

STUDIO DI GEOLOGIA

Dott. Geol. Marco Parmigiani
Via R. Sanzio, n.3 - 21049 - Tradate (VA)

Tel. e Fax ufficio: 0331 - 810710

e_mail: geologoparmigiani@gmail.com



COMUNE DI ALBIOLO
Provincia di COMO

**STUDIO COMUNALE DI GESTIONE
DEL RISCHIO IDRAULICO**

ai sensi dell'Art. 14 Comma, 7 del R.R. n° 7 del 23/11/2017 s.m.i.

RELAZIONE GENERALE E IDRAULICA

Tradate, Dicembre 2023

Il tecnico incaricato:
Dott. Geol. Marco Parmigiani

Studio redatto con la collaborazione
ingegneristica di:
Dott. Ing. Giancarlo Garbin

Studi e progetti nel settore della idrogeologia e geologia ambientale



COMUNE DI ALBIOLO
Provincia di COMO

STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO
ai sensi dell'Art. 14 Comma, 7 del R.R. n° 7 del 23/11/2017s.m.i.

RELAZIONE GENERALE E IDRAULICA

Sommario

1. PREMESSA	4
2. IL QUADRO NORMATIVO	5
2.1 LA LEGGE REGIONALE 15 MARZO 2016, N. 4 - ART. 7	5
2.2 IL REGOLAMENTO REGIONALE N. 7/2017S.M.I.	6
2.3 APPLICAZIONE AI COMUNI A ALTA CRITICITÀ IDRAULICA	8
2.3.1 <i>Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica ed idrologica e modalità di calcolo</i>	8
2.3.2 <i>Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica</i>	8
2.3.3 <i>Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori</i>	9
2.3.4 <i>Metodologie di calcolo delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico</i>	9
2.4 MODALITÀ DI INTEGRAZIONE TRA LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA COMUNALE E GLI OBIETTIVI DI INVARIANZA IDRAULICA E IDROLOGICA	10
3. CARATTERISTICHE FISICHE DEL TERRITORIO.....	12
3.1 INQUADRAMENTO E CARATTERI MORFOLOGICI	12
3.2 CARATTERI IDROGRAFICI	14
3.3 CARATTERI IDROGEOLOGICI	14
3.4 PERMEABILITÀ DEI TERRENI	18
4. DEFINIZIONE DEGLI EVENTI METEORICI DI RIFERIMENTO	20
4.1 IETOGRAMMA COSTANTE	24
4.2 IETOGRAMMA CHICAGO	24
4.3 IETOGRAMMA CHICAGO TARATI SULLE CPP DI ALBIOLO	25

5. LA RETE FOGNARIA COMUNALE – MODELLAZIONE IDRAULICA	29
5.1 ANALISI RETE FOGNARIA E DEI SUOI ELEMENTI COMPOSITIVI	29
5.2 LA MODELLAZIONE IDRAULICA DELLA RETE FOGNARIA COMUNALE	33
5.3 CONDIZIONI IDROLOGICHE AL CONTORNO	35
5.3.1 <i>Tempo di ritorno dell'evento pluviometrico</i>	35
5.3.2 <i>Durata dell'evento critico</i>	35
5.3.3 <i>Ietogramma di progetto</i>	36
5.4 MODELLI IDROLOGICI AFFLUSSI DEFLUSSI	36
5.5 TARATURA DEL MODELLO IDRAULICO	40
5.6 ANALISI DELLO STATO DI FATTO	40
TEMPO DI RITORNO 2 ANNI	41
TEMPO DI RITORNO 5 ANNI	47
TEMPO DI RITORNO 10 ANNI	48
TEMPO DI RITORNO 50 ANNI	49
5.7 CONCLUSIONI E PRIME INDICAZIONI PER LE PROPOSTE DI INTERVENTO	50
6. IDROGRAFIA – MODELLAZIONE IDRAULICA	51
6.1 ASSETTO IDROGRAFICO	51
6.2 DESCRIZIONE DEL MODELLO	52
6.2.1 <i>Base topografica del modello bidimensionale: DTM 1x1 e modifiche inserite</i>	52
6.2.2 <i>Caratteristiche del modello implementato</i>	53
6.3 CONDIZIONI IDROLOGICHE AL CONTORNO	54
6.3.1 <i>Ietogramma di progetto</i>	54
6.4 SIMULAZIONI E RISULTATI	56
6.4.1 <i>Scenario simulato, condizioni al contorno e parametri di calcolo</i>	56
6.4.2 <i>Risultati</i>	56
7. DELIMITAZIONE DELLE AREE SOGGETTE A RISCHIO IDRAULICO	61
7.1 AREE GIÀ INDIVIDUATE NELLO STUDIO GEOLOGICO DEL TERRITORIO COMUNALE	61
7.2 AREE GIÀ INDIVIDUATE NEL PAI/PGRA	62
7.3 AREE INDIVIDUATE NELLO STUDIO DI DETERMINAZIONE DEL RETICOLO IDRICO MINORE	65
7.4 CRITICITÀ SEGNALATE DALL'UFFICIO TECNICO	65
7.5 AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO PER INSUFFICIENZA DELLA RETE FOGNARIA	66
7.6 SINTESI DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE EVIDENZIATE E DEFINIZIONE DELLE MAPPE DI PERICOLOSITÀ	67
7.6.1 <i>Interpretazione risultati della modellazione sul reticolo idrografico, per la perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica</i>	67
8. MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI DI RIDUZIONE DEL RISCHIO IDRAULICO E IDROLOGICO A SCALA COMUNALE	70
8.1 ASPETTI GENERALI CONCERNENTI LE MISURE STRUTTURALI E NON STRUTTURALI	70
8.2 SCHEDE DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE E DELLE RELATIVE MISURE STRUTTURALI PROPOSTE	72
8.3 AREE DA DESTINARE ALLE MISURE DI INVARIANZA	88
8.4 MISURE SUGGERITE PER L'ATTUAZIONE DEI PRINCIPI DI INVARIANZA IDRAULICA DA PREVEDERE NEGLI AMBITI DI NUOVA TRASFORMAZIONE	88
8.4.1 <i>Opere di laminazione e infiltrazione sotterranee</i>	89
8.4.2 <i>Opere di laminazione e infiltrazione superficiali</i>	91
8.4.3 <i>Buone pratiche costruttive da applicarsi ai fini dell'invarianza idraulica</i>	94

9. STRUTTURE DI INFILTRAZIONE COME MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA: FATTIBILITÀ E AMBITI OSTATIVI	98
9.1 AREE CON CARATTERISTICHE FISICHE NON ADATTE ALL'INFILTRAZIONE	98
9.1.1 Aree di versante	98
9.1.2 Aree a drenaggio difficoltoso delle acque nel sottosuolo	99
9.2 AREE SOGGETTE A VINCOLO	99
9.3 AREE ASSOGGETTATE A BONIFICA AMBIENTALE	100

Tavole:

Tav.1 Planimetria del sistema di drenaggio naturale e artificiale– scala 1:5.000 e 1:15.000

Tav. 2 Carta della pericolosità idraulica – Esiti delle modellazioni idrauliche– scala 1:5.000/1:20.000

Tav. 3 Carta di sintesi delle criticità idrauliche evidenziate – scala 1:5.000/1:10.000

Tav. 4 Carta degli interventi strutturali e non strutturali – scala 1:5.000

Tav. 5 Carta delle aree non adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo – scala 1:5.000 e 1:15.000

1. Premessa

Regione Lombardia ha approvato in data 20/11/2017 il "Regolamento recante criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58 bis della Legge Regionale 11 marzo 2005, n.12 (Legge per il governo del territorio)". Detto regolamento è stato successivamente modificato ed integrato dal Regolamento Regionale n. 8 del 24/04/2019.

Nei suddetti disposti normativi il Comune di Albiolo (CO) è classificato in ambito di aree a "alta criticità idraulica".

In ottemperanza a quanto previsto dall'Art. 14, i Comuni ricadenti nelle aree riconosciute ad "alta criticità idraulica" (aree A) devono integrare i propri strumenti di pianificazione urbanistica tramite la redazione dello "studio comunale di gestione del rischio idraulico" per il conseguimento degli obiettivi di invarianza idraulica ed idrologica.

Il presente documento costituisce tale adempimento e si fonda sulla modellazione idrodinamica del territorio comunale al fine di fornire elementi tecnici utili a pianificare gli interventi "strutturali" e "non strutturali" funzionali al contenimento o alla riduzione dei rischi idraulici attuali.

2. Il quadro normativo

2.1 La legge regionale 15 marzo 2016, n. 4 - art. 7

Il tema dell'invarianza idraulica ed idrologica è stato introdotto dall'art. 7 della Legge Regionale 15 marzo 2016 n. 4 recante "Revisione della normativa regionale in materia di difesa del suolo, di prevenzione e mitigazione del rischio idrogeologico e di gestione dei corsi d'acqua".

In particolare il comma 1 di tale articolo recita:

"Al fine di prevenire e mitigare i fenomeni di esondazione e di dissesto idrogeologico provocati dall'incremento dell'impermeabilizzazione dei suoli e, conseguentemente, di contribuire ad assicurare elevati livelli di salvaguardia idraulica ed ambientale, gli strumenti urbanistici ed i regolamenti edilizi comunali recepiscono il principio di invarianza idraulica e idrologica per le trasformazioni di uso del suolo, secondo quanto previsto dal presente articolo."

Al comma 2 la legge evidenzia come gli obiettivi previsti dal comma 1 hanno condotto ad alcune modifiche alla legge regionale 11 marzo 2015 (Legge per il governo del territorio) ed in particolare si assiste all'introduzione dell'art. 58 bis "Invarianza idraulica, invarianza idrologica e drenaggio urbano sostenibile".

Il comma 1 del suddetto articolo introduce i seguenti principi:

- a) Invarianza idraulica: principio in base al quale le portate di deflusso meteorico scaricate dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelle preesistenti l'urbanizzazione;
- b) Invarianza idrologica: principio in base al quale sia le portate sia i volumi di deflusso meteorico scaricati dalle aree urbanizzate nei ricettori naturali o artificiali di valle non sono maggiori di quelli preesistenti all'urbanizzazione;
- c) Drenaggio urbano sostenibile: sistema di gestione delle acque meteoriche urbane, costituito da un insieme di strategie, tecnologie e buone pratiche volte a ridurre i fenomeni di allagamento urbano, a contenere gli apporti di acque meteoriche ai corpi idrici ricettori mediante il controllo alla sorgente delle acque meteoriche e a ridurre il degrado qualitativo delle acque.

Il comma 4 dell'art. 58 bis indica come "... il regolamento edilizio comunale disciplina le modalità per il conseguimento dell'invarianza idraulica e idrologica secondo i criteri e metodi stabiliti con il regolamento regionale ..." che deve essere recepito entro sei mesi dalla sua pubblicazione.

Il comma 5 dell'art. 58 bis stabilisce in centottanta giorni dall'entrata in vigore della legge regionale, l'approvazione di "... un regolamento contenente i criteri e metodi per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica ed idrologica ..." la cui efficacia diventa effettiva alla data di recepimento dello stesso nel regolamento edilizio comunale.

Gli estratti della legge sopra riportati evidenziano chiaramente come il percorso a cui devono sottostare tutti gli interventi edilizi che comportano un aumento delle superfici impermeabili sia ormai chiaramente tracciato. In particolare esso è stato reso attuativo dall'entrata in vigore del Regolamento Regionale n. 7/2017 descritto nel seguito.

2.2 Il Regolamento Regionale n. 7/2017s.m.i.

Il Regolamento Regionale è strutturato in una serie di articoli che indicano le modalità di attuazione dell'art. 7 della Legge Regionale n. 4/2016. Gli stessi sono stati modificati e integrati dal successivo R.R. n. 8 del 19 aprile 2019.

Ai fini della sua puntuale applicazione (ed al necessario recepimento nei PGT comunali), appare importante evidenziare alcuni contenuti generali e richiamare gli adempimenti previsti dall'Art. 14.

Ambiti territoriali di riferimento

Dal momento che gli effetti dell'apporto di nuove acque meteoriche sono differenti nelle aree urbane o extraurbane, di pianura o di collina, e dipendono fortemente dalle caratteristiche del ricettore finale, il territorio regionale è stato suddiviso in tre tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

Aree A: aree ad alta criticità idraulica:

Comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'Allegato C.

Aree B: aree a media criticità idraulica:

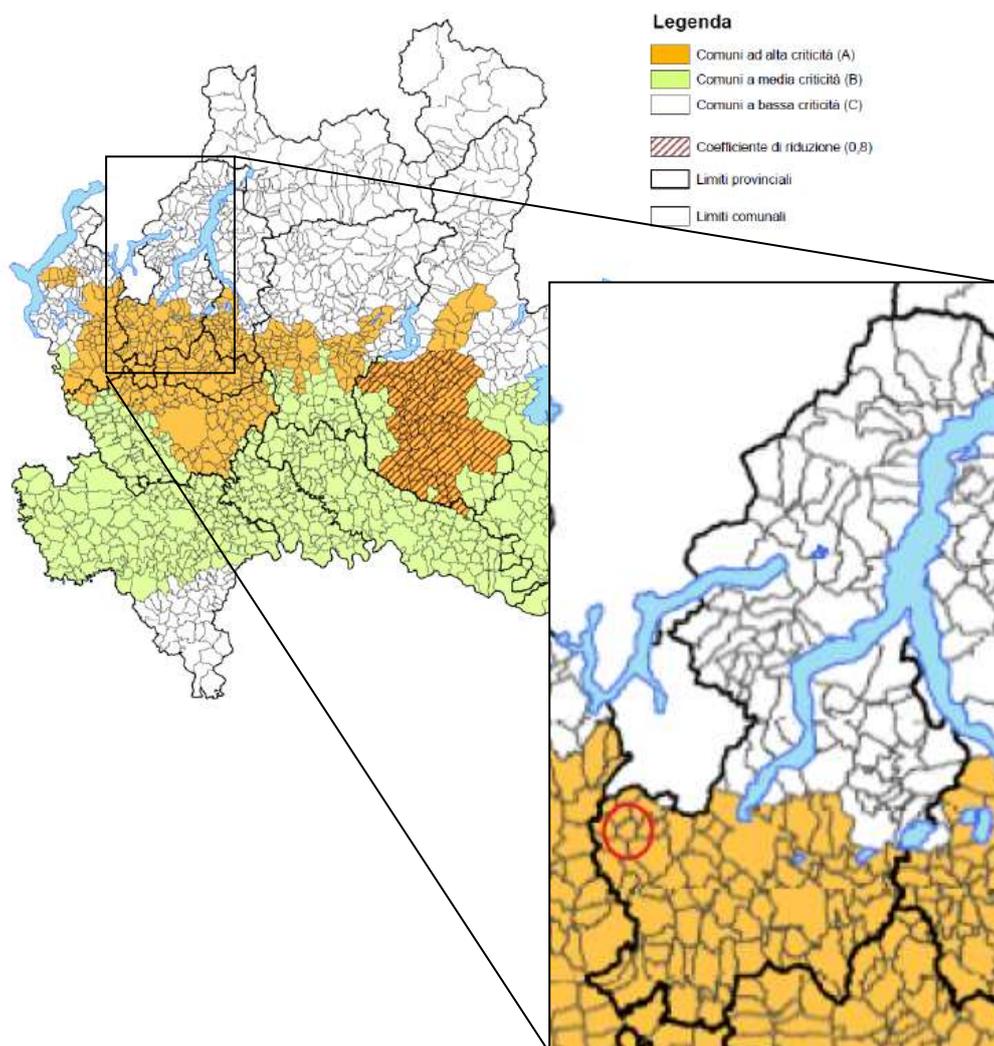
Comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei Comprensori di Bonifica e Irrigazione.

Aree C: aree a bassa criticità idraulica:

Comprendono i territori dei Comuni, elencati nell'Allegato B, non rientranti nelle aree A e B.

La rappresentazione della suddivisione del territorio regionale in tali aree è stata rappresentata cartograficamente e riportata nell'Allegato B del regolamento (vedi figura seguente).

