite dall'ufficio tecnico Comunale, quelle contenute nel DSRI e il modello della rete di fognatura fornito dal gestore Lario Reti Holding, il quale vanta conoscenze specifiche e puntuali sulle problematiche in atto sul territorio.

3.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Nella carta di fattibilità geologica vengono indicate le prescrizioni, dal punto di vista idrogeologico e geologico-tecnico, che si reputano necessarie per poter programmare al meglio le attività consentite sul territorio.

Verderio è un comune italiano di 5509 abitanti della provincia di Lecco in Lombardia. Fino alla fine del XX secolo Verderio era suddiviso in due comuni distinti, ovvero Verderio Superiore e Verderio Inferiore; fu soltanto a seguito del referendum del 2013 che i due comuni concordarono la fusione.

Secondo la componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, il territorio comunale di Verderio fa parte dell'altopiano asciutto milanese, caratterizzato dalla scarsità di acque superficiali. Fa eccezione il comparto irriguo della cascina Bergamina, una singolare isola produttiva che ha preso vita dalla derivazione delle acque dal lago di Sartirana ottenuta con la Roggia Annoni, attivata dagli omonimi proprietari.

L'intero territorio comunale di Verderio è caratterizzato da una superficie di 6,47 km^2 e da una marcata pendenza da Nord Est verso Sud Ovest, con quote comprese tra i 236 e i 260 m s.l.m. Attorno alla zona urbana centrale si trovano numerosi appezzamenti di terreno coltivabile appartenenti a delle cascine di origine antica tutt'ora operative come la Cascina Bergamina o la Cascina Brugarola.

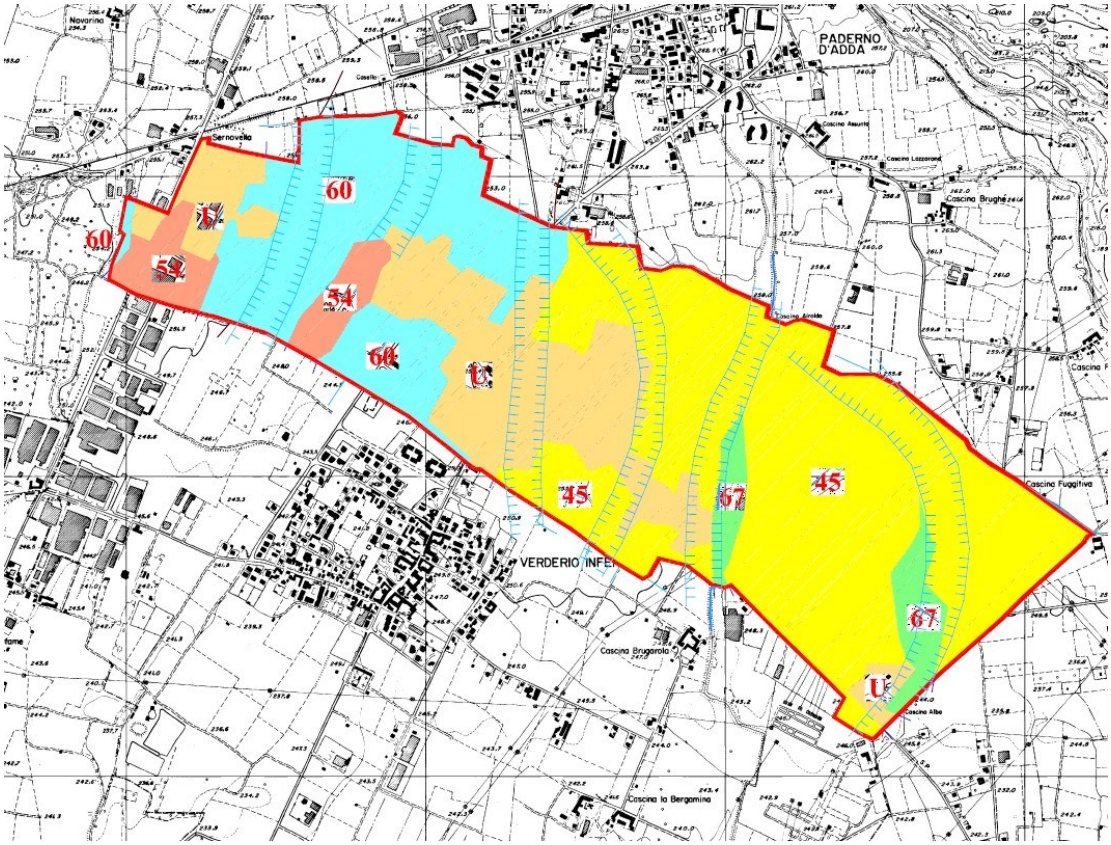


Figura 1 – Carta degli elementi geopedologici (Verderio Superiore)

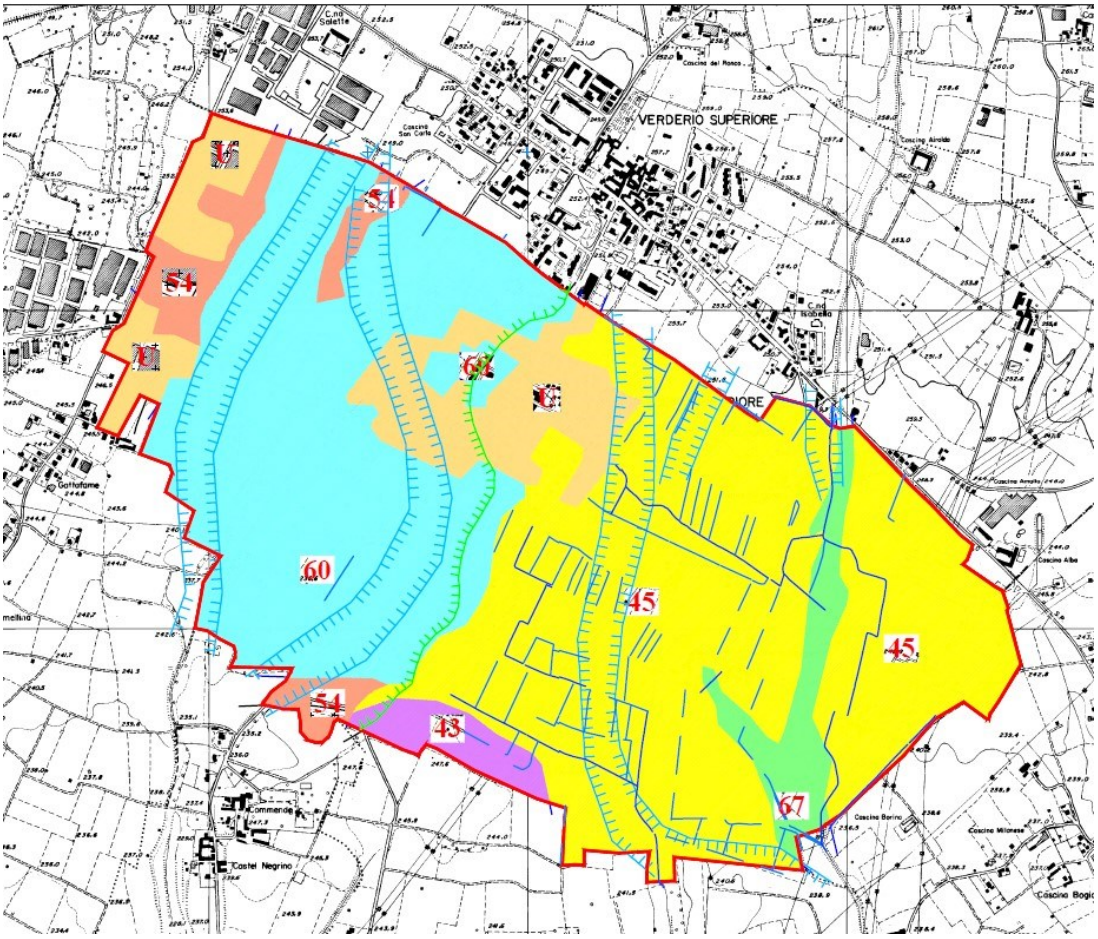


Figura 2 – Carta degli elementi geopedologici (Verderio Inferiore)

UNITA'	DESCRIZIONE	CLASSIFICAZIONE F.A.O. 1990
U	Aree urbanizzate e verde urbano	
45	Suoli moderatamente profondi limitati da fragipan, privi di scheletro, tessitura media, reazione subacida, saturazione bassa, drenaggio mediocre.	Dystric Podzoluvisols
54	Suoli molto profondi con scheletro assente in superficie frequente in profondità, tessitura media, reazione subacida, saturazione bassa, non calcareo drenaggio buono.	Haplic Alisols
60	Suoli moderatamente profondi limitati da substrato ciottoloso, con scheletro comune in superficie e abbondante in profondità, tessitura media in superficie e moderatamente grossolana in profondità, reazione subacida in superficie e neutra in profondità, saturazione bassa in superficie e media in profondità, drenaggio buono.	Haplic Luvisols
67	Suoli profondi, con scheletro scarso in superficie e frequente in profondità, tessitura media, reazione molto acida in superficie e acida in profondità, saturazione molto bassa, drenaggio moderatamente rapido.	Umbric Regosols

In merito alla fattibilità geologica, la normativa regionale in materia di pianificazione territoriale adotta quattro classi di fattibilità.

Classe 1 - Fattibilità senza particolari limitazioni: la classe comprende quelle aree che non presentano particolari limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso e per le quali deve essere direttamente applicato quanto prescritto dal D.M. 14 settembre 2005 "Norme tecniche per le costruzioni".

Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni: la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate modeste limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso, che possono essere superate mediante approfondimenti di indagine e accorgimenti tecnico-costruttivi e senza l'esecuzione di opere di difesa.

Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni: la classe comprende le zone nelle quali sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso per le condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero rendersi necessari interventi specifici o opere di difesa.

Classe 4 – Fattibilità con gravi limitazioni: l'alta pericolosità/vulnerabilità comporta gravi limitazioni all'utilizzo a scopi edificatori e/o alla modifica della destinazione d'uso. Deve essere esclusa qualsiasi nuova edificazione, se non opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei siti. Per gli edifici esistenti sono consentite esclusivamente le opere relative ad interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti dall'art. 27, comma 1, lettere a), b), c) della l.r. 12/05, senza aumento di superficie o volume e senza aumento del carico insediativo. Sono consentite le innovazioni necessarie per l'adeguamento alla normativa antisismica.

A discrezione del professionista ogni classe di fattibilità, con particolare riferimento alle classi 2 e 3, può essere, per maggiore chiarezza, suddivisa in sottoclassi riguardanti ambiti omogenei.

3.3.1 La fattibilità geologica nel comune di Verderio

Secondo la componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT, all'interno del territorio comunale di Verderio è possibile riconoscere le seguenti classi di fattibilità.

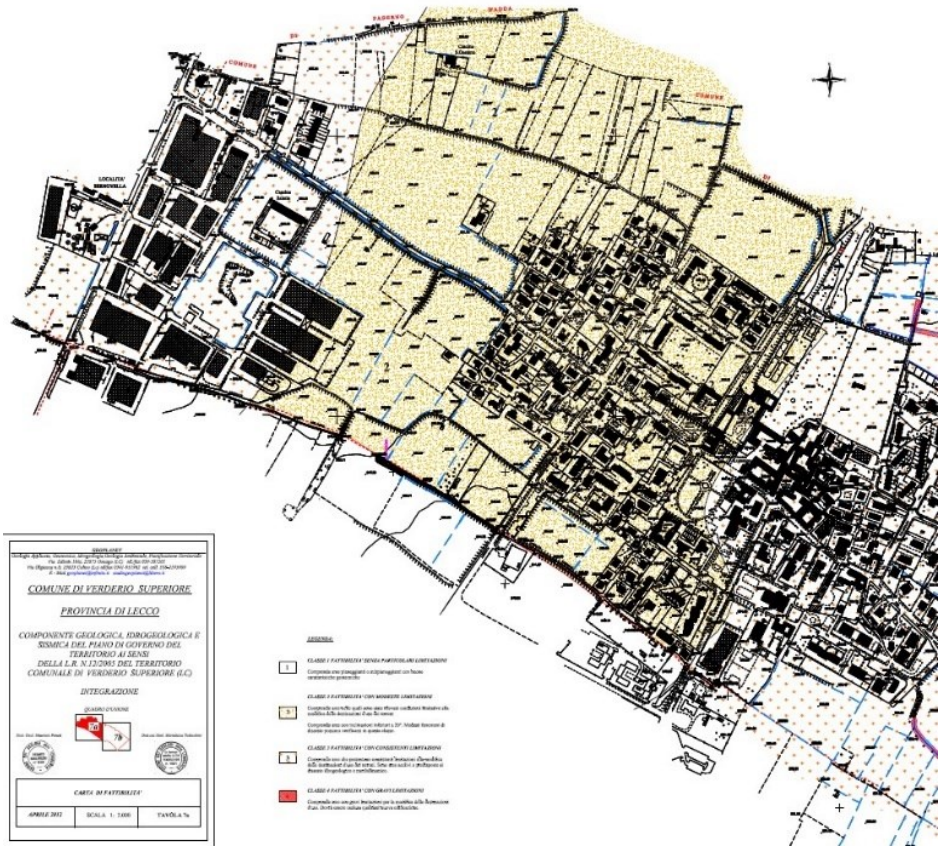


Figura 3 – Carta di fattibilità (Verderio Superiore – Nord-Ovest)

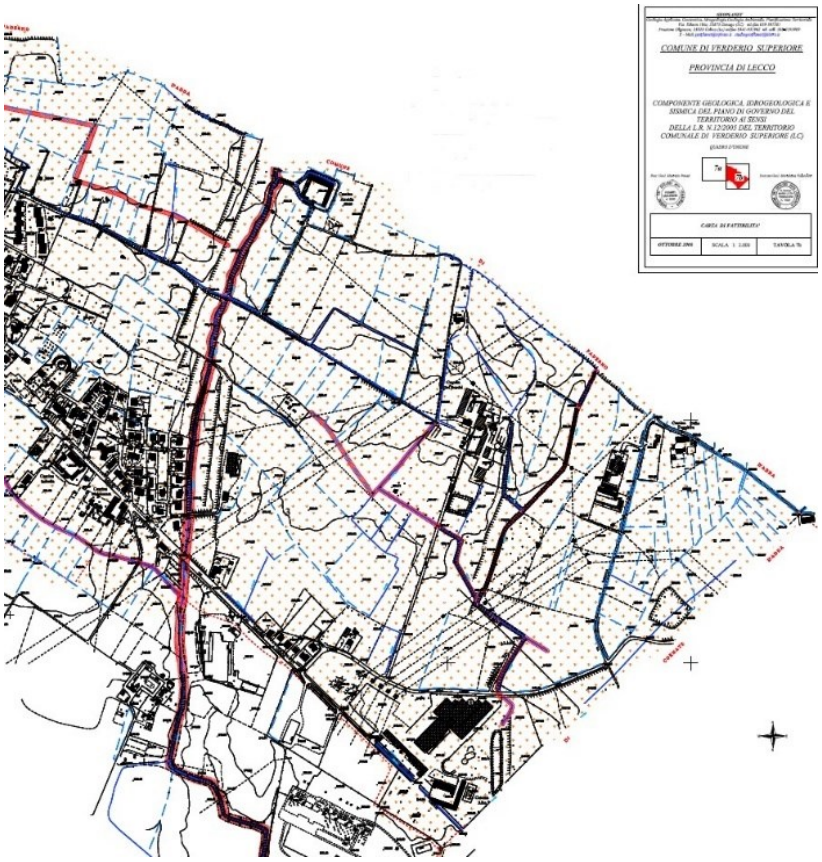


Figura 4 - Carta di fattibilità (Verderio Superiore – Sud-Est)

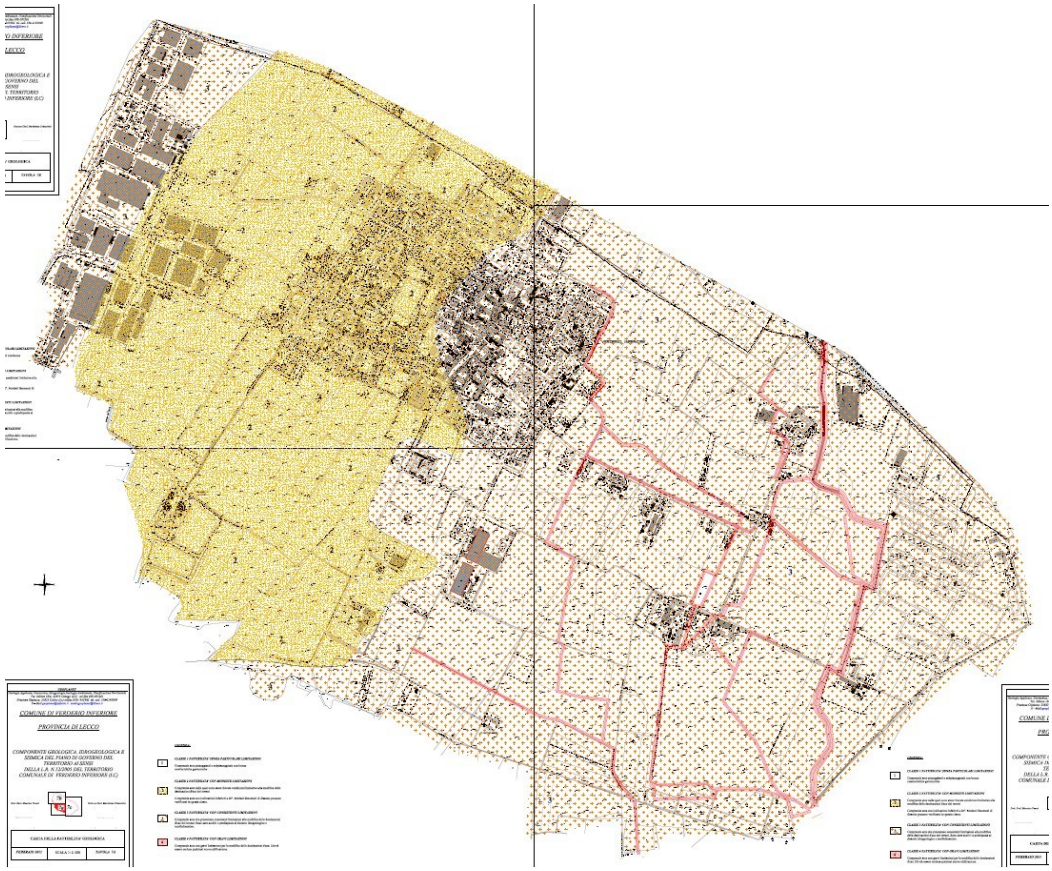
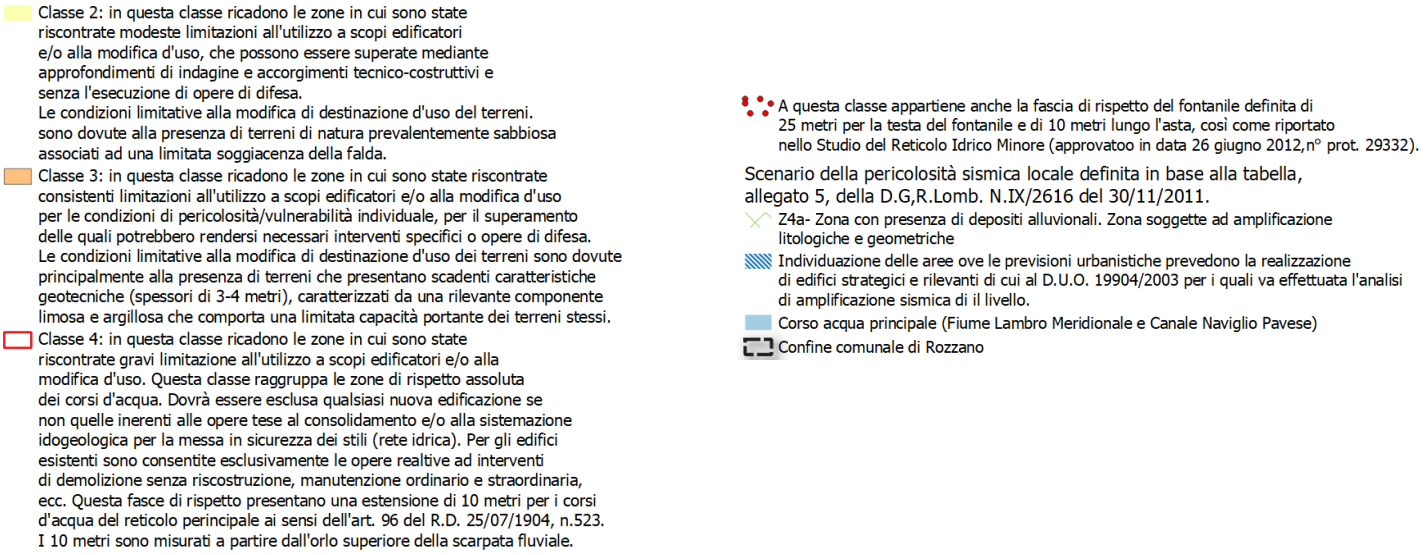


Figura 5 - Carta di fattibilità (Verderio Inferiore)



Nel comune di Verderio sono state riscontrate soltanto due classi di fattibilità:

Classe 2 – Fattibilità con modeste limitazioni

In questa classe ricadono le aree in cui si sono rilevate modeste condizioni limitative alla modifica della destinazione d'uso dei terreni, come la presenza di materiale fine di origine sabbiosa, la limitata soggiacenza della falda e la sua elevata escursione. Per superare queste problematiche è auspicabile l'approfondimento geologico-tecnico ed indagini idrogeologiche di dettaglio, oltre che l'effettuazione di indagini specifiche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione.

Questo tipo di classificazione non comporta generali limitazioni all'edificabilità delle aree o alla modifica dell'uso del territorio.

Classe 3 – Fattibilità con consistenti limitazioni

In questa classe ricadono le aree in cui sono state riscontrate consistenti limitazioni all'utilizzo del territorio a scopi edificatori o comunque alla modifica d'uso, a causa delle condizioni di pericolosità/vulnerabilità individuate, per il superamento delle quali potrebbero essere necessari interventi specifici o opere di difesa.

I limiti rilevati sono dovuti principalmente alla presenza di terreni con scadenti caratteristiche geotecniche, con spessori di 3-4 m, caratterizzati da una forte componente limosa-argillosa, che comporta una limitata capacità portante, alla quale si aggiunge una bassa soggiacenza della falda, assestata tra 1.0 e 3.0 m rispetto al piano campagna.

Per queste aree è necessario definire puntualmente le opere di mitigazione del rischio e le specifiche costruttive degli interventi edificatori per eventuali previsioni urbanistiche.

3.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

3.4.1 Idrografia del Comune di Verderio e reticolo idrico

Dal punto di vista idrografico, secondo la Relazione del reticolo Minore, il Comune di Verderio, sulla base della cartografia esistente e della normativa vigente, ha identificato il reticolo idrografico principale, il reticolo minore di competenza del comune e quello privato, oltre ad individuare le relative fasce di rispetto. Sulla base di quanto individuato, ha poi provveduto a definire le attività vietate o soggette ad autorizzazione nelle fasce di rispetto.

Essendo in presenza di una rete idrica poco sviluppata, l'unico corso d'acqua principale presente nel comune di Verderio è il Rio Vallone, mentre i corsi d'acqua minori sono per lo più piccoli torrenti e canali agricoli.

Del Rio Vallone si parlerà in calce al presente documento, esponendo i risultati delle indagini svolte.

L'idrografia del territorio comunale è sintetizzata in Fig. 6, estratta dalla tavola n°1 del documento semplificato del rischio idraulico, redatto nell'anno 2018. Si evidenzia la presenza di una serie di piccoli canali, in parte mappati catastalmente, che sono riconducibili alla presenza dell'attività agricola, ancora sviluppata in questa area meridionale della Brianza lecchese. La funzionalità di detti canali è quella di drenare le acque meteoriche che colano dai fondi verdi presenti, in buona parte ancora coltivati e di indirizzarle verso il Rio Vallone, unico corpo idrico presente sul territorio comunale.

L'assetto del reticolo idrografico è evidenziato nella tavola citata del DSRI e riportato nell'immagine che segue.

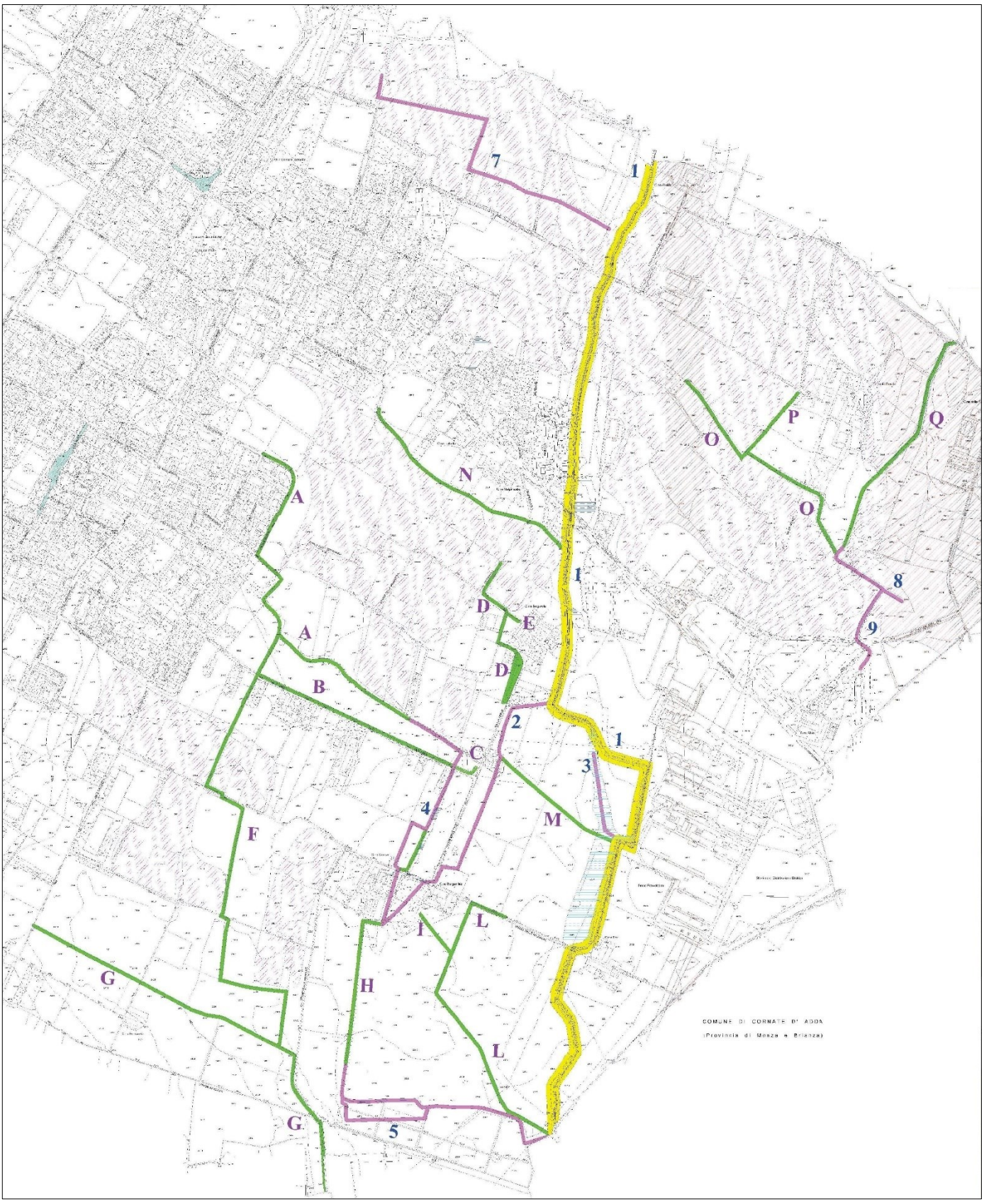


Figura 6 - Carta idrogeologica e dell'idrografia superficiale

3.4.2 Il Rio Vallone

Figura 7 - Identificazione del Rio Vallone in comune di Paderno d'Adda e Verderio

Il Vallone origina in comune di Paderno d'Adda, all'altezza della Strada Fornace, percorre i fondi agricoli in direzione sud ricevendo le acque di troppo pieno di un unico manufatto di sfioro a servizio della porzione nord-occidentale dell'abitato e poi si immette in comune di Verderio, snodandosi sempre in direzione sud e sottopassando la via Grigna, la via per Cornate, i fondi della Cascina Brugarola e deviando poi verso sud-ovest, portandosi a ridosso della centrale di produzione elettrica e sottopassando poi, in fregio al fondo della Cascina Bice, la strada consortile delle Brughiere. Da qui, viaggiando ancora in direzione sud, percorre altri fondi agricoli sino ad immettersi in comune di Cornate d'Adda. Il Rio Vallone è un corso idrico di Reticolo Idrico Regionale Unificato (RIRU) di Regione Lombardia ed è l'unico corpo idrico meritevole di attenzione in comune di Verderio: gli altri canali, che come già detto sono suoi tributari, hanno funzione di raccolta degli apporti ed hanno estensione ridotta in alcuni casi a qualche centinaio di metri. Il Vallone fa inoltre parte del sistema idrografico delle cosiddette "Trobbie" che a valle dell'Autostrada MI-VE – quindi a circa una dozzina di km di distanza – costituisce un punto critico di raccolta ed apporti di acque meteoriche in Lambro, e che è stato oggetto di uno studio commissionato da A.N.B.I. Lombardia (Associazione regionale dei Consorzi di Gestione delle acque Irrigue) nel 2021. Nel suddetto studio è stato ricompreso anche il Rio Vallone, per la parte che si spinge sino al comune di Mezzago (MB), ma con un'area scolante che comprende anche il territorio di

Paderno e Verderio. Per questa ragione le considerazioni svolte nello studio di A.N.B.I. saranno considerate e riprese quando nel seguito si affronterà la tematica del reticolo idrico ed in particolare del Rio Vallone.

3.4.3 L'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento

La fognatura è interamente di tipo misto e recapita le acque di troppo pieno nei seguenti ricettori:

Figura 8 - Sfioratore 261 in Rio Vallone

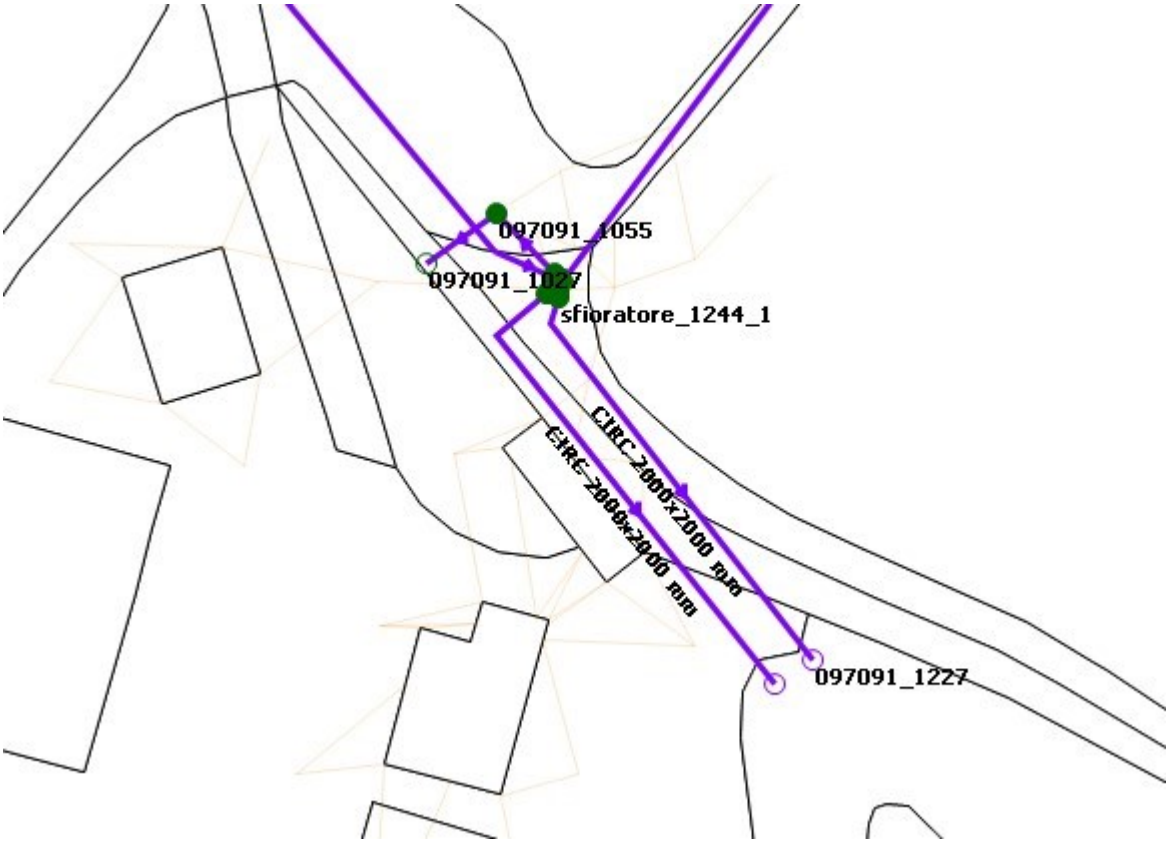


Figura 9 - Sfioratore 1244 in vasca finale a valle I.D.

3.5 RETE FOGNARIA DI VERDERIO

3.5.1 Premessa

L'agglomerato di Verderio comprende il sistema di drenaggio e depurazione del raggruppamento di comuni di Robbiate, Paderno d'Adda e Verderio. Le considerazioni che seguono, pur facendo riferimento al solo comune di Verderio, oggetto del presente studio, sono comunque riferite all'intero sistema per quanto riguarda impostazioni concettuali e risultati delle elaborazioni svolte da Lario Reti Holding S.p.A., gestore del servizio idrico integrato, e qui riprese, in massima parte confermate ed in alcuni punti integrate (in particolare per quanto riguarda i tempi di ritorno di riferimento contenuti nel R.R. n°7/2017).

