

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2.1 Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)	5
2.2 D.G.R. IX/2616/2011	5
2.3 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA).....	6
2.4 DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PGRA NEL SETTORE URBANISTICO (DGR 19 GIUGNO 2017 N. X/6738)	8
1.1.1 Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio	9
3. IL TORRENTE GUISA	10
4. RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI.....	11
4.1 Studi e progetti pregressi.....	11
4.1.1 Studio "Lambro-Olona" (Autorità di Bacino fiume Po, 2004).....	11
4.1.2 Progetto Definitivo ed Esecutivo – Area Expo 2015. Viabilità e sottoservizi - Sistemazione Idraulica del T. Guisa (Metropolitana Milanese, 2011)	12
4.1.3 Progetto Preliminare "Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (MI) e Bollate (MI)" (ERSAF, 2013)	14
4.1.4 Progetto Definitivo ed Esecutivo "Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (Mi) e Bollate (Mi)" (2013-2015)	14
4.1.5 Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del torrente Guisa (ETATEC, 2017)	17
4.1.6 Studio Idrologico-Idraulico del Torrente Guisa in comune di Baranzate (Studio Majone, 2017)	18
4.1.7 Studio Idrologico-Idraulico per la "Definizione di soglie di attenzione-allerta-allarme pluviometriche e idrometriche lungo l'asta del torrente Guisa" (Est Ticino Villorosi, 2018)	18
4.2 Aree di laminazione realizzate lungo l'asta del torrente Guisa	19
4.2.1 Area di laminazione di Ceriano Laghetto	19
4.2.2 Area di laminazione di Cesate	20
4.2.3 Area di laminazione di Garbagnate Bollate.....	21
4.2.4 Area di laminazione nel sito EXPO	22
4.3 Nodo idraulico Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO)	23
4.4 Ponte di via Monza a Garbagnate Milanese.....	24

4.5	Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)	27
4.5.1	Tempi di ritorno di riferimento	27
4.5.2	Curve di possibilità pluviometrica.....	27
4.5.3	Ietogrammi di riferimento	28
4.5.4	Modellazione afflussi-deflussi	29
4.5.5	Risultati della modellazione afflussi-deflussi e portate al colmo di riferimento	31
4.5.6	Aree di allagamento	32
5.	IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRODINAMICO DEL TORRENTE GUISA	34
5.1	Il codice di calcolo HEC-RAS 6.1	34
5.2	Implementazione del modello idraulico del torrente Guisa	37
5.2.1	Descrizione geometrica del corso d'acqua	37
5.2.2	Coefficiente di scabrezza.....	38
5.2.3	Condizioni al contorno	39
5.3	Simulazioni effettuate e risultati ottenuti	40
5.3.1	Analisi dei risultati ottenuti	41
6.	ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO IDRAULICO	43
1.2	Zonazione della pericolosità idraulica	43
1.3	Zonazione del rischio idraulico	45

1. PREMESSA

L'Amministrazione Comunale di Garbagnate Milanese ha affidato alla scrivente società Wise Engineering S.r.l. l'incarico per l'aggiornamento dello studio di valutazione del rischio idraulico del torrente Guisa nelle porzioni di territorio comunale interessate dalla perimetrazione delle aree allagabili secondo il Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA).

La valutazione è stata condotta secondo le metodologie contenute nell'Allegato 4 *“Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione”* alla D.g.r. IX/2616 del 30/11/2011 *“Aggiornamento dei criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57 della L.R. n. 12 dell'11/3/2005”* approvati con D.G.R. n. 8/1566 del 22/12/2005 e successivamente modificati con D.G.R. 8/7374 del 28/05/2008, per un tempo di ritorno di 100 anni.

Le modellazioni idrauliche condotte sul torrente Guisa, come descritto in dettaglio nel proseguo della relazione, sono state effettuate a partire dai modelli numerici costruiti per l'aggiornamento del PGRA sull'asta del Guisa, le cui aree allagabili originarie erano state ricavate, nella revisione del 2015, sulla scorta dei risultati riportati nello Studio di Fattibilità *“Lambro – Olona”* del 2004 dell'Autorità di Bacino del fiume Po.

Il presente studio di dettaglio sviluppa con una schematizzazione in moto vario su dominio di calcolo bidimensionale le analisi idrologico - idrauliche realizzate per l'aggiornamento del 2019 de PGRA relativo al torrente Guisa, con approvazione delle modifiche cartografiche alle mappe delle aree allagabili del PGRA 2015 tramite Decreto n.261/2019 del 26/9/2019 *“Art. 9 della Deliberazione C.I. n. 4/2015 (integrato dall'art. 10 della Deliberazione C.I. n. 5/2016) - Aggiornamento delle “Mappe della pericolosità e del rischio alluvioni” del Piano di gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA 2015) del Distretto idrografico del fiume Po - Modifica delle aree allagabili sul Torrente Guisa”*.

Per lo svolgimento del presente incarico sono state raccolte tutte le informazioni ad oggi disponibili ed in particolari gli studi idrologico-idraulici pregressi, i progetti in corso d'opera e quelli già realizzati. Si è quindi giunti a definire in modo completo, secondo l'informazione più aggiornata, lo stato attuale del corso d'acqua e la sua caratterizzazione idrologica.

Lo studio si è articolato nelle seguenti fasi procedurali:

- analisi degli studi idraulici pregressi allo scopo di acquisire dati di carattere tecnico utili all'elaborazione dello studio (valori di portata, assetto idraulico dei corsi d'acqua, aree inondabili ecc.);
- acquisizione dei rilievi topografici di dettaglio delle sponde fluviali del tratto interessato e di un adeguato intorno, supportato dalla base aerofotogrammetrica del comune di Garbagnate Milanese e dal rilievo LIDAR del torrente Guisa realizzato dal MATTM;
- determinazione, sulla base dei dati idrologici ed idraulici degli studi sopramenzionati, delle portate al colmo per un tempo di ritorno di 100 anni e dei relativi idrogrammi;
- modellazione idraulica bidimensionale in condizioni di moto vario;
- definizione della pericolosità idraulica incrociando i valori di velocità della corrente e del tirante

ottenuti dalla simulazione idraulica bidimensionale;

- individuazione delle aree di rischio (R) in funzione della pericolosità e del danno atteso per le porzioni di territorio interessate.

Il presente studio costituisce la prima fase dell'incarico ricevuto. Nel proseguo delle attività, per la fase due, saranno condotte le analisi idrologiche anche gli altri tempi di ritorno previsti dal PGRA per il torrente Guisa (10 e 500 anni) quindi tramite modellazione idraulica saranno individuate le relative aree di allagamento, nella configurazione stato di fatto e nell'ipotesi di ultimazione della vasca di laminazione prevista in comune di Garbagnate Milanese a monte dell'attraversamento ferroviario, in corso di realizzazione a cura di ERSAF in prosecuzione delle attività iniziate da EXPO 2015 nell'ambito dell'appalto "*Riqualificazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (MI) e Bollate (MI). Lotto 2 Area di laminazione secondaria*".

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po (PAI), redatto dall'Autorità di bacino del fiume Po ai sensi della legge 18 maggio 1989 n. 183, art. 17 comma 6-ter, è stato approvato con D.P.C.M. del 24 maggio 2001; con la pubblicazione del D.P.C.M. di approvazione sulla G.U. n. 183 del 8 agosto 2001 il Piano è entrato definitivamente in vigore e dispiega integralmente i suoi effetti normativi.

Il PAI persegue l'obiettivo di garantire al territorio del bacino un livello di sicurezza adeguato rispetto ai fenomeni di dissesto idraulico ed idrogeologico. Per i corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle sono definite fasce di pertinenza fluviale che individuano le aree soggette a diversi gradi di pericolosità.

Per ognuna delle fasce sono definite specifiche norme di uso del suolo e specifici divieti:

- la fascia A, costituita dalla porzione di alveo che è sede prevalente, per la piena di riferimento, del deflusso della corrente, cui corrisponde una portata di calcolo pari a quella di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni e ridotta del 20%. Più precisamente risulta la porzione d'alveo nella quale defluisce l'80% della portata di piena relativa ad un tempo di ritorno di 200 anni, con la verifica che le portate esterne a tale porzione di alveo abbiano una velocità di deflusso non superiore a 0,4 m/s;
- la fascia B, che delimita la porzione di alveo nella quale scorre la portata di piena corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni; i limiti spesso coincidono con quelli di fascia A, in particolare quando la presenza di arginature e rifacimenti spondali determinano una variazione della conformazione originaria della geometria e della morfologia dell'alveo.
- Il Piano indica con apposito segno grafico, denominato "limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C", le opere idrauliche programmate per la difesa del territorio. Allorché dette opere saranno realizzate, i confini della Fascia B si intenderanno definiti in conformità al tracciato dell'opera idraulica eseguita e la delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po di presa d'atto del collaudo dell'opera varrà come variante automatica del presente Piano per il tracciato di cui si tratta.
- la fascia C che delimita una parte di territorio che può essere interessata da eventi di piena straordinari, tanto che le portate di riferimento risultano quella massima storicamente registrata, se corrispondente ad un tempo di ritorno superiore a 200 anni, oppure quella relativa ad un tempo di ritorno pari a 500 anni.

Il torrente Guisa non è stato interessato dall'individuazione delle fasce PAI.

2.2 D.G.R. IX/2616/2011

La direttiva "Aggiornamento dei 'Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della L.R. 11

marzo 2005, n. 12', approvati con D.G.R. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente con D.G.R. 28 maggio n. 8/7374", approvata con D.G.R. IX/2616/2011, stabilisce che è necessario effettuare uno studio idraulico di dettaglio, ai sensi dell'all. 4 della medesima Dgr, dove:

- si voglia caratterizzare con maggior dettaglio il fenomeno di esondazione per definire precise delimitazioni e/o prescrizioni;
- sono emerse situazioni particolarmente critiche dal punto di vista geologico/idraulico;
- risultino aree soggette a esondazione in base alle informazioni provenienti da studi pregressi.

L'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 fornisce indicazioni per gli studi finalizzati alla valutazione e alla zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione nonché a valutare la compatibilità idraulica delle previsioni degli strumenti urbanistici e territoriali, o più in generale delle proposte di uso del suolo, ricadenti in aree che risultino soggette a possibile esondazione.

Le metodologie proposte si basano sulla conoscenza dei valori delle altezze d'acqua e delle velocità della corrente che si verificano in corrispondenza di portate con determinato tempo di ritorno; l'Allegato richiede quindi di verificare l'esistenza e l'affidabilità di studi già realizzati in grado di fornire tali informazioni con il grado di dettaglio necessario.

L'Allegato 4 indica infine la metodologia da seguire per la valutazione della compatibilità idraulica delle previsioni urbanistiche e delle proposte d'uso del suolo, sulla base dei risultati ottenuti in termini di altezze e velocità d'acqua, desunti da studi esistenti o determinati mediante i nuovi approfondimenti condotti.

La valutazione deve basarsi sull'individuazione della pericolosità alla quale è soggetta l'area di indagine e che deve essere mitigata tramite la definizione di interventi.

Per la classificazione dei diversi livelli di pericolosità si utilizza uno specifico grafico, riportato nel seguito della relazione, che fornisce le condizioni di pericolosità in funzione del tirante idrico (m) e della velocità della corrente (m/s) al margine (lato fiume) della zona di interesse.

Il grafico individua tre condizioni a differente livello di pericolosità:

- pericolosità molto elevata (H4) con velocità $>1,5$ m/s e tirante $> 0,7$ m;
- pericolosità elevata (H3) con velocità compresa tra 0,5 e 1,5 m/s e tirante compreso tra 0,3 e 0,7 m;
- pericolosità medio o moderata (H2 / H1) con velocità compresa tra 0 e 0,6 m/s e tirante compreso tra 0 e 0,3.

2.3 Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA) è stato adottato con deliberazione n.4 nella seduta del 17 dicembre 2015 e approvato con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po.

Il Piano di Gestione Rischio Alluvioni è lo strumento operativo previsto dal d.lgs. 49/2010, in attuazione alla Direttiva Europea 2007/60/CE, per individuare e programmare le azioni necessarie a ridurre le conseguenze negative delle alluvioni per la salute umana, per il territorio, per i beni, per l'ambiente, per il patrimonio culturale e per le attività economiche e sociali.

Per il territorio interessato dalle alluvioni di tutti i corsi d'acqua che confluiscono nel Po, dalla sorgente

fino allo sbocco in mare, è stato predisposto il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni del Po, brevemente PGRA-Po.

Il PGRA-Po è stato predisposto dalle amministrazioni competenti per la difesa del suolo e la protezione civile nel Distretto Padano, in coordinamento tra loro e con gli enti sovraregionali competenti per le due materie. Per il Distretto Padano gli autori sono: l'Autorità di Bacino del Po, le Regioni Valle d'Aosta, Piemonte, Liguria, Lombardia, Veneto, Emilia Romagna, la Provincia Autonoma di Trento e il Dipartimento Nazionale della Protezione Civile.

Il PGRA-Po contiene in sintesi:

- la mappatura delle aree potenzialmente interessate da alluvioni, classificate in base alla pericolosità (aree allagabili) e al rischio, con particolare riferimento alle situazioni a maggiore criticità;
- il quadro attuale dell'organizzazione del sistema di protezione civile in materia di rischio alluvioni;
- le misure da attuare per ridurre il rischio nelle fasi di prevenzione e protezione e nelle fasi di preparazione, ritorno alla normalità ed analisi.

Le mappe di pericolosità evidenziano le aree potenzialmente interessate da eventi alluvionali secondo gli scenari di bassa probabilità (P1 - alluvioni rare con T=500 anni), di media probabilità (P2- alluvioni poco frequenti T=100-200 anni) e alta probabilità (P3 - alluvioni frequenti T=20-50 anni), distinte con tonalità di blu, la cui intensità diminuisce in rapporto alla diminuzione della frequenza di allagamento.

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

- Reticolo idrografico principale (RP)
- Reticolo idrografico secondario collinare e montano (RSCM)
- Reticolo idrografico secondario di pianura artificiale (RSP)
- Aree costiere lacuali (ACL).

Le mappe del rischio segnalano la presenza nelle aree allagabili di elementi potenzialmente esposti (popolazione, servizi, infrastrutture, attività economiche, etc.) e il corrispondente livello di rischio, distinto in 4 classi rappresentate mediante colori: giallo (R1-Rischio moderato o nullo), arancione (R2-Rischio medio), rosso (R3-Rischio elevato), viola (R4-Rischio molto elevato).

Nell'ambito della redazione del PGRA è stata condotta una specifica attività volta a verificare le esigenze di aggiornamento degli strumenti di pianificazione di bacino vigenti (Piano per l'Assetto Idrogeologico – PAI e PAI Delta) allo scopo di armonizzarli con il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni – PGRA.

Con deliberazione 5/2015, nella seduta del 17 dicembre 2015, il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del F. Po adotta il Progetto di Variante alle Norme di Attuazione del PAI e del PAI Delta. Con Deliberazione del Comitato Istituzionale n. 5 del 7 dicembre 2016 è stata successivamente adottata la Variante, articolata come segue:

PARTE PRIMA: introduzione del Titolo V delle NA del PAI, recante “Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)”;

PARTE SECONDA: introduzione della Parte III delle NA del PAI Delta, recante “Norme in materia di coordinamento tra il PAI Delta e il Piano di Gestione dei Rischi di Alluvione (PGRA)”.

Di seguito si richiamano sinteticamente alcuni articoli desunti dall'Allegato 1 alla sopraccitata Deliberazione C.I. n. 5 del 7 dicembre 2016 (nuovo Titolo V), significativi dal punto di vista urbanistico.