Cartografia degli ambiti a diversa criticità idraulica:



Si osserva che il territorio del comune di Albioloè posto in classe ad ALTA CRITICITA' IDRAULICA "A".

2.3 Applicazione ai comuni a alta criticità idraulica

2.3.1 Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica ed idrologica e modalità di calcolo

Il regolamento propone una tabella che individua quattro classi di intervento in funzione dell'impermeabilizzazione potenziale prodotta dall'intervento stesso, dalla superficie interessata dall'intervento e dall'areale di interesse. La medesima tabella indica inoltre le modalità di calcolo da utilizzare in relazione alla classificazione di criticità dell'ambito territoriale ove è ubicato l'intervento.

Le modalità di calcolo hanno livello di complessità crescente in funzione sia della classe di importanza sia della classe di criticità dell'ambito territoriale.

CLASSE DI INTERVENTO		SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO	
				AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)	
				Area A, B	Area C
0	Impermeabilizzazione potenziale qualsiasi	≤ 0,03 ha (≤ 300 mq)	qualsiasi	Requisiti minimi articolo 12 comma 1	
1	Impermeabilizzazione potenziale bassa	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 mq a ≤ 1.000 mq)	≤ 0,4	Requisiti minimi articolo 12 comma 2	
2	Impermeabilizzazione potenziale media	da > 0,03 a ≤ 0,1 ha (da > 300 a ≤ 1.000 mq)	> 0,4	Metodo delle sole piogge (vedi articolo 11 e allegato G)	Requisiti minimi articolo 12 comma 2
		da > 0,1 a ≤ 1 ha (da > 1.000 a ≤ 10.000 mq)	qualsiasi		
		da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	≤ 0,4		
3	Impermeabilizzazione potenziale alta	da > 1 a ≤ 10 ha (da > 10.000 a ≤ 100.000 mq)	> 0,4	Procedura dettagliata (vedi articolo 11 e allegato G)	
		> 10 ha (> 100.000 mq)	qualsiasi		

Tabella riportante la classificazione degli interventi

Per gli interventi ricadenti in aree ad alta criticità idraulica (Aree A) come il territorio comunale di Albiolo, l'applicazione dei requisiti minimi (Art. 12) è consentita esclusivamente per i soli interventi che interessano una superficie ridotta con impermeabilizzazione potenziale bassa. Per i restanti interventi, le modalità di calcolo hanno livello di complessità crescente in funzione della classe di importanza.

2.3.2 Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica e idrologica

Il regolamento regionale individua in forma parametrica un range di volumi di invaso minimi da rispettare per il rispetto dei principi dell'invarianza idraulica.

A fronte dell'applicazione di una procedura di calcolo dettagliata il progettista è tenuto ad assumere come volume di dimensionamento il più cautelativo tra i valori derivanti dai requisiti minimi ovvero dalla procedura di calcolo.

Nella tabella seguente viene riportato il volume specifico standard di laminazione da applicare per gli interventi ricadenti in aree ad ALTA CRITICITA' IDRAULICA "A", come il territorio comunale di Albiolo.

Criticità dell'area	Volume specifico standard di laminazione
aree A ad alta criticità idraulica	800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

2.3.3 Valori massimi ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori

All'interno degli ambiti territoriali individuati in precedenza gli scarichi nel ricettore sono limitati mediante l'adozione di interventi atti a contenere l'entità delle portate scaricate entro valori compatibili con la capacità idraulica del ricettore e comunque entro i valori massimi ammissibili riportati nella tabella successiva, validi per interventi ricadenti in aree ad ALTA CRITICITA' IDRAULICA "A", come il territorio oggetto di studio.

Criticità dell'area	Portata massima di scarico in ricettore
aree A ad alta criticità idraulica	10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento

Come già anticipato in precedenza, i limiti alle portate di scarico sono ottenuti mediante l'adozione di sistemi finalizzati prioritariamente a favorire l'attenuazione della generazione dei deflussi meteorici a monte del loro scarico nel ricettore, mediante misure locali incentivanti l'evapotraspirazione, il riuso, l'infiltrazione, la laminazione diffusa e/o centralizzata.

Nel caso in cui, nonostante il ricorso ai sistemi precedentemente richiamati, sia comunque necessario realizzare lo scarico delle acque meteoriche nel ricettore, il medesimo scarico deve avvenire a valle di invasi di laminazione dimensionati per rispettare i suddetti limiti alle portate.

Per tenere conto di possibili eventi meteorici ravvicinati, lo svuotamento degli invasi deve avvenire in tempo massimo di 48 ore.

2.3.4 Metodologie di calcolo delle misure di invarianza idraulica ed idrologica per il rispetto dei limiti allo scarico

Il regolamento individua innanzitutto un orizzonte temporale di progettazione proiettato verso un tempo di ritorno pari a T=50 anni, cioè guarda a quegli eventi che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie. In aggiunta esso richiede che venga effettuata una verifica dei franchi di sicurezza per un tempo di ritorno pari a T=100 anni.

Esso definisce inoltre le modalità di calcolo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica, rimandando al sito internet di Arpa Lombardia, propone quindi alcune indicazioni per il calcolo del processo di infiltrazione ovvero i coefficienti di deflusso per il calcolo dello ietogramma netto, e da ultimo segnala le metodologie più adeguate al calcolo dei volumi di invaso per la laminazione.

Con particolare riferimento a quest'ultimo aspetto, il R.R. propone due approcci in relazione al tipo di impermeabilizzazione indotta dall'intervento edilizio.

Nello specifico esse sono:

- **Procedura semplificata** con il "*Metodo delle sole piogge*";
- **Procedura dettagliata**, basata sulla scelta di un opportuno ietogramma di progetto, del modello di trasformazione afflussi deflussi.

L'utilizzo delle due metodologie è individuato nella tabella precedentemente richiamata in funzione della classe di intervento e dell'Ambito territoriale di riferimento (vedi **Par. 2.3.1**).

2.4 Modalità di integrazione tra la pianificazione urbanistica comunale e gli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica

Al fine di integrare la pianificazione urbanistica a scala comunale con gli obiettivi di invarianza idraulica e idrologica, il regolamento regionale prevede che i comuni ricadenti nelle aree ad alta criticità idraulica come Albiolo debbano redigere uno "studio comunale di gestione del rischio idraulico".

I suddetti studi devono contenere la rappresentazione delle attuali condizioni di rischio idraulico presenti nel territorio comunale e delle conseguenti misure strutturali e non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle suddette condizioni di rischio.

A tale scopo, tra i contenuti da considerare nei suddetti studi c'è:

- l'individuazione dei ricettori che ricevono e smaltiscono le acque meteoriche di dilavamento, siano essi corpi idrici superficiali naturali o artificiali, quali laghi e corsi d'acqua naturali o artificiali, o reti fognarie;
- la delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza delle rete fognaria;
- l'individuazione delle aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti;

A tale fase di analisi, segue una fase di valutazione ed individuazione di proposte operative per la riduzione del rischio che vanno sotto la classificazione di:

- misure strutturali (quali vasche di laminazione con o senza dispersione in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, ecc.);
- misure non strutturali ai fini dell'attuazione delle politiche di invarianza idraulica e idrologica a scala comunale, quali l'incentivazione dell'estensione delle misure di invarianza idraulica e idrologica anche sul tessuto edilizio esistente, la definizione di una corretta gestione delle aree agricole per l'ottimizzazione della capacità di trattenuta delle acque da parte del terreno, nonché di altre misure atte al controllo e alla riduzione delle condizioni di rischio, ivi comprese misure di protezione civile, ecc.

È richiesta quindi l'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica, sia per la parte già urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione.

3. Caratteristiche fisiche del territorio

Nei paragrafi seguenti vengono sinteticamente analizzati i caratteri fisici del territorio di Albiolo di specifico interesse per la tematica del rischio idraulico e dei principi di invarianza idrologica ed idraulica.

3.1 Inquadramento e caratteri morfologici

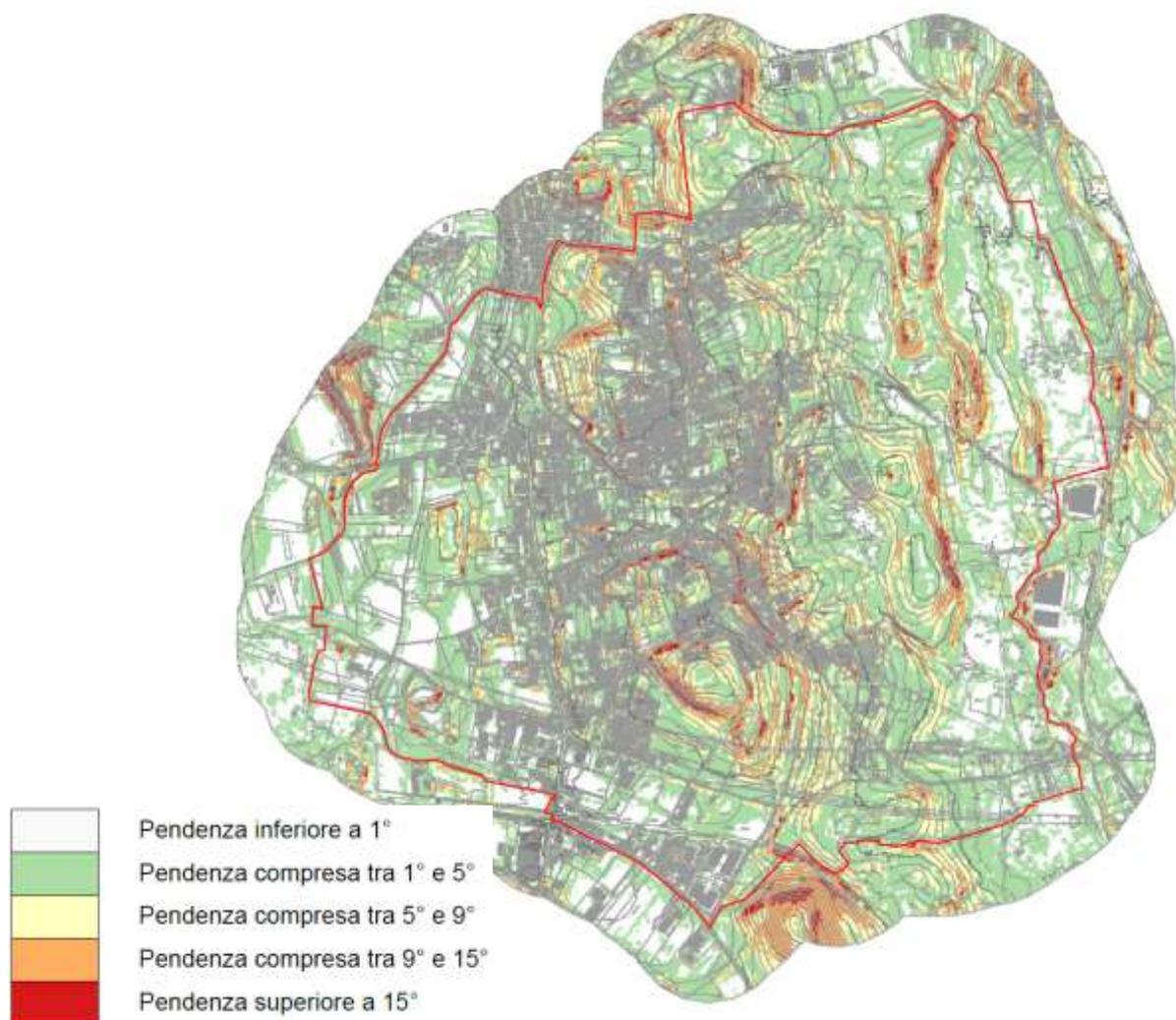
Il territorio del Comune di Albiolo è ubicato nel settore occidentale della Provincia di Como, nell'ambito collinare compreso tra il confine di stato a Nord e la Provincia di Varese ad Ovest. l'area è totalmente compresa nel quadrante A4E5 della Carta Tecnica Regionale.

Il territorio si posiziona in un contesto morfologico di raccordo tra i primi rilievi prealpini e la pianura lombarda, caratterizzato da una morfologia tipicamente glaciale con la presenza di cordoni morenici, terrazzi e piane fluvio-glaciali.

Tale morfologia conferisce all'area nella quale si è sviluppato l'abitato di Albiolo un aspetto variamente ondulato e con declivi relativamente dolci, con quote comprese tra circa 385 e 440 m s.l.m. (vedi *Andamento altimetrico del piano campagna* in **Tav. 1**).



Le pendenze sono generalmente blande, inferiori ai 5° in corrispondenza delle piane fluvio-glaciali e retroglaciali, e comprese tra i 5° e i 20° circa nelle aree terrazzate.



Carta delle pendenze

All'interno del territorio comunale è possibile individuare diversi ambiti geomorfologici.

Piane fluvio-glaciali: Lembi residui di piane fluvio-glaciali costituenti superfici terrazzate sulla pianura, ben conservati e solo marginalmente in erosione, a morfologia subpianeggiante o dolcemente ondulata. La pendenza è generalmente nulla o bassa (pendenza media pari al 2%).

Sul territorio di Albiolo tale ambito interessa la porzione occidentale, compresa tra il centro abitato e il confine comunale con Solbiate con Cagno.

Cordoni morenici recenti: Rilievi morenici comprendenti cordoni, spesso a morfologia netta e variamente pendenti (range modale delle pendenze 12-25%; range estremo 1-50%), e superfici di raccordo alle piane fluvio-glaciali o fluviolacustri costituite prevalentemente da

depositi colluviali di piede versante (range modale delle pendenze 5-7%; range estremo 2-20%).

Ad Albiolo tale ambito costituisce la porzione centrale dove si è sviluppato il centro abitato.

Piane glaciali e retroglaciali: superfici pianeggianti (pendenza media inferiore al 5%) riconducibili ad ambienti deposizionali di tipo glaciolacustre, comprendenti: 1) aree poco o moderatamente idromorfe, situate tipicamente al margine esterno di zone più idromorfe, specchi lacustri o corsi d'acqua e aree fortemente idromorfe per falda superficiale (conche lacustri prosciugate e aree prive di drenaggio esterno naturale o marginali a corsi d'acqua), talora con depositi organici e vegetazione spontanea igrofila.

Sul territorio di Albiolo tale ambito interessa la porzione orientale, compresa tra il centro abitato e il confine comunale con Uggiate – Trevano e Faloppio.

3.2 Caratteri idrografici

Il territorio comunale di Albiolo è interessato da una rete idrografica di importanza locale, concentrata esclusivamente nel settore orientale del territorio comunale, posto ad una quota altimetricamente inferiore rispetto al centro abitato, in una zona naturale perlopiù boscata e poco o nulla urbanizzata.

I corsi d'acqua presenti sul territorio sono compresi nel bacino idrografico del Torrente Lura, che scorre circa 500 m a Est dal confine con Faloppio.