3.5.2 Identificazione della rete fognaria

La rete fognaria del comune di Verderio è prevalentemente di tipo misto, fatta eccezione per alcune aree periferiche in cui sono presenti tratti fognari di tipo separato.

La lunghezza della rete fognaria comunale è pari a 64.4 km, con la seguente suddivisione per diametro:

- D < 100 mm -> 0.229 km
- 100 <= D < 200 -> 3.543 km
- 200 <= D < 300 -> 7.972 km

- 300 <= D < 400 -> 9.199 km
- 400 <= D < 500 -> 13.447 km
- D => 500 -> 29.985 km

All'interno della rete comunale di Verderio sono presenti diversi manufatti, riassunti nella Tabella 2, la cui ubicazione è riportata nelle figure successive.

Tabella 2 - Manufatti

Tipo manufatto	N°
Sfioratori	2
Sollevamenti	1
Vasche	1

Comune	Sfioratore di piena	Node_ID	Asset ID	x (m)	y (m)	Ubicazione	Recapito
Verderio	VE261	097091_261	1210022	534870.13	5056677.69	Via per Cornate	Roggia Annoni
Verderio	VE1244	097091_1244	1210027	533066.104	5056246.735	Via dei Grilli	

Stazione di Sollevamento	Node_ID	Asset ID	x (m)	y (m)	Ubicazione	Recapito troppo pieno
BERGAMINA	97091	1218541	534604	5055885	Strada consortile delle Brughiere	

3.5.3 Impianti disperdenti e/o volanizzazione

Sul territorio comunale non sono presenti pozzi disperdenti o vasche volano asservite alla rete fognaria, tuttavia è presente una vasca di accumulo (Via Strada Consortile dei Grilli) adiacente l'impianto di depurazione con funzioni di accumulo e smaltimento delle acque depurate e di piena.

3.5.4 Stato di avanzamento del Piano di Riassetto

Ai sensi del Regolamento Regionale n. 6 del 2019, Lario Reti, dopo aver provveduto alla redazione del piano fognario della rete a servizio dei comuni di Robbiate, Paderno d'Adda e Verderio, provvederà alla sua integrazione al fine di ottemperare a quanto previsto all'articolo 14 del Regolamento regionale in materia di piano di riassetto.

Il programma di riassetto è basato sulla ricognizione dello stato delle reti e dei manufatti di sfioro, da sviluppare come dettaglio della ricognizione delle infrastrutture prevista dall'articolo 149, comma 1, lettera a), del d.lgs. 152/2006, e sugli esiti delle relative modellazioni idrauliche. Tale programma contiene la valutazione degli effetti ambientali delle scelte effettuate, definisce le tempistiche di attuazione ed è redatto tenendo conto di criteri di priorità nella scelta degli agglomerati, degli sfioratori e delle reti oggetto degli interventi.

La redazione del Piano di Riassetto è caratterizzata da 5 diverse fasi, descritte di seguito.

Mappatura

Le attività di mappatura, che consistono nel rilievo e nella rappresentazione in GIS delle reti fognarie, sono state completate per tutto il territorio gestito da Lario Reti Holding.

Monitoraggio

Le attività di monitoraggio avvengono attraverso l'istallazione di pluviometri e di misuratori di portata/ livello in punti strategici della rete fognaria, al fine di verificare il corretto funzionamento delle reti fognarie in tempo di secco e di pioggia, di individuare e quantificare la presenza di infiltrazioni di portate parassite e la loro distribuzione nei tratti dei collettori fognari, di verificare il corretto funzionamento idraulico degli sfioratori e delle vasche volano facenti parte del sistema di collettamento della rete fognaria, di verificare le portate e i carichi afferenti agli impianti di depurazione e di tarare modelli matematici delle reti fognarie. Le attività di monitoraggio sono in fase di esecuzione in maniera sistemica su tutta l'infrastruttura gestita.

Modellazione

La modellazione in Lario Reti si inserisce nell'ottica di approfondire le conoscenze del funzionamento delle complesse ed articolate reti di distribuzione idrica e di collettamento delle acque reflue, per l'ottimizzazione della gestione delle portate convogliate ed il miglioramento dell'efficienza dei sistemi, finalizzati al contenimento dei costi gestionali, al rispetto delle normative ed alla salvaguardia ambientale.

La crescente necessità di ottimizzazione fa sì che i modelli costituiscano un valido strumento tecnico-scientifico di supporto alle decisioni di investimento e gestione operativa per il Servizio Idrico Integrato, al fine di migliorare il servizio offerto. Essi permettono un approccio sistemico e scientifico, sono flessibili, sicuri e simulano scenari ipotetici senza incorrere nei potenziali rischi della sperimentazione in campo.

I modelli matematici simulano la trasformazione degli afflussi meteorici nei deflussi superficiali al fine di verificare lo stato delle reti fognarie esistenti e di simulare scenari di progetto. I modelli, una volta implementati, necessitano di taratura sulla base dei dati osservati nel corso delle campagne di monitoraggio.

Analisi sfioratori

Consiste nella verifica di conformità di ciascuno sfioratore al RR 06/2019 sulla base del relativo bacino sotteso; a seguito di tale analisi vengono fornite indicazioni sulla necessità o meno di adeguare la soglia di sfioro e/o realizzare vasche di prima pioggia/laminazione.

Contenuti generali del piano di riassetto

Il piano di riassetto potrà basarsi su quanto già rilevato e prodotto dal gestore nell'attività di redazione del piano fognario e su quanto emerge dal presente studio di rischio, limitato ovviamente allo scenario comunale ma che dovrà

estendersi anche ai comuni di Robbiate e Paderno d'Adda in quanto la rete di drenaggio costituisce un unico agglomerato in esercizio.

3.6 MODELLAZIONE IDRAULICA

3.6.1 Generalità

La modellazione idraulica svolta da Lario Reti Holding S.p.A. sull'intero agglomerato, che come già detto farà parte del futuro piano di riassetto delle fognature e degli sfioratori ai sensi dell'art. 14 del RR 7/2017, è stata compiuta tramite un software specialistico Infoworks® ICM.

InfoWorks® ICM è un applicativo sviluppato dalla società Innovyze Ltd e distribuito da Autodesk Ltd.. Esso è dotato di un ambiente di lavoro compatibile con l'architettura GIS, quindi in grado di leggere e gestire dati estratti da basi geografiche costruite in ambiente ESRI ArcGIS®, quale il WebGIS delle società coinvolte nella "Water Alliance" e qyuindi anche Lario Reti Holding S.p.A. ed è dotato di un potente risolutore matematico di equazioni differenziali alle derivate parziali.

InfoWorks® ICM combina il calcolo idrologico, con varie metodologie disponibili, al calcolo idraulico a moto vario integrando le complesse equazioni di continuità e del moto.

La parte idrologica viene affrontata con dei metodi ampliamente testati come, ad esempio:

- Coefficiente di deflusso fisso (che ipotizza che una quota parte costante della pioggia netta sia intercettata dalla rete di drenaggio)
- Metodo SCS, classico metodo sviluppato negli Stati Uniti e per il quale l'utente definisce un valore di CN per il tipo di suolo
- Metodo Green-Ampt, metodo di Horton, metodo dell'infiltrazione costante, e molti altri

L'utente seleziona a suo piacere uno di questi metodi (o diversi metodi per diverse parti del territorio rappresentato) e ha completa libertà di assegnare i valori opportuni ai parametri di controllo del metodo (ovvero il metodo si può adattare intervenendo su opportuni coefficienti alla specificità del bacino modellato).

A valle della valutazione di carattere idrologico, che si limita a calcolare i contributi in rete delle singoli bacini di influenza, InfoWorks® ICM utilizza le equazioni di De Saint Venant complete risolvendole con una approccio detto dei 4 punti di Preissman.

Le equazioni di De Saint Venant sono le equazioni che stanno alla base della teoria del moto vario in condotte chiuse o a cielo aperto e che, se integrate correttamente, permettono di ricostruire i profili idraulici di moto in un reticolo di drenaggio,

Le equazioni sono le seguenti:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0$$

(1)

(2) $$\frac{\partial Q}{\partial t}+\frac{\partial\left(Q^2/A\right)}{\partial x}+gA\frac{\partial H}{\partial x}+gAS_f=0$$

ove:

- A area bagnata del condotto;
- Q portata;
- x distanza lungo l'asse del condotto;
- t tempo;
- g costante gravitazionale;
- H carico idraulico totale dato da z+h;
- z quota dello scorrimento;
- h livello idrico;
- Sf cadente piezometrica.

In particolare, la (1) è l'equazione di continuità in moto vario in assenza di afflussi e deflussi laterali, la (2) è l'equazione del momento della quantità di moto; quest'ultima può essere scritta in più forme in dipendenza dalla scelta delle variabili dipendenti.

La cadente piezometrica viene computata con varie possibili metodologie (a scelta dell'utente): in InfoWorks® ICM sono infatti disponibili le equazioni di Colebrook-White, Manning e Strickler.

Per poter essere integrate queste equazioni devono essere opportunamente semplificate e linearizzate in modo tale che il sistema di equazioni possa essere risolto con la teoria delle matrici.

Lo schema di linearizzazione usato da InfoWorks® ICM è quello dei 4 punti di Preissmann mentre il risolutore adottato è quello di Newton-Raphson.

Le equazioni di cui sopra sono valide fino a quando il condotto non entra in pressione, per permettere a InfoWorks® ICM 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 Preissmann" per il quale si ipotizza una piccola fessura alla sommità della condotta e fino al campagna che fa in modo di poter assimilare un collettore in pressione ad uno funzionante a pelo libero in condizioni di moto vario.

Con questa tecnica il motore di calcolo non incontra nessuna discontinuità nella transizione da moto a gravità a quello in pressione.

L'applicabilità di questo metodo di soluzione è stata abbondantemente testato in centinaia di studi e applicazioni anche con riscontri di misure ottenuti su dei test reali.

Ci sono alcune limitazioni sull'utilizzo di questo approccio sono:

- I risultati sono semplificati per tubi molto pendenti (situazioni rarissime in drenaggio urbano, assenti nel caso di Verderio e per le quali comunque InfoWorks® ICM produce dei risultati vicini alla realtà)
- Il risalto idraulico (ovvero quella discontinuità che si nota nei profili di rigurgito dove un tubo molto pendente incontra un tubo a bassa pendenza per cui l'acqua forma un vero e proprio sovralzo improvviso) non viene rappresentato in modo preciso ma il passaggio da corrente veloce a lenta viene computato su una certa distanza (qualche metro a seconda della geometria della situazione reale)

Si noti che la metodologia di calcolo con moto vario è in grado di tener conto anche dei volumi in gioco e quindi di tener conto delle attenuazioni dell'onda di piena quando questa riempie dei volumi disponibili in rete (tubazioni, canali, pozzetti), in vere e proprie vasche di espansione opportunamente rappresentate nel modello o, infine, quando il sistema va in pressione e esonda si tiene conto anche dell'invaso che può avvenire in superficie quando si allaga il territorio.

Con InfoWorks® ICM si possono anche rappresentare in modo semplice e efficace anche i manufatti speciali che normalmente si incontrano in fognatura, dagli sfioratori, alle stazioni di sollevamento, paratoie, sifoni ecc.

3.6.2 Modello di trasformazione afflussi/deflussi

Si sono identificati due set composti da tre tipologie di aree corrispondenti ad altrettante zone dell'abitato, il primo set per Verderio e Paderno d'Adda, il secondo per Robbiate, ove la caratterizzazione dei suoli varia in maniera apprezzabile, e che nel modello comprendono un set di parametri di taratura diversi tra i quali le tipologie di aree omologhe per caratteristiche di impermeabilità.

ID dell'uso Suolo	Indice Superficie 1	Indice Superficie 2	Indice Superficie 3
Residenziale	2101	2102	2103
Residenziale Robbiate	2201	2202	2203

Le singole tipologie di superficie, suddivise in strade, tetti, ed aree verdi, hanno i seguenti parametri (soro riportati i valori definitivi a valle del processo di taratura del modello):

ID Tipologia Superficie	Descrizione	Tipo Modello Ruscellamento	Tipo di Superficie	Coefficiente Ruscellamento	Metodologia Afflussi/Deflussi	Modello Ruscellamento	Valore Perdite Iniziali (m)	Coeff. Affl / Deflusso Fisso
2101	Residenziale strade	Abs	Impervious	1.000	Fixed	Wallingfrd	0.00007100	0.75000
2102	Residenziale tetti	Abs	Impervious	1.000	Fixed	Wallingfrd	0.00007100	0.55000
2103	Residenzale aree verdi	Abs	Pervious	4.000	Fixed	Wallingfrd	0.00028000	0.10000
2201	Residenziale Robbiate strade	Abs	Impervious	1.000	Fixed	Wallingfrd	0.00007100	0.85000
2202	Residenziale Robbiate tetti	Abs	Impervious	1.000	Fixed	Wallingfrd	0.00007100	0.65000
2203	Residenziale Robbiate aree verdi	Abs	Pervious	4.000	Fixed	Wallingfrd	0.00028000	0.10000

Il modello di trasformazione scelto – denominato “Fixed” nel software – prevede che la frazione di acqua caduta sul suolo che arriva in rete sia una frazione costante di quella totale, secondo un coefficiente di trasformazione “f”, e sia abbastanza indipendente dalle condizioni iniziali del suolo. Questa schematizzazione si adatta molto bene ai bacini con forte frazione impermeabile o comunque in quelli in cui i fenomeni di scorrimento superficiale sono preponderanti rispetto a quelli di drenaggio nel terreno. Si sono individuate, come già detto in precedenza, IV tipologie di aree specifiche (1=strade, 2=tetti, 3=aree a verde, 4=pertinenze) ed il coefficiente fi relativo alla tipologia di area i-esima è dato dalla seguente espressione:

$$fi = \phi_i \cdot Ci$$

dove ϕ_i è il coefficiente di impermeabilità dell’area i-esima e C_i il rapporto, compreso tra 0 e 1, tra la quantità di acqua che si trasforma poi in deflusso non infiltrata, cioè quella non assorbita dal terreno o persa, e quella non infiltrata, cioè quella non assorbita dal terreno.

I coefficienti di trasformazione adottati sono tipici di aree urbane consimili e del tutto allineati a quelli comunemente adottati in contesti sub-collinari come quelli oggetto dello studio.

3.7 EVENTI METEORICI DI RIFERIMENTO PER LA MODELLAZIONE

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, Milano].

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 http://idro.arpalombardia.it/pmapper-4.0/map.phtml 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.

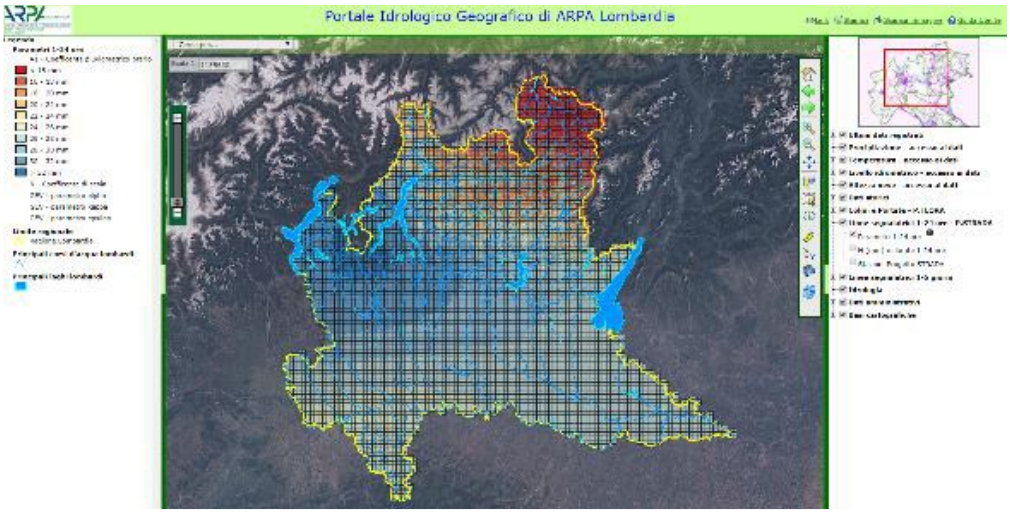


Figura 10 - LSPP Progetto strada accessibile dal sito di Arpa Lombardia

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, separatamente per i territori di Robbiate, Paderno d'Adda e Verderio, in quanto il sistema di drenaggio è unico.

TR (anni)	a	n
2	26,809	0,307
5	36,607	0,307
10	46,852	0,307
50	57,83	0,305
100	64,06	0,305

TR (anni)	a	n
2	27,212	0,305
5	37,167	0,305
10	43,824	0,305
50	58,63	0,305
100	64,96	0,305

TR (anni)	a	n
2	26.824	0.305
5	36.641	0.305
10	43.222	0.305
50	57.84	0.305
100	64.79	0.305

Figura 11 - Parametri a ed n delle LSPP di Robbiate (in alto), Paderno d'Adda (al centro) e Verderio (in basso)

I valori dei parametri da adottare sono stati ricavati tramite media aritmetica dei valori dei parametri associati ai quadranti significativi 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 a titolo esemplificativo il grafico delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica per vari tempi di ritorno di interesse progettuale. È evidenziata con colore azzurro la LSPP relativa al tempo di ritorno di 50 anni, da prendere in riferimento per il dimensionamento della rete fognaria, mentre in viola è rappresentata la LSPP relativa a TR 100 anni, da prendere in considerazione per la verifica delle misure di invarianza.

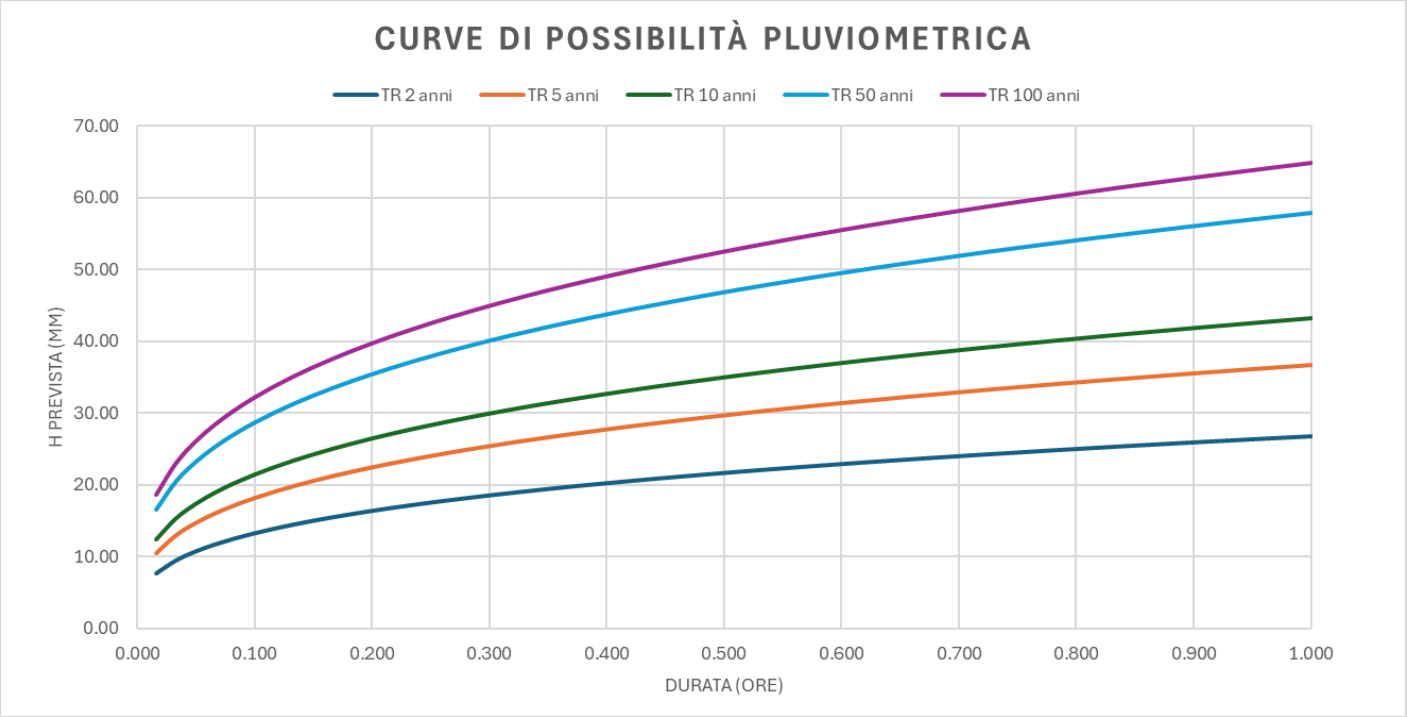


Figura 12 - Grafico delle LSPP valide per il comune di Verderio

3.7.1 Ietogrammi di progetto

Per quanto riguarda gli ietogrammi di progetto da utilizzare per sollecitare il modello idraulico, sono stati utilizzati ietogrammi di tipo Chicago con tempo di base per i calcoli idraulici pari a 1 ora e parametri della curva di possibilità pluviometrica ragguagliati alla sola area geografica del comune di Verderio. Sono stati costruiti gli ietogrammi Chicago per tempo di ritorno pari a 2, 5, 10, 50, 100 anni. Di seguito è mostrato lo ietogramma di progetto:

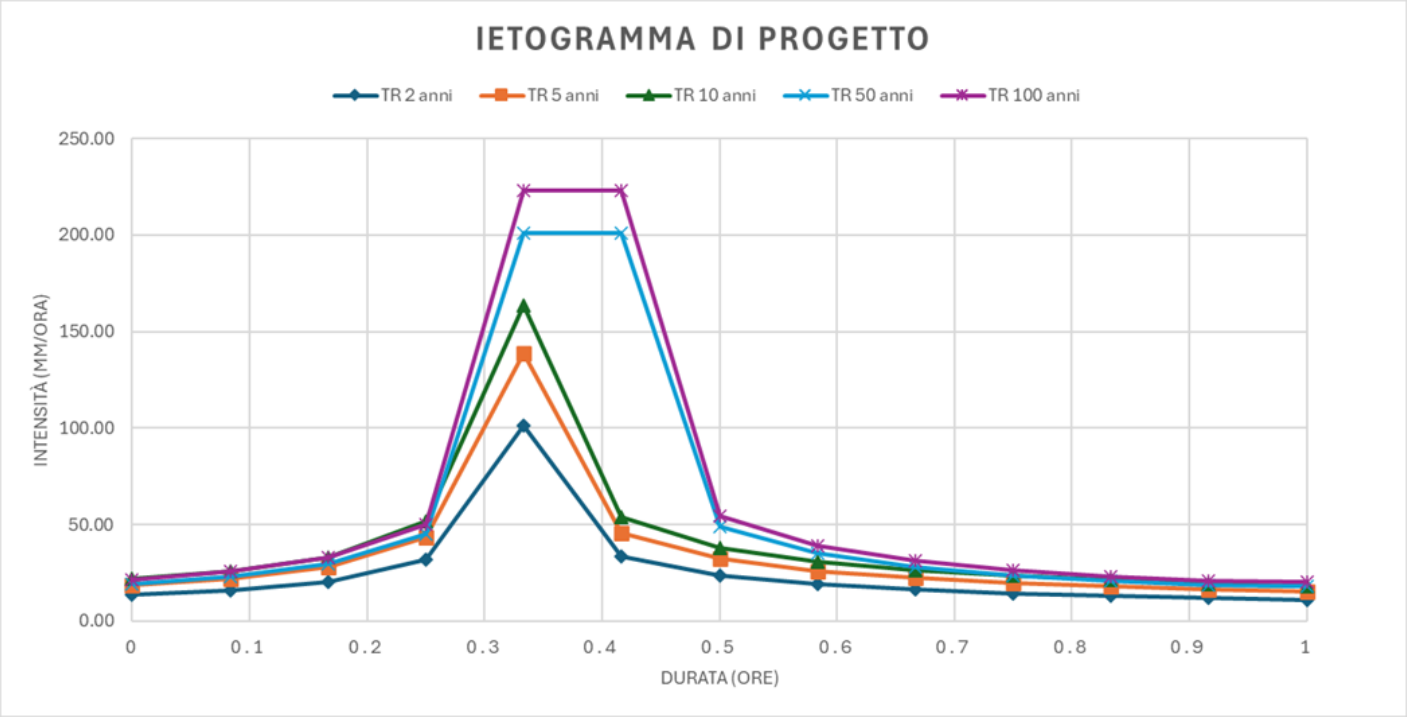


Figura 13 - Ietogramma di progetto

3.8 RISULTATI DELLE SIMULAZIONI NELLO SCENARIO DI STATO DI FATTO

Le simulazioni sono state condotte per tempi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni come definito dal R.R. 7/2017. Nelle figure sottostanti sono riportate le mappe rappresentanti i nodi che risultano esondati sulla base del livello idrico lungo l'asse Z sopra il nodo, dai nodi per i tempi di ritorno considerati.

