

**Comune di Brugherio (MB)
Programma Integrato di Intervento (PII)
Bettolino – Moncucco - Guzzina**

**AMBITO B3.11.1 BETTOLINO FREDDO – VIA DOLOMITI
AREA RICADENTE IN ZONA A RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME LAMBRO
Ambito AR.06 di PGT e P.I.I. B3.11.1 Bettolino Freddo vigente
Proposta di attuazione in variante al PGT del Comune di Brugherio**

VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA
Ai sensi dell'allegato 4 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011 e della D.G.R.
X/6738 del 19.06.2017

RELAZIONE TECNICA

Milano, giugno 2022



STUDIO IDROGEOTECNICO S.r.l.
Società di ingegneria
Bastioni di Porta Volta 7 - 20121 Milano
tel. 02/659.78.57 - fax 02/655.10.40
e-mail: stid@fastwebnet.it
www.studioidrogeotecnico.com

**Comune di Brugherio (MB)
Programma Integrato di Intervento (PII)
Bettolino – Moncucco - Guzzina**

**AMBITO B3.11.1 BETTOLINO FREDDO – VIA DOLOMITI
AREA RICADENTE IN ZONA A RISCHIO IDRAULICO DEL FIUME LAMBRO
Ambito AR.06 di PGT e P.I.I. B3.11.1 Bettolino Freddo vigente
Proposta di attuazione in variante al PGT del Comune di Brugherio**

VERIFICA DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

**Ai sensi dell'allegato 4 alla D.G.R. IX/2616 del 30.11.2011 e della D.G.R. X/6738
del 19.06.2017**

RELAZIONE TECNICA

SOMMARIO

1	PREMESSA	3
2	QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO	4
2.1	PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) - FASCE FLUVIALI	4
2.2	PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI	5
2.3	DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PGRA NEL SETTORE URBANISTICO (DGR X/6738).....	7
2.3.1	<i>Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio.....</i>	<i>8</i>
2.4	RELAZIONI CON IL PGRA.....	9
2.5	COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT.....	9
2.5.1	<i>Carta dei vincoli.....</i>	<i>9</i>
2.5.2	<i>Fattibilità.....</i>	<i>10</i>
3	DESCRIZIONE DEGLI STUDI IDRAULICI ESISTENTI.....	13

3.1	STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORSI D'ACQUA NATURALI E ARTIFICIALI ALL'INTERNO DELL'AMBITO IDROGRAFICO DE PIANURA LAMBRO-OLONA - AUTORITÀ DI BACINO DEL F. PO	13
3.2	RELAZIONE IDRAULICA IN MERITO ALLA PERIMETRAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI DI ESONDAZIONE DEL FIUME LAMBRO NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI BRUGHERIO (ING. BACCHI, ING. PILOTTI – ALL. 4 ALLO STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PGT - GIUGNO 2012).....	14
3.2.1	<i>Relazioni con lo studio idraulico comunale</i>	16
4	DESCRIZIONE DELL'AREA E DELL'INTERVENTO EDILIZIO	17
5	RILIEVO TOPOGRAFICO DI DETTAGLIO	18
6	COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SUL FIUME LAMBRO	19
6.1	INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE.....	19
6.2	COSTRUZIONE DEL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO	19
7	STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA.....	21
7.1	DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO.....	21
7.1.1	<i>Descrizione geometrica dell'area di allagamento.....</i>	24
7.1.2	<i>Condizioni al contorno e coefficienti di scabrezza</i>	24
7.2	RISULTATI DEL MODELLO	25
8	VALUTAZIONI SUL RISCHIO DI ALLAGAMENTO.....	28

1 PREMESSA

CRS HOME S.r.l. ha affidato allo Studio Idrogeotecnico S.r.l. - Società di Ingegneria, l'incarico per effettuare uno studio di compatibilità idraulica a supporto del Programma Integrato di Intervento denominato PII B3.11.1 – Bettolino Freddo, approvato con deliberazione del C.C. 18/2011 e convenzionato definitivamente nel 2013 (via Dolomiti, Brugherio)

L'area è inserita nelle aree allagabili per alluvioni frequenti P2/M relative al reticolo principale (RP), come si evince dalle mappe di pericolosità e del rischio relative al PGRA (aggiornamento 2020) e rientra in classe di fattibilità IIIe definita nella componente geologica idrogeologica e sismica del PGT.

Il presente studio è finalizzato alla verifica delle condizioni di esondazione locale ed è redatto ai sensi dell'All. 4 della DGR 2616/2011.

Ai sensi della normativa regionale¹, per la valutazione delle condizioni di rischio si deve considerare la portata di riferimento con tempo di ritorno pari a 200 anni per corsi d'acqua fasciati.

In particolare, per il presente studio, si sono svolte le seguenti attività:

- Rilievo topografico di dettaglio dell'area oggetto di studio, supportato dalla base aerofotogrammetrica e LIDAR del Comune di Brugherio;
- acquisizione e analisi delle risultanze dell'analisi idraulica relativa allo studio "Relazione aree esondabili e della pericolosità – adeguamento del PGT al PGRA utilizzando i risultati della modellistica" redatto a supporto della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Brugherio;
- Confronto tra le quote di esondazione del modello comunale con le quote topografiche dell'area oggetto di studio;
- verifica di compatibilità idraulica del progetto ed individuazione delle eventuali misure di mitigazione del rischio.

29_____

¹ Allegato 4 alla D.G.R. 30/11/2011 - n. IX/2616, Aggiornamento dei "Criteri ed indirizzi per la definizione della componente geologica, idrogeologica e sismica del Piano di Governo del Territorio in attuazione dell'art. 57, comma 1 della L.R. 11 marzo 2005, n. 12" e D.G.O. X/6738 del 19/06/2017, "Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del piano dei rischi di alluvione (PRGA) 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 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 del comitato istituzionale dell'autorità di bacino del fiume Po"

2 QUADRO DI RIFERIMENTO PROGRAMMATICO

2.1 PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) - FASCE FLUVIALI

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del bacino idrografico del fiume Po, redatto dall'Autorità di bacino del F. 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.

Per i corsi d'acqua principali di pianura e fondovalle il PAI definisce 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⁻¹.
- 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.

Fermo il carattere immediatamente vincolante delle prescrizioni di cui all'Art. 27, comma 1 delle NdA del PAI, ogni comune ha avuto, entro 9 mesi dalla pubblicazione del PAI, l'obbligo di adeguare il proprio strumento urbanistico alle disposizioni del PAI stesso, con le modalità di cui alla D.G.R. n. 7/7365/2001 (punto 4.3 della D.G.R. sopracitata); ad oggi i comuni nei cui territori ricadono aree classificate come fasce fluviali A, B, B di progetto e C sono tenuti a recepire le medesime nel proprio PGT nei modi indicati dalla D.G.R. 8/7374/2008 ed in particolare:

- Tracciamento delle fasce fluviali nella carta dei vincoli alla scala dello strumento urbanistico comunale;
- Recepimento nelle Norme Tecniche di Attuazione delle norme del PAI riguardanti le fasce fluviali, con particolare riguardo a quanto stabilito dall'articolo 1, commi 5 e 6; articolo 29, comma 2; articolo 30, comma 2, articolo 31; articolo 32, commi 3 e 4; articolo 38; articolo

38bis; articolo 39, commi dall'1 al 6; articolo 41. Si fa presente a tal proposito che, per i territori ricadenti nelle fasce A e B, tali norme sono divenute vincolanti alla data di approvazione del PAI. Nelle aree ricadenti in fascia C, l'art. 31 delle NdA del PAI demanda agli strumenti di pianificazione territoriale e urbanistica la definizione della normativa d'uso del suolo (attività consentite, limiti e divieti);

- Valutazione delle condizioni di rischio nelle aree classificate come "limite di progetto tra le fasce B e C", ai sensi dell'art. 31 comma 5 delle NdA del PAI. Tale valutazione deve essere effettuata secondo la metodologia riportata nell'Allegato 4 alla D.G.R. 8/7374/08, e riguardare tutta l'area così classificata; non sono ammessi studi riguardanti singoli ambiti di trasformazione. Attraverso tali valutazioni i Comuni devono definire gli usi compatibili con le differenti condizioni di rischio individuate. I comuni nei quali ricadono tali aree sono tenuti ad applicare, anche parzialmente fino alla avvenuta realizzazione delle opere, gli articoli delle norme relative alla fascia B;
- ai sensi dell'art. 39 comma 2 delle NdA del PAI, qualora all'interno dei centri edificati comunali ricadano aree comprese nelle Fasce A e/o B, l'Amministrazione comunale è tenuta a valutare, d'intesa con l'autorità regionale o provinciale competente in materia urbanistica, le condizioni di rischio, provvedendo, se necessario, a modificare lo strumento urbanistico al fine di minimizzare tali condizioni di rischio.

