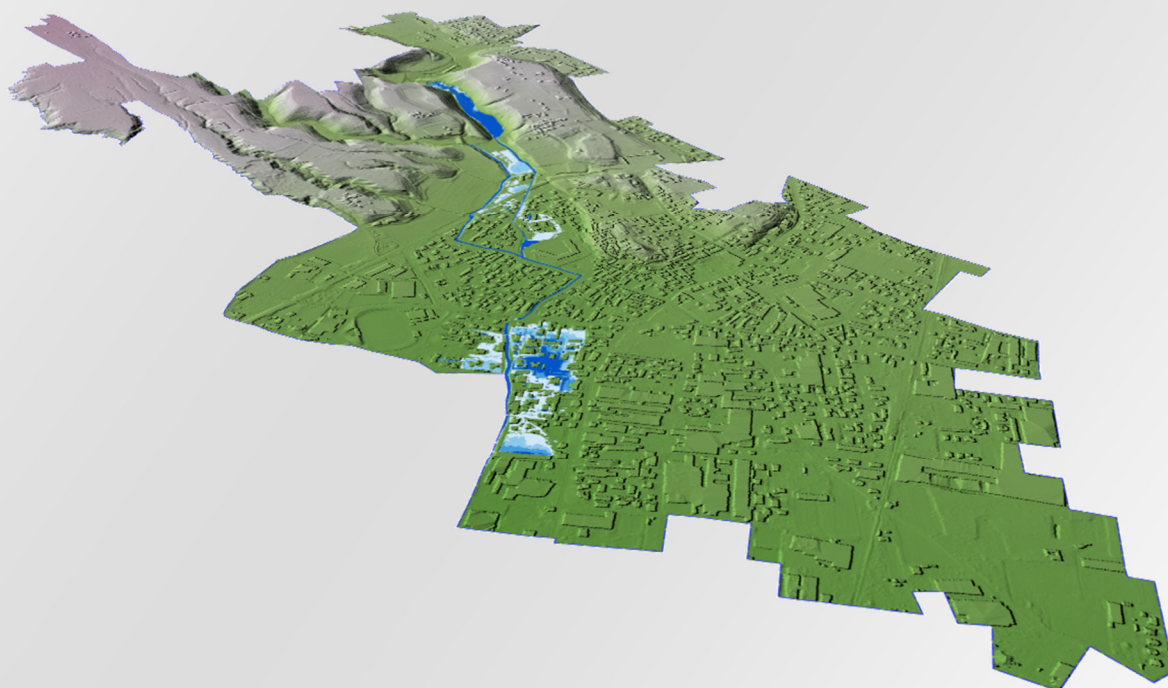


COMUNE DI CARUGO

Via Cadorna, 3 - 22060 – Carugo (Co)

STUDIO IDRAULICO A SUPPORTO DELLA VALUTAZIONE DI DETTAGLIO DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ E RISCHIO LUNGO LA ROGGIA VECCHIA

D.G.R. n° IX/2616 del 30/10/2011
Integrata con la D.G.R. X/6738 del 19 giugno 2017



Redatto da:

ing. Valeria LOCATELLI
dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA
dott. geol. Domenico SCINETTI

Lecco – LUGLIO 2026

INDICE GENERALE

1	Premessa	4
2	RSCM - Disposizioni relative al Reticolo Secondario Collinare e Montano D.g.r. X/6738 del 19/06/2017 -	
	Inquadramento normativo	7
2.1	<i>Ambito territoriale di riferimento</i>	7
2.2	<i>Normativa</i>	8
2.3	<i>Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali</i>	9
2.4	<i>Modifiche alle aree</i>	10
2.5	<i>Approfondimento a scala comunale: ambito RSCM</i>	10
3	Studio idraulico Roggia Vecchia nel comune di CARUGO	11
3.1	<i>Precipitazioni intense</i>	11
3.2	<i>Determinazione bacino idrografico</i>	13
3.3	<i>Roggia Borromeo</i>	13
3.3.1	Stima della portata di massima piena	17
3.3.2	Portata della Roggia Borromeo	20
3.3.3	Roggia Valle di Gattedo	21
3.3.4	Stima della portata di massima piena	22
3.3.5	Bacino Roggia Vecchia	23
3.3.6	Roggia Vecchia all'ingresso del centro abitato di Carugo	28
3.3.7	Portate a valle di via Veneto	28
3.4	<i>Idrogramma di piena</i>	29
3.5	<i>Modellazione idraulica</i>	29
3.6	<i>Considerazioni e limiti del modello idraulico</i>	38
3.7	<i>Risultati e Descrizione delle carte</i>	39
3.7.1	Moto permanente	39
3.7.2	Moto vario	39
3.7.3	Aree di Esondazione	39
3.7.4	Zonazione del pericolo e del rischio per esondazione con Tr 100 anni	39
3.8	<i>Adeguamento Piano di Protezione Civile Comunale</i>	44
4	Disposizioni comuni a tutti gli ambiti allagabili	45

4.1	<i>Disposizioni inerenti all'informazione relativa alla pericolosità idraulica e al rischio</i>	45
4.2	<i>Disposizioni inerenti agli accorgimenti edilizi da adottare per la mitigazione del rischio</i>	45
4.3	<i>Disposizioni inerenti all'asseverazione di congruità delle varianti urbanistiche alla componente geologica del PGT e alla pianificazione sovraordinata</i>	46
4.4	<i>Disposizioni inerenti agli interventi edilizi</i>	46

ALLEGATI AL TESTO

Elaborati HEC RAS – modello idraulico

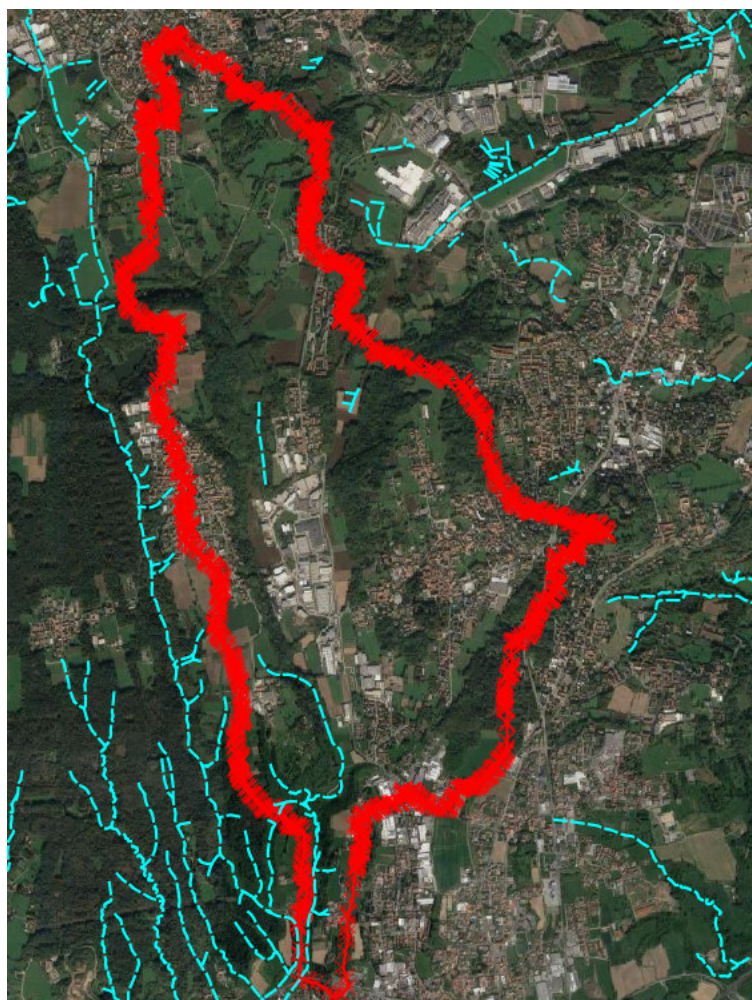
ALLEGATI FUORI TESTO

Tav. 1	CARTA BATTENTE IDRICO / VELOCITA'	CARTA DELLA PERICOLOSITA' TR 100 ANNI
Tav. 2	CARTA USO DEL SUOLO	CARTA DELLA PERICOLOSITA' E RISCHIO IDRAULICO

1 PREMESSA

Con incarico dell'Amministrazione Comunale di CARUGO (Co) è stato condotto il presente studio a supporto della valutazione di dettaglio delle condizioni di pericolosità idraulica e rischio locale negli ambiti R4 individuati dal PGRA 2022 della Roggia Vecchia nel territorio del comune di CARUGO.

Lo studio idraulico della Roggia Vecchia è stato condotto in ottemperanza alla D.g.r. X/6738 del 19/06/2017 e successiva D.g.r. XI/470 del 02/08/2018 contenente le *“disposizioni regionali concernenti l’attuazione del piano di gestione dei rischi 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 7 dicembre 2016 con deliberazione n. 5 dal comitato istituzionale dell’autorità di bacino del fiume Po”*.



Lo studio idraulico è stato condotto in base al seguente schema:

- ✓ ricerca bibliografica
- ✓ individuazione del bacino imbrifero e calcolo della portata con Tr 100 anni (Riferimento per valutazione in aree R4)
- ✓ sopralluoghi lungo l'asta della Roggia Vecchia nel territorio comunale
- ✓ generazione del modello 3D del territorio comunale con particolare approfondimento lungo l'alveo
- ✓ generazione del modello idrologico dell'onda di piena con Tr 100 anni
- ✓ analisi di dettaglio del pericolo per esondazione
- ✓ analisi di dettaglio per la zonazione del rischio

Il piano normativo di riferimento è costituito da:

- **D.g.r. n°470 del 2 agosto 2018** *"Integrazione alle disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanizzato e di pianificazione dell'emergenza, di cui alla d.g.r. 6738/2017"*
- **D.g.r. X/6738 del 19-06-2017** *"Disposizioni Regionali concernenti l'attuazione del piano di gestione dei rischi di alluvione PGRA nel settore urbanistico e di pianificazione dell'emergenza"*
- **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..."*
- **Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del 26-04-2001** *"Norme di attuazione n° 7"*

Il presente studio fa riferimento alle mappe del PGRA vigenti pubblicate sul geoportale di Regione aggiornate con la variante del Novembre 2024.

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico del Bacino del Fiume Po (in seguito PAI), adottato dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino con Deliberazione n. 18 del 26 aprile 2001, è stato approvato con DPCM del 24 maggio 2001. In Lombardia, dopo l'approvazione del PAI e sulla base delle disposizioni dettate con la D.g.r. 11 dicembre 2001, n. VII/7365, è iniziato il percorso di attuazione del PAI in campo urbanistico alla scala locale. Tale D.g.r. è stata aggiornata e integrata con successivi atti fino a giungere alla vigente D.g.r. 30 novembre 2011, n. IX/2616.

Il Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA), predisposto in attuazione del D.lgs. 49/2010 di recepimento della Direttiva 2007/60/CE (cosiddetta "Direttiva Alluvioni"), è stato adottato con deliberazione 17 dicembre 2015 n. 4, approvato con Deliberazione 3 marzo 2016, n. 2 dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27 ottobre 2016 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 30 del 6 febbraio 2017).

Il PGRA ha come finalità quella di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali. A tal fine nel Piano vengono individuate le aree potenzialmente esposte a pericolosità per alluvioni, stimato il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono entro tali aree "allagabili", individuate le "Aree a

Rischio Significativo (ARS)” e impostate misure per ridurre il rischio medesimo, suddivise in misure di prevenzione, protezione, preparazione e ritorno alla normalità ed analisi, da attuarsi in maniera integrata.

La delimitazione e la classificazione delle aree allagabili derivano dalle mappe di pericolosità, la classificazione del grado di rischio al quale sono soggetti gli elementi esposti al pericolo è rappresentata nelle mappe di rischio. Le mappe, a seguito delle osservazioni pervenute nella fase del processo partecipativo, contengono la delimitazione delle aree allagabili per i diversi scenari di pericolosità:

1. aree P3 (H nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
2. aree P2 (M nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
3. aree P1(L nella cartografia), o aree potenzialmente interessate da alluvioni rare;

Le aree allagabili individuate, per quanto concerne la Regione Lombardia, riguardano i seguenti “ambiti territoriali”:

1. Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP);
2. Reticolo secondario collinare e montano (RSCM);
3. Reticolo secondario di pianura naturale e artificiale (RSP);
4. Aree costiere lacuali (ACL).

Il PGRA nel territorio del comune di CARUGO individua esclusivamente aree allagabili per il Reticolo Secondario Collinare e Montano (RSCM).

Le mappe di rischio idraulico classificano secondo 4 gradi crescenti (R1 - rischio moderato o nullo, R2 - rischio medio, R3 - rischio elevato, R4 - rischio molto elevato) gli elementi che ricadono entro le aree allagabili. Le categorie di elementi esposti che la Direttiva 2007/60/CE, il D. Lgs. 49/2010 e gli indirizzi operativi del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare (MATTM) hanno chiesto di classificare sono: zone urbanizzate (residenziale, produttivo, commerciale), strutture strategiche e sedi di attività collettive (ospedali, scuole, attività turistiche), infrastrutture strategiche principali (vie di comunicazione stradali e ferroviarie, dighe, porti e aeroporti), insediamenti produttivi o impianti tecnologici potenzialmente pericolosi dal punto di vista ambientale (impianti allegato I D.L. 59/2005, aziende a rischio di incidente rilevante, depuratori, inceneritori, discariche), beni culturali vincolati, aree per l’estrazione delle risorse idropotabili.

Le mappe di pericolosità e rischio contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento e una integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli Elaborati del PAI in quanto:

- contengono la delimitazione delle aree allagabili su corsi d’acqua del Reticolo principale di pianura e di fondovalle (RP) precedentemente non interessati dalla delimitazione delle fasce fluviali nel PAI;
- aggiornano la delimitazione delle aree allagabili dei corsi d’acqua già interessati dalle delimitazioni delle

fasce fluviali nel PAI e, per i corsi d'acqua Mella, Chiese e Serio la estendono verso monte;

- contengono la delimitazione delle aree allagabili in ambiti (RSP e ACL) prima non considerati nel PAI;
- contengono localmente aggiornamenti delle delimitazioni delle aree allagabili dei corsi d'acqua del reticolo secondario collinare e montano (RSCM) rispetto a quelle presenti nell'Elaborato 2 del PAI, così come aggiornato dai Comuni;
- classificano gli elementi esposti ricadenti entro le aree allagabili in quattro gradi di rischio crescente (da R1, rischio moderato a R4, rischio molto elevato).

