

COMUNE DI TRIUGGIO

Provincia di Monza e della Brianza

Fraz. Canonica Lambro - Area C.ne Mulini e Chiesuola

Maria Federica Gallarati Scotti

Stefania Gallarati Scotti

PROPRIETARIO

PIANO DI RECUPERO

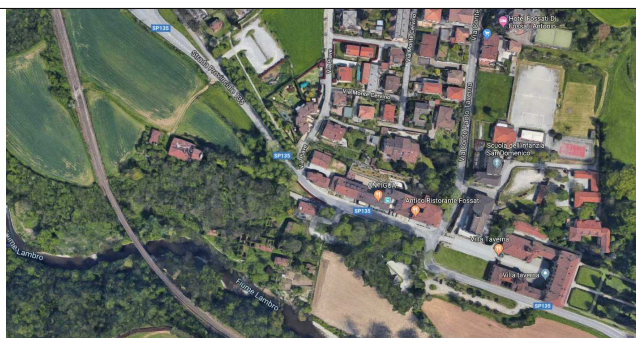
OGGETTO



RENZO ASCARI GIUSEPPE TREMOLADA ARCHITETTI ASSOCIATI

VIA PONTIDA, 72 20833 GIUSSANO (MB)

TEL.0362 354308 FAX. 0362 354708 E-MAIL: starco@tin.it



ORDINE DEGLI ARCHITETTI,
PIANIFICATORI, PAESAGGISTI E
CONSERVATORI DELLA PROVINCIA
DI MONZA E DELLA BRIANZA

GIUSEPPE
TREMOLADA
ARCHITETTO
214

PROGETTISTA E D.L.

IL COMMITTENTE

IMPRESA

ELABORATO

Scala

Data

N° TAVOLA

STUDIO DI COMPATIBILITA' IDRAULICA

NOV. 2019

A3

Progettista

COORDINATORE PROGETTISTA

Autore

REDAZIONE DISEGNO

1226

CODICE

FILE

Sommario

PREMESSA	1
1. QUADRO NORMATIVO: VINCOLI E NORME ATTUATIVE	2
1.1. PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI (PGRA)	2
1.2. DISPOSIZIONI REGIONALI CONCERNENTI L'ATTUAZIONE DEL PGRA NEL SETTORE URBANISTICO	5
1.3. PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO (PGT)	7
1.4. PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)	11
2. ANALISI DI COMPATIBILITÀ IDRAULICA	13
2.1. INQUADRAMENTO GENERALE	13
2.2. MODELLAZIONE NUMERICA IDRAULICA: DESCRIZIONE DEL CODICE DI CALCOLO	15
2.3. GEOMETRIA DEL MODELLO	18
2.4. IDRAULICA DEL MODELLO	19
2.5. RISULTATI OTTENUTI	22
3. SINTESI DELLE OPERE IN PROGETTO	28
4. CONCLUSIONI	30
ALLEGATI	31
ALL. 1 – OUTPUTS DEL MODELLO IDRAULICO HEC – RAS (CONDIZIONI DI PICCO)	31
ALL. 2 – PLANIMETRIA DEI TIRANTI DI ALLAGAMENTO	35



Marco Pozzoli



Chiara Vellani



Premessa

Il presente studio di compatibilità idraulica costituisce parte integrante del piano di recupero delle aree denominate Cascine Mulini (o Cascina Molinaccio) e Chiesuola, all'interno del Comune di Triuggio (MB), frazione Canonica.

La necessità di sottoporre l'area di C.na Molinaccio alla verifica di compatibilità idraulica nasce dalla sua collocazione prossima al Fiume Lambro, all'interno delle fasce fluviali A e B indicate dal PAI e delle aree di pericolosità indicate nel Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) con scenario di allagamento frequente P3/H e poco frequente P2/M e rischio R4.

In assenza di un aggiornamento della componente geologica e idrogeologica del Piano di Governo del Territorio (PGT) al PGRA, come nel caso del Comune di Triuggio, il Comune stesso può richiedere (D.g.r. 6738/2017) uno studio idraulico *ad hoc* impostato adottando la procedura contenuta all'interno dell'allegato 4 della D.g.r. 2616/2011.

Le verifiche di compatibilità idraulica sono necessarie per definire in dettaglio il grado di rischio al quale sono esposti gli edifici che ricadono entro le aree allagabili/fasce fluviali sopra ricordate che dipende sia dalle caratteristiche del fenomeno alluvionale, che dalle caratteristiche costruttive dell'edificio.

Le verifiche, da condurre rispetto alle caratteristiche dello scenario di piena duecentennale, sono finalizzate prioritariamente alla salvaguardia delle strutture, intese come comprensive delle persone e delle attività/insediamenti in esso presenti. Pertanto le soluzioni progettuali proposte per la riqualificazione dell'area dovranno ottemperare le necessità per la riduzione del rischio.

La relazione è strutturata secondo la seguente struttura:

- definizione dell'impianto normativo di riferimento per la redazione dello studio di compatibilità idraulica nell'area oggetto del piano di recupero;
- illustrazione del modello idraulico costruito per l'analisi del comportamento alluvionale dell'area in occasione della piena di riferimento;
- sintesi delle opere in progetto;
- conclusioni;
- allegati: dettaglio dei risultati del modello idraulico.

1. Quadro normativo: vincoli e norme attuative

Come anticipato in premessa, il PGRA e il Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) sono i principali strumenti di riferimento per la pianificazione e la programmazione ai vari livelli (locale/regionale/distrettuale) degli interventi di difesa dal rischio alluvionale. Nello specifico, il PGRA, che ha valenza di Piano territoriale di settore, è il documento più recente (Deliberazione n. 4, 17 dicembre 2015), la cui adozione da parte dell'autorità distrettuale del bacino padano (AdBPo) ha innescato un aggiornamento di parte del Piano di Assetto Idrogeologico, in particolare con l'aggiunta alle proprie Norme di Attuazione di un Titolo V, "*Norme in materia di coordinamento tra il PAI e il PGRA*", le quali, in breve:

- integrano le mappe di pericolosità e di rischio del PGRA al quadro conoscitivo del PAI (art. 57);
- demandano alle regioni l'emanazione di disposizioni concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico, in aggiornamento a quanto già previsto dal PAI (art. 58). Tali disposizioni sono state pubblicate, per quanto riguarda la regione Lombardia, con la D.g.r. 19 Giugno 2017 – n. X/6738 ;
- innescano, dove necessario, un'adeguamento degli strumenti pianificatori urbanistici, compresa una valutazione dettagliata delle condizioni di rischio all'interno dei centri abitati inclusi nelle aree allagabili (art.59);

Si procede dunque, nei successivi paragrafi, ad analizzare in dettaglio gli aspetti fondamentali derivanti dagli elementi componenti il quadro normativo sopra descritto (PGRA, disposizioni regionali, PGT del Comune di Triuggio, PAI), specificatamente in relazione al problema e all'area oggetto del presente studio.

1.1. Piano di gestione del rischio alluvioni (PGRA)

È uno strumento pianificatorio avente come finalità l'istituzione di un quadro per la valutazione e gestione dei rischi di alluvioni volto a ridurre le conseguenze negative per la salute umana, il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali derivanti dalle stesse alluvioni. Per quanto riguarda il reticolo principale degli alvei di pianura già dotati di fasce fluviali durante la realizzazione del PAI, come il fiume Lambro, i principali apporti del PGRA al quadro conoscitivo delle varie aste sono:

- l'aggiornamento delle fasce fluviali PAI con delle equivalenti mappe di pericolosità, che delimitano le aree prossime al corso d'acqua in base al tempo di ritorno dell'evento (e dunque alla sua intensità) per cui si verifica l'allagamento delle stesse. Nello specifico, gli scenari di allagamento previsti sono 3:
 - P3/H. Scenario frequente, T_{rit} pari a 20 – 50 anni;
 - P2/M. Scenario poco frequente, T_{rit} pari a 100 – 200 anni;
 - P1/L. Scenario raro, T_{rit} pari a 500 anni (o al massimo storico registrato);

Nel caso specifico del fiume Lambro, il soggetto attuatore per la realizzazione delle mappe di pericolosità è l'autorità di distretto per il bacino del fiume Po (AdBPo), già responsabile del delineamento delle fasce fluviali per i corsi d'acqua del reticolo principale. Le aree allagabili possono differire rispetto alle corrispondenti fasce fluviali del PAI (P3 – fascia A, P2 – fascia B, P1 – fascia C) per una serie motivi quali il far riferimento a studi idraulici di dettaglio o comunque successivi rispetto a quelli esistenti all'epoca della delimitazione delle fasce (approvate nel 2001), ma, nel caso specifico dell'area di interesse, le delimitazioni del PAI e del PGRA coincidono, come indicato in Figura 1 (il limite della fascia C non è riportato in quanto coincidente con quello della fascia B, allo stesso modo l'area allagabile L coincide con l'area M).

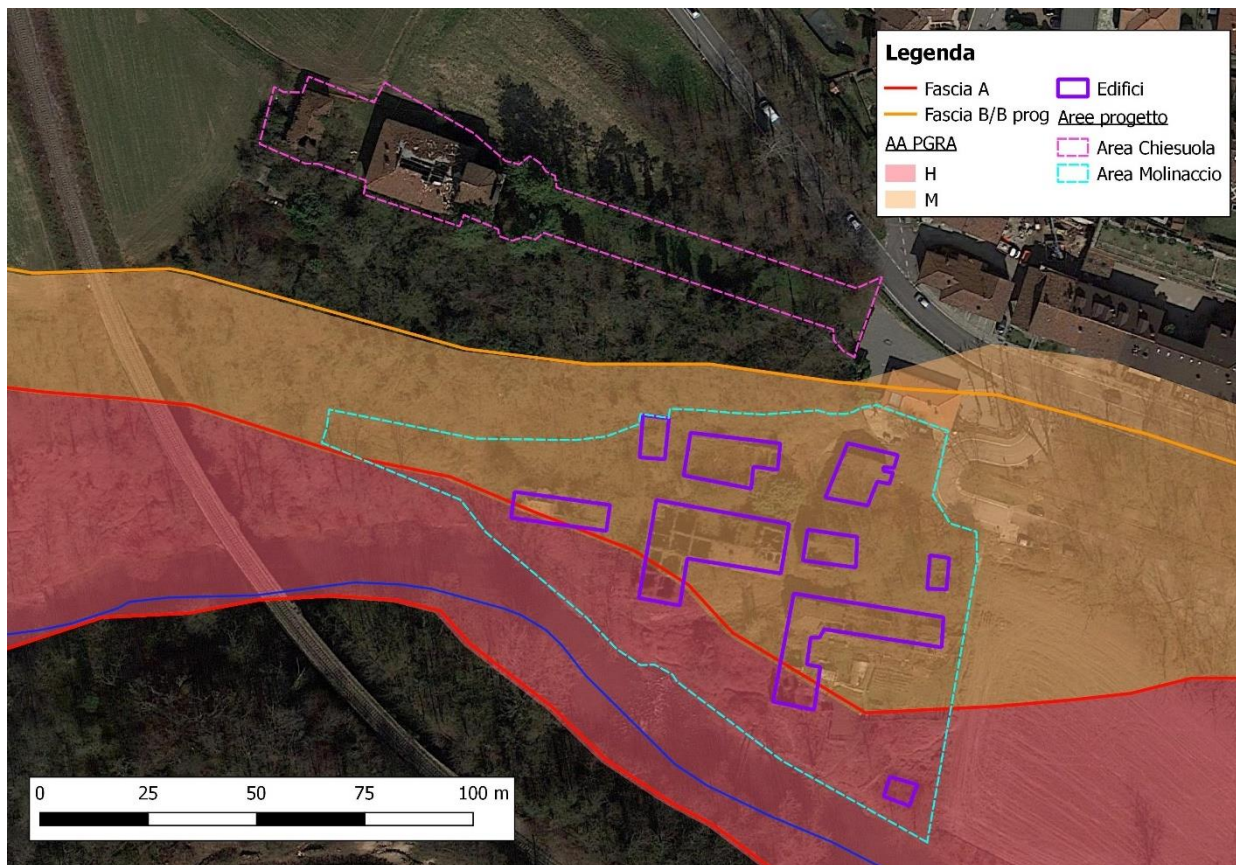


Figura 1: limite delle fasce fluviali (PAI) e delle aree allagabili (PGRA) per l'area di interesse

Osservando la figura, si può notare come una delle due aree di intervento, quella della Chiesuola, sia totalmente esterna alle aree allagabili/fasce fluviali, mentre l'altra, l'area della Cascina Molinaccio, si trova suddivisa tra le aree H e M (o fasce A e B). L'analisi di compatibilità dunque, si concentrerà su quest'ultima;

- La realizzazione delle mappe di rischio alluvionale per tutti i corsi d'acqua del reticolo principale (e secondario), tra cui naturalmente il fiume Lambro. Tale grandezza viene definita, nell'ambito del PGRA, secondo la sua formula semplificata, ossia come il prodotto delle seguenti componenti (di cui sarebbe in realtà l'integrale di convoluzione):

$$R = P * D$$

$$D = V * E$$

- Pericolosità (P), rappresenta l'intensità dell'evento alluvionale, ed è ricavata dalle aree allagabili precedentemente descritte;
- Danno (D), rappresenta la gravità delle conseguenze causate da un evento alluvionale su una certa area, in termini strutturali/infrastrutturali/umani (V, vulnerabilità) ed economici (E, valore economico degli elementi esposti). È ricavato sulla base di una serie di tabelle come quella in Figura 2 che suddividono gli elementi del territorio in classi di danno.

Rischio = Pericolosità x (Vulnerabilità x Valore)

Danno

CLASSE D4		CLASSE D3		CLASSE D2		CLASSE D1	
DUSAF		DUSAF		DUSAF		DUSAF	
1111	Tessuto residenziale denso	133	Cantieri	211	Seminativi	134	Aree degradate non utilizzate e non vegetate
1112	Tessuto residenziale continuo mediamente denso	12124	Cimiteri	1411	Parchi e giardini	231	Prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive
1121	Tessuto residenziale discontinuo	132	Discariche	221	Vigneti	311	Boschi di latifoglie
1122	Tessuto residenziale rado e nucleiforme	131	Cave	222	Frutteti e frutti minori	312	Boschi conifere
1123	Tessuto residenziale sparso	2113	Culture orticole	223	Oliveti	313	Boschi misti
11231	Cascine	2114	Culture floro-vivaistiche	3114	Castagneti da frutto	314	Rimboschimenti recenti
1424	Aree archeologiche	2115	Orti familiari	213	Risaie	331	Spieagge, dune ed alvei ghiaiosi
12122	Impianti di servizi pubblici e privati	Reti stradali		313	Marcite	321	Praterie naturali d'alta quota
12111	Insedimenti industriali, artigianali, commerciali	D4	Reti primarie: autostrade, strade statali/regionali, strade provinciali	412	Aree verdi incolte	322 - 324	Cespuglieti
12112	Insedimenti produttivi agricoli	D3	Reti secondarie: strade comunali	241	Pioppeti	332	Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione
12121	Insedimenti ospedalieri	Beni culturali vincolati		242	Altre legnose agrarie	333	Vegetazione rada
12123	Impianti tecnologici	Immobili e aree di notevole interesse pubblico		D4		411	Vegetazione delle aree umide interne e delle torbiere
1222	Reti ferroviarie e spazi accessori	Impianti allegato I del D.L. 59/2005		D4		3113	Formazioni ripariali
123	Aree portuali	Aree protette per estrazione acqua a uso idropotabile		D4		3222	Vegetazione dei greti
12125	Aree militari obliterate	Strutture ospedaliere		D4		3223	Vegetazione degli argini sopraelevati
124	Aeroporti ed eliporti	Scuole		D4		511	Alvei fluviali e corsi d'acqua artificiali
1421	Impianti sportivi	Dighe		D4		5121	Bacini idrici naturali
1423	Parchi divertimento	Depuratori		D3		5123	Bacini idrici da attività estrattive interessanti la falda
1422	Campeggi e strutture turistiche e ricettive	Inceneritori		D3		5122	Bacini idrici artificiali
						335	Ghiacciai e nevi perenni

Figura 2: classi di danno per il calcolo del rischio

La valutazione del rischio è fatta, per elementi puntuali, lineari e areali, combinando i valori di P e D secondo la seguente tabella (Figura 3):

RP

CLASSI DI RISCHIO		CLASSI DI PERICOLOSITA'		
		P3	P2	P1
CLASSI DI DANNO	D4	R4	R4	R2
	D3	R4	R3	R2
	D2	R3	R2	R1
	D1	R1	R1	R1

Figura 3: tabella per la quantificazione del rischio

Si riportano nell'immagine seguente (Figura 4) i valori di rischio alluvionale calcolati per la zona oggetto del presente studio:

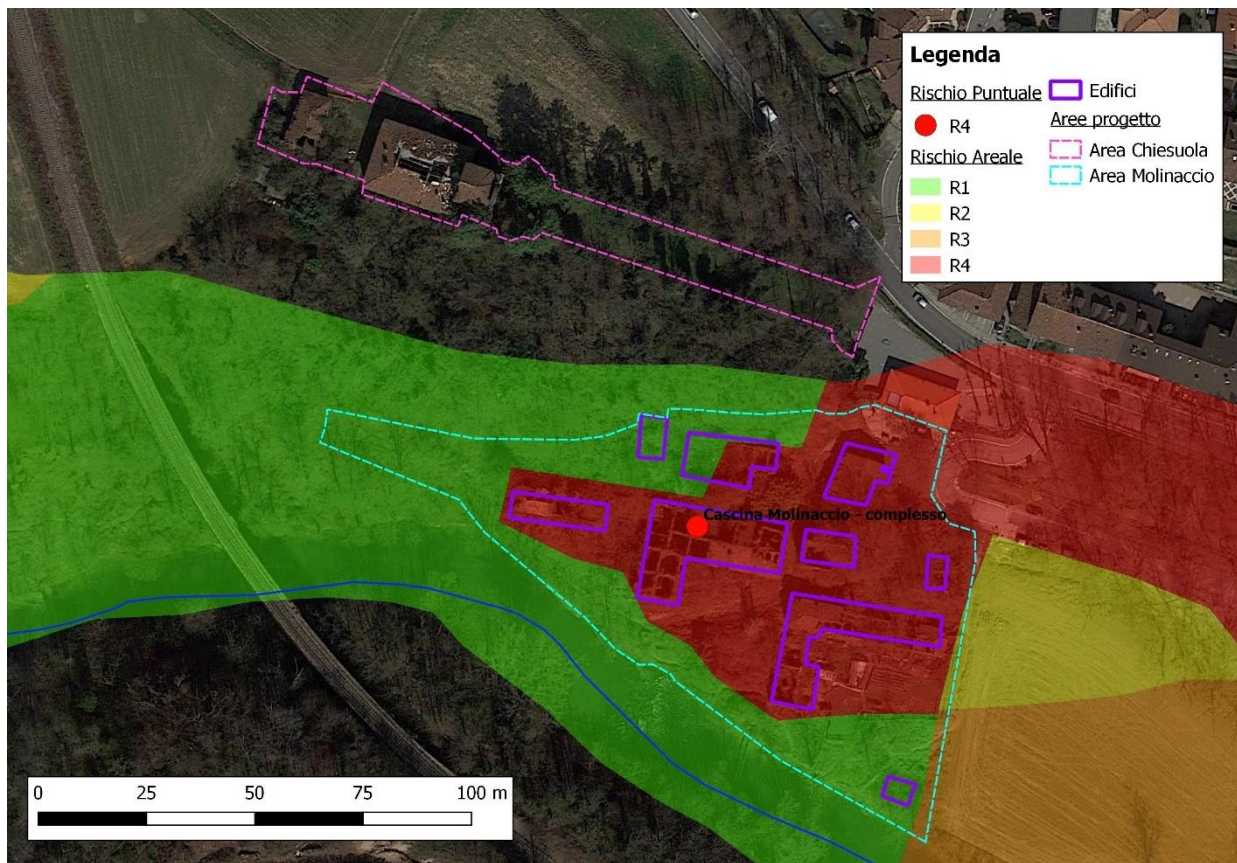


Figura 4: valori di rischio per l'area di interesse da PGRA

Anche in questo caso, è immediato notare la totale estraneità dell'area della chiesuola dalle zone di rischio, mentre l'area di Cascina Molinaccio è considerata nella classe di rischio maggiormente elevata (R4), risultando anche tra gli elementi di rischio puntuale, come complesso di cascine. La definizione del livello di rischio per l'area di interesse è di fondamentale importanza per la determinazione dei vincoli a cui essa è sottoposta, come verrà mostrato nel dettaglio nei paragrafi successivi.