Per il sottobacino del fiume Lambro nel tratto compreso tra il Lago di Pusiano e la confluenza del deviatore Redefossi sono state ridelimitate le fasce fluviali del PAI a seguito di un approfondimento delle elaborazioni conoscitive e della definizione di nuove linee di intervento lungo il fiume.

Le nuove fasce costituiscono la "*Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) approvato con DPCM 24 maggio 2001 – Fasce fluviali del Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi*" adottata con Deliberazione n. 2/2004 dall'Autorità di Bacino nella seduta del 3 marzo 2004 ed approvata con decreto della Presidenza del Consiglio dei Ministri in data 10 dicembre 2004. Con tale approvazione le fasce fluviali ridelimitate divengono vigenti.

L'area di intervento, localizzata nella porzione di SO del territorio comunale di Brugherio, ricade parzialmente all'interno della fascia C (inondazione per piena catastrofica) e nell'area esterna all'area C soggetta a misure di salvaguardia e limitazioni agli interventi ammissibili per solo interesse pubblico non altrove localizzabili, definiti per il Fiume Lambro dall'Autorità di bacino del fiume Po nella "*Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico PAI – Fasce Fluviali del Fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il Deviatore Redefossi*", approvata con DPCM 10/12/2004.

2.2 PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI

Il Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, con deliberazione n. 2 del 3 marzo 2016, ha approvato il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA).

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.

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 di rischio classificano secondo 4 gradi di rischio crescente (R1 - rischio moderato o nullo, R2 - rischio medio, R3 - rischio elevato, R4 - rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili.

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e integrazione del quadro conoscitivo rappresentato dagli elaborati del PAI.

Tra le misure di prevenzione previste nel PGRA vi è quella di associare, alle aree che risultano allagabili, un'adeguata normativa d'uso del territorio, coerente con quella già presente nel PAI per i fenomeni alluvionali ivi considerati.

È con questo obiettivo che è stata avviata (giugno 2015) la procedura di adozione di una Variante alle Norme di Attuazione del PAI con la quale viene introdotto il Titolo V contenente "Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il Piano di Gestione Rischio di Alluvioni (PGRA)".

Con deliberazione 5/2016, nella seduta del 7 dicembre 2016, 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.

Di seguito si richiamano sinteticamente alcuni articoli desunti dal nuovo titolo V, significativi dal punto di vista urbanistico:

art. 57, comma 1: gli elaborati cartografici rappresentati dalle *Mappe della pericolosità* e dalle *Mappe del rischio di alluvione* indicanti la tipologia e il grado di rischio degli elementi esposti (di seguito brevemente definite Mappe PGRA) e pubblicate sui siti delle Regioni, costituiscono integrazione al quadro conoscitivo del PAI;

art. 57, comma 3: le suddette Mappe PGRA costituiscono quadro di riferimento per la verifica delle previsioni e prescrizioni del PAI ai sensi del precedente articolo 1, comma 9 delle Norme di Attuazione 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;

art. 58, comma 1: le Regioni, ai sensi dell'art. 65, comma 6 del D. Lgs. n. 152/2006, entro 90 giorni dalla data di entrata in vigore del presente Titolo V, emanano, ove necessario, disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico;

art. 58, comma 2: le Regioni individuano, ove necessario, eventuali ulteriori misure ad integrazione di quelle già assunte in sede di adeguamento dello strumento urbanistico al PAI. Dette misure, salva la possibilità di una loro migliore specificazione ed articolazione sulla base dei dati ed elementi a disposizione negli specifici casi, devono essere coerenti rispetto ai riferimenti normativi di seguito indicati:

Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP):

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme del precedente Titolo II del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2), alle limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del precedente Titolo II del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1), alle disposizioni di cui al precedente art. 31 del PAI;

art. 59, comma 1: in conformità con quanto stabilito dall'art. 7, comma 6, lett. a del D. Lgs. n. 49/2010, tutti i Comuni, ove necessario, provvedono ad adeguare i rispettivi strumenti urbanistici;

art. 59, comma 2: nell'ambito dell'attività di adeguamento di cui al comma precedente i Comuni, all'interno dei centri edificati (come definiti o nell'ambito delle leggi regionali in materia, purché coerenti con le citate definizioni), adeguano i loro strumenti urbanistici al fine di minimizzare le condizioni di rischio esistenti, anche attraverso una valutazione più dettagliata delle condizioni di rischio locale.

2.3 DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PGRA NEL SETTORE URBANISTICO (DGR X/6738)

Regione Lombardia, con D.G.R. X/6738 del 19.06.2017, approva 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 contenute nell'allegato A della suddetta DGR costituiscono integrazione ai Criteri e indirizzi per la definizione della componente geologica idrogeologica e sismica approvati con DGR IX/2616 del 30.11.2011.

L'allegato A, al punto 3.1.4, introduce le disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA per i corsi d'acqua interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali.

In particolare, la norma prevede che:

- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P3/H si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia A;
- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P2/M si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia B;
- Nelle aree interessate da alluvioni frequenti P1/L si applichino le limitazioni e prescrizioni previste per la fascia C;

Ai sensi dell'art. 59 delle N.d.A. del PAI, 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 nelle mappe di pericolosità del PGRA;
- Nelle aree classificate come R4 i comuni sono tenuti a effettuare valutazioni più dettagliate delle condizioni di pericolosità e rischio locali secondo la metodologia 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 utilizza 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.

2.3.1 Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio

Le aree già edificate esposte al rischio sono di fatto le aree classificate come R4 e R3. 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.

2.4 RELAZIONI CON IL PGRA

L'area oggetto di studio ricade all'interno delle aree allagabili definite dal PGRA. In particolare, rientra nella fascia M – scenario poco frequente, come si evince dalle mappe della pericolosità relative al PGRA.

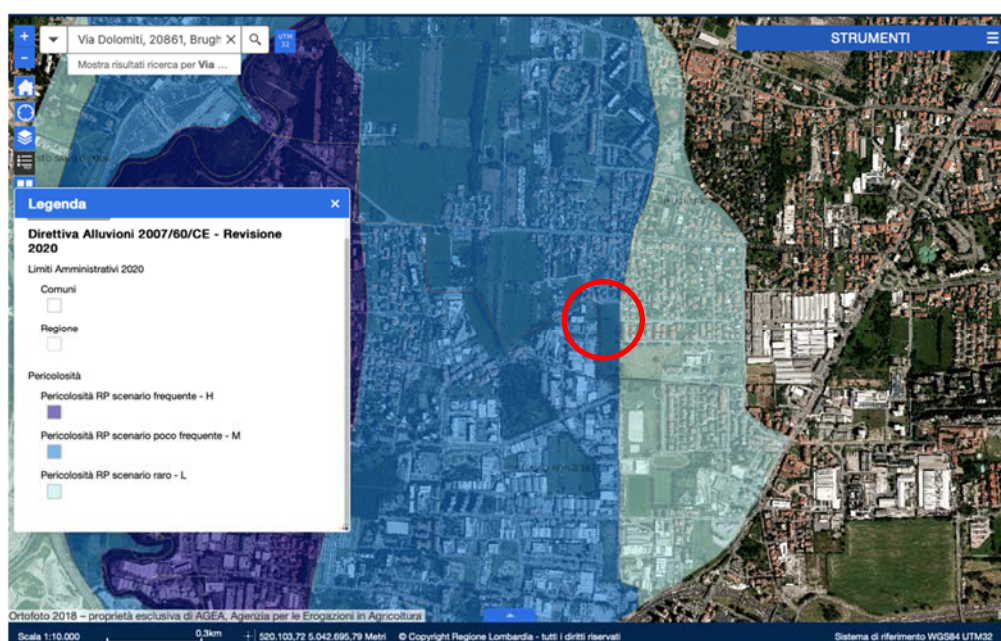


Figura 2.1 - Stralcio delle fasce di pericolosità RP della Direttiva Alluvioni

2.5 COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA DEL PGT

Nei paragrafi seguenti vengono esaminate le relazioni dell'area di intervento con gli aspetti relativi ai vincoli idrogeologici e fattibilità geologica, desunti dalla componente geologica di supporto al PGT del comune di Brugherio redatta ai sensi della D.G.R. IX/2616/2011, adottata con delibera del Consiglio Comunale n° 107 del 21/12/2015 e definitivamente approvata con delibera del Consiglio Comunale n° 52 del 09/06/2016.