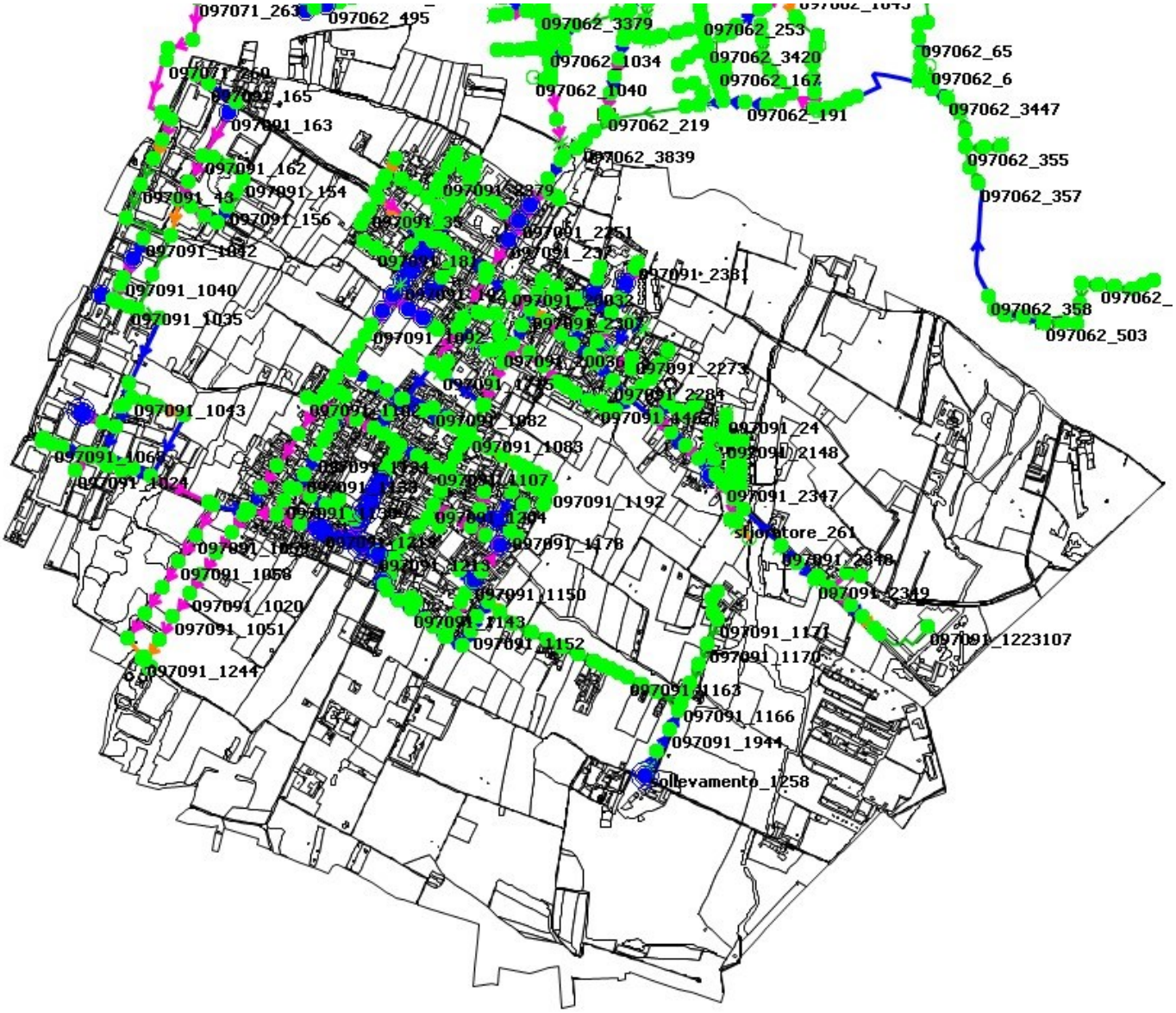


Figura 14 - Stato di fatto per TR 2 anni

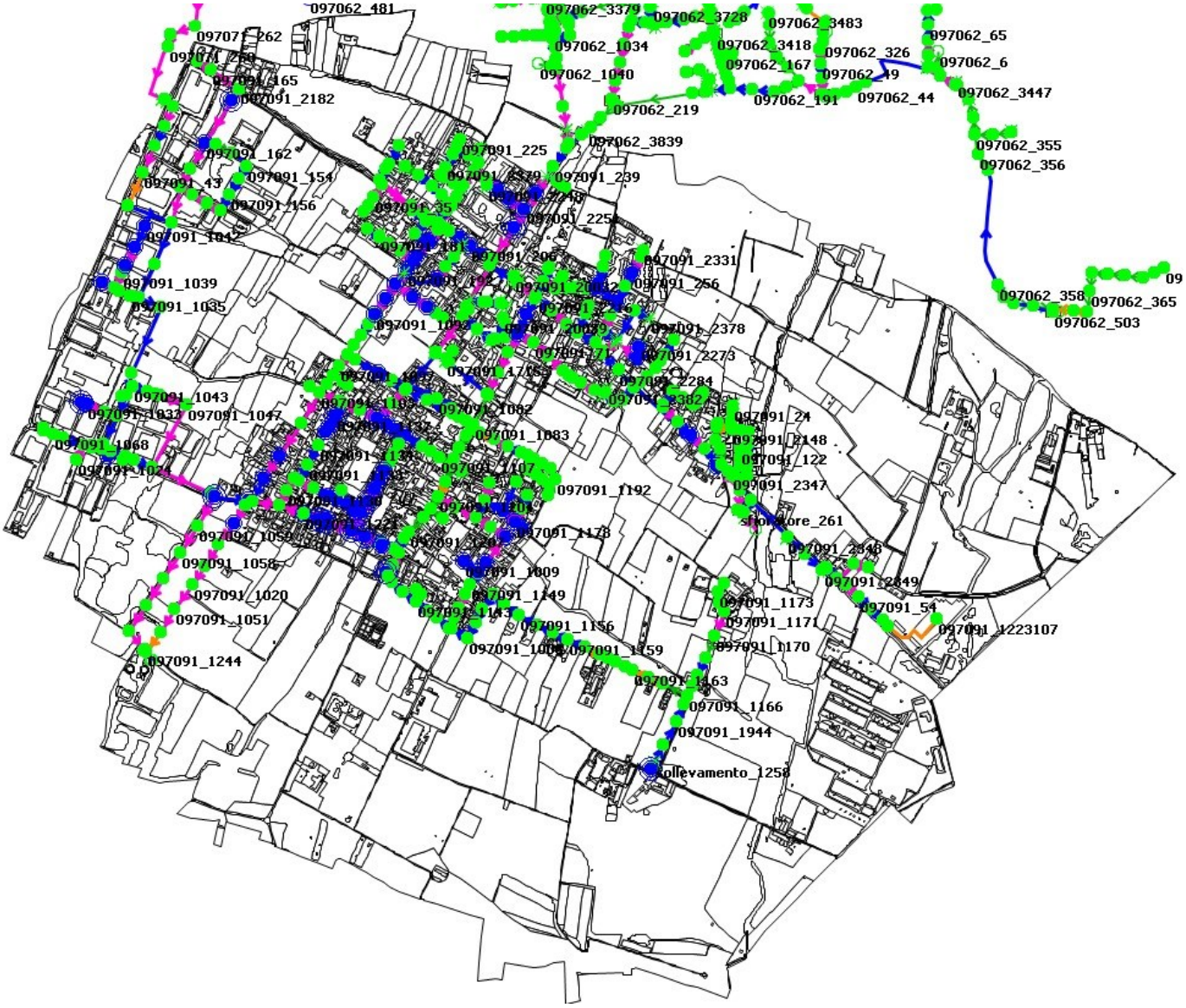


Figura 15 - Stato di fatto per TR 5 anni

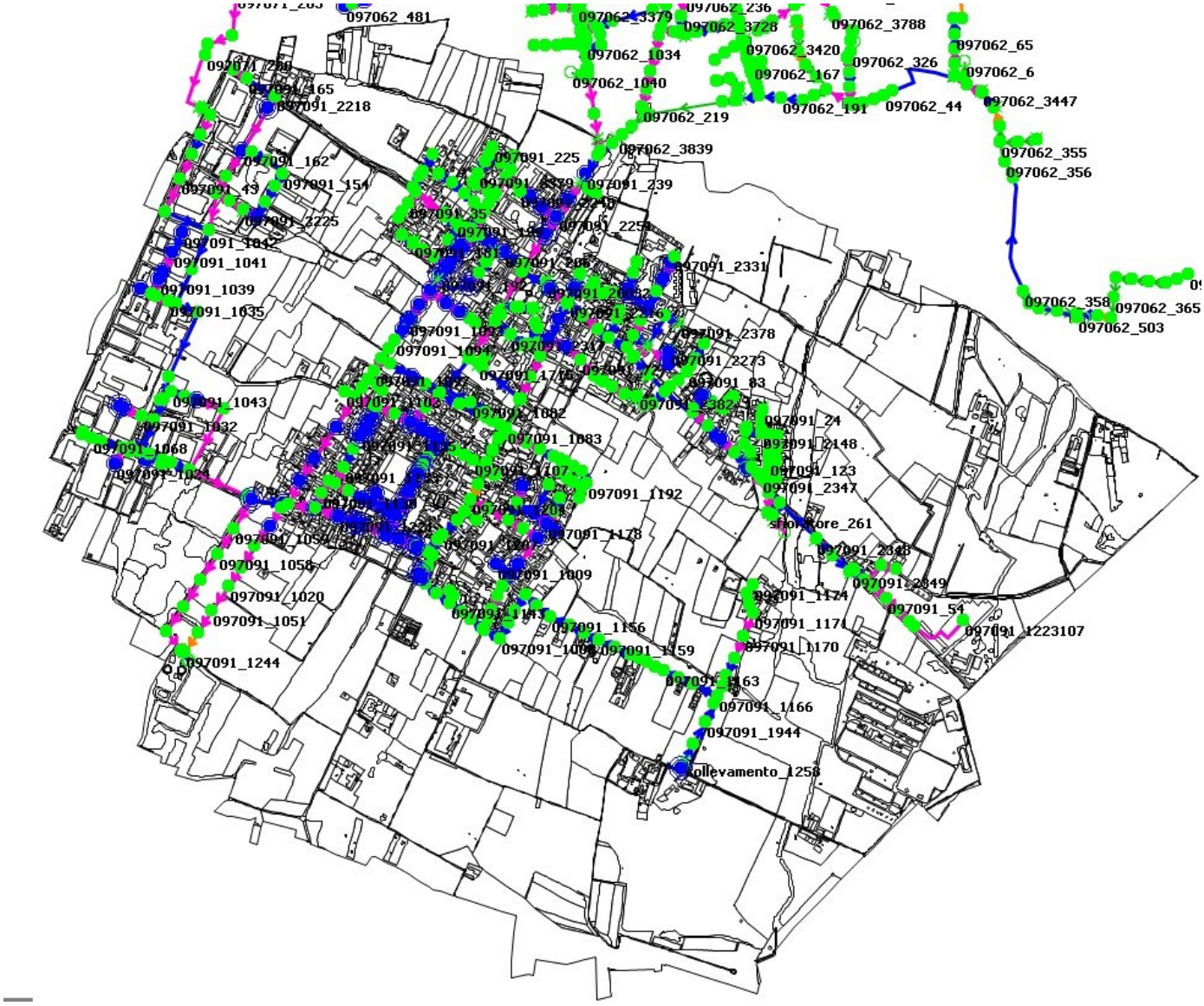
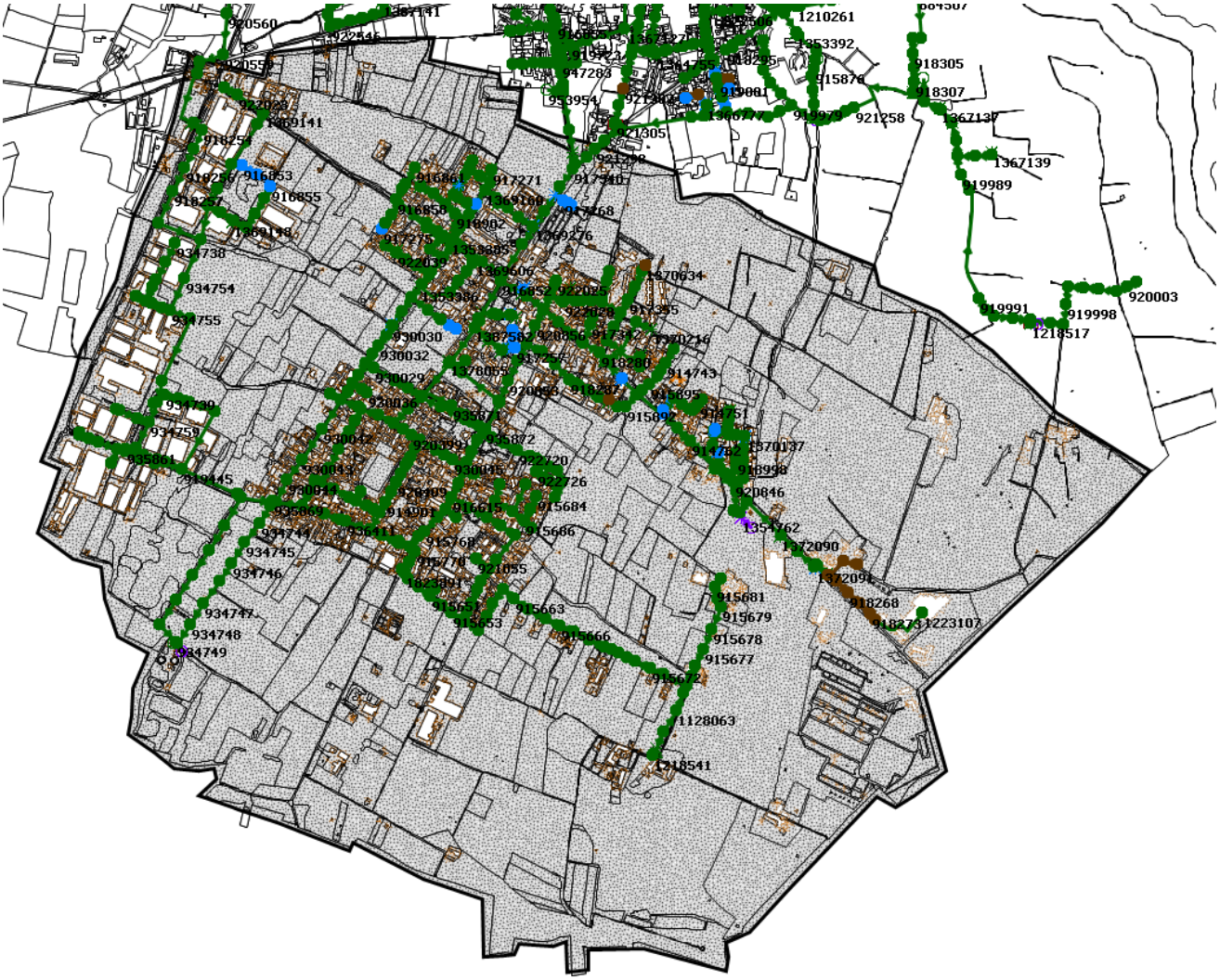


Figura 16 -Stato di fatto per TR 10 anni

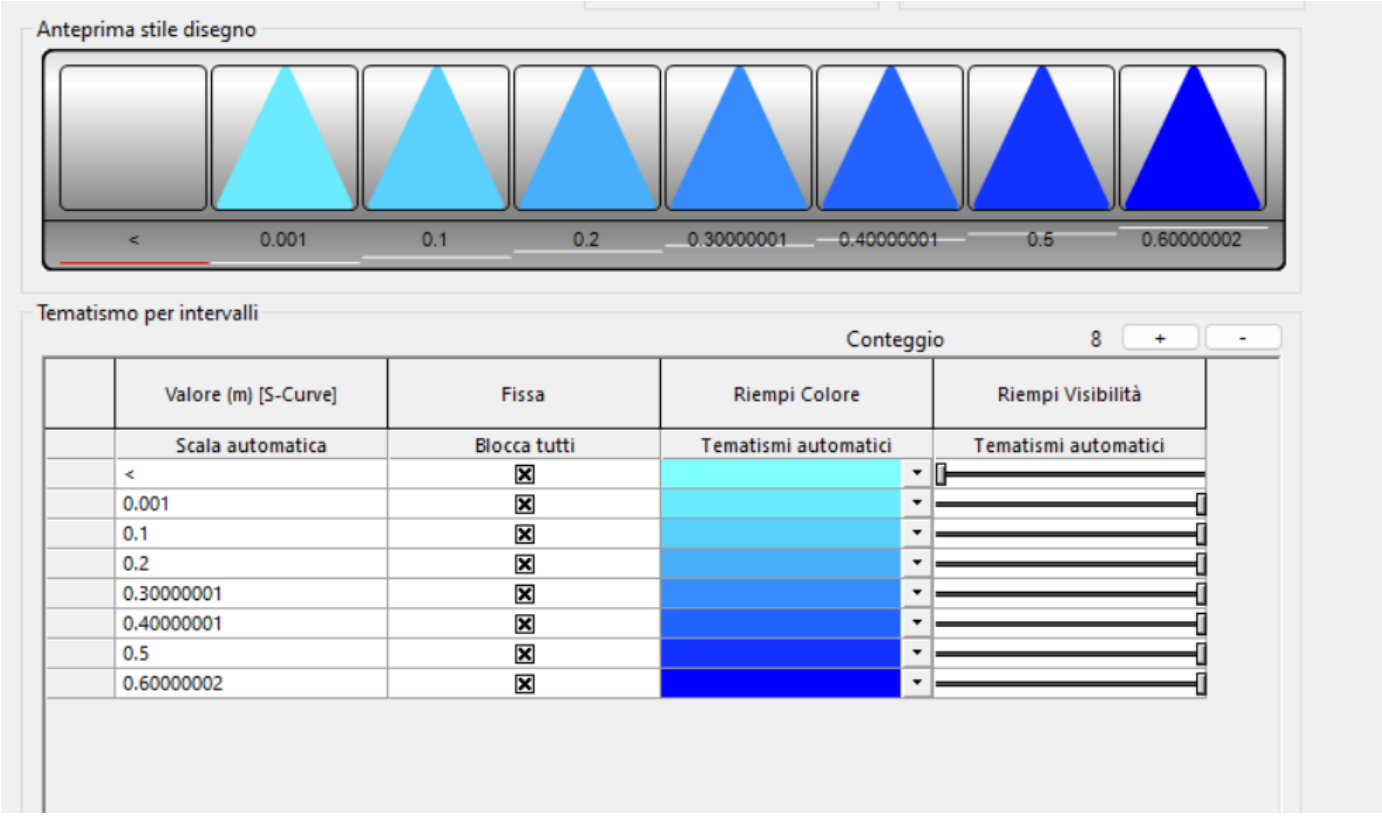
3.8.1 Risultati simulazione Stato di fatto per TR 2, 5 e 10 anni

In questo paragrafo vengono riportati gli esiti delle simulazioni effettuate nello scenario di Stato di fatto per tempi di ritorno pari a 2, 5 e 10 anni. Si è utilizzato il medesimo modello di calcolo realizzato da Lario Reti Holding S.p.A., basato pure esso sul motore idraulico di InfoWorks® ICM in modalità 2D, costruendo sul modello digitale del terreno (DTM) 5x5 m di Regione Lombardia – approssimato ma che può dare indicazioni utili in termini qualitativi – una mesh 2D, raffigurata nell'immagine sottostante con suddivisione a triangoli tridimensionali aventi area compresa tra 25 e 100 m^2. La mesh è stata creata sulla sola porzione di territorio oggetto dello studio, e cioè sul solo comune di Verderio. Per mezzo di uno shapefile specifico, è stato inoltre possibile identificare gli edifici presenti sul territorio ed isolarli dalla mesh classificandoli come limiti invalicabili all'acqua in modo da ottenere dei risultati più realistici.



Durante la modellazione il sistema interseca il piano del livello idrico con la forma della superficie creata con la mesh 2D e riproduce l'andamento dell'acqua a seconda delle quote intercettate fornendo i valori di velocità funzione della scabrezza del suolo considerata. A titolo dimostrativo si è deciso di riportare le immagini degli allagamenti che si formano nelle zone più critiche del comune di Verderio, da cui si evince come lo scorrimento dell'acqua in superficie segua la pendenza della superficie stradale e territoriale.

Di seguito una legenda che fa riferimento al range di valori associati alle aree allagate che si diversificano, con colori più o meno scuri, in base all'altezza d'acqua raggiunta (per lo stato di progetto non sono state considerate le aree allagate inferiori a 3 cm di altezza d'acqua):



1) Via C. Battista, rigurgito di due camerette:

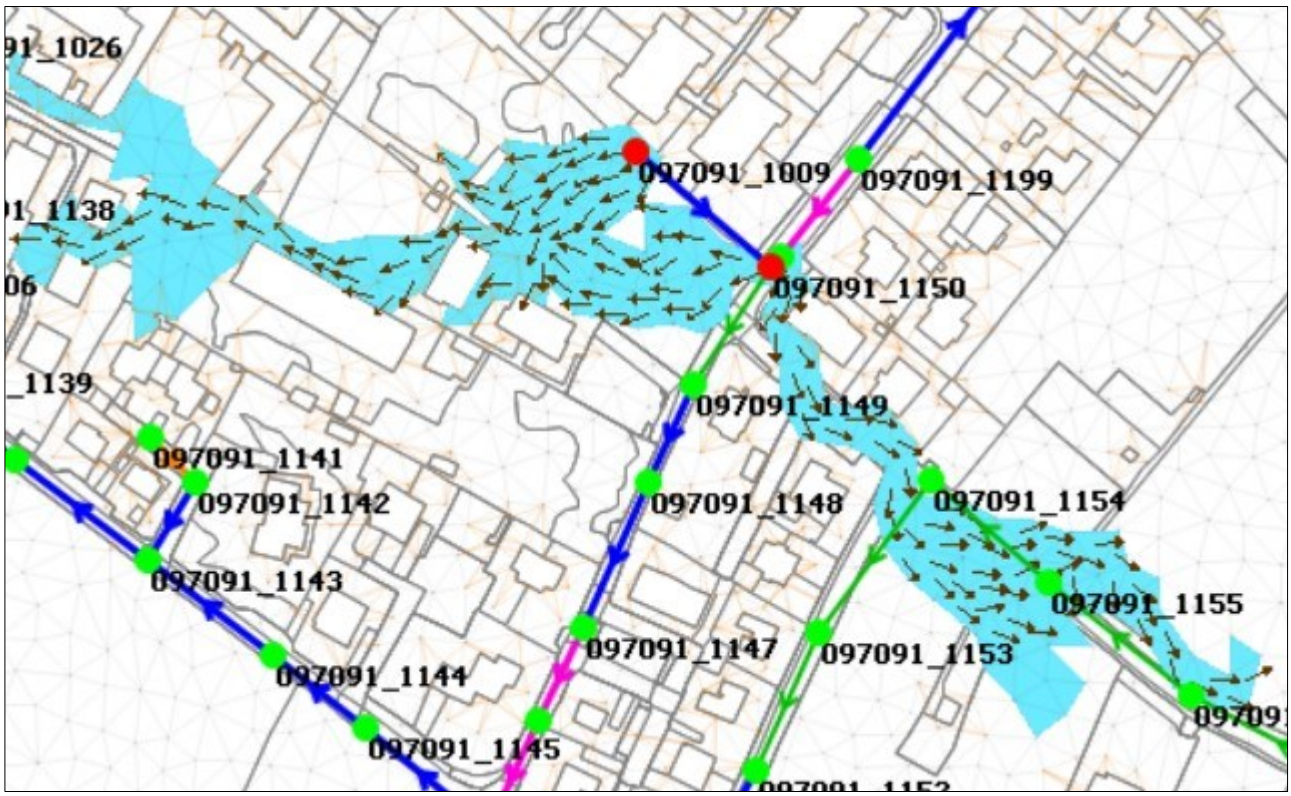


Figura 17 - Via C. Battista - SDF - TR 2 anni

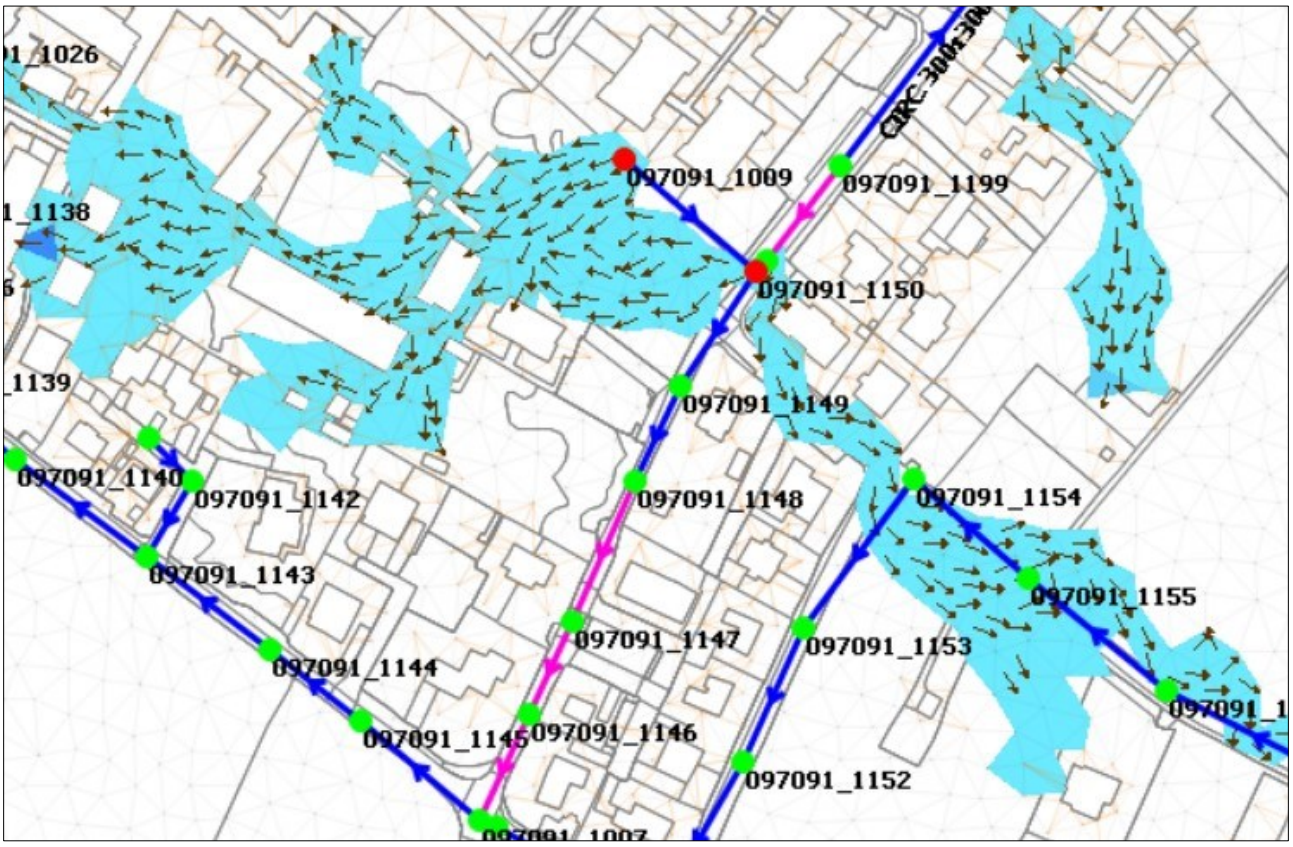


Figura 18 - Via C. Battista - SDF - TR 5 anni

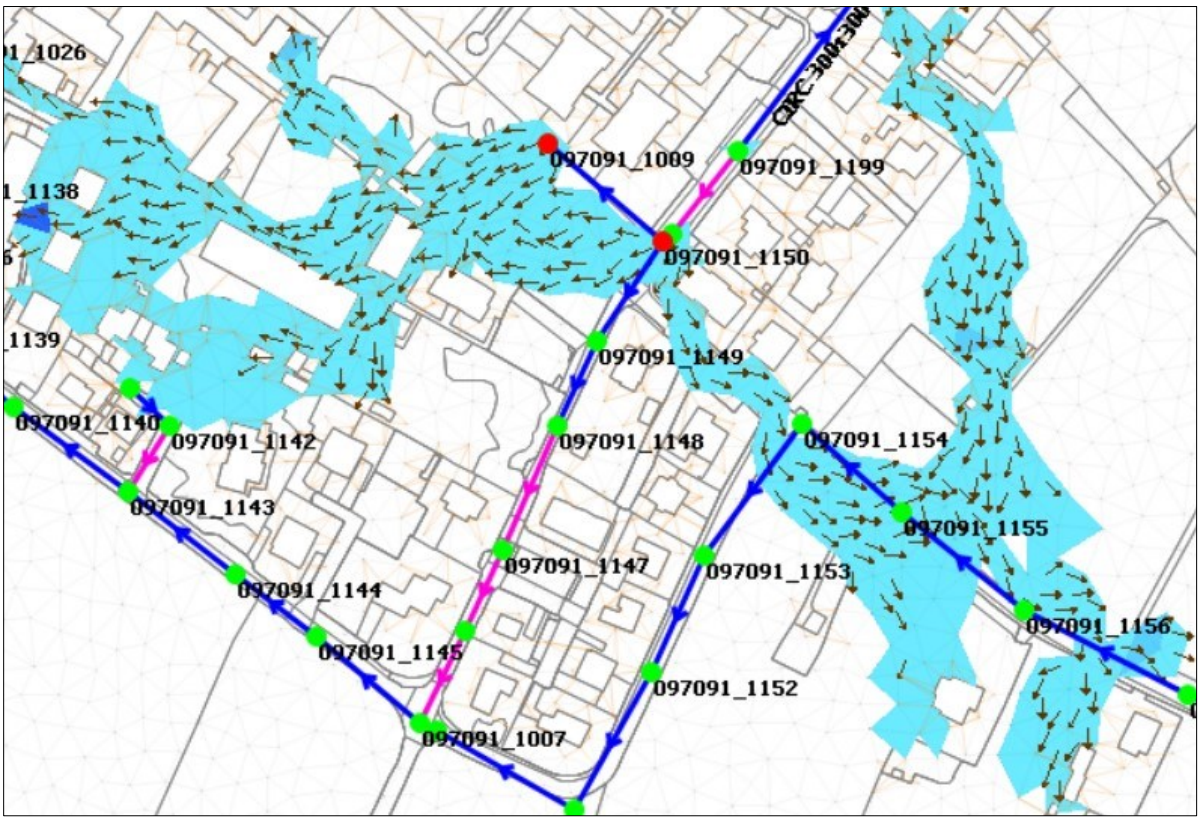


Figura 19 - Via C. Battista - SDF - TR 10 anni

2) Via Piave, rigurgito di una cameretta:

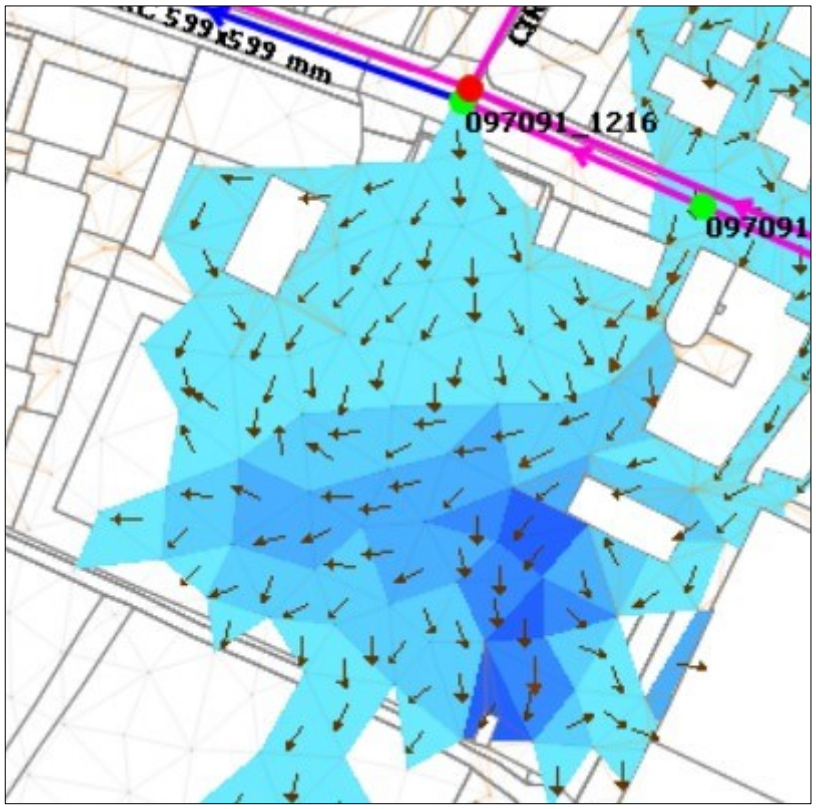


Figura 20 - Via Piave - SDF - TR 2 anni

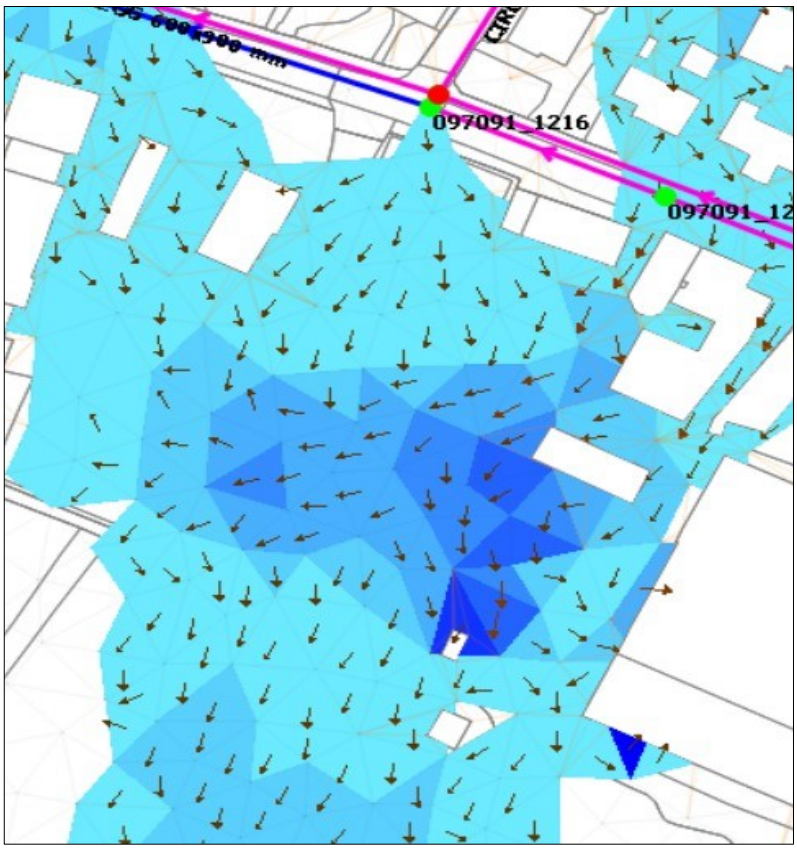


Figura 21 - Via Piave - SDF - TR 5 anni

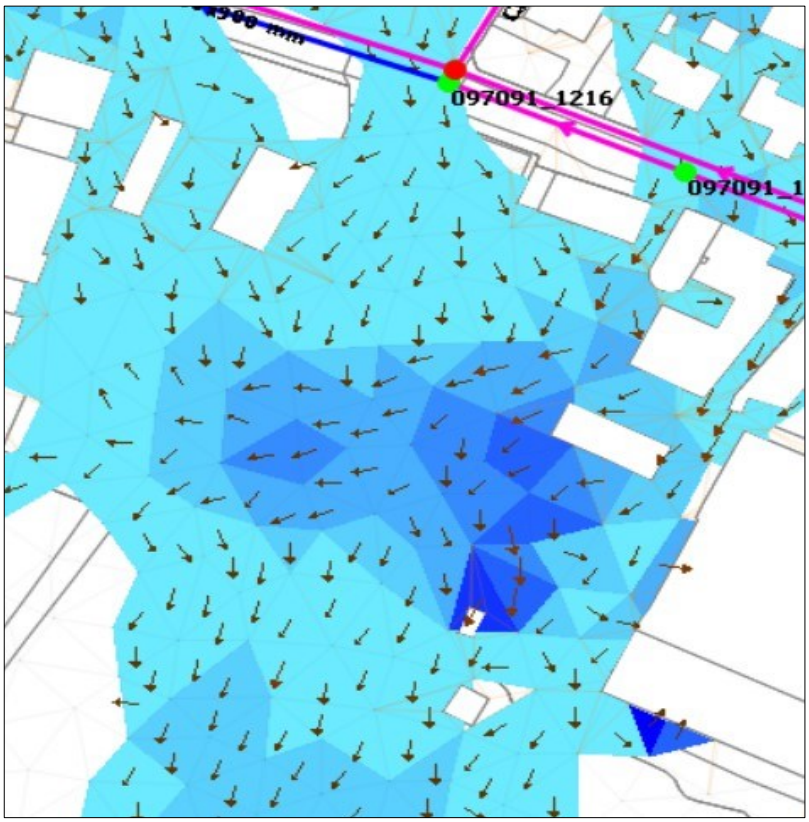


Figura 22 - Via Piave - SDF - TR 10 anni

3) Via A. Moro, esondazione di più camerette in fila:

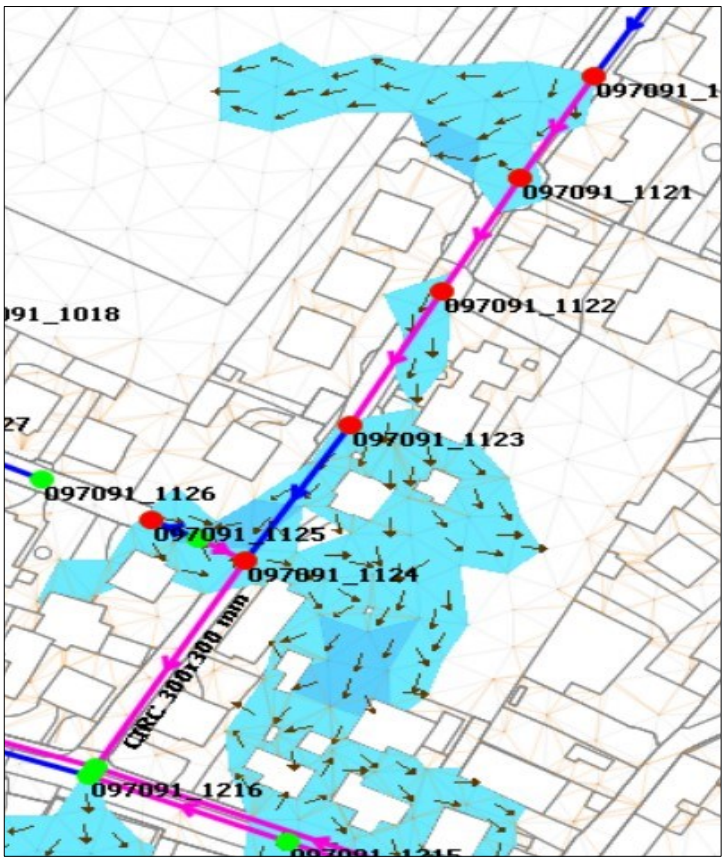


Figura 23 - Via A. Moro - SDF - TR 2 anni

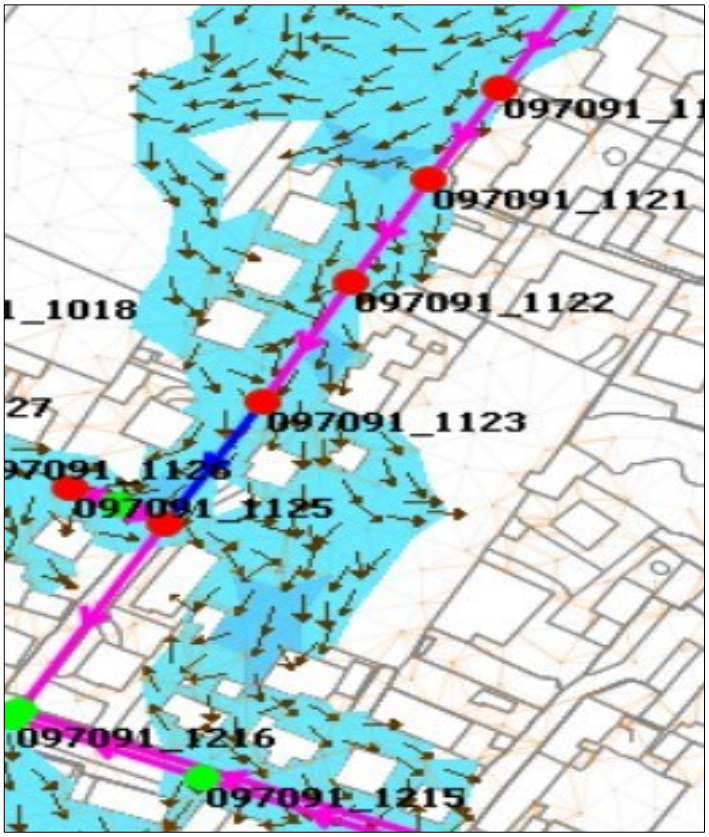


Figura 24 - Via A. Moro - SDF - TR 5 anni

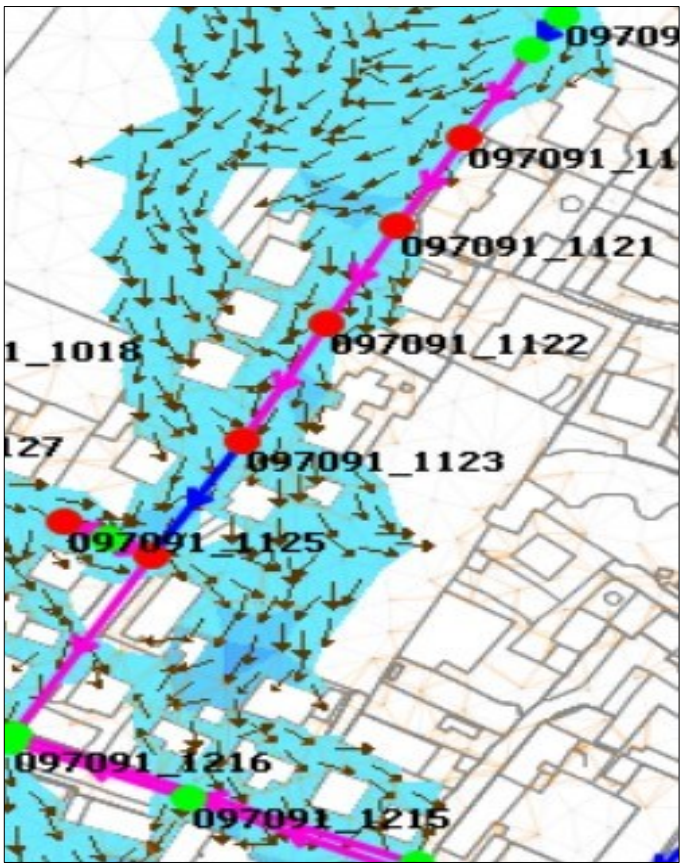


Figura 25 - Via A. Moro - SDF - TR 10 anni

4) Via Piave, rigurgito di una cameretta:

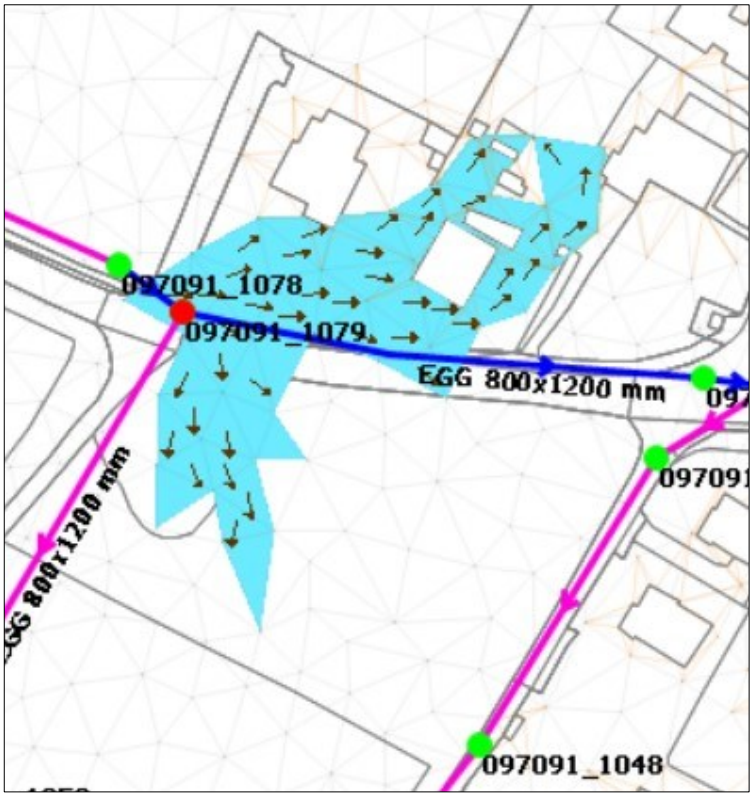


Figura 26 - Via Piave - SDF - TR 2 anni

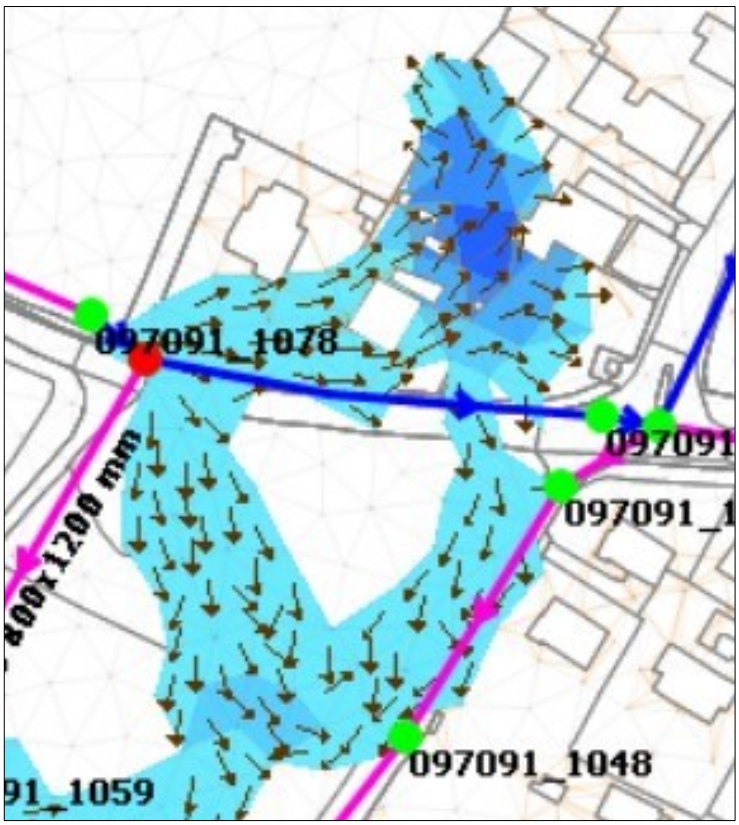


Figura 27 - Via Piave - SDF - TR 5 anni

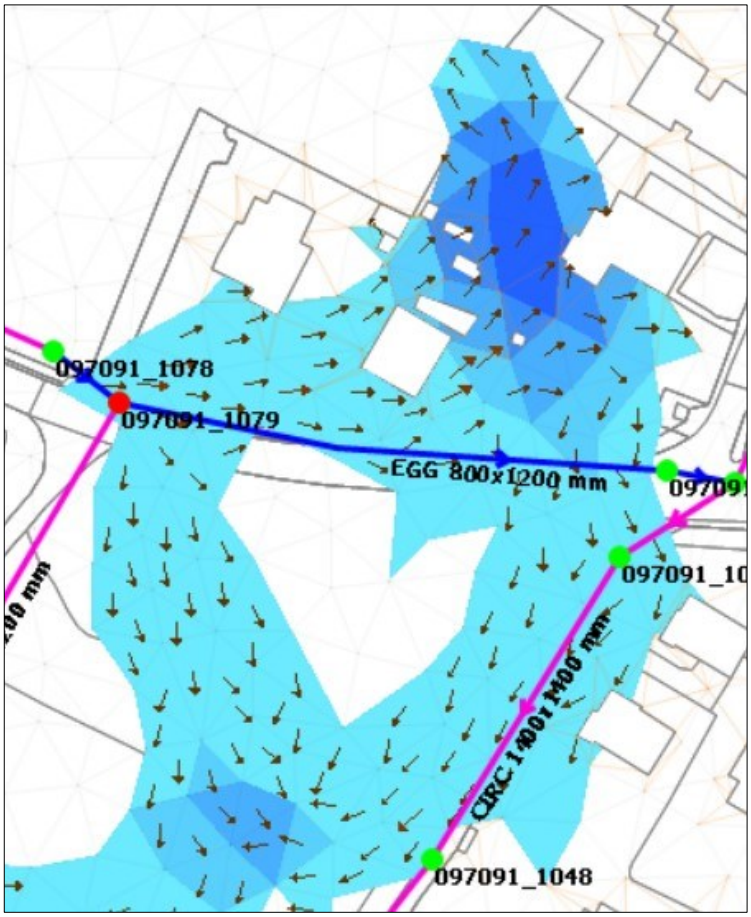


Figura 28 - Via Piave - SDF - TR 10 anni

5) Via S. Giorgio, rigurgito di più camerette:

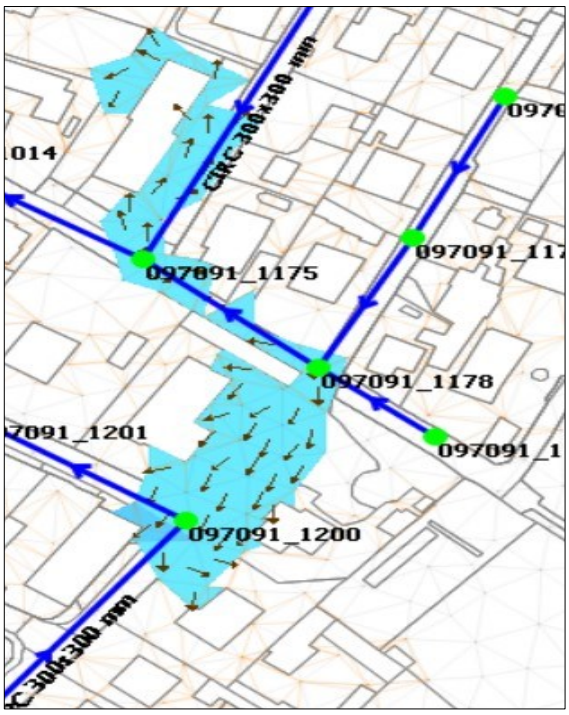


Figura 29 - Via S. Giorgio - SDF - TR 2 anni

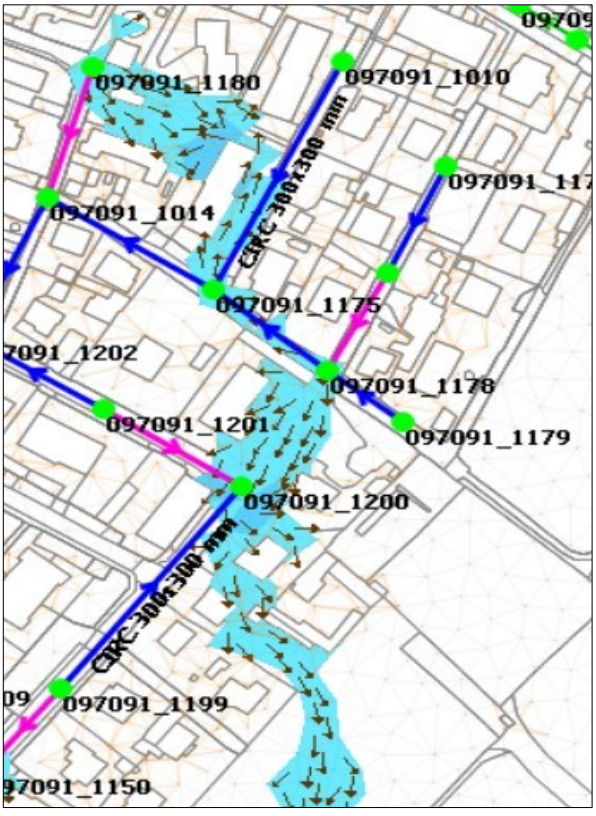


Figura 30 - Via S. Giorgio - SDF - TR 5 anni

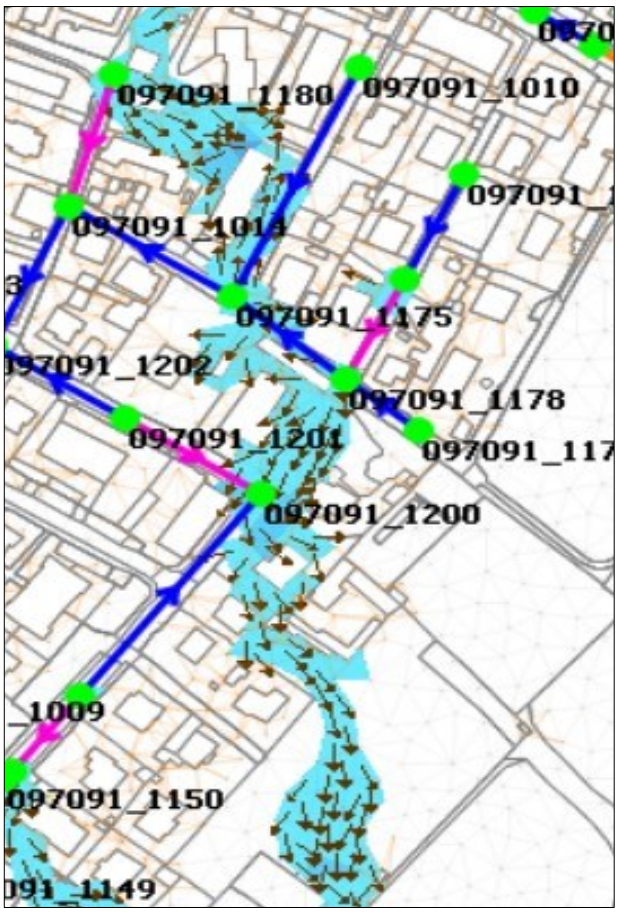


Figura 31 - Via S. Giorgio - SDF - TR 10 anni

6) Via Boccioni, rigurgito di più camerette:

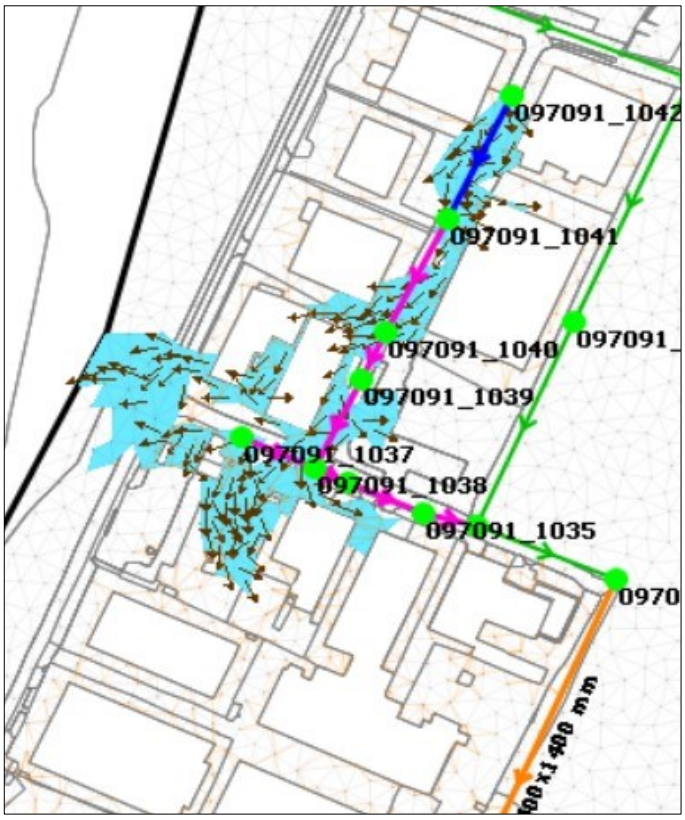


Figura 32 - Via Boccioni - SDF - TR 2 anni

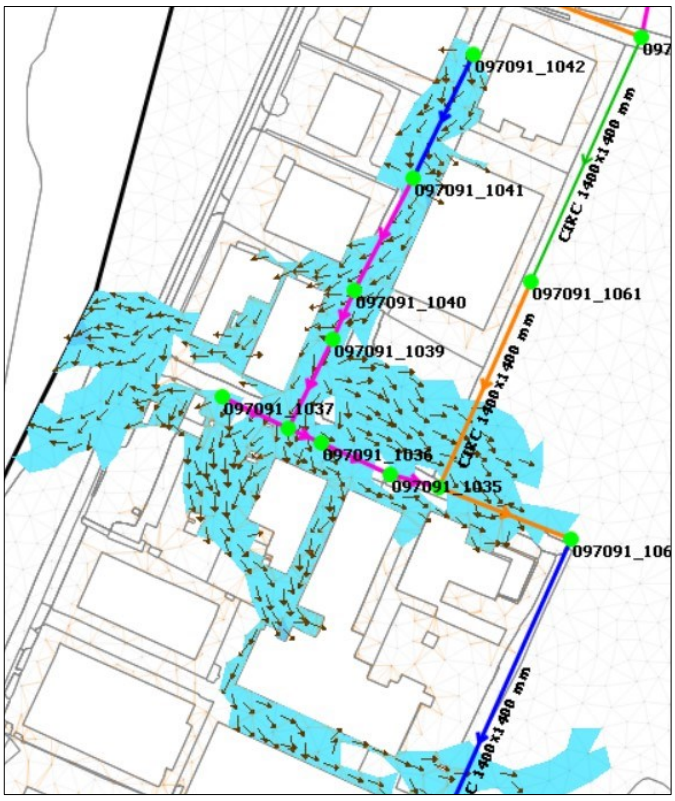


Figura 33 - Via Boccioni - SDF - TR 5 anni

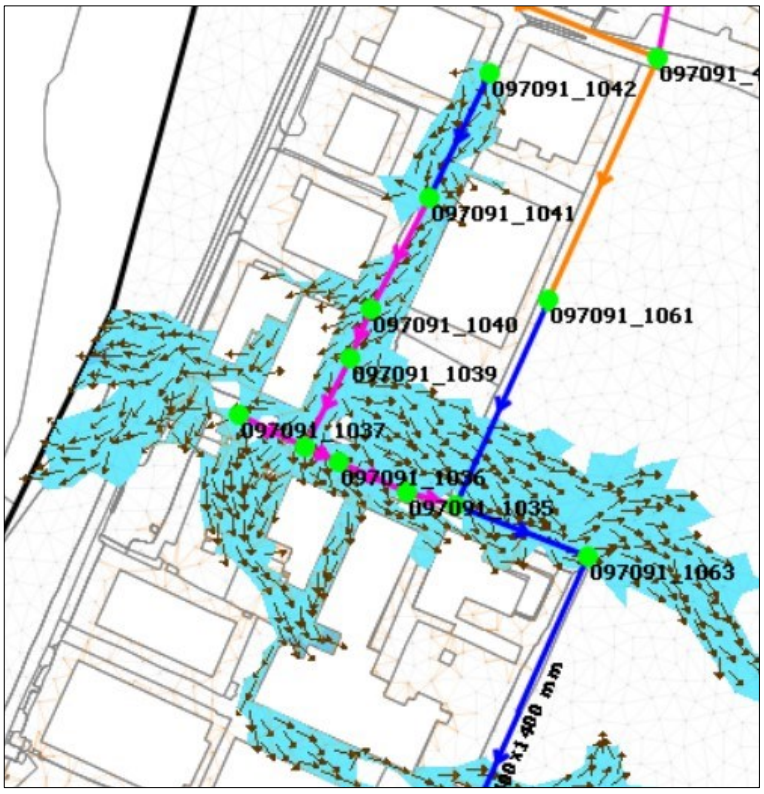


Figura 34 - Via Boccioni - SDF - TR 10 anni

7) Via Fausto Coppi, rigurgito di più camerette:

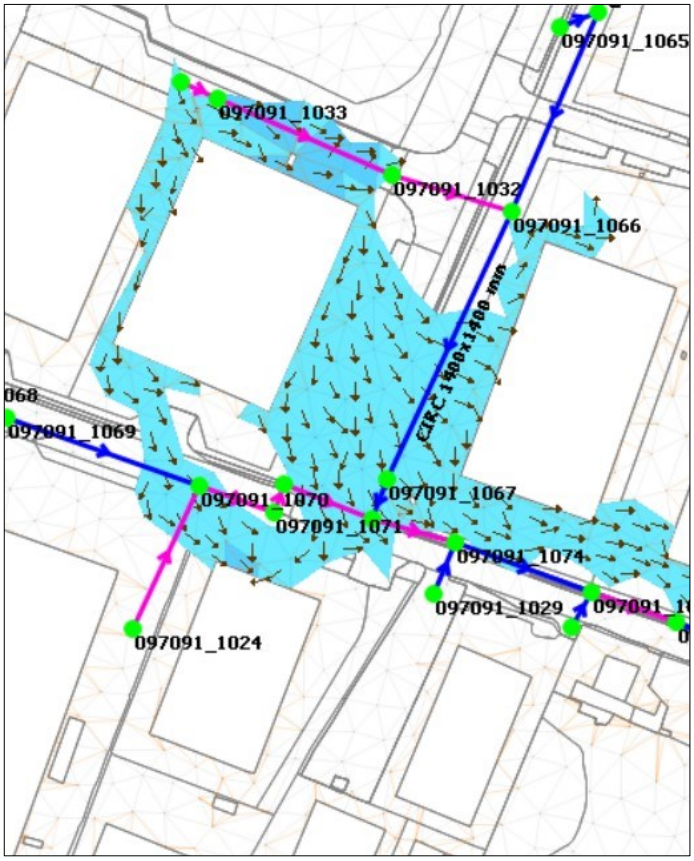


Figura 35 - Via Fausto Coppi - SDF - TR 2 anni

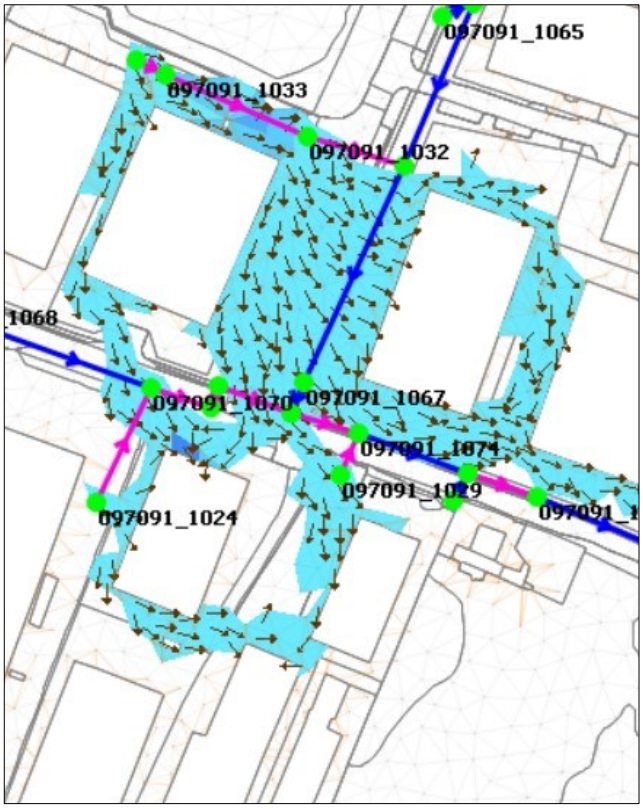


Figura 36 - Via Fausto Coppi - SDF - TR 5 anni

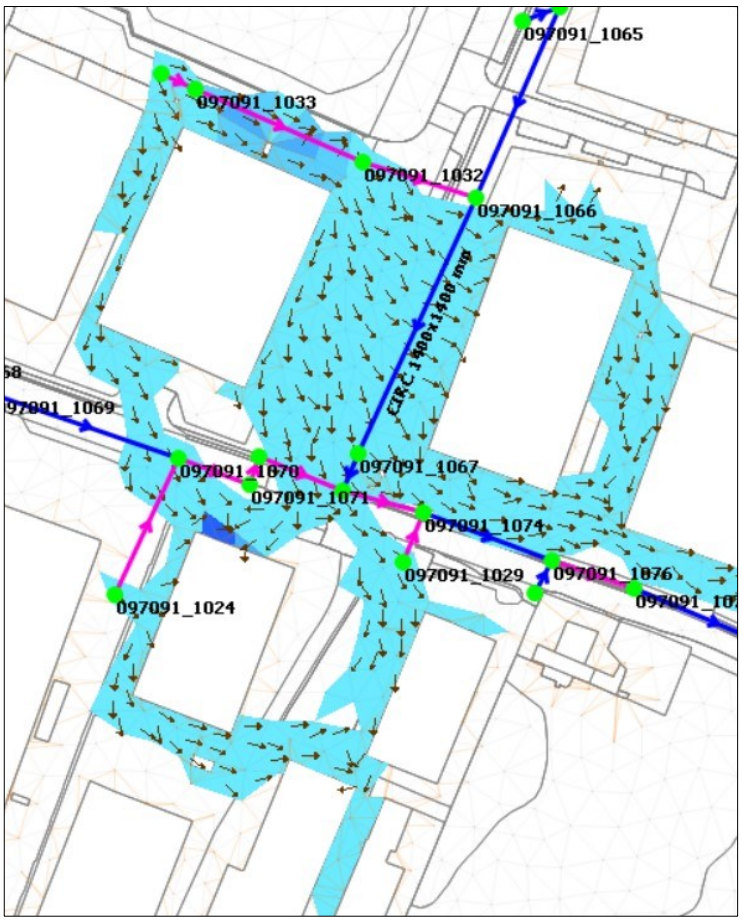


Figura 37 - Via Fausto Coppi - SDF - TR 10 anni

3.8.2 Risultati simulazione Stato di fatto per TR 50 e 100 anni

Di seguito viene riportato figurativamente il confronto tra gli allagamenti registrati per le simulazioni con tempi di ritorno pari a 50 e 100 anni – di riferimento per il R.R. n°7/2017 - nel comune di Verderio. Dalle immagini si evince come non sussista una netta differenza tra i due tempi di ritorno, anche se va comunque registrato un leggero aumento del volume d'acqua rigurgitato dal sistema fognario per il tempo di ritorno pari a 100 anni.

In conformità con quanto emerso dai risultati della modellazione bidimensionale, le zone che risultano maggiormente interessate da fenomeni di esondazione sono quelle che riguardano i terreni coltivati, mentre nelle aree abitate al centro del comune si registrano esondazioni di una certa entità principalmente in Via dei Contadini Verderesi, in Via A. Moro e nella zona industriale adiacente Via Fausto Coppi.

Allagamenti localizzati si verificano anche nella zona est di Verderio Superiore in Via Spluga, nella zona est di Verderio Inferiore in Via S. Giorgio e Via C. Battisti e nella zona ovest in Via Boccioni.