La D.g.r. 19 giugno 2017 n. X/6738 contiene le disposizioni integrative rispetto a quelle contenute nella D.g.r. IX /2616-2011 relative all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore urbanistico alla scala comunale.

Tali disposizioni dettano indirizzi e limitazioni d'uso del suolo e comportano la necessità, per i Comuni interessati dalle aree allagabili del PGRA, di procedere ad una verifica di coerenza tra i contenuti del proprio strumento urbanistico (PGT) e il PGRA e, ove necessario, di procedere con l'adeguamento del PGT.

Parimenti è necessario procedere con una verifica di coerenza tra il Piano di Emergenza Comunale (PEC) vigente e il PGRA e, ove necessario, procedere con l'aggiornamento del PEC.

Come indicato sopra, nel territorio del comune di CARUGO sono presenti solo corsi d'acqua appartenenti all'ambito RSCM, per il quale di seguito si riportano le indicazioni della D.g.r. X/6738 del 19/06/2017.

2 RSCM - DISPOSIZIONI RELATIVE AL RETICOLO SECONDARIO COLLINARE E MONTANO D.G.R. X/6738 DEL 19/06/2017 - INQUADRAMENTO NORMATIVO

2.1 Ambito territoriale di riferimento

L'ambito territoriale di riferimento è quello corrispondente alla parte montana e collinare del territorio regionale già oggetto, a seguito dell'approvazione del PAI, all'obbligo di effettuare le verifiche di compatibilità di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI e proporre aggiornamenti all'Elaborato 2 del PAI. L'elenco dei Comuni interessati da tale obbligo (originariamente riportato nella D.g.r. VII/7365/2001) è riportato in Allegato 2.

Le aree allagabili presenti nelle mappe del PGRA per l'ambito territoriale RSCM corrispondono infatti in gran parte alle aree già classificate come Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn nell'Elaborato 2 del PAI aggiornato dai Comuni tramite la procedura di cui all'art. 18 delle N.d.A. del PAI, nonché alle aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico che ricadono in tale territorio. L'elenco completo dei Comuni interessati da

aree a rischio idrogeologico molto elevato di tipo idraulico è riportato in Allegato 2.

A queste aree sono state aggiunte:

1. alcune nuove delimitazioni di aree allagabili derivanti da studi di sottobacino idrografico realizzati nei bacini dei seguenti corsi d'acqua

- Torrente Versa (PV);
- Torrente Scuropasso (PV);
- Torrenti Solda, Canale, Livorna, Gandovere e Mandolossa (BS);

2. nuove delimitazioni di aree allagabili derivanti dagli eventi alluvionali verificatisi nel 2014 che hanno coinvolto gli affluenti del T. Seveso ed in particolare il sottobacino del Certesa (T. Certesa, R. Vecchia e R. Borromea – CO e MB) che interessano i Comuni di Arosio, Carugo, Mariano Comense e Meda. Le aree coinvolte in tali eventi sul T. Seveso, invece, sono state integrate con le delimitazioni già presenti nell'ambito RP.

3. nuove delimitazioni di aree allagabili segnalate dai Comuni nell'ambito del percorso partecipativo (Comuni di Paitone e Nuvolento). L'elenco dei Comuni interessati dalle aree di cui ai punti 1), 2) e 3) che non sono necessariamente già presenti nei PGT comunali, è riportato anch'esso in Allegato 2.

2.2 Normativa

Aree esondabili già individuate nell'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni.

Le aree esondabili che sono già individuate nell'Elaborato 2 del PAI mantengono la normativa vigente, ai sensi dell'articolo 9, commi da 5 a 9 (aree Ee, Eb, Em, Ca, Cp, Cn) e del Titolo IV, per le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

Altre aree esondabili che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI così come aggiornato dai Comuni

Le aree allagabili presenti nell'ambito RSCM che non derivano dall'Elaborato 2 del PAI sono assoggettate alle norme di cui all'articolo 9 delle N.d.A. del PAI, ed in particolare:

- a- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 5, per le aree Ee;
- b- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6 per le aree Eb;
- c- nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), vigono le limitazioni e prescrizioni stabilite dall'art 9, comma 6bis per le aree Em.

2.3 Procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali

Nelle aree allagabili classificate come P3/H, P2/M e P1/L dell'ambito RSCM che NON derivano dalle proposte di aggiornamento all'Elaborato 2 del PAI formulate dai Comuni:

1. I Comuni **applicano, da subito**, la normativa sopraindicata sulle aree allagabili così come presenti nelle mappe di pericolosità del PGRA (rese disponibili attraverso il GEOPortale della Lombardia), qualora il proprio strumento urbanistico non contenga disposizioni coerenti o maggiormente cautelative, modificando di conseguenza le previsioni degli strumenti urbanistici comunali che risultassero in contrasto, ed aggiornando conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7. "Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella D.g.r. VIII/4732/2007 relative all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore della Pianificazione dell'emergenza alla scala comunale";
2. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 (pubblicata sul GEOPortale della Regione Lombardia) i Comuni **sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali**, d'intesa con l'Autorità regionale o provinciale competente in materia. L'intesa si intende raggiunta se le valutazioni vengono svolte secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla D.g.r. IX/2616/2011. La valutazione deve avere le finalità descritte al paragrafo 4. "Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio". Tale valutazione deve essere trasmessa a Regione Lombardia che la utilizzerà sia nell'ambito dei previsti riesami e aggiornamenti delle mappe e del PGRA sia ai fini del monitoraggio delle misure di prevenzione del rischio previste nel PGRA. Fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale della suddetta valutazione del rischio è facoltà del Comune applicare, anche all'interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (Aree Ee ed Eb) 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. Detto studio può essere omesso per gli interventi edilizi che non modificano il regime idraulico dell'area allagabile, accompagnando il progetto da opportuna asseverazione del progettista (es. recupero di sottotetti, interventi edilizi a quote di sicurezza);
3. entro e non oltre i termini stabiliti dall'art. 5 della l.r. 31/2014 per l'adeguamento del Piano di Governo del Territorio (PGT), i Comuni **procedono** con il recepimento nel medesimo Piano delle aree allagabili (qualora non già presenti) e relative norme (incluse quelle di dettaglio derivanti dalla valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio locali);
4. il tracciamento alla scala locale dei limiti delle aree allagabili, da effettuarsi sulla medesima base topografica del PGT, sarà consegnato a Regione Lombardia nell'ambito delle procedure di pubblicazione degli strumenti urbanistici comunali attraverso la carta PAIPGRA descritta nel seguito (Paragrafo 5. "La carta PAI - PGRA" e Allegato 5).

Nelle aree allagabili classificate come P3/H, P2/M e P1/L nell'ambito RSCM che derivano dalle proposte di aggiornamento all'Elaborato 2 del PAI formulate dai Comuni:

1. i Comuni **continuano ad applicare le norme di cui all'art. 9 e Titolo IV delle N.d.A. del PAI vigenti su tali aree** ed aggiornano, se necessario e conseguentemente i Piani di Emergenza Comunali secondo le indicazioni fornite al paragrafo 7: "Disposizioni integrative rispetto a quanto contenuto nella D.g.r. VIII/4732/2007 relative all'attuazione della variante normativa al PAI nel settore della Pianificazione dell'emergenza alla scala comunale".
2. entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015 (pubblicata sul GEOPortale della Regione Lombardia) i Comuni **sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali**, da svolgersi secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla D.g.r. IX/2616/2011. La valutazione deve avere le finalità descritte al paragrafo 4. "Disposizioni relative all'edificato esistente esposto al rischio". Tale valutazione deve essere trasmessa a Regione Lombardia che la utilizzerà sia nell'ambito dei previsti riesami e aggiornamenti delle

mappe e del PGRA sia ai fini del monitoraggio delle misure di prevenzione del rischio previste nel PGRA. Fino al recepimento nello strumento urbanistico comunale della suddetta valutazione del rischio si applicano, anche all'interno dell'edificato esistente, le norme PAI vigenti;

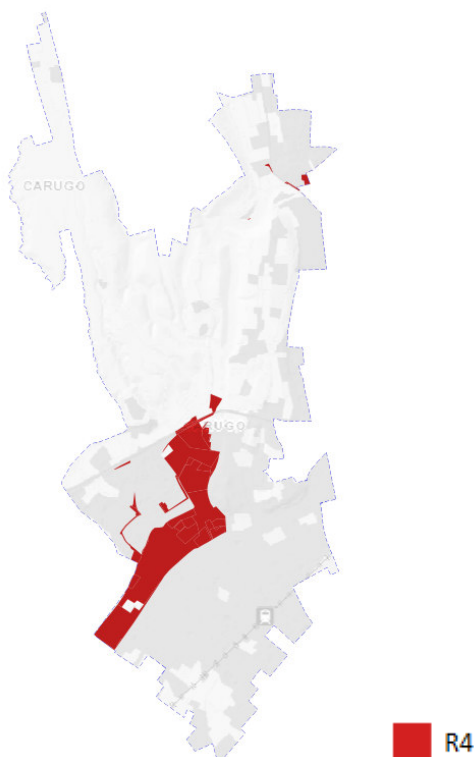
2.4 Modifiche alle aree

Le proposte di modifica alle delimitazioni di aree allagabili relative all'ambito RSCM seguono le procedure già definite nella D.g.r. IX/2616/2011 – Parte 2 – paragrafi 5.2 e 5.3 e Parte 3.

2.5 Approfondimento a scala comunale: ambito RSCM

In base a quanto indicato nella D.g.r. X/6738 del 19/06/2017, *“entro le aree che risultano classificate come R4 - rischio molto elevato (ovvero entro le aree che risultano già edificate nell'Ortofoto AGEA 2015, i Comuni sono tenuti a effettuare una valutazione più dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali, d'intesa con l'Autorità regionale o provinciale competente in materia. L'intesa si intende raggiunta se le valutazioni vengono svolte secondo le metodologie riportate nell'Allegato 4 alla D.g.r. IX/2616/2011.”*

In ottemperanza a quanto prescritto dalla D.g.r. X/6738 del 19/06/2017, per il territorio di CARUGO si rende necessario lo studio di approfondimento del grado di pericolo idraulico e del rischio per l'**ambito RSCM ricadente in CLASSE R4** lungo l'asta della Roggia Vecchia. Il riferimento R4 considerato, di cui si riporta un estratto è riferito alla revisione PGRA2024.



3 STUDIO IDRAULICO ROGGIA VECCHIA NEL COMUNE DI CARUGO

La normativa richiede uno studio idraulico di dettaglio finalizzato ad individuare le aree urbanizzate interessate da esondazioni. Con lo studio si valutano inoltre il pericolo e il conseguente rischio sulla base dell'entità combinata dei battenti idrici e della velocità della corrente derivati dallo studio idraulico di dettaglio.

La modellazione idraulica è stata ricostruita mediante l'utilizzo del codice di calcolo **HEC-RAS ver. 6.6** dopo aver elaborato il DTM del territorio comunale che è un fondamentale dato di input per l'elaborazione successiva. La modellazione idraulica combina il calcolo dei profili di moto permanente e vario in regime monodimensionale (1D) lungo l'asta del corso d'acqua e con moto vario in regime bidimensionale (2D) delle acque esondate nelle aree esterne all'alveo. I risultati ottenuti dalla simulazione della piena con Tr 100 anni sono utilizzati per valutare il pericolo idraulico nelle aree allagabili in esame e il conseguente rischio in base alla classificazione degli elementi esposti.

3.1 Precipitazioni intense

La previsione quantitativa delle piogge intense in un determinato punto può essere condotta attraverso la determinazione della *curva di probabilità pluviometrica*, relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno (periodo nel quale mediamente viene eguagliato o superato l'evento in esame).

La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa nel seguente modo:

$$h = a * t^n$$

in cui i parametri a e n dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Elaborazioni statistiche di questo tipo necessitano delle registrazioni delle precipitazioni della durata di 1-3-6-12-24 ore consecutive.

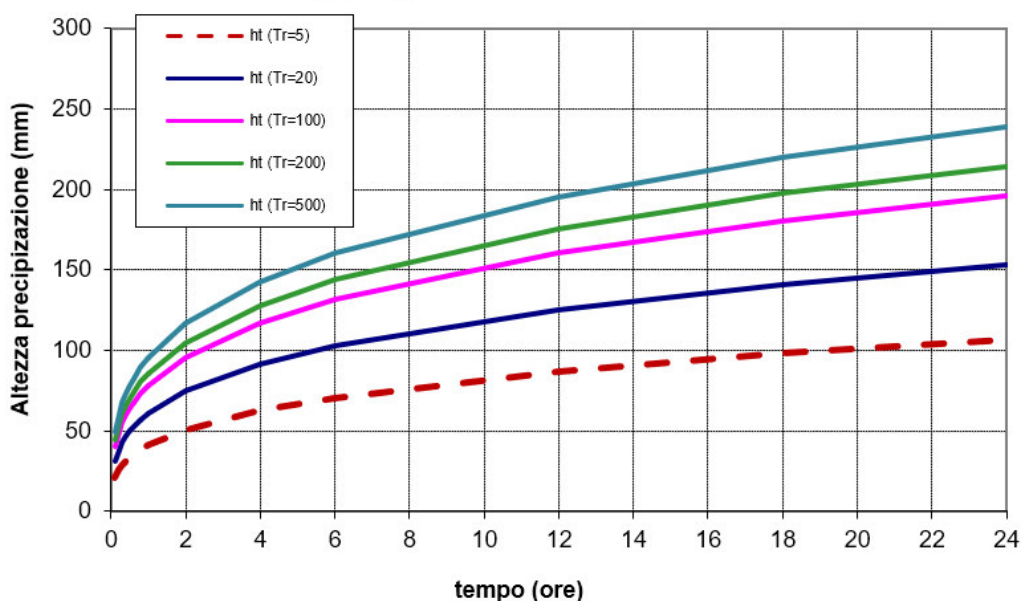
Nell'ambito del presente lavoro, non essendo in possesso di registrazioni pluviometriche locali, si è ricorso alle elaborazioni proposte dall'Autorità di Bacino del Fiume Po all'interno degli allegati "*Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica*". In tale studio, partendo dalle serie storiche delle precipitazioni riportate negli Annali Idrologici del Servizio Idrografico e Meteorografico Italiano, è stata condotta un'interpolazione spaziale con il metodo *kriging* dei parametri a e n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

Di seguito si riportano i valori di a e n indicati dal PAI per il comune di Lecco al nodo DD68 di coordinate UTM WGS 84 Fuso 32 ovest 515000; 5065000 tempo di ritorno di 20-100-200-500 anni

Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
a	n	a	n	a	n	a	n
60,85	0,291	78,31	0,289	85,78	0,288	95,59	0,288

Valori dei parametri "a" ed "n" per tempi di ritorno di 20, 100 200 e 500 anni (PAI)

Curva di probabilità pluviometrica ragguagliata all'area del bacino



L'altezza di precipitazione misurata dalla stazione pluviometrica è un dato puntuale e va quindi corretto in funzione dell'area sulla quale si considera distribuito l'evento piovoso (l'altezza di precipitazione tende a diminuire all'aumentare dell'area interessata dall'evento meteorico). Per i calcoli di progetto si fa riferimento alla formula di Columbo di seguito riportata:

$$a' = a * \left[1 - 0.06 * (A/100)^{0.4} \right]$$

$$n' = n + 0.003 * (A/100)^{0.6}$$

dove a e n sono i parametri della *Curva Segnalatrice Di Possibilità Climatica* o pluviometrica, A è l'area della superficie totale del bacino.