1.2. Disposizioni regionali concernenti l'attuazione del PGRA nel settore urbanistico

Stabiliti i livelli di pericolosità e di rischio per le aree di interesse, è opportuno evidenziare gli aspetti salienti di questo documento, previsto dal Titolo V del PAI all'art. 59, approvate con D.g.r. 19.06.2017 - n. X/6738, e contenenti le linee guida per l'aggiornamento degli strumenti urbanistici comunali (basati sul quadro conoscitivo fornito dal PAI) e della relativa pianificazione di emergenza, a seguito del recepimento del PGRA.

In particolare il caso in esame è interessato dai contenuti del paragrafo 3.1.4., Disposizioni per i corsi d'acqua già interessati nella pianificazione di bacino vigente dalla delimitazione delle fasce fluviali, relativamente ai corsi d'acqua appartenenti al reticolo principale. Dal punto di vista normativo, si stabilisce che:

- nelle aree interessate da alluvioni frequenti (aree P3/H), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia A dalle norme di cui al "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del PAI;
- nelle aree interessate da alluvioni poco frequenti (aree P2/M), si applicano le limitazioni e prescrizioni previste per la Fascia B dalle norme del "Titolo II – Norme per le fasce fluviali", delle N.d.A. del PAI;

- *nelle aree interessate da alluvioni rare (aree P1/L), si applicano le disposizioni di cui all'art. 31 delle N.d.A. del PAI.*

Naturalmente, per il caso in esame si applicano i primi due punti. Inoltre, risulta di particolare rilevanza un ulteriore passaggio, contenuto all'interno del sottoparagrafo procedure di adeguamento degli strumenti urbanistici comunali, che stabilisce:

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) nelle more del completamento/aggiornamento della valutazione dettagliata delle condizioni di pericolosità e rischio locali di cui al punto 2 (che, per il Comune di Triuggio, non è ancora stato realizzato) e del suo recepimento nello strumento urbanistico comunale, è facoltà del Comune applicare, anche all'interno degli edificati esistenti, le norme riguardanti le aree P3/H e P2/M (fasce A e B) o richiedere che gli interventi edilizi siano supportati da uno studio di compatibilità idraulica che, partendo dalla valutazione delle condizioni di pericolosità e rischio già svolta (qualora presente) e recepita nel PGT, ne approfondisca gli esiti utilizzando 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).

Dal momento che l'intera area della Cascina Molinaccio risulta essere a rischio R4, si è realizzato il presente studio di compatibilità idraulica come analisi di dettaglio delle condizioni pericolosità e rischio della zona di interesse, in approfondimento a quanto contenuto nel PGT, come illustrato al paragrafo successivo. Lo studio è stato realizzato seguendo la procedura contenuta all'interno dell'allegato 4 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', [...]", illustrata in dettaglio nel capitolo 3.

La D.g.r. 2616/2011 stabilisce che le aree valutate a rischio R4 vengano riclassificate all'interno del PGT come aree a fattibilità geologica 4, ed elenca una serie di possibili accorgimenti da prendere in considerazione per la mitigazione del rischio, da indicare quali prescrizioni al fine di garantire la compatibilità degli interventi di trasformazione territoriale:

- a. *misure per evitare il danneggiamento dei beni e delle strutture:*
 - realizzare le superfici abitabili, le aree sede dei processi industriali, degli impianti tecnologici e degli eventuali depositi di materiali sopraelevate rispetto al livello della piena di riferimento;
 - *realizzare le aperture degli edifici situate al di sotto del livello di piena a tenuta stagna;*
 - *disporre gli ingressi in modo che non siano perpendicolari al flusso principale della corrente;*
 - *progettare la viabilità minore interna e la disposizione dei fabbricati così da limitare allineamenti di grande lunghezza nel senso dello scorrimento delle acque, che potrebbero indurre la creazione di canali di scorrimento a forte velocità;*
 - *progettare la disposizione dei fabbricati in modo da limitare la presenza di lunghe strutture trasversali alla corrente principale;*
 - favorire il deflusso/assorbimento delle acque di esondazione, evitando interventi che ne comportino l'accumulo.
- b. *misure atte a garantire la stabilità delle fondazioni:*

- opere drenanti per evitare le sottopressioni idrostatiche nei terreni di fondazione; qualora il calcolo idraulico non consenta di differenziare il valore della velocità nelle diverse porzioni della sezione, il grafico viene letto in funzione della velocità media nella sezione. Si intende che le condizioni idrauliche così definite si mantengano invariate su tutto il tronco a cavallo della sezione;
 - opere di difesa per evitare i fenomeni di erosione delle fondazioni superficiali;
 - fondazioni profonde per limitare i fenomeni di cedimento o di rigonfiamento di suoli coesivi.
- c. misure per facilitare l'evacuazione di persone e beni in caso di inondazione:
- uscite di sicurezza situate sopra il livello della piena di riferimento aventi dimensioni sufficienti per l'evacuazione di persone e beni verso l'esterno o verso i piani superiori;
 - vie di evacuazione situate sopra il livello della piena di riferimento.
- d. utilizzo di materiali e tecnologie costruttive che permettano alle strutture di resistere alle pressioni idrodinamiche;
- e. utilizzo di materiali per costruzione poco danneggiabili al contatto con l'acqua.

1.3. Piano di governo del territorio (PGT)

Il Piano di Governo del Territorio del Comune di Triuggio include pressoché l'intera area della Cascina Molinaccio all'interno della classe di fattibilità geologica 3b (escludendo l'alveo del canale derivatore che attraversa il complesso, ormai completamente dismesso), definita come "fattibilità con consistenti limitazioni in aree soggette ad esondazione del fiume Lambro", ai sensi del modello di classificazione contenuto all'interno della D.g.r. 2616/2011.

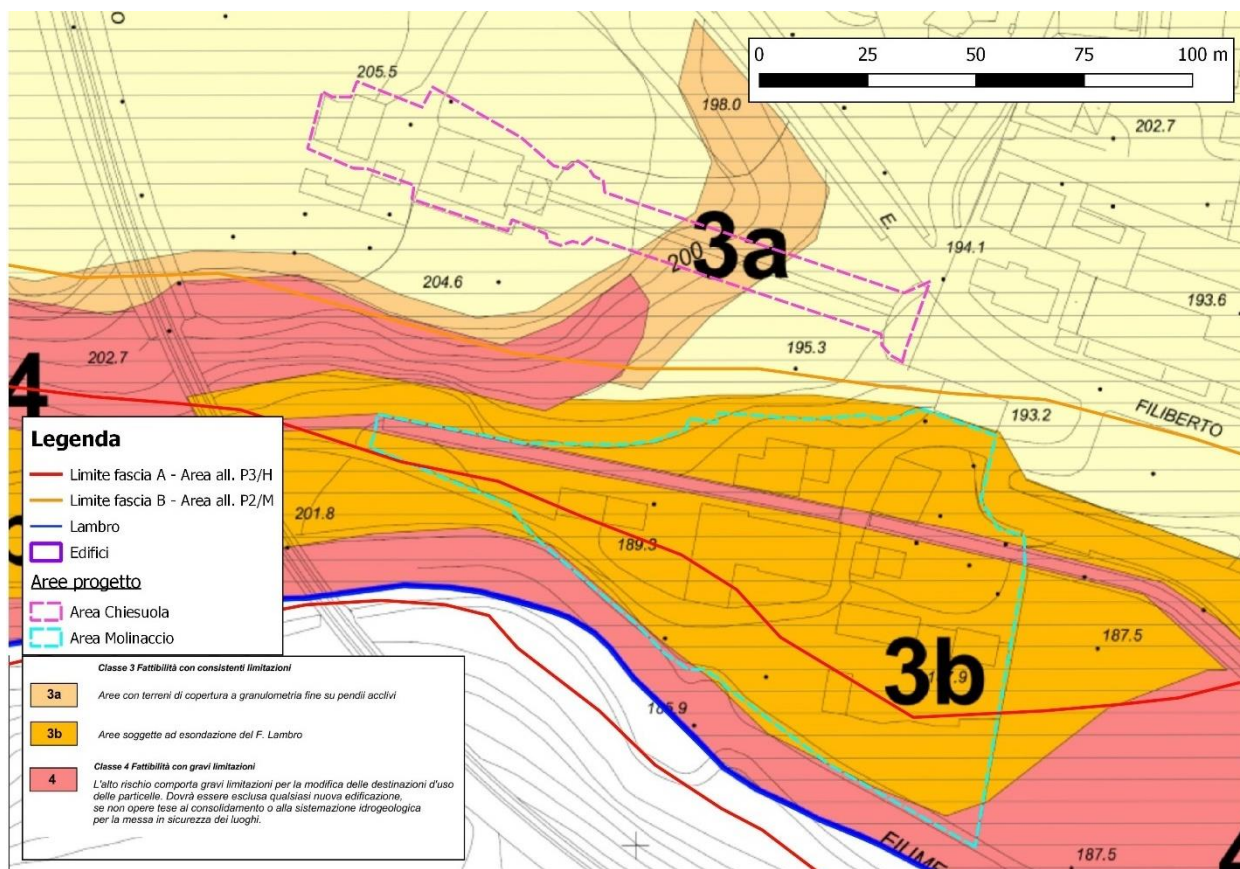


Figura 5: classi di fattibilità geologica per l'area di interesse

Dallo stralcio della carta di fattibilità geologica riportato in Figura 5, si nota come i confini delle classi di fattibilità non coincidano con i limiti delle fasce fluviali/aree di allagamento. Questo perché i primi derivano da un'analisi di dettaglio della pericolosità e dell'annesso rischio alluvionale, realizzato nel 2003 per il Piano Regolatore Generale (PGR, sostituito successivamente dal PGT) comunale. Il sopracitato *Studio idraulico per tracciamento fasce fluviali del f. Lambro e valutazioni condizioni di rischio ai sensi del D.g.r. n. 7/7365 – 11/12/2001 (Attuazione del PAI in campo urbanistico)*, realizzato dallo *Studio associato InGeo*, si basa su un modello idraulico monodimensionale in moto permanente dell'asta del fiume compresa all'interno del territorio comunale, realizzato secondo i dettami della *D.g.r. n. 7/7365* (di cui la *D.g.r. 2616/2011* ne è di fatto l'aggiornamento), utilizzando la portata di picco dell'evento duecentennale. Tale valore è stato tratto dalla relazione idraulica del *Progetto preliminare di sistemazione del F. Lambro a monte di Villasanta (A. Paoletti – 1998)*, e risulta pari a circa 155 m³/s lungo il tratto di interesse. Sulla base dei valori puntuali di tiranti e velocità della corrente così ottenute, è stata realizzata una mappatura del rischio per le aree esondabili adottando la classificazione contenuta all'interno dell'articolo 7 delle Norme di Attuazione del PAI, riportata in legenda all'interno della Figura 6, dove si può osservare la situazione in termini di rischio idraulico per l'area di Cascina Molinaccio. È immediato notare come la trasposizione delle classi di rischio per esondazione nelle rispettive classi di fattibilità geologica sia avvenuta secondo i seguenti criteri:

- Rischio R4 -> fattibilità geologica 4;
- Rischio R2/R3 -> fattibilità geologica 3b;

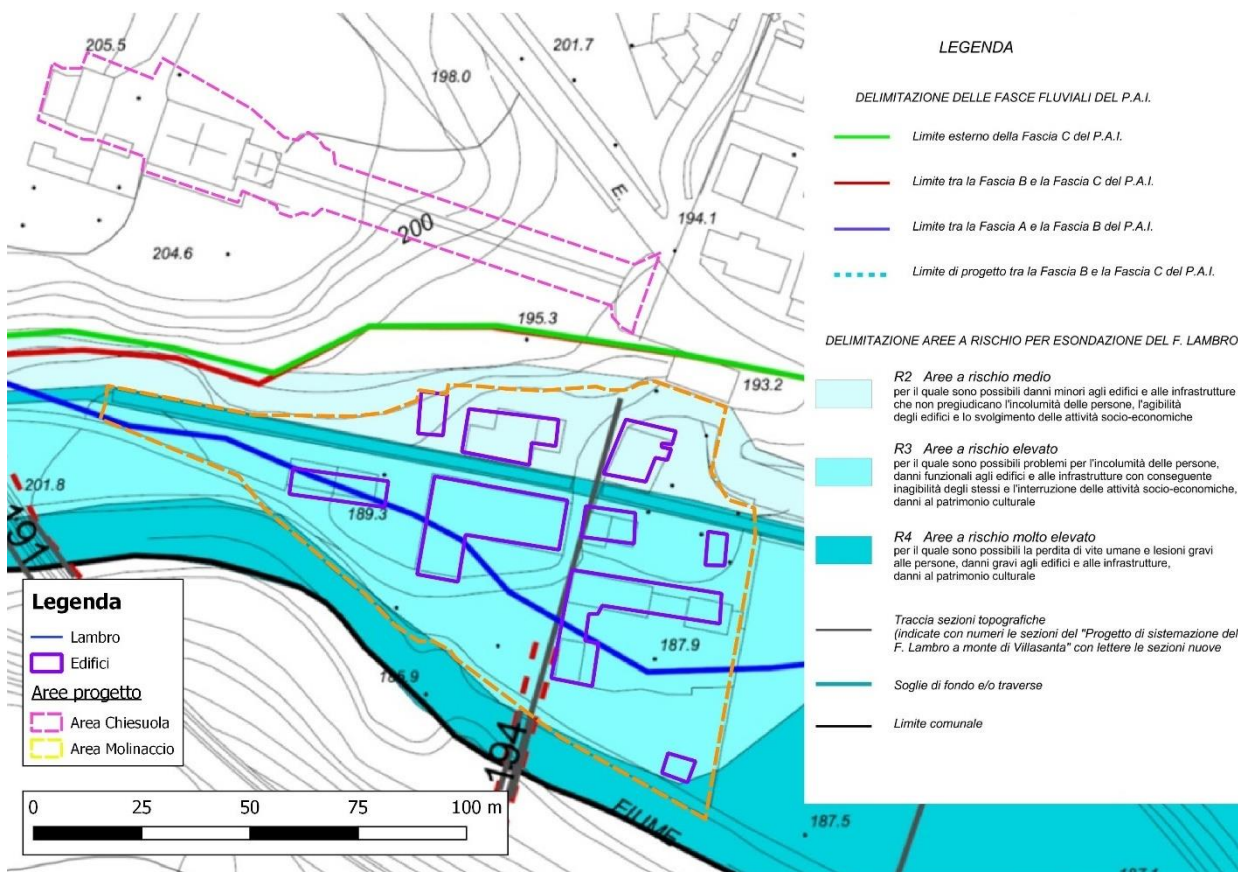


Figura 6: rischio di esondazione contenuto nell'analisi dello studio InGeo per l'area di interesse

Si riporta inoltre lo stralcio di relazione contenente la quantificazione – per classi di rischio – dei tiranti e delle velocità della corrente per l'area di Cascina Molinaccio:

Per quanto concerne la zonazione del rischio idraulico sono state delimitate in classe R4 le zone nelle quali la modellazione idraulica individua livelli idrici potenziali superiore a 0.9 cm, settore che corrisponde alla zona compresa entro la Fascia A. In tutto il settore ricompreso in classe R4 la velocità della corrente in caso della piena di riferimento può raggiungere il valore di 1 m/s mentre i tiranti idrici restano sempre elevati, in più punti superiori al metro. Viene inoltre ricompreso in classe di rischio R4 il tratto del canale artificiale che scorre presso C.na Molinaccio. In tali ambiti si configura una situazione di rischio effettivo per l'incolumità delle persone. Sono attribuite in classe R3 quasi tutte le porzioni di area golenale che risultano inondabili dalla piena di riferimento in considerazione dei significativi livelli idrici che possono verificarsi; pur non riscontrandosi valori elevati della velocità della corrente i tiranti idrici risultano quasi ovunque compresi tra 0.4 e 0.8 m sono quindi possibili problemi per l'incolumità delle persone danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture. Nello specifico risulta compreso in classe R3 tutto il comprensorio di C.na Molinaccio. Restano delimitati in classe R2 i restanti settori compresi sino al limite esterno della Fascia C che possono essere raggiunti da flussi idrici con tiranti e velocità ridotti e tali comunque da non pregiudicare l'incolumità pubblica, l'agibilità degli edifici e lo svolgersi delle attività socio-economiche.