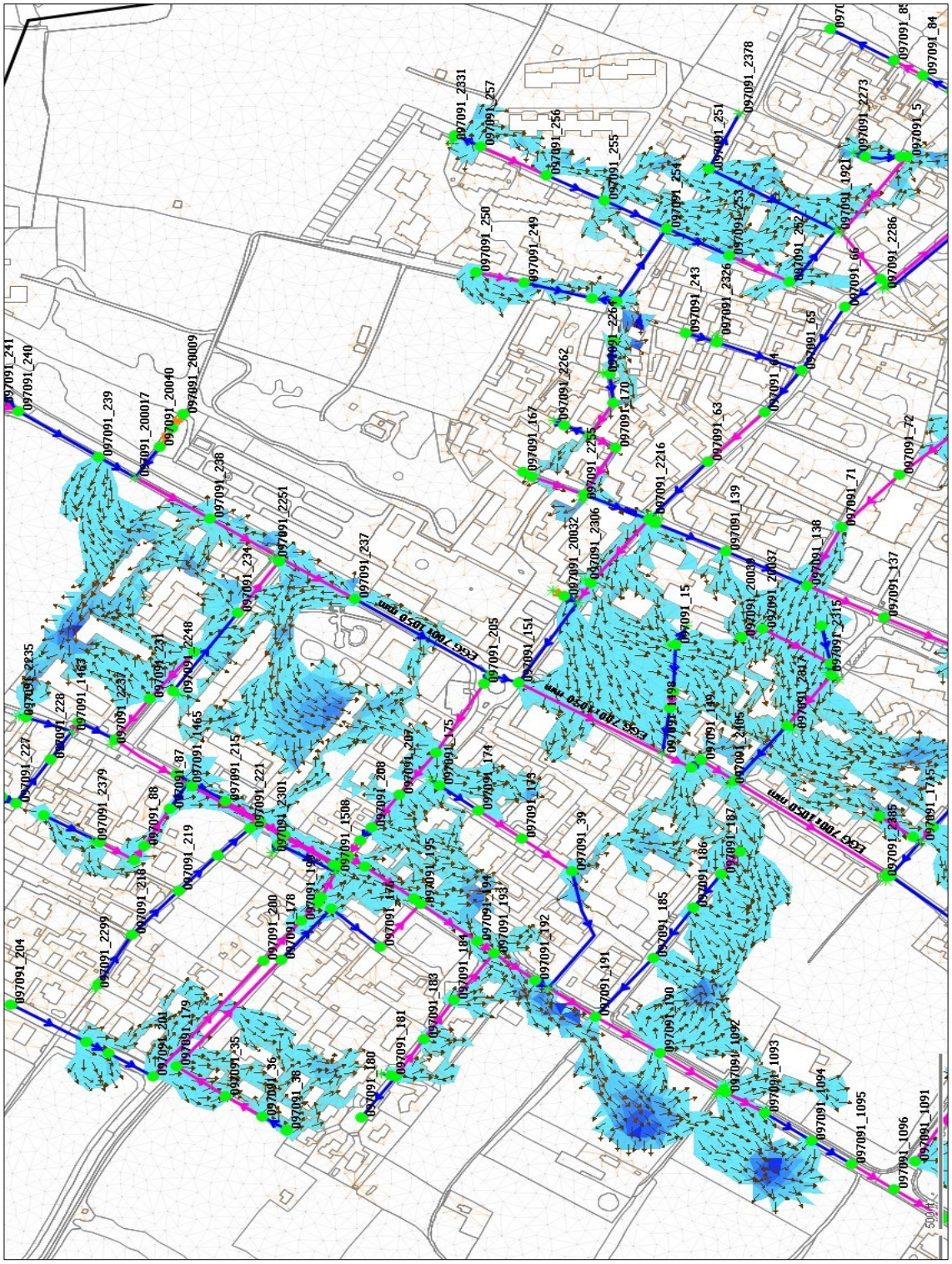


Figura 38 - Verderio Superiore - SDF - TR 50 anni

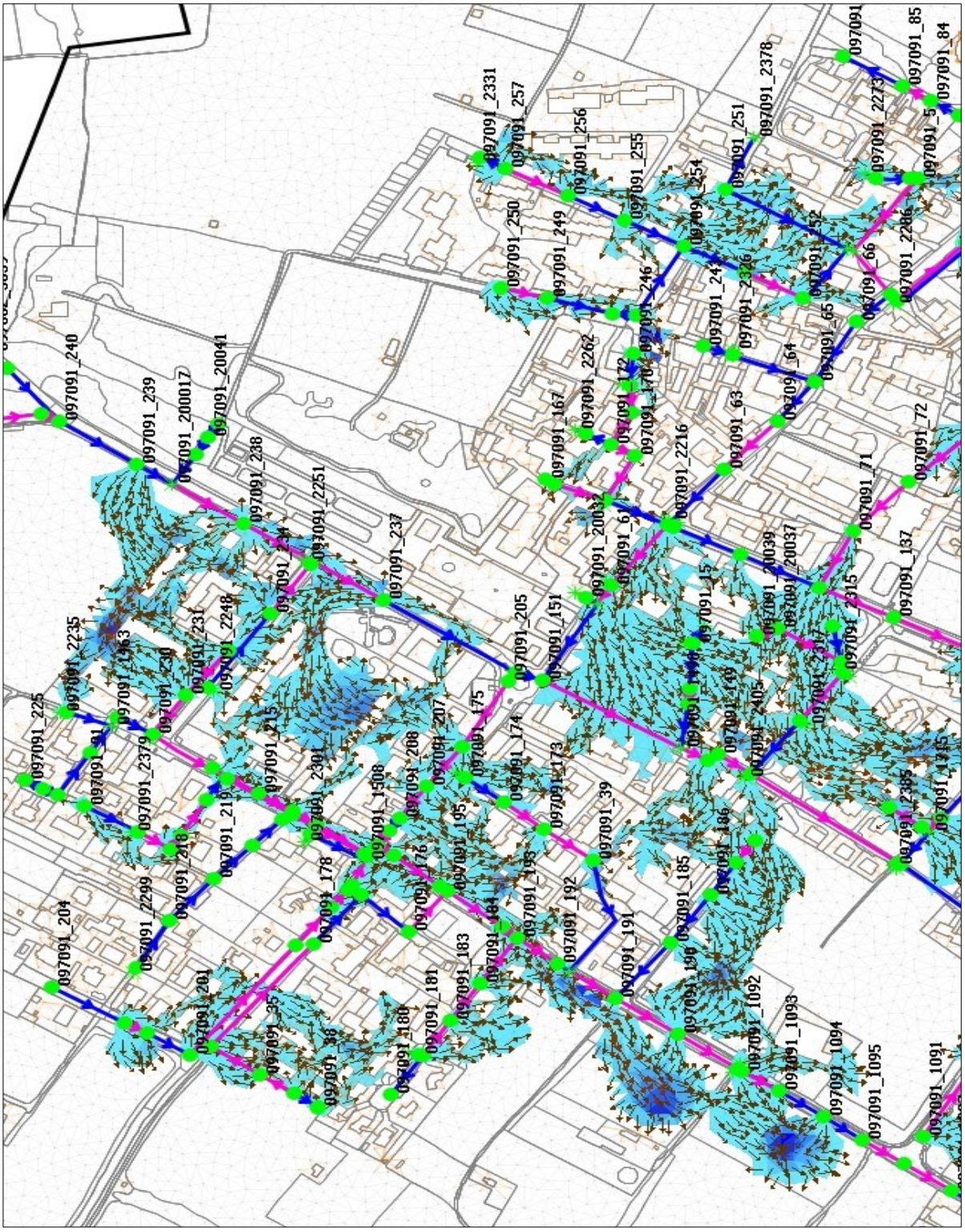


Figura 39 - Verderio Superiore - SDF - TR 100 anni

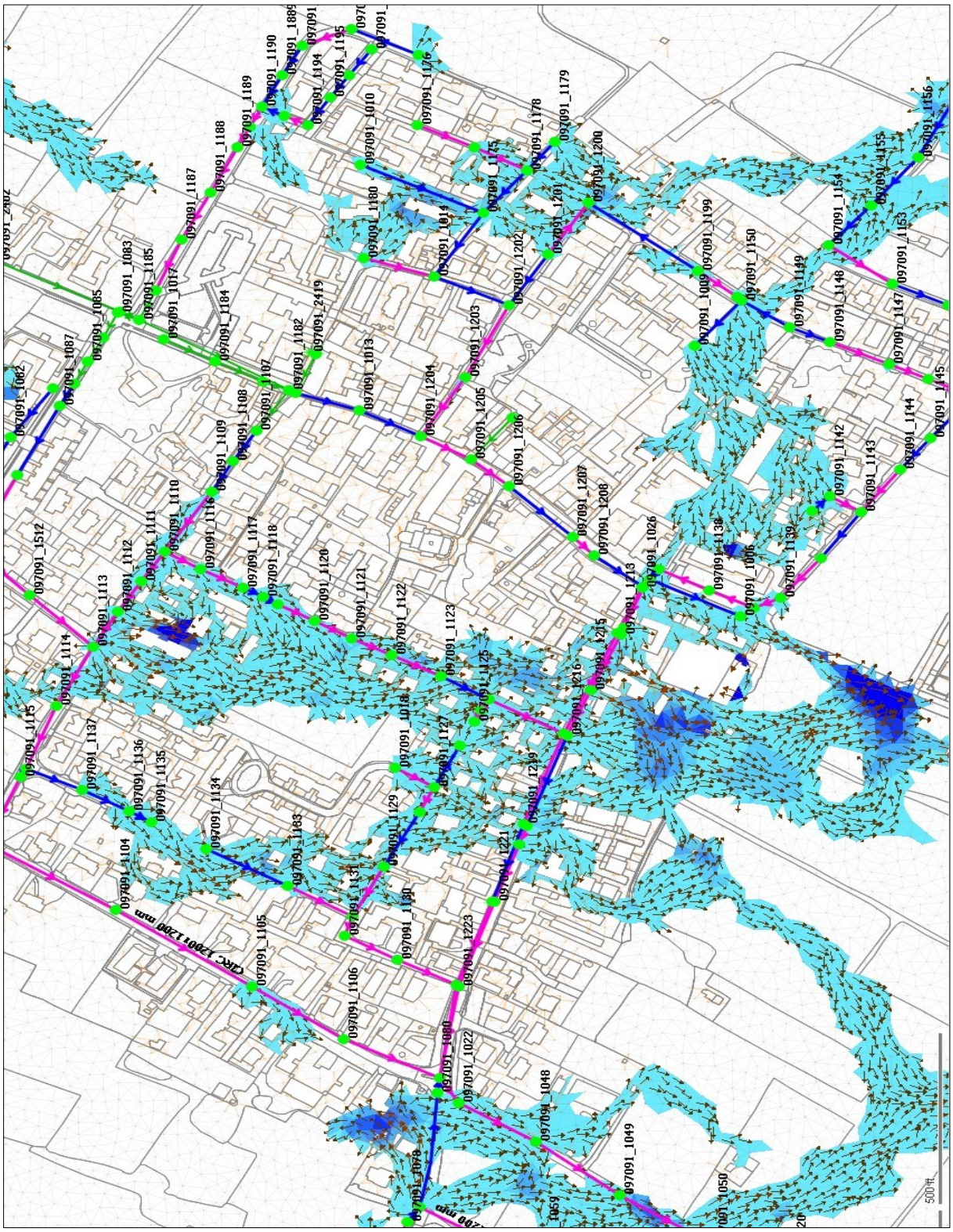


Figura 40 - Verderio Inferiore - SDF - TR 50 anni

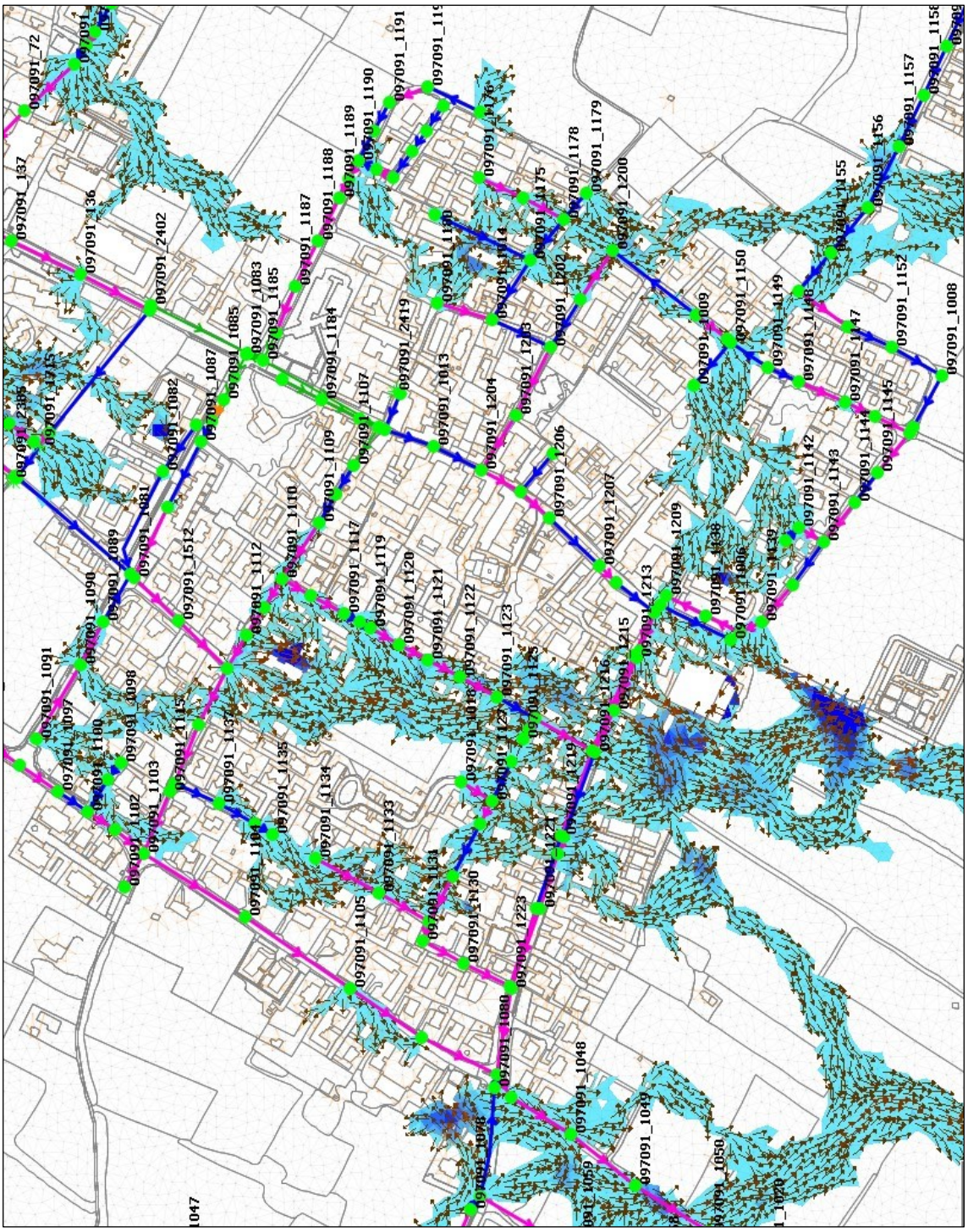


Figura 41 - Verderio Inferiore - SDF - TR 100 anni

4 SEGNALAZIONI DI CRITICITA' DIVERSE SUL TERRITORIO COMUNALE RELATIVE ALLE ACQUE METEORICHE

4.1 PREMESSA

Nel giugno 2023 alcuni cittadini residenti nelle vie Grigna e Resegone, nella porzione nord-est, hanno formalizzato all'Ufficio Tecnico una relazione con la quale lamentavano fenomeni di esondazione dalle aree agricole poste a monte del nucleo abitato identificato come "Cascina Isabella" con conseguenti allagamenti delle aree interne alle proprietà e delle sedi stradali. Detti allagamenti in occasione degli eventi più intensi arrivavano ad interessare la sede stradale della S.P. n°55 (via per Cornate), complice anche la presenza di un sistema di raccolta delle acque stradali poco funzionale (caditoie in numero ridotto e collocate nei punti meno idonei). Di fatto le vie Resegone e Grigna, in diretto collegamento sul fronte nord con le aree agricole, a dire degli interessati divengono sede di forte deflusso superficiale dell'esondazione delle aree non urbanizzate a nord.

In ogni caso, sempre a detta dei medesimi residenti, a valle di eventi anche meno sinistrosi le aree immediatamente a monte della testa delle due vie rimangono invasate di acqua piovana e fungono da "vasca di accumulo" per un tempo significativo – non precisato – mentre il deflusso superficiale cessa dopo poco meno di mezz'ora dal termine dell'evento, nel momento in cui la rete di fognatura ritorna capace di smaltire gli apporti in questione. L'immagine a lato, contenuta nella relazione presentata dai residenti, indica in azzurro le due aree allagate a monte delle due vie e con D ed E i punti di approdo del deflusso superficiale generato.

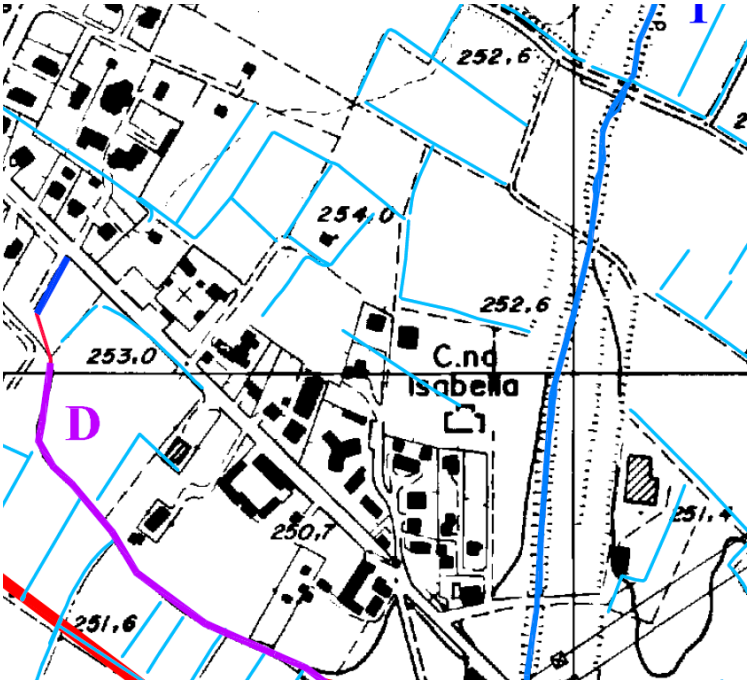
4.2 RISCONTRI IN LUOGO E INDIVIDUAZIONE DELLE CAUSE

E' stato eseguito un sopralluogo in zona e sono state acquisite immagini sullo stato del suolo, che attualmente si presenta in parte coltivato ed in parte a prato. Quello che si nota, ed è confermato dalla consultazione del modello digitale del terreno (DTM) di Regione Lombardia, che costituisce documento cartografico di riferimento, è una spiccata pendenza dei suoli in direzione est, ove a fianco del nucleo urbanizzato di Cascina Isabella transita il Rio Vallone: esso di fatto costituisce il recapito del drenaggio dei suoli circostanti, compresi gli appezzamenti in osservazione.

Detto drenaggio può avvenire in modo diretto, seguendo la direzione di deflusso dettata dalla pendenza naturale, o più frequentemente come si è osservato in altre zone del paese, tramite piccole vallette o canali di colo a margine degli appezzamenti.

L'immagine aerea che segue evidenzia la presenza di questi canali o vallette – indicate in tratto azzurro – che hanno direzione preferenziale ovest-est in direzione del Vallone – indicato in tratto rosso.

La presenza di detti canali è evidenziata anche dai documenti del RIM giacenti presso gli uffici comunali, di cui sotto è esposto lo stralcio dell'area in osservazione, in cui il reticolo tracciato risulta parzialmente difforme da quello risultante dalle foto aeree e riscontrato in luogo.



Area a monte via Grigna – Pendenza verso il Rio Vallone

Come risulta da alcune immagini ritratte sulle aree immediatamente prospicienti alla testa della via Grigna e della via Resegone, detti canali presentano dimensioni inadeguate, progressivamente ridotte per la conduzione agricola, e ingombre da vegetazione erbacea se non arbustiva, che preclude senz'altro al corretto smaltimento verso il recapito.

Canale esistente a nord di via Grigna

Canale esistente in direzione Vallone – Presenza di vegetazione

E’ da osservare in subordine che la gravità degli eventi lamentati ha subito negli anni recenti un innalzamento dovuto alla nota alterazione degli eventi piovosi, che pur non facendo registrare un incremento generale dei volumi di pioggia, concentrano gli stessi in un minor numero di eventi caratterizzati da intensità molto elevate e di conseguenza innalzano il rischio di esondazione.

4.3 INDICAZIONI PER LA RISOLUZIONE

La riduzione dei fenomeni lamentati potrà quindi essere attuata ricostituendo e potenziando la rete dei canali di raccolta in direzione del recapito, in parte alterata o soppressa in conseguenza della conduzione agricola dei fondi. Laddove presente, la rete necessita di costante manutenzione tramite pulizia periodica con asportazione di detriti e vegetazione e mantenimento della sagoma geometrica.

5 INDICAZIONI SU INTERVENTI STRUTTURALI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A LIVELLO COMUNALE

Secondo il regolamento regionale, il controllo e la gestione delle acque pluviali devono essere effettuati, ove possibile, mediante sistemi che garantiscono l'infiltrazione, l'evapotraspirazione e il riuso. La realizzazione di uno scarico delle acque pluviali in un corpo ricettore è realizzata qualora la capacità di infiltrazione dei suoli risulti essere inferiore rispetto all'intensità delle piogge più intense. Il medesimo scarico deve avvenire a valle di opere di ritenzione dimensionati per rispettare le portate massime ammissibili.
La scelta dell'intervento dovrà essere guidata da una valutazione che consideri:

- la tipologia del sistema adottato;
- il contesto geomorfologico e idrogeologico valutando l'idoneità del sito per l'utilizzo di sistemi di accumulo, infiltrazione e trasporto;
- il contesto paesaggistico e il sistema naturale;
- lo spazio disponibile.

Il regolamento regionale espone sinteticamente, nell'allegato M, alcune indicazioni di orientamento per la scelta delle misure strutturali di invarianza per la gestione delle acque meteoriche in ambito urbano. Sulla scorta dell'ampia letteratura scientifica disponibile e del suddetto regolamento è possibile individuare i seguenti sistemi principali (rimandando a pubblicazioni specifiche per approfondimenti e per altre tipologie):

1. Opere di laminazione:
- strutture superficiali
- strutture sotterranee
2. Opere di infiltrazione
- trincee / fossi disperdenti
- pozzi drenanti
- bacini di infiltrazione / fossi disperdenti
- caditoie filtranti
- pavimentazioni permeabili
3. Opere per il trasporto ed il controllo delle portate
- tubazioni / supertubi
- manufatti di regolazione delle portate
- manufatti particolari (ad es. sfioratori, sifoni, stazioni di sollevamento, etc…)
4. Altre opere
- tetti verdi

- pareti verdi
- fitodepurazione

I sistemi possono ovviamente essere combinati tra loro in funzione delle caratteristiche del sito, sino a giungere a configurazioni più complesse, per perseguire più obiettivi contemporanei: controllo della quantità e qualità delle acque, fruizione, valore estetico ed ecologico.
In funzione dei fattori limitanti di disponibilità di superfici e impermeabilità del suolo è possibile individuare i sistemi più opportuni da adottare: ampia disponibilità di superficie ed elevata permeabilità conducono generalmente alla scelta di sistemi di laminazione superficiale ed infiltrazione, viceversa spazi ridotti e scarsa permeabilità portano solitamente alla scelta di sistemi di accumulo sotterraneo e sistemi di trasporto con regolazione delle portate.

5.1 INTERVENTI A PIANO INVESTIMENTI LARIO RETI HOLDING

Nella tabella che segue sono elencati in ordine di priorità di realizzazione gli interventi previsti per la soluzione delle criticità della rete fognaria per il comune di Verderio, con indicazione per ciascun intervento della tipologia (ambientale, strutturale, idraulico ed estensione).

Tabella* 12 – *Interventi a piano d'investimenti Lario Reti Holding

Codifica Intervento	Descrizione	Tipo	Ordine di priorità	Importo
VER – 01	Realizzazione vasca di accumulo in testa impianto	AMB	1	-
VER – 02	Aumento diametro in Via Sala, in Via Caduti della libertà e in Strada consortile dei Bacilli e realizzazione vasca di accumulo	IDR	2	6,022,000.00 EUR
VER – 03	Aumento diametro condotta in Via A. Moro	IDR	3	402,000.00 EUR
VER – 05	Adeguamento collettore Via dei Contadini Verderesi e realizzazione vasca di accumulo	IDR	5	3,569,000.00 EUR

5.1.1 VER – 01 : Realizzazione vasca di accumulo in testa impianto di depurazione

L'intervento prevede la realizzazione di una vasca di accumulo a servizio del depuratore con invaso pari a 6900 mc, completa di stazione di sollevamento per lo svuotamento della vasca stessa.

VER – 01 mira al miglioramento delle condizioni ambientali nelle zone in esame e alla necessità di adeguamento normativo.

5.1.2 VER – 02 : Aumento diametro in Via Sala, in Via Caduti della Libertà e in Strada consortile dei Bacilli e realizzazione vasca di accumulo

L'intervento prevede alcuni procedimenti: potenziamento del collettore di mista in Via Sala e in Via Caduti della Libertà con DN 1600 in CA (da cameretta 097091_1225 a cameretta 097091_1113); rimozione tubazione esistente DN 1200 in CA (da cameretta 097091_1225 a cameretta 097091_1113); potenziamento del collettore di mista in Strada consortile dei Bacilli con DN 1600 in CA (da cameretta 097091_1244 a cameretta 097091_1079); rimozione tubazione esistente ovoidale 800x1200 in CA (da cameretta 097091_1244 a cameretta 097091_1079); vasca di accumulo in derivazione da collettore esistente con invaso pari a 625 mc, completa di stazione di sollevamento per lo svuotamento.
VER – 02 mira al miglioramento delle condizioni idrauliche nelle zone in esame, alla mitigazione dei fenomeni di allagamento nelle aree a monte della vasca di accumulo in progetto e alla razionalizzazione delle condotte di recapito verso il depuratore, spesso in pressione.

5.1.3 VER – 03 : Potenziamento della rete in Via A. Moro

L'intervento prevede alcuni procedimenti: potenziamento della rete mista in Via A. Moro con DN 500 in PVC (da cameretta 097091_1217 a cameretta 097091_1119); rimozione tubazione esistente DN 250 in CA; rimozione tubazione esistente DN 350 in CA; aumento diametro in Via A. Moro.

VER – 03 risulta necessario anche dopo la realizzazione di VER – 02, in quanto gli allagamenti che vengono mitigati non sono influenzati in maniera significativa dalle opere realizzate con VER – 02.

5.1.4 VER – 05 : Adeguamento collettore di mista in Via dei Contadini Verderesi e realizzazione vasca di accumulo

L'intervento prevede alcuni procedimenti: potenziamento del collettore di mista in Via dei Contadini Verderesi con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_147 a cameretta 097091_240); rimozione tubazione esistente ovoidale 700x1050 in CA; realizzazione vasca di accumulo in derivazione da collettore esistente con invaso pari a 625 mc, completa di stazione di sollevamento per lo svuotamento.

VER – 05 mira al miglioramento delle condizioni idrauliche nelle zone in esame e alla risoluzione di problematiche legate agli allegamenti che si verificano sulla linea oggetto di intervento.

5.2 INTERVENTI STRUTTURALI NON PREVISTI DA PIANO DI INVESTIMENTO

Analizzando le criticità riscontrate si sono ipotizzati degli interventi strutturali finalizzati a migliorare le condizioni di deflusso della rete di drenaggio per i tempi di ritorno di riferimento del R.R n°7/2017. A seguito delle simulazioni effettuate per tempi di ritorno pari a 50 e 100 anni, sono state riscontrate diverse criticità su tutto il territorio comunale: pertanto si è valutato di apportare ulteriori modifiche alla rete così da favorire il corretto deflusso delle acque reflue e limitare l'allagamento delle aree più a rischio.

L'elenco seguente riporta tutti gli interventi previsti:

1) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_166 a cameretta 097091_164);
2) Via L. da Vinci: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_164 a cameretta 097091_160 e da cameretta 097091_20019 a cameretta 097091_155);
3) Via L. da Vinci: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_155 a cameretta 097091_160);
4) Via L. da Vinci: potenziamento del collettore con DN 1400 in CA (da cameretta 097091_160 a cameretta 097091_45);
5) Via Boccioni: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1042 a cameretta 097091_1038);
6) Via Alessandro Volta: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1037 a cameretta 097091_1038);
7) Via Alessandro Volta: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1038 a cameretta 097091_1035);
8) Via Fausto Coppi: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1034 a cameretta 097091_1066);
9) Via F. T. Marinetti: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1043 a cameretta 097091_1023);
10) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1069 a cameretta 097091_1073);
11) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 1600 in CA (da cameretta 097091_1073 a cameretta 097091_1023);
12) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 1800 in CA (da cameretta 097091_1023 a cameretta 097091_1225);
13) Strada consortile dei Bacilli: potenziamento del collettore con DN 1800 in CA (da cameretta 097091_1079 a cameretta 097091_1021 e da cameretta 097091_1021 a cameretta 097091_1244);

14) Strada consortile dei Grilli: potenziamento del collettore con DN 2000 in CA (da cameretta 097091_1225 a cameretta 097091_1244);
15) Via XXV Aprile: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1258 a cameretta 097091_1166);
16) Via XXV Aprile: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_1174 a cameretta 097091_1166);
17) Via G. Verdi: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1166 a cameretta 097091_1007);
18) Via C. Battisti: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1009 a cameretta 097091_1007);
19) Via G. Matteotti: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_1007 a cameretta 097091_1211);
20) Via Rimembranze: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1006 a cameretta 097091_1210);
21) Via C. Battisti: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1198 a cameretta 097091_1202);
22) Via S. Giorgio: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1179 a cameretta 097091_1202);
23) Via C. Battisti: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1202 a cameretta 097091_1204);
24) Via dei Municipi: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1185 a cameretta 097091_1181);
25) Via IV Novembre: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_2418 a cameretta 097091_1181);
26) Via Tre Re: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1181 a cameretta 097091_1204);
27) Via Roma: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1204 a cameretta 097091_1211);
28) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1211 a cameretta 097091_1217);
29) Via A. Moro: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_1118 a cameretta 097091_1121);
30) Via A. Moro: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1121 a cameretta 097091_1124);
31) Via A. Moro: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1124 a cameretta 097091_1217);

32) Via I Maggio: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1125 a cameretta 097091_1124);
33) Via I Maggio: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1126 a cameretta 097091_1132);
34) Via 2 Giugno: potenziamento del collettore con DN 400 in CA (da cameretta 097091_1134 a cameretta 097091_1132);
35) Via 2 Giugno: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1132 a cameretta 097091_1124);
36) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_1217 a cameretta 097091_1225);
37) Via Piave: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_1211 a cameretta 097091_1225);
38) Via Piave: realizzazione collegamento con DN 1400 in CA (da cameretta 097091_1216 a Vasca3), quindi realizzazione vasca di accumulo con volume d'invaso pari a 9000 mc;
39) Via A. Moro: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_1118 a cameretta 097091_1110);
40) Via Sala: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1110 a cameretta 097091_1113);
41) Via Zamparelli: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_1086 a cameretta 097091_1081);
42) Via Zamparelli: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_1005 a cameretta 097091_1016);
43) Via Zamparelli: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_1091 a cameretta 097091_1016);
44) Via A. De Gasperi: potenziamento del collettore con DN 1600 in CA (da cameretta 097091_146 a cameretta 097091_1113);
45) Strada Vicinale dei Peretti: potenziamento del collettore con DN 1400 in CA (da cameretta 097091_145 a cameretta 097091_146);
46) Via dei Prati: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_144 a cameretta 097091_1715);
47) Via dei Municipi: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_62 a cameretta 097091_145);
48) Via Battaglione Alpini Morbegno: potenziamento del collettore con DN 400 in CA (da cameretta 097091_86 a cameretta 097091_80);
49) Via Papa Giovanni XXIII: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_80 a cameretta 097091_138);

50) Via per Cornate: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_1920 a cameretta 097091_262);
51) Via Brugarola: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_262 a cameretta 097091_3);
52) Via per Cornate: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_107 a cameretta 097091_262);
53) Via Grigna: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_2205 a cameretta 097091_2148);
54) Via Grigna: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_9 a cameretta 097091_129);
55) Via Grigna: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_122 a cameretta 097091_127);
56) Via Spluga: potenziamento del collettore con DN 400 in CA (da cameretta 097091_92 a cameretta 097091_102);
57) Via per Cornate: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_262 a cameretta 097091_68);
58) Via per Cornate: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_68 a cameretta 097091_67);
59) Via S. Floriano: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_2331 a cameretta 097091_254);
60) Via Antonio Gramsci: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_250 a cameretta 097091_254);
61) Via S. Floriano: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_254 a cameretta 097091_1921);
62) Via Cesare Cantù: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_2378 a cameretta 097091_1923);
63) Via per Cornate: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_2273 a cameretta 097091_67);
64) Via Principale: potenziamento del collettore con DN 1000 in CA (da cameretta 097091_67 a cameretta 097091_62);
65) Via Campestre: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_170 a cameretta 097091_169);
66) Via Fontanile: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_167 a cameretta 097091_62);
67) Via dei Municipi: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_62 a cameretta 097091_145);

68) Via Sant'Ambrogio: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_62 a cameretta 097091_151);
69) Via Sant'Ambrogio: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_200010 a cameretta 097091_200020);
70) Via dei Contadini Verderesi: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_240 a cameretta 097091_151);
71) Via Monsignore Benvenuto Sala: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_2248 a cameretta 097091_1493);
72) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 400 in CA (da cameretta 097091_225 a cameretta 097091_1463);
73) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 400 in CA (da cameretta 097091_2235 a cameretta 097091_1463);
74) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_1463 a cameretta 097091_230);
75) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_230 a cameretta 097091_1465);
76) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_91 a cameretta 097091_1465);
77) Via Monsignore Benvenuto Sala: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_232 a cameretta 097091_230);
78) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1465 a cameretta 097091_210);
79) Via Famiglia Milla: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_204 a cameretta 097091_198);
80) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_12 a cameretta 097091_210);
81) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_2301 a cameretta 097091_1508);
82) Via dei Maggioli: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_2299 a cameretta 097091_214);
83) Via S. Rocco: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_20024 a cameretta 097091_212);
84) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_208 a cameretta 097091_210);
85) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_208 a cameretta 097091_1507);

86) Via dei Prati: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_151 a cameretta 097091_147);
87) Via Caduti della Libertà: potenziamento del collettore con DN 1200 in CA (da cameretta 097091_210 a cameretta 097091_1103);
88) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 300 in CA (da cameretta 097091_38 a cameretta 097091_179);
89) Via Sernovella: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_179 a cameretta 097091_195);
90) Via Giacomo Leopardi: potenziamento del collettore con DN 600 in CA (da cameretta 097091_180 a cameretta 097091_193);
91) Via Pascoli: potenziamento del collettore con DN 800 in CA (da cameretta 097091_2304 a cameretta 097091_1509);
92) Via Giosuè Carducci: potenziamento del collettore con DN 500 in CA (da cameretta 097091_20034 a cameretta 097091_191);
93) Strada Vicinale delle Gere: potenziamento del collettore con DN 300 in CA (da cameretta 097091_1102 a cameretta 097091_1103);
94) Via Sala: potenziamento del collettore con DN 1800 in CA (da cameretta 097091_1113 a cameretta 097091_1103);
95) Via 2 Giugno: potenziamento del collettore con DN 700 in CA (da cameretta 097091_1135 a cameretta 097091_1019);
96) Via Caduti della Libertà: potenziamento del collettore con DN 1800 in CA (da cameretta 097091_1103 a cameretta 097091_1225);

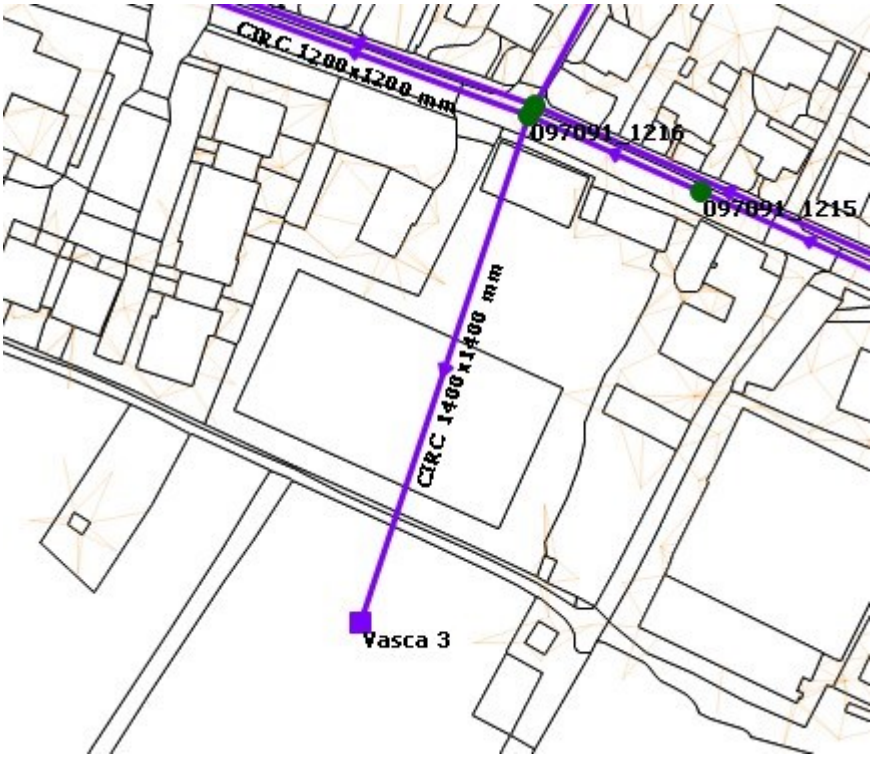


Figura 42 - Intervento n.38, realizzazione vasca di accumulo

Per quanto riguarda la vasca prevista con l'intervento di piano fognario VER-01, si è valutato un intervento di raddoppio (7.000 m^3) per assorbire il carico idraulico derivante dall'assetto di progetto della rete con Tr=100 anni.

Nelle figure sottostanti sono riportate le mappe rappresentanti la percentuale di riempimento delle condotte e i volumi esondati dai nodi per i tempi di ritorno considerati di 10, 50 e 100 anni.

Come si può vedere dalle figure stesse, a differenza della situazione già vista per lo stato di fatto, con l'aumentare delle dimensioni del sistema di tubazioni nel territorio comunale il problema degli allagamenti per pioggia con tempo di ritorno di 10, 50 e 100 anni è stato quasi completamente risolto.