- l'art. 57, comma 1 sancisce che le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA costituiscono integrazione del quadro conoscitivo del PAI;
- art. 57, comma 3 sancisce che le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI con riguardo, in particolare, all'Elaborato n. 2 (Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici – Inventario dei centri abitati montani esposti a pericolo), all'Elaborato n. 3 (Linee generali di assetto idraulico e idrogeologico) nonché per la delimitazione delle Fasce fluviali di cui alle Tavole cartografiche del PSFF en dell'Elaborato 8 del Piano;
- l'art. 58, comma 1 e 2 demanda alle Regioni, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D.Lgs. n. 152/2006, l'emanazione, entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del presente Titolo V, di disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico (integrative rispetto a quelle già assunte con DGR VII/7365/2001, ora sostituita dalla vigente DGR IX/2616/2011) coordinate con quelle assunte in materia di Protezione civile ai sensi della legge 12 luglio 2012, n. 100;
- all'art. 59 innesca, ove necessario, una nuova fase di adeguamento degli strumenti urbanistici, una valutazione dettagliata delle condizioni di rischio all'interno dei centri edificati che si trovano a ricadere entro le aree allagabili e, conseguentemente, una fase di verifica e eventuale aggiornamento della pianificazione di emergenza.

2.4 DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PGRA NEL SETTORE URBANISTICO (DGR 19 GIUGNO 2017 N. X/6738)

Regione Lombardia, con D.G.R. X/6738 del 19.06.2017, ha approvato le "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del Piano di Gestione del Rischio di Alluvione (PGRA) nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza, ai sensi dell'art. 58 delle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino del fiume Po così come integrate dalla Variante adottata in data 07.12.2016 con deliberazione n. 5 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del fiume Po".

Le disposizioni di cui al punto 3 dell'allegato A della suddetta DGR costituiscono integrazione a quelle dei Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica approvati con DGR IX/2616 del 30.11.2011, relativamente all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore urbanistico alla scala comunale.

L'allegato A alla D.G.R. X/6738/17, al punto 3.1.3, introduce le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA per i corsi d'acqua NON interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali (quale il Torrente Guisa).

In particolare la norma prevede che:

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P3/H si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia fluviale A del PAI;
- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P2/M si applichino le limitazioni e prescrizioni previste

per la fascia fluviale B del PAI;

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P1/L si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia fluviale C del PAI.

Ai sensi dell'art. 59 delle N.d.A. del PAI (introdotto con il Nuovo Titolo V), tutti i comuni provvedono ad adeguare i rispettivi strumenti urbanistici conformandoli alla normativa sopraindicata. In particolare:

- I comuni applicano da subito la normativa sopraindicata sulle aree allagabili così come presenti nella mappe di pericolosità del PGRA, modificando di conseguenza le previsioni degli strumenti urbanistici che risultassero in contrasto, ed aggiornano conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7 della d.g.r. n.6738 del 2017;
- Nelle aree classificate come R4 i comuni sono tenuti a effettuare valutazioni più dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali secondo le metodologie riportate nell'allegato 4 alla d.g.r. IX/2616/2011. La valutazione deve avere le finalità descritte al punto 4 dell'allegato A "Disposizioni relative all'edificato esistente esposto a rischio";
- Entro le aree classificate con R4, possono essere svolte, in via transitoria dal comune, valutazioni preliminari, sulla base degli eventi alluvionali più significativi ricostruendo le altezze critiche e stimando se possibile la velocità;
- In assenza della valutazione preliminare, il comune ha facoltà di applicare, anche all'interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che utilizzi come dati tecnici di input tutte le informazioni del PGRA;
- I Comuni procedono con il recepimento delle aree allagabili e relative norme nello strumento urbanistico comunale;

Il tracciamento alla scala locale dei limiti delle aree allagabili, da effettuarsi sulla medesima base topografica del PGT, sarà consegnato a Regione nell'ambito delle procedure di pubblicazione degli strumenti urbanistici comunali attraverso la carta PAIPGRA.

1.1.1 Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio

Le aree già edificate esposte al rischio sono di fatto le aree classificate come R4 (per RP).

Su tali aree l'amministrazione comunale è tenuta a valutare con maggiore dettaglio le condizioni di pericolosità e di rischio a scala locale seguendo le metodologie riportate nell'all. 4 alla d.g.r. IX/2616/2011.

Tale valutazione ha le seguenti finalità:

- Individuare la necessità di mettere in opera interventi locali di riduzione del rischio, nonché il ripristino provvisorio delle condizioni di sicurezza degli edifici esistenti;
- Guidare le ulteriori trasformazioni urbanistiche in modo che non subiscano danni significativi in caso di evento alluvionale;
- Individuare le aree ove favorire la delocalizzazione degli insediamenti esistenti;
- Individuare le aree da assoggettare a eventuali piani di demolizione o rinaturalizzazione.

3. IL TORRENTE GUISA

Il torrente Guisa nasce a sud di Cermonate e si sviluppa da nord verso sud con bacino stretto e lungo, con una lunghezza totale, sino alla confluenza in Olona, di circa 22 km. Attraversa i comuni di Misinto, Cogliate, Ceriano Laghetto, Solaro, Cesate, Garbagnate, Bollate, Arese e Milano.

Nel primo tratto il torrente attraversa il comune di Ceriano Laghetto con lungo tratto tombinato. Successivamente attraversa il comune di Solaro di cui riceve le acque di scarico immediatamente a valle del parco comunale.

Poco a valle il torrente attraversa marginalmente il Parco delle Groane, confinando l'abitato del Comune di Cesate alla sua destra.

Prima di proseguire tombato il suo percorso, in comune di Garbagnate Milanese, riceve le acque di scarico di Cesate.

Procedendo verso valle il torrente inizia ad attraversare aree sempre più fortemente antropizzate.

Dopo il sottopassaggio della linea ferroviaria delle Ferrovie Nord, attraversa il comune di Garbagnate di cui riceve le acque di scarico in due differenti punti.

Sottopassa con un sifone il Canale Villoresi e successivamente, dopo un tratto sostanzialmente rettilineo e un alveo inciso e antropizzato, interseca in corrispondenza del limite comunale tra Arese e Bollate il CSNO nel quale scolma parte delle sue acque di piena.

Nel Comune di Bollate, in località Baranzate, confluisce con il Nirone; e dopo un tratto densamente urbanizzato sottopassa l'Autostrada A8 (Milano-Laghi).

Il corso d'acqua quindi transita nell'area immediatamente a monte dell'area metropolitana milanese e passa quindi nel sito EXPO 2015, prima di entrare in fognatura a nord del Cimitero Maggiore di Milano, per confluire nell'Olona dopo un lungo tratto in sotterraneo.

4. RACCOLTA ED ANALISI DELLE INFORMAZIONI DISPONIBILI

Per lo svolgimento dell'incarico sono stati raccolti ed analizzati tutti gli studi condotti sul torrente Guisa finalizzati a determinare il regime idrologico ed idraulico. Sono inoltre stati analizzati tutti i progetti finalizzati alla riduzione delle principali criticità e sono stati raccolti i dati delle opere di laminazione già realizzate al fine di considerarle nella successiva modellazione idraulica del corso d'acqua.

Nei paragrafi successivi si riporta nel dettaglio il materiale raccolto ed analizzato.

4.1 Studi e progetti pregressi

4.1.1 Studio "Lambro-Olona" (Autorità di Bacino fiume Po, 2004)

Nell'ambito dello "Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona" (2004), è stato definito l'assetto idraulico attuale e di progetto del T. Guisa adottando come modello di simulazione idrologica ed idraulica il modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute. Tale software è in grado, attraverso diversi moduli, di integrare il modello afflussi – deflussi con la propagazione dell'onda di piena lungo i diversi tratti del T. Guisa. Il modello idrologico-idraulico AdBPo, ha permesso quindi di riprodurre contemporaneamente i diversi meccanismi di formazione delle piene nei sottobacini urbani ed extraurbani e i fenomeni di esondazione che si sviluppano lungo l'alveo del torrente.

In contesti come quello del T. Guisa è fondamentale per una compiuta definizione dei meccanismi di formazione delle piene che il modulo "idrologico" ed "idraulico" a moto vario siano integrati al fine di considerare l'effetto dei restringimenti di alveo e degli invasi concentrati o diffusi, liberi o regolati, che si formano durante le piene. Tale rappresentazione infatti consente di definire come le onde di piena si propagano, laminandosi, verso valle e ricevendo i contributi degli affluenti e dei reticoli fognari lungo il percorso.

Sempre nell'ambito del citato studio, sulla base delle pesanti criticità evidenziate nella caratterizzazione dello stato di fatto, è stato definito un assetto di progetto volto a definire gli interventi atti a risolvere le suddette criticità tenendo conto della necessità di contenere le portate di piena per il tratto urbano del T. Guisa in comune di Milano alla portata massima di 8.5 mc/s e di non sovraccaricare il CSNO limitando l'apporto del T. Guisa subito a monte dello stesso CSNO alla portata di 9.5 mc/s, di cui 2.2 mc/s proseguono a valle mentre 7.3 mc/s sono scaricati nello scolmatore.

Nella successiva figura di evidenza lo schema dell'assetto di progetto del T. Guisa confrontato con lo stato di fatto.

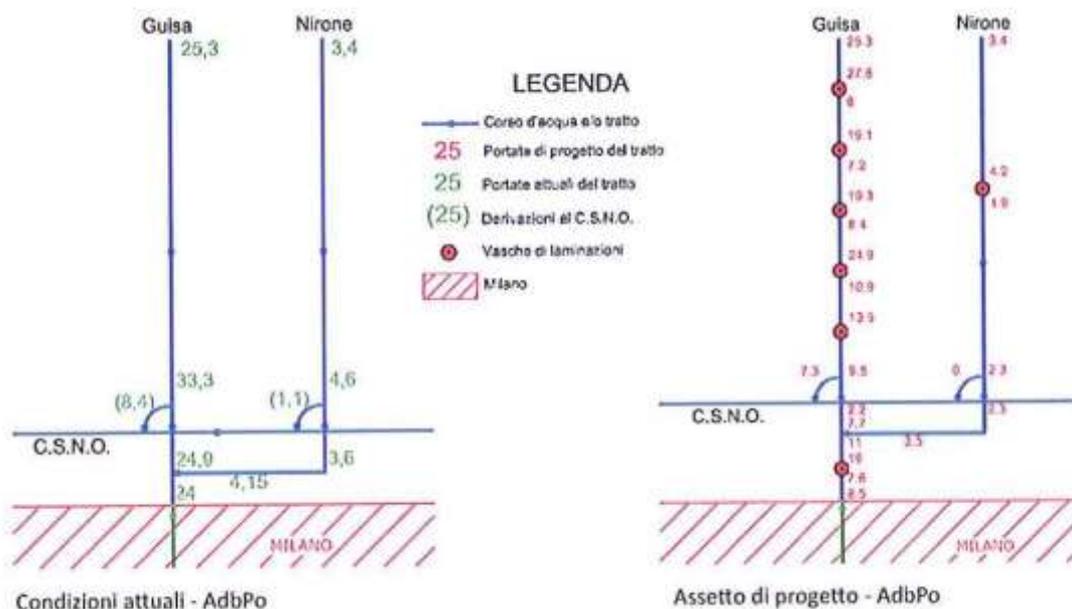


Figura 1: Schema idraulico dell'assetto di fatto e di progetto del T. Guisa

Dati i diffusi allagamenti che, nella configurazione Stato attuale AdBPo, interessavano tutti i comuni attraversati dal corso del T. Guisa, lo scenario di progetto individuato prevedeva la realizzazione lungo il corso del T. Guisa di 6 casse di laminazione, ciascuna con il compito di presidio "locale" del centro abitato posto a valle. Si riporta, nel prospetto seguente la volumetria e l'ubicazione della casse previste:

1. Solaro: 180'000 mc
2. Cesate: 110'000 mc
3. Garbagnate (Cesate sud): 190'000 mc
4. Garbagnate - Bollate: 200'000 mc
5. Bollate: 60'000 mc
6. Milano: 180'000 mc

Era inoltre prevista una vasca di laminazione sull'affluente Nirone. Tale configurazione è stata verificata, nell'ambito del citato Studio AdBPo con il modello idrologico idraulico a moto vario Mike 11 che ha mostrato come la configurazione proposta fosse in grado di eliminare le situazioni di rischio idraulico lungo il T. Guisa e rispettare i limiti di portata nel CSNO e nel tratto tombinato di Milano.

4.1.2 Progetto Definitivo ed Esecutivo – Area Expo 2015. Viabilità e sottoservizi - Sistemazione Idraulica del T. Guisa (Metropolitana Milanese, 2011)

Nell'ambito del "Progetto Definitivo – Area Expo 2015, Viabilità e sottoservizi, Sistemazione Idraulica del T. Guisa" è stato eseguito un approfondito studio idrologico idraulico con ulteriori analisi effettuate allo scopo di definire con maggiore accuratezza l'assetto attuale del T. Guisa lungo il suo intero sviluppo.

Tali approfondimenti, sviluppati dalla società ETATEC s.r.l. per conto di Metropolitana Milanese (MM), al fine di definire gli interventi necessari per ridurre la portata di piena del T. Guisa a valori compatibili con il

tratto tombinato all'interno della città di Milano, richiamati nel presente paragrafo, hanno condotto alla ridefinizione sia degli idrogrammi di piena scaricati nel T. Guisa dagli scaricatori delle reti di drenaggio urbano presenti lungo l'asta, sia degli apporti dei bacini "naturali" afferenti in modo diffuso al Torrente.

Sulla base di tale ridefinizione degli idrogrammi, nell'ambito dello stesso studio MM, con il supporto di un modello idrologico idraulico del T. Guisa del tutto analogo a quello sviluppato dalla AdBPo, e nel pieno rispetto dell'approccio metodologico utilizzato nell'ambito dello studio AdBPo, è stato ridefinito lo stato attuale del T. Guisa per tenere conto dell'effetto di alcune opere di laminazione realizzate dopo la redazione dello studio AdBPo (2004).

Lo studio è stato considerato, con parere ufficiale dell'Autorità di Bacino del F. Po del 13 giugno 2012, sufficientemente approfondito per essere ritenuto un aggiornamento dello studio di fattibilità di sistemazione del T. Guisa (e delle sue interconnessioni con il reticolo naturale ed artificiale compreso fra il Lambro e L'Olona a Nord di Milano) eseguito dalla Autorità di Bacino nel 2004.

Nell'ambito dello studio MM, a tutti i bacini urbani del T. Guisa è stato applicato quindi l'approccio modellistico del NAM-URBANO che, poiché assegna alle reti fognarie una capacità di invaso definita, depura l'idrogramma di ingresso da quei volumi che, inducendo fenomeni di esondazione nei centri abitati, non riescono ad essere smaltiti durante l'evento e sono "sfiorati" fuori dal sistema.

Nell'ambito del citato studio MM è stata inoltre condotta una attenta correzione dei parametri idrologici utilizzati dall'AdBPo per la definizione degli idrogrammi afferenti al T. Guisa in modo diffuso dai bacini "naturali" afferenti al torrente lungo il suo corso.

La correzione di tali parametri idrologici ha condotto a valori del coefficiente udometrico dell'ordine di grandezza di circa 3-10 l/s/ha, valore tipico per bacini analoghi a quelli afferenti al T. Guisa. Inoltre sono state corrette alcune inesattezze riportate nello studio AdBPo nella perimetrazione dei bacini naturali afferenti.

Tali approfondimenti sono stati condotti considerando la stessa pluviometria utilizzata nello studio Lambro-Olona più volte citato.

Sulla base della ridefinizione dell'idrologia di piena del T. Guisa, nell'ambito dello studio MM, è stato costruito, con il software MIKE 11, il modello idrodinamico del T. Guisa opportunamente aggiornato.