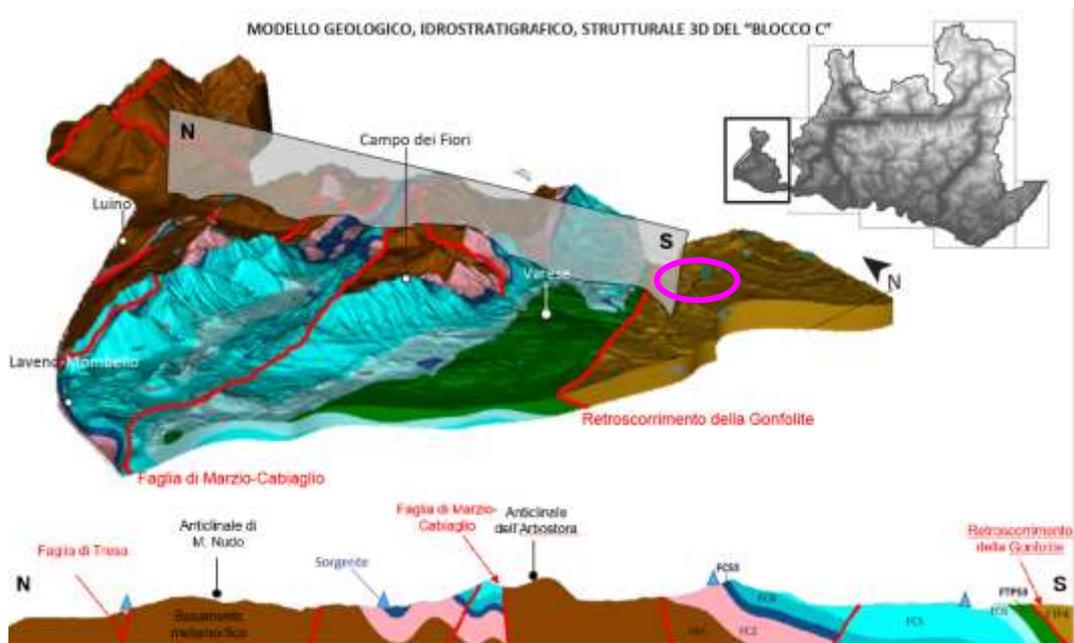
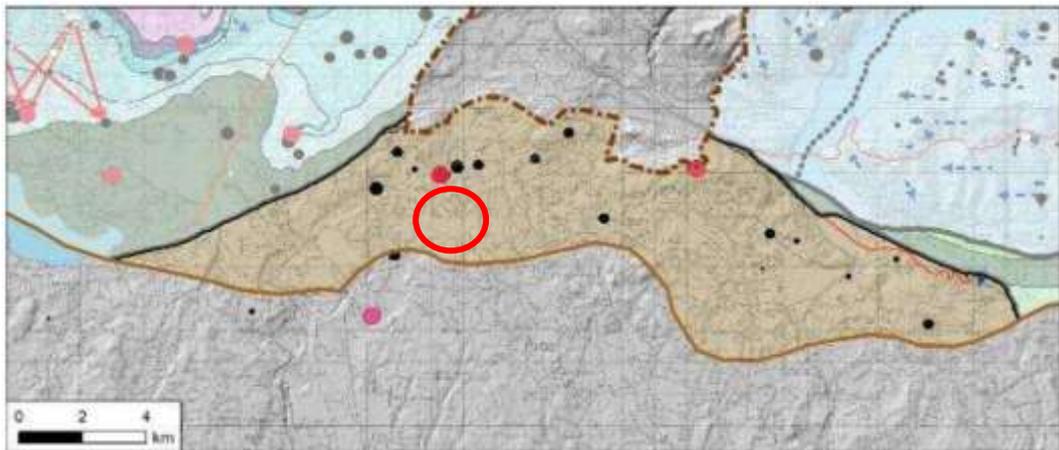
Nel **Cap. 6** viene descritto nel dettaglio l'assetto idrografico locale e vengono analizzati i risultati della modellazione idraulica effettuata per l'analisi del rischio legato alla rete naturale.

3.3 Caratteri idrogeologici

Dal punto di vista idrogeologico, il territorio comunale di Albiolo ricade nel gruppo idrostratigrafico denominato "Clastici della Gonfolite comasca" secondo la classificazione utilizzata nello studio "*Caratterizzazione dei corpi idrici sotterranei compresi nelle porzioni collinari e montane ai fini della tutela e gestione delle risorse idriche sotterranee*"¹.

Il Gruppo comprende il sistema acquifero "FTP4", corrispondente al cuneo clastico della Gonfolite Lombarda, limitato alla base dalle Marne di Chiasso (acquitardo/acquicludo denominato "FTPS4").

¹ Accordo di collaborazione fra Regione Lombardia e Università degli Studi di Milano-Dipartimento di Scienze della Terra – Settembre 2021



Carta idrostratigrafica del Gruppo 8 ed Estratto del modello 3D del Blocco "C – Varesotto".

I limiti del gruppo sono rappresentati dal retroscorrimento del cuneo clastico della Gonfolite sulla successione Mesozoica e dal limite del modello.

Per tale motivo non si escludono possibili scambi idrici sotterranei con le aree pedemontane avalle, appartenenti al gruppo degli acquiferi di pianura.

Localmente il territorio è suddivisibile in tre settori, analogamente alla struttura geologica riscontrata:

Settore occidentale – depositi fluvioglaciali

Corrisponde alla piana fluvioglaciale compresa tra il centro abitato e il confine comunale con Solbiate con Cagno, caratterizzata da successioni di depositi fluvioglaciali, che prosegue in direzione Sud – Ovest.

La mancanza di dati stratigrafici e piezometrici non consente di definire la tipologia e la profondità della falda, tuttavia, in base alle caratteristiche geologiche generali ed alla permeabilità dei litotipi, il sottosuolo dovrebbe essere caratterizzato da condizioni poco favorevoli per ospitare falde freatiche. Per quanto riguarda la presenza di falda, il livello statico dovrebbe essere attestato a considerevoli profondità.

Settore centrale – depositi glaciali

Corrisponde ai rilievi morenici su cui si è sviluppato l'abitato di Albiolo, con asse Nord – Sud che costituisce spartiacque/limite di bacino idrografico.

I depositi morenici presenti nel sottosuolo sono caratterizzati da permeabilità piuttosto bassa e pertanto non presentano caratteristiche favorevoli alla formazione di falde acquifere consistenti con deflusso definito.

Non si esclude tuttavia la presenza di falde sospese, anche a carattere temporaneo, che possono dar luogo a emergenze idriche in corrispondenza dei versanti di raccordo con le aree morfologicamente ribassate.

Settore orientale – depositi glaciolacustri

Corrisponde alle superfici subpianeggianti delle piane glaciali e retroglaciali presenti verso il confine comunale con Faloppio, riconducibili ad ambienti deposizionali di tipo glaciolacustre.

Solo in tale settore è stata accertata la presenza di una circolazione idrica sotterranea "attiva". Sono state riconosciute due falde:

- una più superficiale arealmente discontinua, contenuta entro i primi 5 – 6 m di profondità e sostenuta da lenti in materiale fine. In concomitanza il livello piezometrico tende a risalire e ad intersecare la superficie topografica, creando aree paludose;
- una più profonda, dalla quale attinge il pozzo comunale, il cui livello statico è da prevedersi a profondità di almeno 20 m da p.c., sulla base dei dati esistenti.

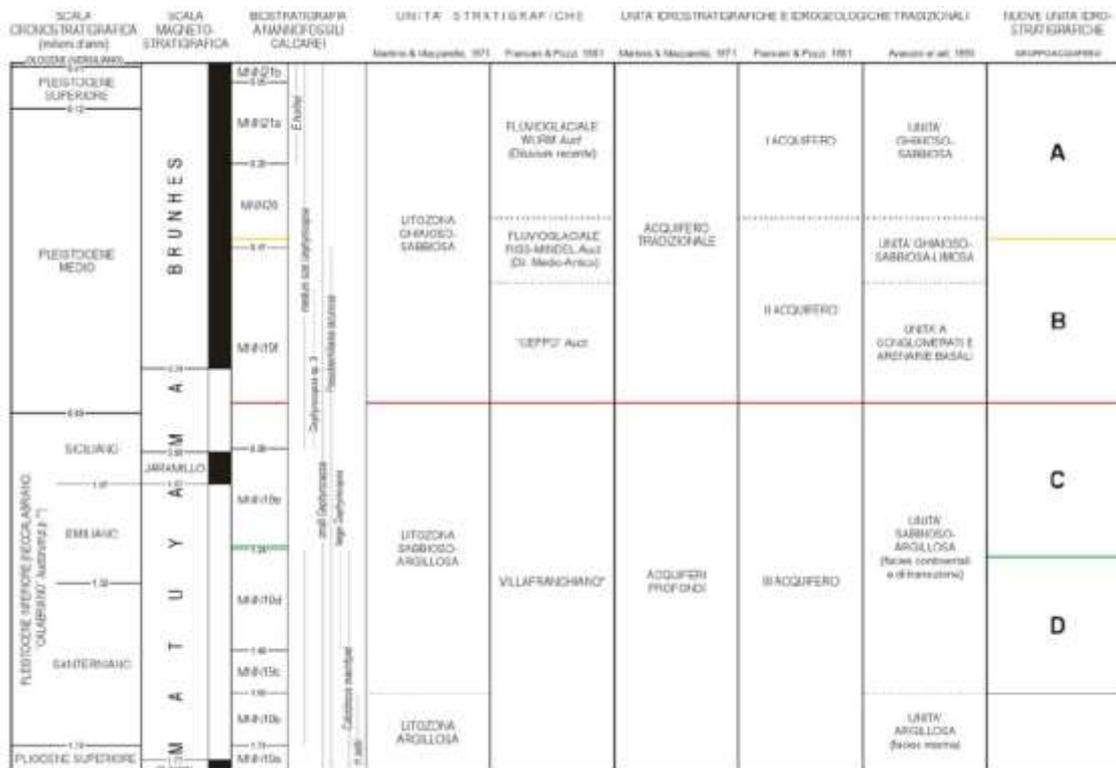
Non è possibile stabilire con certezza se esiste interscambio tra le due falde.

La mancanza di dati piezometrici sia sul territorio comunale che nell'intorno non consente di ricostruire la morfologia della superficie piezometrica della falda superiore. Pertanto in **Tav. 5** è stato riportato esclusivamente la direzione del flusso principale.

L'acquifero principale è riconoscibile fino a circa 90m di profondità ed è costituito da alternanze di livelli ghiaioso — sabbioso – ciottolosi e livelli conglomeratici, corrispondenti ai gruppi acquiferi A e B ("acquifero tradizionale") definiti nell'ambito dello studio "*Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia*" (vedi figura seguente).

La presenza di locali alternanze di depositi argillosi e cementati non esclude la presenza di più falde sovrapposte in parte semiconfiniate ed in parte intercomunicanti.

Oltre i 90 m di profondità è presente un potente banco di argilla e sabbie fossilifere (argille plioceniche).



Schema dei rapporti stratigrafici definito nell'ambito dello studio "Geologia degli Acquiferi Padani della Regione Lombardia".

Per quanto concerne la vulnerabilità intrinseca del territorio, cioè la facilità con cui un inquinante generico, idroveicolato, sversato sul suolo o nel primo sottosuolo, raggiunge la falda libera e la contamina, dipende sostanzialmente dai seguenti fattori:

- caratteristiche idrogeologiche degli acquiferi;
- soggiacenza della falda libera;
- spessore e continuità areale delle sequenze fini sommitali;
- presenza di centri di pericolo (cave in attività o cessate che raggiungono la superficie piezometrica, aree soggette a problematiche ambientali, distributori di carburante o strade di grande traffico);
- presenza di corsi d'acqua sospesi rispetto alla piezometrica media della falda e quindi direttamente alimentanti la falda stessa.

A partire dalle unità geologiche riconosciute sul territorio, sono state distinte diverse aree omogenee a diverso grado di vulnerabilità dell'acquifero. Per le stesse è stato indicato anche un grado di permeabilità rappresentativo dei terreni superficiali affioranti sulla base della litologia prevalente.

Depositi fluvioglaciali

Litologia: sabbie e ghiaie poligeniche con ciottoli a supporto di matrice limoso - argillosa. Copertura loessica limosa presente in superficie

Grado di vulnerabilità: medio – basso

Depositi glaciali

Litologia: ghiaie poligeniche, ciottoli e trovanti in matrice sabbioso - limoso - argillosa e depositi colluviali al piede dei versanti

Grado di vulnerabilità: medio – basso

Depositi glaciolacustri

Litologia: sabbie e limi con ghiaia in matrice limoso - argillosa e sabbie e ghiaie con alternanze argilloso - limose e/o lenti torbose. Presenza della falda a debole profondità e occasionalmente affiorante

Grado di vulnerabilità: variabile da medio ad elevato

3.4 Permeabilità dei terreni

Come già indicato, il territorio di Albiolo è suddivisibile in tre settori, analogamente alla struttura geologica riscontrata. L'ambito dei depositi glaciolacustri è a sua volta divisibile in due sottoambiti, caratterizzati dalla presenza/assenza di livelli argillosi e/o torbosi, condizionanti il grado di permeabilità. Le caratteristiche principali di tali aree sono di seguito descritte:

Zona A – Depositi fluvioglaciali

Caratteristiche morfologiche e geotecniche

Aree appartenenti all'ambito delle piane fluvioglaciali, a morfologia subpianeggiante o dolcemente ondulata, caratterizzate dalla presenza di terreni prevalentemente granulari sabbioso - ghiaiosi, con caratteristiche geotecniche da discrete a buone, ad eccezione dei primi metri (2-4 m), che migliorano con la profondità.

Drenaggio delle acque

Permeabilità media in superficie, da media ad elevata in profondità; permeabilità bassa in situazioni localizzate.

Zona B – Depositi glaciali

Caratteristiche morfologiche e geotecniche

Aree appartenenti all'ambito dei rilievi morenici, con blanda inclinazione, costituiti da terreni granulari prevalentemente ghiaioso - sabbiosi in matrice fine, con caratteristiche geotecniche variabili, ma generalmente discrete.

Drenaggio delle acque

Permeabilità variabile, generalmente compresa tra media e bassa.

Zona C1 – Depositi glaciolacustri

Caratteristiche morfologiche e geotecniche

Aree appartenenti all'ambito delle piane glaciolacustri, a morfologia pianeggiante, caratterizzate dalla presenza di terreni granulari prevalentemente sabbioso - limosi con ghiaia e presenza occasionale di torba, con caratteristiche geotecniche discrete a buone, ad eccezione dei primi 2 - 4 m, che migliorano con la profondità.

Drenaggio delle acque

Permeabilità medio - bassa in superficie, da media ad elevata in profondità.

Zona C2 – Depositi glaciolacustri

Caratteristiche morfologiche e geotecniche

Aree appartenenti all'ambito delle piane glaciolacustri, caratterizzate dalla presenza di terreni coesivi con caratteristiche geotecniche scadenti (alternanze argilloso - limose e/o lenti torbose nei primi 5-6 m di profondità).

Drenaggio delle acque

Permeabilità da media a bassa in superficie, da media ad elevata in profondità; presenza della falda a debole profondità e occasionalmente affiorante; locali fenomeni di ristagno delle acque superficiali.

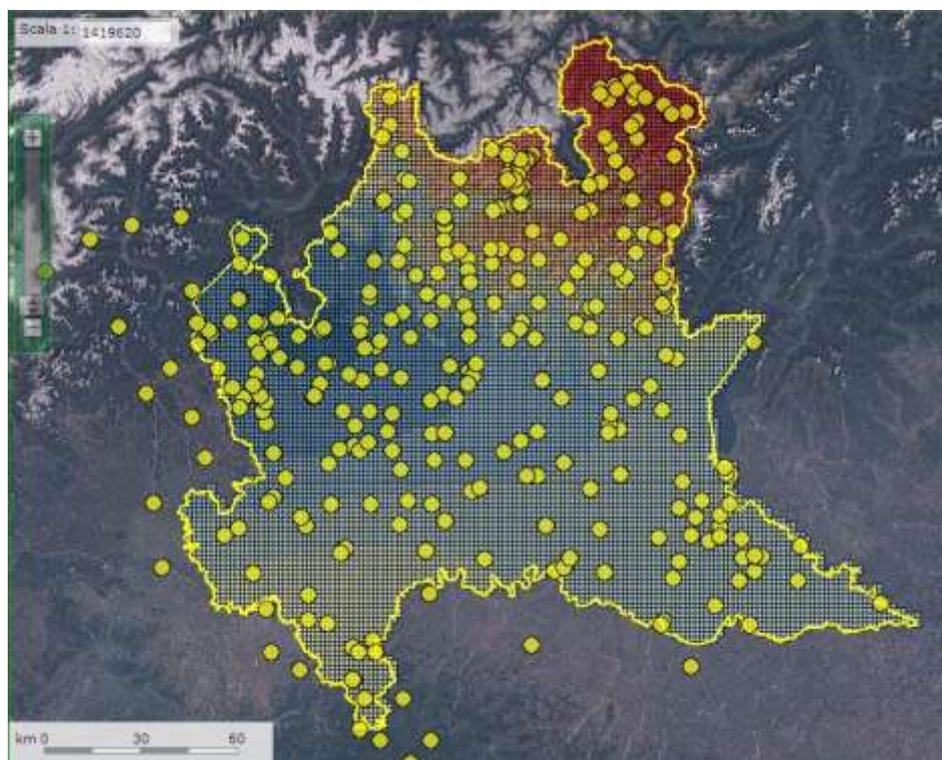
4. Definizione degli eventi meteorici di riferimento

Il Comune di Albiolo si inserisce nell'ambiente fisioclimatico della zona collinare morenica, subito a valle dei rilievi montuosi prealpini.