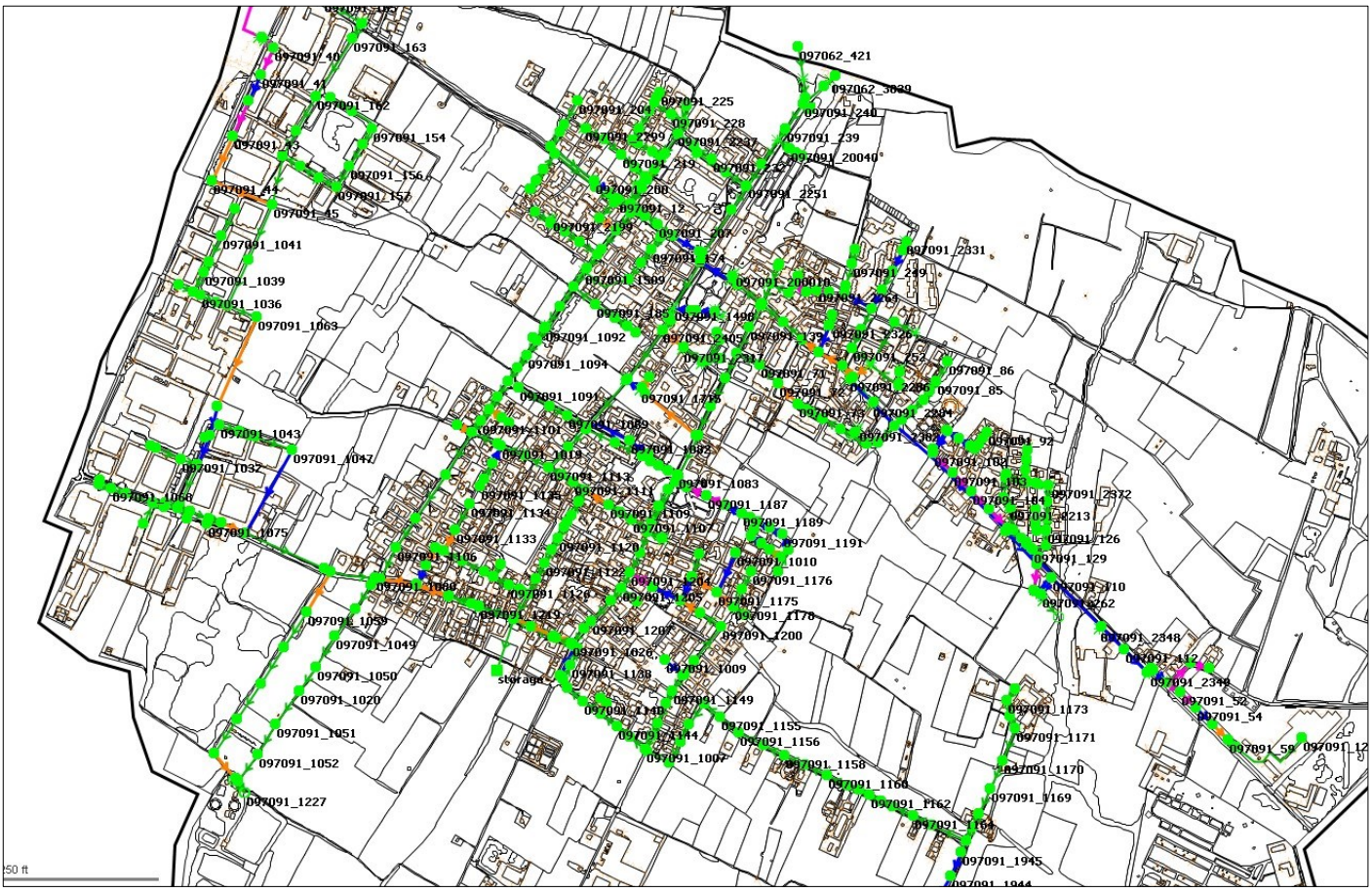


Figura 43 - Stato di progetto, TR 10 anni

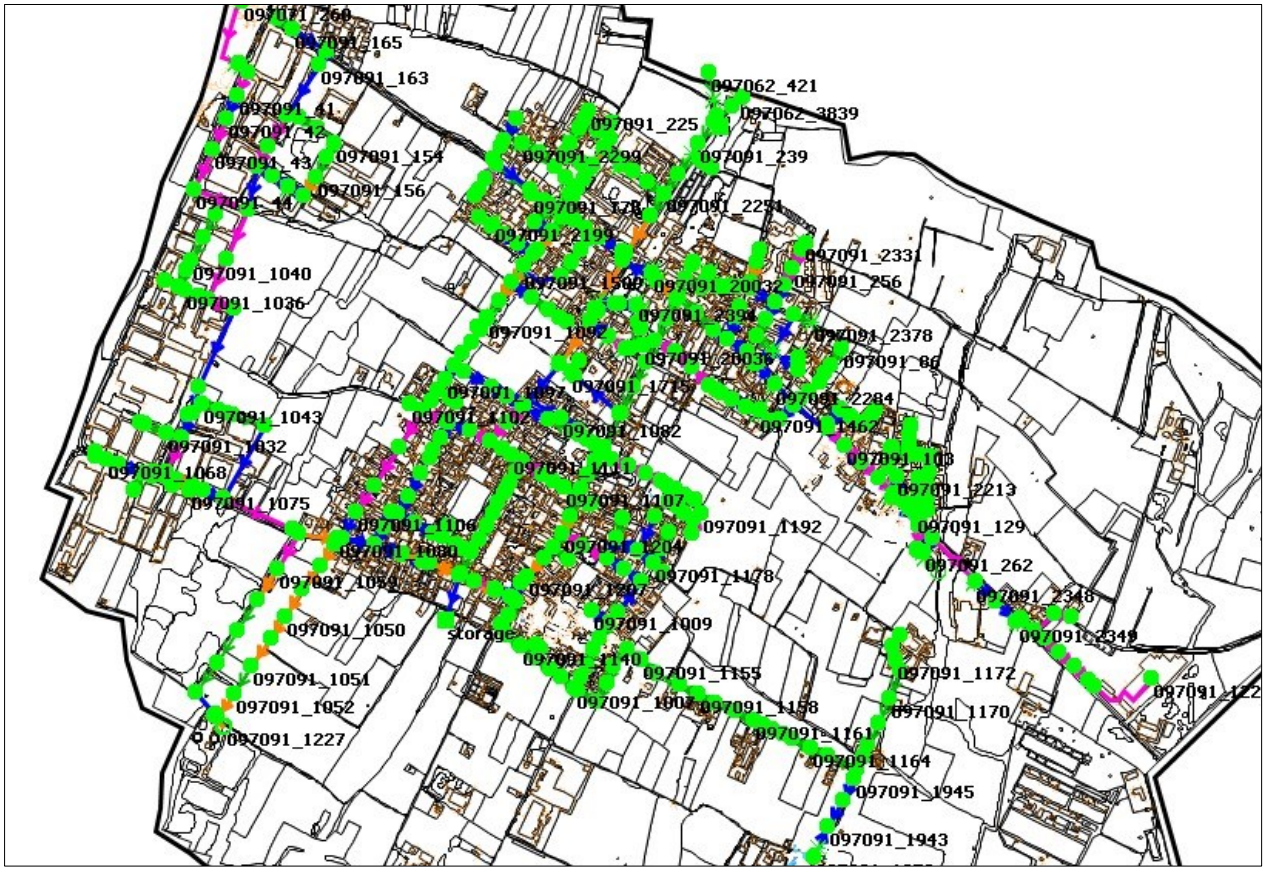


Figura 44 - Stato di progetto, TR 50 anni

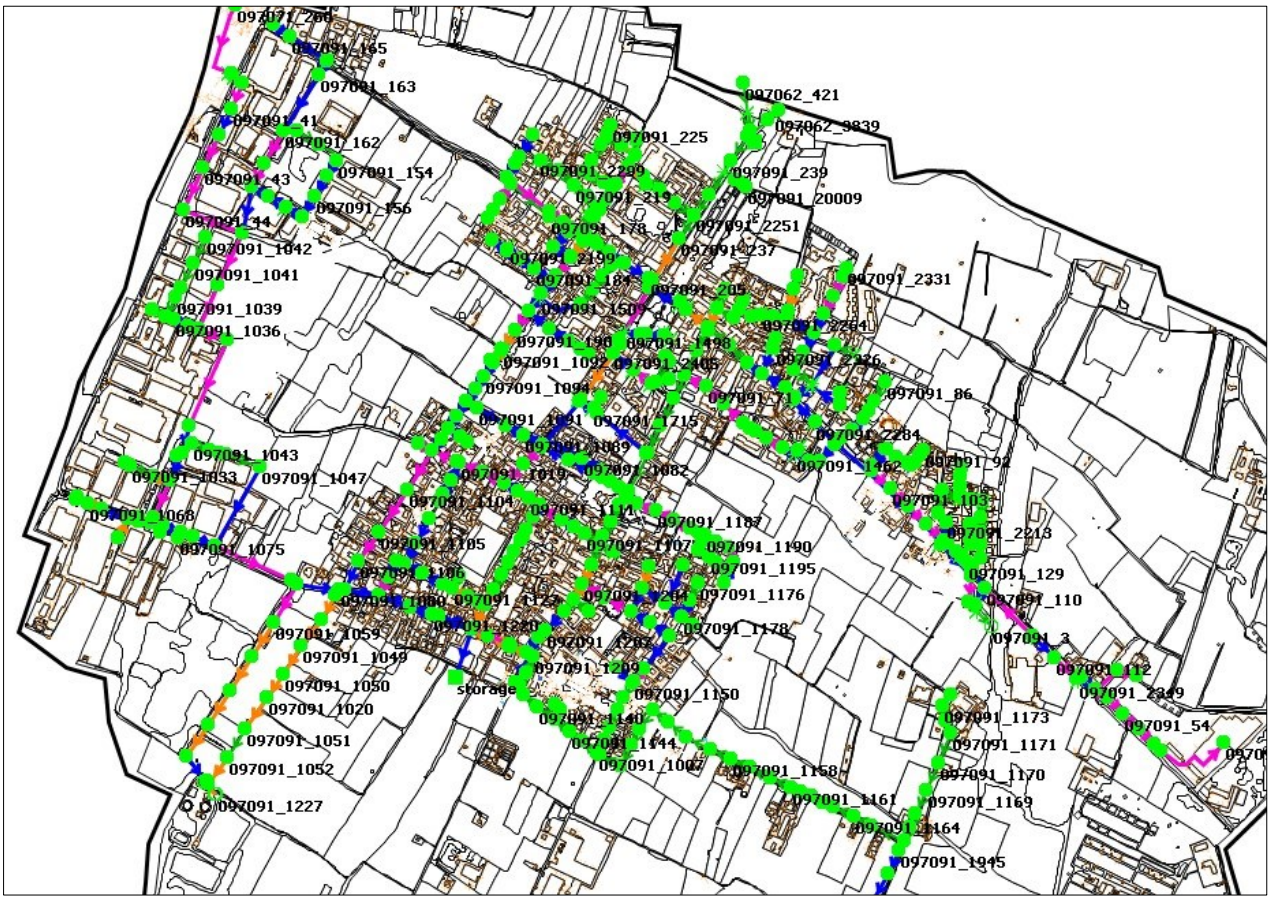


Figura 45 - Stato di progetto, TR 100 anni

5.3 CONFRONTO TRA STATO DI FATTO E STATO DI PROGETTO PER TEMPO DI RITORNO PARI A 100 ANNI

Di seguito sono state proposte una serie di immagini a conferma di come, andando a potenziare la rete comunale di Verderio, sia possibile ridurre al minimo gli allagamenti causati dal rigurgito delle condotte a seguito del loro intasamento prendendo in considerazione la situazione più gravosa (TR 100 anni).

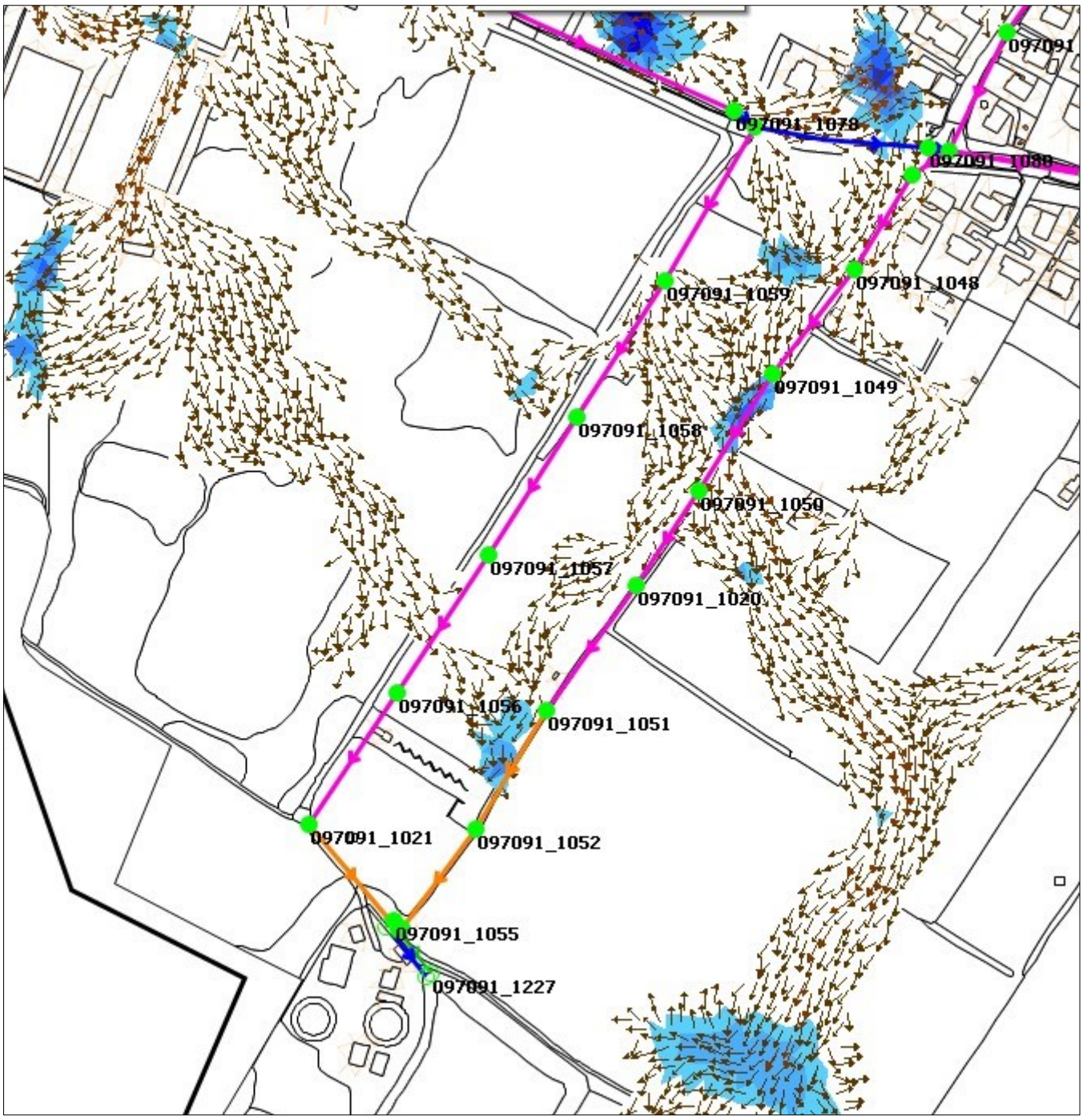


Figura 46 - Stato di fatto, TR 100 anni, Zona Depuratore

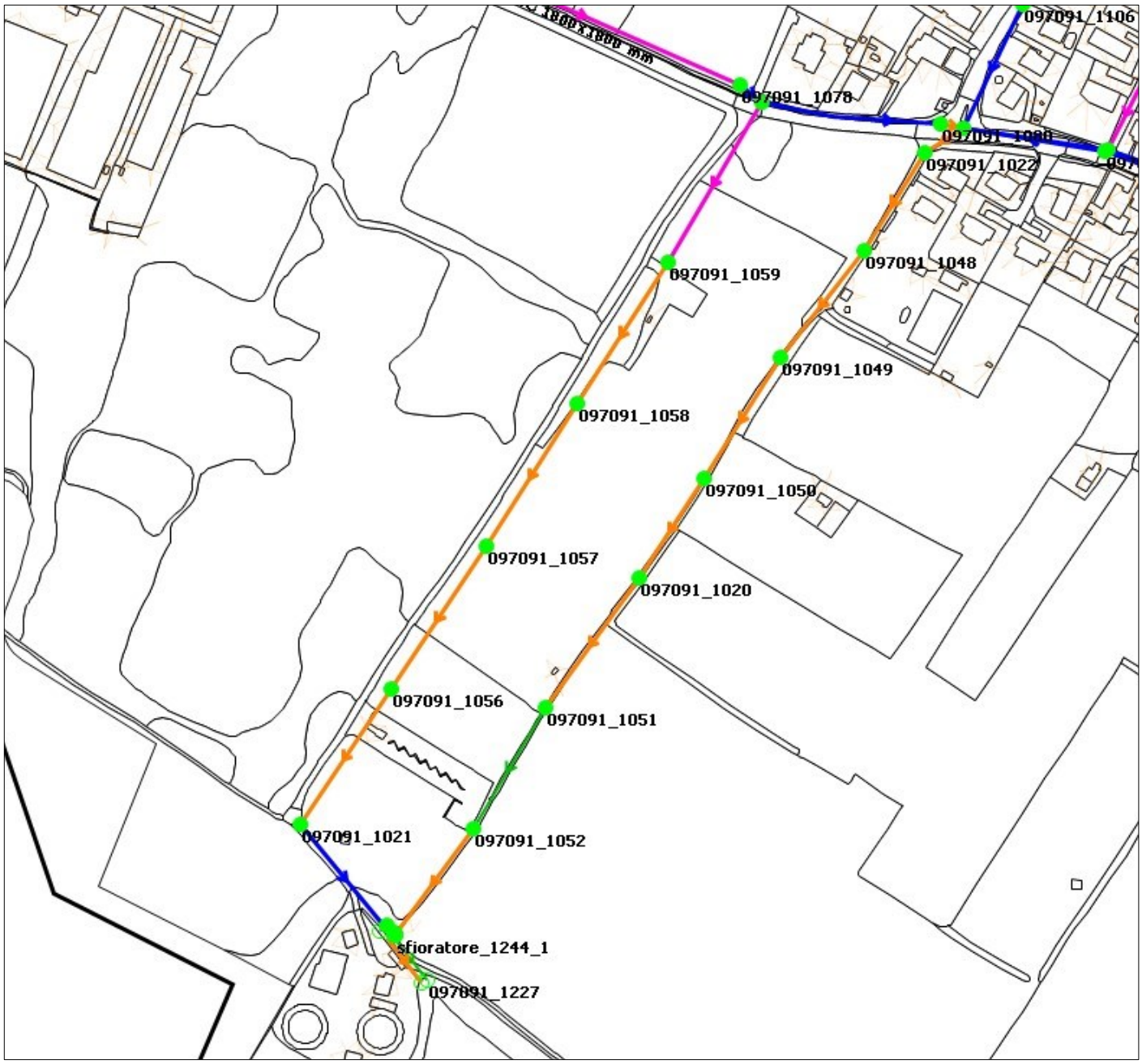


Figura 47 - Stato di progetto, TR 100 anni, Zona Depuratore

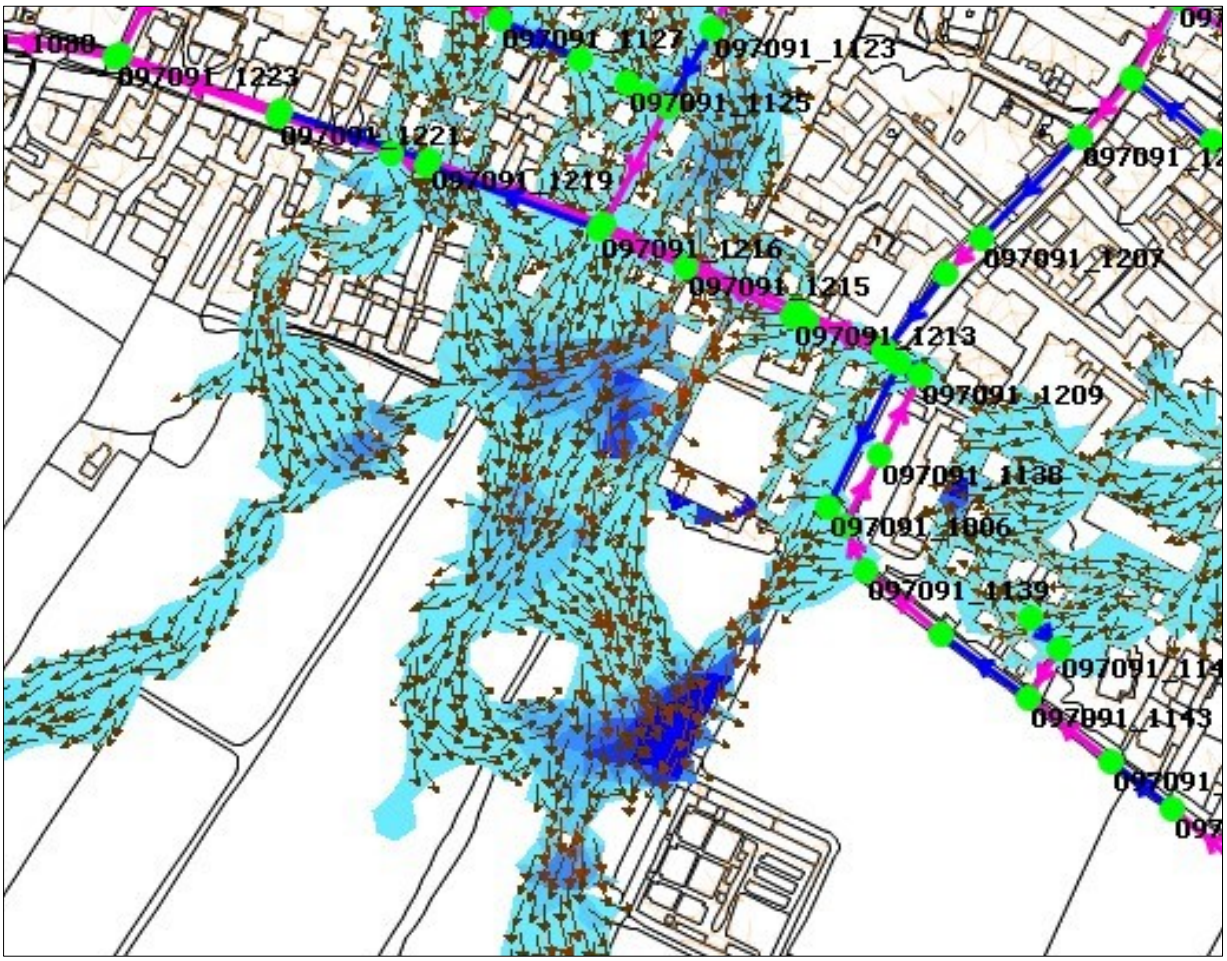


Figura 48 - Stato di Fatto, TR 100 anni, Via Piave

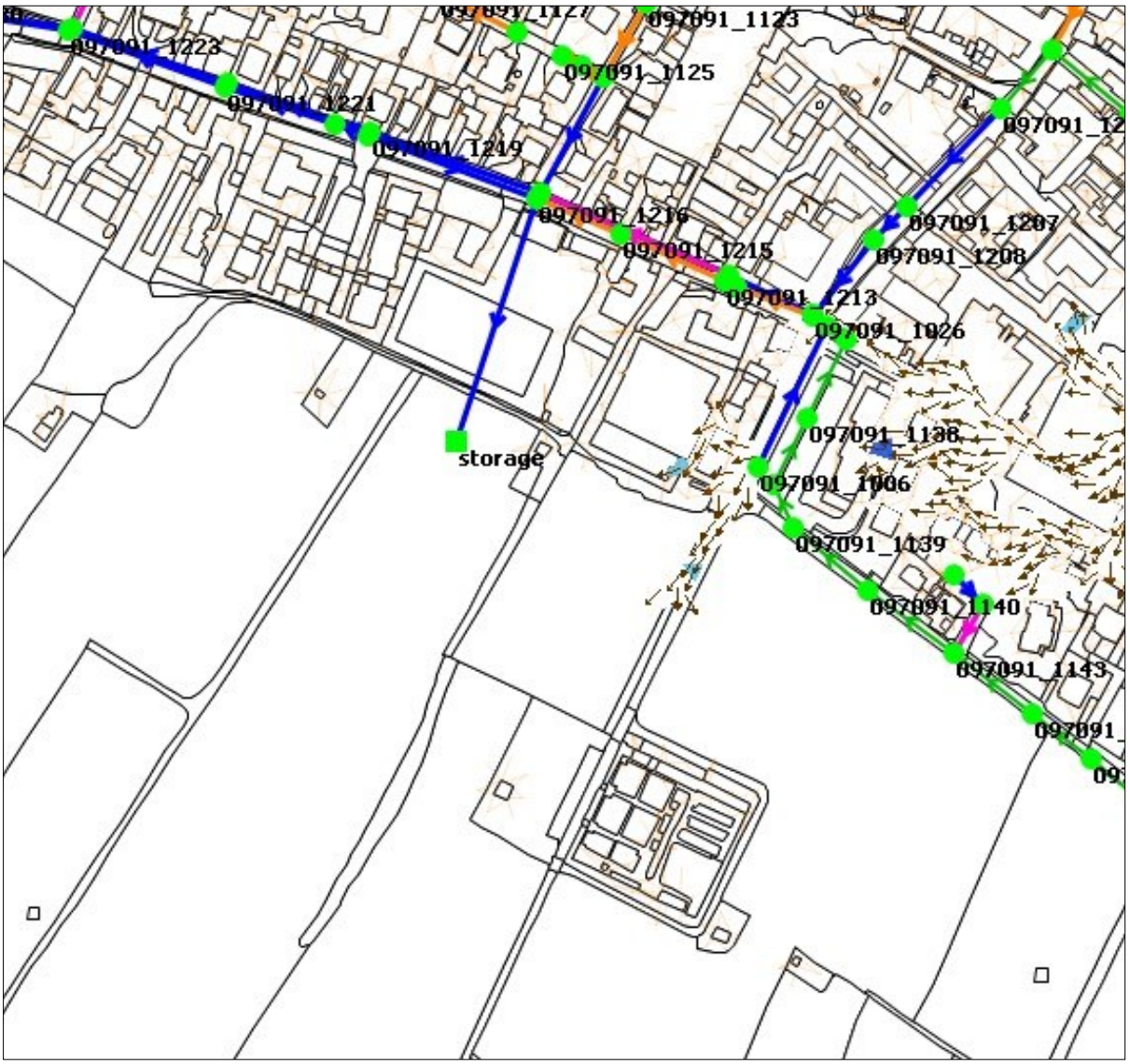


Figura 49 - Stato di Progetto, TR 100 anni, Via Piave

Figura 50 - Stato di Fatto, TR 100 anni, Zona Industriale

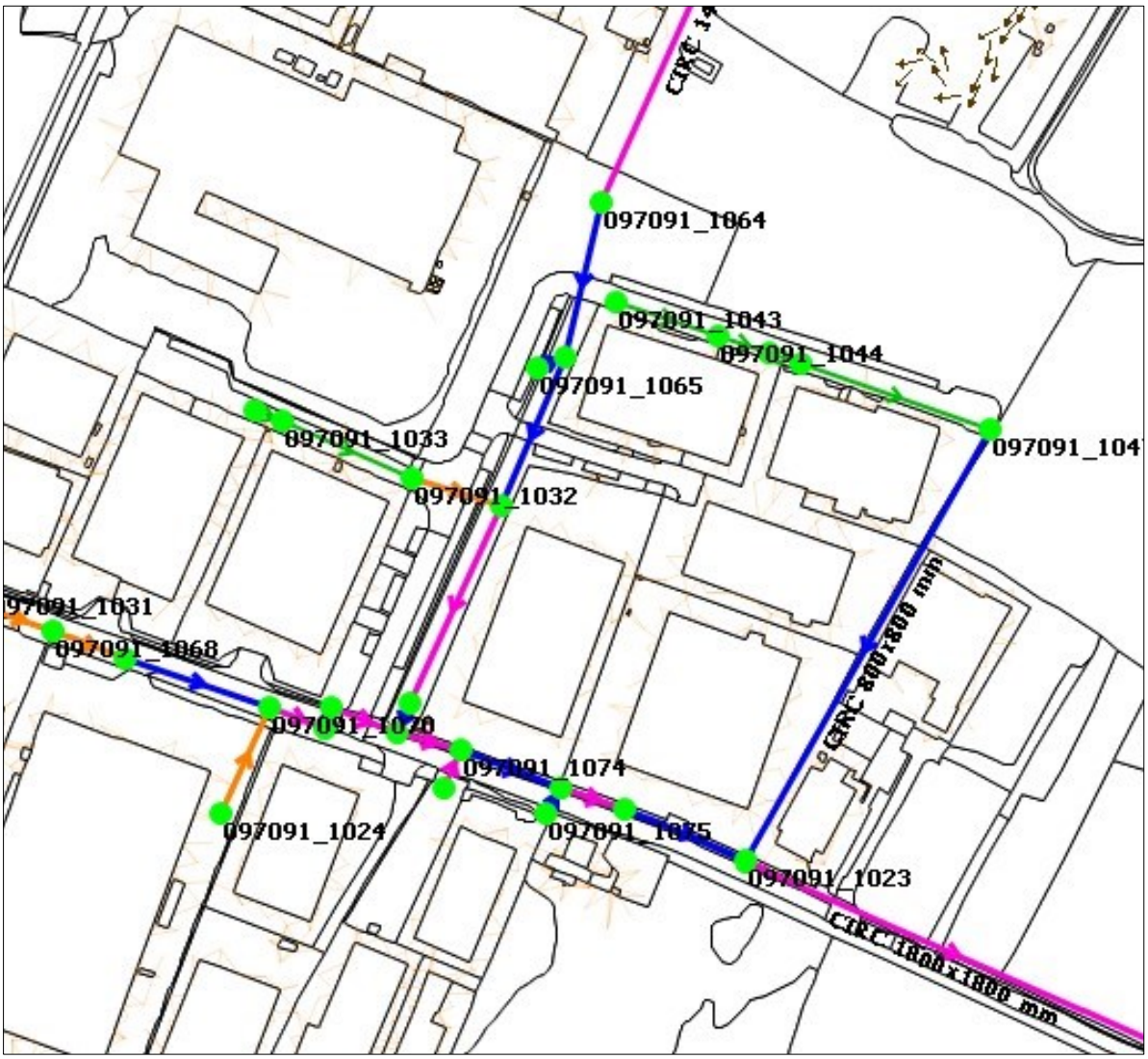


Figura 51 - Stato di Progetto, TR 100 anni, Zona Industriale

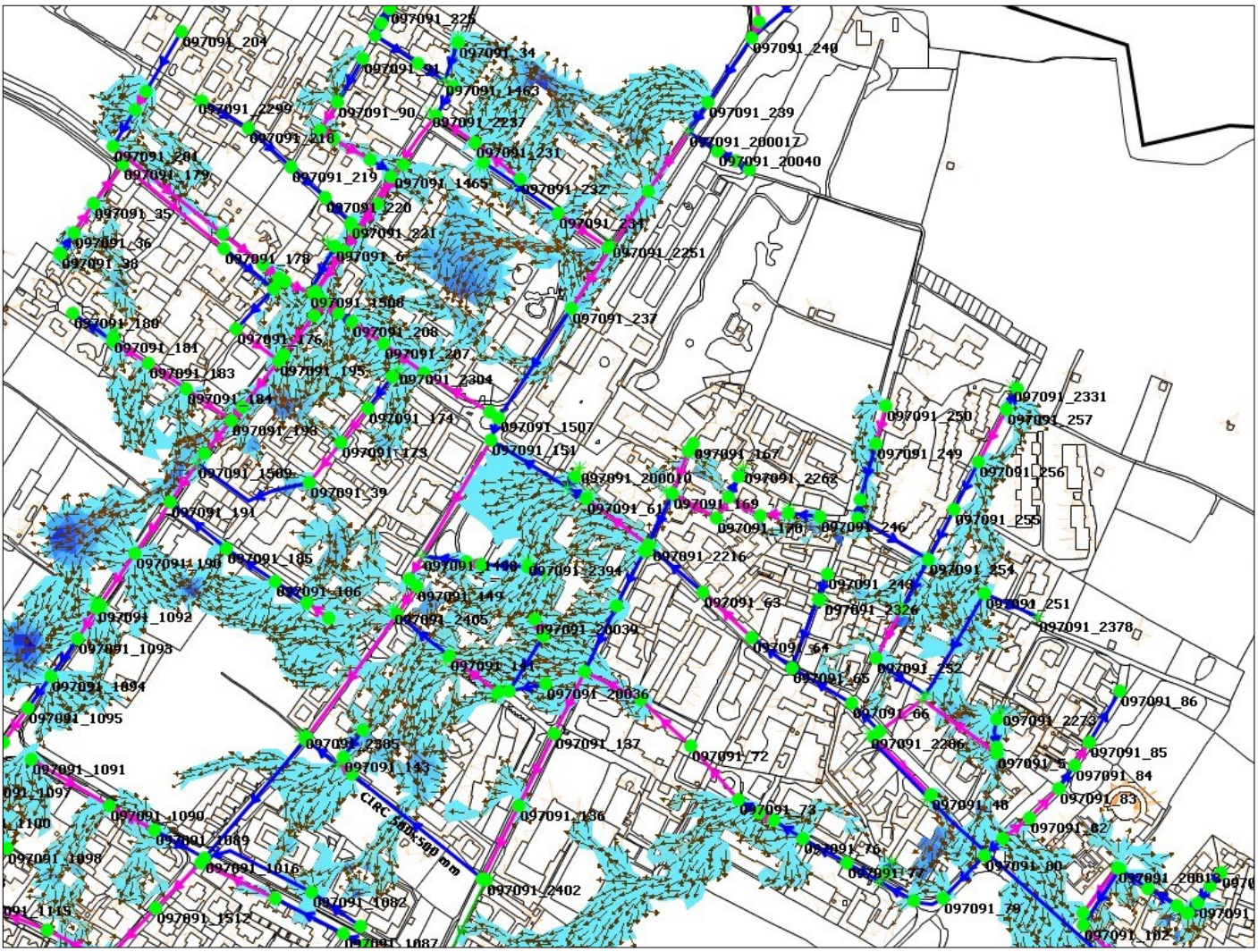


Figura 52 - Stato di Fatto, TR 100 anni, Verderio Superiore

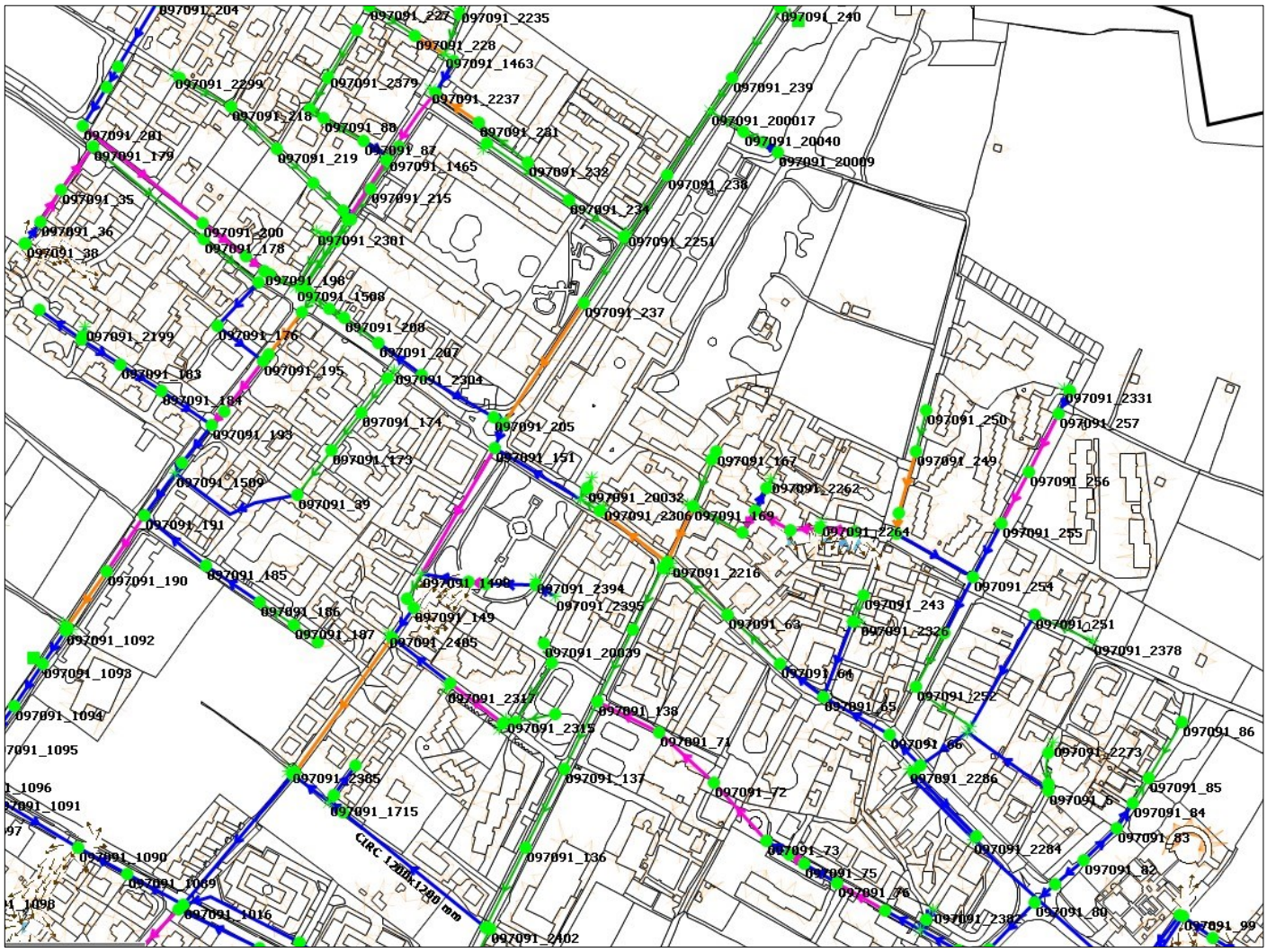


Figura 53 - Stato di Progetto, TR 100 anni, Verderio Superiore

6 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.

6.1 PRINCIPALI TIPOLOGIE DI INTERVENTI NON STRUTTURALI

6.1.1 Ispezione, monitoraggio e gestione dei manufatti

Corsi d'acqua, canali e rete fognaria presentano solitamente manufatti particolari, quali ad esempio partitori, sfioratori, sifoni, tratti tombinati con relative opere di imbocco. Tali punti singolari richiedono una particolare cura e attenzione poiché possono essere soggetti più facilmente a malfunzionamenti e quindi anche ad allagamenti.

Tra le misure non strutturali riveste pertanto particolare importanza l'attività di monitoraggio e controllo dei manufatti particolari situati sulla rete fognaria o sul reticolo idrico, che può essere svolta attraverso ispezioni visive realizzate con personale o tramite apparecchiature. Le risultanze possono poi portare all'installazione di apparecchiature di monitoraggio in telemisura e tramite i dati acquisiti si rende possibile l'individuazione dei più opportuni interventi di manutenzione e della migliore logica di gestione.