Il modello idrologico idraulico aggiornato ha quindi condotto alla ridefinizione dell'assetto "attuale" del corso d'acqua che risulta meno critico dello stato attuale definito dallo studio 2004; ciò è dovuto in parte al maggiore dettaglio della modellistica idrologico-idraulica ed in parte alla presenza delle opere di laminazione già realizzate o di imminente realizzazione (vasca di Cesate).

Nell'ambito dello studio è stato poi definito uno scenario di progetto suddividendo il T. Guisa in due tratti, il primo a monte ed il secondo a valle del CSNO, fino all'imbocco della tombinatura di Milano.

Nell'ambito del primo tratto è stato studiato un assetto di progetto in grado di limitare, in accordo con gli obiettivi stabiliti dall'AdBPo, a 2.2 mc/s la portata che prosegue nel T. Guisa a valle del nodo CSNO e di scaricare nel CSNO una portata di picco massima di 7.3 mc/s. Lo studio MM propone inoltre di realizzare un'opera di invaso del volume di 340'000 mc in corrispondenza dell'area indicata già nello studio AdBPo come vasca di Garbagnate-Bollate. Tale intervento consentirebbe di non realizzare la prevista vasca di Bollate, del volume utile pari a circa 60'000 mc.

4.1.3 Progetto Preliminare “Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (MI) e Bollate (MI)” (ERSAF, 2013)

Nel progetto preliminare è stato implementato un nuovo modello idrodinamico per il tratto compreso tra il ponte di via dei Tigli a Garbagnate Milanese e l'attraversamento del CSNO, utilizzando le medesime condizioni al contorno dello studio MM.

Il modello ha innanzitutto permesso di confermare le criticità idrauliche riportate nello studio di fattibilità di ERSAF della fine del 2012.

La modellazione idraulica, ha messo in evidenza la possibilità di ridurre il volume complessivo d'invaso ottimizzando il comportamento della bocca tarata posta al termine dell'area di laminazione, anche in assenza di organi di regolazione, grazie alla configurazione parte in linea e parte fuori linea dell'area di laminazione (configurazione peraltro già prevista dallo studio di fattibilità). Ha poi consentito, attraverso l'analisi delle curve di invaso e sommando all'idrogramma in uscita dall'area di laminazione l'idrogramma che si immette nel torrente Guisa nel tratto a valle prima del nodo col CSNO, di verificare che la portata al colmo nel nodo col CSNO fosse inferiore al limite di $9,5 \text{ m}^3/\text{s}$.

È così emersa la necessità di portare all'interno dell'area di laminazione principale lo scarico 4 di Garbagnate ($q = 5,45 \text{ m}^3/\text{s}$) che si trova nei pressi del ponte Castellazzo, quindi immediatamente a valle dell'area di laminazione principale. Diversamente i progettisti del preliminare hanno ritenuto che sarebbe stato necessario costruire un'area di laminazione principale che richiedeva un volume molto maggiore rispetto a quello di $230.000,00 \text{ mc/s}$ necessario nell'ipotesi di portare lo scarico all'interno dell'invaso. A seguito di valutazioni sulla compatibilità delle quote dello scarico con quelle del fondo è stato previsto il prolungamento verso monte di un tratto di circa 116 m del collettore fognario finale di tale scarico.

La riduzione del volume necessario ha indotto il gruppo di progettazione a ridurre l'ingombro in pianta dell'opera, rispetto a quanto ipotizzato nel precedente studio di fattibilità dallo stesso ERSAF.

Il progetto preliminare ha infine evidenziato la necessità di realizzare un'ulteriore area di laminazione locale a monte del ponte ferroviario a Garbagnate milanese, peraltro già evidenziata dall'amministrazione comunale, di volume pari a circa 19.000 mc , in grado di ridurre le portate al colmo da 13 a 11 mc/s , evitando così il funzionamento in pressione del ponte di via Monza vada in pressione, eliminando anche le conseguenti esondazioni a monte per $T = 100$ anni.

4.1.4 Progetto Definitivo ed Esecutivo “Riqualficazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa nei comuni di Garbagnate Milanese (Mi) e Bollate (Mi)” (2013-2015)

Nell'ambito progettazione definitiva ed esecutiva condotta dagli scriventi sono stati svolti degli approfondimenti di natura idrologica ed idraulica rispetto al progetto preliminare finalizzati ad ottimizzare la soluzione progettuale, mantenendo inalterati gli obiettivi di natura idraulica e gli ingombri delle opere del progetto definitivo. I principali obiettivi idraulici, individuati già nel progetto preliminare, sono:

1. limitare a 9.5 mc/s la portata massima in arrivo al CSNO per un evento centennale;
2. ridurre la portata in arrivo al ponte di via Monza ad un valore che ne consenta il funzionamento a pelo libero ed eviti la tracimazione delle sponde a monte del ponte.

3. suddividere l'area golenale principale in due comparti a diversa frequenza di allagamento, realizzabili eventualmente in due lotti funzionali distinti, dei quali il primo consenta il raggiungimento dell'obiettivo di portata al CSNO pari a 9.5 mc/s per eventi con tempo di ritorno non inferiore a 10 anni.

È stato valutato innanzitutto il funzionamento idraulico del Guisa nell'assetto di progetto che comprende realizzati entrambi gli invasi (Lotto1: area golenale principale e Lotto 2: area golenale secondaria) per eventi con tempo di ritorno decennale e centennale.

Successivamente sono state invece svolte le simulazioni, sempre per eventi con T10 e T100 anni, considerando realizzato in un caso il solo lotto 1a (area golenale principale di frequente allagamento e ricalibratura dell'alveo di valle) e nell'altro il lotto 1a più il lotto 1b (lotto 1a sommato all'area golenale principale di raro allagamento). Inoltre, durante la progettazione definitiva, è emersa la necessità di modificare la soluzione del progetto preliminare che prevedeva lo spostamento dello scarico 4 di Garbagnate all'interno dell'area golenale principale, sul fondo e nella sua parte terminale prossima al manufatto di controllo. È stata individuata una soluzione a questa criticità insieme ai tecnici di CAP Holding, gestore della rete fognaria, già valutata positivamente e tecnicamente verificata dal gestore stesso. L'*assetto definitivo* prevede quindi la realizzazione di tale intervento ad opera del gestore. Poiché tuttavia non sono certi i tempi di realizzazione di tale intervento è stato necessario analizzare anche il funzionamento del sistema e il rispetto degli obiettivi in un *assetto transitorio*, nell'ipotesi cioè che tale deviazione fognaria non venga realizzata prima del completamento delle opere in progetto

Date le incertezze, all'atto della redazione del progetto definitivo, sulla successione dei lotti di realizzazione degli interventi e sulle tempistiche di realizzazione della deviazione dello scarico 4, sono state condotte diverse simulazioni per tempo di ritorno decennale e centennale, ciascuna delle quali ha una finalità specifica descritta nella tabella successiva. Tutte le simulazioni sono state svolte utilizzando il modello MIKE 11 del Danish Hydraulic Institute che utilizzando le medesime condizioni al contorno dello studio MM.

In tabella 1 sono riassunti gli scenari simulati nell'ambito della progettazione.

Assetto	Scenario simulato	Obiettivi della simulazione
Stato di fatto	<u>T=100 anni</u>	Individuazione delle criticità esistenti
Progetto – assetto definitivo (immissione dell'80% del bacino dello scarico 4 a monte dell'area golenale principale)	Realizzazione completa degli interventi (<u>lotto 1 + lotto 2</u>) - <u>T=100 anni</u>	Dimensionamento delle opere in progetto e verifica del conseguimento degli obiettivi ($Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO e funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza)
	Realizzazione dell' <u>intero lotto 1</u> - <u>T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a</u> - <u>T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a</u> - <u>T=10 anni</u>	Verifica della capacità dell'opera di contenere eventi con $Tr > 10$ anni garantendo $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO
Progetto – assetto transitorio (immissione dello scarico 4 nell'attuale posizione)	Realizzazione completa degli interventi (<u>lotto 1 + lotto 2</u>) - <u>T=100 anni</u>	Dimensionamento delle opere in progetto e verifica del conseguimento degli obiettivi ($Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO e funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza)
	Realizzazione dell' <u>intero lotto 1</u> - <u>T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a</u> - <u>T=100 anni</u>	Verifica del massimo livello nell'area golenale principale e della portata in arrivo al CSNO
	Realizzazione del solo <u>lotto 1a</u> - <u>T=10 anni</u>	Verifica della capacità dell'opera di contenere eventi con $Tr > 10$ anni garantendo $Q_{max} = 9.5$ mc/s al CSNO

Tabella 1 - Scenari simulati con modellazione quasi-bidimensionale

L'analisi dello stato di fatto ha confermato quanto già emerso nel progetto preliminare e qui di seguito riassunto. Il tratto studiato presenta criticità connesse con il funzionamento di alcuni attraversamenti il cui rigurgito dà luogo a locali esondazioni. Particolarmente critico è, nel tratto urbano del Guisa in Garbagnate, il funzionamento in pressione ed il rigurgito causato dal restringimento del ponte di Via Monza che attualmente causano tracimazioni della sponda destra. A valle del tratto urbano di Garbagnate criticità locali si verificano in corrispondenza dell'imbocco della tombinatura del quartiere "Trifoglio" dove la portata di piena centennale è causa del funzionamento in pressione del tombino. Nel tratto vallivo allagamenti localizzati si verificano in corrispondenza dei manufatti di attraversamento della località "Castellazzo" in comune di Bollate e della SP 133, dove il transito della portata centennale causa la tracimazione di entrambi gli attraversamenti. Infine il rigurgito provocato dal ponte di via Vismara in comune di Arese è causa di allagamenti che interessano sia la

sponda destra che la sponda sinistra. Nello stato di fatto la portata centennale in arrivo al CSNO è pari a 27.18 mc/s.

Le simulazioni condotte per l'assetto di progetto hanno invece permesso di trarre le seguenti conclusioni:

- La realizzazione dell'intero intervento in progetto, sia nell'assetto transitorio che definitivo, consente il conseguimento di tutti gli obiettivi (funzionamento a pelo libero del ponte di via Monza, e dei manufatti tra l'area golenale principale e il CSNO e portata al CSNO non superiore a 9.50 mc/s);
- la realizzazione del solo lotto 1 (area golenale principale completa + riprofilatura alveo Guisa a valle), sia nell'assetto transitorio che definitivo, è in grado di garantire la messa in sicurezza del tratto di Guisa compreso tra la l'area golenale principale ed il CSNO e garantire una portata al Canale Scolmatore congrua con gli obiettivi prefissati (9.5 mc/s per $T=100$ anni), invasando un volume di 200'000 mc nell'assetto definitivo e di 290'000 mc nell'assetto transitorio;
- la realizzazione del solo lotto 1a (solo porzione ad elevata frequenza di allagamento dell'area golenale principale) per eventi di piena caratterizzati da un tempo di ritorno pari a $T = 10$ anni è in grado di garantire la messa in sicurezza del tratto di Guisa compreso tra la l'area golenale principale ed il CSNO e garantire una portata al Canale Scolmatore congrua con gli obiettivi prefissati, mentre per eventi centennali la portata in arrivo al CSNO è circa 12 mc/s.

Allo stato attuale l'area golenale principale di Garbagnate-Bollate (Lotto 1) risulta completamente realizzata, mentre l'area golenale secondaria (Lotto 2) risulta appaltata e in fase di realizzazione, ma i lavori sono stati a lungo sospesi ed attualmente è in corso la bonifica dei terreni dai rifiuti rinvenuti in corso d'opera.

4.1.5 Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del torrente Guisa (ETATEC, 2017)

Con la conclusione di Expo Milano 2015, la società Arexpo S.p.A. ha avviato un percorso tecnico ed economico finalizzato alla valorizzazione e riqualificazione del Sito che prevede l'utilizzo nella fase transitoria denominata "*Fast Post Expo*", di parte delle aree e dei manufatti ivi insistenti, nell'attesa della definizione del progetto di sviluppo dell'intero Sito, volendo per tale via garantire la conservazione del patrimonio di infrastrutture, manufatti ed opere realizzati per Expo Milano 2015 e fruiti dal pubblico durante la stessa.

Nel Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), redatto dal Distretto Idrografico del fiume Po (ex Autorità di bacino del fiume Po) nell'ambito della Direttiva Alluvioni 2007/60/CE, l'area del sito EXPO risulta essere interessata dalla presenza di aree di allagamento conseguenti all'esondazione del T. Guisa. Tali aree di esondazione erano state definite nell'ambito dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*" (2004), dall'allora Autorità di bacino del fiume Po.

Successivamente, per consentire di realizzare le opere previste per EXPO, il corso del torrente Guisa all'interno dell'area del sito è stato deviato ed è stata realizzata un'area di laminazione, all'interno del sito EXPO.

In relazione a quanto sopra, la società Arexpo S.p.A. ha chiesto al Distretto Idrografico del fiume Po la revisione delle aree allagabili del T. Guisa.

Per poter procedere a tale aggiornamento, il Distretto Idrografico del fiume Po ha formulato (lettera prot. 1649/31/CM del 24/03/2017), alla società Arexpo S.p.A., la richiesta di aggiornamento del modello idraulico per tenere conto dell'attuale assetto di progetto ad opere completate. ETATEC ha quindi provveduto, su incarico di Arexpo, ad aggiornare l'analisi idrologico - idraulica sul Guisa, pervenendo a nuove aree di allagamento per il comune di Milano. La modifica delle aree allagabili per la piena frequente, poco frequente e rara contenuta per i territori sopra indicati, è stata approvata in linea tecnica, a seguito della **Conferenza dei Servizi del 19 luglio 2017 e del 19 ottobre 2017, convocata da Regione Lombardia** ai sensi degli artt. 14bis, comma 7 e 14 ter della legge 241/90 e quindi con il Decreto 261 del 2019 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po.

4.1.6 Studio Idrologico-Idraulico del Torrente Guisa in comune di Baranzate (Studio Majone, 2017)

A seguito della **Conferenza dei Servizi del 19 luglio 2017 e del 19 ottobre 2017 convocata da Regione Lombardia per la modifica delle aree allagabili sul Guisa in comune di Milano e Baranzate**, ai sensi degli artt. 14bis, comma 7 e 14 ter della legge 241/90 e s.m.i., sono state approvate sotto il profilo tecnico le modifiche alle aree allagabili per la piena frequente, poco frequente e rara contenuta negli studi presentati per i territori sopra indicati.

Lo “*Studio idrologico-idraulico del torrente Guisa in comune di Baranzate*” realizzato dagli scriventi nel 2017 ha portato ad un nuovo tracciamento delle aree di allagamento per effetto delle opere realizzate sul corso d'acqua. Le aree allagabili per lo scenario frequente e poco frequente in comune di Baranzate sono state eliminate, mentre è stata mantenuta l'area di allagamento associata allo scenario raro.

Lo studio idrologico-idraulico relativo al Guisa in Comune di Baranzate ha utilizzato come input idrologico gli aggiornamenti condotti nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*” redatto da Studio Paoletti Ingegneri Associati per conto di AREXPO (2017). Tale input idrologico costituisce l'ultimo aggiornamento successivo allo studio Lambro-Olona del 2004, impiegato anche per la nuova perimetrazione delle aree di allagamento del PGRA (revisione gennaio 2018) proposta da Regione Lombardia.