Per ogni bacino verrà valutata la correzione in relazione alla superficie dello stesso.

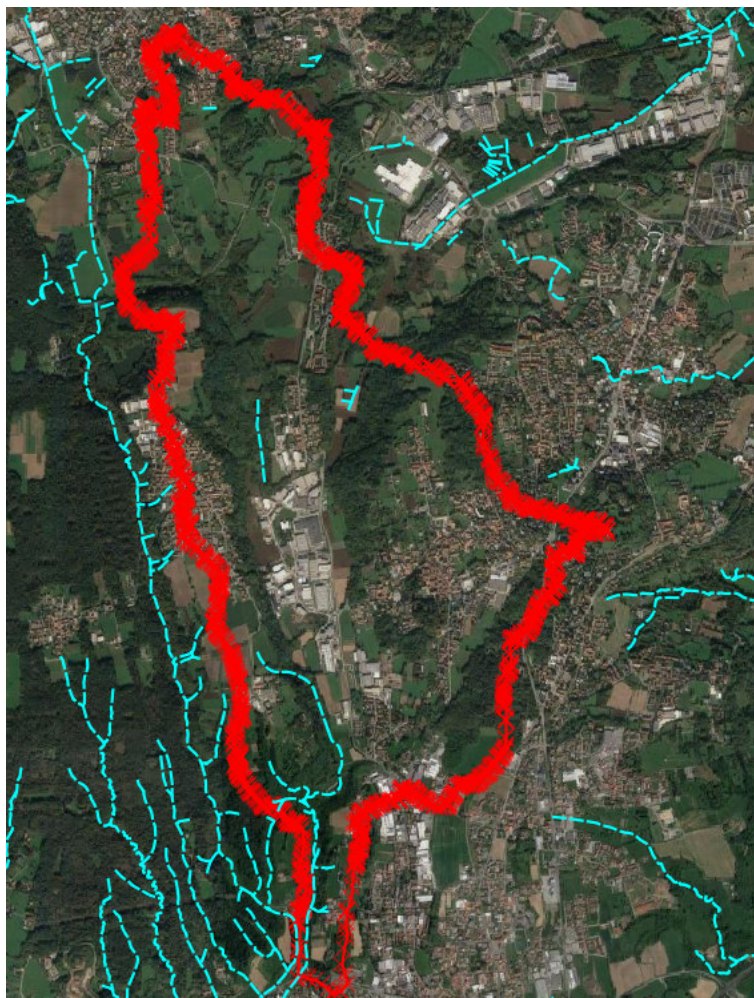
3.2 Determinazione bacino idrografico

Per stimare la portata liquida di un torrente è fondamentale determinare l'estensione del bacino di alimentazione sotteso dal punto di chiusura considerato.

Si sono individuati il bacino drenato dalla Roggia Borromeo, il bacino della Roggia Vecchia e quello della Valle di Gattedo. La sezione di chiusura è stabilita in corrispondenza dell'attraversamento della sp 32 Novedratese, che può essere considerato l'ingresso nel centro edificato di Carugo. Per gli affluenti che più a valle confluiscono nella Roggia Vecchia dopo il ponte di via Veneto si considera quanto determinato nel documento di individuazione del Reticolo Idrico Minore.

3.3 Roggia Borromeo

Si riporta l'individuazione del bacino con criterio morfologico ottenuto seguendo lo spartiacque individuato dal DTM ricavato dai dati forniti da Regione Lombardia tramite il programma QGIS.



Il bacino così ricavato si estende su una superficie complessiva di 7.17 km² sviluppandosi da quota 394 m s.l.m. presso la sommità del dosso morenico in loc. Carreggia di Inverigo, sino a quota 275 m s.l.m. in corrispondenza dell'attraversamento della sp. Novedratese nel comune di Carugo.

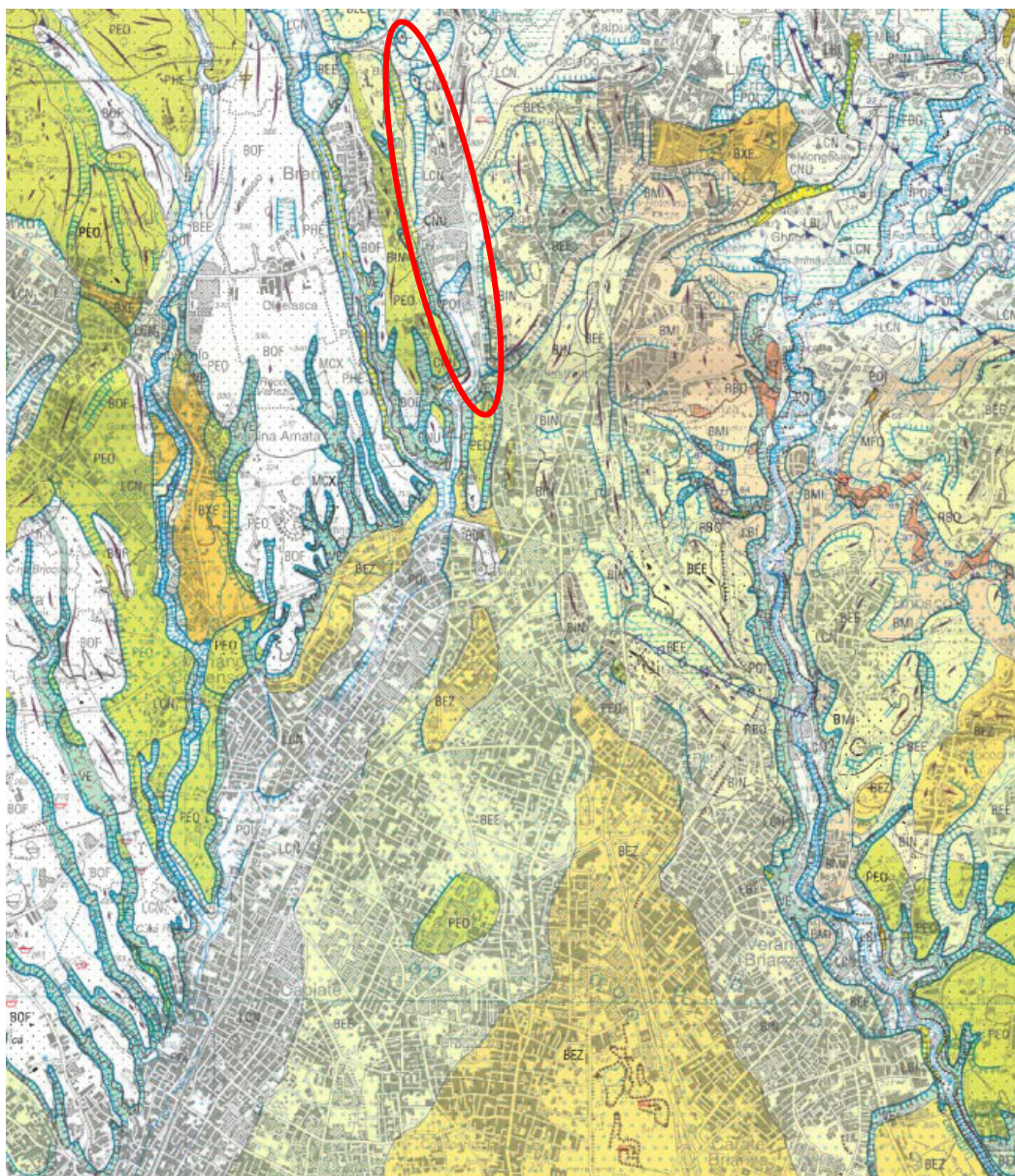
Si tratta, come appare evidente dalla sostanziale assenza di reticolo drenante, di un bacino particolare.

Il corso d'acqua che drena l'estrema porzione meridionale della Valsorda è infatti costituito dal ramo di un fontanile artificiale (Testa del Nan) che solo più a valle raccoglie anche le scaturigini comprese nella *Riserva Naturale della Fontana del Guercio* originando così la Roggia Borromeo che

fu storicamente sfruttata mediante canalizzazione artificiale per l'irrigazione del parco della villa Borromeo a Cesano Maderno. Nel 1953 l'alveo della roggia Borromeo è stato fatto confluire in quello della Roggia Vecchia in corrispondenza dell'incrocio tra via Piave e via per Gattedo nel comune di Carugo.

L'anomalia del bacino è spiegabile con la presenza nel fondovalle della Valsorda di depositi fluvioglaciali grossolani recenti con suolo a permeabilità molto alta che agevola la completa infiltrazione nel sottosuolo delle acque di pioggia, comprese quelle provenienti dai versanti collinari boscati costituiti da depositi glaciali che ricoprono la formazione conglomeratica del Ceppo, a sua volta localmente caratterizzata da permeabilità elevata per fratturazione e cementazione discontinua. L'acqua infiltrata costituisce la falda che più a valle alimenta i fontanili della Riserva e determina il regime permanente della Roggia Borromeo.

L'assenza di reticolo idrografico caratterizza infatti tutto l'areale di affioramento di detta litologia e di quelle fluvioglaciali analoghe nel triangolo compreso tra il Lambro ed il Seveso a nord di Seregno, come si può agevolmente osservare sul foglio Seregno del progetto CARG.



Estratto foglio CARG Seregno – area della Valsorda caratterizzata da depositi fluvioglaciali LCN

In conclusione durante le piogge intense gli afflussi nella Roggia Borromeo si originano, per la quota parte non smaltita dalle opere di urbanizzazione o disperdenti private, unicamente dall'area urbanizzata di Cremnago e dai pianalti in loc. Pozzolo inf. di Brenna e di loc. Incasate di Carugo.

In corrispondenza dell'ansa del canale del fontanile in loc. Pilastrello, solo in occasione degli eventi più intensi, nel recente passato si verificava l'immissione derivante dal supero della capacità della tubazione che normalmente incanala le acque piovane provenienti dalla frazione Cremnago di Inverigo presso la stazione di sollevamento di Como Acque, sottopassando la sp 40 con una tubazione $\varnothing 700$ mm. In questi casi le acque dapprima allagavano il campo a SE di c.na S. Isidoro e poi dopo aver ruscellato sulla strada e nei campi sottostanti erano intercettate dal tratto inferiore dell'asta del Fontanile del Nan.

Dopo il 2020 la tubazione sotto la sp 40 verso la stazione di pompaggio è stata sostituita e, ad ora, non si sono più verificati gli allagamenti stradali. Rimane comunque l'immissione dello sfioro nel canale del Nan dell'impianto di lagunaggio destinato ad accogliere i flussi in esubero che superano la capacità della stazione di pompaggio.

L'alveo all'uscita dalla Riserva ha sezione trapezia con fondo in ghiaia e ciottoli e sponde in terra con arbusti radi; in corrispondenza del tratto urbano lungo via Piave il fondo ha granulometrie della ghiaia e della sabbia mentre le sponde sono rivestite in cemento a sx e pietra liscia a dx. In questo tratto ai civici 18 e 20 sono presenti due passi carrai realizzati con tubi in c/s di $\varnothing 1.0$ m e $\varnothing 1.2$ m che restringono la sezione di deflusso. Il tratto terminale, precedentemente interamente tominato fino allo sbocco nella Roggia Vecchia, nel 2024 è stato modificato in base al progetto redatto da WISE Engineering srl.



La vecchia tominatura con diametro di 1.3m è stata sostituita con un manufatto rettangolare in c.a. con sezione più ampia (2.0x1.5m) che termina appena oltre via Piave dove la roggia è stata riaperta portando a giorno il corso d'acqua con un alveo di forma trapezia avente una sezione di circa 11 mq fino al nuovo ponte realizzato con scatolare in c.a. (3.0x2.0m) in corrispondenza della confluenza nella Roggia Vecchia all'incrocio tra via Piave e via per Gattedo.



Il modello idraulico lungo la Roggia Borromeo utilizzato nello studio del 2021 tiene ora conto di queste modifiche.

Di seguito si riportano i dati morfometrici principali del bacino della Roggia Borromeo:

A = superficie totale del bacino	7,18 Km ²
L = lunghezza massima percorso idrico	5,5 Km
H _{max} = altitudine massima del bacino	394 m s.l.m.
H _{media} = altitudine media ponderata del bacino	330,7 m s.l.m.
H _{min} = altitudine minima del bacino imbrifero sotteso (sez. chiusura)	275 m s.l.m.

3.3.1 Stima della portata di massima piena

Oltre a tenere in considerazione la morfologia del bacino, il metodo si basa sul bilancio idrologico, sulla base della stima del tempo di corrivazione (t_c) del bacino.

Per tempo di corrivazione s'intende il tempo necessario, perché le acque di afflusso meteorico raggiungano la sezione di chiusura del bacino, rispetto alla quale viene eseguito il calcolo della portata di massima piena, partendo dai punti più lontani del bacino stesso. Questo parametro è una costante per ogni bacino, in quanto funzione esclusivamente della morfologia, delle litologie affioranti e della copertura vegetale e dell'altimetria.

Un'indicazione dell'ordine di grandezza di t_c può essere valutata in relazione alla lunghezza totale dell'asta principale e alla natura geologica del bacino sotteso, mediante semplici relazioni.

Calcolato il valore di t_c è possibile passare alla valutazione delle portate di massima piena al colmo. Il primo dato che occorre ricavare è l'altezza attesa della pioggia critica (h), per un tempo di ritorno fissato, corrispondente ad una durata della precipitazione intensa pari almeno al tempo di corrivazione.