Stabilita dunque la classe di fattibilità geologica per l'area di Cascina Molinaccio, si passano ora in rassegna le relative prescrizioni normative contenute all'interno del Piano delle Regole (art.65), per quanto riguarda i vincoli associati agli aspetti idraulici:

- classe di fattibilità 3:
 - **nuove edificazioni:** pur valendo le regolamentazioni contenute nell'art. 29,30,31,39 delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. per quanto compete gli strumenti di pianificazione territoriale, l'utilizzazione di tali aree sarà subordinata alla definizione di prescrizioni puntuali relative ad eventuali interventi urbanistici in base alle quali potranno essere stabilite le idonee destinazioni d'uso, le volumetrie ammissibili, le tipologie costruttive più opportune.
 - **ampliamento edifici esistenti:** sono comunque ammessi senza integrazioni di tipo geologico interventi che comportano ampliamento di superfici non residenziali, produttive o ricettive, sia mediante sopraelevazioni che mediante realizzazione di nuovi corpi edilizi. Per ampliamenti di superfici residenziali, produttive o ricettive, valgono le prescrizioni indicate per le nuove edificazioni.
 - **recupero del patrimonio edilizio esistente:** sono ammessi senza integrazioni di tipo geologico gli interventi di cui alle lettere a), b), c), dell'art. 31 della L 457/78. Per gli interventi di cui alle lettere d), e) dell'art. 31 della L 457/78* e comunque per interventi che comportano cambiamenti di destinazioni d'uso con ampliamenti di superfici residenziali, produttive o ricettive valgono, per ogni sottoclasse, le prescrizioni indicate per le nuove edificazioni.
 - **opere varie:** per la realizzazione delle opere di vario tipo quali opere di interesse pubblico, strade, opere di urbanizzazione e reti tecnologiche, opere di sistemazione idrogeologica dei versanti e dei corsi d'acqua che comportino sensibili modifiche all'assetto idrogeologico dei luoghi valgono le prescrizioni indicate per le nuove edificazioni.
- classe di fattibilità 4:
 - **nuove edificazioni.** l'alto rischio presente comporta gravi limitazioni alla modifica delle destinazioni d'uso del territorio. Sono consentite solo opere tese al consolidamento o alla sistemazione idrogeologica per la messa in sicurezza dei luoghi, quali interventi atti a contenere il rischio di erosione ed instabilità dei versanti, opere idrauliche di regimazione o riprofilatura degli alvei per limitare gli effetti dell'azione erosiva esercitata dalle acque

incanalate e il verificarsi di esondazioni. Sono quindi vietate le realizzazioni di nuove costruzioni di qualsiasi tipo.

- **infrastrutture pubbliche:** *la realizzazione di infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico è consentita, previa verifica di compatibilità degli interventi previsti con la situazione di pericolosità esistente, solo qualora questi non siano altrimenti localizzabili.*
- **ampliamento edifici esistenti:** *non è ammesso alcun ampliamento di edifici esistenti.*
- **recupero del patrimonio edilizio esistente:** *sono ammessi gli interventi di cui alle lettere a), b), c), dell'art. 31 della L 457/78*.*
- **opere varie:** *la realizzazione di eventuali opere di interesse pubblico, dovrà essere valutata puntualmente e corredata da apposita Relazione Geologica e Geotecnica che attesti la compatibilità degli interventi previsti con la situazione di grave rischio idrogeologico caratterizzante l'area in oggetto. Dovranno quindi essere fornite tutte le prescrizioni relative alle modalità esecutive degli interventi stessi necessarie per garantire la sicurezza degli operatori e dell'opera nel tempo di vita previsto.*

* Articolo 31, c.1, L. 457/78, 1. Gli interventi di recupero del patrimonio edilizio esistente sono così definiti:

- a) interventi di manutenzione ordinaria, quelli che riguardano le opere di riparazione, rinnovamento e sostituzione delle finiture degli edifici e quelle necessarie ad integrare o mantenere in efficienza gli impianti tecnologici esistenti;
- b) interventi di manutenzione straordinaria, le opere e le modifiche necessarie per rinnovare e sostituire parti anche strutturali degli edifici, nonché per realizzare ed integrare i servizi igienico-sanitari e tecnologici, sempre che non alterino i volumi e le superfici delle singole unità immobiliari e non comportino modifiche delle destinazioni di uso;
- c) interventi di restauro e di risanamento conservativo, quelli rivolti a conservare l'organismo edilizio e ad assicurarne la funzionalità mediante un insieme sistematico di opere che, nel rispetto degli elementi tipologici, formali e strutturali dell'organismo stesso, ne consentano destinazioni d'uso con essi compatibili. Tali interventi comprendono il consolidamento, il ripristino e il rinnovo degli elementi costitutivi dell'edificio, l'inserimento degli elementi accessori e degli impianti richiesti dalle esigenze dell'uso, l'eliminazione degli elementi estranei all'organismo edilizio;

In sintesi, per quanto riguarda la normativa comunale in termini di pianificazione urbanistica, si può dire che, sia per le nuove costruzioni che per il restauro/ripristino di quelle esistenti:

- rimangono valide le prescrizioni delle norme di attuazione del PAI, come specificato anche all'interno del PGRA;
- in aggiunta ad esse, il Comune può riservarsi di inserire ulteriori prescrizioni da osservare in merito a specifiche situazioni locali.

È tuttavia di primaria importanza osservare come la categoria di rischio valutata dal PGRA (R4) e all'interno del PGT (R3) sia differente. Ciò è dovuto al fatto che il Comune di Triuggio non ha ancora effettuato l'aggiornamento della componente geologica del PGT a seguito dell'approvazione del PGRA, ai sensi della D.g.r. 6738/2017. Alla base della differente valutazione c'è una diversa interpretazione del parametro di danno (il parametro di pericolosità, infatti, rimane sostanzialmente invariato nelle varie analisi, come si mostrerà in dettaglio nel capitolo 3):

- da un lato, l'analisi di rischio alluvionale contenuta nel PGT, deriva dallo studio idraulico dello Studio associato InGeo, il quale è di molto antecedente al PGRA (2003) e attua la classificazione contenuta all'interno dell'art. 7 delle N.d.A del PAI (vedere Figura 6), basata su una suddivisione del danno (e dunque del rischio) per classi di vulnerabilità, intesa come gravità delle conseguenze sulle strutture/persone, indipendentemente dal valore economico delle stesse;
- d'altra parte, la procedura del PGRA (e della D.g.r. 2616/2011), ipotizza una vulnerabilità pari a 1 per

ciascun elemento presente nell'area alluvionabile, di fatto azzerando l'importanza del parametro, e suddivide il danno sulla base della tipologia di strutture presenti e della loro destinazione d'uso, spostando il peso della classificazione sul valore economico degli elementi esposti.

1.4. Piano di assetto idrogeologico (PAI)

La disamina degli aspetti normativi contenuti all'interno del PAI viene inserita come ultima parte del relativo capitolo in quanto, come emerso dai paragrafi precedenti, i successivi strumenti di legislazione in materia di vincoli idrologico-idraulici connessi alla pianificazione urbanistica prendono ancora le norme di attuazione del PAI come testo di riferimento.

Nel caso specifico affrontato all'interno del presente di studio, ossia la verifica di compatibilità idraulica del complesso di Cascina Molinaccio, la totalità delle aree analizzate risulta ricadere all'interno delle fasce fluviali A o B (o delle corrispondenti aree di allagamento H o M). Si riportano di seguito gli stralci degli articoli delle NdA riguardanti la pianificazione e la progettazione di interventi strutturali e infrastrutturali all'interno di tali zone, per le parti che possono avere rilevanza nel caso in esame:

- fascia A:
 - *art. 29, c. 2, lett. a). Nella Fascia A sono vietate le attività di trasformazione dello stato dei luoghi, che modifichino l'assetto morfologico, idraulico, infrastrutturale, edilizio, fatte salve le prescrizioni dei successivi articoli (nessuna delle quali di interesse pratico nell'ambito in questione);*
 - *art. 39, c. 3. Nei territori della Fascia A, sono esclusivamente consentite le opere relative a interventi di demolizione senza ricostruzione, manutenzione ordinaria e straordinaria, restauro, risanamento conservativo, come definiti all'art. 31, lett. a), b), c) della L. 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superficie o volume, senza cambiamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico insediativo e con interventi volti a mitigare la vulnerabilità dell'edificio;*
- fascia B:
 - *art. 29, c. 2, lett. a). Nella Fascia B sono vietati gli interventi che comportino una riduzione apprezzabile o una parzializzazione della capacità di invaso, salvo che questi interventi prevedano un pari aumento delle capacità di invaso in area idraulicamente equivalente;*
 - *art. 29, c. 3. Sono per contro consentiti:*
 - *lett. a): gli interventi di sistemazioni idraulica quali argini o casse di espansione e ogni altra misura idraulica atta ad incidere sulle dinamiche fluviali, solo se compatibili con l'assetto di progetto dell'alveo derivante dalla delimitazione della fascia;*
 - *lett. c): la realizzazione di complessi ricettivi all'aperto, previo studio di compatibilità idraulica dell'intervento con lo stato di dissesto esistente;*
 - *art. 29, c. 4. Gli interventi consentiti debbono assicurare il mantenimento o il miglioramento delle condizioni di drenaggio superficiale dell'area, l'assenza di interferenze negative con il regime delle falde freatiche presenti e con la sicurezza delle opere di difesa presenti;*
 - *art. 39, c.4. Nei territori della Fascia B, sono inoltre esclusivamente consentite:*
 - *lett. a): opere di nuova edificazione, di ampliamento e di ristrutturazione edilizia, comportanti anche aumento di superficie o volume, interessanti edifici per attività agricole e residenze rurali connesse alla conduzione aziendale, purché le superfici*

abitabili siano realizzate a quote compatibili con la piena di riferimento, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

- lett. b): interventi di ristrutturazione edilizia, comportanti anche sopraelevazione degli edifici con aumento di superficie o volume, non superiori a quelli potenzialmente allagabili, con contestuale dismissione d'uso di queste ultime e a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione apprezzabile della capacità di invaso delle aree stesse, previa rinuncia da parte del soggetto interessato al risarcimento in caso di danno o in presenza di copertura assicurativa;

Dall'analisi degli articoli sopra riportati emerge un indirizzo legislativo coerente con le norme adottate all'interno del PGT per le classi di fattibilità geologica 3 e 4.

Relativamente alla fascia A, è vietato qualsiasi tipo di intervento che non sia il ripristino/restauro/consolidamento di edifici esistenti, senza variazione di superficie o volume e che non preveda trasformazioni dello stato dei luoghi e/o aumento del carico insediativo.

All'interno della fascia B, invece, è possibile, fatte salve eventuali ulteriori prescrizioni imposte dal Comune, realizzare interventi di natura edilizia (nuove costruzioni – connesse ad attività agricole – o ampliamento di quelle esistenti) o di difesa idraulica del territorio, purchè essi non vadano a peggiorare le condizioni di rischio di alluvionamento per l'area di interesse, rispettando quelli che la L.R. 4/2016 ha definito come i principi di invarianza idrologica e idraulica, ovvero l'invarianza delle portate e dei volumi di deflusso per una determinata sezione dell'alveo prima e dopo la realizzazione di un qualsivolga intervento su di essa.

2. Analisi di compatibilità idraulica

L'analisi di compatibilità idraulica, illustrata nei successivi paragrafi, è stata realizzata sviluppando un modello idraulico monodimensionale, in moto vario, rappresentativo del tratto di interesse attraverso l'uso del software di calcolo HEC-RAS, secondo la procedura indicata all'interno dell'allegato 4 della D.g.r. 2616/2011.

Dal punto di vista morfologico, il modello è stato sviluppato sulla base di Digital Terrain Model (DTM) ottenuto per elaborazione di rilievo LIDAR (Prodotti Lidar Regione Lombardia, Griglia 1x1, accuratezza 15 verticale 15 cm, Figura 7), in modo da poter utilizzare un numero di sezioni reali (non interpolate) molto maggiore rispetto a quelle presenti per l'area di interesse all'interno del modello idraulico realizzato dallo studio InGeo contenuto all'interno del PGT, avendo la necessità di modellare con maggiore dettaglio un tratto dell'asta molto più ridotto. Per i valori di portata invece si è fatto riferimento ai valori attualmente vigenti e indicati dal PAI nella "Variante al Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Fasce fluviali del fiume Lambro nel tratto dal Lago di Pusiano alla confluenza con il deviatore Redefossi", predisposta dall'Autorità di Bacino del Fiume Po.

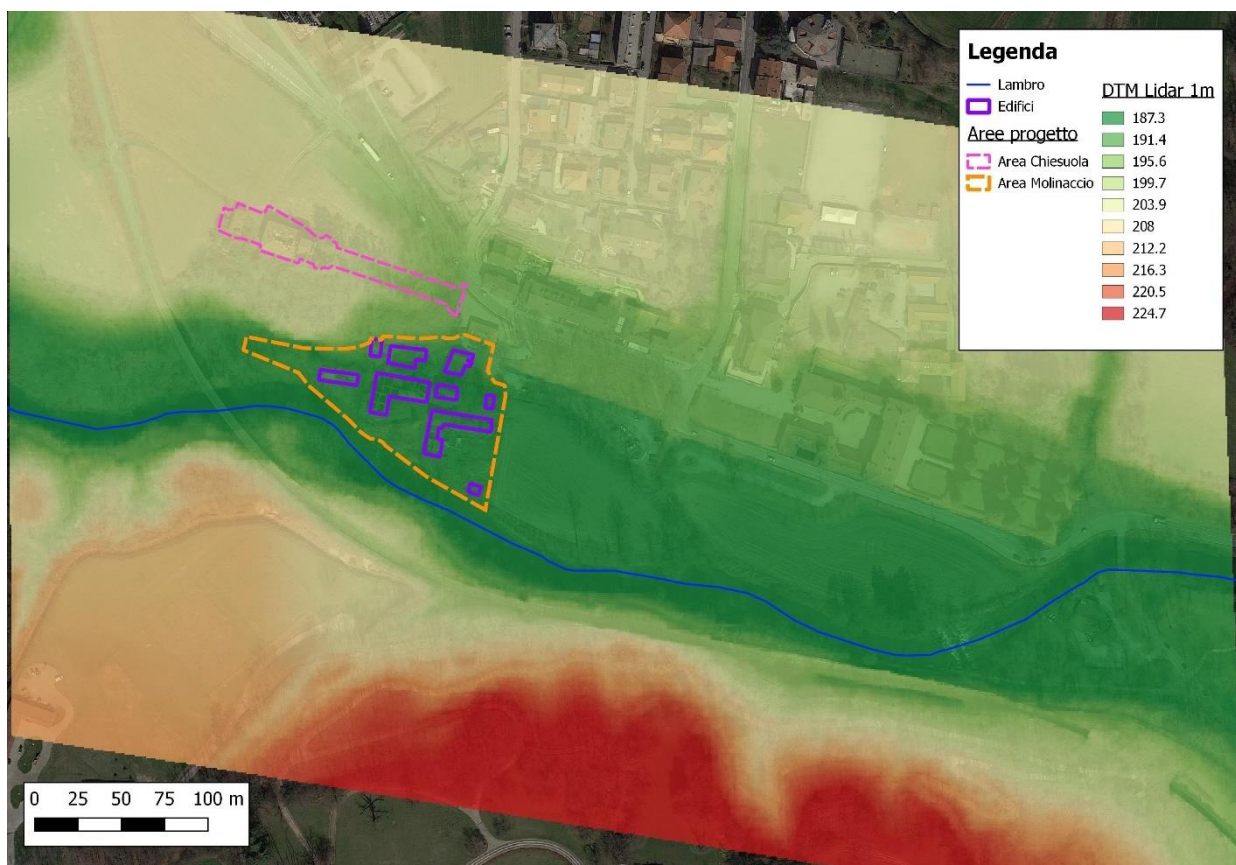


Figura 7: Digital Terrain Model (DTM) del tratto di fiume Lambro analizzato nel modello idraulico

2.1. Inquadramento generale

L'ambito di insediamento di Cascina Molinaccio è caratterizzato da un'ampia area golenale, in sponda sinistra del Lambro, che si sviluppa lungo un tratto che va dal ponte della ferrovia della linea Milano – Lecco (via Molteno, Figura 8) sino al ponte stradale di via Lambro all'intersezione con la S.P. 135 al confine con il comune di Macherio. Il complesso di sette edifici di C.na Molinaccio (Figura 9) sorge a tergo di una vecchia roggia derivatrice (Figura 10) che attingeva le acque del Lambro in corrispondenza della traversa situata poco a monte del ponte ferroviario e che serviva al funzionamento di un mulino, oggi assente. Il canale, ormai

quasi completamente interrato nella sua parte iniziale, confluisce poi nuovamente nel Lambro tagliando la piana a valle di C.na Molinaccio.



Figura 8: ponte della ferrovia della linea Milano - Lecco, vista da monte



Figura 9: Cascina Molinaccio, vista da monte



Figura 10: canale derivatore a tergo di Cascina Molinaccio, vista da valle

2.2. Modellazione numerica idraulica: descrizione del codice di calcolo

Le necessarie verifiche idrauliche sono state condotte grazie alla predisposizione di un modello numerico idraulico in moto vario. L’allestimento del modello è avvenuto mediante l’utilizzo del codice di calcolo HEC-RAS River Analysis System, sviluppato dall’U.S. Army Corps of Engineering – Hydrologic Engineering Center.