4.1.7 Studio Idrologico-Idraulico per la “Definizione di soglie di attenzione-allerta-allarme pluviometriche e idrometriche lungo l'asta del torrente Guisa” (Est Ticino Villorosi, 2018)

Lo studio inerente le “Attività per la definizione di soglie di attenzione – allerta - allarme pluviometriche e idrometriche lungo l'asta del torrente Guisa” è stato sviluppato per conto del Consorzio di Bonifica Est Ticino Villorosi, per lo svolgimento delle attività allo stesso assegnate da Regione Lombardia. Lo studio si è articolato secondo le seguenti attività:

- Raccolta ed analisi studi e progetti pregressi;
- Raccolta ed analisi di dati inerenti opere di laminazione già realizzate lungo l'asta;
- Rilievo topografico in corrispondenza degli idrometri installati;
- Raccolta dati idrometrici e pluviometrici;
- Implementazione del modello matematico dell'asta del torrente Guisa mediante il codice di calcolo HEC-RAS 5.0.5;

- Definizione delle soglie pluviometriche e idrometriche relative alle stazioni di misura installate lungo l'asta del Guisa.

Sulla scorta delle elaborazioni condotte sui dati misurati messi a disposizione dal Consorzio ETV e sulla base dei risultati ottenuti dalle modellazioni idrologico-idrauliche si è proceduto all'individuazione di soglie di attenzione, pre-allarme e allarme. Per lo svolgimento dello studio è stato implementato un modello monodimensionale accoppiato a bidimensionale, realizzato con le stesse ipotesi e condizioni al contorno dello studio implementato per il "Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del torrente Guisa", redatto da ETATEC nel 2017.

4.2 Aree di laminazione realizzate lungo l'asta del torrente Guisa

Per la modellazione idraulica del torrente Guisa sono state considerate tutte le opere di laminazione già realizzate lungo l'asta del Guisa sino all'ingresso nella tombinatura di Milano. In particolare, sono state considerate le seguenti opere di laminazione:

- Area di laminazione di Ceriano Laghetto
- Area di laminazione di Cesate
- Area di laminazione di Garbagnate Milanese e Bollate "Riqualificazione e messa in sicurezza della valle del Torrente Guisa – lotto 1"
- Area di laminazione nell'area EXPO

Vengono di seguito descritte le principali caratteristiche delle aree di laminazione sopra citate.

4.2.1 Area di laminazione di Ceriano Laghetto

L'area di laminazione di Ceriano Laghetto realizzata nell'ambito del progetto "*Collegamento vasca volano di Ceriano Laghetto al sistema di collettamento asta bacino del torrente Guisa*", e situata immediatamente a valle dell'attraversamento cittadino di Ceriano Laghetto si estende su una superficie di circa 25'000 m² e presenta un volume utile di laminazione di circa 50'000 m³.



Figura 2: Localizzazione dell'are di laminazione di Ceriano Laghetto

L'area di laminazione è già stata inserita nell'aggiornamento del modello idrologico-idraulico condotto nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*” (Studio Paoletti Ingegneri Associati per conto di AREXPO, 2017) e viene considerata anche nella modellazione idraulica del Guisa effettuata per il presente incarico.

20
46

4.2.2 Area di laminazione di Cesate

L'area di laminazione presenta un volume di invaso compressivo pari circa 30'000 m³ e risulta costituita da due comparti realizzati per mezzo di arginatura dei terreni adiacenti e collegati con una soglia sfiorante posta a quota 199.44 m s.l.m. L'opera è già stata inserita nell'aggiornamento del modello idrologico-idraulico condotto nell'ambito dello studio “*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*” e viene anche considerata nella modellazione idraulica del Guisa effettuata per il presente incarico.



Figura 3: Localizzazione dell'are di laminazione di Cesate

4.2.3 Area di laminazione di Garbagnate Bollate

L'area di laminazione si estende su una superficie complessiva di circa 11 ha posta in sinistra idraulica dell'attuale corso del Guisa, nel tratto compreso tra l'attraversamento della SP n. 19 e l'attraversamento della SP n. 133. L'area è suddivisa in due comparti a differente frequenza di allagamento, messi in comunicazione da uno sfioratore in massi ciclopici di lunghezza 12 m e posto a quota 166.5 m s.l.m. Il manufatto di regolazione è costituito da una sezione di controllo con luce rettangolare di dimensioni 1.5 x 2.5 metri. Affiancato al manufatto di regolazione è realizzato uno sfioratore di emergenza di lunghezza 42 metri, con sommità posta a quota 167.20 m s.l.m.



Figura 4– Area di laminazione di Garbagnate-Bollate

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli as-built dell'intervento del quale l'ing. Denis Cerlini, ha condotto la Direzione Lavori.

Il volume di invaso totale è pari a 276'900 m³, come riportato nel certificato di collaudo, redatto ai sensi della Legge Regionale Lombardia 26/2003, dall'ing. Andrea di Stazio in data 11 luglio 2016.

4.2.4 Area di laminazione nel sito EXPO

L'area di laminazione, per un volume di invaso di 20'000 m³ alla quota di 138.9 m s.l.m., si estende su una superficie di circa 6'700 m². La vasca interrata è posta ad una quota di fondo di 135.90 m s.l.m., mentre l'intradosso è a quota 140.25 m s.l.m.

L'alimentazione della vasca avviene per mezzo di una soglia di sfioro posta a quota 139.10 m s.l.m. innalzabile fino a quota 139.70 m s.l.m. mediante panconi in alluminio. A valle di essa è presente uno sfioro di emergenza a quota 139.00 m s.l.m. innalzabile con panconi fino alla quota di 139.60 m s.l.m.



Figura 5– Area di laminazione all'interno del sito EXPO (vasca interrata)

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli as-built dell'intervento trasmessi agli scriventi dalla società *Metropolitana Milanese*.

23
46

4.3 Nodo idraulico Canale Scolmatore di Nord Ovest (CSNO)

Nel modello idraulico implementato nel presente studio, oltre alle opere di laminazione, è stato inserito il nodo idraulico in corrispondenza del Canale Scolmatore di Nord-Ovest, nella configurazione attuale, dopo i recenti lavori di AIPO. L'opera di derivazione è costituita da una soglia di sfioro a quota fissa di 155.70 m s.l.m. e lunghezza 15 metri, e da un manufatto di regolazione costituito da una doppia luce di dimensioni 2.0 x 1.5 metri dotata di paratoie mobili.



Figura 6– Nodo idraulico in Guisa-CSNO



Figura 7– Ponte Canale CSNO

I dati geometrici utilizzati per l'aggiornamento del modello idraulico implementato nel presente studio sono stati dedotti dagli elaborati del progetto “*Lavori di adeguamento funzionale del canale Scolmatore di nord ovest nel tratto compreso tra Senago (MI) e Settimo Milanese (MI) – MI.E.781*” trasmessi agli scriventi dall'Agenzia Interregionale per il fiume Po (AIPO) nell'ambito dello studio realizzato per il comune di Baranzate.

4.4 Ponte di via Monza a Garbagnate Milanese

Nel territorio del comune di Garbagnate Milanese è presente, a valle dell'attraversamento ferroviario del Guisa, un ponte a servizio di via Monza che presenta funzionamento in pressione per il tempo di ritorno

100 anni. A causa del rigurgito provocato dal manufatto si creano allagamenti nel centro cittadino che, per effetto dell'andamento morfologico, interessano il comparto via Monza – via Milano – via San Carlo, sino a via Marchese Corrado.

Nelle immagini seguenti è riportata una fotografia aerea del ponte, nonché pianta e sezione del rilievo specificamente condotto sull'attraversamento.



Figura 8– Foto aerea del ponte di via Monza

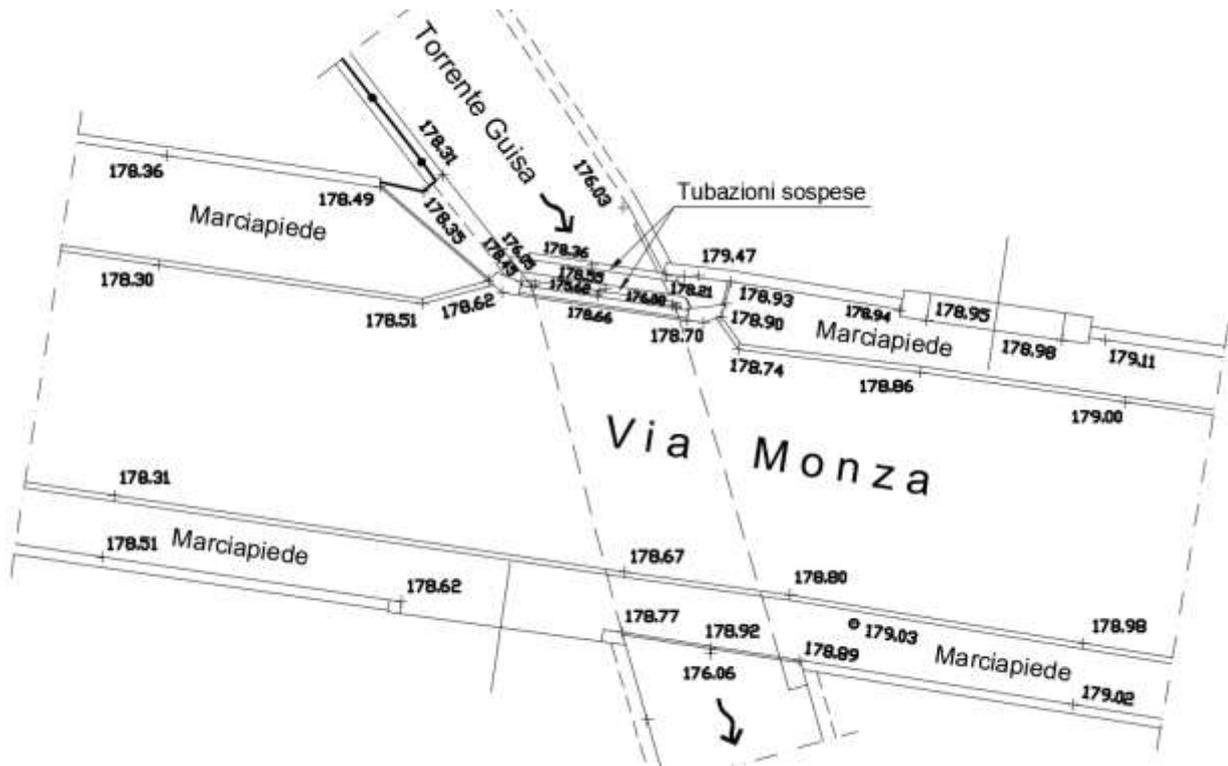


Figura 9– Planimetria di rilievo ponte di via Monza

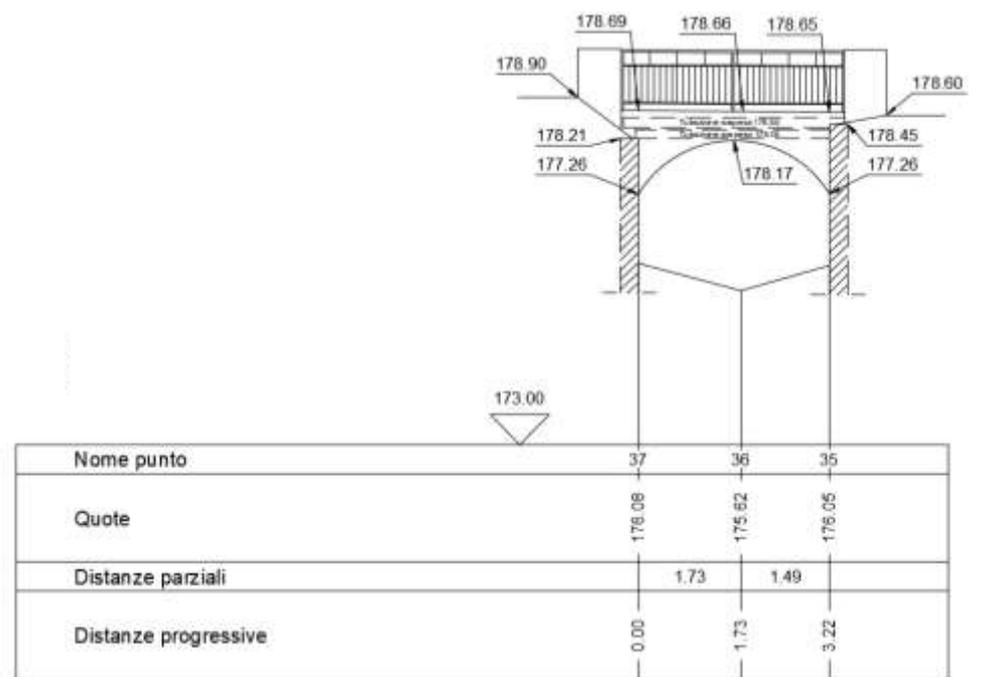


Figura 10– Sezione trasversale di rilievo ponte di via Monza

4.5 Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

A seguito del completamento delle quattro aree di laminazione delle piene del Torrente Guisa, Regione Lombardia ha avviato la procedura di modifica della delimitazione delle aree allagabili relative all'intera asta, finalizzata all'aggiornamento delle mappe di pericolosità del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni, secondo le modalità definite dall'art. 10 della Deliberazione di C.I. dell'Autorità di Bacino del Fiume Po n. 5 del 7 dicembre 2016.

La procedura ha tratto origine da due istanze puntuali, pervenute, in conformità alle indicazioni definite dalla D.G.R. 6738 del 19 giugno 2017, nel mese di giugno 2017 relative al territorio del comune di Baranzate ed all'area EXPO. Tali proposte puntuali di modifica sono state esaminate ed approvate dal punto di vista tecnico, sia da Regione Lombardia che dall'Autorità di Bacino del fiume Po, in occasione di due Conferenze di Servizi istruttorie svoltesi in data 19 giugno 2017 e 19 ottobre 2017.

Successivamente, Regione Lombardia ha proceduto a elaborare una proposta di modifica delle aree allagabili riferita all'intera asta del torrente. Tale perimetrazione, riportata nell'elaborato grafico *ETG 0005*, è stata sottoposta a parere preventivo dei comuni con la Conferenza dei Servizi svolta in data 11 settembre 2018.

Per la modifica delle aree allagabili del torrente Guisa contenute nel PGRA l'informazione idrologica di riferimento è quella contenuta nello studio "*Servizio di aggiornamento analisi idrologiche-idrauliche del torrente Guisa*". Vengono di seguito riassunte le principali considerazioni contenute nella Relazione Tecnica del suddetto studio.

4.5.1 Tempi di ritorno di riferimento

I tempi di ritorno considerati per l'aggiornamento del PGRA sono 10, 100 e 500 anni. Tali valori sono coerenti a quanto definito dal Distretto Idrografico del fiume Po nell'ambito del PGRA e sono analoghi a quelli utilizzati nell'ambito dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*".

4.5.2 Curve di possibilità pluviometrica

La determinazione delle curve di possibilità pluviometrica è stata effettuata aggiornando i dati utilizzati nell'ambito dello "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*", che sono stati utilizzati anche nell'ambito dell'aggiornamento modellistico condotto nel 2011 nel progetto di Metropolitana Milanese.

I valori dei diversi parametri sono estrapolabili dal sito internet dell'ARPA (http://idro.arpalombardia.it/pmapper-3.2/wg_serv_idro.phtml) dove sono presenti delle mappe di tutta la regione.