Il metodo razionale valuta la portata di massima piena secondo la relazione:

$$Q_{max} = \frac{C * h_c * A}{3.6 * T_c}$$

dove:

C = coefficiente di deflusso

h_c = pioggia critica

A = area del bacino

T_c = tempo di corrivazione (Pezzoli: $T_c = 0.055 * \frac{L}{\sqrt{i}}$)

L = lunghezza corso d'acqua

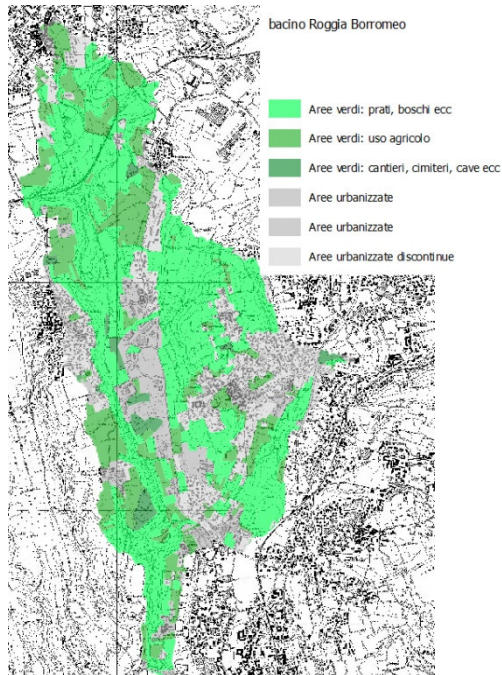
i = inclinazione corso d'acqua

Data la piccola estensione del bacino per la stima del T_c si è adottata la formula proposta da Pezzoli, in tal modo si ottiene un T_c inferiore e generalmente un valore di portata maggiore rispetto all'utilizzo della classica relazione di Giandotti, tarata su bacini con estensione molto maggiore (>170kmq).

Calcolo coefficiente di afflusso

Dalle curve di possibilità pluviometrica si deduce l'altezza di precipitazione che si verifica sul bacino per una certa durata di pioggia; parte di questa però, si perde per effetto di una serie di fenomeni idrologici (evaporazione, infiltrazione, allagamenti...) prima di arrivare alla rete di drenaggio. Per il dimensionamento di quest'ultima sarà rilevante solo la restante pioggia, definita pioggia netta o efficace. Una valutazione di massima può essere fatta determinando il coeff. di afflusso, che rappresenta il rapporto tra il volume della

pioggia netta ed il volume della pioggia totale.



La valutazione del coefficiente di deflusso è stata condotta sulla base della carta DUSAF dell'uso del suolo del bacino scaricabile dal GeoPortale di Regione Lombardia. Ad ogni classe è stato attribuito un coefficiente di afflusso che, attraverso calcoli di media ponderata, ha permesso di ottenere la stima del coefficiente di deflusso medio per l'intero bacino.

A seguito di quanto sopra e in considerazione dell'elevata permeabilità dei depositi di fondovalle della Valsorda che determina l'assenza di un reticolo naturale di deflusso per una grande porzione del bacino, è stato ricavato un coefficiente di deflusso medio ponderato di **0.15**.

Calcolo della portata:

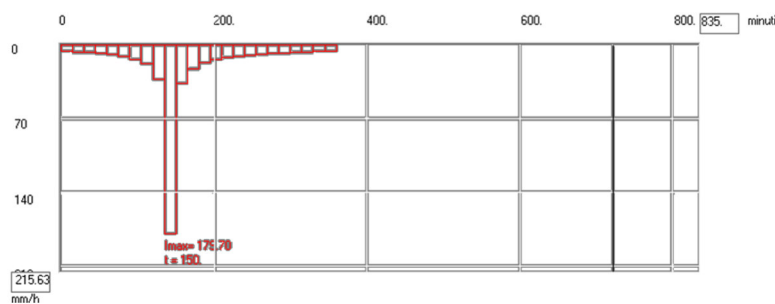
Committente: Comune di Carugo
Luogo: Bacino 6 - Valle Borromeo

DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO				DATI RISULTANTI	
S	⇒ 7,184	[Km ²] Superficie Bacino	718,381	Tempo di Corrivazione (Formula Pezzoli) $T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{H}}$ [ore] (min) ⇒ 2,13 127,5309	
L	⇒ 5,500	[Km] Lunghezza asta principale			
Hm	⇒ 330,70	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.			
Ho	⇒ 275,00	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.			

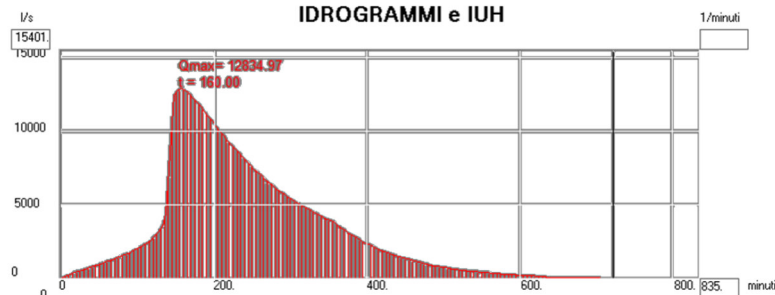
PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE										
FORMULA			$h_{(t)} = at^n$							
Curva di probabilità pluviometrica			h_0 = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr Tr = tempo di ritorno (20-100-200 anni)							
DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE (Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)										
Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DD68	515000	5065000	60,85	0,291	78,31	0,289	85,78	0,29	95,59	0,29
valori di "a" e "n" ragguagliati all'area										
			a' Tr 20	n' Tr 20	a' Tr 100	n' Tr 100	a' Tr 200	n' Tr 200	a' Tr 500	n' Tr 500
			52,82	0,30	67,97	0,30	74,45	0,30	82,97	0,30
MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE										
Tr	h(t)									
20	⇒	66,26								
100	⇒	85,15								
200	⇒	93,20								
500	⇒	103,86								
			h_0 = massima precipitazione in mm al tempo t t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrivazione [ore] Tr = tempo di ritorno							
			2,13							

PORTATE DI MASSIMA PIENA											
FORMULA del METODO RAZIONALE											
$Q_c = 0.278 \frac{ch_{(t)}S}{T_c}$				dove Q_c ⇒ 0,15 portata al colmo c ⇒ coefficiente di deflusso $h_{(t)}$ ⇒ massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.) S ⇒ 7,18381 [Km ²] Superficie Bacino T_c ⇒ 2,13 [ore] Tempo di corrivazione							
Tempo di ritorno (anni)				Portate al colmo = Q _c [mc/sec]							
20				⇒ 9,3							
100				⇒ 12,0							
200				⇒ 13,1							
500				⇒ 14,6							

PIOGGE



IDROGRAMMI e IUH



Per confronto con quanto ricavato sopra, è stata condotta una simulazione di un evento meteorico di 3 ore con metodo "URBIS" del prof. Paoletti. Utilizzando la medesima curva pluviometrica e le stesse grandezze del bacino; si riportano i grafici con lo ietogramma e l'idrogramma di piena ricavati:

Il confronto tra i due metodi di calcolo mostra risultati comparabili per la stima della portata di picco.

3.3.2 Portata della Roggia Borromeo

La portata della roggia Borromeo che sarà utilizzata nella modellazione idraulica è quella ricavata in corrispondenza della Fontana del Guercio.

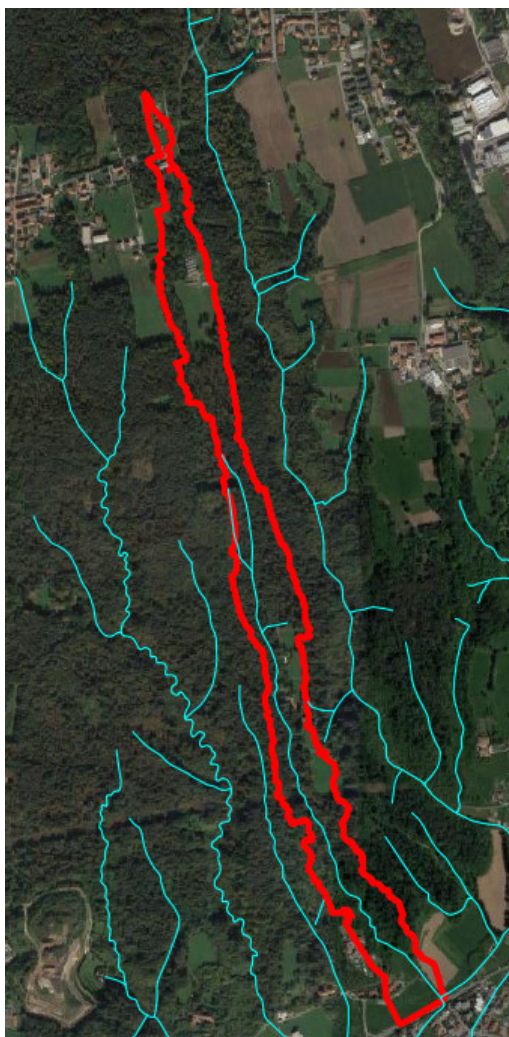
Portata massima piena di riferimento	12 m³/s
---	---------------------------

Dopo l'evento del 2014, attuando una riduzione della luce del ponticello presente all'uscita sud della Riserva, si è aumentata la capacità di laminazione degli eventi di piena con l'allagamento dell'area a monte, capace ora di un invaso di circa 10.000 mc.

Il modello idraulico bidimensionale della Roggia Borromeo a valle della riserva evidenzia infatti una portata in entrata a monte di via Piave pari 7.5 m³/s. La riduzione della portata rispetto ai 12 m³/s iniziali è riconducibile alla vasta area di allagamento/laminazione che si forma nel fondovalle della Riserva della Fontana del Guercio.

In futuro il previsto completamento del collettore di Inverigo-Arosio-Carugo da parte di Como Acqua srl permetterà di sottrarre dal picco di 12 una portata di almeno 3 mc/s proveniente da Cremona. Tale completamento sarà importante anche per ridurre considerevolmente l'apporto di reflui fognari nella *Riserva Naturale della Fontana del Guercio* (SIC appartenente alla rete Natura 2000), recapitati dalla "roggia 38" di Inverigo durante le piene.

3.3.3 Roggia Valle di Gattedo



A lato si riporta l'individuazione del bacino imbrifero individuato con criterio morfologico grazie all'uso di dati lidar e analisi con l'uso del programma QGIS.

Si tratta di una stretta valle incisa nei depositi fluvioglaciali antichi con andamento NNW-SSE compresa tra quella della Roggia Vecchia ad ENE e quella delle valli Vignazza e del Laghetto a WSW.

Il bacino ha forma molto allungata e si sviluppa in ambito per lo più boschivo e subordinatamente a prato.

La porzione settentrionale, subpianeggiante intorno a q. 350 m s.l.m., è caratterizzata da depositi eolici interglaciali ferrettizzati.

Nella porzione inferiore del bacino l'incisione del corso d'acqua ha generato ripide scarpate, talora subverticali, con sviluppo altimetrico di una ventina di metri (es. in corrispondenza di loc. Gattedo).

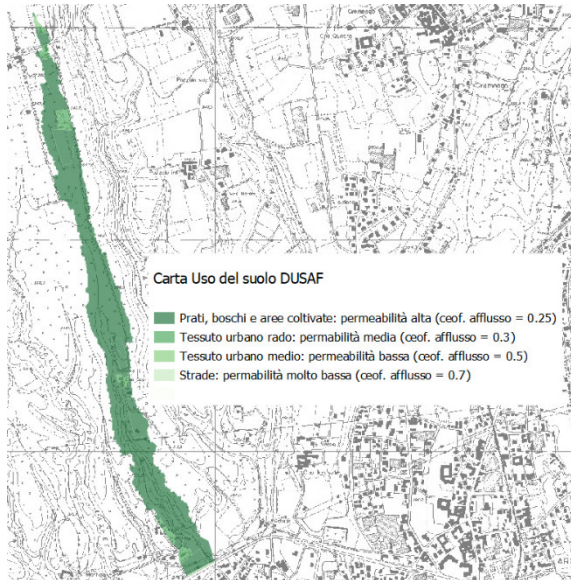
La roggia della Valle di Gattedo si immette nella Roggia Vecchia subito a monte della sp.32, in corrispondenza del ponte. Di seguito si riportano i dati caratteristici del bacino:

A = superficie totale del bacino	0,33 Km ²
L = lunghezza massimo percorso idrico	2,7 Km
H _{max} = altitudine massima del bacino	352,2 m s.l.m.
H _{media} = altitudine media ponderata del bacino	323,9 m s.l.m.
H _{min} = altitudine minima del bacino (sez. chiusura)	275,7 m s.l.m.

3.3.4 Stima della portata di massima piena

Per la stima della portata idrologica del bacino della Valle di Gattedo si sono utilizzate le medesime formule e relazioni considerate per il bacino della Roggia Borromeo.

Calcolo coefficiente di afflusso



La valutazione del coefficiente di afflusso è stata condotta sulla base della carta DUSAF dell'uso del suolo del bacino. Ad ogni classe è stata attribuito un coefficiente di afflusso che, attraverso calcoli di media ponderata, ha permesso di ottenere il coefficiente di deflusso medio per l'intero bacino.

A seguito di quanto sopra si ottiene un coefficiente di deflusso di **0.25**

A parte i ristagni nella porzione superiore il bacino non presenta aree di laminazione significative. Per il modello idraulico si considera una portata di 2mc/s.