HEC-RAS consente il calcolo idraulico monodimensionale di canali naturali e artificiali, sia in condizioni di moto permanente che di moto vario. Possono essere modellati sia canali singoli che reti di canali naturali o artificiali, chiusi o aperti, con l’integrazione di profili di corrente lenta, veloce o di tipo “misto”.

Un evento di piena è idraulicamente descritto dalle equazioni del moto vario per correnti a pelo libero. Esse costituiscono un sistema di equazioni differenziali alle derivate parziali del primo ordine, non lineare e non integrabile analiticamente, dette equazioni di De Saint Venant.

Si assume di studiare il moto dal punto di vista monodimensionale, pertanto l’unica variabile spaziale presente è l’ascissa curvilinea. Le variabili che compaiono nelle equazioni sono funzioni dello spazio e del tempo e sono caratterizzate dal fatto che le derivate parziali spaziali e temporali sono diverse da zero: si consideri ad esempio il vettore di velocità $v = v(x,t)$, per quanto detto, segue:

$$\frac{\partial v}{\partial t} \neq 0 \text{ e } \frac{\partial v}{\partial x} \neq 0$$

in ogni istante e in ogni punto del dominio.

Le due equazioni di D.S.V. elencate di seguito sono valide assumendo le seguenti ipotesi:

- corrente gradualmente variata: le linee di flusso si mantengono parallele e sensibilmente orizzontali.

Da questa ipotesi segue che:

- le sezioni fluviali possono essere ritenute piane
- la distribuzione delle pressioni è di tipo idrostatico, per cui vale la:

$$z + \frac{p}{\gamma} = cost$$

- sezioni trasversali verticali: causa la ridotta pendenza dell'alveo si può assumere che l'affondamento del fondo alveo (misurato sulla verticale) coincida con l'altezza del pelo libero (misurata sulla normale al fondo).
- densità del fluido costante, cioè il fluido è incomprimibile.

Equazione di continuità

Rappresenta il principio di conservazione della massa secondo il quale, per un volume di controllo W, la differenza tra la portata in ingresso al volume e la portata in uscita è pari alla variazione di volume all'interno del volume di controllo sommata agli apporti laterali:

$$Q_i - Q_u = \frac{\partial W}{\partial t} + Q_l$$

Equazione di bilancio della quantità di moto (equazione del moto)

$$\frac{\partial(sQ)}{\partial t} + \frac{\partial \left[\beta \left(\frac{Q^2}{A} \right) \right]}{\partial x} + gA \left(\frac{\partial h}{\partial x} + S_f + S_e + S_i \right) + L' = 0$$

dove:

- Q = portata (m³/s);
- h = livello idrico (m);
- x = distanza longitudinale misurata lungo il corso d'acqua (m);
- t = tempo (s);
- s = fattore di sinuosità funzione delle caratteristiche morfologiche dell'alveo ai diversi livelli idrici;
- A = sezione attiva di deflusso (m²);
- q = portata specifica in ingresso o uscita (m³/s m);
- β = coefficiente di distribuzione delle velocità;
- S_f = pendenza della linea dei carichi totali, valutata con l'equazione di Manning di moto uniforme stazionario:

$$Q = \frac{1}{n} AR^{2/3} S_f^{1/2}$$

- S_e = pendenza della linea dei carichi per variazioni di forma della sezione (resistenze localizzate);
- S_i = pendenza della linea dei carichi conseguente a dissipazioni interne di tipo viscoso per fluidi di tipo non newtoniano;

- L' = quantità di moto effetto di una corrente laterale entrante o uscente perpendicolarmente alla direzione della corrente principale.

Il sistema costituito dalle precedenti equazioni non è integrabile analiticamente, pertanto la risoluzione avviene per via numerica come descritto di seguito.

Metodo risolutivo numerico alle differenze finite

Il metodo può essere utilizzato per la risoluzione del sistema di equazioni di D.S.V. ed è lo stesso utilizzato da HEC – RAS. La procedura di calcolo utilizzata per la risoluzione delle equazioni si basa su uno schema implicito alle differenze finite, applicato a celle di calcolo a quattro nodi. In questo schema le derivate spaziali e i valori delle funzioni sono calcolati in un punto interno alla cella, di coordinate $[0,5; (n + \theta)]$. Il sistema di equazioni viene così trasformato, per ogni tronco di corso d’acqua, in una successione di equazioni algebriche calcolate all’interno di ogni cella. Si perviene così a una soluzione simultanea su tutto il tronco, in cui l’intervallo temporale di calcolo può essere maggiore rispetto a un analogo schema di tipo esplicito. Le analisi di stabilità di Von Neumann mostrano che lo schema implicito è incondizionatamente stabile (teoricamente) per $0,5 < \theta < 1$ e condizionatamente stabile per $\theta = 0,5$.

Se lo schema risolutivo implicito alle differenze finite viene applicato direttamente si ottiene un sistema algebrico non lineare che può essere risolto con il metodo iterativo di Newton – Raphson. Tuttavia questo metodo presenta problemi di convergenza della soluzione in casi di discontinuità della geometria. Per evitare di risolvere il sistema non lineare, Preissman a Chen (1973) hanno sviluppato una tecnica di linearizzazione delle equazioni, che è applicata anche all’interno del software HEC–RAS.

La prima fase necessaria all’implementazione del modello consiste nel creare la geometria del sistema, ossia nel rappresentare l’alveo da analizzare, tracciando il sistema dei corsi d’acqua e le loro connessioni, secondo la direzione di scorrimento dell’acqua. Successivamente si provvede ad inserire le sezioni trasversali estratte dalle basi topografiche disponibili, definendo le quote e le distanze progressive dal punto di origine di ciascuna sezione, convenzionalmente individuato in sponda sinistra, e ad indicare le distanze reciproche procedendo in senso contrario a quello dello scorrimento dell’acqua. Per ogni sezione si identificano, mediante l’inserimento della distanza progressiva specifica, l’alveo e le zone golenali. L’operazione prosegue con l’inserimento dei dati di scabrezza dell’alveo e delle sponde, secondo il coefficiente n di Manning. Il programma, al termine dell’inserimento delle informazioni geometriche, restituisce il grafico delle sezioni e il profilo altimetrico dell’alveo. All’interno della geometria che schematizza il sistema si inseriscono inoltre le strutture presenti lungo il corso d’acqua, come ponti o soglie.

Il calcolo del livello del pelo libero si basa sulla risoluzione dell’equazione monodimensionale dell’energia, valuta le perdite di carico mediante l’equazione di Manning e tiene conto di perdite localizzate a mezzo di opportuni coefficienti moltiplicativi del carico cinetico. L’equazione del momento è utilizzata ogni volta in cui il profilo del moto subisce brusche variazioni, ad esempio in corrispondenza di ponti, confluenze o risalti idraulici.

Il calcolo dei profili idraulici è avvenuto in “moto vario” e si basa sulle leggi fisiche che governano il flusso in un corso d’acqua, ossia il “principio di conservazione della massa” e quello di “conservazione del momento”; tali leggi sono matematicamente espresse secondo equazioni differenziali come precedentemente descritto.

2.3. Geometria del modello

La geometria del fiume Lambro è stata definita per mezzo di 28 sezioni estrapolate dall'elaborazione del DTM (Figura 11). Sono state introdotte ulteriori sezioni interpolate da quelle esistenti, per la caratterizzazione delle opere strutturali e per favorire la stabilità del processo computazionale. Complessivamente il tratto d'interesse del fiume Lambro si estende dalla traversa situata poco a monte dell'attraversamento ferroviario della linea Milano-Lecco (via Molteno) tra i comuni di Triuggio e Sovico sino alla traversa posta a monte del ponte ciclopedonale che unisce i Comuni di Macherio e Lesmo, per uno sviluppo complessivo di oltre 1 km. Sebbene l'area di C.na Molinaccio si sviluppi per un tratto notevolmente inferiore rispetto all'area indagata nel modello, la scelta di estendere l'asta di indagine per qualche centinaio di metri a valle è stata effettuata affinché la condizione al contorno di valle non influenzi in alcun modo il profilo di moto vario instauratosi lungo il tratto di interesse (Sezioni 20, 19, 18, 17 e 16).

Per una maggiore coerenza con i dati ufficiali e considerata, in questa prima fase, la mancanza di un rilievo di dettaglio del tratto indagato, come sezione rappresentativa dell'attraversamento stradale di via Lambro è stata considerata la sezione dello *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona* del 2003, dell'Autorità di Bacino del Po.

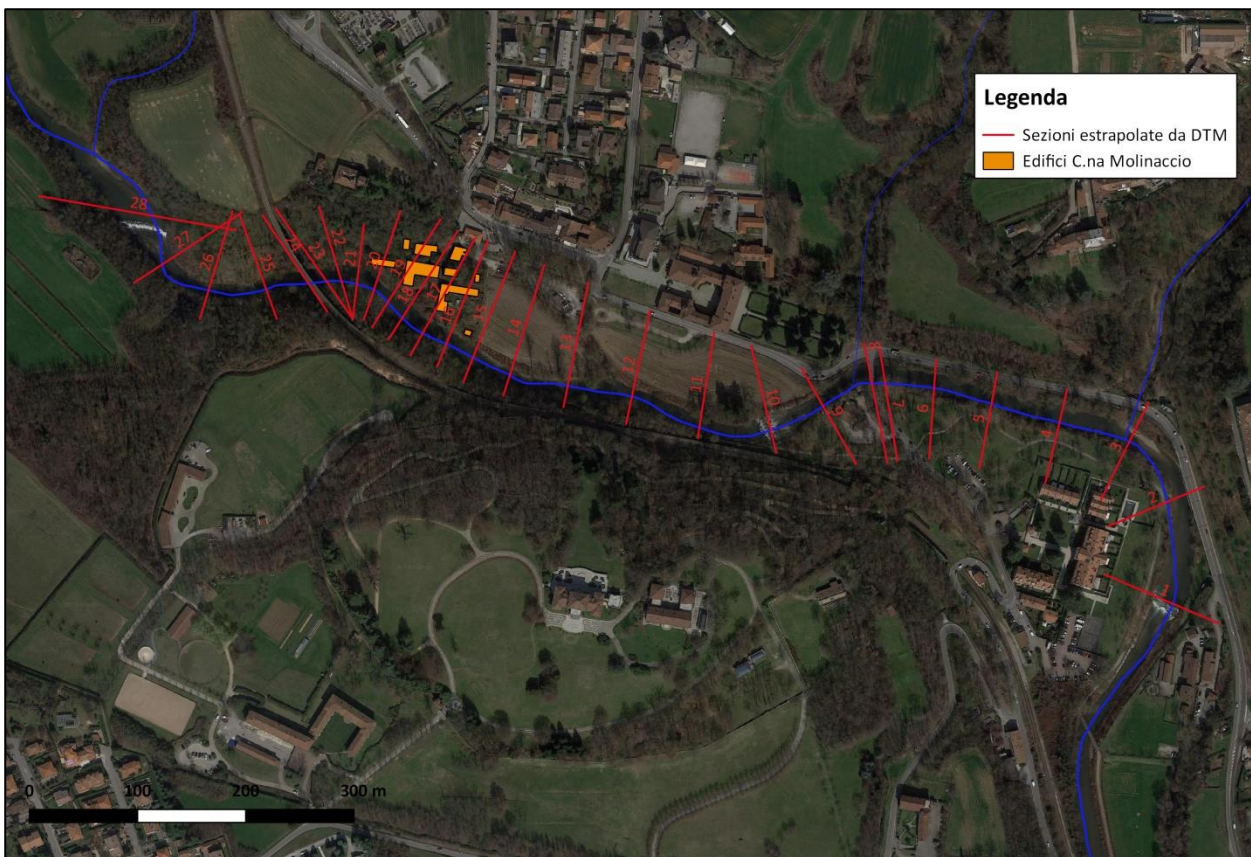


Figura 11: Sezioni estrapolate da DTM

Nel modello idraulico (Figura 12) sono stati considerati due attraversamenti esistenti (il ponte ferroviario e il ponte di via Lambro).

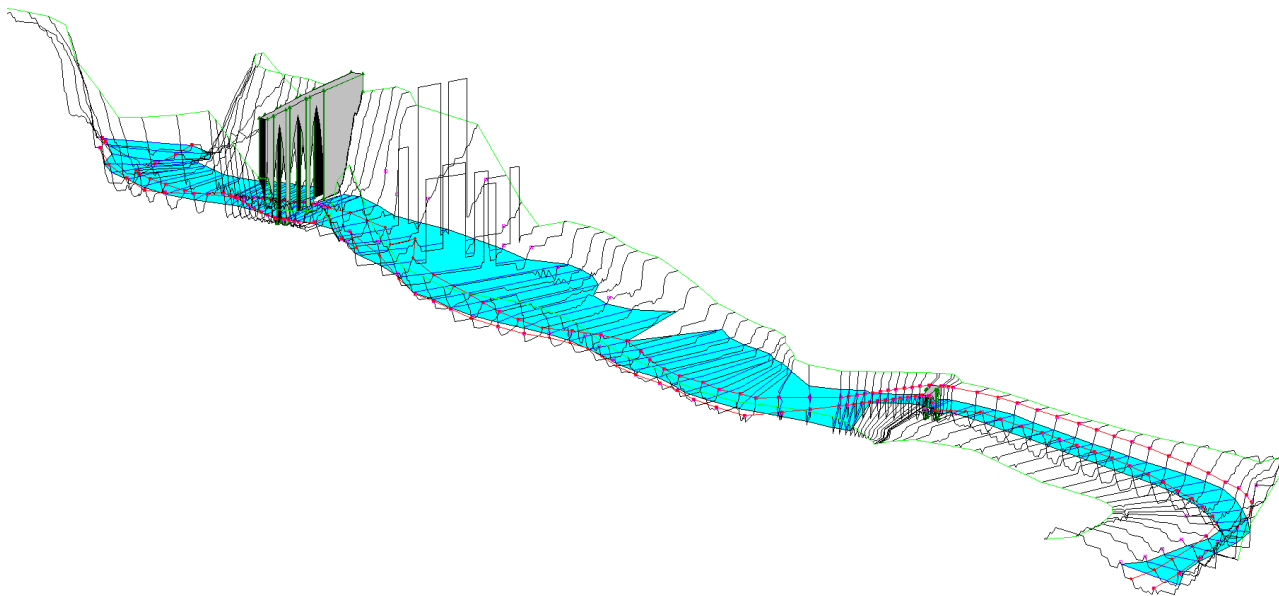


Figura 12: Modello HEC-RAS

La definizione delle condizioni di resistenza al moto in alveo ed in golenia è avvenuta introducendo dei coefficienti di scabrezza, caratterizzati da adeguati valori del parametro n di Manning, espresso in $s/m^{1/3}$. In generale, tale coefficiente dipende dalla granulometria del materiale presente in alveo, dalla regolarità delle sezioni, dall'andamento planimetrico del corso d'acqua, dalle caratteristiche idrauliche delle sponde e dalla possibilità che il materiale di fondo subisca fenomeni di trasporto. Esistono alcune formulazioni che consentono di determinare il coefficiente di scabrezza, note le caratteristiche medie del materiale presente in alveo, facendo ricorso a espressioni logaritmiche derivate dalla teoria della turbolenza. Per il corso d'acqua il valore caratteristico della scabrezza in alveo e nelle aree golenali (Figura 13) è stato definito attraverso l'analisi dei valori consigliati in letteratura (cfr. "Criteri per la valutazione della compatibilità idraulica delle infrastrutture pubbliche e di interesse pubblico all'interno delle fasce A e B", allegata alla deliberazione n. 2/99 in data 11 maggio 1999 dell'A.d.B.Po) e dall'osservazione operata in sito.

Coefficients di Manning	
Caratterizzazione	$n [s/m^{1/3}]$
Alveo:	var 0.03 - 0.035
<i>Aree Golenali:</i>	
coltivate/ a prato	0.03
area boscata/vegetazione arbustiva spontanea	0.05

Figura 13: coefficienti di Manning

2.4. Idraulica del modello

Le portate di verifica, corrispondenti ad un tempo di ritorno di 200 anni, fanno riferimento ai valori di portata indicati dall'AdBPo nello *Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona* del 2003. Nello Studio sopracitato venivano analizzate e modellate le portate transittanti lungo il Fiume Lambro nella condizione "Stato di fatto" risalente

ai primi anni dello scorso decennio e nella condizione "Assetto di Progetto" che considerava la realizzazione di alcune opere di laminazione lungo il bacino del Lambro atte a ridurre il picco di piena. In particolare, la configurazione progettuale di allora prevedeva la realizzazione delle seguenti opere:

- regolazione del lago di Pusiano, mediante il recupero del nodo idraulico "Cavo Diotti";
- realizzazione di casse di espansione sugli affluenti di sinistra:
 - o a Merone sulla Bevera di Molteno;
 - a Molteno sul Gandaloglio;
 - a Briosco sulla Bevera di Renate;
- regolazione dell'area di allagamento di Inverigo;

La condizione attuale in cui si presenta il bacino sublacuale del Lambro, considerate le opere idrauliche realizzate nell'ultimo decennio (opera di regolazione del Lago di Pusiano e area di laminazione di Inverigo), è sicuramente più prossima alla configurazione progettuale prospettata nello Studio di fattibilità del 2003 rispetto alla configurazione di "Stato di fatto". In considerazione delle altezze di allagamento conseguenti ad una modellazione idraulica implementata con i valori di portata relativi all' "Assetto di Progetto" dell'AdBPo, sarà sufficiente ipotizzare, in via cautelativa, un franco di sicurezza adeguato.