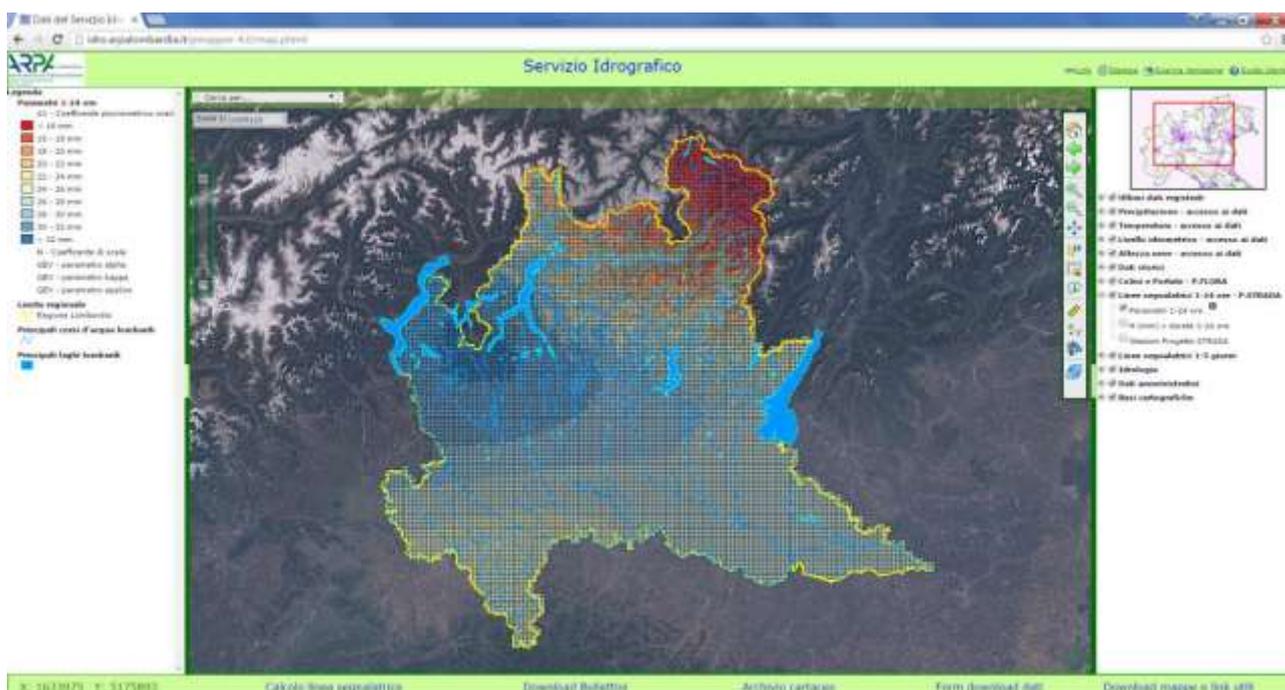


Figura 11 – Schermata del sito web dell’Arpa Lombardia da cui è possibile estrarre i parametri delle curve di possibilità pluviometrica

Con riferimento alla suddivisione in sottobacini individuati nello studio Lambro-Olona, di seguito si riportano, per i diversi sottobacini, i parametri delle curve di possibilità pluviometrica ricavate da ARPA. I parametri sono relativi al baricentro di ciascun sottobacino.

BACINO	comuni	a1	n	alpha	kappa	epsilon
GU_10	Ceremate, Lazzate, Misinto, Cogliate	31.9	0.32	0.290	-0.011	0.829
GU_09	Ceriano L.	31.7	0.32	0.291	-0.013	0.828
GU_08	Solaro	31.6	0.32	0.292	-0.012	0.827
GU_07	Solaro, Cesate	31.5	0.32	0.292	-0.012	0.827
GU_06	Cesate	31.4	0.32	0.293	-0.017	0.825
GU_05	Garbagnate	31.4	0.32	0.293	-0.017	0.825
GU_04	Garbagnate	31.2	0.32	0.294	-0.017	0.825
GU_03	Bollate	31.1	0.31	0.294	-0.020	0.824
GU_02	Bollate	31.0	0.31	0.295	-0.021	0.823
GU_01	Bollate,	30.8	0.31	0.295	-0.025	0.822

Figura 12 – Parametri delle curve di possibilità pluviometrica per i diversi sottobacini (fonte: Studio Paoletti)

4.5.3 Ietogrammi di riferimento

La scelta dello ietogramma di progetto è stata effettuata in aderenza a quanto adottato dall’Autorità di bacino del fiume Po nell’ambito del citato “*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali e artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona*”. È stato pertanto scelto lo ietogramma tipo Chicago di durata 24 ore.

Per il calcolo dello ietogramma Chicago si è utilizzato il software URBIS che richiede come dati in ingresso: i parametri a e n della prescelta curve di possibilità pluviometrica; la durata della pioggia; il parametro

r che definisce la posizione del picco all'interno della durata complessiva. Per il bacino del Guisa la durata dello ietogramma, come già detto in precedenza, è stata assunta pari a 24 ore e il parametro r è stato assunto pari a 0.3.

4.5.4 Modellazione afflussi-deflussi

Analogamente a quanto già condotto nello “Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d’acqua naturali e artificiali all’interno dell’ambito idrografico di pianura Lambro – Olona” (2004) il modello afflussi-deflussi utilizzato per le valutazioni idrologiche di stima dei contributi di piena dei sottobacini “naturali” afferenti al torrente Guisa, è il modulo NAM del programma di calcolo MIKE 11. Tale modello, costituito sostanzialmente da un set di relazioni matematiche in grado di descrivere quantitativamente la fase terrestre del ciclo dell’acqua, è di tipo deterministico a parametri concentrati con un discreto, ma moderato, set di grandezze richieste in input. Esso opera simulando in continuo la variazione di contenuto di acqua (in fase liquida o vapore) di quattro serbatoi distinti e reciprocamente collegati, i quali rappresentano gli elementi fisici principali di un qualsiasi bacino idrografico.

I quattro serbatoi rappresentano i seguenti processi:

1. accumulo e scioglimento neve (non utilizzato nel presente studio);
2. intercettazione;
3. infiltrazione;
4. immagazzinamento nella falda.

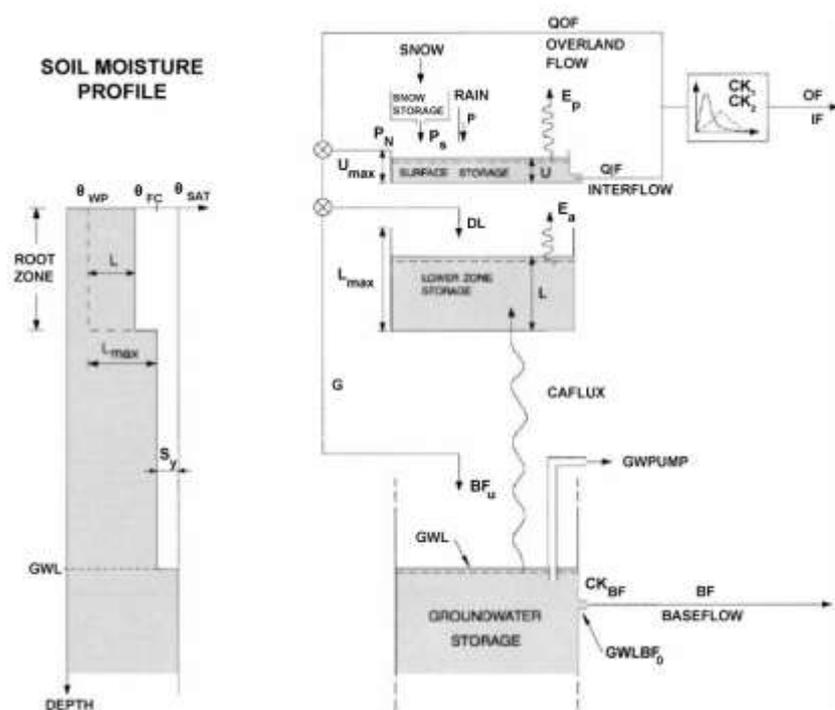


Figura 13 – Schematizzazione del modulo NAM del modello MIKE11

I dati richiesti in ingresso al modello idrologico risultano essere:

- parametri per il setup delle simulazioni: periodo di simulazione, passo temporale di calcolo;
- parametri del modello: S , L_{max} , U_{max} , C_{QOF} , $CK_{1,2}$, CK_{IF} , TOF , TIF , TG , CK_{BF} ;

- condizioni iniziali: contenuto di umidità in tutti i serbatoi, U/U_{max} e L/L_{max} , ed eventuali valori di portata;
- dati meteorologici: precipitazioni reali o di progetto P (ottenute dalle curve di possibilità in funzione della durata della pioggia e del tempo di ritorno T), evapotraspirazione potenziale E_p e temperatura.

Per i sottobacini a contributo prevalentemente urbano, posti nei settori di pianura, le acque meteoriche raccolte dal sottobacino vengono recapitate nei corsi d'acqua solo attraverso le reti di drenaggio urbano (scarichi e sfioratori).

In tali aree urbane, infatti, non esiste un reticolo idrografico naturale e l'adduzione al Guisa delle acque meteoriche avviene solo attraverso le reti fognarie e quindi con onde di piena fortemente dipendenti dalle modalità di funzionamento delle reti idrauliche a sezione chiusa, generalmente dimensionate per bassi valori del tempo di ritorno (tipicamente 2 – 10 anni). Per rappresentare le onde di piena che dalle aree urbane affluiscono al Guisa, sensibilmente “*deformate*” dalle limitazioni di portata delle reti fognarie e dai conseguenti fenomeni di invaso conseguenti agli allagamenti cittadini o alle vasche volano eventualmente esistenti o che verranno realizzate in futuro, è stata studiata, già nell'ambito dello Studio Lambro – Olona (2004), una particolare rielaborazione dello stesso modulo, denominata NAM – URBANO.

Il modulo NAM-URBANO è configurato accoppiando lo stesso modulo NAM relativo ai sottobacini extraurbani con un serbatoio dotato di un opportuno limitatore di portata in uscita. Per simulare la limitazione della portata al colmo si è imposto in uscita dal suddetto serbatoio uno scarico caratterizzato da una tubazione in grado di convogliare una portata al colmo pari al massimo a circa 2 anni di tempo di ritorno, condizione oltre la quale, mediamente, le fognature dell'area urbanizzata di pianura del bacino risultano essere insufficienti e funzionanti in pressione.

Nella figura seguente è rappresentato concettualmente il funzionamento del modello NAM-URBANO.

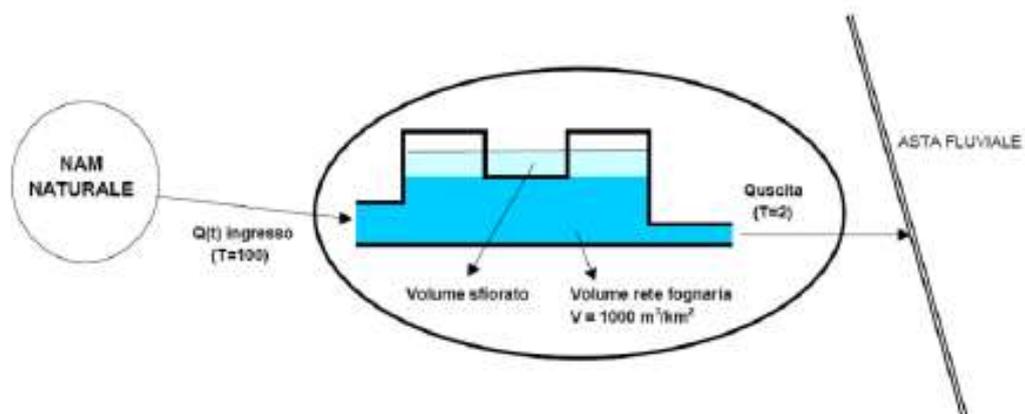


Figura 14: Schema funzionamento modello NAM-URBANO (Fonte: Studio Paoletti)

Per quanto riguarda la scelta dei parametri idrologici dei modelli NAM e NAM – URBANO per i diversi sottobacini, si è fatto riferimento ai seguenti intervalli di valori:

- $U_{max} = 10$ mm;
- $L_{max} = 100$ mm per i bacini extra-urbani (NAM), 5 mm per i bacini urbani (NAMURBANO), 150 mm per le porzioni non urbanizzate dei bacini urbani;

- U/U_{max} (per $t=0$) = 0 per bacini urbani (NAM-URBANO) e 0.5 per bacini naturali (NAM);
- L/L_{max} (per $t=0$) = 0 per bacini urbani (NAM-URBANO) e 0.5 per bacini naturali (NAM);
- $CQOF = 0,05 \div 0,3$ (per i bacini urbani, schematizzati con il modulo NAM-URBANO, si è considerato il valore di 0,3);
- $CK1,2 = 1 \div 2$ volte il tempo di corrivazione del bacino.

Per i restanti parametri, ad esempio quelli legati al serbatoio G che rappresenta il funzionamento della falda, si sono considerati i parametri di default definiti all'interno del codice di calcolo. Nella figura seguente si riportano i valori dei parametri per i sottobacini del torrente Guisa.

Bacino	Modello	Name	nota	Sup. [kmq]	Umax	Lmax	CQOF	CKIF	CK1,2	TOF	TIF
T. Guisa	NAM	SEZ_10_G	Cermerate, Lazzate, Misinto, Cogliate	4.2	10	100	0.15	500	2.5	0	0
	NAM	SEZ_9_G	Cenano L.	3.2	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_8_G	Solaro	1.3	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_7_G	Solaro, Cesate	2.1	10	100	0.15	500	4	0	0
	NAM	SEZ_6_G	Cesate	0.5	10	100	0.15	500	2	0	0
	NAM	SEZ_5_G	Garbagnate	0.4	10	100	0.15	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_4_G	Garbagnate	0.4	10	100	0.15	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_3_G	Bollate	2.02	10	100	0.15	500	2.5	0	0
	NAM	SEZ_2_G	Bollate	0.26	10	100	0.05	500	1.5	0	0
	NAM	SEZ_1-2_G	Bollate	1.71	10	100	0.08	500	3	0	0
	NAM	SEZ_1-1_G	Baranzate	0.1	10	100	0.05	500	1.5	0	0
	NAM URBANO	LAZ+MIS	Lazzate e Misinto	3.85	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	COGL	Cogliate	2	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	CER	Cenano L.	1.4	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_1_G	Solaro	2.1	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_2_G	Cesate	2.2	10	5	0.3	500	0.8	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_3_G	Garbagnate	2	10	5	0.3	500	1.1	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_4_G	Garbagnate	1.7	10	5	0.3	500	1	0	0
	NAM URBANO	SCARICO_5_G	Bollate e Baranzate	2.5	10	5	0.3	500	1.35	0	0
NAM URBANO	EXPO	EXPO	1	10	5	0.7	500	0.25	0	0	

Figura 15: Parametri inseriti nel modello afflussi-deflussi (Fonte: Studio Paoletti)

4.5.5 Risultati della modellazione afflussi-deflussi e portate al colmo di riferimento

Vengono di seguito riportati i risultati del modello idrologico applicato ai diversi sottobacini.

In particolare, nella Tabella 4 si riportano, per i tre valori del tempo di ritorno considerati (T10, T100 e T100 anni), i valori delle portate al colmo ottenuti con la modellazione afflussi-deflussi. Le portate al colmo ottenute sono state utilizzate come input nella modellazione idraulica del torrente Guisa.