Dal punto di vista climatico, perciò, risente della protezione dell'arco alpino dai freddi venti settentrionali e dalle perturbazioni provenienti dal versante Nord alpino. Questo "effetto barriera", che i monti oppongono, altera le condizioni atmosferiche generali ed assicura un clima meno rigido con una maggiore impronta mediterranea. La stretta vicinanza con i laghi prealpini, inoltre, porta ad una mitigazione degli estremi di temperatura.

Le condizioni climatiche dell'area sono sostanzialmente di tipo continentale (anche se non paragonabile a quello delle aree continentali interne). Il regime pluviometrico nel territorio di interesse è di tipo "prealpino", caratterizzato in generale da stagioni autunnali e primaverili più piovose, in quanto la frequente presenza di correnti atlantiche, spesso associate a depressioni sul Mediterraneo, favorisce le cosiddette "piogge equinoziali". La precipitazione media annuale per il territorio di Albiolo è di circa 1.500 mm/anno.

I dati di pioggia sono stati desunti dal Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia (<http://idro.arpalombardia.it/>) ove è presente una fitta mappatura dei parametri per le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica di durata variabile (progetto STRADA – 2010/2012 – in partnership con ARPA Piemonte e Canton Ticino sul recupero di serie storiche di precipitazione ed aggiornamento delle curve di possibilità pluviometrica).



Per un'analisi completa si può fare riferimento sia a piogge di breve durata (compresa tra 1 e 24 ore), sia a piogge di più lunga durata (compresa tra 1 e 5 giorni). La scelta della durata della precipitazione di progetto ricade sulla tipologia di calcolo che deve essere eseguita ai fini delle stime idrauliche da effettuare. In linea di principio il dimensionamento di un collettore fognario viene eseguito avendo come riferimento la massima portata di piena che deve essere convogliata, una volta prefissato l'orizzonte del tempo di ritorno assunto come riferimento.

In questi casi la portata di piena si massimizza in corrispondenza del tempo di corrivazione del bacino idrografico che sottende la sezione di calcolo, in quanto è solo in occasione di tale istante che tutta la superficie scolante contribuisce al deflusso delle portate meteoriche. Definito il tempo di corrivazione del bacino, la portata di piena deve essere pertanto stimata assumendo un'intensità di pioggia dedotta dalle curve di possibilità pluviometrica che abbia durata pari al tempo di corrivazione medesimo.

Qualora si debba procedere alla valutazione di un volume di invaso che debba assolvere ad una funzione di laminazione di un evento di piena, l'evento di progetto non è più correlato in modo univoco al tempo di corrivazione, in quanto non è assolutamente vero che, in tale istante, sia massimo il volume dell'evento meteorico. Pertanto, definita la curva di possibilità pluviometrica di progetto, si deve procedere alla ricerca della durata dell'evento meteorico che massimizza il volume dell'intero evento. La funzione matematica che definisce il volume di un evento meteorico è infatti caratterizzata da un andamento crescente, seguito da un valore massimo ed un successivo andamento decrescente, ma il posizionamento del valore massimo non è noto a priori e può dipendere anche dalle caratteristiche del bacino idrografico medesimo.

Le curve di possibilità pluviometrica, che definiscono l'altezza di pioggia di assegnata durata e riferita ad un tempo di ritorno prefissato sono scritte nella forma:

$$h(D) = a_1 w_T D^n$$

dove:

h = altezza di pioggia

D = durata dell'evento pluviometrico

a_1 = coefficiente pluviometrico orario

w_T = coefficiente probabilistico legato al tempo di ritorno T

n = coefficiente di scala

La valutazione della portata di piena di progetto deve essere effettuata con riferimento ad uno specifico scenario di tempo di ritorno.

Il R.R. n. 7/2017 s.m.i. individua con tempo di ritorno di riferimento per la progettazione delle misure di invarianza idraulica pari a $T=50$ anni, cioè considera eventi che determinano un superamento anche rilevante delle capacità di controllo assicurate dalle strutture fognarie.

In aggiunta esso richiede che venga effettuata una verifica dei franchi di sicurezza per un tempo di ritorno pari a $T=100$ anni.

Nelle pagine seguenti sono riportati i parametri delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia.

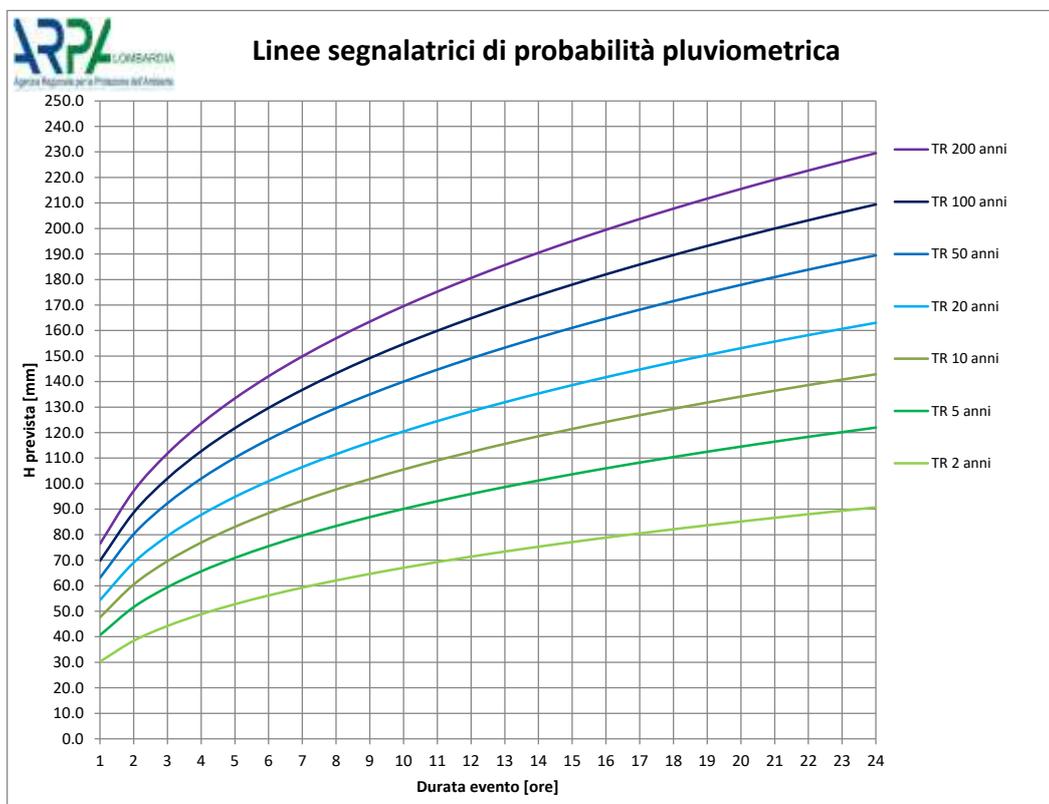
Va segnalato che i parametri caratteristici delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia si riferiscono generalmente a durate di pioggia maggiori dell'ora. Per durate inferiori per il parametro n andrà utilizzato il valore n = 0,5 in aderenza agli standard suggeriti dalla letteratura tecnica idrologica.

Oltre che per inquadrare le peculiarità pluviometriche locali, quanto di seguito indicato può essere utilmente utilizzato anche come riferimento per la valutazione della congruità del dimensionamento degli interventi di invarianza idraulica elaborati da soggetti proponenti interventi edilizi.

Parametri delle CPP per durate da 1 a 24 ore

$$a_1 = 32,27 \quad n = 0,345$$

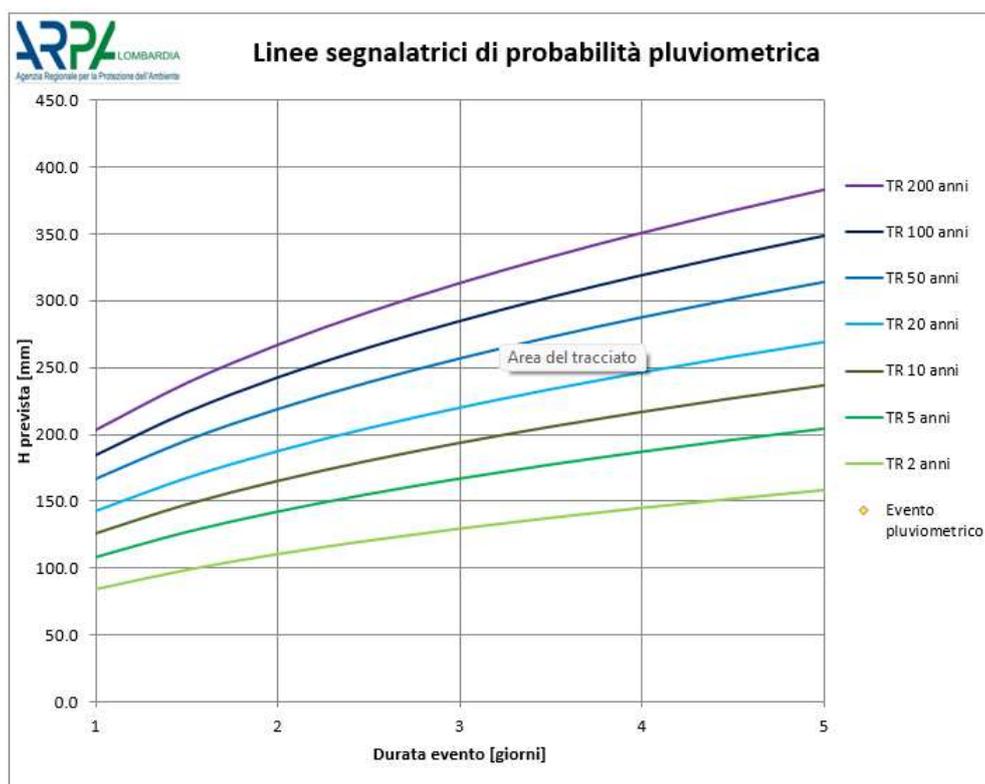
Tr (anni)	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93756	1,25998	1,47579	1,68458	1,95743	2,16384	2,37117



Parametri delle CPP per durate da 1 a 5 giorni

$a_1 = 25,4783$ $n = 0,394$

Tr	2	5	10	20	50	100	200
wT	0,93904	1,21518	1,40619	1,59725	1,86194	2,06919	2,27730



La risoluzione di un tema legato all'invarianza idraulica è principalmente un problema che comporta la ricerca del volume massimo che deve essere gestito mediante interventi di laminazione diffusa o localizzata sul territorio. Solitamente in ambito urbano è più che sufficiente fare riferimento alle curve di possibilità pluviometrica di durata compresa tra 1 e 24 ore, perché i tempi di corrivazione e gli eventi che massimizzano i volumi sono certamente compresi in tale range temporale.

Appare invece importante definire lo ietogramma di progetto, ovvero l'evento meteorico generato sinteticamente con l'obbiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento o alla verifica di qualche parte di una rete di drenaggio. In letteratura le tipologie di ietogramma maggiormente usate sono lo ietogramma costante e lo ietogramma Chicago descritte nel seguito.

4.1 Ietogramma costante

Lo ietogramma costante è certamente il più diffuso; esso è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento dell'intensità di pioggia sia costante durante tutta la durata. È quindi necessario specificare la durata dell'evento. In fase progettuale si procede per tentativi, associati a durate differenti, fino ad individuare quella che dà luogo al massimo valore della grandezza di interesse, sia essa una portata al colmo per il dimensionamento delle canalizzazioni, oppure un volume da immagazzinare per il dimensionamento di vasche volano. Il valore temporale che massimizza la variabile di progetto prende il nome di *durata critica*.

In linea del tutto generale, all'aumentare delle dimensioni del bacino di riferimento aumenta la durata critica dell'evento da considerare, cosicché le tubazioni più a monte devono essere dimensionate sulla base di eventi brevi, mentre man mano che si procede verso valle, devono essere considerati eventi sempre più lunghi.

Poiché per la definizione dello ietogramma costante ci si avvale delle curve di possibilità pluviometrica, esso risente delle ipotesi che sono alla base della loro definizione. In particolare il volume complessivo dell'evento risulta sottostimato rispetto agli eventi reali, e tale sottostima risulta più marcata per le durate più brevi; inoltre l'intensità costante è generalmente ben inferiore all'intensità di picco degli eventi reali. Queste due sottostime possono influire più o meno significativamente sui risultati dei calcoli e quindi, in definitiva, sul dimensionamento delle varie parti della rete.

4.2 Ietogramma Chicago

La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che, per ogni durata anche parziale, l'intensità media della precipitazione è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica.

Il volume di pioggia di assegnata durata \mathcal{G} viene definito in base alla curva di possibilità pluviometrica nella forma

$$h(\mathcal{G}) = a_1 \mathcal{G}^n$$

Le equazioni che definiscono lo ietogramma Chicago vengono ricavate ipotizzando che l'integrale della precipitazione fino all'istante \mathcal{G} sia coerente al volume di pioggia definito dalla curva di possibilità pluviometrica suddetta. In questo modo lo ietogramma ha, per ogni durata parziale \mathcal{G} , la stessa intensità media di quella fornita dalla curva di possibilità pluviometrica da cui è stato dedotto.

La costruzione analitica dello ietogramma presuppone inoltre di individuare un picco di intensità in corrispondenza di una durata inferiore alla durata complessiva \mathcal{G} , indicando con r ($0 < r < 1$) la posizione del picco rispetto alla durata complessiva.

Tralasciando gli sviluppi analitici, ne consegue quindi che lo ietogramma Chicago può essere definito da due equazioni che descrivono l'andamento dell'intensità di pioggia nel ramo ascendente prima del picco ed in quello discendente dopo il picco:

$$i(\vartheta_b) = n a (\vartheta_b / r)^{n-1} \quad \text{prima del picco}$$

$$i(\vartheta_b) = n a (\vartheta_a / (1-r))^{n-1} \quad \text{dopo il picco}$$

dove ϑ_b è il tempo contato dal picco verso l'inizio della pioggia, ϑ_a è il tempo contato dal picco verso la fine della pioggia ed r è il rapporto tra il tempo prima del picco e la durata totale dell'evento.

In questo modo l'andamento temporale dell'intensità è congruente, per ogni durata, con quello dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica.

Lo ietogramma Chicago ha l'indubbio vantaggio di essere poco sensibile alla durata di base, in quanto la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente crescenti, aggiungendo solamente "due code" all'inizio ed alla fine dell'evento. Inoltre se esso ha una durata sufficientemente lunga, risente in modo molto minore della sottostima dei volumi che invece caratterizza uno ietogramma costante.