Condizioni al Contorno

Le condizioni al contorno impostate nel modello hanno quindi considerato i seguenti contributi al deflusso di piena (Figura 14):

- a) **Idrogramma** in ingresso all'asta fluviale, localizzato alla sezione di monte del modello, rappresentativo del deflusso di piena verificatosi a monte dell'area di indagine (idrogramma fornito da AdBPo alla sezione LA 104.1.3, corrispondente alla sezione situata subito a monte della prima traversa, nella configurazione "Assetto di progetto"). L'onda in ingresso è caratterizzata da un picco massimo di poco superiore ai 106 m³/s;
- b) **Idrogramma** localizzato alla sezione n. 3 del modello rappresentativo dal contributo del Rio Pegorino, affluente di sinistra del Fiume Lambro (idrogramma fornito da AdBPo: PEG). L'onda è caratterizzata da un picco massimo di poco superiore ai 27 m³/s;
- c) **Idrogramma** distribuito rappresentativo del contributo del sottobacino direttamente afferente al fiume per il tratto in esame (idrogramma fornito da AdBPo: LAM9 ridotto*). L'onda, in questo caso, è caratterizzata da un picco massimo di circa 6 m³/s.

* da modello AdBPo, il sottobacino LAM9 rappresenta il bacino diretto del Lambro compreso tra il ponte della strada provinciale n.6 a Carate Brianza e il ponte di S. Giorgio a Villasanta, ha un'estensione di circa 11.72 km² e comprende parte del territorio dei comuni di Carate Brianza, Albiate, Triuggio, Sovico, Biassono, Lesmo e Villasanta. Esso è quindi rappresentativo di una porzione di fiume notevolmente più ampia (circa 10 km) di quella di indagine (poco superiore a 1 km). Si è proceduto pertanto ad una ricalibratura dell'idrogramma distribuito riducendolo di circa 1/10.

Come condizione al contorno di valle è stata invece imposta una scala delle portate alla sezione localizzata in corrispondenza della traversa di valle (sez. 1), desunta anch'essa dal modello AdB in corrispondenza della sezione LA 103.1 (Figura 15).

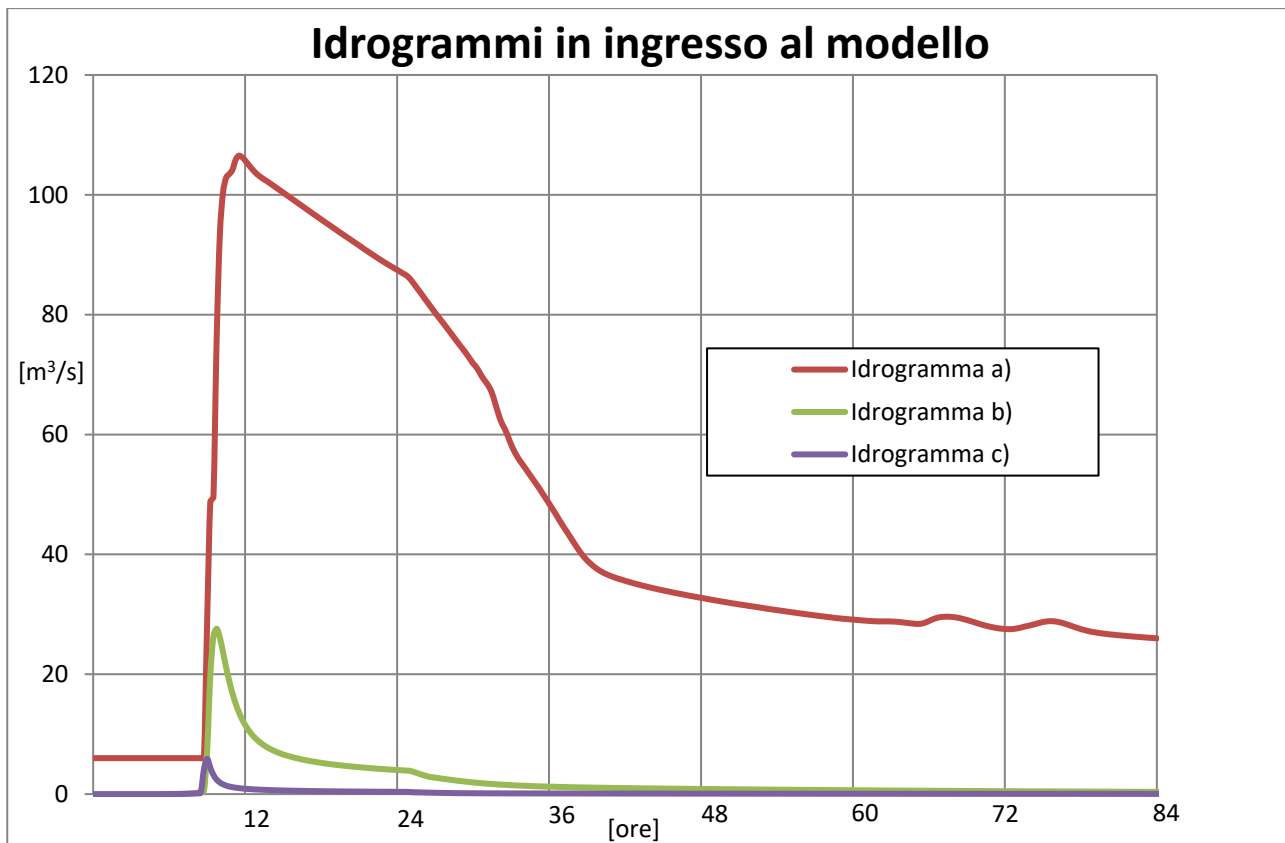


Figura 14: Condizioni al contorno – idrogrammi in ingresso

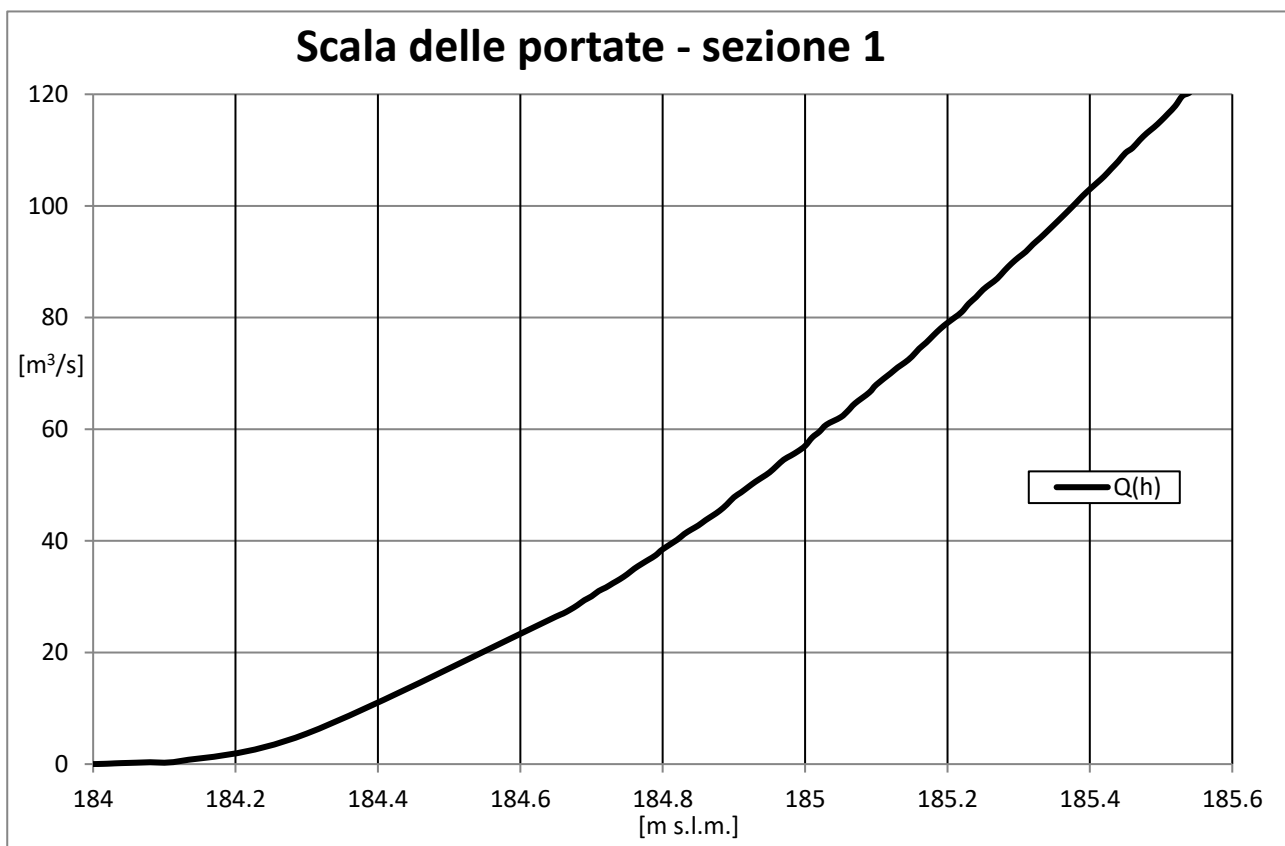


Figura 15: Condizione al contorno di valle – Scala delle portate alla sez. 1

Si precisa infine che la geometria della sezione 18 è stata parzialmente modificata: in corrispondenza di questa sezione, dalla lettura del DTM, è presente un rialzamento localizzato del piano campagna dovuto alla presenza di un discreto deposito di rifiuti di vario genere, in gran parte costituito da frazione inerte proveniente da materiale da demolizione, creatosi nel corso dell'ultimo decennio (Figura 16). Si è proceduto quindi ad un "livellamento" del profilo del terreno, per tenere in considerazione la modifica dello stato dei luoghi nell'ottica di un intervento di riqualificazione e pulizia dell'area.



Figura 16: Foto – Deposito rifiuti

2.5. Risultati ottenuti

In Allegato 1 sono disponibili profilo longitudinale, sezioni di interesse e tabella riassuntiva dei parametri idraulici di interesse ottenuti dalla modellazione HEC-RAS considerando un evento di piena duecentennale. Dalla simulazione svolta si può vedere come quasi tutta l'area di C.na Molinaccio venga interessata da allagamenti diffusi (Figura 17).

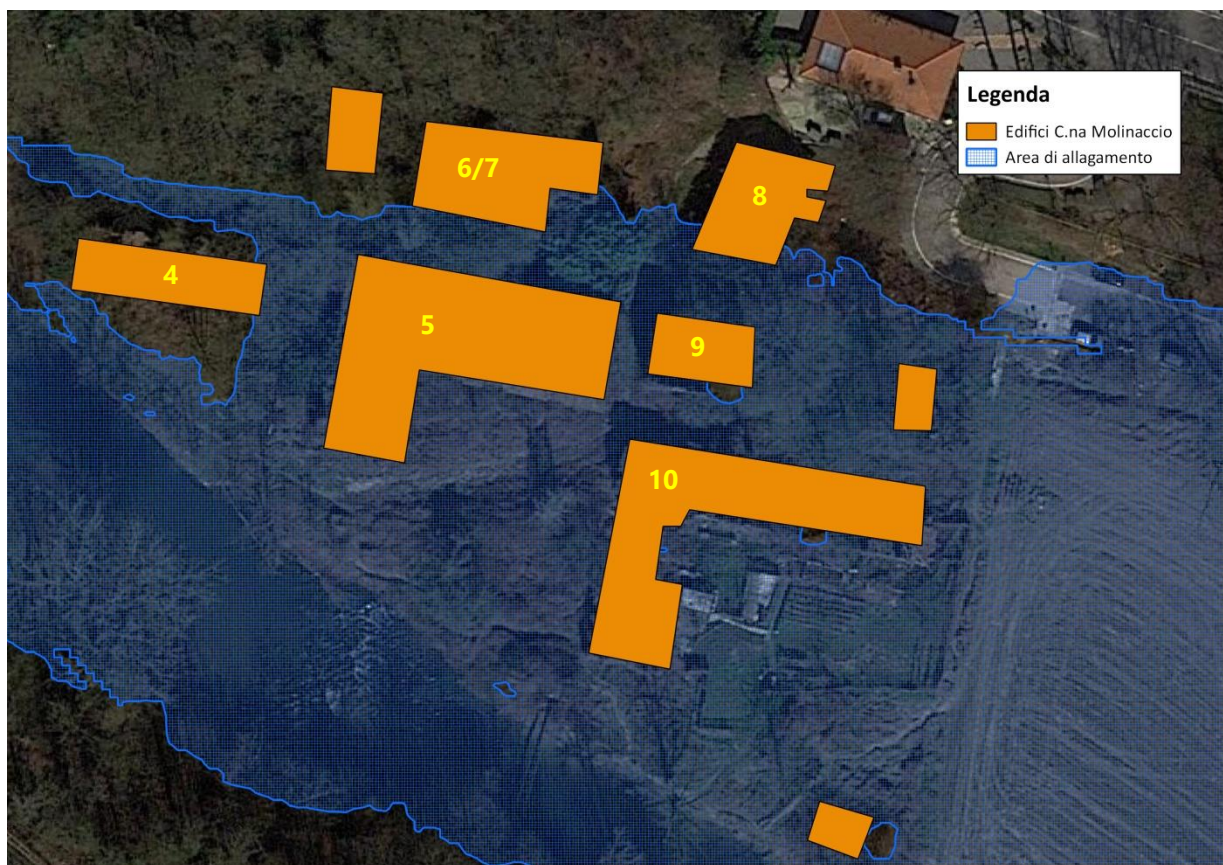


Figura 17: Area interessata da esondazioni del Lambro per eventi con TR=200 anni

Il tirante idrico raggiunge, in termini assoluti, una quota pari a circa 188.80 m s.l.m., corrispondente ad altezze d'acqua, sul piano campagna, in media variabili tra 0,50 m e 1 m.

In Allegato 2 è disponibile la tavola rappresentativa dei tiranti di allagamento nell'area di interesse, di cui si propongono degli ingrandimenti nelle figure seguenti:

- In Figura 18 sono riportati i tiranti di allagamento intorno al fabbricato 10;
- In Figura 19 sono riportati i tiranti di allagamento intorno ai fabbricati 4, 5 e 6/7;
- In Figura 20 sono riportati i tiranti di allagamento intorno ai fabbricati 8 e 9.