6.1.2 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 weekend 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 alluvione.

*Figura 54 - SEQ Figura * ARABIC 26 - Pieghevole della campagna nazionale “Io non rischio – buone pratiche di protezione civile: alluvione” http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/*

Figura 27 - SEQ Figura * ARABIC 26 - Pieghevole della campagna nazionale “Io non rischio – buone pratiche di protezione civile: alluvione” http://iononrischio.protezionecivile.it/alluvione/materiali-informativi/

6.1.3 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). 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.

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 geo database 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.

6.1.4 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 alluvioni 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.

6.1.5 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.

6.1.6 Indicazioni e prescrizioni da inserire nel PGT o nel Regolamento Edilizio

Il Regolamento Edilizio già prevede (agli art. 67, 68 e 117) una serie di prescrizioni ed interventi nel caso di nuove edificazioni per il riutilizzo delle acque meteoriche ed il contenimento dei consumi di acque potabili. Si prescrive infatti il recupero delle acque piovane per l'irrigazione delle aree a verde pertinenziali, da conservare in apposite cisterne della dimensione minima di 1 m^3 ogni 30 m^2 di superficie lorda a verde pertinenziale, per la pulizia delle aree esterne e dei cortili e per il riutilizzo negli impianti tecnologici per i quali ne è ammesso l'uso. Non vi è tuttavia un vero e proprio divieto di scarico in fognatura delle acque meteoriche. In attuazione al RR 7/2017 tale previsione occorre sia rafforzata e declinata regolamentando la gestione delle acque meteoriche indirizzandola verso soluzioni di drenaggio urbano sostenibile, volte a limitare il più possibile la raccolta e la circolazione in rete delle acque meteoriche e prediligendo, invece, il trattamento e lo smaltimento in loco.

Le previsioni regolamentari possono puntare sui seguenti aspetti:

- promozione e incentivazione dell'adozione delle misure di invarianza idrologica ed idraulica anche all'edificato esistente o a casistiche non attualmente previste dal RR 7/2017, prevedendo eventualmente anche limiti di adozione volontaria meno restrittivi;
- inserimento negli interventi urbanistici soggetti a convenzione pubblica di ulteriori volumi da destinare alla laminazione delle acque, con lo scopo di ridurre fabbisogni o criticità insistenti su aree limitrofe;
- prescrizioni o incentivazione dell'adozione di pavimentazioni semipermeabili per ampie casistiche, con accumulo delle acque ed eventuale infiltrazione in funzione del territorio, dell'utilizzo e delle condizioni idrogeologiche;
- adozione di accorgimenti costruttivi di "flood proofing" in funzione delle criticità idrauliche individuate, al fine di rendere più resilienti gli edifici esistenti o le nuove edificazioni al rischio allagamenti, tramite la progettazione specifica, ad esempio, dei seguenti elementi: quote delle soglie di ingresso, posizione ed orientamento degli accessi, conformazione delle aree a verde prediligendo depressioni con accumulo;
- adozione di elementi di drenaggio urbano sostenibile nella progettazione delle strade, dei parcheggi e dell'arredo urbano, quali trincee, fossi e bacini di bioritenzione e infiltrazione.

6.1.7 Difese temporanee

Oltre alle difese permanente, 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 antireflusso;
- sistemi di pompaggio.

Le barriere temporanee sono dei 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 alcuni modelli in commercio delle varie tipologie.

Figura 55 - Barriera temporanea antiesondazione in sacchi di sabbia

Figura 56 - Barriera temporanea in sacchi riempiti con materiale sintetico assorbente

Figura 57 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad aria

Figura 58 - Barriera temporanea antiesondazione riempita ad acqua

6.1.8 Segnaletica e pannelli a messaggio variabile

Tra le situazioni più critiche che possono verificarsi durante un'alluvione rientrano gli allagamenti dei sottopassi di attraversamento, che troppo spesso divengono trappole in grado di catturare gli automobilisti e immobilizzare i veicoli mentre salgono velocemente i livelli idrici.

Una efficace misura non strutturale per la gestione di questi punti critici è data dall'installazione di semafori collegati a sensori, o anche attivabili da remoto, che possono quindi divenire rossi ed impedire l'accesso alle aree di maggiore criticità prima dell'instaurarsi di livelli idrici pericolosi. Un ulteriore strumento di informazione può essere rappresentato da pannelli a messaggio variabile, installabili in vari punti del comune, per avvisare i cittadini dei fenomeni in atto o previsti e dare eventuali istruzioni ed informazioni, quali ad esempio chiusure stradali e percorsi alternativi.

Figura 59 - Segnaletica e pannelli a messaggio variabile

6.2 MISURE NON STRUTTURALI INDIVIDUATE

Di seguito sono descritti gli interventi non strutturali proposti per il comune di Verderio. Nei primi due paragrafi sono riportate le misure non strutturali di invarianza in riferimento all'art. 8 c. 5 del RR 7/2017 e agli ambiti di trasformazione e piani attuativi.

6.2.1 Stima dei volumi di laminazione per il rispetto delle portate ai limiti previsti dall'art. 8 comma 5 del RR 7/2017

La scarsa capacità ricettiva dei corpi idrici superficiali invita alla realizzazione di interventi di laminazione delle acque meteoriche raccolte, secondo le previsioni di legge, come già indicato dal gestore negli interventi a piano di investimento.

L'art. 8 del Regolamento regionale 7/2017: «Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori», comma 5 prevede:

«Al fine di contribuire alla riduzione quantitativa dei deflussi di cui all'articolo 1, comma 1, le portate degli scarichi nel ricettore, provenienti da sfioratori di piena delle reti fognarie unitarie o da reti pubbliche di raccolta delle acque meteoriche di dilavamento, relativamente alle superfici scolanti, ricadenti nelle aree A e B di cui all'articolo 7, già edificate o urbanizzate e già dotate di reti fognarie, sono limitate mediante l'adozione di interventi atti a contenerne l'entità entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro il valore massimo ammissibile di **40 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile** […]»

Per una prima valutazione di massima dei volumi di laminazione che occorrerebbero su tutto il territorio comunale è stato utilizzato il software InfoWorks, che mette a confronto il volume di pioggia netta caduto sul bacino ed il massimo volume smaltibile nel rispetto dei parametri sopra citati. In questo modo viene individuato il massimo volume di accumulo necessario per un evento con un dato tempo di ritorno.

Per calcolare il volume di laminazione da posizionare in ogni punto di scarico, vengono introdotti nel modello alcuni oggetti idraulici con i quali si assimila la presenza di ogni vasca di contenimento e un regolatore di portata che consenta lo scarico in corpo idrico fino a 40 l/s per ettaro impermeabile. A valle della soglia viene collocato un orifizio con limitazione di portata, ed un tronco che dirama a monte dell'orifizio e attraverso il quale si può valutare il volume transitato in piena e quindi l'entità approssimata del volume della vasca.

Nel caso in esame è stato inserito un unico orifizio a servizio dello sfioratore 261:

Definizione Orifizio			
Livello Scorrim. (m AD)	245.500		
Coefficiente di Deflusso	1.00		#D
Coefficiente di Deflusso	1.00		#D
Diametro (m)	1000.000		
Portata Limite (m3/s)	0.142		
Opening type	Side		

Figura 60 - Orifizio utilizzato nella rete

Come si evince dall'immagine di cui sopra, occorre definire il diametro del tubo, che sarà lo stesso di quello che è collegato e il livello di scorrimento che sarà lo stesso del tubo di scarico in quel punto.

Per definire la portata limite, calcoliamo prima i bacini totali di tutte le tubazioni che sono collegate a questo punto di scarico e poi moltiplichiamo questo per il coefficiente di "Subcatchment Impervious" per calcolare l'area impermeabile A_{imp}. Dopodiché questo A_{imp} sarà moltiplicato per il valore specifico massimo ammissibile (40 l/sha) e ci darà il valore della portata limite.

Dopo aver definito l'orifizio per il punto di scarico, sono state eseguite le simulazioni dalla durata di 1 ora di precipitazioni con tempo di ritorno pari a 10, 50 e 100 anni per calcolare il volume della laminazione per ogni precipitazione restando sottointeso che il valore di riferimento richiesto da regolamento non specifica in modo univoco il valore di tempo di ritorno.

Nella tabella seguente si possono vedere i risultati:

Tabella 15 – Volumi teorici di laminazione afferenti ai punti di scarico per il raggiungimento degli obiettivi del regolamento

Nr	Sfioro	Scarico	Bacino		Subcatch. Runoff sur. Imperv.	Φ	Portata limite	Volume di laminazione (m3)		
Codice ID Gis			km2	ha	%	ha	m3/s	TR 10	TR50	TR100
1	261	097091_3	0.0936	9.36	38	3.56	0.142272	366.76	689.392	802.368

Figura 61 - Volume teorico di laminazione afferente al punto di scarico per il raggiungimento degli obiettivi del regolamento

Gli interventi di laminazione possono essere attuati attraverso la realizzazione di vasche di accumulo, interrate e non, sistemi in linea quali ad esempio “supertubi” (tubazioni sopradimensionate in cui la funzionalità di accumulo sia preponderante rispetto a quella di collettamento), o sfruttando dove possibile la stessa capacità residua di invaso della rete.

Inoltre, possono essere ricavati volumi di laminazione anche in modo diffuso, individuando aree sulle quali può essere consentito un certo livello di allagamento in determinate condizioni.

Infine, si può intervenire riducendo l’area scolante impermeabile attraverso misure di de-impermeabilizzazione o riducendo le portate immesse nella rete di drenaggio.

In funzione anche delle nuove aree di trasformazione è ipotizzabile il ricorso a pavimentazioni permeabili, da impiegare come volume di accumulo qualora non fosse possibile l’infiltrazione, previo inserimento di opportuni presidi per la qualità delle acque.

Si fa presente, inoltre, che la stima di questi volumi di laminazione è da intendersi come misura non strutturale nell’ambito del presente documento.

Durante la riunione tenutasi con i tecnici comunali, sono state segnalate alcune zone che potrebbero essere dedicate alla realizzazione di opere di invarianza, come ad esempio interventi per il rispetto dei limiti allo scarico definiti dall’art. 8 comma 5 del RR 7/2017. Il dimensionamento definitivo ed anche la definizione delle priorità di realizzazione potranno essere effettuati solo a seguito di modellazione idraulica della rete e a fronte del Programma di riassetto delle fognature e degli sfioratori indicato dall’art. 10 e 14 del RR 6/2019, anche valutando eventuali misure o interventi alternativi.

6.2.2 Misure di invarianza idraulica per gli ambiti di trasformazione ed i piani attuativi

Nell’immagine seguente è riportato uno stralcio della cartografia fornita dal Comune di Verderio in cui sono rappresentati gli ambiti di trasformazione presenti nel PGT in corso di pubblicazione e soggetti a possibili variazioni.

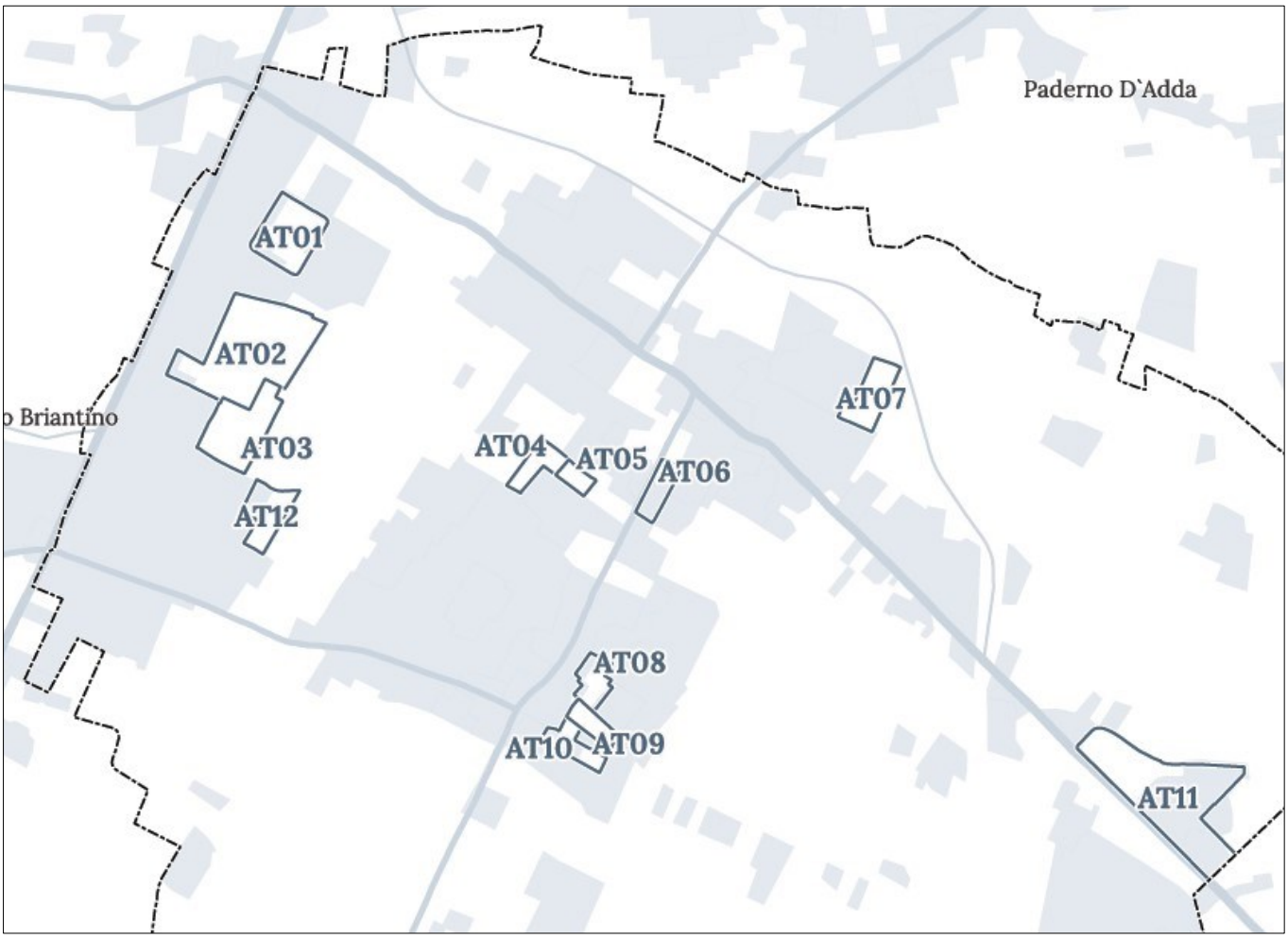


Figura 62 - Piani attuativi (PGT Comune di Verderio)

La valutazione della superficie impermeabile e quindi del volume di laminazione necessario per i piani attuativi può essere in prima battuta, in modo semplificato, condotta prendendo a riferimento i limiti indicati all'art. 12 del Regolamento Regionale 7/2017 e dell'aggiornamento RR 8/2019, che prevede per le aree ad alta criticità idraulica il soddisfacimento del requisito minimo rappresentato da 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile moltiplicato per il coefficiente P. Tale valore è da adottarsi quale volume minimo anche nel caso in cui le metodologie di calcolo adottate, nel rispetto di quanto indicato dallo stesso regolamento, forniscano valori inferiori. Il comune di Verderio è situato in ambito A (alta criticità idraulica), inoltre l'art. 7 indica che indipendentemente dall'ubicazione territoriale, sono assoggettati ai limiti allo scarico individuati nel medesimo articolo validi per l'ambito A anche le aree inserite nei PGT comunali come piani attuativi previsti nel piano delle regole (o come ambiti di trasformazione). Per il comune di Verderio il coefficiente P è pari ad 1.

La stima dei volumi di laminazione in prima battuta è stata condotta sulla base delle superfici totali degli ambiti di trasformazione (St) e della percentuale delle suddette destinata a verde (V); tali valori sono stati forniti dai tecnici comunali. Per il calcolo della superficie impermeabile scolante equivalente (S_{eq}), secondo l' Art.11, comma 2, lettera d), si è fatto riferimento ai seguenti valori dei coefficienti di deflusso:

- pari a 1.00 per tutte le sottoaree (S_{imp}) interessate da tetti, coperture, tetti verdi e giardini pensili sovrapposti a solette comunque costituite e pavimentazioni continue quali strade, vialetti e parcheggi;
- pari a 0.30 = per le sottoaree (S_v) permeabili di qualsiasi tipo.

Il calcolo della superficie impermeabile scolante equivalente (S_{eq}), ovvero la superficie indicativa da valutare, è quindi espresso come:

$S_{eq} = S_{imp}\ [ha]*1.00 + S_v\ [ha]\times 0.30$

da cui un volume di laminazione minimo pari a:

$V_{lam} = 800\ [mc/ha_{IMP}] \times P \times S_{eq}\ [ha_{IMP}].$

dove il coefficiente P è pari a 1 per il comune di Verderio.

Nella seguente tabella sono indicati i volumi minimi di laminazione per ogni intervento contenuto all'interno del Documento di Piano. Si ricorda che, il calcolo esatto del volume di laminazione, caso per caso, dovrà essere sviluppato all'interno del progetto delle singole opere di invarianza, previsto dall'art. 10 del RR 7/2017 e successivo aggiornamento del RR 8/2019.

Tabella 16 - stima dei volumi di laminazione per gli interventi contenuti nel Documento di Piano

Definizione ambito	Localizzazione	Superficie territoriale (ST)	Indice di copertura (IC)	Superficie impermeabile (SI)	Volume specifico ex R.R. n°7/2017	Volume di laminazione
		[m^2]	[%]	[m^2]	[m^3/m^2]	[m^3]
AT 01	via Leonardo da Vinci	21 220	65%	13 793	0.08	1 103.44
AT 02	via Volta/Boccioni	56 200	65%	36 530	0.08	2 922.40
AT 03	via Volta/Marinetti	23 750	65%	15 438	0.08	1 235.00
AT 04	via Zamparelli/De Gasperi	7 840	65%	5 096	0.08	407.68
AT 05	via De Gasperi	3 970	65%	2 581	0.08	206.44
AT 06	via dei Municipi	7 500	65%	4 875	0.08	390.00
AT 07	via San Fiorano	12 760	65%	8 294	0.08	663.52
AT 08	via Roma/Battisti	8 170	65%	5 311	0.08	424.84
AT 09	via Verdi/Battisti	6 200	65%	4 030	0.08	322.40
AT 10	via Roma/Battisti	8 040	65%	5 226	0.08	418.08
AT 11	via per Cornate	58 400	65%	37 960	0.08	3 036.80
AT 12	via Marinetti	13 120	65%	8 528	0.08	682.24
	TOTALI	**227 170**		**147 661**		**11 812.84**

Ovviamente i valori effettivi dipendono dalla configurazione progettuale di ciascun piano attuativo, che può svilupparsi anche in modo differente dalle ipotesi qui formulate, sia per scelte distributive, che volumetriche o dei materiali adottati.

Si fa presente, inoltre, che il calcolo di questi volumi di laminazione è da intendersi come misura non strutturale nell'ambito del presente documento.

7 INDICAZIONI RELATIVE ALLA POSSIBILITA' DI IMPIEGO DELLA DISPERSIONE IN SUOLO DELLE ACQUE METEORICHE

Secondo quanto evidenziato nella componente geologica ed idrogeologica del nuovo PGT, la pratica della dispersione degli apporti meteorici negli strati superficiali del sottosuolo, comunque da incoraggiare come prima strategia a supporto della teoria dell'invarianza idraulica, non trova pratica applicazione sul territorio di Verderio. Si registra infatti che la qualità degli orizzonti di primo strato, al di sotto degli strati colturali attivi e del cosiddetto "cappellaccio" (terreno misto con caratteristiche eterogenee) vi sia presenza di terreni con mediocri caratteristiche di conducibilità idraulica (coefficienti del quarto-quinto) e conseguente calo della resa di infiltrazione nel medio-lungo termine. Le zone comunque più idonee alla dispersione sono quelle occidentali dell'abitato, in parte già urbanizzate e dove ricadono alcuni degli ambiti di trasformazione contemplati nel PGT (AT01, AT02, AT03 e AT12). In questi comparti potrebbe valutarsi l'uso di trincee drenanti o pozzi di infiltrazione solo a valle di approfonditi studi di conducibilità supportati da prove infiltrometriche (Le Franc), comunque a fronte di limitate necessità e quindi con previsione di adeguate opere di laminazione prima dell'immissione in suolo. Nelle altre zone la conducibilità risulta comunque bassa e come tale non incoraggia la pratica della dispersione per grandi superfici.

8 IL RIO VALLONE

8.1 Premessa

Il Vallone come già detto in precedenza origina in comune di Paderno d'Adda e percorre per la maggior parte aree non urbanizzate, anche se riceve le acque di troppo pieno prodotte da terminali di rete connessi a manufatti di derivazione e sfioro, due in Paderno e uno in Verderio. La sua funzione è però quella di raccolta dei contributi di colo delle acque meteoriche, dal momento che ad esso è connessa tutta la maglia di piccoli canali e fossi presenti e ricompresi nel cosiddetto "reticolo minore", in preponderanza privato e di cui si è parlato al paragrafo 3.4. Ne è conferma il fatto che durante la stagione primaverile-estiva nel canale non circola alcun contributo idrico se non durante gli eventi meteorici. Il Vallone in qualità di asta Reticolo Idrico Regionale Unificato (RIRU) di Regione Lombardia riveste interesse in quanto collegato, come già detto, al sistema idrografico delle cosiddette "Trobbie" che a valle dell'Autostrada MI-VE – quindi a circa una dozzina di km di distanza – costituisce un punto critico di raccolta ed apporti di acque meteoriche in Lambro. Lo studio commissionato da A.N.B.I. Lombardia (Associazione regionale dei Consorzi di Gestione delle acque Irrigue) nel 2021 ha evidenziato nel Vallone alcune criticità nel tratto a valle, a partire dal Comune di Mezzago, identificando aree di esondazione in Bellusco, Masate e Gessate, tant'è che l'Autorità di Bacino del Po ha prodotto e reso esecutivo con decreto n° 54/2023 un progetto di aggiornamento del Piano Stralcio per l'assetto idrogeologico del bacino del Po e PGRA avente per oggetto la Molgora e il sistema delle Trobbie fino alla confluenza in Canale Muzza. La tratta del Vallone di interesse del presente studio è esterna alla riperimetrazione delle aree allagabili di cui al progetto citato e quindi sono suscettibile di particolari dispositivi: ciò non toglie che sia utile rivolgere alcune attenzioni al regime del canale, che come si è osservato svolge funzioni di drenaggio meteorico a servizio di un'area di circa 375 ha, seppur di tipo verde/agricolo.

8.2 Ricognizione locale e rilievi puntuali

Si sono compiuti alcuni sopralluoghi e rilievi sul tracciato del corpo idrico, comprendendo per ovvie ragioni di Le condizioni di manutenzione si presentano abbastanza precarie, come tutti i corpi idrici che non hanno un regime idrico permanente: come si può osservare sulle immagini che seguono, la sezione geometrica, comunque abbastanza regolare e senza restringimenti di alveo naturale da nord a sud, si presenta quasi ovunque ingombra da detriti e abbondante vegetazione spondale, mentre per contro non sono evidenti fenomeni di dissesto o marcata erosione.

Il Vallone poco a valle della Strada Fornace in Paderno d'Adda

Il Vallone in corrispondenza del troppo pieno 097062_7 in Paderno d'Adda

Attraversamento di Fognatura in alveo a Paderno d'Adda

Imbocco nella tombinatura di sottopasso alla Strada per Cascina Airolda a Paderno d'Adda

Imbocco nella tomba in sottopasso alla via per Cornate (SP n°55) a Verderio

Come si vede sono presenti una serie di sottopassi stradali, in particolare da nord a sud:

- Sottopasso d=1000 cls sulla strada per la Cascina Airolda in Paderno d'Adda;
- Sottopasso d=1000 cls sulla strada bianca a sud della Cascina Airolda in Paderno d'Adda;
- Sottopasso rettangolare 1600x2350(h) sulla via Grigna in Verderio;
- Sottopasso rettangolare 200x2750(h) sulla via per Cornate (S.P. n°55) in Verderio;
- Attraversamento pedonale tombinato 2000x1500(h) a ridosso della Cascina Brugarola in Verderio;
- Sottopasso 3 x d=1000 cls sulla Strada Consortile delle Brughiere/Cascina Bice in Paderno d'Adda.

In riferimento a quest'ultimo attraversamento, dei tre tubi d=1000 presenti nel sottopasso, uno dei due esterni (a sinistra nella foto che segue) risulta praticamente occluso da detriti e terra, a causa della eccessiva inclinazione rispetto all'asse del canale.

Sottopasso adiacente alla Cascina Bice a Verderio

8.3 Geometria del corpo idrico

Per quanto riguarda gli aspetti altimetrici, si sono eseguite delle battute di fondo e sulle sponde in corrispondenza di diversi punti di interesse e nei sottopassi alle infrastrutture stradali, sopra menzionati, in altri punti di difficile accessibilità le quote di fondo sono state interpolate, operazione che si è ritenuta lecita data la finalità di sola pianificazione generale dello studio.

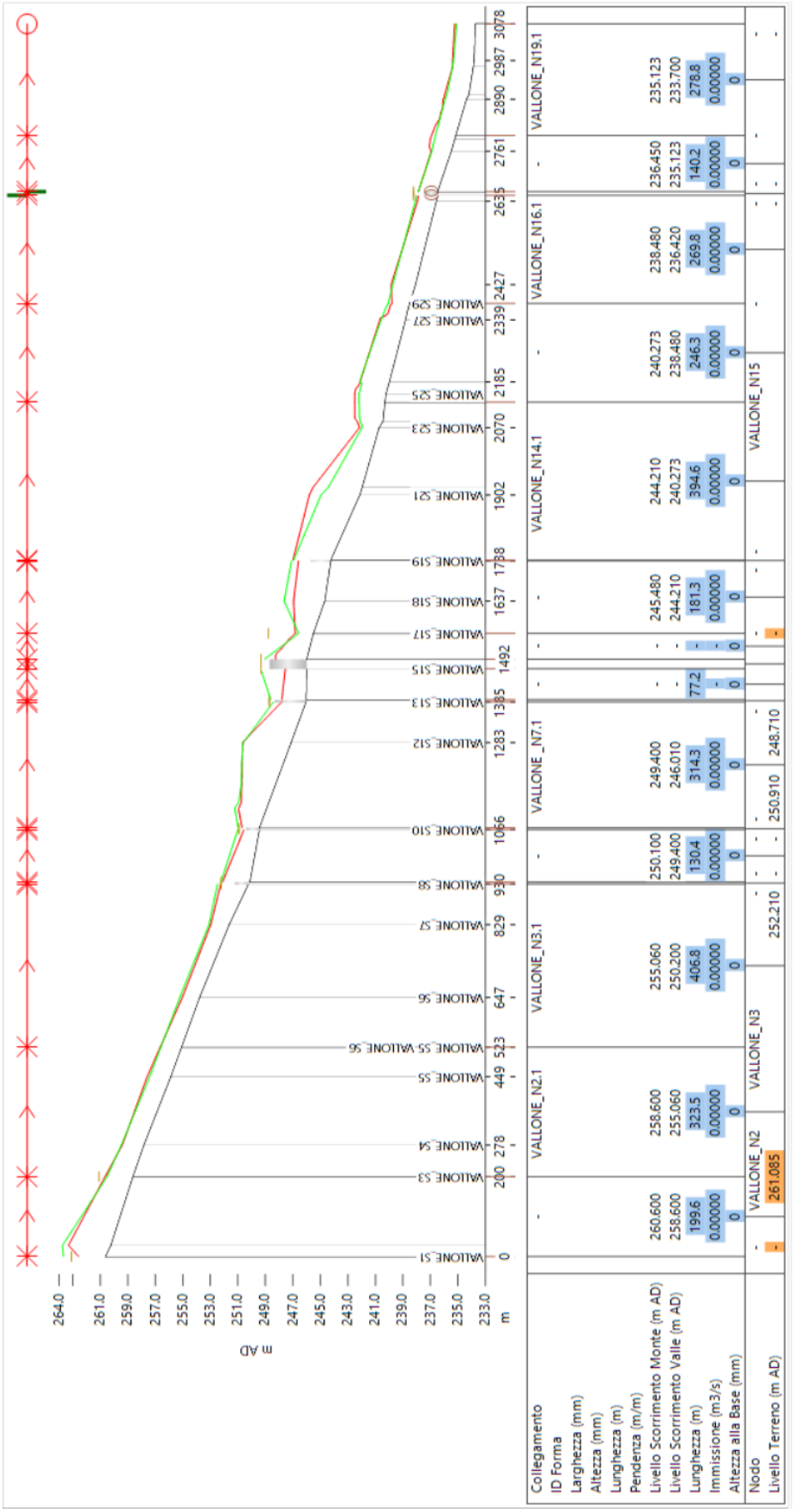
Le sezioni rilevate indicano una certa regolarità della geometria da monte a valle, senza bruschi restringimenti o variazioni di forma – fatta eccezione per i sottopassi indicati. La forma è sub-trapezia con larghezza di base che passa da 150-180 cm a monte fino a 280-300 cm a valle, con scarpe inclinate a 60° circa. A monte della strada comunale delle Brughiere, in adiacenza alla Cascina Bice e a monte del sottopasso con tre d=1000 e presente un tratto rivestito con pietrame ciclopico, avente larghezza di base di circa 300 cm e sponde a 60° circa.

Tratto di Vallone rivestito in pietrame alla Cascina Bice – Verderio

La base planoaltimetrica è quella del DBTR comunale, accoppiata al modello digitale del terreno (DTM) con maglia 5x5 m: per lo studio in questione non è stato ritenuto indispensabile provvedere a rilievi più approfonditi, dal momento che per buona parte dell'area della Brianza non è disponibile il DTM con maglia 1x1 m del M.A.T.T.M. (Ministero per l'ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare). Il DTM regionale, accoppiato a misure di quota localizzate in alveo e in adiacenza è infatti stato ritenuto sufficiente per procedere a valutazioni di pura scala locale.

Nelle immagini che seguono sono raffigurati l'andamento planimetrico del Vallone e quello altimetrico: la pendenza dei tratti varia tra lo 0,7 e l'1%.

Tracciato del Vallone con indicazione del bacino scolante (375 ha ca.)



Andamento altimetrico del Rio Vallone – Pendenza compresa tra lo 0,7 e l'1,0%

8.4 Costruzione del modello di calcolo

Per la costruzione del modello è stato utilizzato ancora il software di calcolo Infoworks® ICM, con le seguenti integrazioni e/o modifiche di parametri necessarie per la successiva simulazione:

- Costruzione di dominio 1D (monodimensionale) per l'alveo costituito da tratti fluviali aventi le dimensioni e quote in sezione rilevate sul posto; per i tratti che costituiscono gli attraversamenti stradali sono stati connessi ai singoli tratti fluviali elementi geometrici circolari o rettangolari risultanti dalle misure riscontrate in luogo (dimensioni e quote altimetriche);
- Associazione del dominio 1D alla mesh 2D già costruita per le verifiche sulla rete (v. paragrafo 3.8.1) con creazione della linea di link tra la sommità delle sponde ed il modello del terreno, in modo da poter rappresentare, ove si verifica, la migrazione dell'acqua dall'alveo alla porzione piana del suolo con la conseguente rappresentazione della superficie di allagamento corredata dei parametri tipici (altezza, velocità, fattore di pericolo, ecc.)
- Modello idrologico: adozione del modello SCS-CN per le aree permeabili (preponderanti, fatta eccezione per l'area della centrale Terna S.p.A., quasi completamente impermeabile) – lo stesso adottato nel citato studio A.N.B.I. – che identifica la altezza di pioggia netta come frazione della pioggia lorda secondo un fattore non lineare di pendente dal numero adimesionale CN (curve number) tipico del singolo sottobacino. Il CN viene determinato secondo quattro condizioni: classificazione delle permeabilità, uso del suolo e sistemazione di superficie, capacità di drenaggio e condizioni di saturazione antecedenti alla pioggia. Nel caso in esame il suolo si è assunto con umidità media (classe AMC II)
- Modello di trasformazione afflussi/deflussi con IUH SCS dipendente dal tempo di corrivazione di ogni sottobacino
- Durata della pioggia oraria, superiore al tempo di corrivazione del bacino, stimato in circa 40 minuti;
- Scabrezza delle sponde e del fondo dell'alveo: n=0.04 (Manning);
- Scabrezza del suolo considerata nella superficie di esondazione (mesh 2D): n=0.05 (Manning);
- Immissione degli idrogrammi dei bacini urbani facenti capo ai punti di scarico degli sfioratori 097091_3, 097062_7 e 097062_8 rispettivamente nei nodi VALLONE_N1, VALLONE_N2 e VALLONE_N12 ricavati dal modello della rete, per ogni corrispondente tempo di ritorno.
- Gli altri parametri e dati di input (ietogrammi) rimangono invariati.