Committente:

Comune di Carugo

Luogo:

Bacino 4 - Valle Gattedo

DATI MORFOMETRICI BACINO IDROGRAFICO				DATI RISULTANTI			
S	⇒	0,328	[Km ²] Superficie Bacino	32,768	Tempo di Corrivazione (Formula Pezzoli)		
L	⇒	2,700	[Km] Lunghezza asta principale		$T_c = 0.055 \cdot \frac{L}{\sqrt{I}}$		
Hm	⇒	323,90	[m] Altezza media del Bacino s.l.m.m.			[ore]	(min)
Ho	⇒	275,70	[m] Quota della sez. di chiusura s.l.m.m.			⇒ 0,79	47,15427

PREVISIONE QUANTITATIVA DELLE PIOGGE INTENSE

FORMULA

$$h_{(t)} = a t^n$$

Curva di probabilità pluviometrica

h₅₀ = massima precipitazione in mm al tempo t

t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrvazione

a = fattore della curva relativo ad un determinato Tr

n = esponente della curva relativo ad un determinato Tr

Tr = tempo di ritorno (20-100-200 anni)

DATI CELLA DELLA GRIGLIA DI DISCRETIZZAZIONE DELLE PIOGGE INTENSE

(Cfr. Allegato n.3 della Direttiva n.2 PAI dell'Autorità di Bacino del Fiume PO)

Cella	Coord. Est UTM	Coord. Nord UTM	a Tr 20	n Tr 20	a Tr 100	n Tr 100	a Tr 200	n Tr 200	a Tr 500	n Tr 500
DD68	515000	5065000	60,85	0,291	78,31	0,289	85,78	0,29	95,59	0,29

valori di "a" e "n" ragguagliati all'area

	a' Tr 20	n' Tr 20	a' Tr 100	n' Tr 100	a' Tr 200	n' Tr 200	a' Tr 500	n' Tr 500
	58,51	0,29	75,30	0,29	82,49	0,29	91,92	0,29

MASSIMA PRECIPITAZIONE PROBABILE

Tr	h(t)
20	⇒ 54,53
100	⇒ 70,21
200	⇒ 76,93
500	⇒ 85,73

h₅₀ = massima precipitazione in mm al tempo t

t = tempo di progetto (ore) = tempo di corrvazione [ore]

Tr = tempo di ritorno

PORTATE DI MASSIMA PIENA

FORMULA del METODO RAZIONALE

$$Q_c = 0.278 \frac{c h_{(t)} S}{T_c}$$

dove

Q_c ⇒ portata al colmo

c ⇒ coefficiente di deflusso

h_(t) ⇒ massima precipitazione in mm al tempo t (vedi punto prec.)

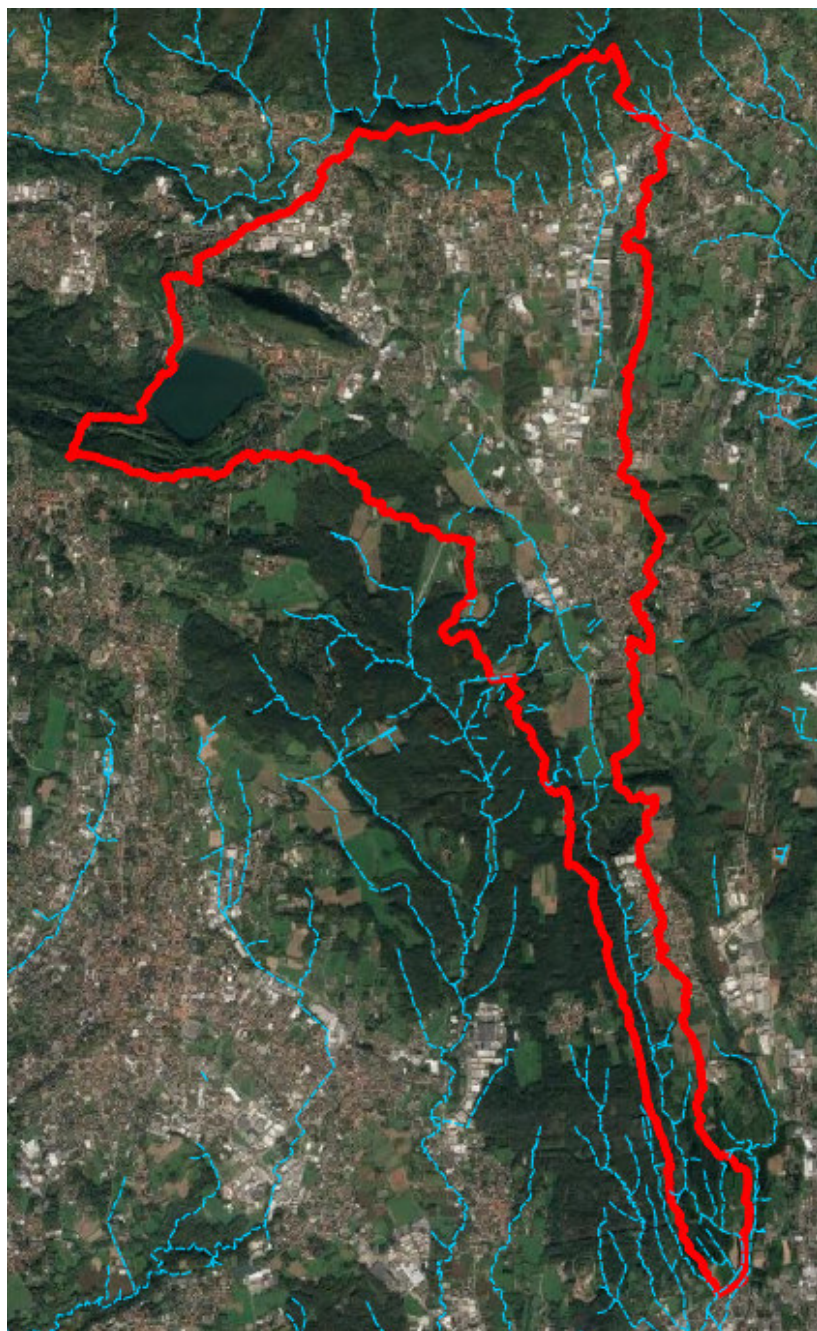
S ⇒ [Km²] Superficie Bacino

T_c ⇒ [ore] Tempo di corrvazione

Tempo di ritorno (anni)	Portate al colmo = Q _c [mc/sec]
20	⇒ 1,580
100	⇒ 2,035
200	⇒ 2,229
500	⇒ 2,484

3.3.5 Bacino Roggia Vecchia

Si rappresenta l'individuazione del bacino con criterio morfologico ottenuto seguendo lo spartiacque individuato dal DTM ricavato dai dati forniti da Regione Lombardia tramite analisi con il programma QGIS.



Il bacino così ricavato si estende su una superficie complessiva di 16.3 km² sviluppandosi da quota 642 m s.l.m. presso la dorsale tra Albavilla ed Albese, sino a quota 275.5 m s.l.m. dell'attraversamento della sp 32 Novedratese nel comune di Carugo.

La Roggia Vecchia si origina come emissario dal lago di Montorfano e dopo aver raccolto le acque della piana urbanizzata e coltivata tra Albese e Alzate si incanala nella profonda e stretta incisione della Valle di Brenna scavata all'interno dei depositi glaciali antichi e nel Ceppo, le cui bancate conglomeratiche affiorano diffusamente alla base dei versanti boscati nel tratto meridionale della valle.

Il bacino è caratterizzato da estese aree di esondazione ubicate a monte dell'attraversamento

ferroviario della linea Como-Lecco e poco a valle anche dalla tombinatura che sottopassa la sp Cantù-Brenna. L'estensione di tali aree è rappresentata nel PGRA 2019.

L'esondazione in tali aree causa un effetto di laminazione del colmo delle piene degli eventi più significativi, comportando a valle una riduzione delle portate. Per tale ragione il valore teorico della massima portata idrologica a valle di tali laminazioni ottenuto con il metodo razionale normalmente utilizzati per i bacini non è realistico.

L'alveo all'uscita dalla vasca di laminazione di loc. c.na S.Ambrogio ha sezione rettangolare con fondo in ciottoli e sponde in terra con arbusti radi; localmente l'inclinazione delle sponde, soprattutto in sinistra idrografica è subverticale a causa dei fenomeni erosivi che hanno ormai del tutto demolito l'antico muro a secco che sosteneva la sponda, nel tratto a valle del guado di c.na Rinascente fino al ponte che precede l'attraversamento della sp.32. In tale tratto si rileva che l'impalcato del vecchio ponticello in legno sulla sterrata per c.na Capriola riduce la luce dell'alveo.



Il tratto successivo di circa 100 m che raggiunge la sp.32 novedratese è caratterizzato da scogliere spondali e solettone in grossi massi. A valle della novedratese per circa 130 m l'alveo riprende con forma trapezoidale, con fondo piatto in ghiaia e ciottoli e sponde in terra che mostrano segni di erosione lineare e di approfondimento dell'alveo nonché localmente precarie strutture di sostegno a protezione della porzione inferiore delle rive (staccionate, reti di contenimento con picchetti). Al termine di questo tratto comincia l'alveo artificiale in c.a. a forma subrettangolare che termina poi dopo circa 670 m oltre il ponte di via Veneto. Si segnalano in questo tratto i 4 attraversamenti carrai lungo via per Gattedo, l'immissione della Roggia Borromeo all'incrocio tra via Piave e via per Gattedo, il tratto tombinato lungo circa 70 m nel primo tratto di via Roggia Vecchia. Lungo tutto il percorso con alveo artificiale in c.a., che mostra un buono stato di conservazione, non si rilevano depositi o ambiti di sedimentazione significativi.



Lungo via per Gattedo, subito a valle dell'immissione della Roggia Borromeo, l'alveo della Roggia Vecchia nel 2024 è stato riprofilato in sponda sinistra nell'ambito dei lavori per la riconversione dell'adiacente area dismessa (ex Tamburini), ciò ha incrementato la sezione disponibile per il deflusso di circa 0.8/1.0 mq.

A valle dell'attraversamento di via Veneto si ha l'immissione in destra idrografica del T. Valle del Laghetto che raccoglie anche gli altri affluenti provenienti dal pianalto occidentale (Valle Pissavacca, Valle della Vignazza – rif. Studio del reticolo idrico minore) e del collettore intercomunale.



Il tratto della roggia vecchia a valle di via Veneto ha subito negli ultimi anni opere di regimazione (scoiere e argini in terra rinforzata) che ne hanno ampliato la sezione di deflusso.



Di seguito si riportano i dati morfometrici del bacino:

A = superficie totale del bacino	16,34 Km ²
L = lunghezza massimo percorso idrico	10 Km.
H _{max} = altitudine massima del bacino	642 m s.l.m.
H _{media} = altitudine media ponderata del bacino	393,2 m s.l.m.
H _{min} = altitudine minima del bacino imbrifero sotteso (sez. chiusura)	275,5 m s.l.m.

3.3.5.1 Stima della portata di massima piena

Per la valutazione della portata della Roggia Vecchia, stanti le strozzature dell'alveo presenti a monte che causano estesi allagamenti e la laminazione "naturale" del colmo delle piene (in corrispondenza del sottopasso ferroviario della linea Como-Lecco a nord di Brenna, poco a valle, della tombinatura che



sottopassa la strada sp.39 Cantù-Brenna con diametro di 1.8 m), oltre che per la presenza dell'importante



opera di sbarramento/laminazione realizzata allo sbocco della Valle di Brenna in loc. c.na S. Ambrogio di Carugo, si è tenuto conto della portata della roggia Vecchia stabilita nello scenario n.4 dello studio: *"Consulenza idrologico idraulica sul territorio comunale relativa all'identificazione di alternative gestionali dell'area di laminazione sulla Roggia Vecchia al fine di individuare la regola di gestione delle*

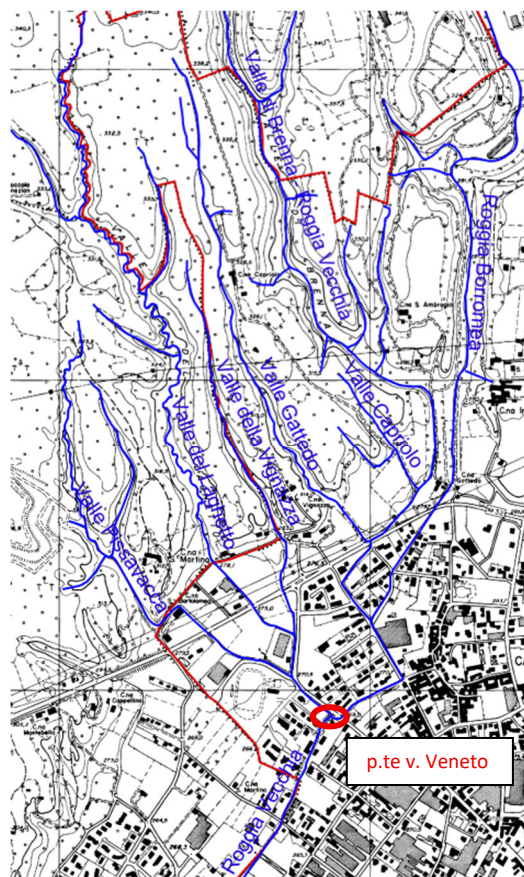
paratoie” redatto per il comune di Carugo da Maione & Partners nel dicembre 2019. Tale regolazione permette la laminazione dell’evento di piena con tempo di ritorno centennale senza supero della soglia di sfioro dello sbarramento presente in loc. C.na S. Ambrogio di Carugo che può contenere un volume di accumulo nel fondovalle a monte pari almeno a 75.000 mc. Lo scenario 4 prevede una portata costante di 17 mc/s in uscita dalle paratoie dello sbarramento mantenute ad altezza fissa, senza servomeccanismi automatici attualmente non implementati.

3.3.6 Roggia Vecchia all’ingresso del centro abitato di Carugo

In base allo scenario 4 (laminazione della piena centennale senza sfioro dello sbarramento) la portata in uscita dalle paratoie dello sbarramento è prevista costante e pari a 17 m³/s, alla quale si somma la portata della Roggia Valle di Gattedo (2 m³/s) che si immette proprio in corrispondenza del ponte della sp.32 Novedratese.

Portata di massima piena di riferimento subito a valle della Novedratese	17+2.0 = 19 m³/s
---	------------------------------------

3.3.7 Portate a valle di via Veneto



Alla portata della Roggia Vecchia (19mc/s) in corrispondenza dell’incrocio tra via Piave e via per Gattedo si somma il contributo della Roggia Borromea. A valle di via Veneto lo scenario considera poi il contributo delle valli Pissavacca, Laghetto e Vignazza, oltre ai circa 12 mc/s nominali del collettore intercomunale.