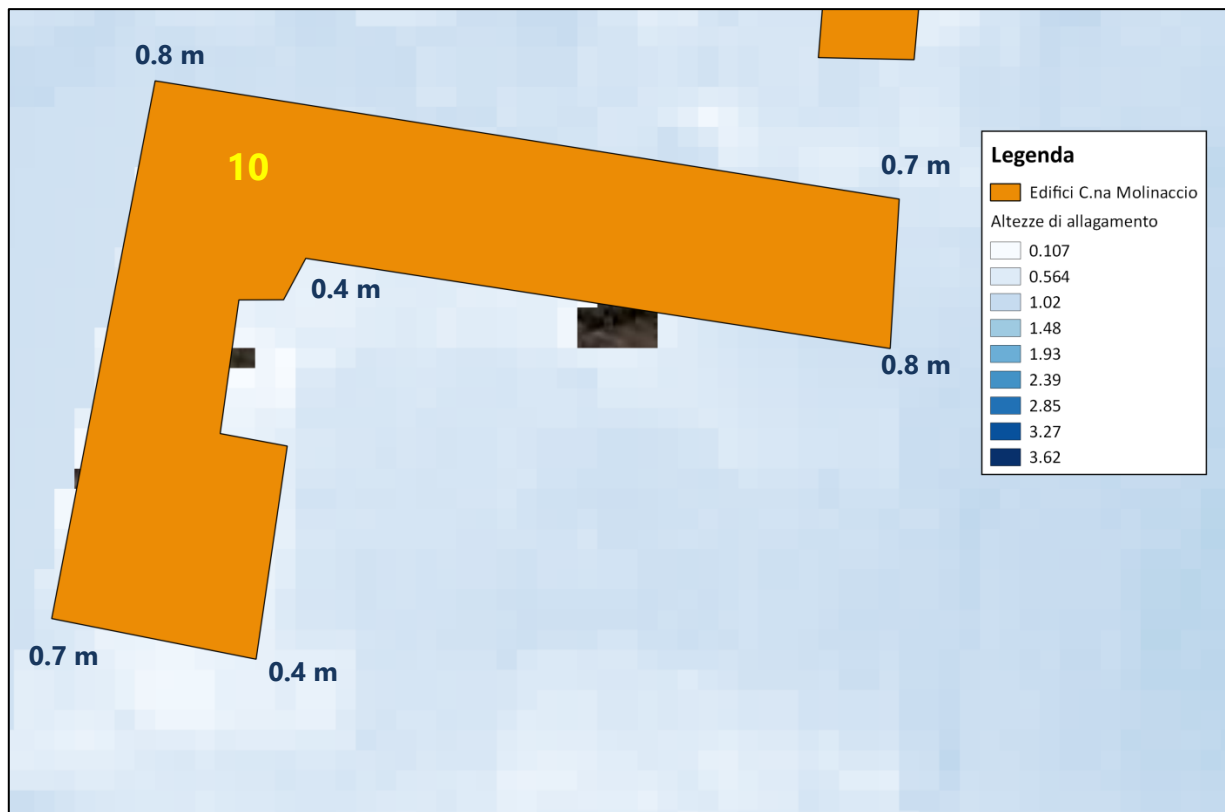


Figura 18: Tiranti di allagamento – Fabbricato 10

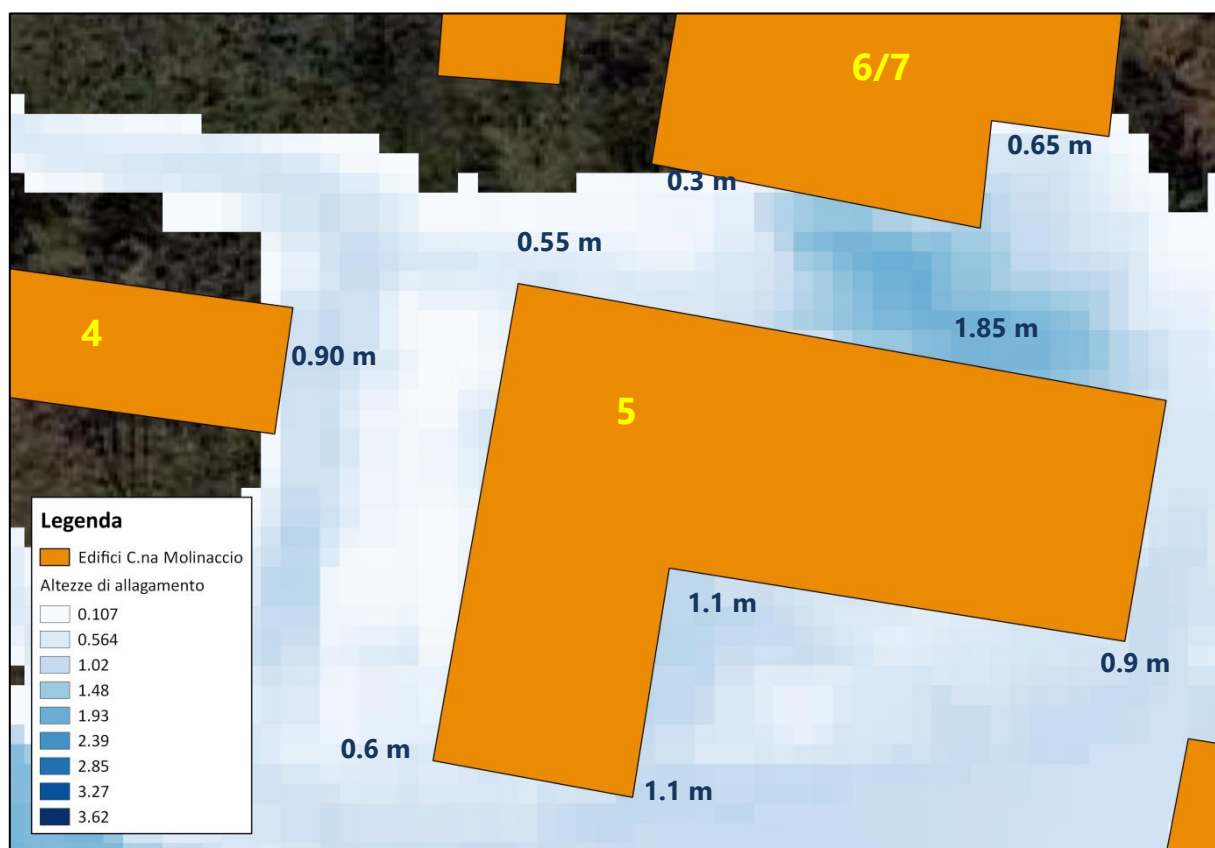


Figura 19: Tiranti di allagamento – Fabbricati 4, 5 e 6/7

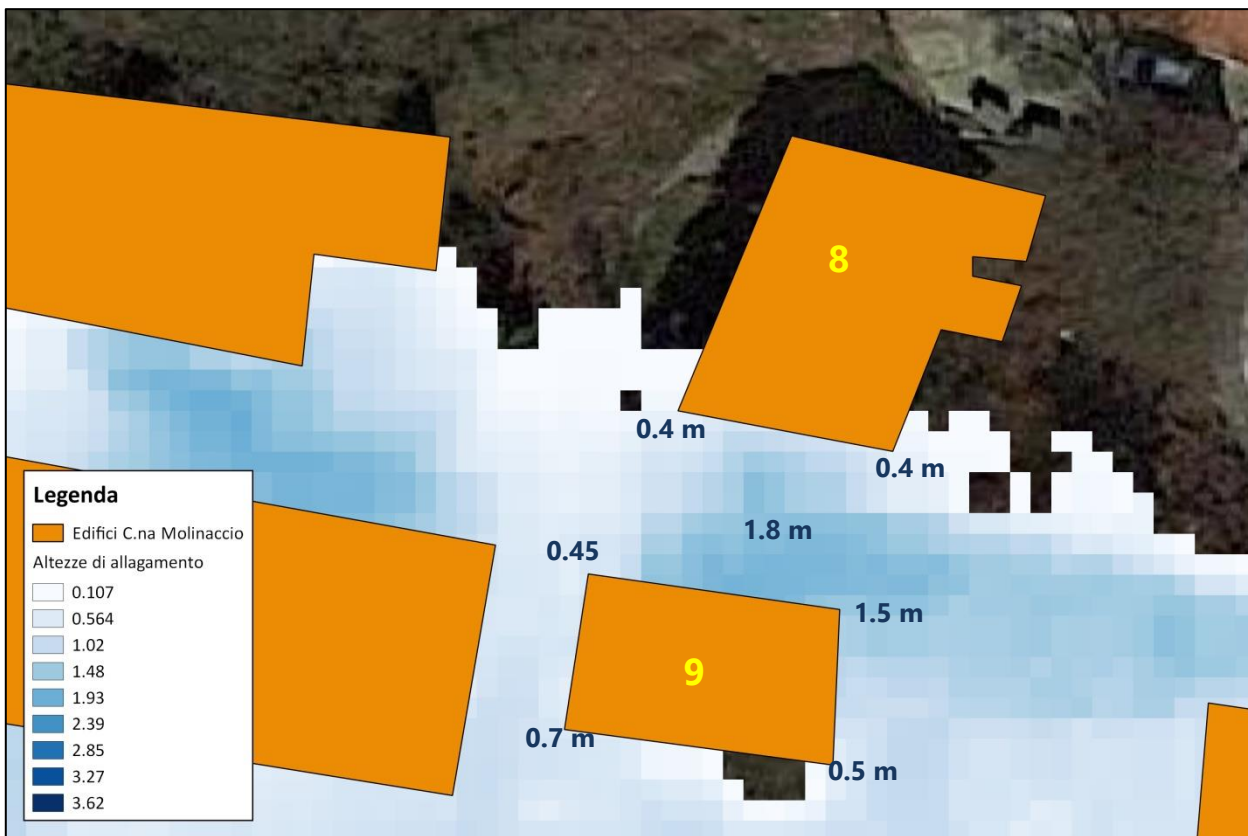


Figura 20: Tiranti di allagamento – Fabbricati 8 e 9

Sebbene i tiranti superiori al metro interessino principalmente le zone più depresse dell’area, sede della storica roggia di derivazione del Lambro, per un evento paragonabile a quello simulato l’esonazione del fiume andrebbe sicuramente a coinvolgere il piano terra della maggior parte dei fabbricati presenti.

Per una definizione completa della pericolosità alluvionale, è necessario accoppiare al valore dei tiranti l’informazione sulle massime velocità raggiunte. Si riportano nella tabella a seguire (Figura 21) i valori di velocità raggiunti dalla corrente lungo la golena sinistra per le sezioni di interesse nell’area di Cascina Molinaccio (20-15):

# sezione	$V_{golena\ sx}$ [m/s]
20	0.75
19	0.99
18	0.62
17	1.1
16	0.81
15	0.8

Figura 21: velocità della golena sinistra per le sezioni d’interesse

Entrando con gli intervalli di tiranti e velocità ottenuti durante l'analisi all'interno del seguente grafico fornito dalla D.g.r. 2616/2011 (Figura 22), si ottiene per l'area di Cascina Molinaccio un livello di pericolosità a cavallo tra H3 (elevata) e H4 (molto elevata), coerentemente con quanto indicato nelle mappature del PAI/PGRA e del PGT.

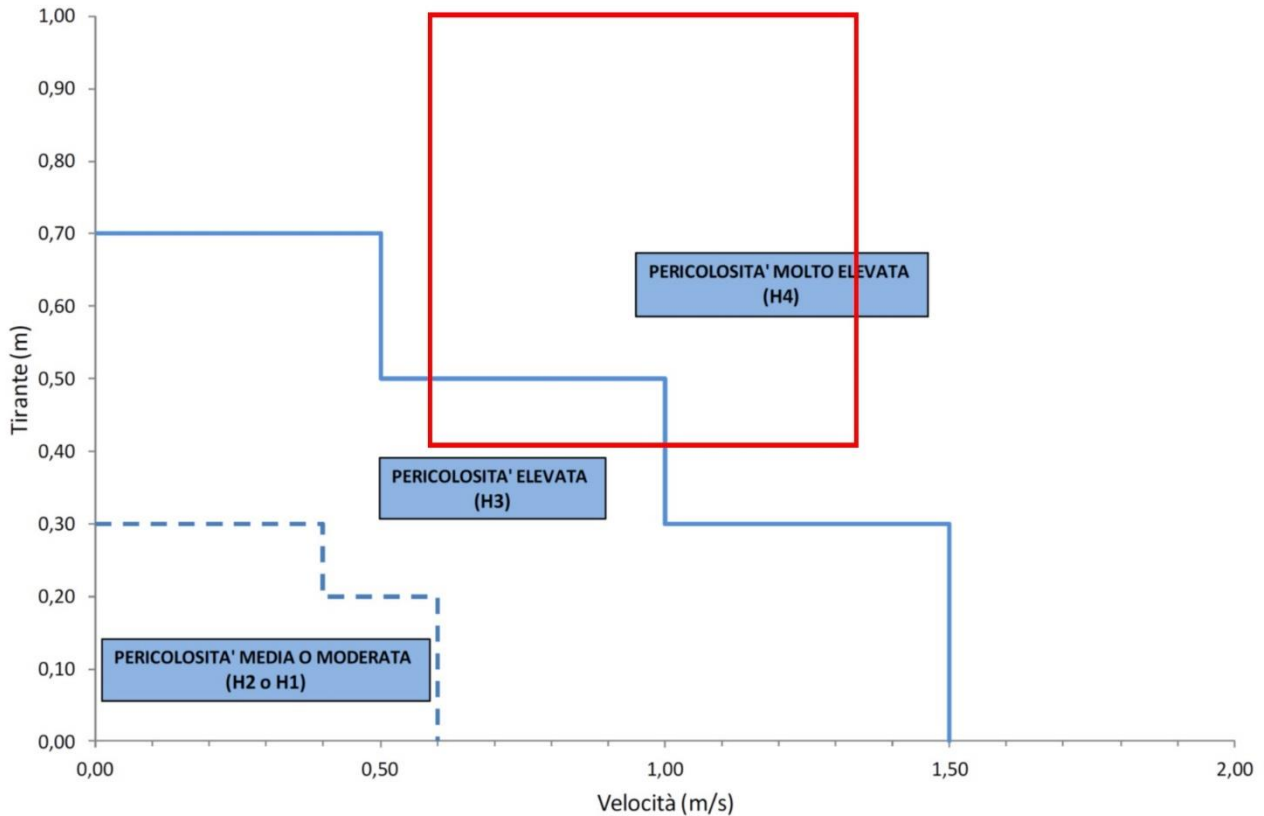


Figura 22: definizione della pericolosità idraulica per l'area di Cascina Molinaccio ai sensi della D.g.r. 2616/2011

Per la definizione del livello di rischio, infine, la D.g.r. propone una procedura analoga a quella utilizzata dal PGRA e precedentemente descritta, classificando i vari elementi del territorio in 4 classi di danno nell'ipotesi (a favore di sicurezza) di vulnerabilità pari a 1. Incrociando quest'informazione con il grado di pericolosità precedentemente ottenuto, si ottiene un valore di rischio basato sulla tabella seguente (Figura 23):

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

Figura 23: definizione delle classi di rischio per l'area di Cascina Molinaccio ai sensi della D.g.r. 2616/2011

Considerando, come da D.g.r. 19.06.2017 - n. X/6738, le classi di danno fornite dal PGRA, che classifica l'intera area di Cascina Molinaccio come D4/E4, il valore di rischio ottenuto è R4, il massimo possibile e analogo al valore fornito dal PGRA.

3. Sintesi delle opere in progetto

Il piano di recupero dell'area di Cascina Molinaccio prevede la riqualificazione di quattro degli edifici esistenti, nel rispetto delle attività consentite all' art. 31 della legge 457/78, e la demolizione delle rimanenti strutture. Nello specifico, come illustrato in Figura 24, si prevede di intervenire sugli edifici B, C, D, E (corrispondenti agli edifici 5, 10, 6/7, 8 in Figura 17, è prevista la parziale demolizione dei primi due), senza cambio di destinazione d'uso o aumento del carico insediativo originario degli stessi, ottemperando così ai vincoli imposti dal PAI e dal PGT comunale.

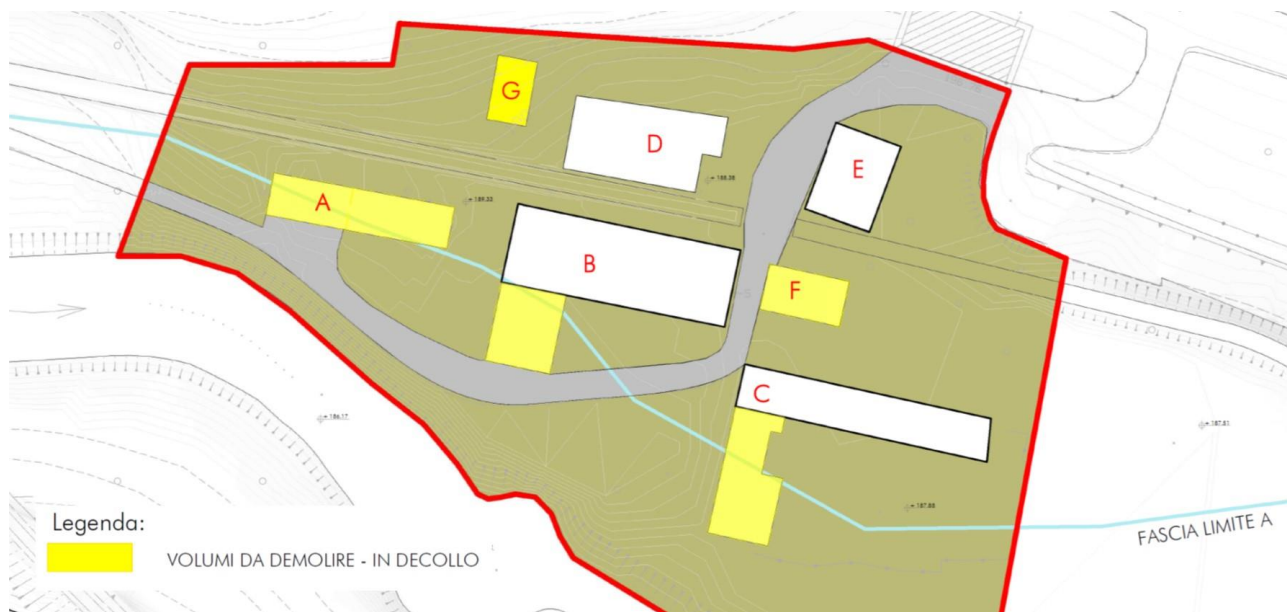
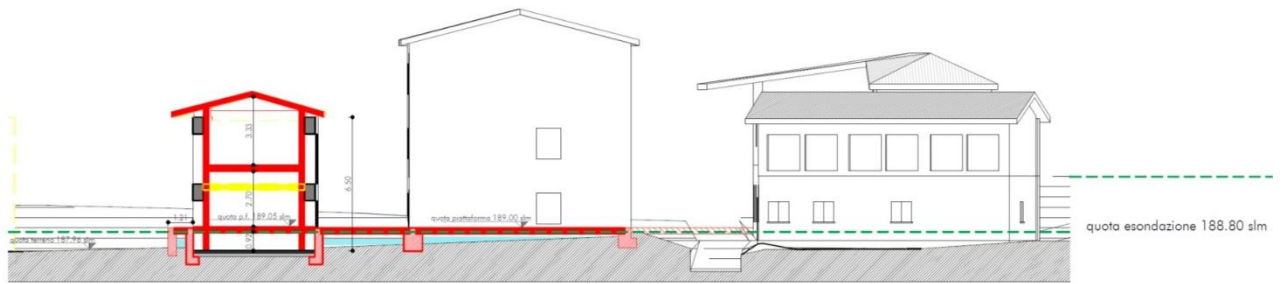
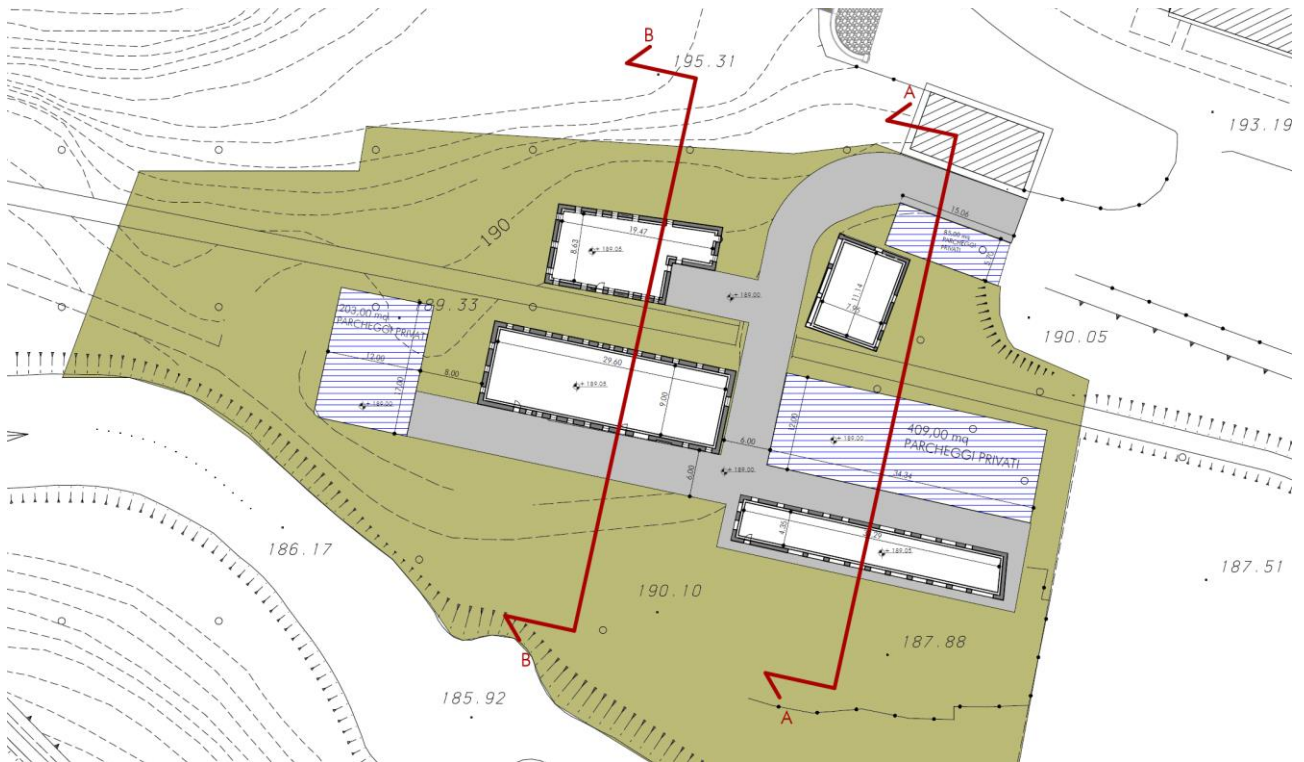