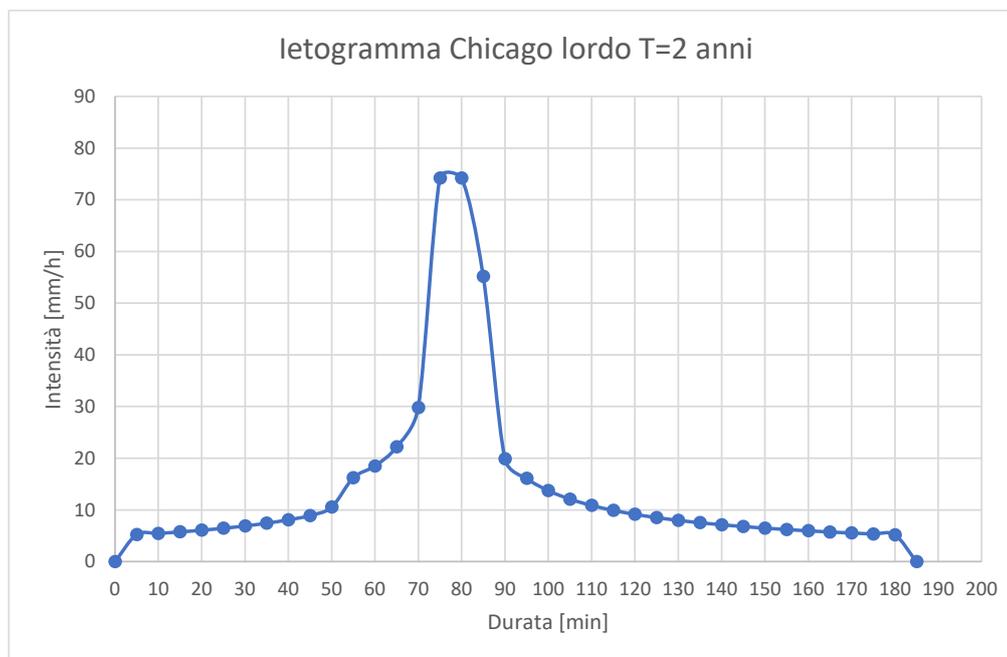
L'altro indubbio vantaggio deriva proprio dalla modalità in cui esso viene costruito; infatti contiene al suo interno le piogge critiche per tutte le durate parziali minori della durata complessiva; in questo modo il medesimo ietogramma può essere utilizzato come ietogramma di progetto per tutti i sottobacini di un medesimo bacino, senza la necessità di ricerca delle durate critiche di ognuno di essi, purchè la durata complessiva dello ietogramma sia complessivamente maggiore del tempo di corrivazione del bacino totale.

4.3 Ietogramma Chicago tarati sulle CPP di Albiolo

Nel seguente paragrafo si propongono gli ietogrammi Chicago lordi riferiti ai tempi di ritorno di 2, 5, 10 e 50 anni che saranno assunti come riferimento la modellazione della rete fognaria comunale. La durata dello ietogramma di progetto è stata fissata in 3 ore (180 minuti) ritenuta sufficientemente estesa per considerare anche il più esteso tempo di concentrazione della rete; la posizione del picco di intensità è stata assunta pari a $r=0,4$ come di norma effettuato in base alla letteratura di settore. Poiché lo ietogramma è riferito a piogge lorde, la depurazione per effetto delle differenti tipologie di impermeabilizzazione del territorio sarà eseguita dal modello di calcolo all'interno di ogni singolo sottobacino elementare.

letogramma Chicago T=2 anni:

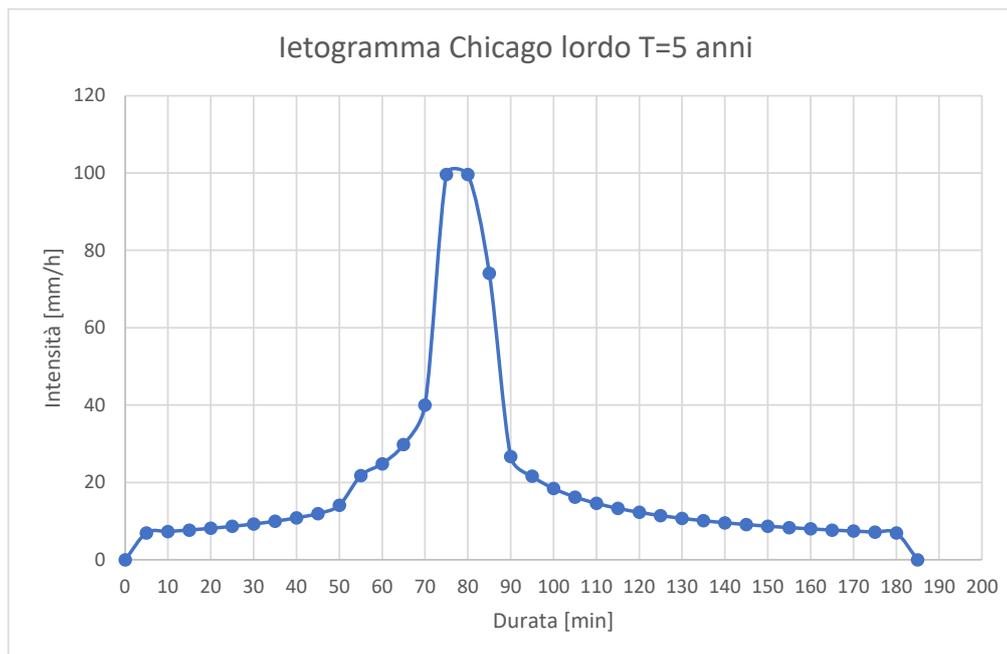
Parametri delle CPP: $a = 30,25 \text{ mm}$ $n = 0,5 - 0,345$ rispettivamente per durate inferiori all'ora e superiori all'ora.



Volume lordo di pioggia complessivo dello ietogramma = 43,13 mm

letogramma Chicago T=5 anni:

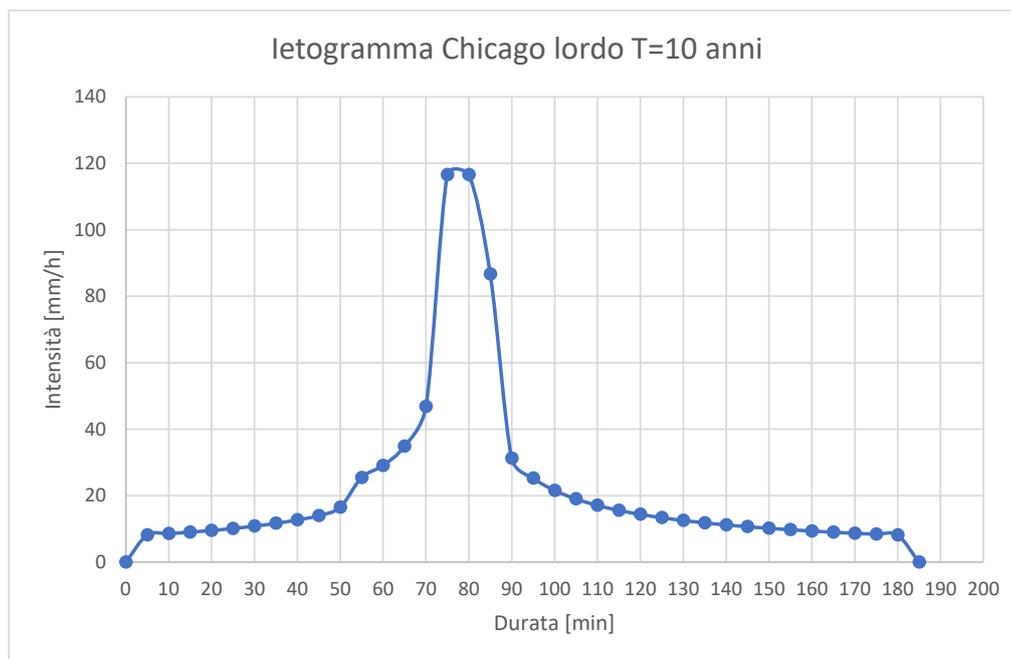
Parametri delle CPP: $a = 40,66 \text{ mm}$ $n = 0,5 - 0,345$ rispettivamente per durate inferiori all'ora e superiori all'ora.



Volume lordo di pioggia complessivo dello ietogramma = 57,93 mm

letogramma Chicago T=10 anni:

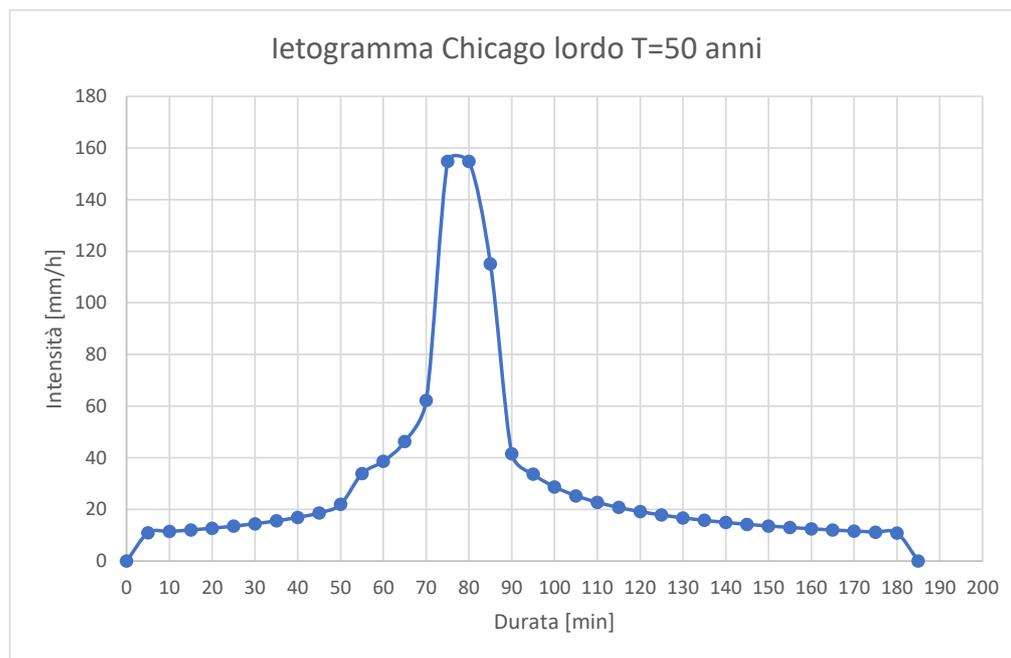
Parametri delle CPP: $a = 47,43 \text{ mm}$ $n = 0,5 - 0,345$ rispettivamente per durate inferiori all'ora e superiori all'ora.



Volume lordo di pioggia complessivo dello ietogramma = 67,75 mm

letogramma Chicago T=50 anni:

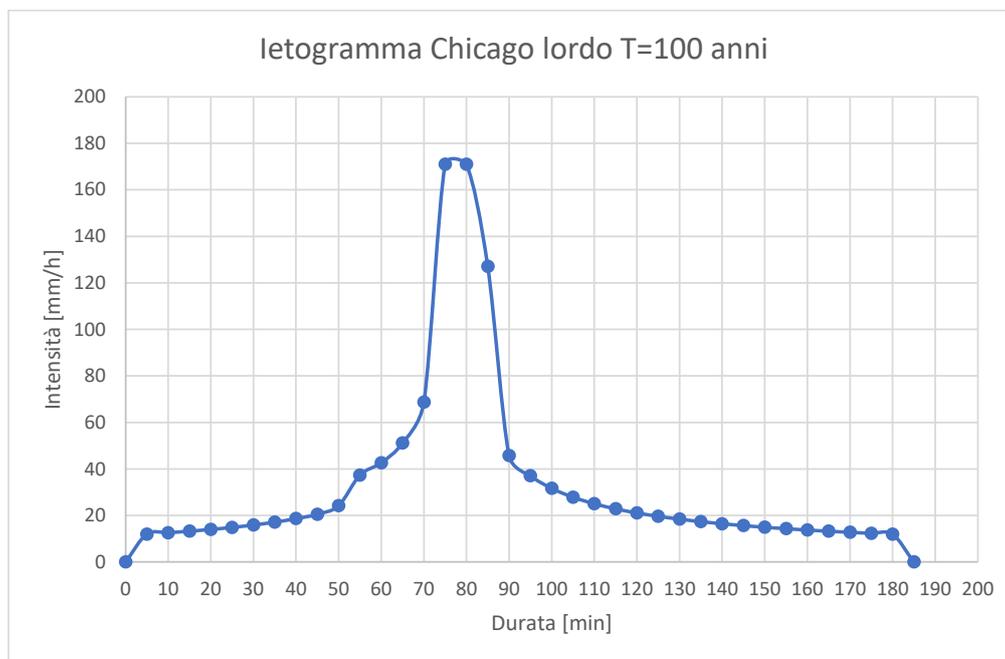
Parametri delle CPP: $a = 63,25 \text{ mm}$ $n = 0,5 - 0,345$ rispettivamente per durate inferiori all'ora e superiori all'ora.



Volume lordo di pioggia complessivo dello ietogramma = 89,95 mm

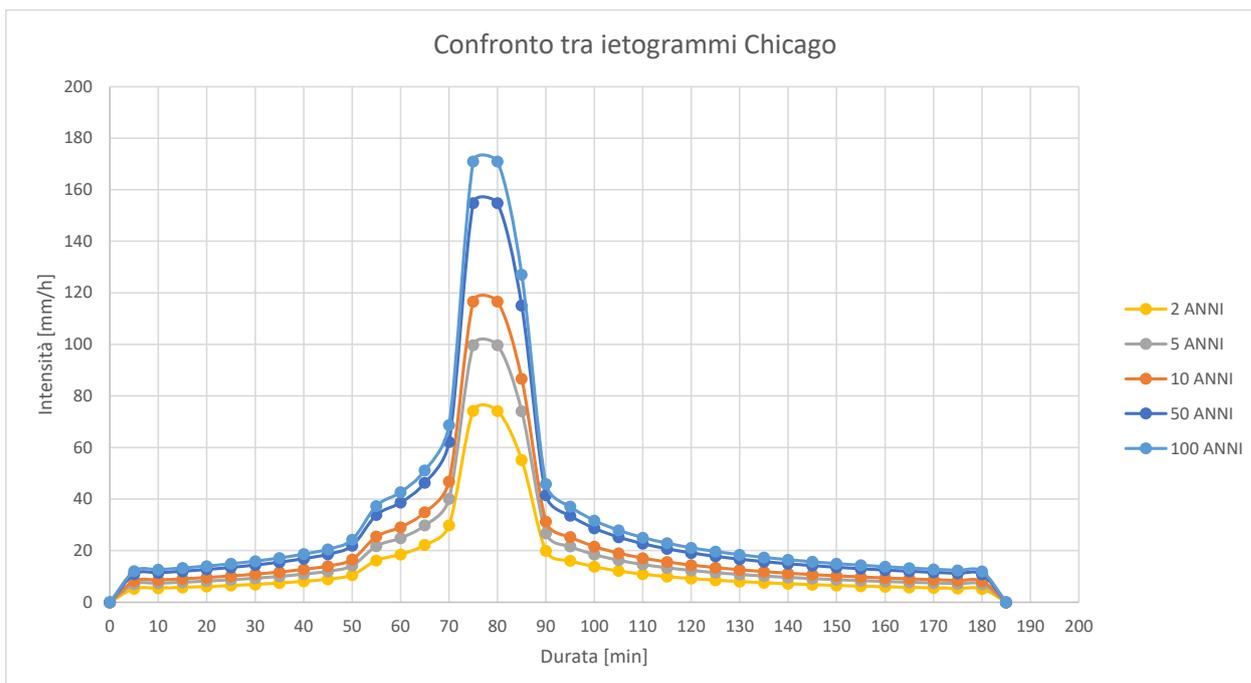
Ietogramma Chicago T=100 anni:

Parametri delle CPP: $a = 69,70 \text{ mm}$ $n = 0,5 - 0,345$ rispettivamente per durate inferiori all'ora e superiori all'ora.



Volume lordo di pioggia complessivo dello ietogramma = 99,35 mm

Il grafico che segue riassume tutti gli istogrammi chicago presi in esame e permette un rapido raffronto tra gli stessi.



5. La rete fognaria comunale – modellazione idraulica

5.1 Analisi rete fognaria e dei suoi elementi compositivi

In **Tav. 1** è rappresentato lo schema della rete fognaria del Comune di Albiolo, così come desunto dalla documentazione fornita.