Name	nota	Qmax - T10 [m3/s]	Qmax - T100 [m3/s]	Qmax - T500 [m3/s]
SEZ_10_G	Ceremate, Lazzate, Misinto, Cogliate	2.1	4.2	6.0
SEZ_9_G	Ceriano L.	1.0	2.0	2.8
SEZ_8_G	Solaro	0.4	0.8	1.1
SEZ_7_G	Solaro, Cesate	0.6	1.3	1.8
SEZ_6_G	Cesate	0.3	0.6	0.9
SEZ_5_G	Garbagnate	0.3	0.7	0.9
SEZ_4_G	Garbagnate	0.3	0.7	0.9
SEZ_3_G	Bollate	1.0	2.0	2.8
SEZ_2_G	Bollate	0.0	0.1	0.1
SEZ_1-2_G	Bollate	0.3	0.6	0.8
SEZ_1-1_G	Baranzate	0.0	0.0	0.1
LAZ+MIS	Lazzate e Misinto	26.6	45.8	59.3
COGL	Cogliate	17.3	27.7	34.9
CER	Ceriano L.	12.1	19.5	24.6
SCARICO_1_G	Solaro	14.5	25.1	32.6
SCARICO_2_G	Cesate	15.1	26.4	34.5
SCARICO_3_G	Garbagnate	9.8	17.7	24.1
SCARICO_4_G	Garbagnate	9.3	16.8	22.6
SCARICO_5_G	Bollate e Baranzate	10.8	18.5	24.1
EXPO	EXPO	22.9	35.1	43.7

Figura 16: Portate al colmo ottenute con la modellazione afflussi-deflussi (Fonte: Studio Etatec)

4.5.6 Aree di allagamento

In occasione della Conferenza dei Servizi dell'11 settembre 2018 promossa da Regione Lombardia sono state presentate le nuove proposte di perimetrazione delle aree di pericolosità del PGRA, per gli scenari frequente, poco frequente e raro. A conclusione dell'iter iniziato con la conferenza dei servizi, tramite il Decreto n. 261/2019 del Segretario Generale dell'Autorità di Bacino Distrettuale del fiume Po le nuove perimetrazioni hanno sostituito quelle contenute nel PGRA versione 2015.

Nell'immagine seguente sono riportate le mappe di allagamento del PGRA revisione 2020 tratte dal sito di Regione Lombardia. Nella figura è possibile riconoscere la sagoma della vasca di laminazione Expo 2015 lotto 2 seppur ancora in corso di realizzazione e ad oggi non ancora scavata. Una volta realizzata tale opera, il ponte di via Monza a Garbagnate non provocherà più allagamenti per la portata stimata per il tempo di ritorno 100 anni e pertanto sarà possibile eliminare l'area di allagamento P2 prodotta da tale manufatto nel territorio del comune di Garbagnate Milanese.



Figura 17: Piano di gestione rischio alluvioni (rev. 2020 – Fonte Regione Lombardia)

5. IMPLEMENTAZIONE MODELLO IDRODINAMICO DEL TORRENTE

GUIDA

5.1 Il codice di calcolo HEC-RAS 6.1

Nel presente studio è stato adottato uno schema modellistico monodimensionale accoppiato a bidimensionale con simulazione in regime di moto vario.

Il modello monodimensionale accoppiato al bidimensionale è stato implementato mediante l'uso del software HEC-RAS 5.0.5 sviluppato dall'U.S. Army Corps of Engineers – Hydrologic Engineering Center.

Per la parte monodimensionale HEC-RAS risolve le equazioni di De Saint Venant distinguendo tra alveo e zone golenali:

Equazione di continuità

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

dove

- x distanza lungo il canale;
- t tempo;
- Q portata;
- A area della sezione;
- S area della sezione non considerata contribuente al deflusso (ineffective flow area);
- q_l flusso laterale per unità di lunghezza.

34
46

L'equazione può essere scritta per l'alveo inciso, per la golena destra e per la golena sinistra, di seguito, per semplicità, si riportano le equazioni per l'alveo inciso e per le golene complessivamente:

$$\frac{\partial A_a}{\partial t} + \frac{\partial Q_a}{\partial x_a} - q_s = 0$$

$$\frac{\partial A_g}{\partial t} + \frac{\partial S}{\partial t} + \frac{\partial Q_g}{\partial x_g} = q_a + q_l$$

dove la sotto scrittura a e g indica alveo inciso e golene rispettivamente, q_c e q_g indicano gli scambi di portata tra l'alveo inciso e le zone golenali. Si noti come siano considerate distanze diverse lungo l'alveo inciso e le zone golenali.

Equazione dell'energia

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial (VQ)}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial z}{\partial x} + S \right) = 0$$

dove:

- g accelerazione di gravità;
- S perdite di energia dovute alla scabrezza;
- V velocità.

Anche in questo caso possiamo scrivere l'equazione per l'alveo inciso e per le golene:

$$\frac{\partial Q_a}{\partial t} + \frac{\partial(V_a Q_a)}{\partial x_a} + gA_a \left(\frac{\partial z}{\partial x_a} + S_a \right) = M_g$$

$$\frac{\partial Q_g}{\partial t} + \frac{\partial(V_g Q_g)}{\partial x_g} + gA_g \left(\frac{\partial z}{\partial x_g} + S_g \right) = M_a$$

dove M rappresenta lo scambio di quantità di moto tra alveo inciso e golene, si noti che

$$\Delta x_a M_a = -\Delta x_g M_g$$

Nelle equazioni z (livello d'acqua) non è sottoscritto, infatti un modello monodimensionale ha come assunzione implicita che il livello è costante all'interno dell'intera sezione. La velocità è invece diversa tra alveo inciso e zone golenali, per cui si avrebbe un valore dell'energia diverso, non possibile in un modello monodimensionale. Il valore dell'energia viene calcolato introducendo il valore α . Considerando una velocità media nella sezione e differenziando tra alveo, golena destra e golena sinistra, facendo una media pesata sulle portate, possiamo scrivere:

$$\alpha \frac{\bar{V}}{2g} = \frac{Q_{gsx} \frac{V_{gsx}^2}{2g} + Q_a \frac{V_a^2}{2g} + Q_{gdx} \frac{V_{gdx}^2}{2g}}{Q_{gsx} + Q_a + Q_{gdx}}$$

assumendo che la pendenza della linea dell'energia è unica risulta anche:

$$Q_{gsx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gsx} \quad Q_a = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_a \quad Q_{gdx} = \frac{Q_{Tot}}{K_{Tot}} K_{gdx}$$

dove K rappresenta la conveyance o conduttività idraulica. Inserendo quest'ultime nell'equazione precedente si ottiene:

$$\alpha = \frac{A_{Tot}^2 \left[\frac{K_{gsx}^3}{A_{gsx}^2} + \frac{K_a^3}{A_a^2} + \frac{K_{gdx}^3}{A_{gdx}^2} \right]}{K_{Tot}^3}$$

HEC-RAS utilizza l'equazione di Manning per la definizione delle perdite di carico per attrito:

$$Q = \frac{AR_H^{2/3} \sqrt{S}}{n}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza secondo tale formulazione.

HEC-RAS nella scrittura, e quindi implementazione, dell'equazione dell'energia distingue sempre tra alveo inciso e zone golenali calcolando separatamente la conveyance di queste zone. Nel caso in cui all'interno di tali zone vi siano variazioni di scabrezza suddivide ulteriormente la sezione calcolando la conveyance per ogni tratto a partire da area e contorno bagnato.

Oltre alle perdite di carico per attrito HEC-RAS considera anche le perdite di carico per allargamento o restringimento della sezione:

$$h_e = C \left| \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} - \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} \right|$$

dove c è il coefficiente di contrazione.

In HEC-RAS possono essere schematizzate diversi tipi di strutture, sia trasversali al corso d'acqua che parallele allo stesso.

Per le strutture trasversali la valutazione delle perdite di carico dovute alla presenza della struttura è fatta mediante la schematizzazione con 4 sezioni del tratto in cui avviene la contrazione e l'espansione della vena liquida.

Il calcolo del deflusso attraverso gli stramazzi avviene con le formule degli stramazzi. Si possono considerare sia stramazzi in parete sottile che in parete grossa, liberi o controllati da paratoie verticali o radiali.

Oltre alle strutture trasversali alla corrente è possibile considerare delle strutture parallele alla corrente che simulano lo sfioro dell'acqua al di sopra di un argine o di una apposita struttura di sfioro laterale. In HEC-RAS il calcolo della portata sfiorante avviene considerando unicamente il livello di una sezione, ma considerando la variazione di livello sia dello stramazzo che del livello d'acqua, permettendo una più precisa valutazione.

Per la parte bidimensionale il codice risolve le equazioni di De Saint Venant bidimensionali. Per la soluzione il codice utilizza la tecnica dei volumi finiti su griglia non strutturata. La tecnica dei volumi finiti consente di rappresentare in modo corretto sia correnti in moto subcritico che supercritico, come pure di descrivere fronti d'onda ripidi come quelli che si verificano in caso di rottura d'argini o dighe. La tecnica dei volumi finiti consente inoltre il controllo preciso dell'equazione di continuità nei problemi di flood and dry, continuità non sempre strettamente garantita nei metodi agli elementi finiti e differenze finite. HEC-RAS è perciò particolarmente adatto a descrivere propagazioni di onde su asciutto come quelle che si verificano durante gli allagamenti delle zone golenali. Le griglie non strutturate consentono di descrivere in dettaglio il dominio di calcolo, permettendo di variare le dimensioni degli elementi infittendo la griglia di calcolo dove le variazioni geometriche sono più accentuate e/o dove si vuole un livello di dettaglio più accurato. Inoltre l'utilizzo della tecnica dei volumi finiti consente di accelerare i tempi di calcolo. Il codice di calcolo definisce per ogni faccia della cella di calcolo della mesh le grandezze idrodinamiche caratteristiche in una fase di pre-elaborazione, accelerando quindi il calcolo in fase di simulazione.

Attraverso l'accoppiamento 1D-2D è possibile simulare sistemi complessi quale quello in oggetto, garantendo la massima affidabilità dei livelli in alveo anche in presenza di strutture interferenti che creano funzionamenti rigurgitati dell'alveo, e al tempo stesso fornire un'accurata definizione delle dinamiche bidimensionali nelle aree golenali e dell'interconnessione tra alveo e golena.

Per non appesantire la trattazione e per dettagli sul funzionamento computazionale del codice di calcolo utilizzato, si rimanda all'ampia documentazione disponibile al seguente indirizzo <http://www.hec.usace.army.mil/software/hec-ras/>.

5.2 Implementazione del modello idraulico del torrente Guisa

5.2.1 Descrizione geometrica del corso d'acqua

Il tratto di Guisa oggetto di studio si estende dall'attraversamento stradale di via Fornaci in comune di Ceriano Laghetto sino all'ingresso della tombinatura di Milano per uno sviluppo complessivo di circa 16 km. Per la descrizione geometrica del corso d'acqua, oltre alle sezioni trasversali d'alveo, sono stati inseriti tutti i manufatti di attraversamento presenti lungo il tratto oggetto di studio, i salti di fondo e il nodo idraulico in corrispondenza del CSNO. Infine, per una corretta definizione del funzionamento idraulico, sono state inserite tutte le opere di laminazione già realizzate descritte nel paragrafo 4.2.

Le sezioni utilizzate per la descrizione geometrica coprono dunque l'intero tratto oggetto di studio. In corrispondenza di alcune singolarità (ponti, salti di fondo, manufatti di sfioro, ecc.) si è reso necessario duplicare alcune sezioni per descrivere al meglio la geometria delle diverse strutture. In sintesi la geometria del corso d'acqua è stata così schematizzata:

- n. sezioni trasversali inserite: 216
- n. manufatti di attraversamento: 44
- n. salti di fondo: 7
- opere di laminazione: 4
- nodi idraulici: 1 (CSNO)

Nelle figure seguenti si riporta lo schema geometrico del corso d'acqua inserito nel modello per la parte sino all'ingresso nella vasca di laminazione di Garbagnate Milanese – Bollate.

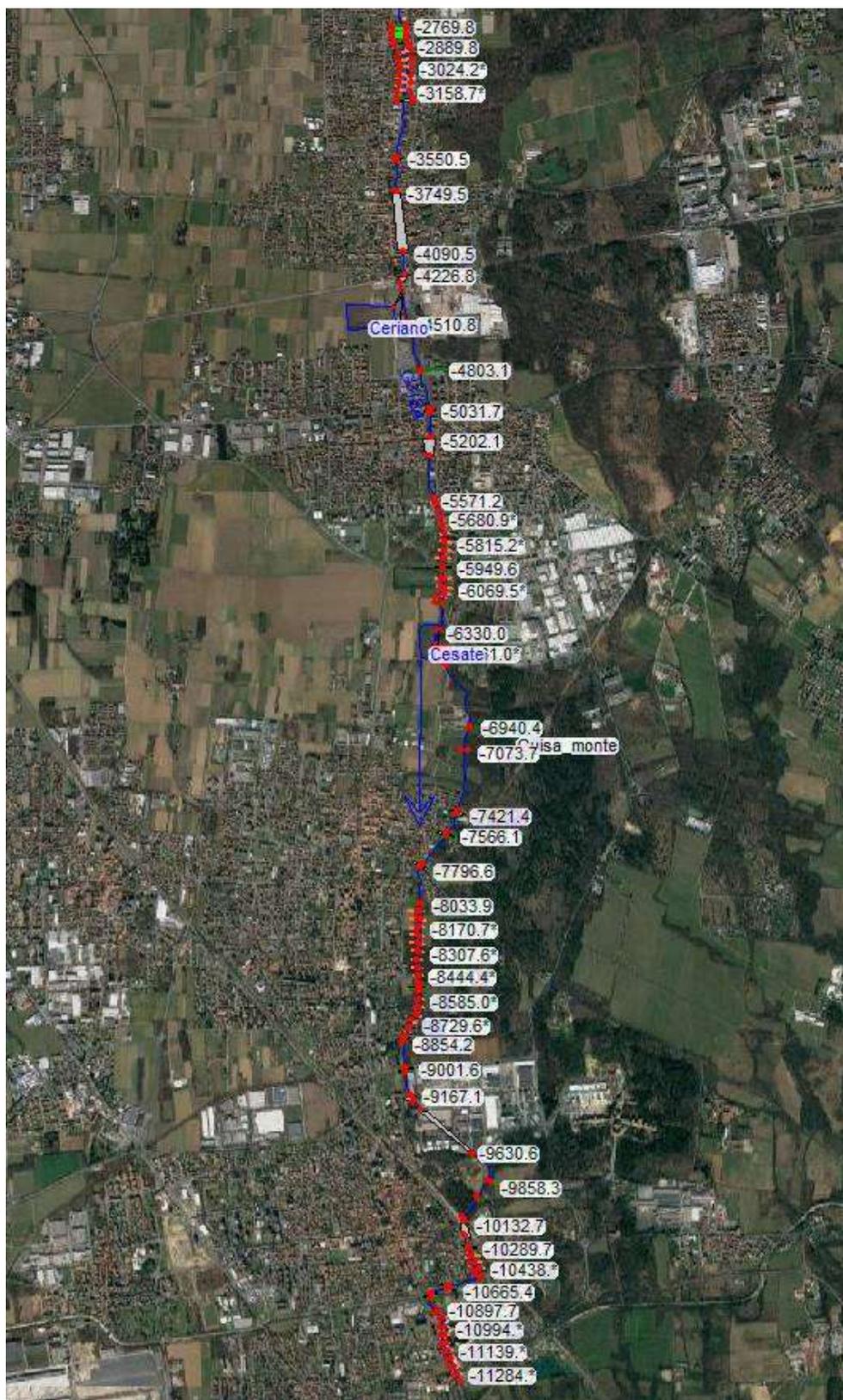


Figura 18: Schematizzazione geometria del Guisa nel tratto di monte (tra via Fornaci e SP133)

5.2.2 Coefficiente di scabrezza

I calcoli idraulici per la ricostruzione dei profili di piena sono stati effettuati con riferimento al

coefficiente di scabrezza di Manning o di Strickler ($n = 1/k_s$), indicati nel testo “Ven Te Chow, Ph. D – Open Channel Hydraulics - Mc Graw Hill International Editions – 1986”.

La scelta è stata effettuata considerando le caratteristiche geometriche dei materiali che compongono attualmente l'alveo e della copertura vegetale delle sponde.