2.5.1 Carta dei vincoli

L'area di indagine, come osservabile dall'immagine seguente (Figura 2.2) desunta dalla carta dei vincoli della componente geologica del PGT vigente, ricade all'interno della fascia C (inondazione per piena catastrofica). Inoltre, sul lato ovest dell'area è presente una roggia che scorre in direzione N-S fasciata (fascia di rispetto 4 m).



LEGENDA

Vincoli derivanti dalla pianificazione di bacino ai sensi della L. 183/89

Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

- Fascia A: fascia di deflusso della piena
- Fascia B: fascia di esondazione
- Fascia C: fascia di inondazione per piena catastrofica
- Limite di progetto tra la Fascia B e la Fascia C

Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA)

- Aree esterne alla fascia C a Pericolosità P2 soggette a misure di salvaguardia e limitazioni agli interventi ammissibili per solo interesse pubblico non altrove localizzabili

Aree di salvaguardia delle captazioni ad uso idropotabile

Al sensi art. 94 D.Lgs 152 del 3 aprile 2006

- zona di tutela assoluta: almeno 10 m di raggio dalla captazione (comma 3, art. 94)
- zona di rispetto (comma 4, art. 94): 200 m di raggio dalla captazione (comma 6 art. 94)
- zona di rispetto provvisoria del pozzo non ancora attivato di via Comoli

Vincoli di polizia idraulica

Ampiezza fasce di rispetto polizia idraulica

- Corsi d'acqua principali:
10 m RD 523/1904 (Lambro)
10 m RD 368/1904 (Canale Villoresi) e regolamento Polizia Idraulica consortile
- Reticolo minore del Consorzio Est Ticino Villoresi
definito dallo Studio del Reticolo Minore ai sensi Reg. di Gestione Polizia Idraulica
Consorzio est Ticino-Villoresi (DGR 9/1542 06/04/2011)
- tracciati secondari: 6 m
- tracciati terziari: 5 m
- Reticolo minore di competenza comunale
definito dallo Studio del Reticolo Minore comunale
- testa del fontanile S. Cristoforo: 25 m
- asta della Roggia S. Cristoforo: 10 m
- altri tracciati: 4 m

Vincoli dovuti alla qualità di terreni e acque sotterranee

D.Lgs 152/2006 parte IV Titolo V

- aree soggette a limitazioni per la presenza di interventi di messa in sicurezza dei terreni o della falda o per superamenti dei limiti di Concentrazione Soglia di Contaminazione (CSC) per la destinazione residenziale

Figura 2.2 - Carta dei vincoli - Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Brugherio (Tav. 6)

2.5.2 Fattibilità

Nello studio geologico di supporto al vigente Piano di Governo del Territorio del Comune di Brugherio, l'ambito di studio è compreso all'interno della **Classe di fattibilità geologica IIIe— Fattibilità con consistenti limitazioni** come riportato nello stralcio della carta di fattibilità geologica del vigente PGT con l'ubicazione dell'area di intervento (**Errore. L'autoriferimento non è valido per un segnalibro.**).

Le Norme Geologiche di Piano forniscono le seguenti indicazioni per tale classe di fattibilità.

Classe IIIe – aree a pericolosità idraulica elevata (P3)

Aree con pericolosità idraulica elevata P3 (battente idrico 50-80 cm) e presenza di falda poco profonda e vulnerabile (soggiacenza < 12 m)

Si tratta di aree per le quali l'analisi della pericolosità idraulica ha valutato l'esistenza di rischio di esondazione elevato (pericolosità P3). Il tirante d'acqua previsto per la piena di riferimento (Tr 200 anni) in queste aree è compreso tra 0.3-0.5 e 0,8 m.

Queste aree sono soggette a rischio per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi e l'interruzione delle attività socioeconomiche, danni al patrimonio culturale.

Sono da ritenersi compatibili con le azioni di Piano a patto che vengano messi in atto accorgimenti costruttivi che impediscano danni a beni e strutture e/o consentano la facile e immediata evacuazione dell'area inondabile da parte di persone e beni mobili. È comunque necessario verificare di volta in volta l'impossibilità a collocare gli interventi previsti in aree a rischio più contenuto o assente.

Sono ammissibili interventi di ristrutturazione e di demolizione e ricostruzione dell'esistente con diminuzione delle volumetrie.

I nuovi interventi dovranno essere valutati in ordine a:

- Necessità e priorità;
- impossibilità a collocare gli interventi in zone a rischio più contenuto;
- benefici per la comunità, evitando di collocare nelle aree ricadenti in questa classe di rischio strutture vulnerabili e di gestione dell'emergenza

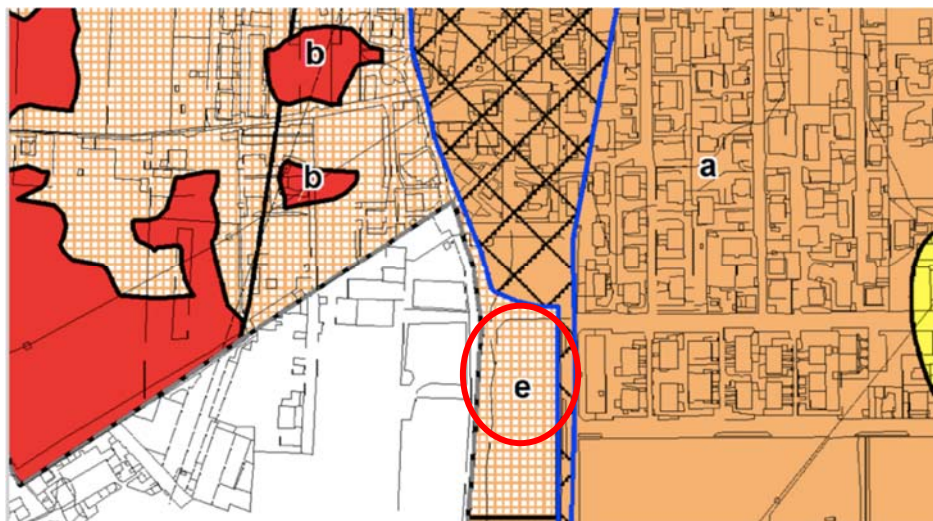
I progetti di nuova realizzazione e gli interventi di ristrutturazione devono comunque prevedere misure di mitigazione del rischio, come, in via esemplificativa e non esaustiva, indicato al punto 3.5 (Zonazione del rischio) dell'Allegato 4 alla DGR 2616/2011.

Ogni intervento ammissibile deve essere accompagnato da relazione idraulica redatta ai sensi della Direttiva dell'Autorità di Bacino "Verifica della Compatibilità Idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico in fascia A e B" (approvata con deliberazione del Comitato Istituzionale n. 2 dell'11 maggio 1999). La relazione dovrà comprendere un apposito studio che verifichi che l'occupazione di suolo non ostacoli il deflusso delle acque e non aumenti le condizioni di rischio per gli altri insediamenti e le infrastrutture esistenti (allegato 4 della DGR 2616/2011). Tale relazione dovrà evidenziare nel sito, a partire dal tirante utilizzato per definire la classe di pericolosità idraulica (Studio del Rischio idraulico – G. Sacchi) o, se ritenuto più opportuno, da studi successivi e/o valutazioni ad hoc, la distribuzione puntuale del battente idrico nella piena di progetto, la presenza di direzioni preferenziali di movimento, la velocità della corrente.

La verifica di compatibilità idraulica dovrà, inoltre, individuare, nel dettaglio, gli interventi di mitigazione del rischio adottabili per il singolo progetto, nell'ottica di una visione globale del territorio, evidenziandone le ricadute sulle aree limitrofe.

In una fascia di 10 m dalle sponde del Lambro o dal piede esterno dell'argine sono vietati tutti gli interventi, come previsto dall'art. 96 del RD 528/1904, e come stabilito dalla normativa del Demanio Idrico, ad esclusione delle demolizioni dell'esistente. Tale fascia dovrà essere mantenuta libera e accessibile senza impedimenti, per poter permettere il libero sfogo delle acque e il controllo della situazione di argini e sponde.