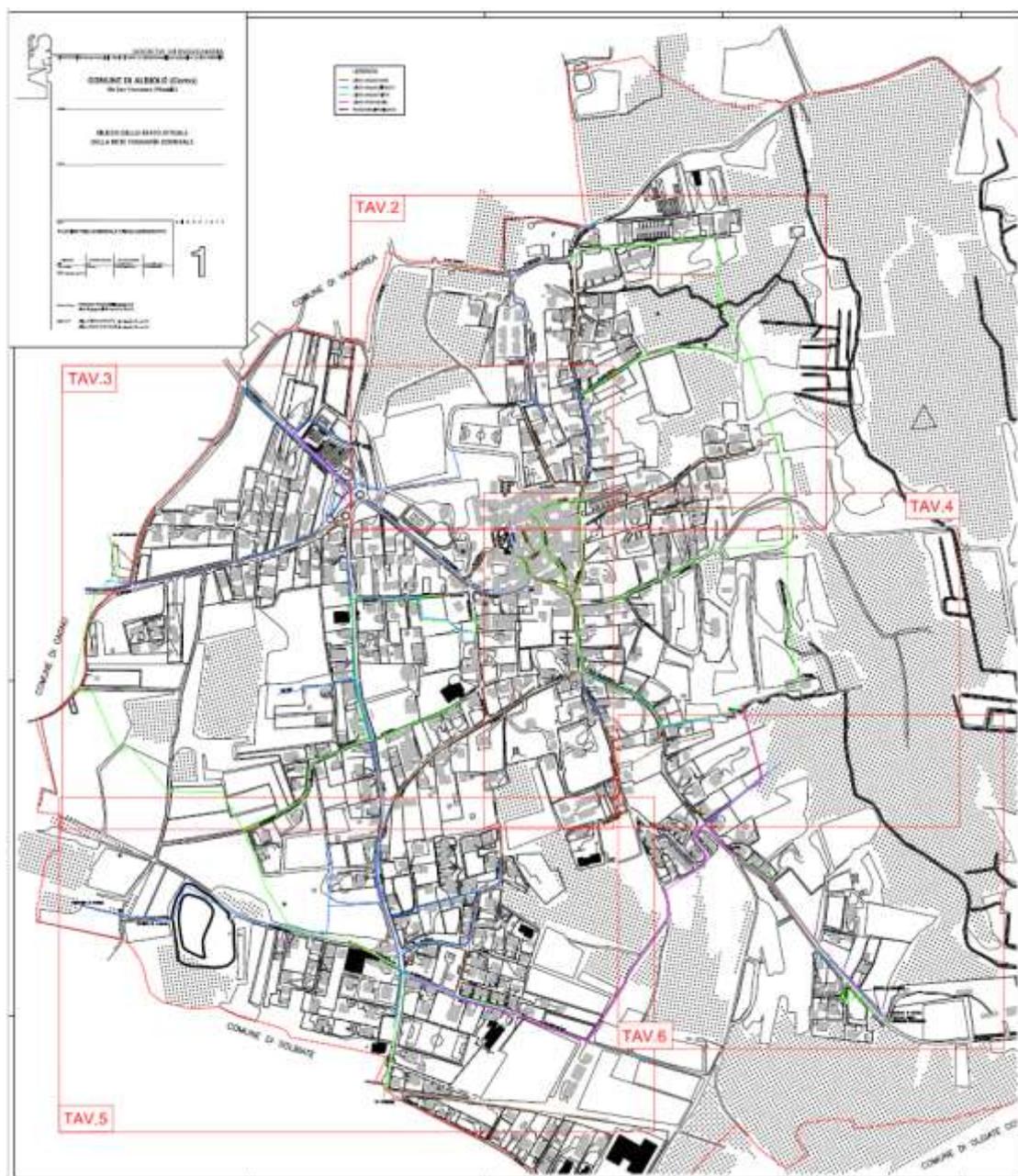
Nel corso dell'anno 2008 la Società di Ingegneria LAPIS S.r.l. ha predisposto un rilievo dello stato attuale della rete fognaria comunale. All'interno di tale studio, l'elaborato IC, propone una visione di insieme del sistema fognario comunale, con la segnalazione di alcune criticità a suo tempo riscontrate e variamente dislocate sul territorio comunale. La tavola citata raffigura una suddivisione delle linee delle acque fognarie in relazione alla loro destinazione, ed in particolare:

- linea acque nere;
- linea acque bianche;
- linea acque miste;
- linea pompaggio;

La tav. 1 dello studio citato costituisce il quadro di unione di ulteriori 5 elaborati grafici che rappresentano, a scala di maggiore dettaglio, lo sviluppo dell'intera rete.

Gli elaborati grafici del rilievo generale della fognatura sono stati utilizzati come supporto per la ricostruzione del modello idraulico della rete fognaria sulla base dei dati resi disponibili in ambiente GIS da COMOACQUA, gestore del sistema fognario.

Pertanto la ricostruzione del modello della rete è stata ottenuta principalmente sulla base dei dati grafici e tabellari forniti in ambiente GIS, assumendo il supporto cartografico sopra descritto come solo elemento di confronto per valutazioni generali di coerenza e congruenza.



Operando in ambiente GIS si è proceduto ad effettuare una suddivisione della rete secondo la classificazione dei collettori data dalla variabile "SYS TYPE" che dovrebbe corrispondere alla tipologia di tubazione in ordine al loro utilizzo, ovvero nera, bianca o mista.

Un primo controllo incrociato effettuato con l'elaborato dei rilievi della rete realizzati nell'anno 2008 lascia ipotizzare la seguente corrispondenza:

- Sys Type: A = rete nera;
- Sys Type: B = rete bianca;
- Sys Type: C = rete mista.

Operata la classificazione secondo il suddetto criterio, il successivo confronto grafico con il rilievo del 2008 non dà evidenza di una completa sovrapposizione. Se da un lato vi è una quasi completa corrispondenza tra le reti di tipo meteorico, la classificazione della rete nera e mista non trova sempre una perfetta corrispondenza tra le due rappresentazioni.

In definitiva i dati resi disponibili da COMOACQUA non consentono di effettuare una puntuale ripartizione dei collettori in base alle differenti tipologie a cui gli stessi sono deputati; è tuttavia possibile fornire una sintesi degli elementi principali che hanno consentito di ricostruire il modello di calcolo ed in particolare:

- n. 310 nodi corrispondenti a camerette di ispezione;
- n. 318 collettori;
- n. 13 recapiti;
- n. 108 bacini urbani scolanti;

La rete fognaria presenta un sistema di pompaggio in corrispondenza dell'ex area del depuratore; tale elemento non è stato considerato nella modellazione della rete; in primo luogo perché non se ne conoscono le caratteristiche ed in secondo luogo in quanto il suo funzionamento non influisce sullo schema fognario interno al tessuto urbano. Le portate rilanciate all'interno della rete costituiscono una frazione marginale rispetto a quelle di natura meteorica che durante gli eventi di assegnato tempo di ritorno gravano sulla rete.

La rete fognaria comunale si è sviluppata secondo la giacitura orografica dell'intero territorio. Dall'esame cartografico è evidente una sorta di spartiacque che scinde il territorio comunale in due porzioni principali:

- una si sviluppa verso est a partire dal centro storico individuato dall'allineamento individuato da P.zza della Chiesa e P.zza Italia e segue il sedime stradale delle vie Mazzini, Roma e della Fontana. Da questa direttrice hanno poi origine dorsali secondarie, quasi ortogonali alla prima, che si sviluppano lungo le vie Manzoni, Prevosa e per Gaggino per poi allacciarsi alla dorsale che converge verso la stazione di sollevamento;
- una seconda porzione del sistema fognario si sviluppa ad ovest del centro storico seguendo alcune dorsali stradali tra le quali quella di via San Francesco a cui fa seguito via per Caversaccio; ad esse si aggiungono la dorsale di via per Cagno che si sviluppa quasi ortogonalmente alle due precedenti e via Pozzi; quest'ultima prosegue poi con il nome di via Mazzini fino all'intersezione con le vie Quarto dei Mille e L. Da Vinci (poi strada consortile di Bosceora). Anche in questo caso la direttrice rappresentata dalle vie Pozzi e Mazzini rappresenta un allineamento a cui convergono e da cui partono dorsali secondarie. Il punto di recapito finale è costituito dalla dorsale ubicata ad Ovest e che costituisce la confluenza dei collettori in arrivo dalle vie Pozzi e da Via L. Da Vinci.

La varietà di collettori presenti sul territorio comunale rende particolarmente complessa l'analisi idraulica del sistema fognario ed in particolare la costruzione di un modello idraulico che renda conto in modo inequivocabile del funzionamento della rete; ciò principalmente perché non vi è una netta distinzione netta tra collettori di tipo meteorico e quelli di tipo misto sull'intero territorio comunale. In alcune porzioni urbane sono presenti unicamente

reti nere che tuttavia confluiscono all'interno di dorsali di tipo misto ubicate più a valle. In base a questo scenario non è possibile attribuire in modo certo ed univoco le portate di natura meteorica drenate dai bacini urbani scolanti individuati verso i collettori presenti lungo il sedime stradale. Diverso sarebbe lo scenario qualora vi fosse un'unica tubazione di tipo misto.

Laddove si è riscontrata la presenza di un sola rete nera, ad essa è stata attribuita la totalità delle acque meteoriche in arrivo dai bacini scolanti perimetrati nel modello idraulico; è questo il caso ad esempio delle vie Cavour e Manzoni. In questo caso la rete nera confluisce poi in dorsali di tipo misto ubicate più a valle.

Questa ipotesi operativa è stata fatta anche nel caso in cui fosse presente una sola rete di tipo misto, ma tale assunzione è del tutto coerente con il funzionamento reale del collettore medesimo.

Nei punti in cui si è riscontrata la presenza di una dorsale meteorica e di una dorsale di tipo misto, come ad esempio su via Pozzi, via dei Chiusi o via per Gaggino, è stata comunque effettuata una ripartizione, seppur arbitraria, dei deflussi meteorici tra i due collettori. Ciò perché, stante la presenza del collettore a servizio delle acque meteoriche, non è dato sapere se alla sua posa è seguita poi una completa sconnessione degli afflussi meteorici verso la rete di tipo misto. È del tutto probabile che alla posa della rete meteorica abbia fatto seguito la connessione delle caditoie stradali ma non è detto che le acque meteoriche provenienti dagli insediamenti urbani siano state allacciate alla nuova rete.

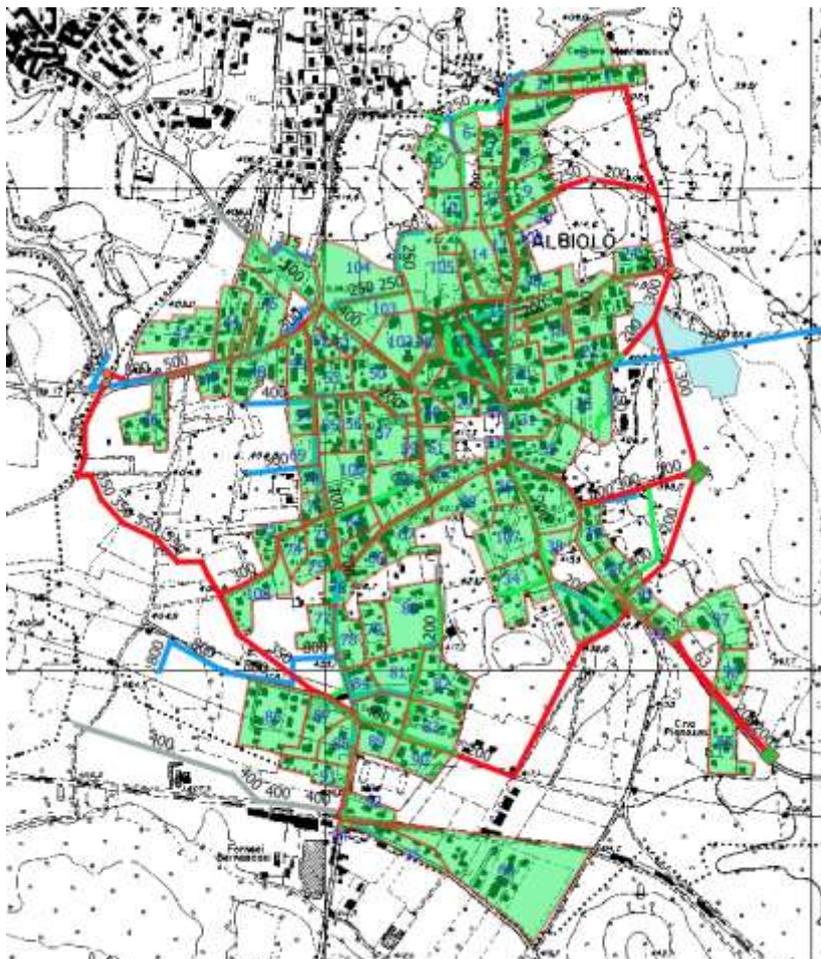
5.2 La modellazione idraulica della rete fognaria comunale

Il presente capitolo si propone lo scopo di illustrare l'attività di modellazione idraulica relativa alla rete di fognatura a servizio del territorio comunale di Albiolo. In particolare l'obiettivo è quello di verificare il funzionamento della rete fognaria definendone contestualmente le principali criticità.

L'analisi è stata condotta con il software open source SWMN che ha consentito di implementare un modello matematico della rete di scarico urbana sulla base dei dati del rilievo geometrico e topografico georeferenziato.

In particolare si è proceduto alla costruzione del modello della rete sulla base dei dati forniti da COMOACQUA; la coerenza degli stessi dati è stata quindi verificata sulla base del rilievo della rete realizzato nel 2008 e già citato ai paragrafi precedenti.

Si è quindi proceduto alla perimetrazione dei bacini urbani scolanti secondo una discretizzazione ritenuta sufficiente a rappresentare gli apporti meteorici verso i collettori, attribuendo le aree scolanti ai nodi del modello di calcolo, corrispondenti alle camerette del sistema fognario.



Schema del modello di calcolo e suddivisione in bacini della rete scolante urbana

Per ognuno dei sottobacini elementari in cui è stato discretizzato il modello si è quindi proceduto ad effettuare una valutazione della percentuale di superficie impermeabile in esso presente; in particolare si è proceduto ad effettuare l'intersezione di ogni singolo sottobacino elementare con le superfici stradali e le coperture degli edifici.



**Sovrapposizione dei bacini della rete scolante urbana
con le superfici stradali e le coperture degli edifici**

Il suddetto procedimento è stato ritenuto fondamentale per avere una prima valutazione della percentuale di superficie impermeabile afferente ad ogni sottobacino e, all'interno di tale valore, dell'incidenza delle superfici stradali.

I parametri idrologici che regolano i processi afflussi/deflussi sono stati assegnati sulla base di dati di letteratura che vengono richiamati all'interno del manuale dell'utente del software di simulazione.

5.3 Condizioni idrologiche al contorno

In ottemperanza alle linee guida per la redazione degli studi comunali di gestione del rischio idraulico comunale si procederà nel seguito alla definizione dei parametri principali di input del modello.

5.3.1 Tempo di ritorno dell'evento pluviometrico

Il R.R. 7/2017 s.m.i. indica espressamente i tempi di ritorno che devono essere utilizzati per la costruzione dell'evento meteorico di progetto. L'art. 14 comma 7 indica che:

lo Studio Comunale contiene la definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.

Il valore di 10 anni riprende il valore soglia adottato normalmente in Lombardia per il dimensionamento delle reti fognarie.

I TR più elevati (50 e 100 anni) sono invece i medesimi imposti dall'Art. 11 del regolamento per il dimensionamento delle opere di invarianza (50 anni per il dimensionamento, 100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza).

In analogia a quanto effettuato dagli scriventi su altri studi analoghi, si è proceduto anche all'analisi del comportamento della rete in occasione di evento meteorici caratterizzati da un tempo di ritorno inferiore, in particolare 2 e 5 anni.

L'analisi di questi scenari risulta particolarmente importante perché evidenzia fin da subito le prime zone che manifestano insufficienze anche a fronte di eventi meteorici molto frequenti. I risultati di questa verifica possono così essere considerati i più rappresentativi nei confronti delle principali criticità.