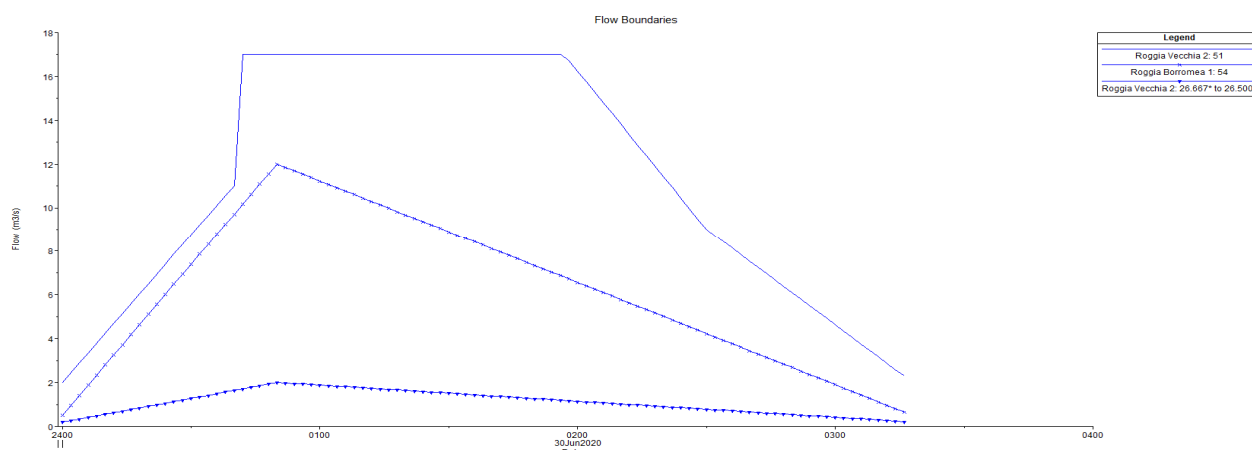
Le portate degli affluenti in destra idrografica che drenano le valli che incidono il pianalto ad ovest del centro abitato sono stimante nello studio del reticolo idrico minore (cui si rimanda per i particolari).

La loro somma prima dell’immissione nella Roggia Vecchia è circa 9 mc/s.

3.4 Idrogramma di piena

Per la modellazione con schema bidimensionale in moto vario nelle aree allagate esterne all'alveo, non essendo in possesso di idrogrammi con tempo di ritorno di 100 anni di casi reali, si è scelto di ipotizzare un idrogramma di forma triangolare (paragonabile con quanto ottenuto con il metodo afflussi/deflussi) con picco pari alla portata massima calcolata, di durata pari a 3 ore con picco a 1/3 dell'idrogramma.

Di seguito si riporta il grafico degli idrogrammi semplificati dei tre bacini considerati per l'elaborazione bidimensionale in moto vario:



	Boundary Condition Location	Minimum (m3/s)	Maximum (m3/s)
1	Roggia Borromea 1: 54	0.5	12
2	Roggia Vecchia 2: 51	2	17
3	Roggia Vecchia 2: 26.667* to 26.500*	0.2	2

A titolo cautelativo, sebbene i bacini abbiano tempi di corrivazione differenti, si è scelto di analizzare lo scenario peggiore che considera la concomitanza dei picchi degli idrogrammi.

3.5 Modellazione idraulica

La modellazione idraulica è stata ottenuta mediante l'utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS ver. 6.6 che combina il calcolo dei profili di moto permanente e vario in regime monodimensionale (1D) lungo l'asta del corso d'acqua e quello con moto vario in regime bidimensionale (2D) delle acque esondate nelle aree golenali esterne all'alveo.

I risultati ottenuti dalla simulazione della piena con Tr 100 anni sono stati utilizzati per valutare il pericolo idraulico lungo il corso l'asta torrentizia della Roggia Vecchia e il conseguente rischio in base agli elementi vulnerabili esposti.

3.5.1.1 Modello geometrico del corso d'acqua e delle aree adiacenti

La valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio locali in alveo si basa sui risultati del modello monodimensionale, mentre all'interno delle golene e delle aree allagabili si basa sui risultati della modellazione idraulica bidimensionale del deflusso delle acque esondate dai corsi d'acqua durante il transito della piena di riferimento.

La modellazione topografica dell'ambito d'interesse è stata ottenuta sulla base dei seguenti dati:

- a) l'asta torrentizia è stata ricostruita utilizzando numerose sezioni rilevate nell'ambito del precedente studio idraulico condotto dagli Scriventi nel 2020 per il Comune di Carugo sulla Roggia Borromeo-Roggia Vecchia, oltre che sulla base delle nuove sezioni rilevate nel 2025 per il presente studio nel tratto lungo via Gattedo e a valle di Via Veneto e fino al ponte di via S. Martino a Mariano Comense. A lato si riporta il tracciato totale oggetto di rilievo topografico.
- b) Per l'andamento del terreno nelle aree esterne all'alveo è stato utilizzato il rilievo LIDAR 1mX1m fornito dal Ministero dell'Ambiente. Il DTM (last) che si ottiene rappresenta l'andamento del terreno escludendo gli elementi antropici (case, muri, ecc.) e la vegetazione. Di seguito si riporta un estratto del modello risultante:



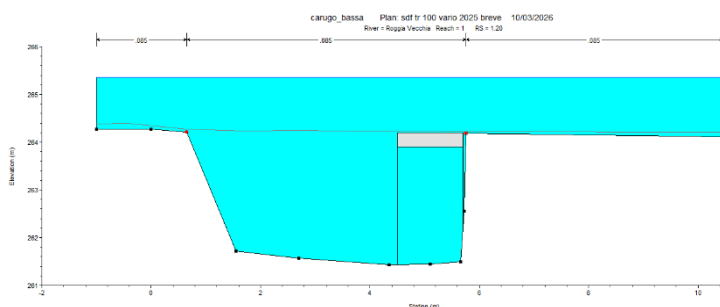


- c) Infine si ottiene il Modello 3D (raster) del territorio con gli edifici, ricavato dall'elaborazione combinata dello shape degli elementi architettonici tratto dalla carta tecnica comunale (DBT) e dal DTM LIDAR 1mx1m.



3.5.1.2 Modellazione 1D - flusso di moto monodimensionale

In corrispondenza dell'alveo, per il calcolo del profilo longitudinale del pelo libero si fa riferimento al modello di corrente sia in regime di moto permanente sia in regime di moto vario. Sulla base della planimetria e delle sezioni trasversali



ricavate, si è proceduto alla determinazione delle diverse grandezze idrauliche della corrente e del profilo del pelo libero che si instaura in condizioni di moto permanente e vario lungo il tratto analizzato nell'ipotesi di flusso di moto monodimensionale.

La procedura di calcolo, di seguito descritta, è stata condotta con l'ausilio di calcolatore, mediante l'uso del programma "Hec-Ras 6.6" appositamente sviluppato per la modellazione del flusso in alvei naturali dall'Hydrologic Engineering Center statunitense. Il modello è in grado di fornire valutazioni attendibili dei profili di pelo libero che si instaurano nel tratto esaminato durante il deflusso delle piene.

Calcolo Dei Profili Di Moto Permanente

Per il calcolo delle correnti a superficie libera, generalmente si ricorre all'approssimazione del moto rigorosamente uniforme, per cui valgono le seguenti relazioni:

la formula di Chèzy:

$$Q = C * A \sqrt{Ri}$$

dove:

- Q = portata;
- C = coefficiente di resistenza al moto;
- A = area della sezione bagnata
- R = raggio idraulico
- I = pendenza locale dell'alveo

Per la valutazione di C è stata usata la formula di Manning:

$$C = \frac{1}{n} R^{1/6}$$

dove n è il coefficiente di scabrezza rappresentativo delle caratteristiche medie dell'intero contorno bagnato, lungo i tratti analizzati.

Per quanto riguarda la pendenza locale "i" essa è calcolata per ogni sezione come la pendenza media tra la sezione precedente e quella successiva alla sezione considerata.

Per la prima sezione di monte, si considera la stessa pendenza del tratto immediatamente a valle; per quella terminale di valle, la pendenza è assunta pari a quella del tratto immediatamente a monte dell'ultima sezione.

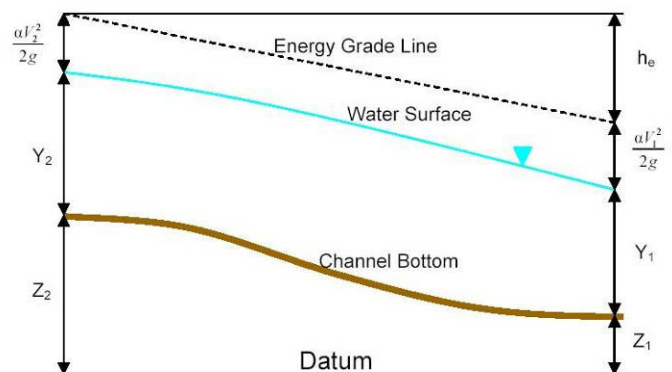
Nelle correnti di piena a superficie libera la condizione di moto uniforme non sempre si verifica, ma è più frequente il regime di moto permanente in cui la linea piezometrica (coincidente con il pelo libero) si avvicina o si allontana alla linea dei carichi totali a seconda che si abbia una corrente accelerata o ritardata.

Per la condizione di moto permanente la funzione che rappresenta l'energia specifica h_e di una corrente gradualmente variata in una generica sezione in funzione dell'altezza ($Y+Z$) è:

$$Y_2 + Z_2 + \frac{\alpha_2 V_2^2}{2g} = Y_1 + Z_1 + \frac{\alpha_1 V_1^2}{2g} + h_e$$

dove:

Y = altezza del pelo libero nella sezione
 Z = quota della sezione (s.l.m.)
 V = velocità della corrente
 α = coefficiente di Coriolis



Si può riconoscere che esiste un valore k (cosiddetto critico) dell'altezza in corrispondenza del quale l'energia specifica h_e ha un valore minimo, ovvero il moto avviene con il minimo impiego di energia a parità di portata. Tale condizione viene denominata *stato critico* per la corrente e si verifica per il valore di altezza per cui risulta:

$$\frac{A^3}{B} = \alpha \frac{Q^2}{g}$$

dove:

A = area sezione liquida
 B = larghezza del pelo libero
 g = accelerazione di gravità

L'equazione sopra riportata può essere espressa anche attraverso il numero di Froude:

$$F^2 = \frac{Q^2 B}{g A^3} = 1$$

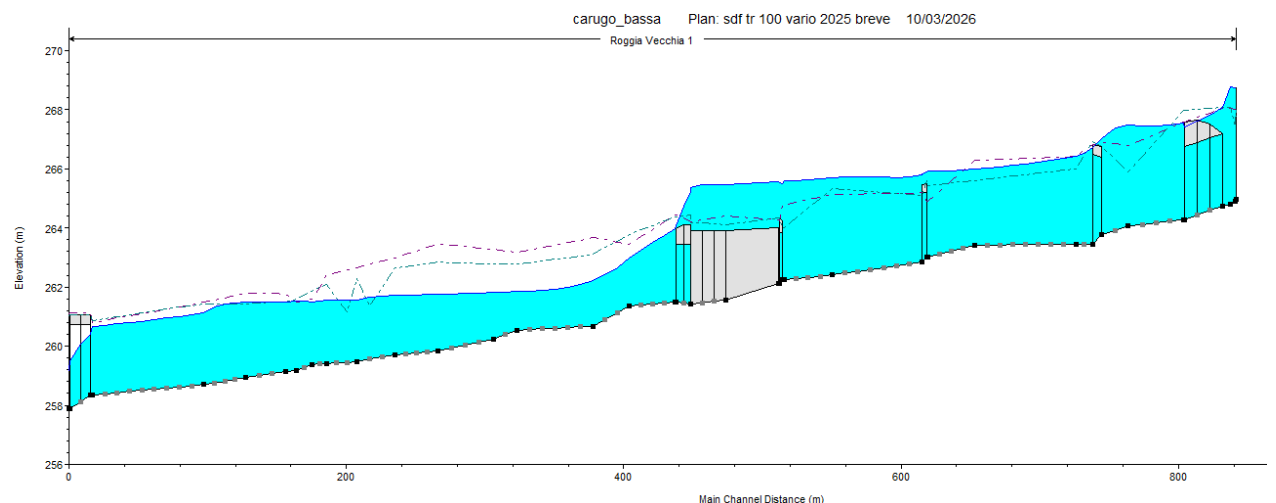
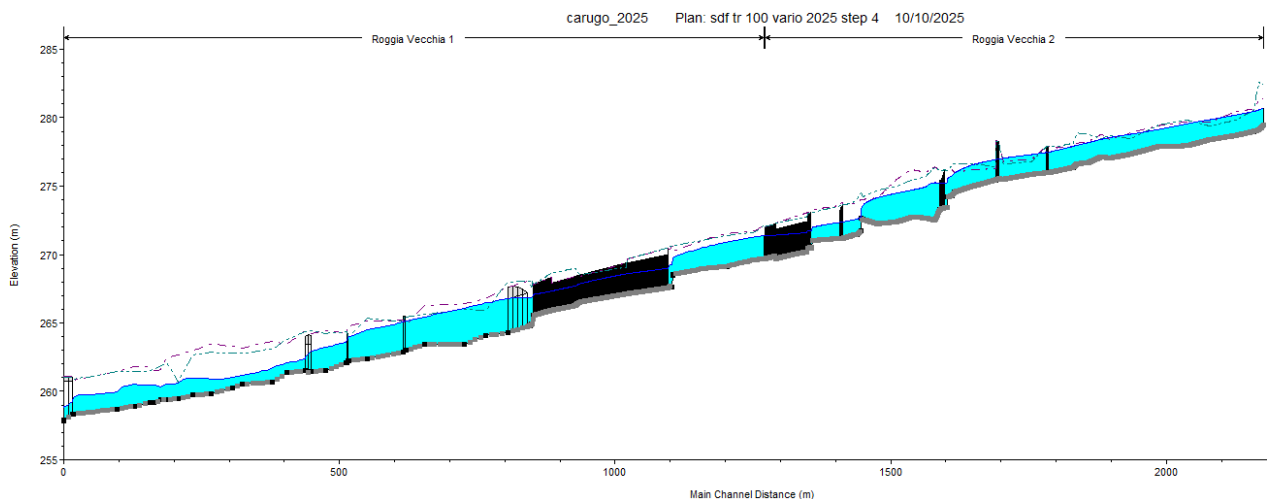
che permette di calcolare l'altezza critica k:

$$k = \sqrt[3]{\frac{Q^2}{g B^2}}$$

Per quanto sopra, si possono definire come correnti veloci quelle con altezza minore di quella critica e numero di Froude maggiore di 1 e correnti lente quelle con altezza maggiore di quella critica e numero di Froude minore di 1.

Il calcolo procede iterativamente verso monte se la corrente è lenta, verso valle se è veloce. Il passaggio dalla condizione di corrente lenta alla condizione di corrente veloce nel senso del moto avviene in modo continuo passando per la condizione critica.

Il passaggio inverso si manifesta attraverso la localizzazione automatica del risalto idraulico con conseguente calcolo delle altezze coniugate.