In queste aree e su tutte le superfici libere sono ammessi gli interventi di rinaturalizzazione e comunque tutti gli interventi consentiti nelle aree di esondazione e deflusso della piena (fascia A e B del PAI e fascia C a tergo di B di progetto, come nel caso specifico), così come indicato rispettivamente dall'art. 29 e 39 comma 3, e dall'art 30 e 39 comma 4 delle NTA del PAI.



LEGENDA



Aree esondabili individuate dal PGRA esterne alla Fascia C del PAI per le quali, fino ad approvazione della Variante PAI e revisione dello studio di rischio idraulico, si applicano le misure di salvaguardia previste per le aree a rischio R4. Assumono temporaneamente le norme di Classe 4.b

Classe 4 - Fattibilità con gravi limitazioni

colore rosso

- a: fascia A del PAI**
con caratteri geotecnici scadenti nei primi 10 m
- b: aree soggette a pericolosità idraulica estremamente elevata (P4)**
con falda superficiale
4.b.1: substrati che presentano caratteristiche geotecniche scadenti nei primi 10 m
- c: aree con falda affiorante (lago Increa - livello 9/2015)**
- d: vasca volano rete fognaria**

colore arancio

Classe 3 - Fattibilità con consistenti limitazioni

- a: falda idrica superficiale e vulnerabile**
aree con acquiferi vulnerabili per assenza di livelli protettivi e falda superficiale
3.a.1: presenza trincea tangenziale est
- b: aree con riempimenti**
cave e scavi colmati
- c: aree con presenza di cavità o di strati a scadenti caratteristiche geotecniche a profondità superiori a 4 m**
presentano, come carattere secondario, acquiferi non protetti
3.c.1: con falda superficiale
3.c.2: con falda superficiale e riempimenti di aree cavate
3.c.3: con falda superficiale e sbancamenti
- d: aree con caratteri geotecnici scadenti nei primi 10 m**
presentano, come carattere secondario, falda superficiale
- e: aree a pericolosità idraulica elevata (P3)**
presenza di falda superficiale
3.e.1: caratteri geotecnici scadenti nei primi 10 m
3.e.2: riempimenti di scavi e cave

Figura 2.3 - Fattibilità geologica- Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT di Milano (Tav. G.17)

3 DESCRIZIONE DEGLI STUDI IDRAULICI ESISTENTI

A supporto delle elaborazioni condotte nel presente studio, si sono analizzati gli studi idrologico-idraulici disponibili relativi al fiume Lambro:

- Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona, Fiume Lambro– Autorità di Bacino del Fiume Po;
- Relazione idraulica in merito alla perimetrazione delle fasce fluviali di esondazione del fiume Lambro nel territorio del Comune di Brugherio (Ing. Bacchi, Ing. Pilotti – all. 4 allo studio geologico a supporto del PGT - giugno 2012)

3.1 STUDIO DI FATTIBILITÀ DELLA SISTEMAZIONE IDRAULICA DEI CORSI D'ACQUA NATURALI E ARTIFICIALI ALL'INTERNO DELL'AMBITO IDROGRAFICO DE PIANURA LAMBRO-OLONA - AUTORITÀ DI BACINO DEL F. PO

Il fiume Lambro è stato oggetto di uno studio di approfondimento da parte dell'Autorità di Bacino del Fiume Po, 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" a cura di Lotti e Associati.

L'ambito fluviale esaminato ha una lunghezza di circa 64 km ed è compreso tra il Lago di Pusiano e la confluenza del Redefossi. Questo tratto riveste notevole importanza sia per la diffusa presenza di opere antropiche di elevato valore storico e ambientale, sia per la vastità delle aree urbane attraversate sia per le frequenti esondazioni che in esse si verificano.

Lo studio ha il fine di valutare le portate e i tiranti idrici per il tempo di ritorno di 10, 200 e 500 anni (tramite il modello di simulazione MIKE 11 - modulo idraulico HD) nella condizione attuale dell'alveo, con la conseguente delimitazione delle aree allagabili e confronto con le Fasce A, B e C del PAI, e in quella di progetto, considerando cioè i possibili scenari di intervento per la protezione delle aree urbanizzate.

Stato di fatto

Il Fiume Lambro ha origini nel Triangolo Lariano, in comune di Magreglio. Dopo un breve tratto iniziale si immette nel lago di Pusiano da cui esce come emissario e percorre un tratto di circa 64 km prima della confluenza con il Deviatore Redefossi.

Il Lambro, dall'origine fino alla confluenza con il Redefossi, è caratterizzato, dal punto di vista idraulico, da tre tratti a differente comportamento:

- Tratto prelacuale in cui il fiume ha carattere prevalentemente torrentizio, alveo incassato, forti pendenze e basso livello di urbanizzazione;
- Tratto naturale, compreso tra il lago di Pusiano e Villasanta, in cui il fiume scorre principalmente in alveo abbastanza incassato salvo alcune zone dove si verificano allagamenti in terreni naturali;
- Tratto urbanizzato in cui il fiume attraversa territori pianeggianti, fortemente antropizzati in cui sono presenti lunghi tratti canalizzati vincolati da numerosi ponti e attraversamenti.

L'area in esame si inserisce nel 3° tratto "urbano compreso tra il ponte dell'autostrada A4 fino alla linea metropolitana MM2 – Cascina Gobba, tra le sezioni LA91 – LA81.3; il regime idraulico di questo settore è influenzato principalmente:

- la presenza di manufatti di attraversamento che interferiscono con il deflusso della piena;
- la presenza di alcuni scarichi urbani, alcuni dei quali con contributi rilevanti;
- alternanza di tratti con ridotta capacità idraulica e tratti con notevole capacità idraulica.

In tale tratto si verifica l'allagamento nei comuni di Brugherio, Cologno Monzese e Sesto San Giovanni dovuto principalmente all'effetto combinato del rigurgito di alcuni manufatti interferenti e di livelli spondali insufficienti a contenere i livelli di piena in alcuni tratti.

Il tratto in esame, infatti, presenta un'asta fluviale generalmente compatibile con le portate dell'ordine di 180-200 mc/s, ad eccezione di alcuni trattai che generano situazioni di insufficienze localizzate e che danno origine a vaste aree di allagamento: ad esempio nella zona di San Maurizio al Lambro a confine tra il comune di Brugherio e di Cologno Monzese, si ha una situazione per cui le ridotte dimensioni della luce di passaggio al sotto pente di via San Maurizio e un livello spondale in sinistra idraulica rispetto ai livelli di piena, generano una cospicua esondazione in sinistra, in grado di interessare quasi l'intero territorio del comune di Cologno Monzese.

Stato di progetto

Gli interventi che costituiscono l'assetto di progetto del fiume Lambro per il tratto 3 sono sinteticamente descritti:

- adeguamento dei manufatti di attraversamento (ponte di San Maurizio al Lambro a Cologno M. e ponte di via Di Vittorio a Sesto S.G.);
- riduzione delle portate scaricate dalle reti di drenaggio urbano;
- opere di protezione locale (arginature);
- aumento della capacità idraulica dell'alveo.

3.2 RELAZIONE IDRAULICA IN MERITO ALLA PERIMETRAZIONE DELLE FASCE FLUVIALI DI ESONDAZIONE DEL FIUME LAMBRO NEL TERRITORIO DEL COMUNE DI BRUGHERIO (ING. BACCHI, ING. PILOTTI – ALL. 4 ALLO STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DEL PGT - GIUGNO 2012)

Nell'ambito della redazione dello studio geologico a supporto del Piano di Governo del Territorio, il comune di Brugherio ha incaricato gli ingegneri Bacchi e Pilotti di effettuare uno studio idraulico finalizzato alla ripermimetrazione delle fasce fluviali di esondazione del Fiume Lambro.

In particolare, lo studio è articolato in tre parti:

1. Definizione dello scenario di rischio idraulico con riferimento alla portata con tempo di ritorno 200 anni sulla base delle valutazioni delle portate di riferimento calcolate per la definizione delle fasce fluviali;
2. Definizione delle condizioni di deflusso nel tronco idraulico di interesse;
3. Valutazione della compatibilità idraulica della proposta di uso delle aree a rischio mediante l'individuazione della pericolosità ai quali è soggetta l'area di interesse.