5.3.2 Durata dell'evento critico

Come per i bacini idrografici naturali anche per i bacini di drenaggio urbano si deve definire un tempo di corrivazione che in questo caso viene chiamato tempo di concentrazione t_c . Esso è il tempo impiegato dalla particella idraulicamente più sfavorita, cioè quella che cade nel punto più lontano del bacino, ad arrivare nella sezione di chiusura o punto di scarico del sistema nel ricettore finale (nel caso di più punti di scarico si deve valutare il punto avente il percorso associato con il maggiore tempo di percorrenza). Il concetto che sta alla base tempo di concentrazione è piuttosto intuitivo: fino a quando l'acqua caduta sul punto più lontano non avrà raggiunto la sezione di chiusura la portata di piena non sarà raggiunta poiché non tutte le superfici scolanti del bacino avranno contribuito con la loro aliquota di deflusso superficiale a generare la portata al colmo.

Correttamente di solito il tempo di concentrazione viene scelto quale durata dell'evento critico o di progetto poiché è quel tempo che manderà in crisi il sistema di drenaggio. Infatti, se si considerasse un tempo di durata dell'evento di progetto inferiore questo non determinerebbe lo sviluppo completo della piena e quest'ultima si esaurirebbe prima della

messa in crisi del sistema. Al contrario, se l'evento di progetto avrà un tempo superiore a quello di concentrazione la piena nella sezione di chiusura, e certamente anche nel sistema a monte, sarà pienamente sviluppata e manderà in pressione le condotte se non atte a ricevere quella determinata pioggia.

Nel caso specifico il tema è stato affrontato indirettamente andando a scegliere un idrogramma di progetto di tipo Chicago che avesse una durata sufficientemente lunga da ricomprendere il tempo di concentrazione della rete di drenaggio urbana. Il tema sarà esplicitato meglio al paragrafo successivo.

5.3.3 Ietogramma di progetto

Le simulazioni condotte con il modello di calcolo sono state eseguite sulla base di uno ietogramma sintetico che avesse durata certamente maggiore rispetto al tempo di concentrazione della rete.

Uno ietogramma di progetto "artificiale" o "sintetico" è caratterizzato:

- dalla durata totale t_p dell'evento, generalmente uguale al tempo di concentrazione t_c ;
- dall'altezza di pioggia totale h_p ricavata dalla LSPP associata al TR di riferimento;
- dalla distribuzione nel tempo dell'altezza di pioggia totale h_p .

Nel caso specifico è stato adottato uno ietogramma di tipo Chicago avente durata pari a 180 minuti e quindi certamente maggiore del tempo di concentrazione di tutta la rete di drenaggio urbano. Questa tipologia è la più utilizzata per il dimensionamento delle reti scolanti in quanto permette di simulare eventi meteorici intensi e concentrati, con portate al colmo relativamente maggiori rispetto agli altri ietogrammi.

La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Lo ietogramma Chicago presenta un picco di intensità in una posizione che può essere fissata a priori (all'inizio, alla fine o in una posizione intermedia) – nel caso in esame il tempo di picco è stato posizionato a 0,4 rispetto alla durata complessiva della precipitazione t_p .

Lo ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base. Inoltre, esso, pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, risente solo in minima parte, se la durata complessiva è sufficientemente lunga, della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse.

5.4 Modelli idrologici afflussi deflussi

La costruzione di un modello idrologico di qualsivoglia bacino, che sia esso urbano o rurale, deve portare alla simulazione di un qualunque evento meteorico osservandone la conseguente risposta in base a come esso è stato geometricamente costruito ed in base al

modello di afflussi/deflussi che si è deciso di adottare per riprodurre i fenomeni di infiltrazione, ovvero delle perdite idrologiche.

Nel caso specifico sono stati inseriti come input degli ietogrammi sintetici di progetto lordi mentre il processo di trasformazione afflussi deflussi avviene all'interno di ogni singolo bacino elementare sulla base delle caratteristiche pedologiche degli stessi. In primo luogo per ognuno dei bacini elementari è stata stimata la percentuale di superficie impermeabile attribuibile alle strade e per differenza quella riconducibile alle restanti aree variamente permeabili.

La metodologia adottata per simulare il processo di trasformazione afflussi deflussi è il cosiddetto CN del Natural Resources Conservation Service in quanto ritenuta il miglior compromesso tra la capacità di interpretare il fenomeno di interscambio con il sottosuolo e la possibilità di agire sui parametri semplici con l'obiettivo di calibrare la risposta del modello.

In definitiva si è operato secondo una metodologia che risultasse:

- semplice;
- sensibile alla variazione di pochi parametri anche non rigorosamente basati sulla fisica del processo di infiltrazione ma concettualmente correlati alle caratteristiche di uso del suolo;
- non strettamente dipendenti dalle condizioni iniziali del suolo;

Nell'ambito del modello di Albiolo sono state usate unicamente due classi di valori per valutare la capacità di infiltrazione dei terreni, a seconda che si trattasse di aree urbane afferenti l'edificato di natura residenziale, ovvero di aree riconducibili alle pertinenze delle zone industriali o comunque ritenute meno permeabili.

Nella scelta dei parametri che definissero le caratteristiche del suolo sulla base del metodo CN, si è partiti dall'ipotesi che i terreni su cui si sviluppa l'edificato di Albiolo rientrino all'interno del gruppo A, ovvero suoli caratterizzati da una bassa tendenza al deflusso superficiale e quindi un'elevata capacità di infiltrazione, secondo le indicazioni riportate nella tabella successiva.

NRCS Hydrologic Soil Group Definitions

Group	Meaning	Saturated Hydraulic Conductivity (in/hr)
A	Low runoff potential. Water is transmitted freely through the soil. Group A soils typically have less than 10 percent clay and more than 90 percent sand or gravel and have gravel or sand textures.	> 1.42
B	Moderately low runoff potential. Water transmission through the soil is unimpeded. Group B soils typically have between 10 percent and 20 percent clay and 50 percent to 90 percent sand and have loamy sand or sandy loam textures.	0.57 – 1.42
C	Moderately high runoff potential. Water transmission through the soil is somewhat restricted. Group C soils typically have between 20 percent and 40 percent clay and less than 50 percent sand and have loam, silt loam, sandy clay loam, clay loam, and silty clay loam textures.	0.06 - 0.57
D	High runoff potential. Water movement through the soil is restricted or very restricted. Group D soils typically have greater than 40 percent clay, less than 50 percent sand, and have clayey textures.	< 0.06

Definizione delle caratteristiche dei suoli

La tabella che segue propone invece il valore del CN per varie tipologie di suolo e ad essa si è fatto riferimento per la scelta del numero di curva più rappresentativo.

I parametri adottati sono i seguenti:

- Superfici permeabili riconducibili all'edificato di natura residenziale: CN 30;
- Superfici permeabili riconducibili alle pertinenze di zone industriali: CN 54.

Il primo dei due parametri è riconducibile a prati in buone condizioni di manutenzione, mentre il secondo è riferito ad aree con una percentuale pari al 25% di superficie impermeabile.

In aggiunta, ad ogni bacino scolante è stata attribuita una percentuale di superficie impermeabile corrispondente all'impronta delle strade che su essi insistono, e che costituiscono il principale elemento di alimentazione della rete mista comunale. Tali superfici impermeabili contribuiscono interamente al deflusso, senza alcuna dispersione nel sottosuolo se non una prima ritenzione per effetto delle depressioni superficiali.

A.4 SCS Curve Numbers¹

Land Use Description	Hydrologic Soil Group			
	A	B	C	D
Cultivated land				
Without conservation treatment	72	81	88	91
With conservation treatment	62	71	78	81
Pasture or range land				
Poor condition	68	79	86	89
Good condition	39	61	74	80
Meadow				
Good condition	30	58	71	78
Wood or forest land				
Thin stand, poor cover, no mulch	45	66	77	83
Good cover ²	25	55	70	77
Open spaces, lawns, parks, golf courses, cemeteries, etc.				
Good condition: grass cover on 75% or more of the area	39	61	74	80
Fair condition: grass cover on 50-75% of the area	49	69	79	84
Commercial and business areas (85% impervious)	89	92	94	95
Industrial districts (72% impervious)	81	88	91	93
Residential ³				
Average lot size (% Impervious ⁴)				
1/8 ac or less (65)	77	85	90	92
1/4 ac (38)	61	75	83	87
1/3 ac (30)	57	72	81	86
1/2 ac (25)	54	70	80	85
1 ac (20)	51	68	79	84
Paved parking lots, roofs, driveways, etc. ⁵	98	98	98	98
Streets and roads				
Paved with curbs and storm sewers ⁵	98	98	98	98
Gravel	76	85	89	91
Dirt	72	82	87	89

Tabella del Curve Number.

Il modello idraulico schematizza ogni bacino urbano scolante come una superficie che drena verso un recapito finale, costituito da un nodo del modello idraulico; ogni superficie scolante è caratterizzata da un proprio parametro di scabrezza che agisce sullo scorrimento superficiale ($N_{imperv} - N_{perv}$) e da un altro parametro che definisce la capacità di accumulo superficiale e quindi le perdite iniziali ($S_{imperv} - S_{perv}$).

Un ulteriore parametro attribuito al terreno permeabile è rappresentato dal tempo in cui lo stesso diventa nuovamente asciutto e pronto ad essere nuovamente filtrante (Dry time).

In definitiva i parametri assunti sono i seguenti:

- $N_{imperv} = 0.02 \text{ sm}^{-1/3}$; S_{imperv} : 3 mm
- $N_{perv} = 0.1 \text{ sm}^{-1/3}$; S_{perv} : 3 mm
- Dry time: 0.1

Sulla base di altre modellazioni effettuate dagli scriventi, si è osservato come il parametro **S**, che rende conto del volume intercettato dalle depressioni superficiali, abbia un ruolo poco significativo nello sviluppo di un evento meteorico reale, se non nella fase iniziale dello

stesso; infatti in tale periodo esso tende a sottrarre volume al deflusso per saturare le depressioni superficiali, ma esaurisce ben presto la propria funzione qualora l'evento sia caratterizzato nel complesso da volumi significativi.

Il parametro che definisce la scabrezza superficiale delle superfici di deflusso **N** ha poca incidenza sulla risposta del modello, mentre è estremamente sensibile al parametro **Dry time**. Quest'ultimo rappresenta il tempo, espresso in giorni, affinché un suolo completamente saturo possa asciugare completamente. Si è osservato come al crescere di tale valore il modello perdesse la capacità di seguire la fase discendente reale degli idrogrammi registrati; tale risposta migliorava invece nettamente riducendo al minimo tale valore. Tale comportamento emerge in modo più pronunciato quando si ha la presenza di un sottosuolo capace di ricevere in modo ottimale le acque meteoriche provenienti dai sottobacini urbani afferenti al contesto edificato, rappresentate nel modello dalle aree PERVIUS, ovvero permeabili.

5.5 Taratura del modello idraulico

Dal momento che la rete di deflusso urbano non è mai stata monitorata con strumenti di misura, non è stato possibile effettuare una vera e propria taratura del modello idraulico che ponesse a confronto dati registrati in uno o più punti della rete con i risultati della modellazione eseguita.

Ciononostante un importante termine di paragone a garanzia di una corretta impostazione del modello idraulico è stato il confronto con i tecnici dell'Amministrazione Comunale che comunque ha dato riscontri complessivamente positivi.

In generale, le criticità rilevate dalla modellazione a carico della rete fognaria sono risultate corrispondere in buona parte a situazioni ed eventi osservati, o comunque a condizioni di cui i tecnici comunali erano a conoscenza per segnalazioni pervenute agli uffici.

Come sopra già specificato, la modellazione ha richiesto di compiere alcune scelte tecniche discrezionali per l'ipostazione generale del modello, in particolare quelle relative ad alcuni tratti di rete di caratteristiche incerte (divergenza tra gli elaborati ecc.) o alla valutazione dei sottobacini scolanti. Tuttavia il risultato finale è da ritenersi attendibile per le finalità del presente studio e può essere quindi giudicato perfettibile, ma comunque sufficientemente descrittivo delle condizioni e delle criticità che dovranno essere affrontate ai fini della mitigazione del rischio idraulico comunale.

5.6 Analisi dello stato di fatto

Questa analisi descrive il comportamento della rete nelle sue condizioni reali, evidenziando quelle zone in cui le insufficienze presenti possono determinare rigurgiti, funzionamento in pressione e da ultimo l'allagamento del piano campagna.

Come già evidenziato in precedenza, in questa fase hanno particolare importanza le verifiche condotte con un evento avente T=2 anni perché queste piogge di modesta entità

e frequenza statistica elevata mettono in luce le prime zone soggette a rischio di esondazione con i maggiori problemi a carico della rete.

Il modello SWMN utilizzato dagli scriventi permette di utilizzare una scala cromatica suddivisa in quattro classi sia per identificare il comportamento dei collettori che quello dei nodi. Nel caso specifico in corrispondenza dei collettori è stata scelta un cromatismo che evidenzia il grado di riempimento del collettore a step di 25% mentre per quanto riguarda le esondazioni a nodi il medesimo cromatismo evidenzia portate uscenti dai nodi per step di 25 l/s a partire da un valore iniziale di 1 l/s in corrispondenza del quale si assume di non avere alcuna esondazione.

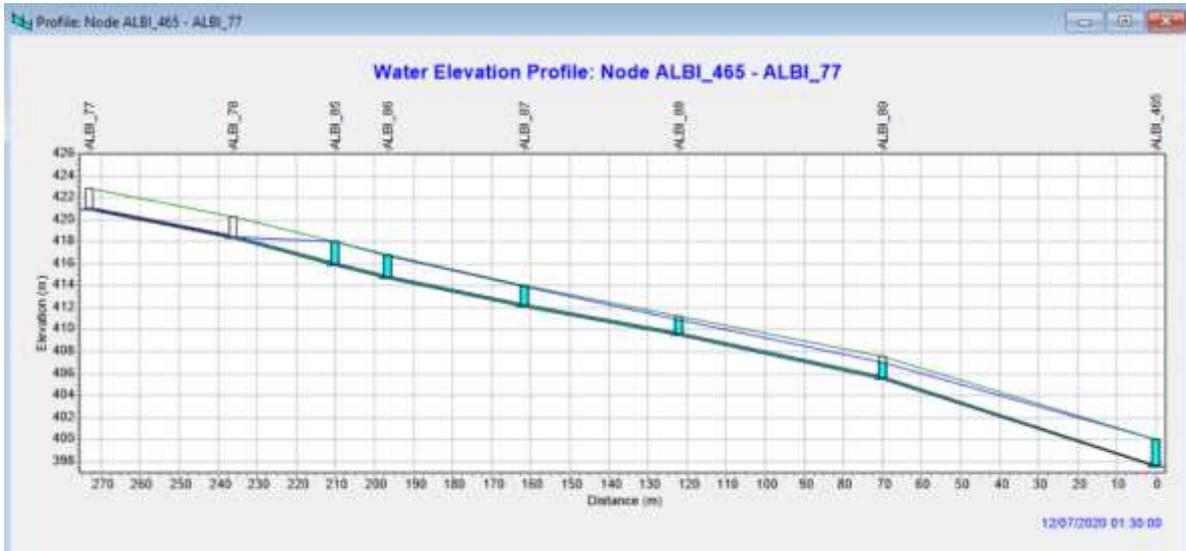
TEMPO DI RITORNO 2 ANNI

La simulazione di un evento con tempo di ritorno $T=2$ anni evidenzia le seguenti criticità:

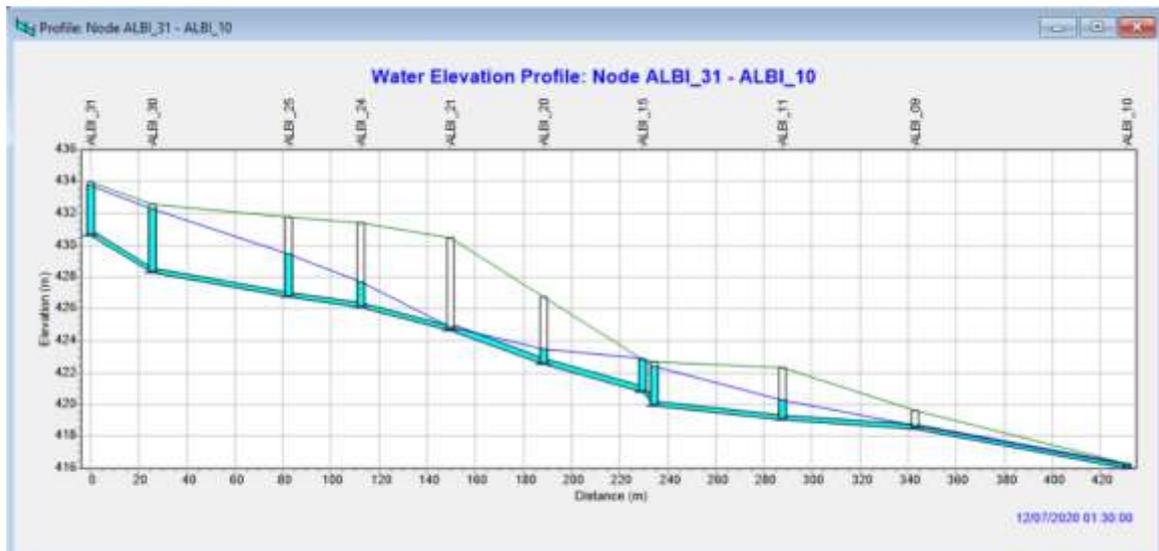
- Si segnalano possibili insufficienze lungo la dorsale più esterna sul settore Est del territorio comunale ove confluiscono i collettori delle vie Manzoni, Monte Generoso e Maestri Comacini. Questo tipo di insufficienze non ha alcuna ricaduta sul centro abitato e potrebbero essere “trascurate” salvo verificare che le stesse non producano esondazioni a livello del piano campagna con fuoriuscita di liquami e ricadute di tipo igienico sanitario.