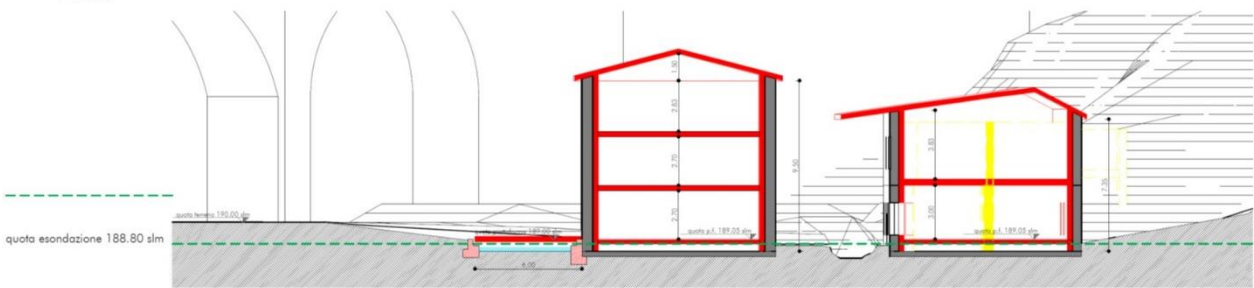
Figura 24: stralcio tavola 10 del piano di recupero, "Planimetria generale con individuazione dei volumi di demolizione e in decollo"

Al fine di ottimizzare la mitigazione del rischio idraulico per l'intera area, il piano di recupero è stato impostato seguendo i dettami della D.g.r. 2616/2011 e riportati al capitolo 2.2. In particolare (Figura 25):

- la quota di calpestio del piano terra degli edifici da riqualificare è posta pari a 189.05 m s.l.m., 25 cm al di sopra della quota corrispondente al tirante massimo di allagamento valutato dal modello idraulico dell'area per la piena di riferimento duecentennale;
- non è previsto un piano interrato, escludendo pertanto la presenza, anche sporadica, di persone al di sotto della quota di allagamento in un qualunque momento della giornata;
- la viabilità di collegamento tra gli edifici verrà realizzata mediante una piattaforma sopraelevate in calcestruzzo armato avente quota di calpestio pari a 189 m s.l.m., anch'essa pertanto posta al di sopra del massimo tirante idrico di piena. La struttura sarà caratterizzata dal minore spessore possibile al fine di minimizzarne l'impatto sulle dinamiche alluvionali, impatto già minimale vista la tipologia di allagamento previsto e descritto nel capitolo precedente (rigurgito da valle e ridotte velocità di deflusso). Analogamente, anche le aree di parcheggio previste verranno realizzate alla stessa quota della piattaforma;
- la piattaforma sopradescritta fungerà anche da percorso di evacuazione per i residenti durante eventuali situazioni emergenziali, secondo le modalità previste all'interno del relativo piano di evacuazione dell'area da realizzarsi in fase di progettazione.



Sez. A
 1 : 200



Sez. B
 1 : 200

Figura 25: stralcio tavola 13 del piano di recupero, "Planimetria generale di progetto e sezioni edifici da recuperare"

4. Conclusioni

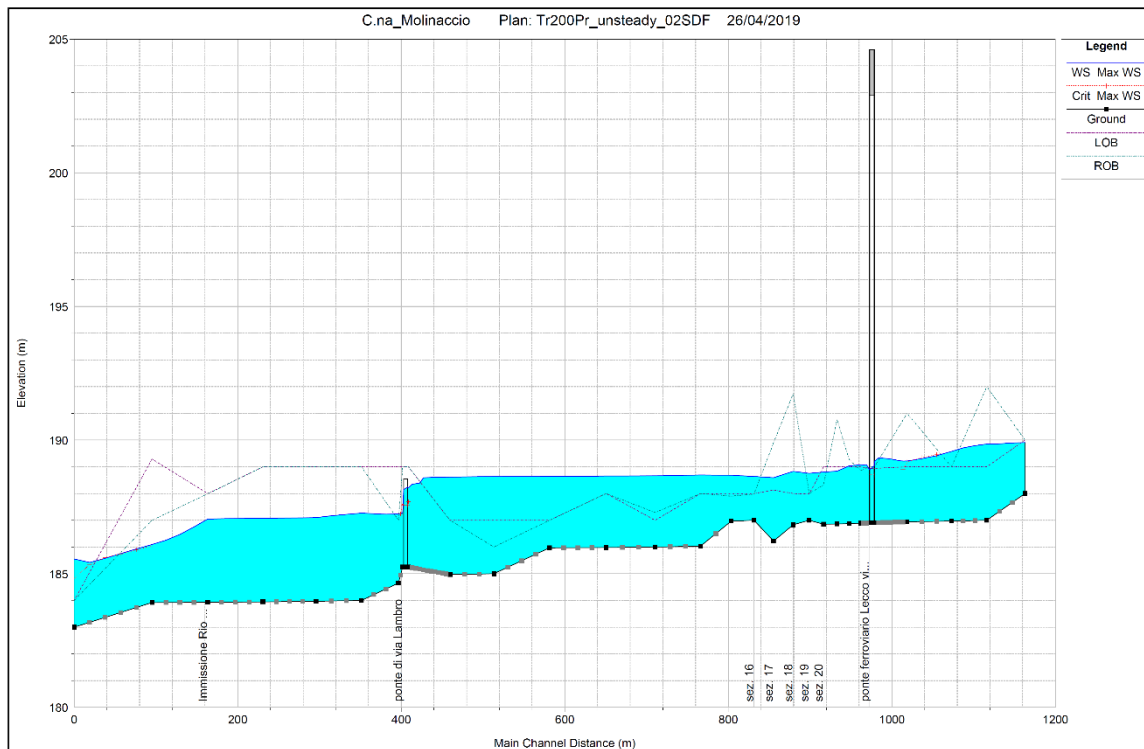
Sulla base dell'analisi idraulica realizzata e della normativa vigente in materia di difesa dal rischio di esondazione, si fanno le seguenti considerazioni conclusive in merito alle opere in progetto:

- a. L'area oggetto dello studio, ossia il complesso di strutture di Cascina Molinaccio, si trova, attualmente, in classe di fattibilità geologica 3b e, per la quasi totalità della sua estensione, all'interno della fascia fluviale B (o area di allagamento M). Ai sensi della normativa in vigore (Piano delle Regole del PGT del Comune di Triuggio, Art. 65; N.d.A. del PAI, Art. 39, c.4), ciò renderebbe possibile la progettazione di interventi di natura edilizia, anche con variazione in aumento di superfici/volumi (ovviamente nella sola area di fascia B), a patto che:
 - si rispettino i principi di invarianza idrologica e idraulica;
 - non aumenti la condizione di rischio alluvionale per l'area di interesse e per le aree di valle;
 - si rispettino eventuali ulteriori prescrizioni predisposte a livello locale;
 - siano connesse ad attività agricole/residenze rurali;
- b. L'analisi di compatibilità idraulica oggetto del presente studio, realizzata secondo la procedura contenuta all'interno dell'allegato 4 della D.g.r. 2616/2011, conferma in linea di massima, in termini di pericolosità, i risultati della modellazione realizzata dallo studio InGeo nel 2003, ma assegna all'intera area di Cascina Molinaccio il livello di Rischio R4, adottando il metodo di classificazione del danno indicato nella suddetta delibera regionale e del PGRA. Ciò comporterebbe una riclassificazione dell'area, in termini di fattibilità geologica, da 3 a 4, limitando i soli interventi realizzabili (Piano delle Regole del PGT del Comune di Triuggio, Art. 65), dal punto di vista edilizio, al restauro/ripristino/consolidamento (L. 457/78, art. 31, lettere a,b,c), oltrechè alla demolizione degli edifici esistenti, senza cambiamento della destinazione d'uso degli stessi o aumento del carico abitativo. Sono inoltre consentite opere di protezione idraulica del territorio atte al contenimento delle inondazioni e adeguamenti degli edifici alla normativa sismica.
- c. Il modello idraulico ha mostrato come, allo stato attuale, l'intera area si allaga diffusamente con valori di tiranti comparabili ai valori ottenuti dal modello realizzato dallo studio InGeo per il PGT (tenuto conto di una differenza di circa il 25% delle portate al picco). Tali valori di altezze d'acqua sono compatibili con una destinazione d'uso di tipo abitativo o comunque abitualmente frequentato del piano terra degli edifici, purchè esso venga congruamente innalzato al di sopra del tirante previsto in occasione della piena duecentennale di riferimento, ai sensi delle prescrizioni riportate all'interno della d.g.r. 2616/2011 e purchè ciò non comporti cambiamenti della destinazione d'uso originaria dei luoghi né aumento del carico abitativo;
- d. Le lavorazioni previste all'interno del piano di recupero dell'area di Cascina Molinaccio e sintetizzate all'interno del capitolo 5, sono state pensate nel rispetto dei vincoli e secondo i dettami imposti dal quadro normativo relativo alla condizione descritta al paragrafo precedente b, concordemente alle risultanze del modello idraulico sintetizzate al punto c;
- e. La realizzazione di interventi di recupero dell'area di Cascina Molinaccio, che ne prevedano la presenza anche non costante di persone al suo interno, deve essere accompagnata dalla redazione di un adeguato piano di emergenza.

ALLEGATI

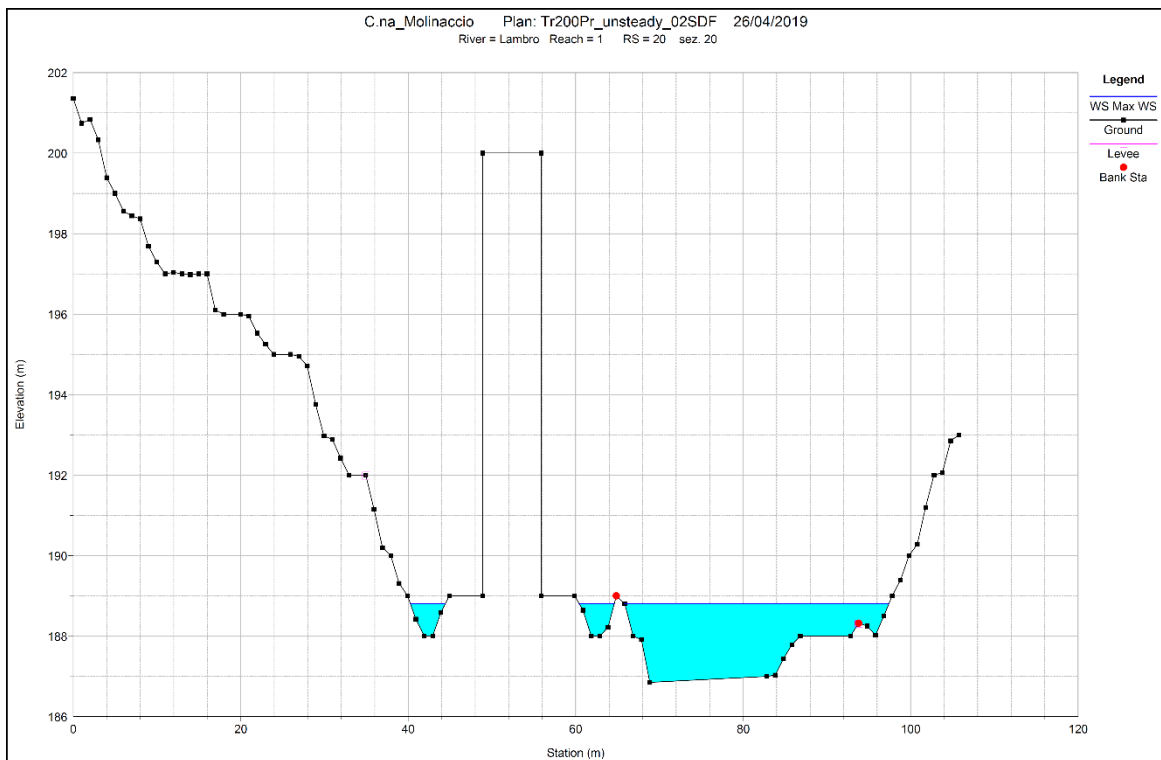
ALL. 1 – outputs del modello idraulico Hec – Ras (condizioni di picco)

Profilo longitudinale

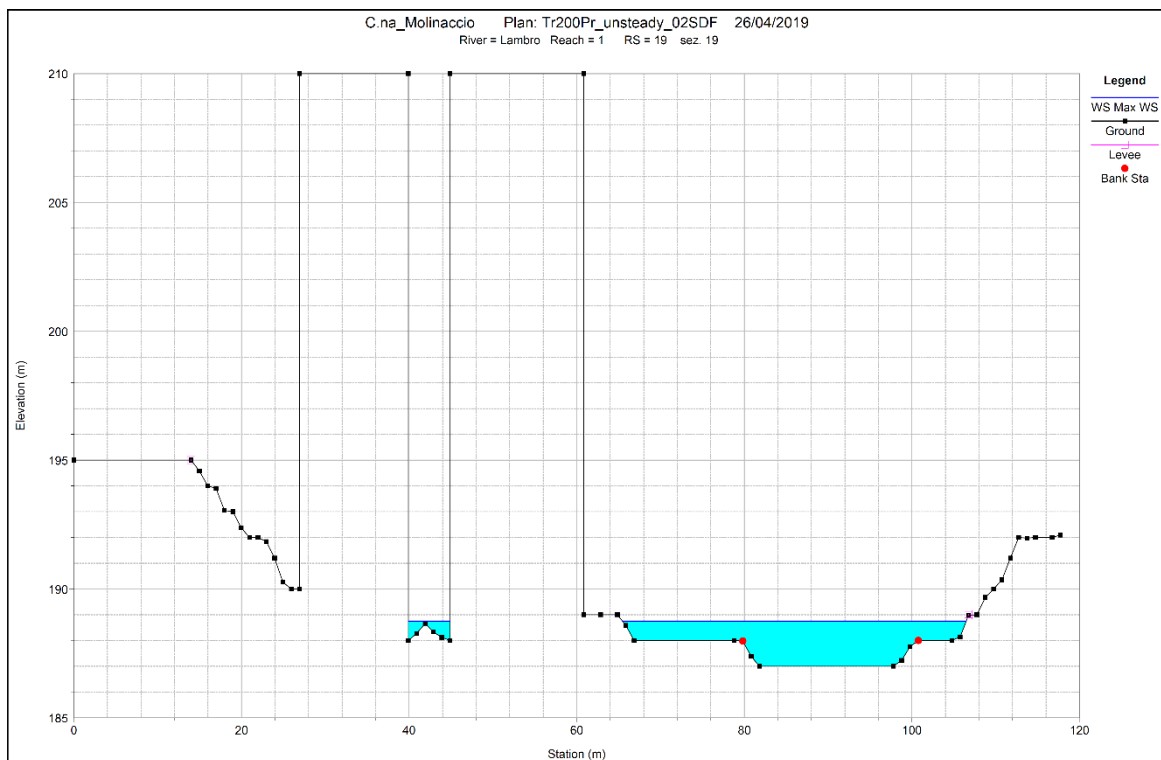


Sezioni trasversali di interesse (vista da monte)