Lo studio idraulico effettuato è stato condotto dividendolo in tre fasi:

1. è stato condotto uno studio in moto permanente che ha permesso di individuare lo stato di criticità complessiva a fronte di un evento estremo ma anche di minore entità. Sono state, quindi, individuate delle zone che appaiono insufficienti dal punto di vista idraulico già a fronte di portate inferiori a quelle di picco;
2. è stato condotto uno studio in moto vario bidimensionale al fine di mappare le aree a rischio esondazione;
3. le mappe ottenute sono state utilizzate per definire precise classi di pericolosità idraulica sulla base della velocità, del tirante e della spinta idraulica della corrente.

La simulazione di moto permanente è stata condotta con il codice di calcolo HEC-RAS in corrispondenza di tre valori di portata 60 mc/s, 110 mc/s e 150 mc/s supponendo tali valori interamente convogliati in alveo lungo il suo sviluppo longitudinale.

Dalla simulazione emerge che l'alveo è in grado di convogliare una portata di circa 50-60 mc/s senza dar luogo a significative esondazioni. Al crescere della portata molte delle sezioni a ponte del ponte di confine tra Brugherio e Monza divengono insufficienti in destra idrografica. Parallelamente, sia il ponte dell'autostrada sia quello di San Maurizio iniziano a funzionare in pressione. In corrispondenza della portata di 110 mc/s si ha una generale insufficienza a monte del primo ponte mentre in corrispondenza di una portata di 150 mc/s l'insufficienza è generalizzata.

In generale il modello in moto permanente mostra l'assoluta insufficienza del fiume Lambro. Le zone critiche sono:

- la zona a monte del comune di Brugherio al confine con Monza. Tale esondazione rimane confinata dai rilevati stradali in grado di esercitare funzione di argine;
- la zona del ponte dell'autostrada dove l'esondazione avviene prima in destra e poi in sinistra idrografica.
- La zona a valle del ponte autostradale;
- La zona del ponte di San Maurizio e la sezione immediatamente a monte.

La verifica condotta in moto permanente ha evidenziato una generale tracimazione delle acque del fiume Lambro. Al fine di condurre una perimetrazione delle aree a rischio inondazione è stata effettuata una modifica in moto vario con un modello adatto a risolvere le equazioni di propagazione delle acque basse (FLO2D).

Il modello implementato mostra che gran parte del territorio comunale risulta interessato dall'esondazione con una tendenza del deflusso verso sud.

Il territorio è stato suddiviso in quattro diverse classi di pericolosità idraulica definite sulla base dell'analisi del massimo tirante idrico. In particolare:

1. Moderato P1: tiranti inferiori a 0.3 m
2. Medio P2: tiranti compresi tra 0.3 e 0.5 m;
3. Elevato P3: tiranti compresi tra 0.5 e 0.8 m;
4. Molto elevato P4: tiranti superiori a 0.8 m

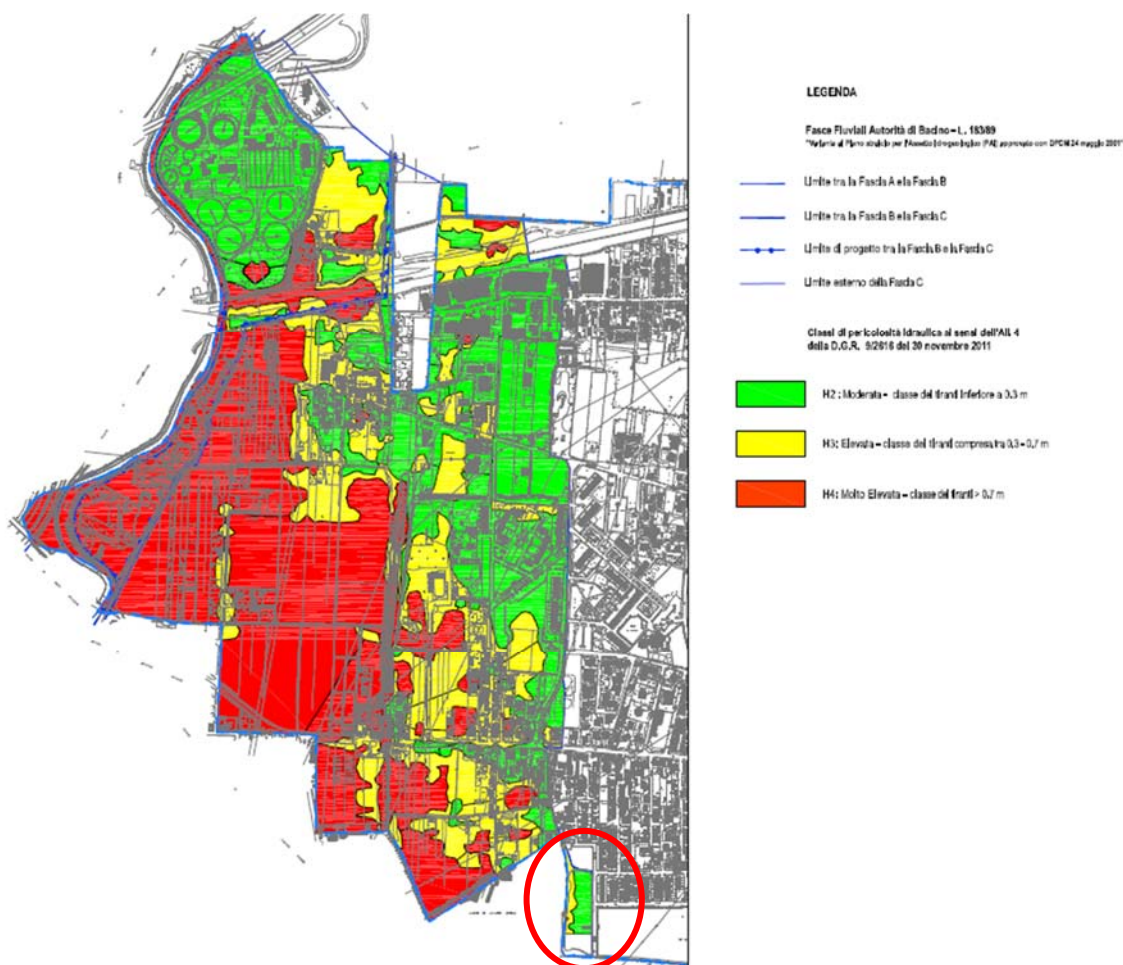


Figura 3.1 – Tavola 7a "Valutazione della pericolosità" – Componente geologica Brugherio

3.2.1 Relazioni con lo studio idraulico comunale

L'area oggetto di studio, secondo i risultati del modello di dettaglio allegato alla Componente geologica del PGT di Brugherio, ricade all'interno della classe di pericolosità H2 e solo marginalmente nella classe H3.