Calcolo Dei Profili Di Moto Vario

La propagazione della onda di piena in un corso d'acqua naturale si risolve utilizzando la descrizione idraulica del fenomeno basata sulle equazioni differenziali del moto e di continuità. La teoria di De Saint Venant ipotizza che si tratti di un moto monodimensionale; in pratica le grandezze che definiscono la corrente idrica (portate e livelli) sono funzione esclusivamente del tempo e della coordinata x , posta lungo l'asse longitudinale del corso d'acqua. Queste ipotesi conducono al fatto che le sezioni trasversali possano considerarsi piane e verticali con una pressione distribuita su di esse con legge idrostatica e quindi la corrente può considerarsi gradualmente variata. Con questa schematizzazione si ottengono le classiche equazioni di De Saint Venant, dalle quali esplicitando tutti i termini si ottengono le seguenti:

Equazione del moto:
$$\frac{\partial H}{\partial x} + \frac{1}{g} + \frac{\partial v}{\partial t} + J = 0$$

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

Applicando queste equazioni al corso d'acqua si ottiene un sistema di equazioni differenziali del primo ordine non lineare nelle incognite rappresentate dai livelli e le portate nei vari nodi in funzione del tempo.

Per la risoluzione di questo sistema esistono sostanzialmente tre metodi:

- delle linee caratteristiche
- dalle differenze finite
- agli elementi finiti.

Il metodo di soluzione adottato è un metodo di tipo semi-implicito in cui in pratica la portata ed il livello in ogni nodo, in un determinato istante di tempo, sono espressi in funzione di portata e livello nelle sezioni adiacenti nello stesso istante di tempo oltre che della portata e del livello della stessa sezione nell'intervallo di tempo precedente.

In pratica, considerando un corso d'acqua schematizzato da N sezioni, si hanno $2N$ incognite (portata e livello in ogni sezione), si applicano le due equazioni (di moto e di continuità) per ogni tronco, si ottengono quindi $2(N-1)$ equazioni. Aggiungendo poi le due condizioni al contorno (a valle e a monte), si ottiene un sistema di $2N$ equazioni che può essere n'solto uno dopo l'altro per tutti gli intervalli di tempo.

Condizioni al contorno

Per il moto permanente, la determinazione delle condizioni al contorno, cioè l'assegnazione, in una determinata sezione, di un valore noto del livello idrico da cui far procedere il calcolo dei livelli incogniti (partendo da valle se la corrente è subcritica-corrente lenta o, viceversa, da monte se la corrente è

supercritica-corrente veloce) è uno dei passaggi più difficili e maggiormente affetti da incertezza nella simulazione delle correnti idriche in corsi d'acqua naturali.

Le possibili condizioni da assegnare sono, essenzialmente, tre:

1. un livello idrico noto;
2. il livello di moto uniforme per l'assegnata portata e pendenza di fondo nota;
3. il livello di stato critico per l'assegnata portata.

Nel presente studio è stata assunta come condizione al contorno l'altezza del pelo libero coincidente il moto uniforme. È da sottolineare che quasi mai è possibile stabilire a priori il regime con cui si svolge il moto, soprattutto in corsi d'acqua naturali, dove per la estrema irregolarità della geometria si possono verificare vari cambiamenti di regime nel tratto in esame. È necessario, quindi, assegnare sempre entrambe le condizioni al contorno, a monte e a valle, e verificare a posteriori se la condizione assegnata ha avuto o meno influenza sul profilo di corrente.

Anche per il moto vario è necessario imporre condizioni al contorno sia per la sezione di monte sia per la sezione di valle. Il programma *Hec Ras* permette di inserire varie tipologie di condizioni al contorno in relazione ai dati in possesso e alle condizioni geometriche analizzate.

3.5.1.3 Modellazione 2D - flusso di moto bidimensionale

Quando il moto non segue un'unica direzione si ricorre a modelli bidimensionali come nel caso di piene in pianie alluvionali o nelle aree golenali. Fondamentale per una modellazione bidimensionale è la definizione del modello digitale del terreno (DTM/LIDAR) con dettaglio sufficiente a rappresentare la topografia in modo coerente.

Nell'ipotesi di verifica bidimensionale, è necessario delimitare aree idraulicamente isolate denominate "celle d'accumulo" entro le quali vi è il ristagno delle acque esondate dall'alveo naturale.

Di seguito si riporta lo schema idraulico degli alvei con le sezioni e le celle di accumulo individuate con le rispettive "strutture laterali" di collegamento con l'alveo:



Il programma *HecRAS* è in grado di simulare modellazioni 1D, 2D o 1D/2D combinate, seguendo lo schema di seguito descritto:

- 1 Modellazione combinata 1D e 2D: La possibilità di eseguire una modellazione combinata 1D e 2D all'interno dello stesso modello in regime di moto vario permette all'utente di lavorare su schemi fluviali più complessi, utilizzando la modellazione 1D per l'asta fluviale principale e la modellazione 2D nelle zone esterne che lo richiedono per modellare in modo fedele la propagazione dei deflussi (sfioratori laterali, celle di accumulo bidimensionali, ecc.).
- 2 Equazioni complete di Saint Venant o di diffusione dell'onda in 2D: Il programma risolve sia le equazioni 2D di diffusione dell'onda che quelle complete di Saint Venant.
- 3 Algoritmo implicito di soluzione ai volumi finiti: il risolutore delle equazioni di moto bidimensionale utilizza un algoritmo implicito ai volumi finiti.
- 4 Algoritmo per le soluzioni accoppiate dei modelli 1D e 2D.
- 5 Maglie computazionali strutturate o non strutturate.
- 6 Tabella dettagliata delle proprietà idrauliche per le celle di calcolo.
- 7 Mappa dettagliata degli allagamenti con animazioni temporali.

3.6 Considerazioni e limiti del modello idraulico

Come specificato sopra, il modello idraulico implementato per la valutazione della pericolosità si basa sui seguenti punti:

- Rilievo topografico in corrispondenza dell'alveo.
- Modello 3D del terreno (Lidar 1x1 Ministero dell'Ambiente).
- Implementazione del modello Lidar con elementi antropici (edifici) derivanti dal DBT comunale.
- Analisi monodimensionale in corrispondenza dell'alveo e analisi bidimensionale nelle aree allagabili esterne all'alveo.

Come ogni modello, vi sono delle semplificazioni intrinseche all'analisi che vanno accettate. Nel nostro caso, non è stato possibile ricostruire con precisione elementi secondari che tuttavia possono influire localmente sulla estensione delle piene, quali muretti, recinzioni, interruzioni per grate o cancelli, ecc.

Un ulteriore limite del programma di calcolo deriva dall'impossibilità di valutare la vulnerabilità degli elementi antropici, quali finestre, porte, ecc. che potrebbero cedere sotto l'effetto della spinta idraulica del flusso della corrente.

Per lo scopo pianificatorio dello studio si ritiene comunque di aver raggiunto un buon livello di approssimazione che rende adeguato il modello idraulico risultante.

3.7 Risultati e Descrizione delle carte

La verifica idraulica è stata condotta in moto permanente monodimensionale lungo l'alveo della Roggia Vecchia e in moto vario con schema bidimensionale nelle aree di esondazione al fine di individuare in base al modello 3d del terreno le zone di maggior probabile accumulo degli allagamenti. Le verifiche hanno permesso di mappare le aree allagabili con tempo di ritorno di 100 anni così come richiesto dalla normativa vigente per valutare il pericolo idraulico nelle aree interessate dall'esondazione, correlando altezza dell'acqua e velocità della corrente secondo lo schema riportato nell'allegato 4 della D.g.r. 2616 del 2011.

3.7.1 Moto permanente

In prima analisi sono state condotte verifiche in moto permanente con tempo di ritorno di 100 anni. I risultati sono in accordo con quanto storicamente noto, evidenziando soprattutto l'insufficienza di alcuni attraversamenti lungo via Piave e a valle di via V. Veneto.

3.7.2 Moto vario

Considerato il potenziale rischio di esondazione evidenziato dalla verifica in moto permanente, si è proceduto ad una verifica bidimensionale in moto vario per tenere conto del fenomeno di laminazione dell'onda di piena con conseguente variazione della portata. La simulazione ha permesso di valutare l'estensione delle aree di esondazione, la pericolosità delle aree e il rischio degli elementi esposti stante lo stato di fatto dell'uso del suolo.

3.7.3 Aree di Esondazione

Lo studio idraulico è stato condotto nell'ipotesi di piena con tempo di ritorno di 100 anni così come indicato dalla normativa, al fine di valutare la pericolosità per esondazione e la valutazione del rischio idraulico.

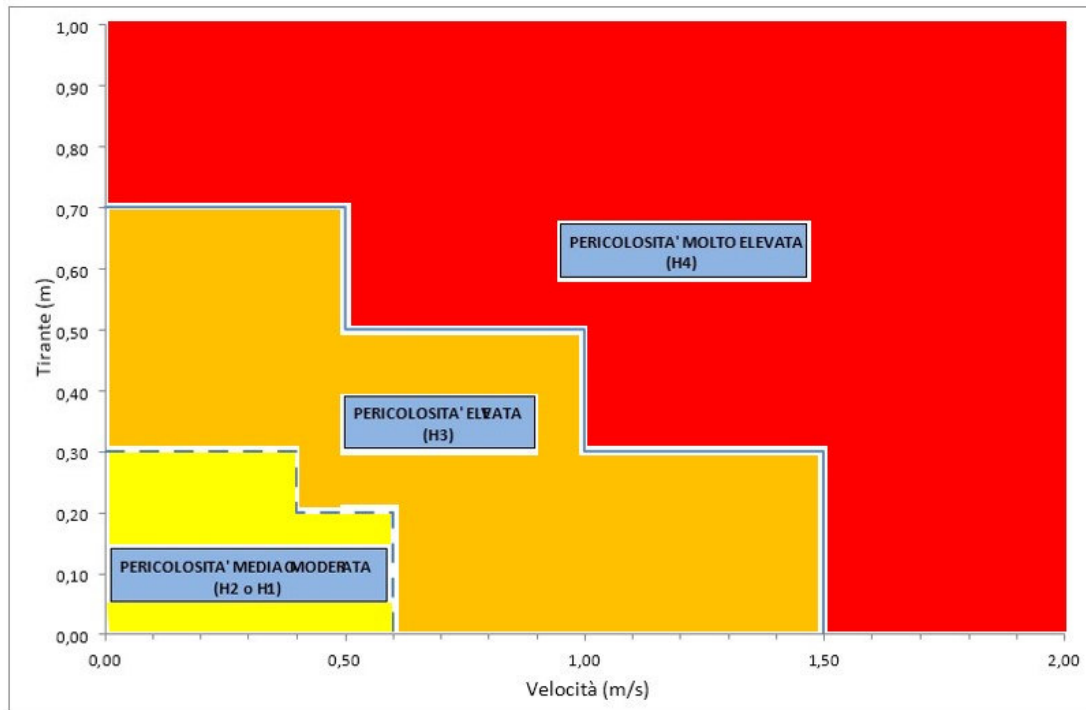
3.7.4 Zonazione del pericolo e del rischio per esondazione con Tr 100 anni

Per gli ambiti edificati ricadenti in zone di esondazione (R4), la D.G.R. 6738 del 19/06/2017 impone valutazioni di dettaglio della pericolosità e rischio locale seguendo quanto indicato nell'allegato 4 della D.G.R. 2616 del 2011 *“procedure per la valutazione e zonazione della pericolosità e del rischio da esondazione”*.

Lungo l'asta della Roggia Vecchia e nei terreni allagabili è stata condotta l'analisi della pericolosità idraulica per evento con tempo di ritorno di 100 anni,

Grazie all'analisi bidimensionale condotta con Hec Ras 6.6, è possibile classificare aree uniformi in base all'altezza del battente idrico e aree uniformi in base alla velocità della corrente.

La valutazione della pericolosità è attribuita in base al grafico riportato nell'allegato 4 della D.g.r. 2616 del 2011:



Come si evince dall'osservazione del grafico, ad ogni coppia associata dei valori di battente idrico/velocità della corrente è attribuita una classe di pericolosità che varia da:

- H1=pericolosità moderata
- H2=pericolosità media
- H3=pericolosità elevata
- H4=pericolosità molto elevata

Partendo dalle aree a diversa pericolosità idraulica attribuite in base al battente idrico e alla velocità della corrente, si procede alla successiva valutazione del rischio in base alla destinazione di uso delle varie porzioni di territorio interessate dall'esondazione. La destinazione d'uso del suolo è ricavata dal progetto DUSAF07 2021 (banca dati geografica multi-temporale che classifica il territorio sulla base delle principali tipologie di copertura e di utilizzo del suolo). La normativa propone di quantificare il rischio mettendo in

relazione la pericolosità (H), l'entità degli elementi a rischio di danno potenziale (E) e la vulnerabilità degli stessi (V) secondo la relazione di natura qualitativa:

$$R = H \times E \times V$$

Le classi del danno potenziale sono determinate in funzione degli elementi a rischio presenti nell'area considerata in base alla tabella sottostante:

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

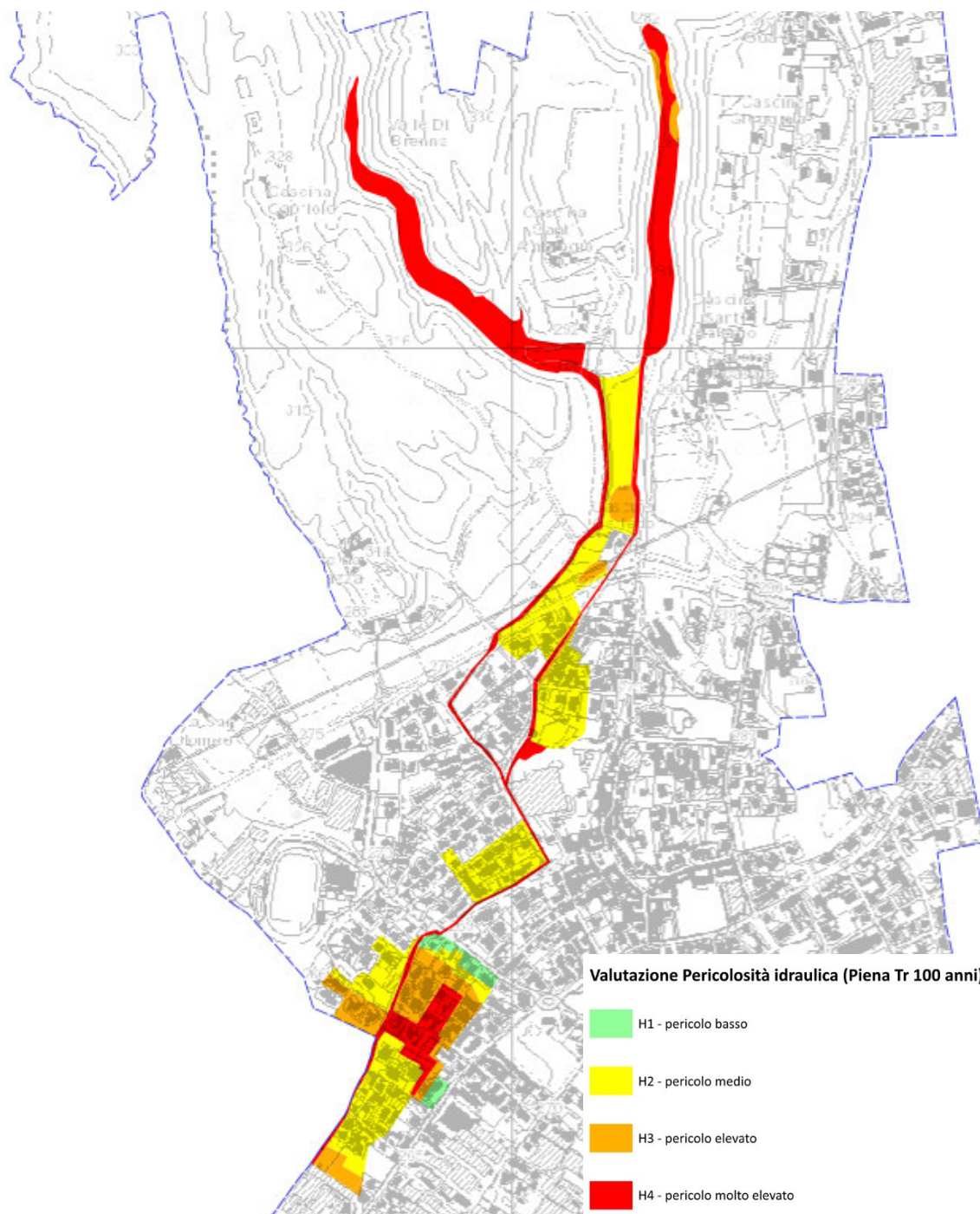
Ponendo (a favore di sicurezza) la vulnerabilità pari a 1 così come indicato dall'allegato 4 della D.g.r. 2616/2011, il rischio idraulico deriva dall'intersezione di pericolo H e danno potenziale E, secondo la tabella di seguito riportata:

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

R1=rischio moderato
R2=rischio medio
R3=rischio elevato
R4=rischio molto elevato

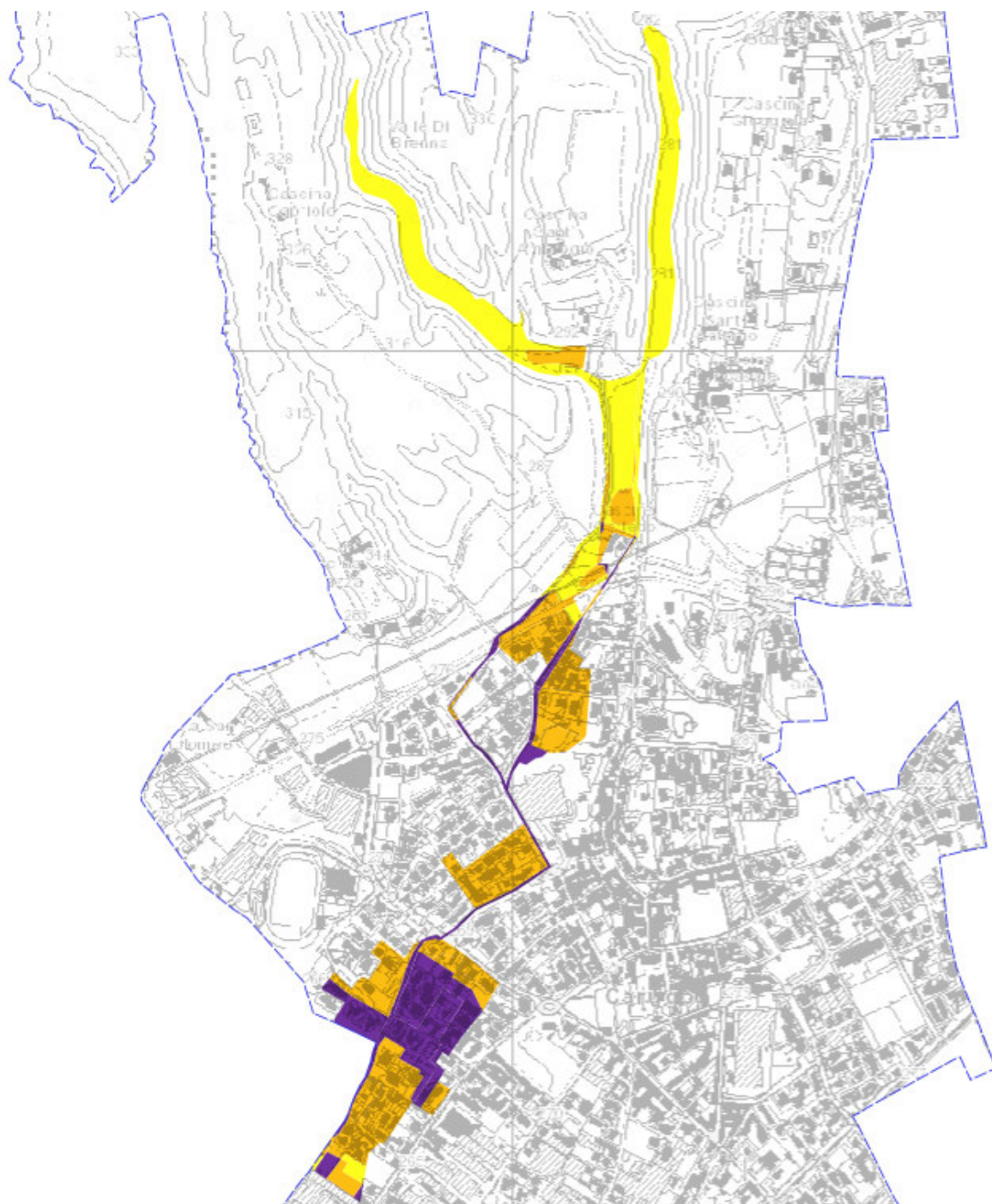
La rappresentazione delle aree di esondazione, del battente idrico e della velocità della corrente sono rappresentati nelle carte 1 e 2 allegate fuori testo.

I risultati consentono di raggruppare le aree a pericolosità omogenea e quindi di classificare il territorio allagabile:



Le aree allagabili sono coerenti con gli eventi estremi accaduti nel 2014 e nel 2025. Le aree allagate in tali occasioni dalla Roggia Borromeo e dalla Roggia Vecchia risultano tutte comprese nello scenario simulato. Le aree allagate in occasione dell'evento di settembre 2025 tra via Veneto e il centro sportivo sono imputabili all'esondazione del tratto terminale del T. Valle del Laghetto dopo la confluenza con il T. Valle Pissavacca.

La mappa del pericolo soprastante, associata all'uso del suolo nel rispetto della tabella sopra riportata permette di redigere la mappa del rischio per esondazione:



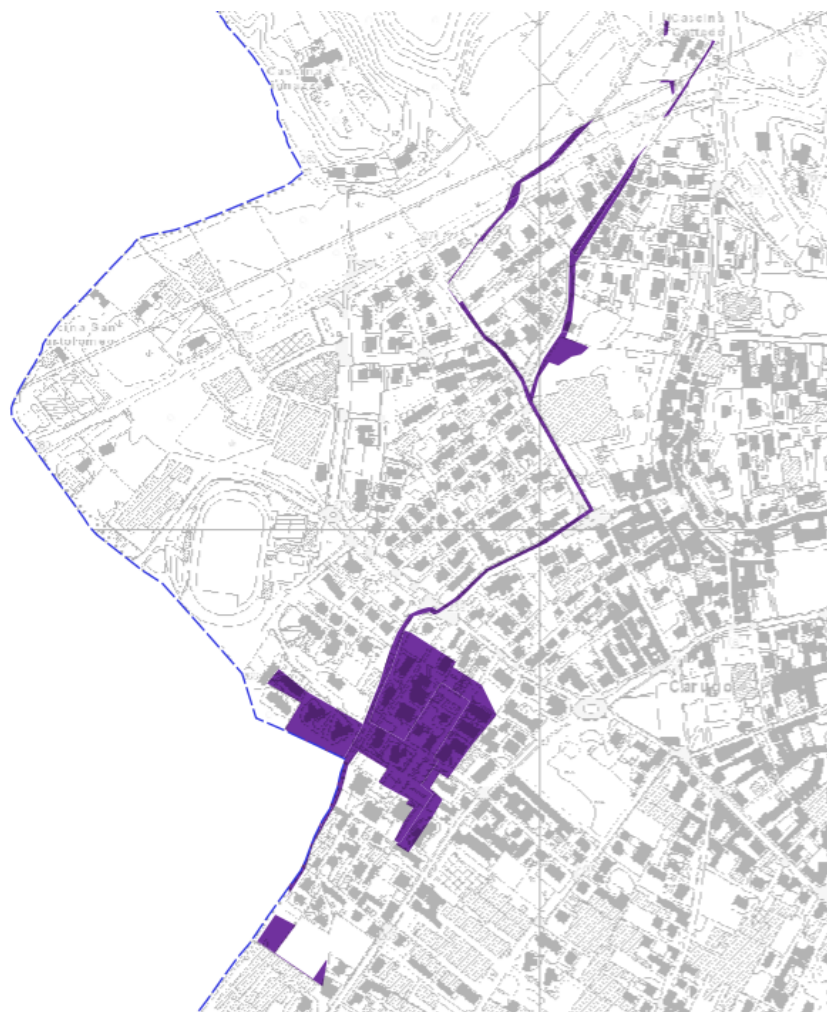
Valutazione Rischio idraulica (Piena Tr 100 anni)



3.8 Adeguamento Piano di Protezione Civile Comunale

Sulla base del presente studio idraulico, è possibile individuare le aree antropizzate maggiormente esposte al pericolo, le quali generano ambiti maggiormente a rischio per esondazione.

Nello specifico, le aree a rischio R4 andranno attenzionate nel Piano di Protezione Civile Comunale sviluppando specifici scenari di rischio che dovranno tenere conto dei battenti idrici e velocità della corrente valutati nel presente studio.



 R4 - Rischio molto elevato

4 DISPOSIZIONI COMUNI A TUTTI GLI AMBITI ALLAGABILI

4.1 Disposizioni inerenti all'informazione relativa alla pericolosità idraulica e al rischio

I Comuni provvedono a inserire nelle certificazioni di cui all'art. 5 comma 2 lettera d del d.p.r. 6 giugno 2001, n. 380, anche le classificazioni di pericolosità e di rischio derivanti dagli aggiornamenti al PAI prodotti dal PGRA nonché dalle presenti disposizioni normative.

In base a quanto previsto dall'art. 18, comma 7 delle N.d.A. del PAI, i soggetti attuatori di interventi sono tenuti a sottoscrivere un atto liberatorio che escluda ogni responsabilità dell'Amministrazione pubblica in ordine a eventuali futuri danni a cose e a persone comunque derivanti dai fattori di pericolosità idraulica e idrogeologica segnalati nelle certificazioni di cui sopra. I Comuni istituiscono un registro degli atti liberatori, aggiornato e reso pubblico secondo modalità stabilite dagli stessi Comuni. La Regione si riserva la possibilità di chiedere copia di tale registro.

4.2 Disposizioni inerenti agli accorgimenti edilizi da adottare per la mitigazione del rischio

Nell'allegato 4 alla D.g.r. IX/2616/2011 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione", in merito ai possibili accorgimenti edilizi che devono essere utilizzati per la mitigazione del rischio da alluvione già in sede di progettazione al fine di garantire la compatibilità degli interventi con le condizioni di pericolosità di cui al quadro conoscitivo specifico di riferimento si riporta quanto segue:

- realizzare le superfici abitabili, le aree sede di processi produttivi, degli impianti e dei depositi di materiale sopraelevate rispetto al livello della piena centennale;
- realizzare le aperture degli edifici poste sotto al livello di piena a tenuta stagna e disporre gli ingressi in modo non perpendicolare alla corrente principale;
- evitare che la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati formino allineamenti nella direzione principale della corrente;
- evitare edifici o lunghe strutture poste trasversalmente alla corrente;
- favorire il deflusso/assorbimento delle acque esondate evitando depressioni che ne causino l'accumulo.

si aggiungono i seguenti, riferiti specificamente ai progetti di ristrutturazione e/o manutenzione straordinaria di piani interrati e seminterrati:

- pareti perimetrali, pavimenti e solette realizzati a tenuta d'acqua;

- presenza/realizzazione di scale/rampe interne di collegamento tra il piano dell'edificio potenzialmente allagabile e gli altri piani;
- impianti elettrici realizzati con accorgimenti tali da assicurare la continuità del funzionamento anche in caso di allagamento;
- aperture con sistemi di chiusura a tenuta stagna e/o provviste di protezioni idonee;
- rampe di accesso provviste di particolari accorgimenti tecnico-costruttivi (dossi, sistemi di paratie, etc.) per impedire/limitare l'ingresso dell'acqua;
- sistemi di sollevamento delle acque da ubicarsi in condizioni di sicurezza idraulica.

4.3 Disposizioni inerenti all'asseverazione di congruità delle varianti urbanistiche alla componente geologica del PGT e alla pianificazione sovraordinata

Tutte le varianti urbanistiche adottate dopo la data di pubblicazione sul BURL delle presenti disposizioni, devono essere corredate da un'asseverazione di congruità delle varianti stesse con la componente geologica del PGT e con le nuove limitazioni derivanti dal PGRA, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti, seguendo il nuovo schema di asseverazione riportato in Allegato 6.

4.4 Disposizioni inerenti agli interventi edilizi

Nella modulistica edilizia unificata, laddove è previsto che si dichiari che l'intervento è compatibile con le limitazioni derivanti dalla classe di fattibilità geologica e relativa normativa assegnata nel PGT, fino all'adeguamento dello stesso occorre dichiarare anche la compatibilità dell'intervento con le limitazioni derivanti dal PGRA vigente, dalla variante normativa al PAI e dalle disposizioni regionali conseguenti.

Lecco, LUGLIO 2026

Redatto da:

ing. Valeria LOCATELLI
dott. geol. Vittorio BUSCAGLIA
dott. geol. Domenico SCINETTI

documento firmato digitalmente