Nello specifico si è adottato un valore di k_s pari a $35 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ per i tratti con fondo e sponde naturali e k_s pari a $60 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$ in corrispondenza dei manufatti e nelle pareti in muratura o calcestruzzo. Sono stati pertanto adottati gli stessi valori utilizzati nello studio AdBPo 2004.

5.2.3 Condizioni al contorno

Le onde di piena immesse nel modello sono quelle ricavate con la modellazione afflussi-deflussi riassunta nel paragrafo 4.5.4 condotta nell'ambito dello studio citato “*Servizio di aggiornamento analisi idrologico-idrauliche del T. Guisa*”.

Per simulare correttamente il funzionamento del torrente Guisa durante gli eventi di piena si è reso necessario considerare differentemente nel modello gli apporti naturali e gli apporti urbani.

In particolare le onde di piena relative ai “*sottobacini naturali*”, ovvero a quelle porzioni di bacino comprese tra due sezioni di chiusura contigue, sono state inserite nel modello utilizzando la condizione “*Uniform Lateral Inflow*” in modo tale da simulare l'apporto del bacino non come immissione concentrata (in una sezione ben precisa), ma distribuita omogeneamente lungo l'asta del torrente, tenendo quindi conto dei tempi di corrivazione e di propagazione dell'onda stessa.

Le onde di piena relative ai bacini urbani (scarichi fognari) sono invece state immesse nel modello utilizzando la condizione “*Lateral Inflow*” in modo tale da simulare l'apporto del bacino come immissione concentrata in una sezione ben precisa del corso d'acqua. Occorre ricordare che gli idrogrammi urbani inseriti nel modello non sono quelli puramente idrologici derivanti dalla trasformazione afflussi-deflussi, ma sono quelli laminati dalla capacità idraulica delle reti fognarie (NAM-URBANO) o dalle vasche volano presenti a monte delle immissioni. Per tali apporti la portata al colmo considerata è pari a circa 2 anni di tempo di ritorno.

Infine il torrente Nirone è stato inserito come immissione concentrata nella sezione 34 del modello.

Con riferimento alla nomenclatura utilizzata nel suddetto studio, nelle tabelle seguenti si riporta un quadro riassuntivo delle condizioni al contorno considerate nel modello idraulico dove si riporta la sezione di riferimento ed il tipo di immissione (distribuita o concentrata) considerata.

Sezione modello	Nome bacino o scarico di riferimento	Tipo di immissione
-2769.8	Sottobacino_10G	Concentrata
-2794.8	Scarico di Cogliate	Concentrata
-2819.8	Scarico di Misinto (vasca volano)	Concentrata
da -2769.8 a -4510.8	Sottobacino_9G	Distribuita
-4803.1	Scarico di Ceriano (vasca volano)	Concentrata
da -4510.8 a -6169.5	Sottobacino_8G	Distribuita
-6169.5	Scarico di Solaro (vasca volano)	Concentrata
da -6169.5 a -7421.4	Sottobacino_7G	Distribuita

<i>Sezione modello</i>	<i>Nome bacino o scarico di riferimento</i>	<i>Tipo di immissione</i>
da -7421.4 a -8844.9	Sottobacino_6G	Distribuita
-8490.1	Scarico di Cesate	Concentrata
da -8844.9 a -10789.9	Sottobacino_5G	Distribuita
da -10789.9 a -11284.0	Sottobacino_4G	Distribuita
-11284	Scarico 1 di Garbagnate	Concentrata

Tabella 2 – Condizioni al contorno utilizzate nel modello idraulico (tratto a monte dell'area di laminazione di Garbagnate Bollate)

<i>Sezione modello</i>	<i>Nome bacino o scarico di riferimento</i>	<i>Tipo di immissione</i>
915	Scarico 2 di Garbagnate	Concentrata
da 915 a 64	Sottobacino_3G	Distribuita
da 64 a 35	Sottobacino_2G	Distribuita
34	Torrente Nirone	Concentrata
5	Sottobacino_1-1G	Concentrata
2	Scarico di Bollate	Concentrata
-3	Sottobacino_1-2G	Concentrata
-10	Scarico EXPO	Concentrata

Tabella 3 – Condizioni al contorno utilizzate nel modello idraulico (tratto a valle dell'area di laminazione di Garbagnate Bollate)

Quale condizione di valle è stata utilizzata la scala di deflusso della tombinatura in ingresso a Milano già utilizzata nel modello idraulico implementato nello Studio Lambro-Olona. Le simulazioni sono state svolte anche considerando una condizione di moto uniforme e si è appurato che i risultati non cambiano in quanto le portate in gioco sono tali da non comportare il funzionamento in pressione del manufatto di ingresso a Milano.

5.3 Simulazioni effettuate e risultati ottenuti

Sulla base delle considerazioni espresse nei capitoli precedenti, il modello ha condotto all'individuazione dei livelli di piena e alle portate che si formano lungo l'asta del torrente Guisa per il tempo di ritorno 100 anni, nel territorio di interesse del comune di Garbagnate Milanese.

Nella figura seguente si riporta il profilo di piena del torrente Guisa calcolato tramite la modellazione idrodinamica effettuata, sino all'ingresso nella vasca di laminazione di Garbagnate - Bollate. I risultati ottenuti, mostrano una buona coerenza con le tabelle dei profili di piena approvate per l'aggiornamento del PGRA del Guisa del 2019.

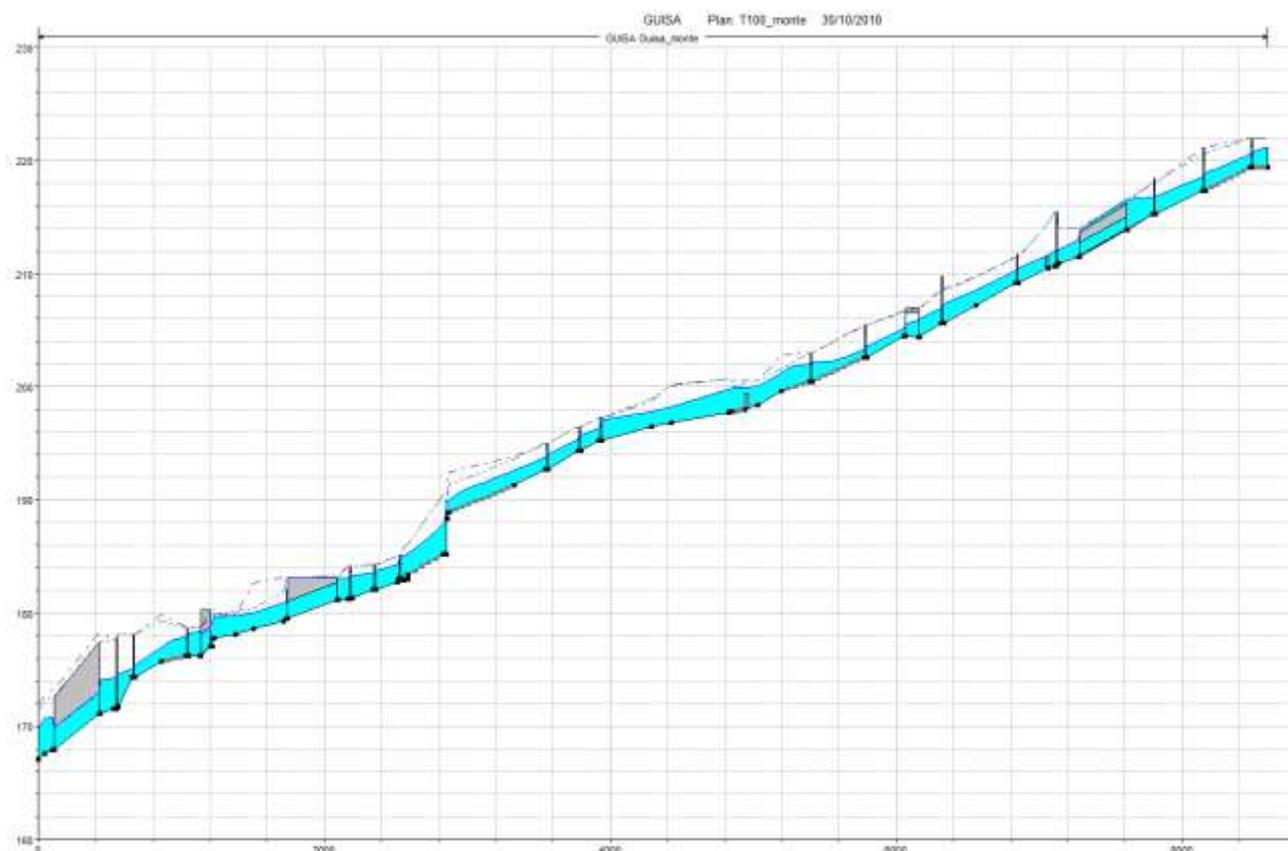


Figura 19: Profilo di piena torrente Guisa T100 anni (tratto a monte dell'area di laminazione di Garbagnate)

5.3.1 Analisi dei risultati ottenuti

La simulazione bidimensionale, effettuata con tempi di ritorno centennali, ha permesso di definire le condizioni di esondazione che si verificano nelle aree golenali e di confrontare i tiranti con le quote dell'area oggetto di studio.

Nelle figure seguenti vengono mostrati i risultati ottenuti in termini di tiranti idrici e velocità della corrente per la parte di territorio a partire dal ponte di via Monza. I risultati sono mostrati a scala 1:2'000 negli allegati alla presente relazione con le relative legende chiarificatrici della scala cromatica adottata.

La conformazione dell'allagamento è molto simile a quanto già riscontrato nelle modellazioni realizzate in passato e riportato da ultimo nel PGRA.



Figura 20: Stralcio planimetrico con altezze idriche sul piano campagna per T=100 anni



Figura 21: Stralcio planimetrico con velocità della corrente sul piano campagna per T=100 anni

La modellazione idraulica bidimensionale mostra che dal ponte di via Monza si verificano allagamenti diffusi nel centro cittadino, con velocità di propagazione maggiore in direzione Nord – Sud ed in particolare sulla viabilità. Le acque che ruscellano sul piano campagna possono localmente portare ad accumuli importanti, anche di qualche metro, in corrispondenza dei vani interrati e corselli e scivoli dei box interrati, ovvero in depressioni del terreno, nei quali l'acqua può accumularsi se entra nelle varie proprietà dalla viabilità e dai giardini. Allagamenti diffusi sono presenti anche immediatamente a monte della ferrovia in aree non protette in modo continuo dagli argini del corso d'acqua.

6. ZONAZIONE DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO IDRAULICO

L'attività di valutazione e zonazione delle condizioni di rischio idraulico sul corso d'acqua di interesse è stata condotta secondo i criteri indicati nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616 del 30/11/2011 - Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio, in attuazione dell'art. 57, comma 1, della l.r. 11 marzo 2005, n. 12" approvati con d.g.r. 22 dicembre 2005 n. 8/1566 e successivamente modificati con D.G.R. n. 8/7374 del 28/5/2008.

La zonazione del rischio idraulico ha comportato le seguenti attività:

1. Zonazione della pericolosità in funzione del tirante idrico e della velocità di scorrimento;
2. Zonazione del rischio in funzione della pericolosità, della vulnerabilità e del danno atteso per gli esposti.

1.2 Zonazione della pericolosità idraulica

La definizione delle classi di pericolosità è stata condotta a partire dalle modalità di propagazione dell'onda di piena in corrispondenza di un evento con tempo di ritorno di 100 anni basandosi sui valori del tirante idrico e della velocità (vedi figura seguente).

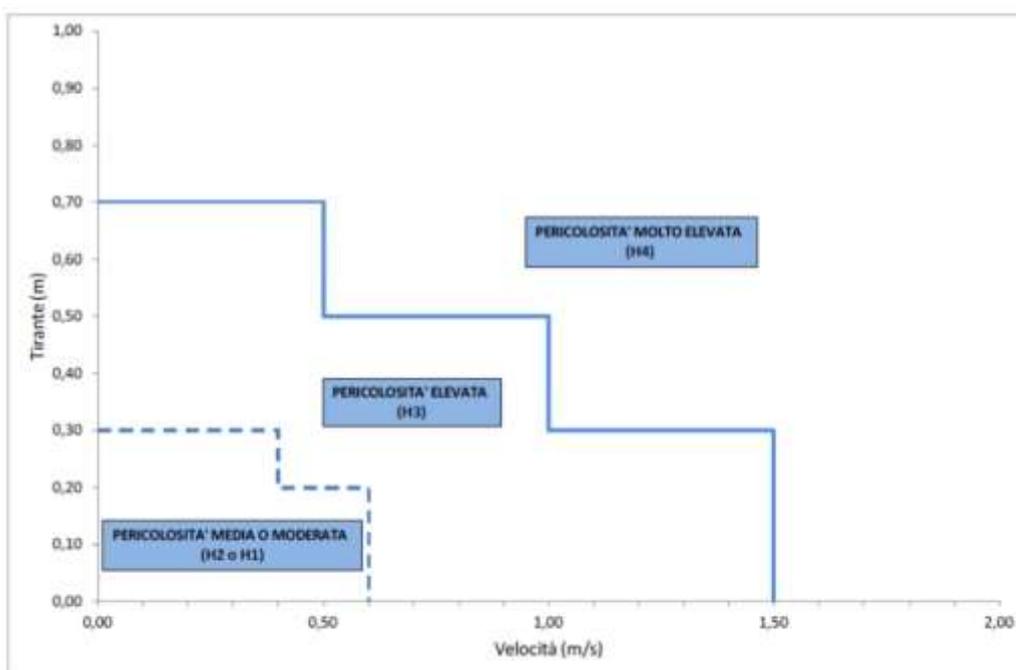


Figura 22: Grafico per zonazione della pericolosità (Par. 3.4, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

Il grafico individua tre condizioni a differente livello di pericolosità:

- pericolosità molto elevata (H4) con velocità >1,5 m/s e tirante > 0,7 m;
- pericolosità elevata (H3) con velocità compresa tra 0,5 e 1,5 m/s e tirante compreso tra 0,3 e 0,7 m;
- pericolosità medio o moderata (H2/H1) con velocità compresa tra 0 e 0,6 m/s e tirante

compreso tra 0 e 0,3 m.

In particolare le classi di pericolosità, sul torrente Guisa, in comune di Garbagnate Milanese, sono state ricavate sovrapponendo la mappa del tirante idrico (allegato 1) alla mappa della distribuzione della velocità (allegato 2) ottenute come risultato del modello HEC-RAS.

Dalla sovrapposizione si è ottenuta la carta della pericolosità idraulica (allegato 3 e tavola 0001) le classi di pericolosità sono state così definite:

- H1: Aree caratterizzate da pericolosità moderata;
- H2: Aree caratterizzate da pericolosità media;
- H3: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica elevata;
- H4: Aree caratterizzate da pericolosità idraulica molto elevata.



Figura 23: Classi di pericolosità idraulica per la piena centennale del Guisa

Dall'analisi del tessuto urbano è emerso che il territorio comunale può essere diviso in macroaree, come di seguito indicato

- porzione a monte della ferrovia: prevalentemente ad uso produttivo in sponda sinistra e a bosco in sponda destra;
- porzione di territorio a valle della ferrovia e a nord di via Monza: aree prevalentemente residenziali con scivoli e box interrati / seminterrati;
- porzione a sud di via Monza all'incirca tra via San Carlo e il Guisa: area prevalentemente residenziale caratterizzata da villette e piccole palazzine;

- porzione sviluppata lungo via Milano sino all'incirca a via San Carlo a Est e via Marchese Corrado a Sud: area con palazzi e corti storiche, con negozi e attività commerciali lungo via Milano con presenza di alcuni vani interrati, e aree più basse della media del piano campagna.

L'incrocio tra pericolosità calcolata tramite modello idraulico e macroaree consente di precisare meglio le situazioni di criticità locale andando ad individuare la relativa pericolosità in funzione delle situazioni critiche in essere.