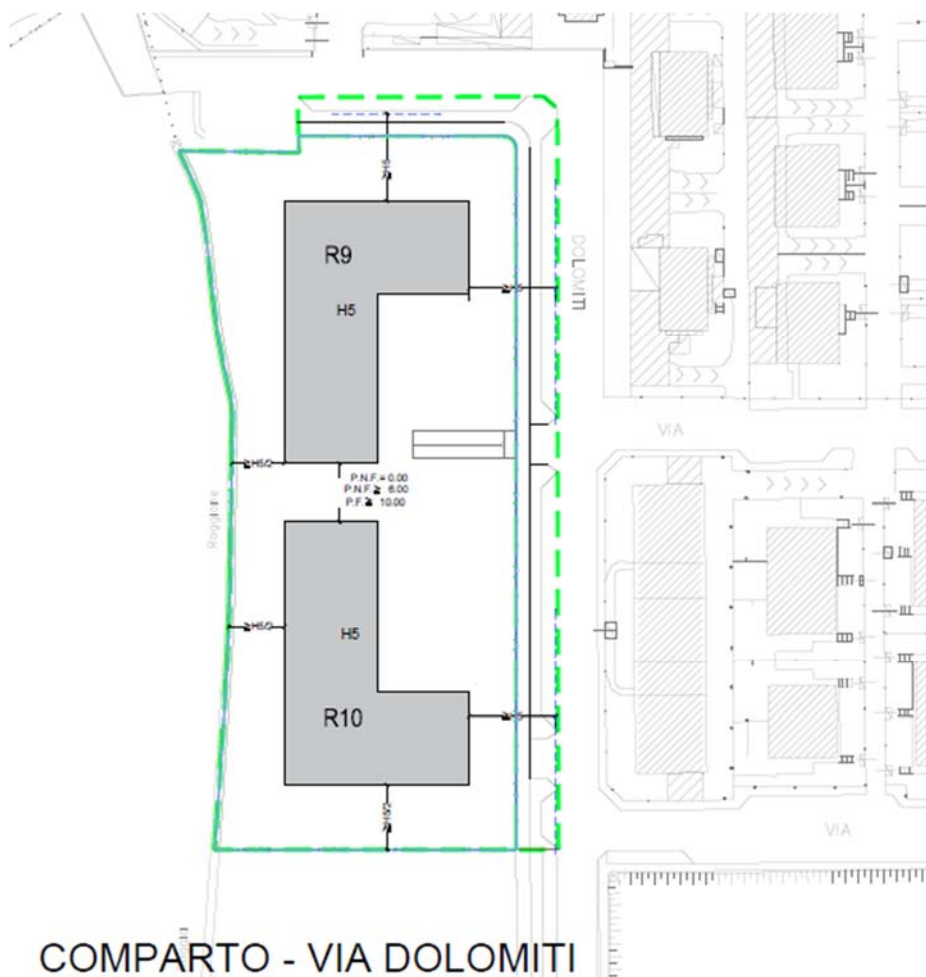
4 DESCRIZIONE DELL'AREA E DELL'INTERVENTO EDILIZIO

Attualmente l'area di via Dolomiti è un campo incolto.

La proposta progettuale prevista sull'area fa parte della Proposta di attuazione in Variante al PGT del Comune di Brugherio del Programma Integrato di Intervento denominato PII B3.11.1 – Bettolino Freddo, approvato con deliberazione del C.C. 18/2011 e convenzionato definitivamente nel 2013.

Il progetto in variante prevede la realizzazione di due palazzine residenziali costituite da 4 piani fuori terra e un piano interrato destinato ai box.

Tutta l'area rimarrà privata ad eccezione dei marciapiedi e le aiuole lungo il lato est e nord della proprietà. Il progetto prevede, inoltre, il mantenimento del filare alberato presente lungo il lato ovest del lotto e il rifacimento della rete fognaria sotto il nuovo marciapiede in progetto.



5 RILIEVO TOPOGRAFICO DI DETTAGLIO

Al fine di studiare correttamente il comportamento del fiume Lambro in comune di Brugherio è stato effettuato un rilievo topografico di dettaglio al fine di caratterizzare in modo puntuale l'ambito del PII nell'area di via Dolomiti.

Il rilievo è stato effettuato avvalendosi di una stazione totale e un sistema GPS.

Il sistema di riferimento utilizzato per le verifiche e gli agganci con strumentazioni GPS è stato WGS 84, con coordinate piane nel sistema UTM.

L'aggancio planimetrico ed altimetrico è stato effettuato dopo opportuna verifica di collimazione con i dati riportati sulla base AEF del Comune di Brugherio. Al rilievo, per riportarlo alle quote altimetriche LIDAR, è stata applicata una correzione di 65 cm.



Figura 5.1 – Rilievo topografico di dettaglio – progetto GIS con base Google Satellite dell'area di intervento

Il rilievo topografico mostra che l'area oggetto di studio è posta mediamente ad una quota pari a 141.50 m s.l.m. con quote degradanti da nord verso sud.

6 COSTRUZIONE DEL MODELLO IDRAULICO SUL FIUME LAMBRO

6.1 INFORMAZIONI TOPOGRAFICHE

Per studiare correttamente il comportamento del fiume Lambro e delle esondazioni in comune di Brugherio, è stato necessario implementare un modello ad ampia scala sul corso d'acqua.

Per implementare il modello è stato utilizzato il rilievo topografico, effettuato dallo scrivente nel 2018, su tutto il corso d'acqua per una lunghezza di circa 7.0 km lungo il quale sono state rilevate 36 sezioni trasversali.

Oltre alle sezioni d'alveo sono state rilevate le opere di difesa presenti nonché le quote del piano campagna in alcuni tratti significativi nei quali si è reso necessario dettagliare l'informazione topografica. Tra questi occorre evidenziare l'arginatura in sponda destra posta in fregio allo svincolo autostradale dell'A4 e l'arginatura in sponda sinistra nel tratto terminale dove il Lambro risulta affiancato alla tangenziale Est di Milano.

L'informazione topografica è stata, quindi, sottoposta ad una verifica di congruenza con il rilievo LIDAR a maglia 1x1 del Ministero dell'Ambiente fornito da Regione Lombardia, in particolare, per quanto riguarda il terreno in corrispondenza delle aree golenali. Il confronto ha messo in evidenza una buona corrispondenza tra i due rilievi, come evidenziato nella figura seguente. Occorre precisare che le discrepanze del fondo alveo sono dovute al fatto che il LIDAR non riesce a rilevare il fondo del corso d'acqua, ma solamente la superficie liquida.

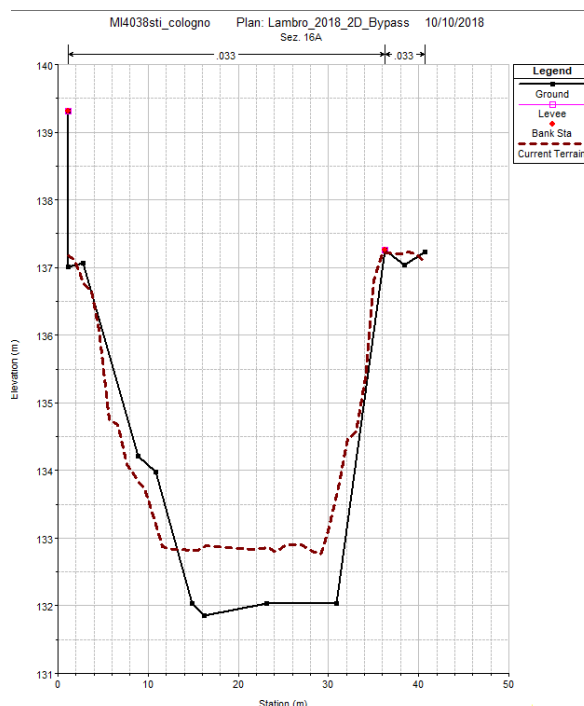


Figura 6.1 – Confronto tra rilievo LIDAR (tratteggio marrone) e rilievo 2018 del fiume Lambro

6.2 COSTRUZIONE DEL MODELLO DIGITALE DEL TERRENO

La descrizione delle aree di esondazione, in sinistra e destra idrografica del fiume Lambro, è stata effettuata utilizzando il rilievo LIDAR a maglia 1x1. LIDAR è una tecnica di telerilevamento

che ha permesso il rilevamento di tutta la costa italiana e di tutte le aste fluviali. Al fine di rappresentare correttamente il deflusso degli allagamenti nelle aree di interesse si è reso necessario modificare localmente il DTM ottenuto da LIDAR rialzando le quote in corrispondenza degli edifici.

Partendo dall'informazione topografica in esso contenuta, è stato ricavato il modello digitale del terreno per la porzione di territorio oggetto di studio.