-

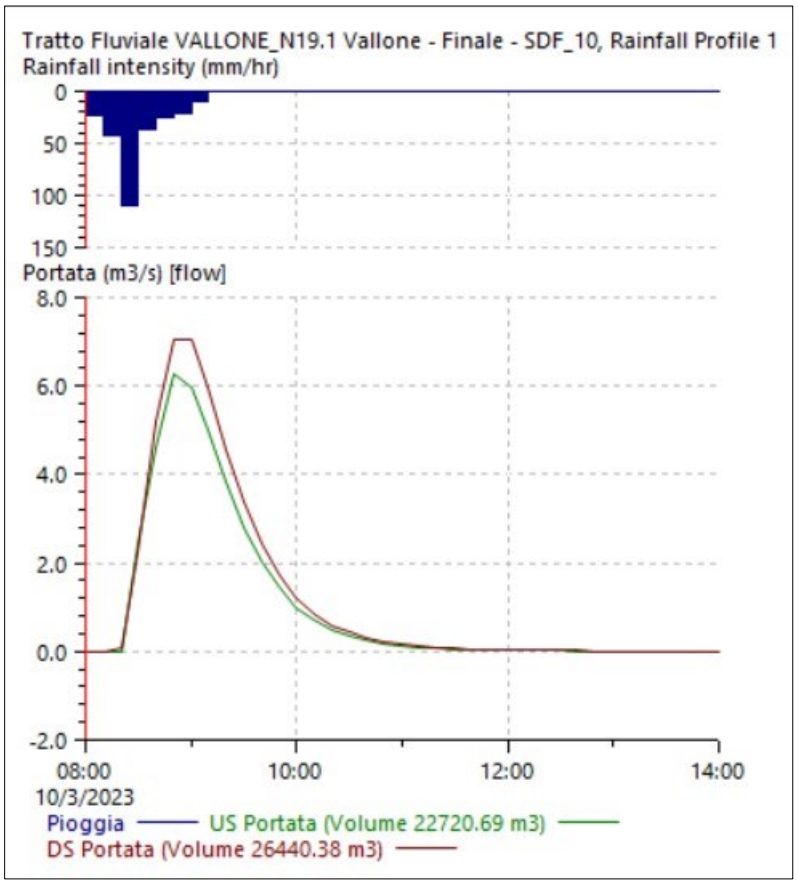
8.5 Simulazioni eseguite e criticità riscontrate

In ottemperanza alle norme regolamentari si sono valutate le condizioni idrauliche con sollecitazioni corrispondenti a Tr=50 e 100 anni; inoltre, trattandosi di corso idrico locale, seppur appartenente al RIRU e recettore di acque di troppo pieno da fognatura, si è eseguita una prova di sollecitazione con Tr=10 anni.

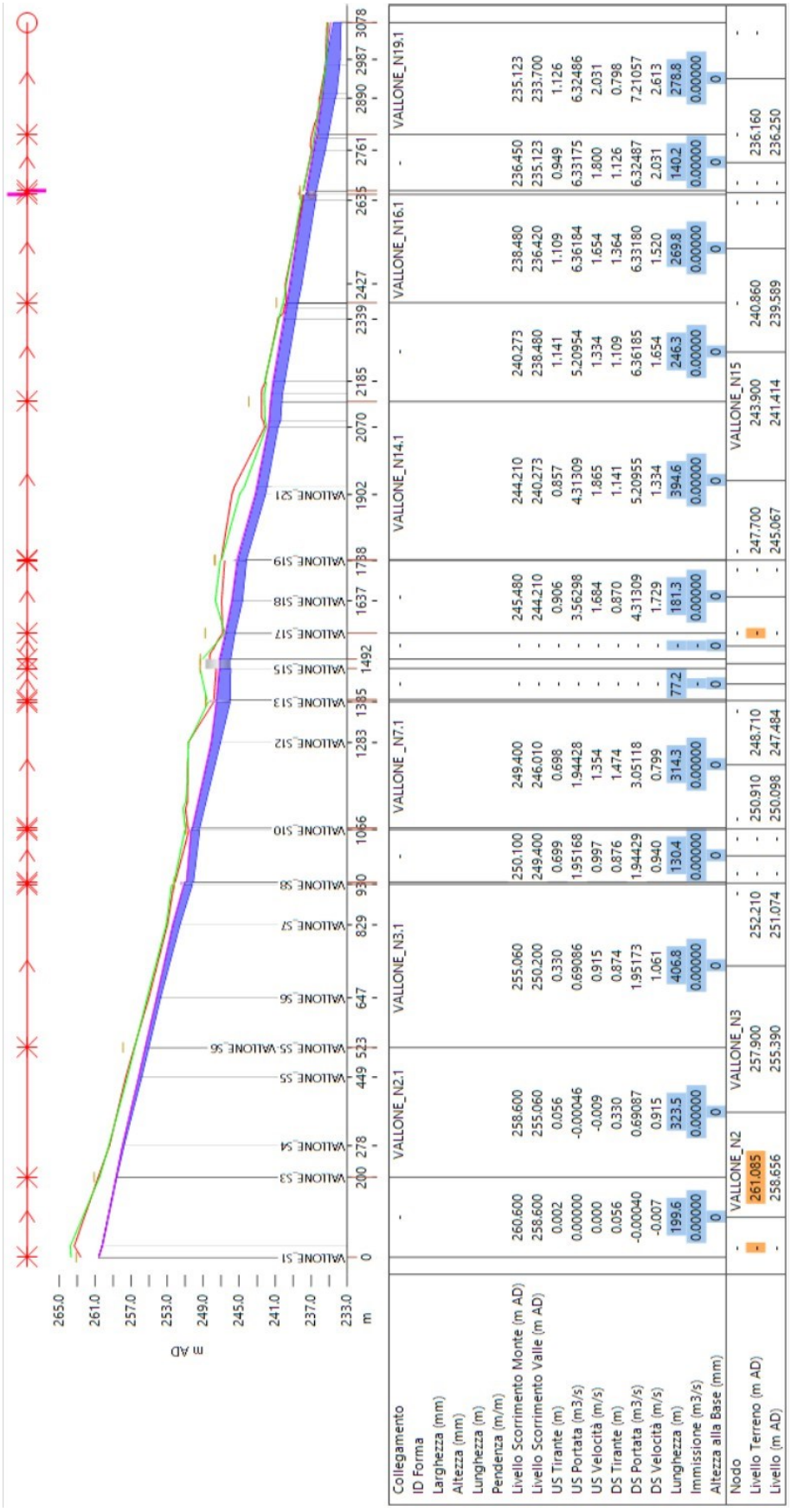
IN ogni caso si fa presente che per i tempi di ritorno Tr=2 e 5 anni, sicuramente insignificanti per un corso idrico superficiale, non si sono verificati stati di crisi.

8.5.1 Simulazione con Tr=10 anni

Questo tipo di sollecitazione non produce effetti di esondazione in alcun punto del tracciato. A seguire l'idrogramma di piena registrato nella sezione terminale e il profilo longitudinale di tutta l'asta.



Portata di colmo Tr=10 anni nella sezione di chiusura Q_c= 7,15 m³/s



Collegamento	-	VALLONE_N2.1	VALLONE_N3.1	-	VALLONE_N7.1	-	-	-	VALLONE_N14.1	-	VALLONE_N15	-	VALLONE_N16.1	-	VALLONE_N19.1	-
ID Forma																
Larghezza (mm)	260.600	258.600	255.060	250.100	249.400	-	-	245.480	244.210	-	240.273	238.480	236.450	235.123		
Altezza (mm)	258.600	255.060	250.200	249.400	246.010	-	-	244.210	240.273	-	238.480	236.420	235.123	233.700		
Lunghezza (m)	0.002	0.056	0.330	0.699	0.698	-	-	0.906	0.857	-	1.141	1.109	0.949	1.126		
Pendenza (m/m)	0.00000	-0.00046	0.69086	1.95168	1.94428	-	-	3.56298	4.31309	-	5.20954	6.36184	6.33175	6.32486		
Livello Scorrimento Monte (m AD)	0.000	-0.009	0.915	0.997	1.354	-	-	1.684	1.865	-	1.334	1.654	1.800	2.031		
Livello Scorrimento Valle (m AD)	0.056	0.330	0.874	0.876	1.474	-	-	0.870	1.141	-	1.109	1.364	1.126	0.798		
US Tirante (m)	-0.00040	0.69087	1.95173	1.94429	3.05118	-	-	4.31309	5.20955	-	6.36185	6.33180	6.32487	7.21057		
US Portata (m3/s)	-0.007	0.915	1.061	0.940	0.799	-	-	1.729	1.334	-	1.654	1.520	2.031	2.613		
US Velocità (m/s)	199.6	323.5	406.8	1304	3143	77.2	-	1813	394.6	-	246.3	269.8	140.2	278.8		
DS Tirante (m)	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	0.00000	0.00000	-	0.00000	0.00000	0.00000	0.00000		
DS Portata (m3/s)	0	0	0	0	0	0	0	0	0	-	0	0	0	0	-	-
DS Velocità (m/s)	-	VALLONE_N2	VALLONE_N3	-	-	-	-	-	-	-	VALLONE_N15	-	-	-	-	-
Lunghezza (m)	-	261.085	257.900	252.210	-	250.910	248.710	-	-	247.700	243.900	240.860	-	236.160	-	-
Immissione (m3/s)	-	258.656	255.390	251.074	-	250.098	247.484	-	-	245.067	241.414	239.589	-	236.250	-	-
Altezza alla Base (mm)																
Nodo																
Livello Terreno (m AD)																
Livello (m AD)																

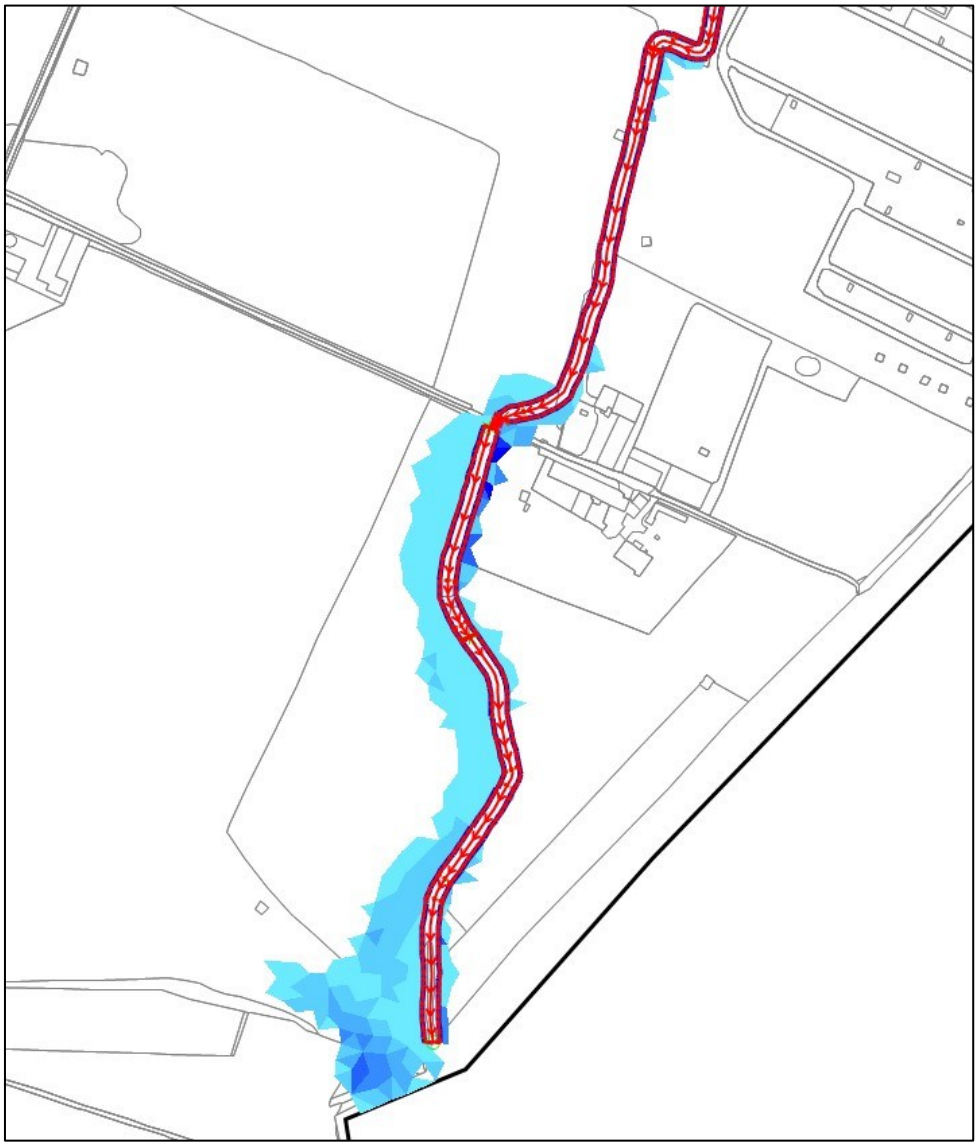
Profilo longitudinale Tr= 10 anni

8.5.2 Simulazione con Tr=50 anni

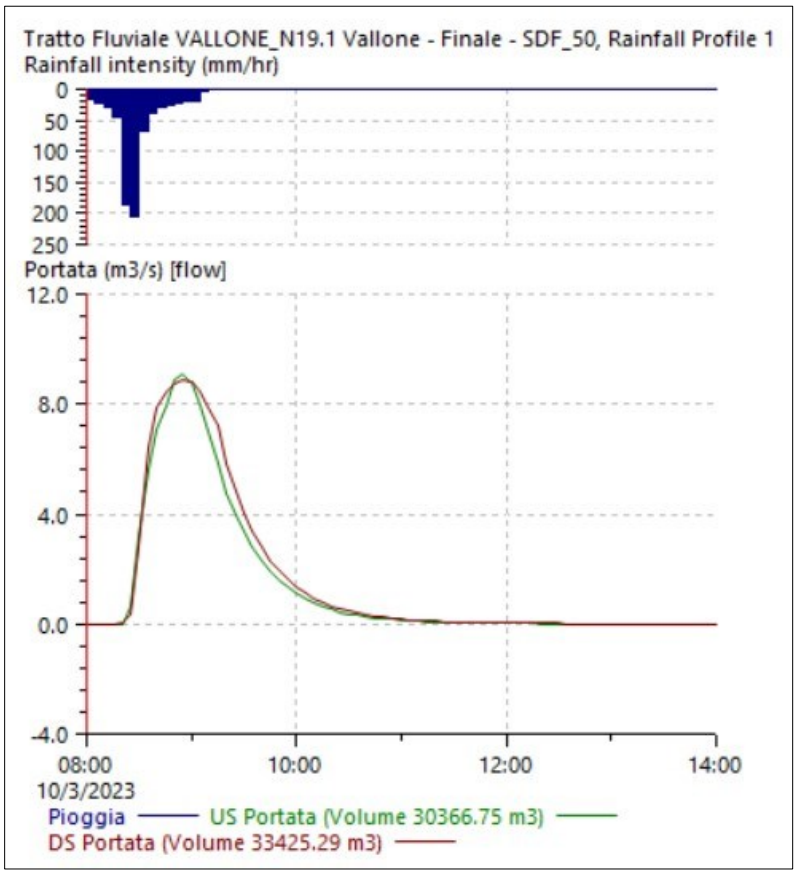
Questo tipo di sollecitazione produce significativi effetti di esondazione in corrispondenza della Strada Consortile delle Brughiere – Località Cascina Bice e nel fondo agricolo a sud, in entrambi i casi per la maggior parte in riva destra, con altezze fino a 25-30 cm, con massimo concentrato alle spalle del sottopasso stradale. Per questa zona il volume esondato è di circa 1.900 m^3 su una superficie di circa 18.000 m^2. Si evidenziano anche fenomeni di insufficienza a cavallo della via per Cornate, con altezze massime di 25 cm, concentrate nella parte più meridionale del fondo agricolo a nord della via. Per questa seconda zona il volume esondato è di circa 140 m^3 su una superficie di circa 1.800 m^2. A seguire la raffigurazione planimetrica, l'idrogramma di piena registrato nella sezione terminale e il profilo longitudinale di tutta l'asta.

Questi fenomeni sono rappresentativi della realtà, sulla base di informazioni assunte da alcuni residenti. La zona in adiacenza alla centrale Terna S.p.A. e iù a sud in prossimità della Cascina Bice è nota storicamente come area di sinistri durante gli eventi più gravi. La causa è probabilmente da ricercare nella ridotta altezza dell'argine sinistro, oltre alla presenza dei sottopassi, in particolare quello della strada delle Brughiere, che forza l'invaso di apporti sino a provocarne la fuoriuscita per rigurgito.

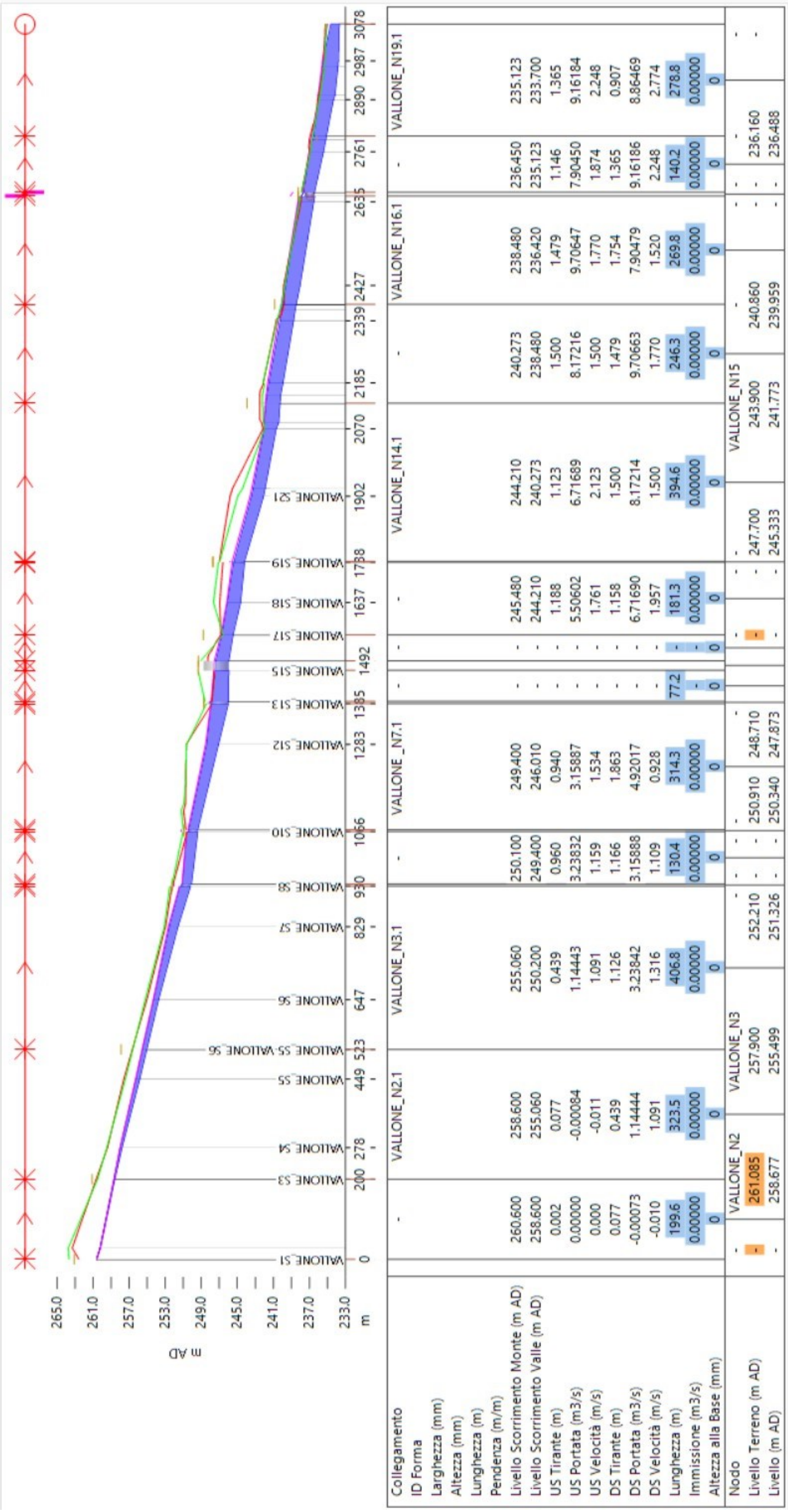
Esondazione nell'intorno della via per Cornate – Tr=50 anni



Esondazione a cavallo della strada dele Brughiere – Loc. Cascina Bice – Tr=50 anni



Portata di colmo Tr=100 anni nella sezione di chiusura Q_c= 9,10 m^3/s



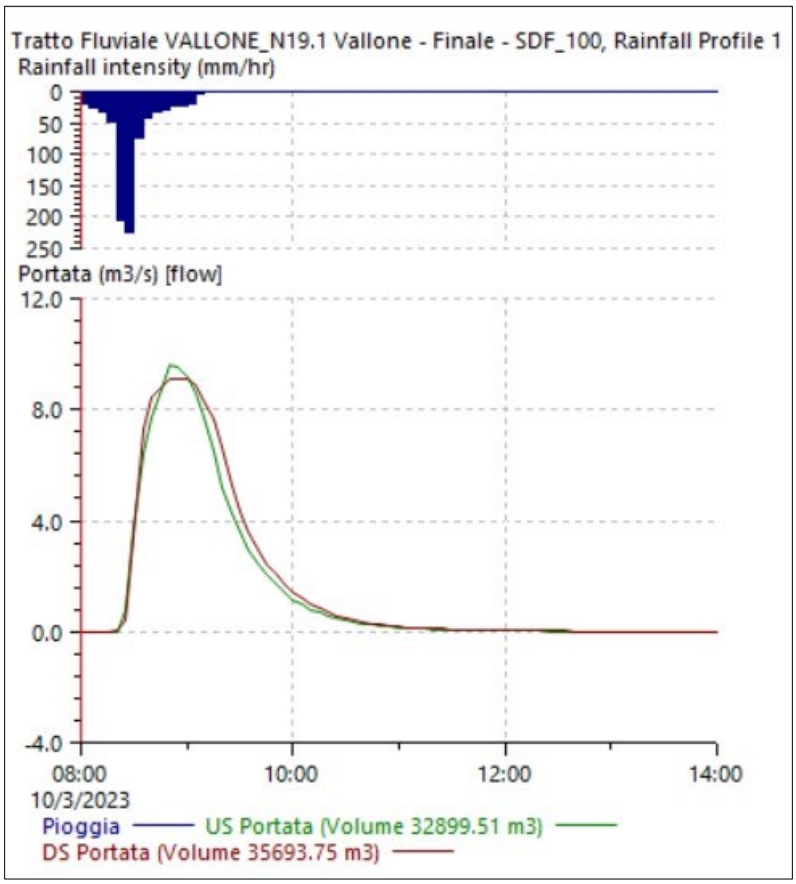
Profilo longitudinale Tr= 50 anni

8.5.3 Simulazione con Tr=100 anni

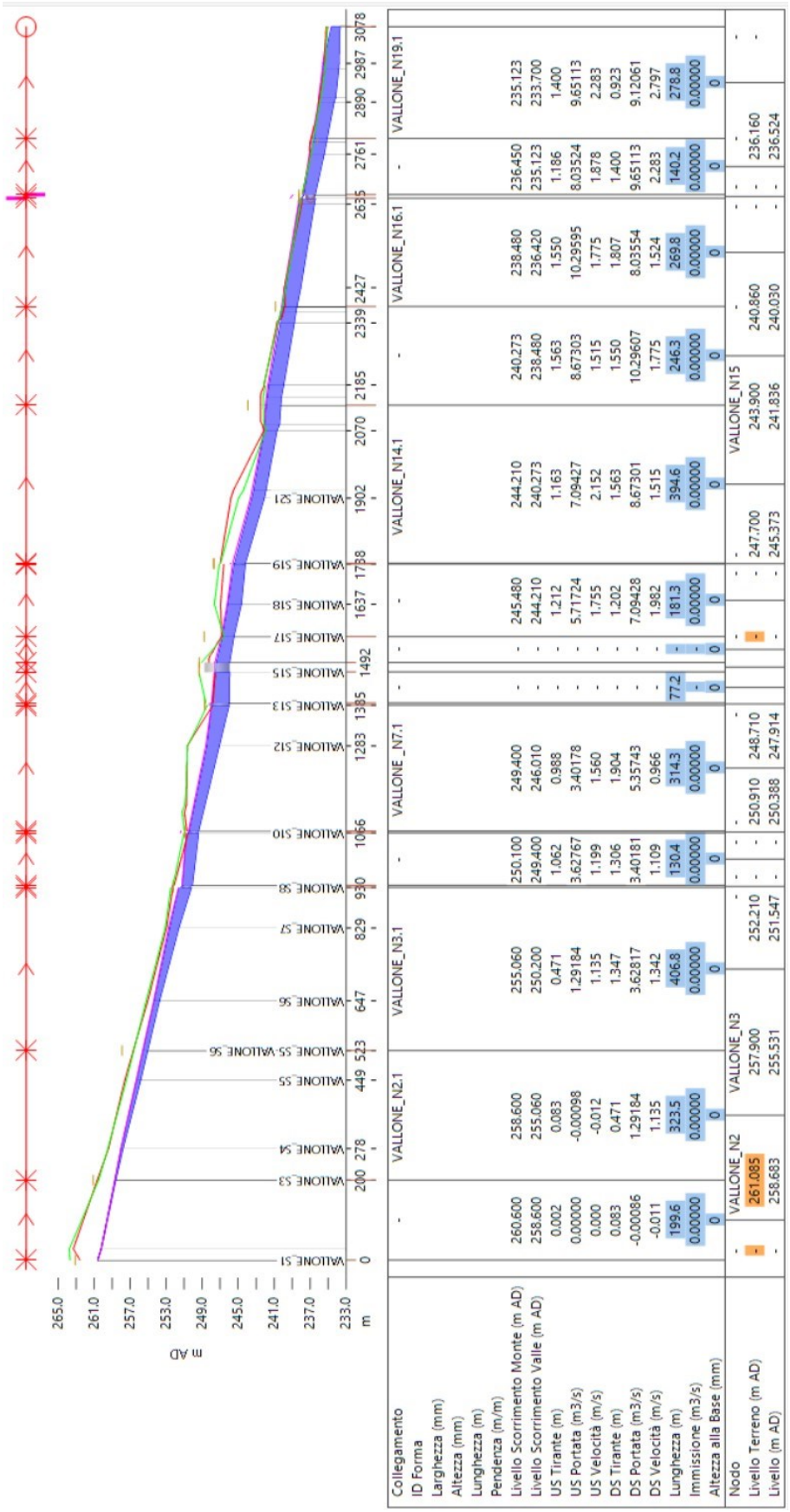
Questo tipo di sollecitazione produce ulteriori significativi effetti di esondazione in corrispondenza della Strada Consortile delle Brughiere – Località Cascina Bice e lungo la via per Cornate. Nela caso della zona a sud in località Cascina Bice il volume esondato è di circa 2.600 m^3 su una superficie di circa 22.000 m^2, mentre per la via Cornate il volume esondato è di circa 500 m^3 su una superficie di circa 2.400 m^2. A seguire la raffigurazione planimetrica, l'idrogramma di piena registrato nella sezione terminale e il profilo longitudinale di tutta l'asta.

Esondazione nell'intorno della via per Cornate – Tr=100 anni

Esondazione a cavallo della strada dele Brughiere – Loc. Cascina Bice – Tr=100 anni



Portata di colmo Tr=100 anni nella sezione di chiusura Q_c= 10,12 m^3/s



Collegamento	-				-				-				-				-				-				-			
ID Forma		VALLONE_N2.1				VALLONE_N3.1				VALLONE_N7.1				VALLONE_N14.1				VALLONE_N15				VALLONE_N16.1				VALLONE_N19.1		
Larghezza (mm)	260.600	258.600	255.060	252.210	250.100	249.400	246.010	248.710	-	245.480	244.210	247.700	240.273	238.480	236.420	243.900	240.860	238.480	236.450	235.123								
Altezza (mm)	258.600	255.060	250.200	251.547	249.400	246.010	247.914	-	-	244.210	240.273	245.373	238.480	236.420	235.123	241.836	240.030	236.450	235.123	233.700								
Lunghezza (m)	0.002	0.083	0.471	-	1.062	0.988	-	-	-	1.212	1.163	-	1.563	1.550	1.186	-	-	1.563	1.550	1.400								
Pendenza (m/m)	0.00000	-0.00098	1.29184	-	3.62767	3.40178	-	-	-	5.71724	7.09427	-	8.67303	10.29595	8.03524	-	-	8.67303	10.29607	9.65113								
Livello Scorrimento Monte (m AD)	0.000	-0.012	1.135	-	1.199	1.560	-	-	-	1.755	2.152	-	1.515	1.775	1.878	-	-	1.515	1.775	2.283								
Livello Scorrimento Valle (m AD)	0.083	0.471	1.347	-	1.306	1.904	-	-	-	1.202	1.563	-	1.550	1.807	1.400	-	-	1.550	1.807	0.923								
US Tirante (m)	-0.00086	1.29184	3.62817	-	3.40181	5.35743	-	-	-	7.09428	8.67301	-	10.29607	8.03554	9.65113	-	-	10.29607	8.03554	9.12061								
US Portata (m3/s)	-0.011	1.135	1.342	-	1.109	0.966	-	-	-	1.982	1.515	-	1.775	1.524	2.283	-	-	1.775	1.524	2.797								
US Velocità (m/s)	199.6	323.5	406.8	-	130.4	314.3	77.2	-	-	181.3	394.6	-	246.3	269.8	140.2	-	-	246.3	269.8	278.8								
DS Tirante (m)	0.00000	0.00000	0.00000	-	0.00000	0.00000	-	-	-	0.00000	0.00000	-	0.00000	0.00000	0.00000	-	-	0.00000	0.00000	0.00000								
DS Portata (m3/s)	0	0	0	-	0	0	0	-	-	0	0	-	0	0	0	-	-	0	0	0								
DS Velocità (m/s)	-	VALLONE_N2		VALLONE_N3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Lunghezza (m)	-	261.085	257.900	252.210	-	-	248.710	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Immissione (m3/s)	-	258.683	255.531	251.547	-	250.910	247.914	-	-	250.388	245.373	-	241.836	240.030	236.524	-	-	236.160	236.524	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Altezza alla Base (mm)																												
Nodo																												
Livello Terreno (m AD)																												
Livello (m AD)																												

Profilo longitudinale Tr= 100 anni

8.5.4 Analisi complessiva dei risultati

Lo studio "A.N.B.I." a pag. 77 riporta le portate al colmo per il bacino B1 avente estensione di 910 ha corrispondente all'area contribuente del Rio Vallone alla sezione di chiusura di Mezzago del quale quello oggetto di studio (Vallone alla sezione di chiusura di Verderio, nodo VALLONE_N20) è parte, si possono effettuare i confronti per verificare quanto siano attendibili i risultati ottenuti in comparazione con quelli eseguiti su scala più grande e che costituiscono da riferimento in quanto adottati dall'Autorità di Bacino del Po.

Nella seguente tabella, ipotizzando per il bacino una curva aree-tempi di tipo lineare, sono indicati i valori di portata al colmo per l'intero bacino B1 e quelli ridotti in proporzione secondo la curva aree-tempi e riferiti al bacino parziale di monte di Verderio, avente superficie di 375 ha.

Scenario	Portata al colmo [m^3/s]		
	Tr = 10 anni	Tr = 50 anni	Tr = 100 anni
Bacino B1 completo (ANBI)	12,85	-	28,73
Bacino B1 parziale (Paderno e Verderio)	5,31		11,87

I valori ottenuti dal calcolo modellistico per Tr=50 e Tr=100 anni sono rispettivamente pari a 9,10 e 10,12 m^3/s: tenendo conto che il fenomeno di esondazione sottrae portata in transito nella sezione terminale, si può affermare che i valori sono sovrastimati per Tr=50 anni mentre risultano adeguati per Tr=100 anni. Le differenze emerse, derivanti da studi su diversissima scala, posso essere generate da effettive diversità nelle curve di possibilità pluviometrica – per Paderno e Verderio si sono adottate curve ARPA specifiche, mentre nello studio A.N.B.I. sono state adottate curve con valori mediati – e nei modelli di trasformazione afflusso-deflusso localmente adottati. La verifica è comunque a favore di sicurezza, che a fronte della evidente variazione dei regimi pluviali degli ultimi anni va considerata in modo positivo.

8.6 Valutazioni sui possibili interventi

La possibilità di intervento sul Rio Vallone, da focalizzare sulle due aree di esondazione evidenziate, può valutare la possibilità di creare due aree di esondazione/laminazione controllata ove adesso vi sono i fenomeni evidenziati.

Esse possono essere costituite da invasi realizzati nel terreno naturale, scavando e approfondando una porzione che comunque viene lasciata in disponibilità del conduttore per mantenerne la coltivazione. Le aree vengono invasate attraverso una soglia di sfioro di opportuna estensione, lungo tutto il fronte dell'area e creata a giusta quota lungo la riva del torrente e svuotate tramite un impianto di esaurimento che entra in funzione alla fine dell'evento meteorico, con tempi e modalità di svuotamento da definire in fase di progetto. L'intervento così delineato non incide in modo evidente sulla morfologia del suolo e crea l'unico aggravio manutentivo nella conduzione dell'impianto di svuotamento e dell'eventuale organo di limitazione della portata verso valle, che potrebbe rendersi necessario per favorire il completo riempimento dell'area di invaso.

Dai calcoli effettuati il volume dei due bacini potrebbe aggirarsi intorno ai 1.000 m^3 per la zona di via per Cornate. Per la zona di Cascina Bice, ove potrebbe valutarsi l'opportunità di ridurre in modo consistente la portata che poi si immette a valle in comune di Cornate d'Adda, il volume di salvaguardia potrebbe essere compreso tra i 6.000 e gli 11.000 m^3 in dipendenza della portata rilasciata a valle del manufatto di sottopasso della strada delle Brughiere.

9 CONCLUSIONI

Con il presente studio è stato possibile evidenziare le criticità relative agli allagamenti dovuti al malfunzionamento generale della rete fognaria del comune di Verderio. A seguito delle simulazioni effettuate sul software Infoworks ICM per tempi di ritorno pari a 2, 5, 10, 50 e 100 anni è stato possibile individuare quali possano essere le soluzioni più accreditate al fine di mantenere l'efficienza idraulica della rete e allo stesso tempo far sì che non si generino allagamenti che potrebbero provocare danni a persone e strutture. Le soluzioni proposte prevedono essenzialmente il potenziamento della maggior parte delle condotte presenti e la realizzazione di 2 vasche di accumulo coadiuvate da altrettante stazioni di pompaggio in modo tale da poter restituire alla rete fognaria tutto il volume accumulato alla fine dell'evento meteorico.

Analoghe considerazioni si possono svolgere per il Rio Vallone, che denuncia un evidente stato di crisi per i tempi di riferimento regolamentari e che merita ulteriori valutazioni di intervento, al di là dell'intento conoscitivo e largamente pianificatorio del presente studio.

Verderio, Giugno 2024