Sul territorio le aree maggiormente critiche sono quelle con tessuto residenziale particolarmente esposto al rischio con presenza di vani interrati o seminterrati o aree più basse rispetto al piano campagna limitrofo. In generale sulle strade si riscontra maggior velocità della corrente, che anche se associata a livelli più bassi può provocare la caduta e lo scivolamento delle persone investite dalla corrente.

1.3 Zonazione del rischio idraulico

La definizione delle classi di rischio è stata condotta incrociando il grado di pericolosità (H) e la relativa classe di danno potenziale (E), secondo le direttive contenute nell'allegato 4 alla D.G.R. n. IX/2616 del 30/11/11. Inoltre si è tenuto conto delle definizioni di rischio suggerite dal PAI (art. 7 delle NdA del PAI) e di seguito riportate:

- R1 (rischio moderato): possibili danni sociali ed economici marginali;
- R2 (rischio medio): possibili danni minori agli edifici e alle infrastrutture che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e lo svolgimento delle attività socio-economiche;
- R3 (rischio elevato): possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socio-economiche, danni al patrimonio culturale;
- R4 (rischio molto elevato): possibile perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici e alle infrastrutture, danni al patrimonio culturale.

45
46

Le classi del danno potenziale (E) vengono determinate in funzione degli elementi a rischio contenuti nella tabella seguente tratta dalla DGR 2616.

DANNO POTENZIALE	ELEMENTI A RISCHIO
Grave (E4)	Centri urbani, beni architettonici, storici, artistici, insediamenti produttivi, principali infrastrutture viarie, servizi di elevato valore sociale
Medio (E3)	Aree a vincolo ambientale e paesaggistico, aree attrezzate di interesse comune, infrastrutture viarie secondarie
Moderato (E2)	Aree agricole di elevato pregio (vigneti, frutteti)
Basso (E1)	Seminativi

Figura 24: Classi di danno potenziale (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

Ponendo, a favore di sicurezza, la vulnerabilità (V) pari a 1, il rischio idraulico deriva dall'intersezione tra la pericolosità e il danno potenziale, secondo la matrice di seguito riportata:

	H4	H3	H2	H1
E4	R4	R4	R2	R2
E3	R3	R3	R2	R1
E2	R2	R2	R1	R1
E1	R1	R1	R1	R1

Figura 25: Classificazione del rischio (Par. 3.5, All. 4, D.G.R. n° IX/2616 del 30/11/11)

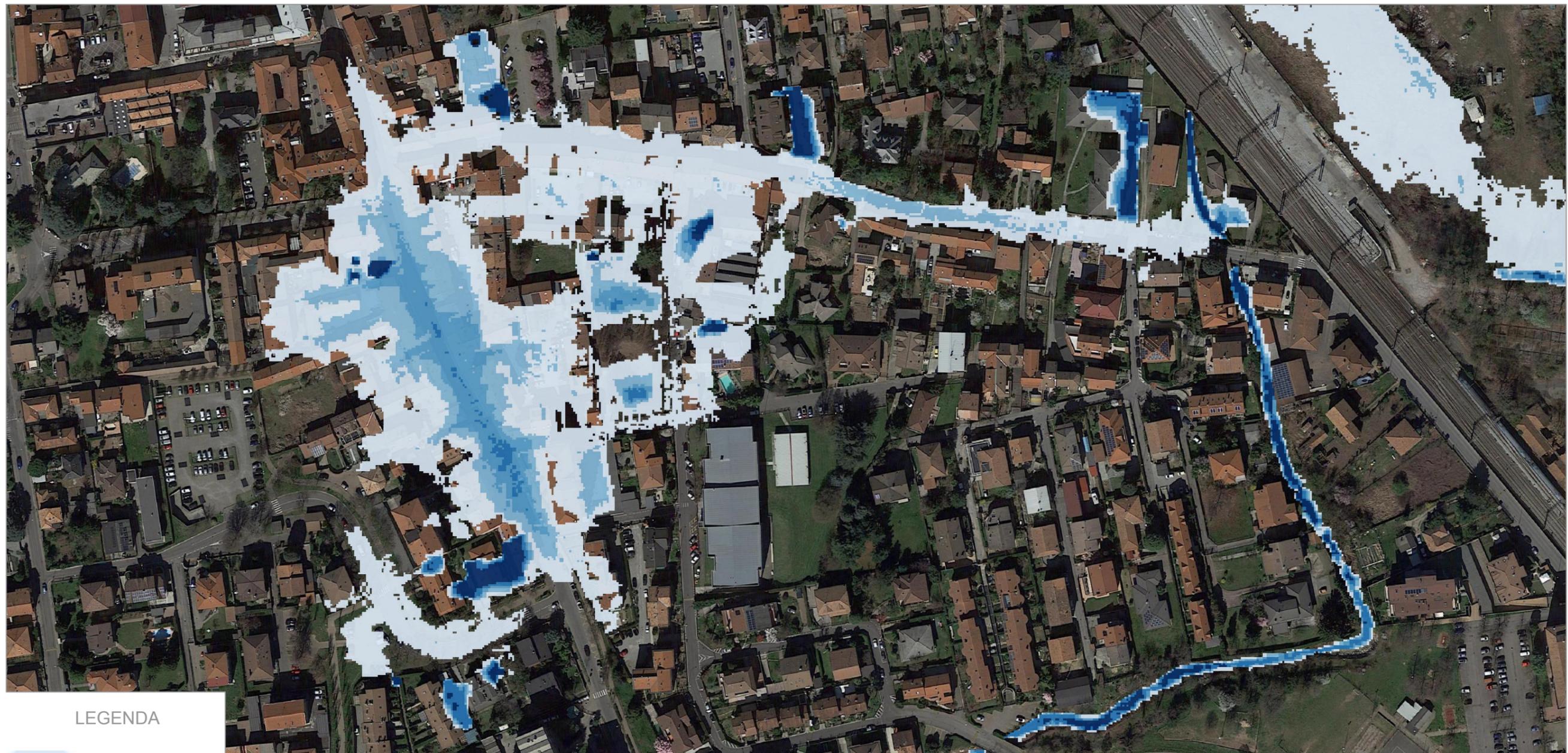
L'individuazione della classe di rischio, relativa al territorio di Garbagnate Milanese interessato dagli allagamenti per il tempo di ritorno 100 anni, è stata effettuata incrociando la carta delle pericolosità idraulica (H) e la carta del danno potenziale (E). Le aree a bosco sono state attribuite alla classe di danno E1.

Utilizzando la matrice sopra riportata sono state evidenziate le aree a differente rischio indicate nella tavola 0002.

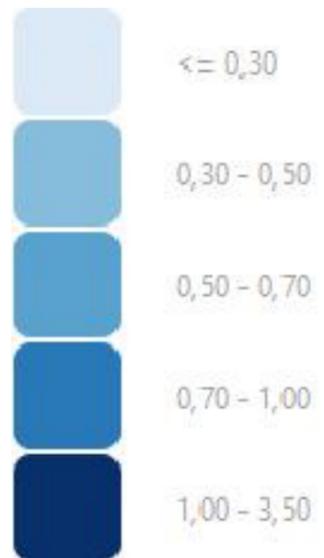


Figura 26: Stralcio classi di rischio idraulico per la piena centennale del Guisa





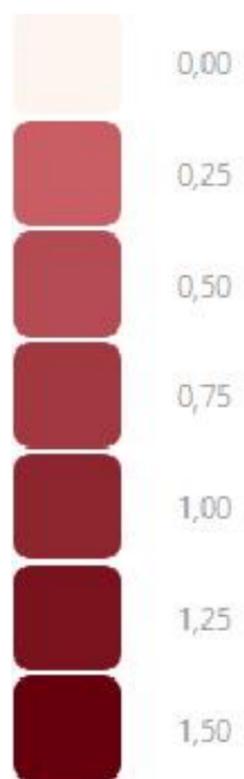
LEGENDA

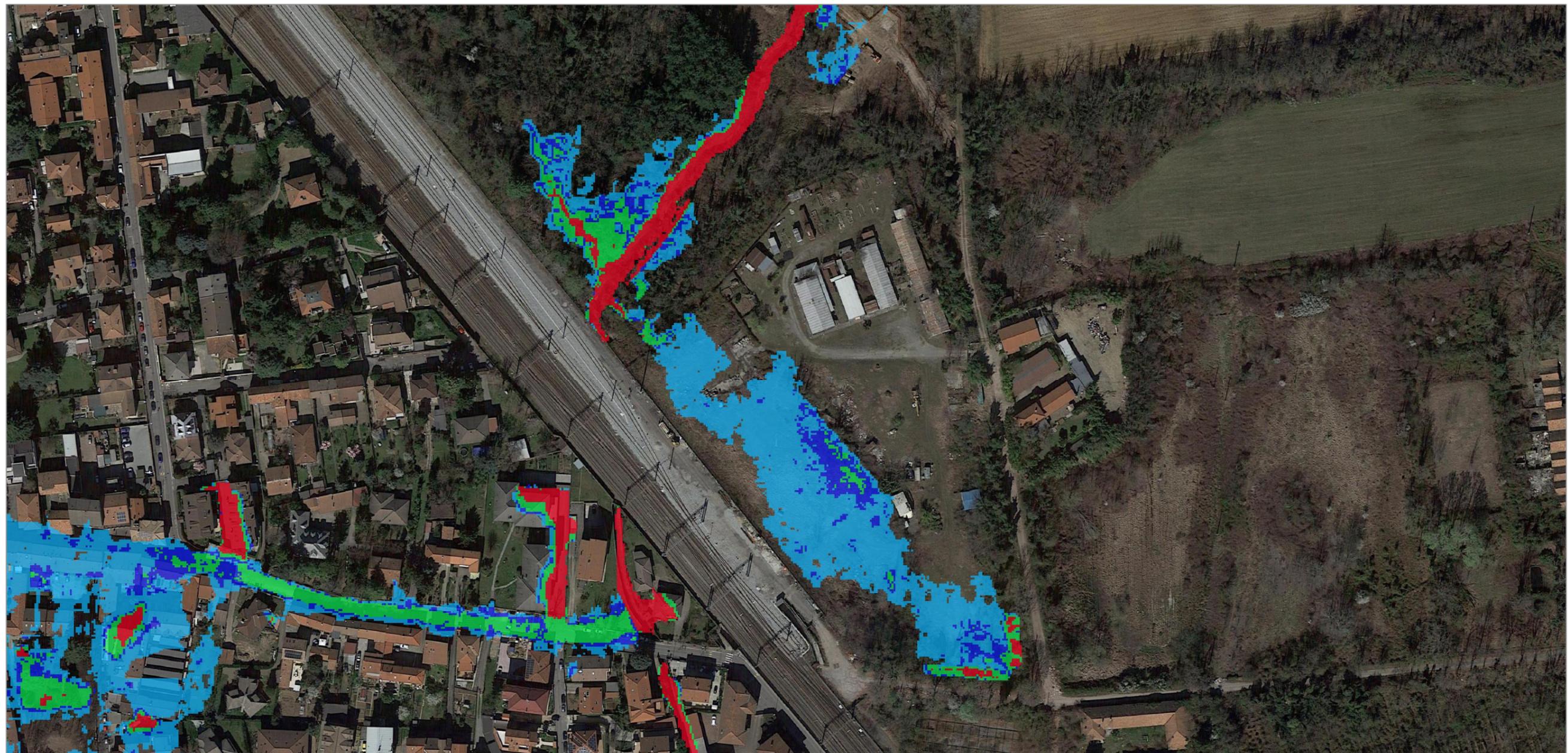




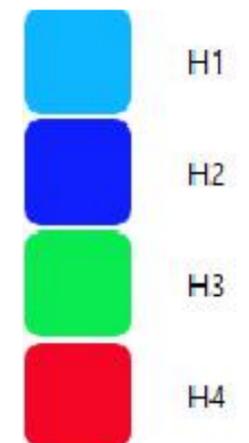


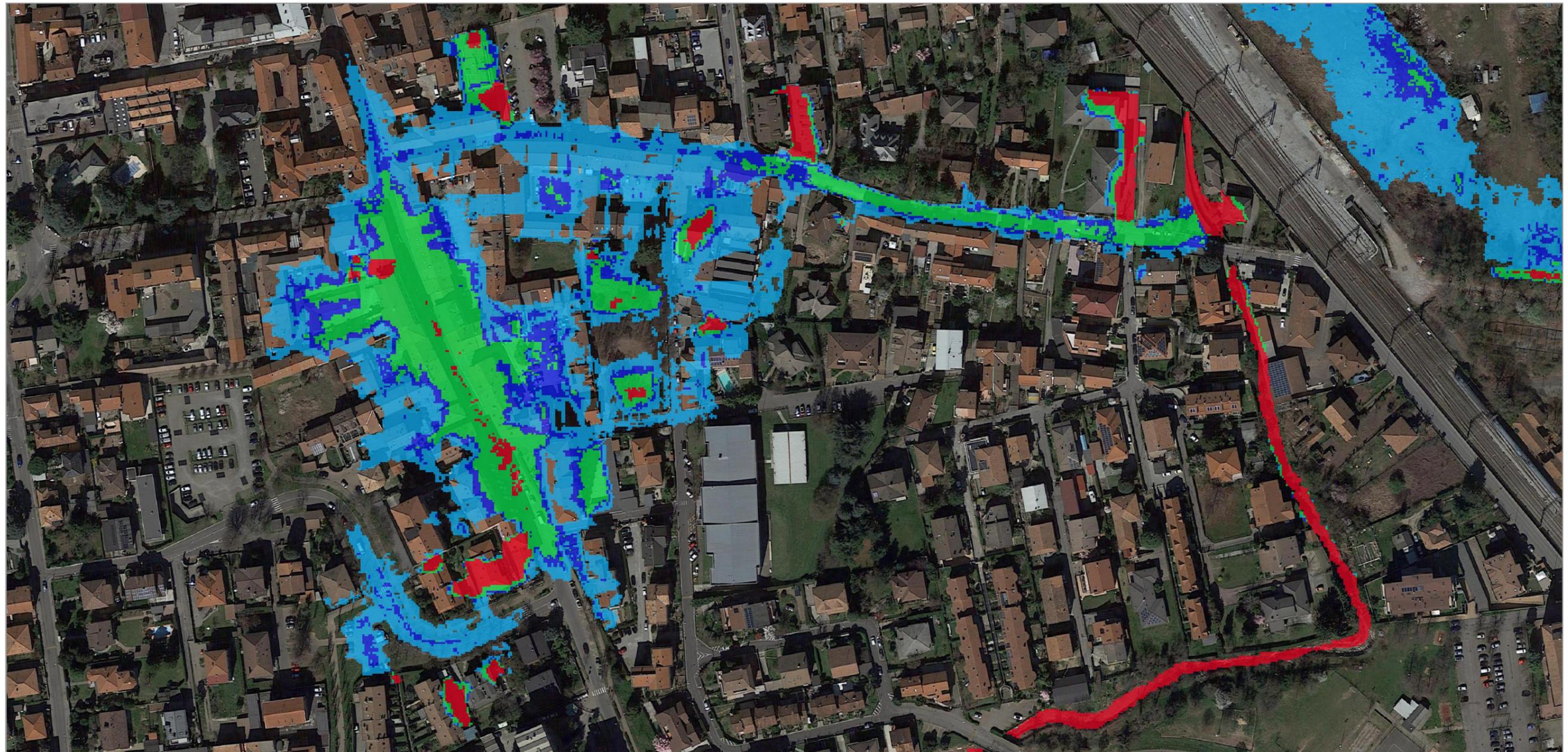
LEGENDA





LEGENDA





LEGENDA