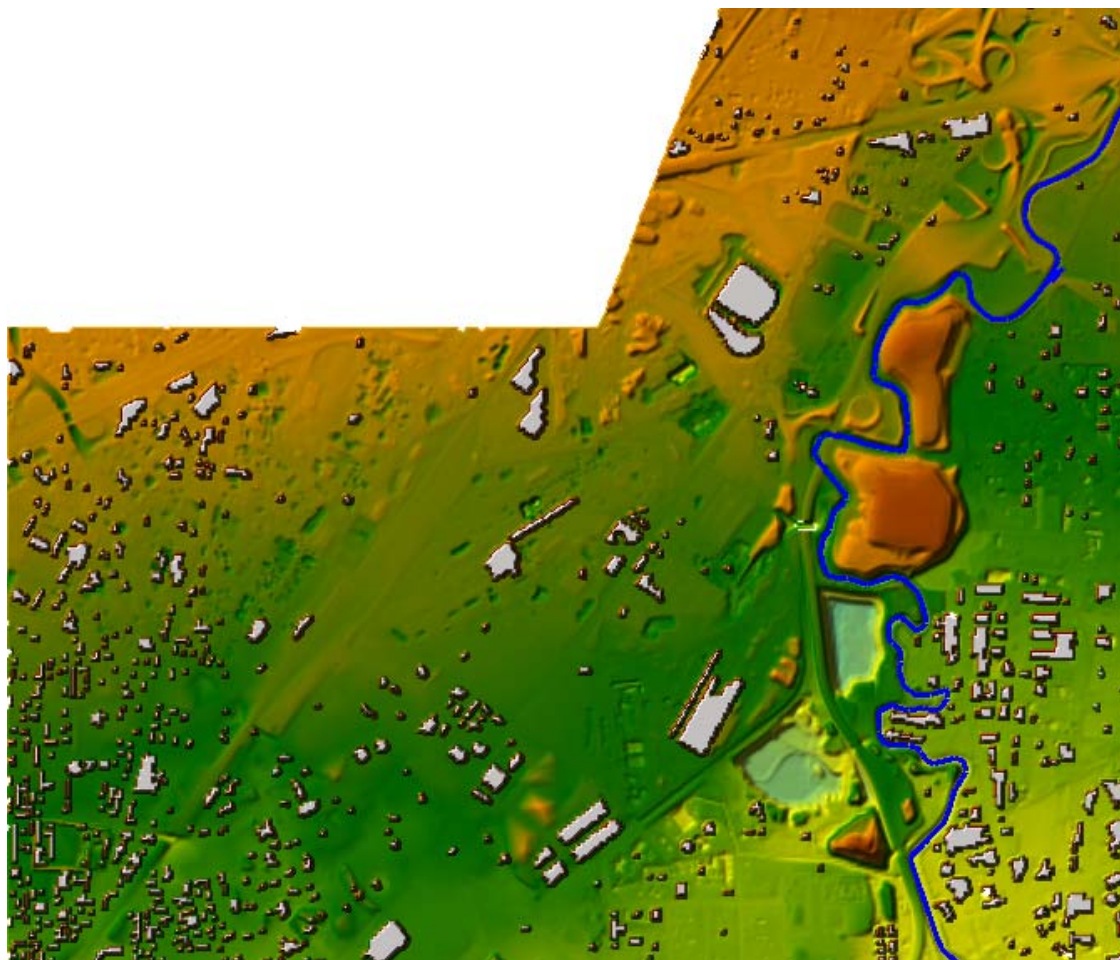


Figura 6.2 – Modello digitale del terreno con all'interno le superfici edificate

7 STUDIO DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA

Il comportamento idrodinamico del fiume Lambro e la definizione dei tiranti idrici che si instaurano lungo il corso d'acqua sono stati ricostruiti implementando un modello monodimensionale accoppiato a un modello bidimensionale delle aree golenali, considerando un tempo di ritorno pari a 200 anni.

7.1 DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO

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 contribuyente al deflusso (ineffective flow area);
- q_l flusso laterale per unità di lunghezza.

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:

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

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

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:

CF e P.Iva e Registro Imprese di Milano 09422240961 - Capitale sociale € 30.000 i.v.

- 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:

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

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

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 di una 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/>.

7.1.1 Descrizione geometrica dell'area di allagamento

Al fine di definire le aree di allagamento (2D flow areas) della zona oggetto di studio, è stato fondamentale riprodurre l'andamento del terreno nelle aree di esondazione in modo sufficientemente preciso. A tale scopo è stato ricostruito il modello digitale del terreno a partire dal rilievo LIDAR (cfr. par. **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**).

Per la definizione delle 2D flow areas nel modello idraulico si è fatto riferimento alle aree allagabili definite nel PGRA per l'area oggetto di studio ma si è considerata anche la morfologia del territorio.

La geometria, abbastanza semplice, dell'area urbana ha permesso l'uso di una maglia strutturata con celle di dimensioni 10x10 per entrambe le 2D flow areas definite.

7.1.2 Condizioni al contorno e coefficienti di scabrezza

La definizione delle condizioni al contorno ha fatto riferimento allo "*Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro-Olona – Fiume Lambro*" del 2004, dal quale è stato ricavato l'idrogramma di piena per tempo di ritorno pari a 200 anni, utilizzato come condizione di monte ($Q_{200} = 294.7 \text{ m}^3/\text{s}$).

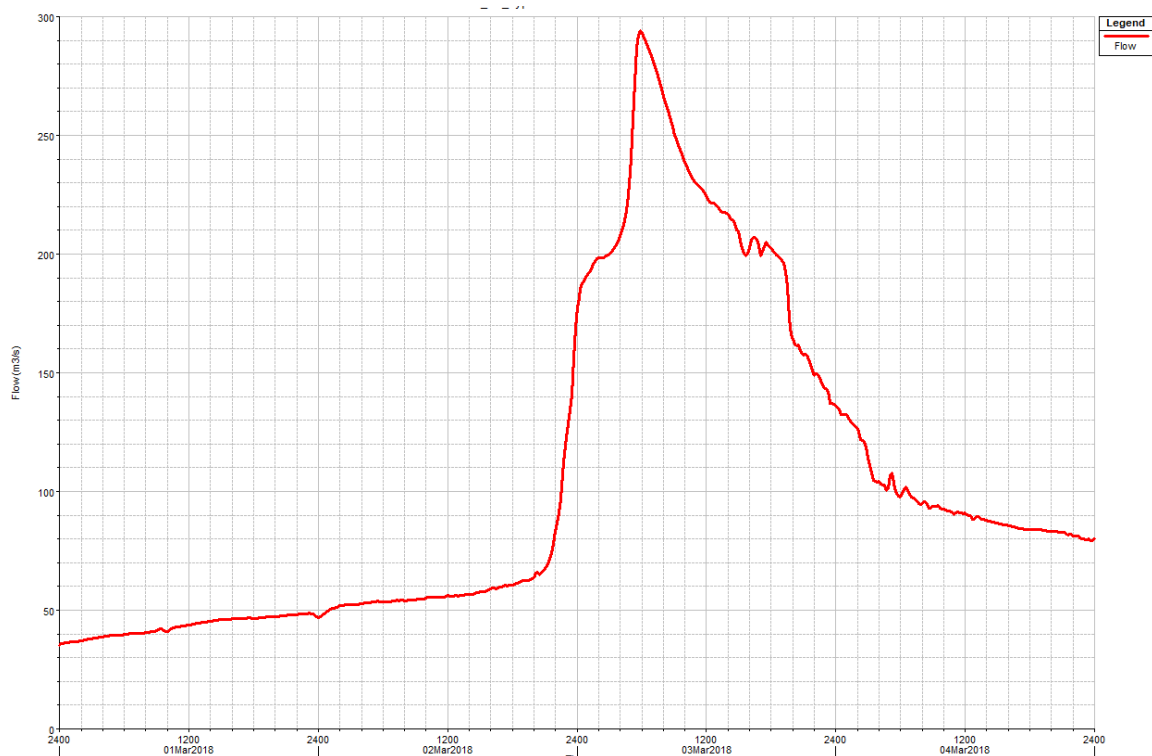


Figura 7.1 - idrogramma di piena per $Tr = 200$ anni

Come condizione al contorno di valle invece è stata inserita la pendenza dell'alveo.

L'attribuzione del coefficiente di scabrezza caratteristico dell'alveo fa riferimento alle indicazioni fornite dalle tabelle del "Open Channel Hydraulics", Ven te Chow, McGraw Hill International Editions.

In generale l'alveo di magra e le aree golenali sono state simulate utilizzando un coefficiente di scabrezza di Manning $n = 0.033 \text{ s/m}^{1/3}$.

7.2 RISULTATI DEL MODELLO

La simulazione bidimensionale, effettuata con tempo di ritorno pari a 200 anni, 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 quote idriche riferiti alla condizione più gravosa (livelli massimi).