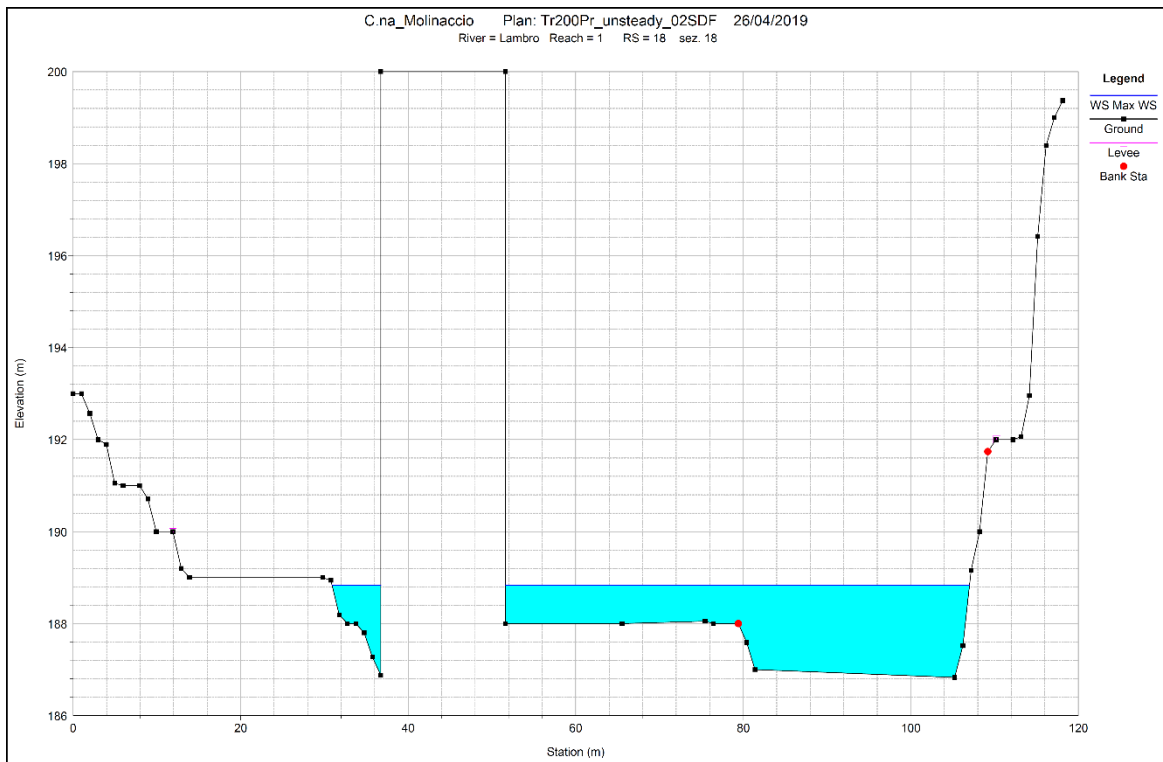
Sezione 20



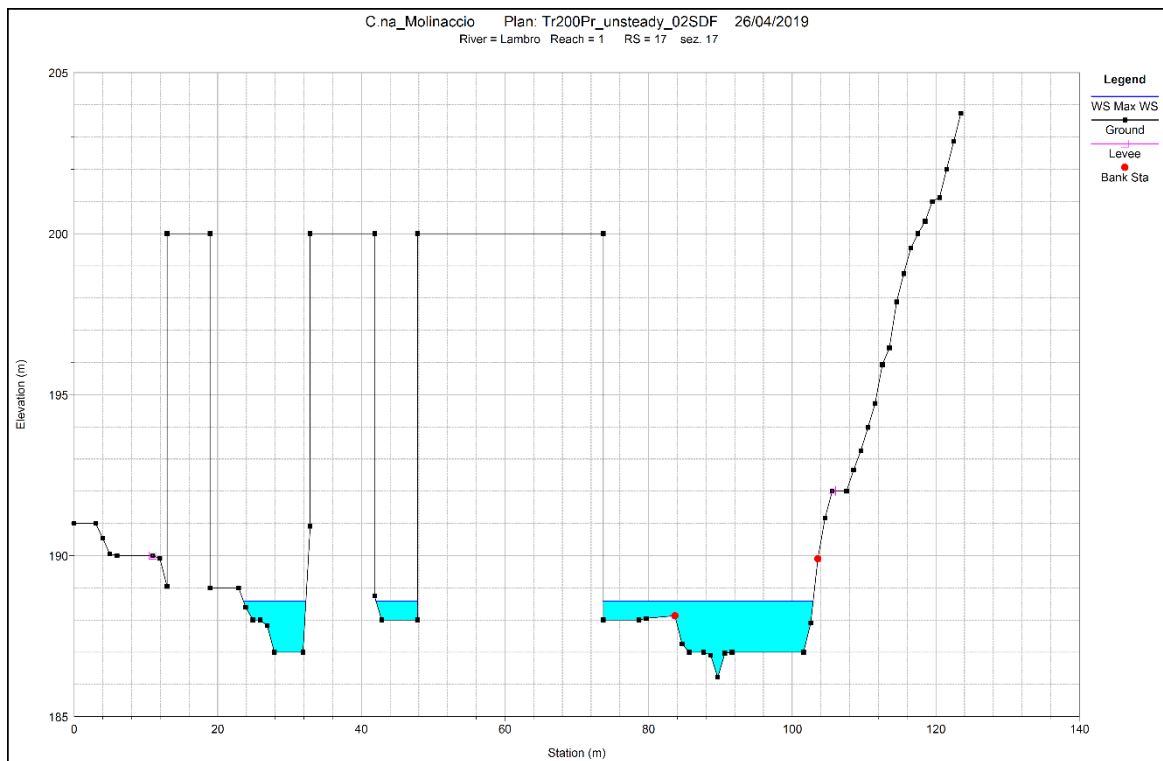
Sezione 19



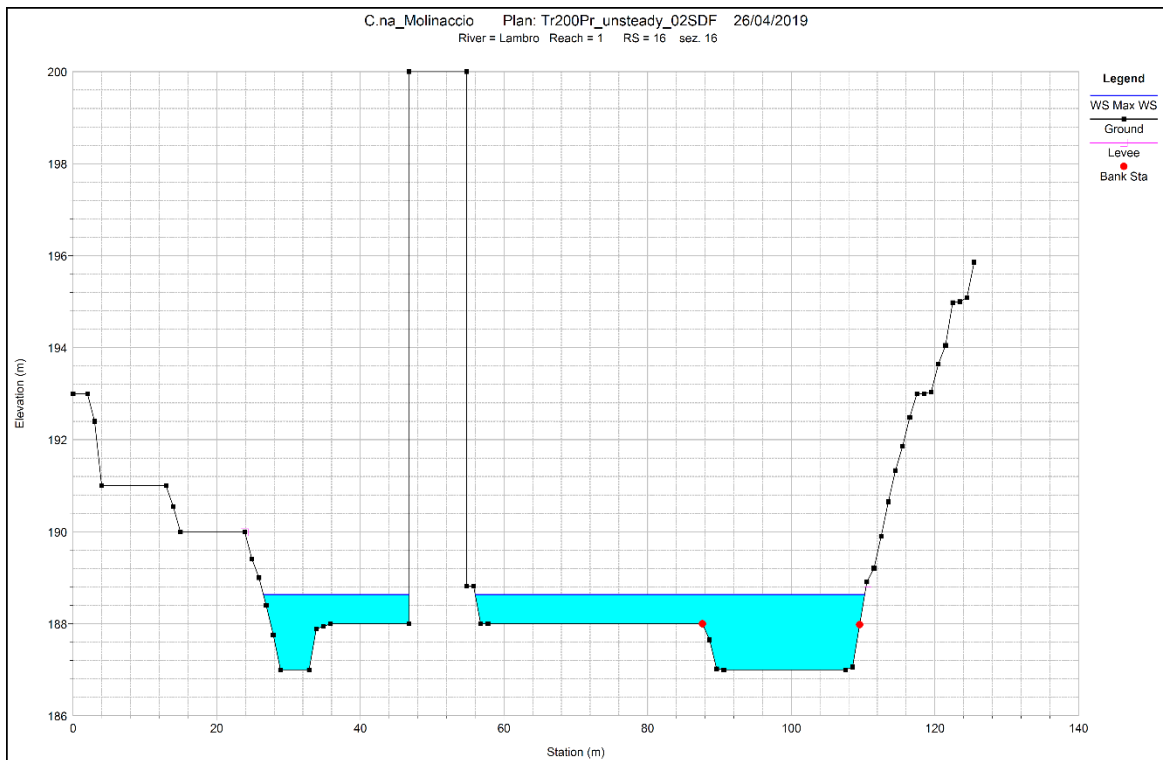
Sezione 18



Sezione 17



Sezione 16



Sezione 15

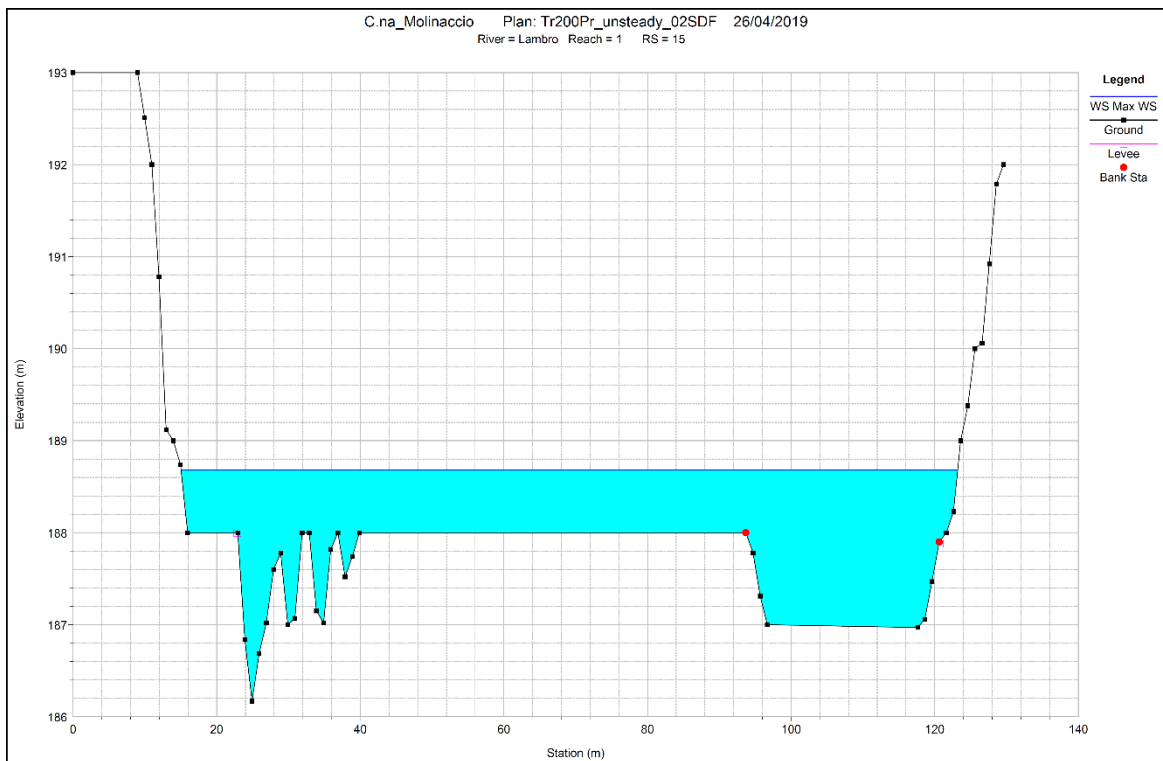


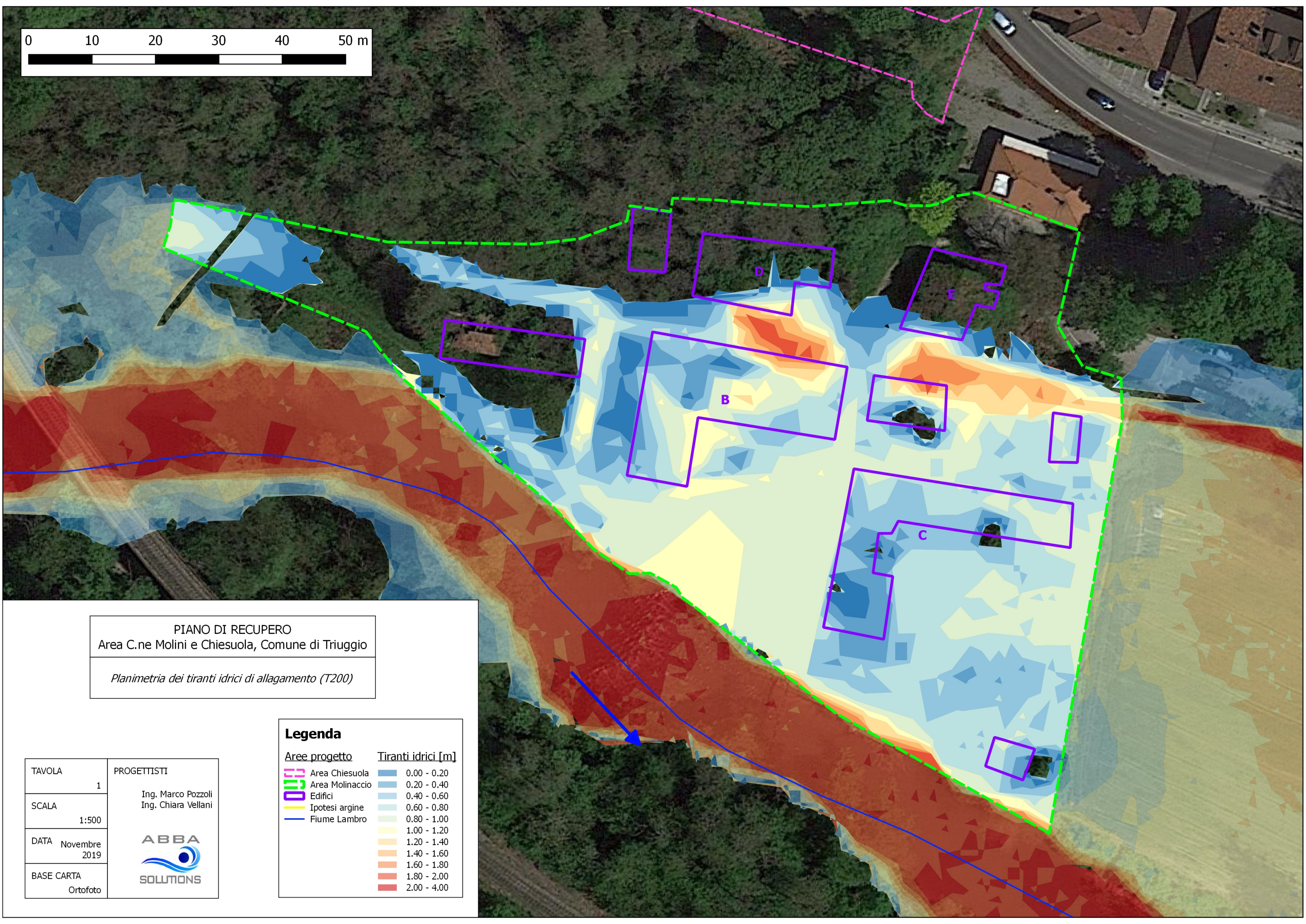
Tabella riassuntiva

HEC-RAS Plan: SDF River: Lambro Reach: 1 Profile: Max WS

Reach	River Sta	Profile	Q Total (m3/s)	Min Ch El (m)	W.S. Elev (m)	Crit W.S. (m)	E.G. Elev (m)	E.G. Slope (m/m)	Vel Chnl (m/s)	Flow Area (m2)	Top Width (m)	Froude # Chl
1	28	Max WS	106.50	188.00	189.91		190.12	0.005570	2.05	51.91	54.10	0.67
1	27	Max WS	106.50	187.00	189.85		190.00	0.001120	1.87	76.04	53.21	0.38
1	26	Max WS	106.53	186.97	189.58		189.97	0.004604	3.06	49.77	54.81	0.75
1	25	Max WS	106.58	186.94	189.22	189.18	189.72	0.004759	3.22	40.05	51.22	0.77
1	24	Max WS	106.62	186.91	189.20	188.70	189.49	0.004696	2.39	47.53	39.48	0.59
1	23.9	Bridge										
1	23.5	Max WS	106.56	186.90	188.90		189.35	0.007561	2.98	35.72	35.41	0.81
1	23	Max WS	106.59	186.89	189.08		189.27	0.001856	1.98	61.19	61.71	0.49
1	22	Max WS	106.58	186.87	189.03		189.24	0.002776	2.06	57.48	52.02	0.51
1	21	Max WS	106.50	186.86	188.83		189.19	0.004828	2.65	40.50	26.21	0.67
1	20	Max WS	106.50	186.85	188.80		189.12	0.003880	2.57	45.80	39.86	0.69
1	19	Max WS	106.50	187.00	188.75		189.06	0.004475	2.62	50.89	46.02	0.65
1	18	Max WS	106.53	186.83	188.83		188.96	0.001343	1.77	78.68	61.20	0.42
1	17	Max WS	106.41	186.22	188.59		188.95	0.004756	2.91	47.80	43.65	0.75
1	16	Max WS	106.44	187.00	188.63		188.82	0.002588	2.23	71.76	74.53	0.57
1	15	Max WS	106.52	186.97	188.68		188.74	0.000806	1.28	107.94	108.16	0.32
1	14	Max WS	106.54	186.03	188.69		188.71	0.000236	0.86	156.04	107.92	0.18
1	13	Max WS	106.60	186.00	188.66		188.70	0.000273	1.00	127.52	69.75	0.20
1	12	Max WS	106.64	185.98	188.65		188.68	0.000255	0.89	143.62	91.09	0.19
1	11	Max WS	106.71	185.97	188.63		188.66	0.000216	0.88	150.66	88.07	0.18
1	10	Max WS	106.77	185.00	188.63		188.65	0.000106	0.76	192.62	92.69	0.13
1	9	Max WS	106.82	184.97	188.61		188.64	0.000179	0.92	150.31	79.69	0.16
1	8	Max WS	106.86	185.25	188.21	187.69	188.65	0.005017	2.94	36.41	18.08	0.66
1	7.9	Bridge										
1	7.5	Max WS	102.77	185.25	187.29	187.66	188.61	0.021571	5.09	20.21	18.50	1.49
1	7	Max WS	102.95	184.65	187.24		187.56	0.002528	2.54	42.73	31.68	0.57
1	6	Max WS	102.80	184.00	187.27		187.47	0.001333	1.97	52.13	22.92	0.42
1	5	Max WS	101.81	183.97	187.10		187.37	0.002152	2.30	44.34	22.54	0.52
1	4	Max WS	101.84	183.95	187.08		187.26	0.001218	1.89	54.00	23.99	0.40
1	3	Max WS	101.21	183.93	187.05		187.18	0.001195	1.60	63.25	27.89	0.34
1	2	Max WS	120.13	183.92	186.09	186.05	186.93	0.008158	4.05	29.69	16.52	0.96
1	1	Max WS	118.98	183.00	185.55	184.81	185.75	0.002004	2.17	63.00	35.06	0.45

ALL. 2 – Planimetria dei tiranti di allagamento

0 10 20 30 40 50 m



PIANO DI RECUPERO
Area C.ne Molini e Chiesuola, Comune di Triuggio
Planimetria dei tiranti idrici di allagamento (T200)

Legenda	
Aree progetto	Tiranti idrici [m]
Area Chiesuola	0.00 - 0.20
Area Molinaccio	0.20 - 0.40
Edifici	0.40 - 0.60
Ipotesi argine	0.60 - 0.80
Fiume Lambro	0.80 - 1.00
	1.00 - 1.20
	1.20 - 1.40
	1.40 - 1.60
	1.60 - 1.80
	1.80 - 2.00
	2.00 - 4.00

TAVOLA	1	PROGETTISTI
SCALA	1:500	Ing. Marco Pozzoli Ing. Chiara Vellani
DATA	Novembre 2019	
BASE CARTA	Ortofoto	