Figura 7.2 – Planimetria dei tiranti idrici per l'evento T200

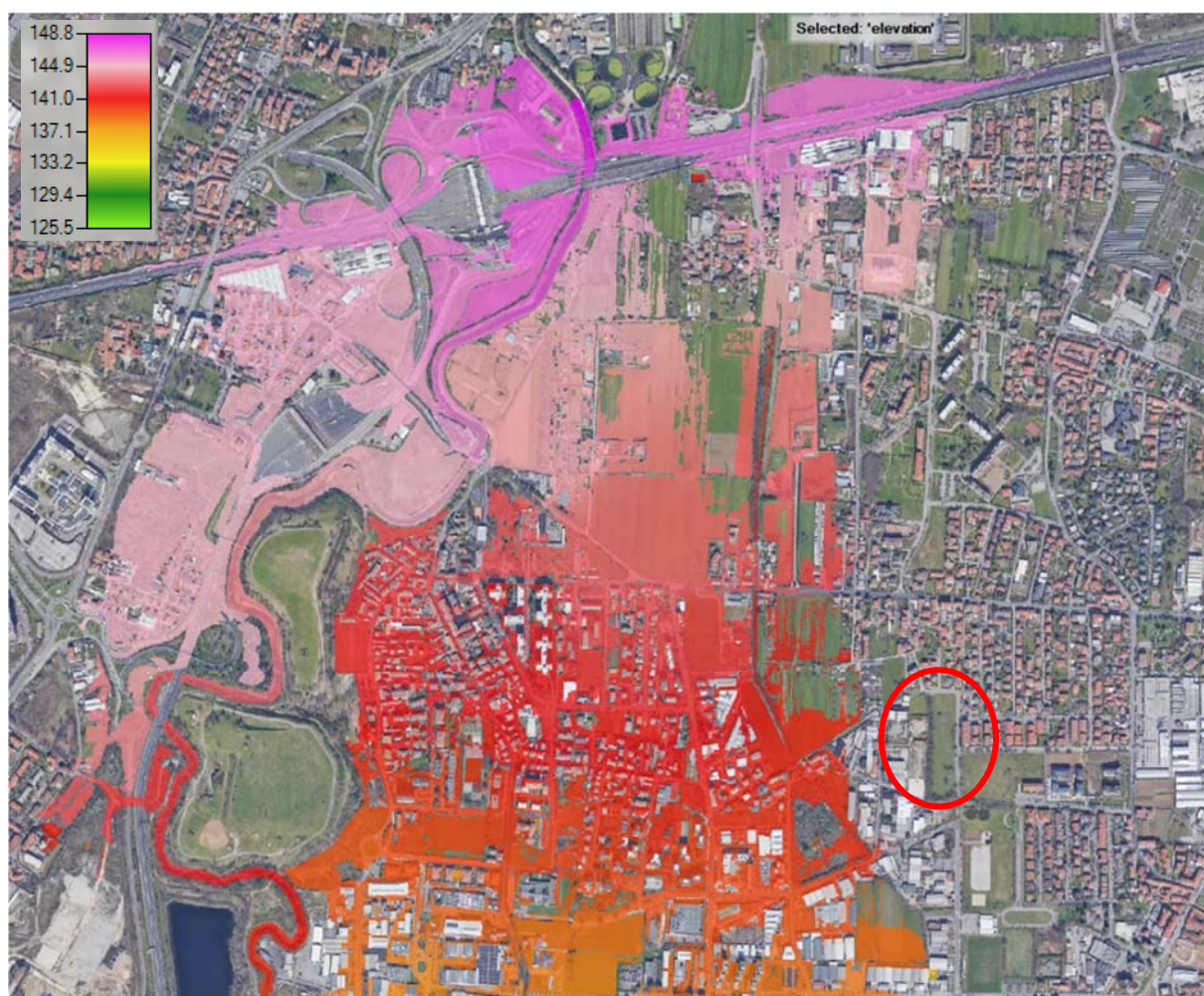


Figura 7.3 – Planimetria dei livelli idrici per l'evento T200

I risultati del modello 2D mostrano come, in corrispondenza della portata massima, per tempo di ritorno duecentennale, si verificano allagamenti sia in destra sia in sinistra idrografica per tutto il tratto modellato.

L'area oggetto di studio non risulta interessata direttamente dall'esondazione del fiume Lambro.

8 VALUTAZIONI SUL RISCHIO DI ALLAGAMENTO

Il presente studio è finalizzato alla verifica della compatibilità idraulica a supporto della Variante al Programma Integrato di Intervento denominato PII B3.11.1 – Bettolino Freddo, approvato con deliberazione del C.C. 18/2011 e convenzionato definitivamente nel 2013 (via Dolomiti, Brugherio).

Per la definizione del tirante idrico di riferimento è stato sviluppato un modello accoppiato 1D/2D utilizzando le informazioni contenute nello studio Lambro-Olona e confrontando la topografia LIDAR con un rilievo topografico realizzato appositamente.

L'area oggetto di studio:

- Risulta inserita nella classe P2/M relativa alle aree allagabili definite dal PGRA (aggiornamento 2020);
- Ricade nella classe di fattibilità 3e

In base alle verifiche idrauliche condotte sull'area è possibile affermare che l'area non risulta interessata dall'esondazione del fiume Lambro. Si ritiene, in ogni caso, appropriato fornire degli accorgimenti costruttivi in funzione della vulnerabilità dell'area.

L'esondazione del fiume Lambro, che si estende da ovest verso est, nella zona più vicina all'area oggetto di studio si attesta ad una quota media di 140.60 m s.l.m., circa 1 metro più bassa del p.c. dell'area di via Dolomiti.

Attualmente l'area oggetto di studio, adibita a campo, risulta posta ad una quota media di 141.50 m s.l.m. decrescente da nord verso sud. Tale area risulta ribassata rispetto alla quota stradale di via Dolomiti pari mediamente a 141.80 m s.l.m..

Si ritiene, pertanto, che la quota del piano terra delle palazzine in progetto sia uniformata alla quota stradale, quindi, almeno pari a 141.80 m s.l.m.. L'area dovrà essere preferibilmente recintata con un muretto pieno per almeno 50 cm da p.c., come i complessi abitativi limitrofi.

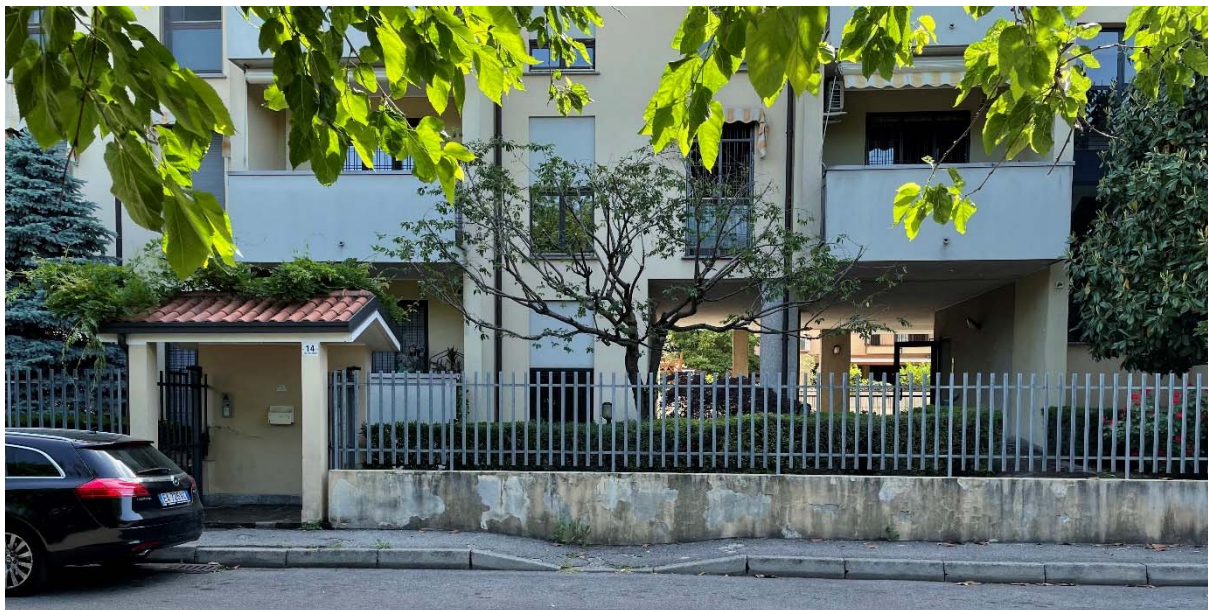


Figura 8.1 – Recinzione del complesso residenziale di via Dolomiti 14 - Brugherio

L'accesso carrabile dovrà essere posizionato lungo il lato est del comparto, opposto alla direzione di deflusso della piena. L'accesso dovrà prevedere una schiena d'asino o, in alternativa, la predisposizione per il posizionamento di paratie mobili per un'altezza di almeno 50 cm da terra.

Parimenti, anche l'accesso pedonale dovrà prevedere gli stessi accorgimenti dell'ingresso carrabile.

I tecnici

Dott. Geol. Efrem Ghezzi



Dott. Ing. Marta Gaboardi



Dott. Geol. Pietro Breviglieri