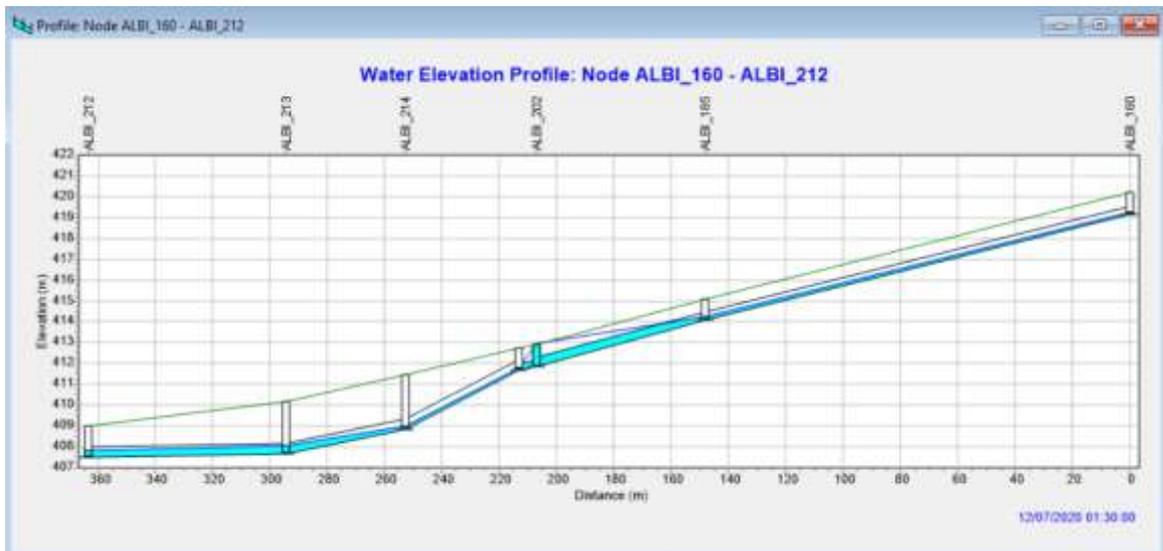
- Una piccola insufficienza si riscontra all'innesto tra la via Bisbino e Maestri Comacini; questa criticità può non avere una corrispondenza reale ma essere solo un aspetto modellistico legato al fatto che una superficie molto estesa viene attribuita ad un solo nodo del modello. Ciò non toglie che tutta la dorsale ha un diametro DN 200 mm ed è quindi piccola, soprattutto se la stessa è condizionata dal comportamento rigurgitato della dorsale di valle in cui essa stessa si immette.



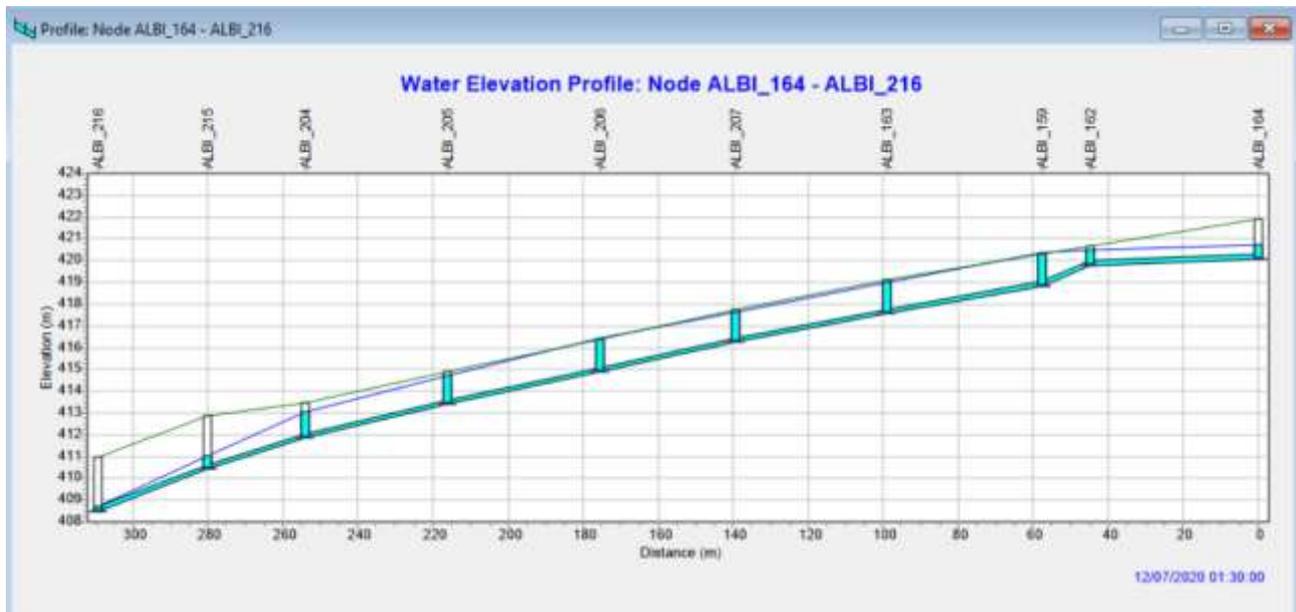
- Una modesta insufficienza si segnala all'intersezione tra via Todeschini, Via delle Piazzolle e via Monte Bianco. Anche in questo caso il modello idraulico evidenzia una potenziale criticità derivante da un possibile rigurgito sulla rete di valle



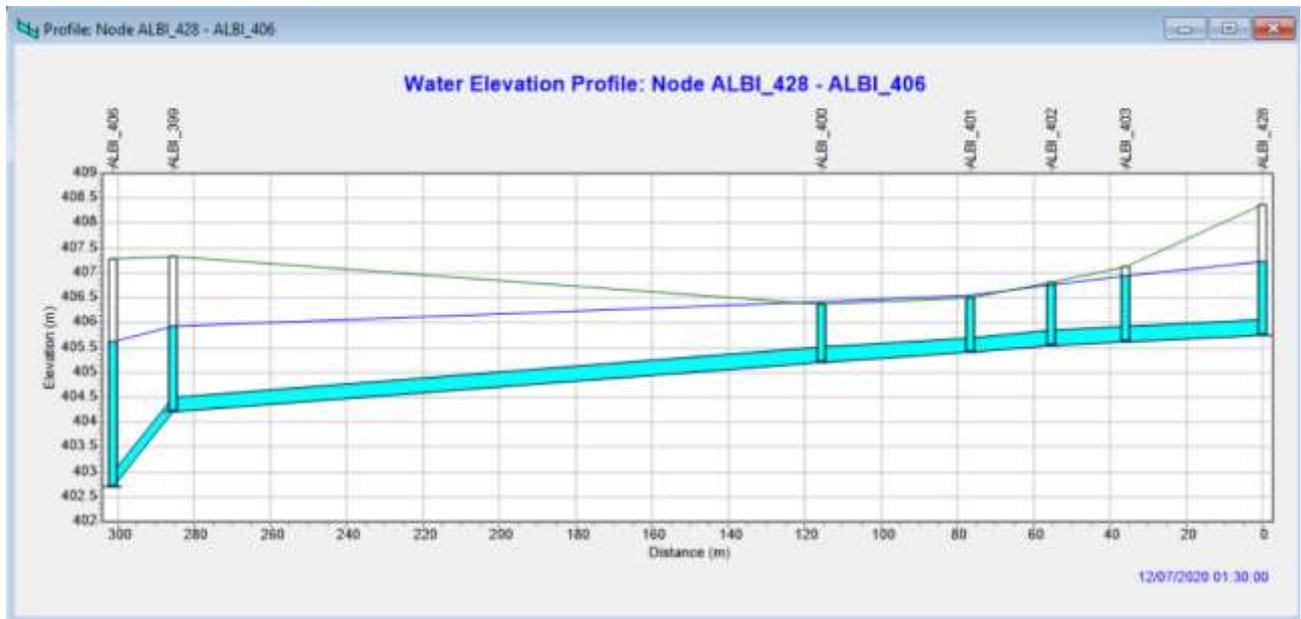
- Piccole insufficienze si evidenziano lungo la dorsale di via San Francesco e poco distante da quella lungo via per Cagno. Nella realtà queste insufficienze potrebbero non verificarsi in corrispondenza di eventi di basso tempo di ritorno in quanto i collettori hanno un diametro che va 400 mm a 500 mm; potrebbe trattarsi anche di un aspetto modellistico in quanto qui si assiste all'immissione puntuale di grossi bacini urbani in arrivo da monte e che localmente possono determinare sovraccarico alla rete;



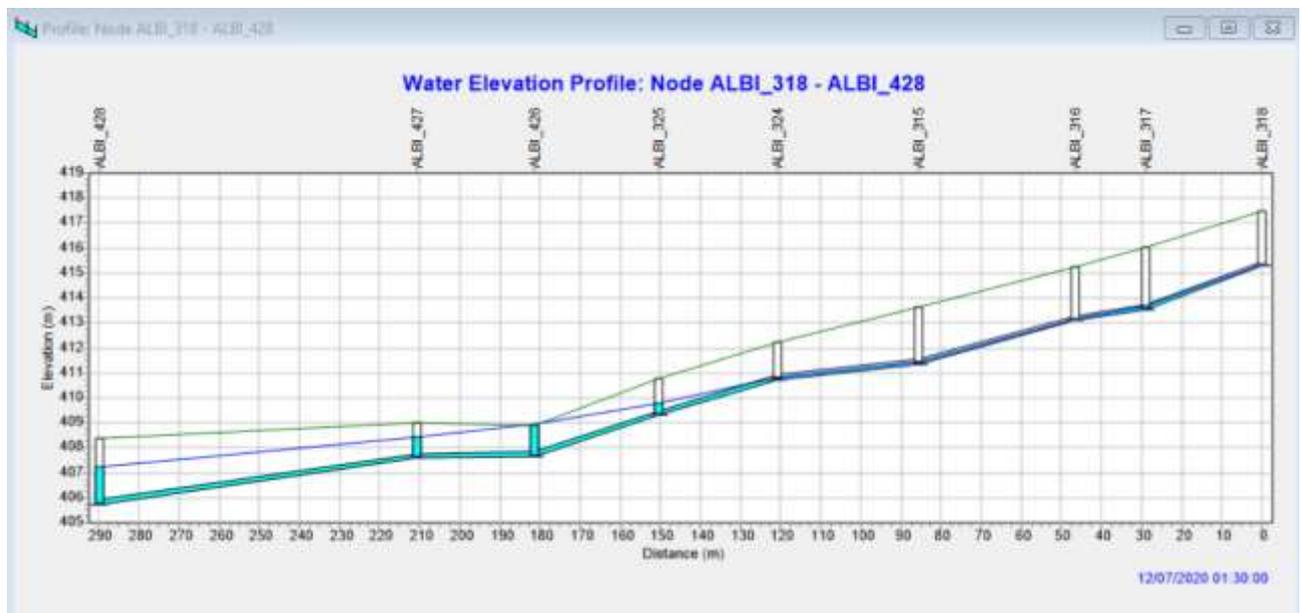
- Lungo questa dorsale è possibile riscontrare criticità anche sulla rete nera che, avendo un diametro DN 200 mm, è certamente insufficiente ad raccogliere contributi meteorici di bacini urbani estesi qualora non sia stata operata una puntuale separazione delle reti e degli apporti a seguito della posa della rete bianca;



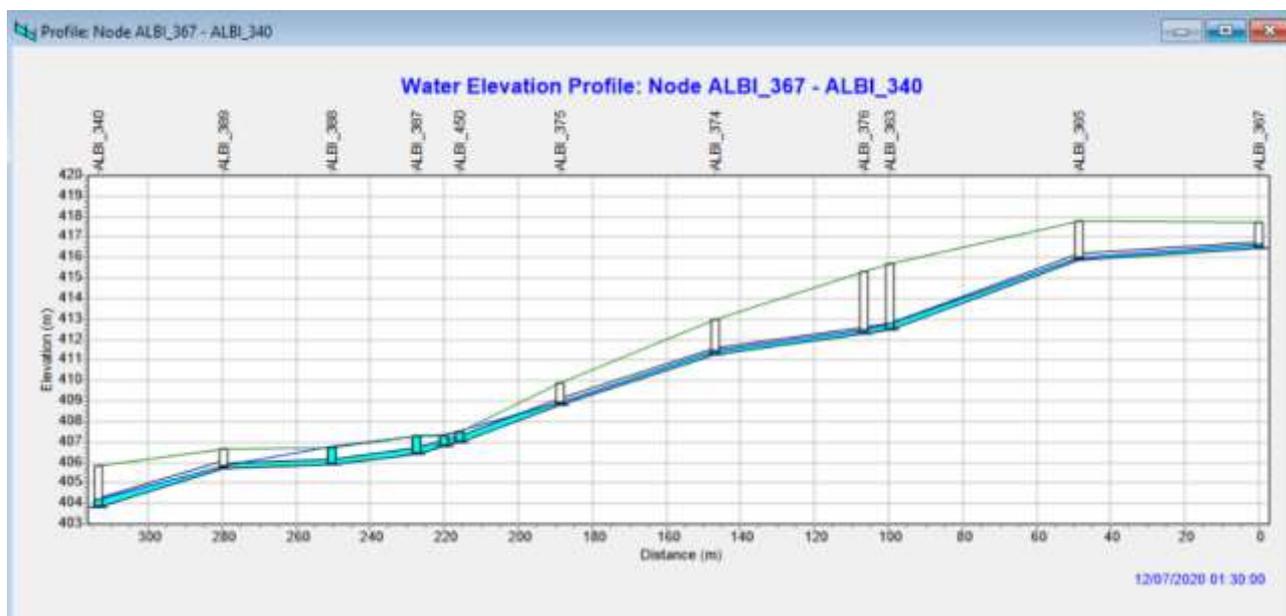
- Si evidenziano criticità lungo la dorsale di via Michelangelo che da via Pozzi scende in direzione della dorsale fognaria Est per proseguire lungo la strada consorziale. La tratta è caratterizzata da un DN 300 mm e nella parte centrale si evidenzia una depressione altimetrica sulla quale possono emergere in via prioritaria le insufficienze legate al sovraccarico della rete. Il funzionamento dell'intero collettore è comunque condizionato dalla confluenza nella dorsale di valle di cui risente degli effetti di rigurgito.



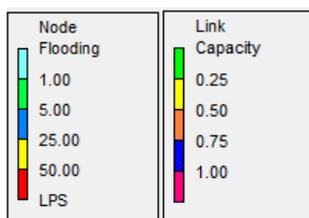
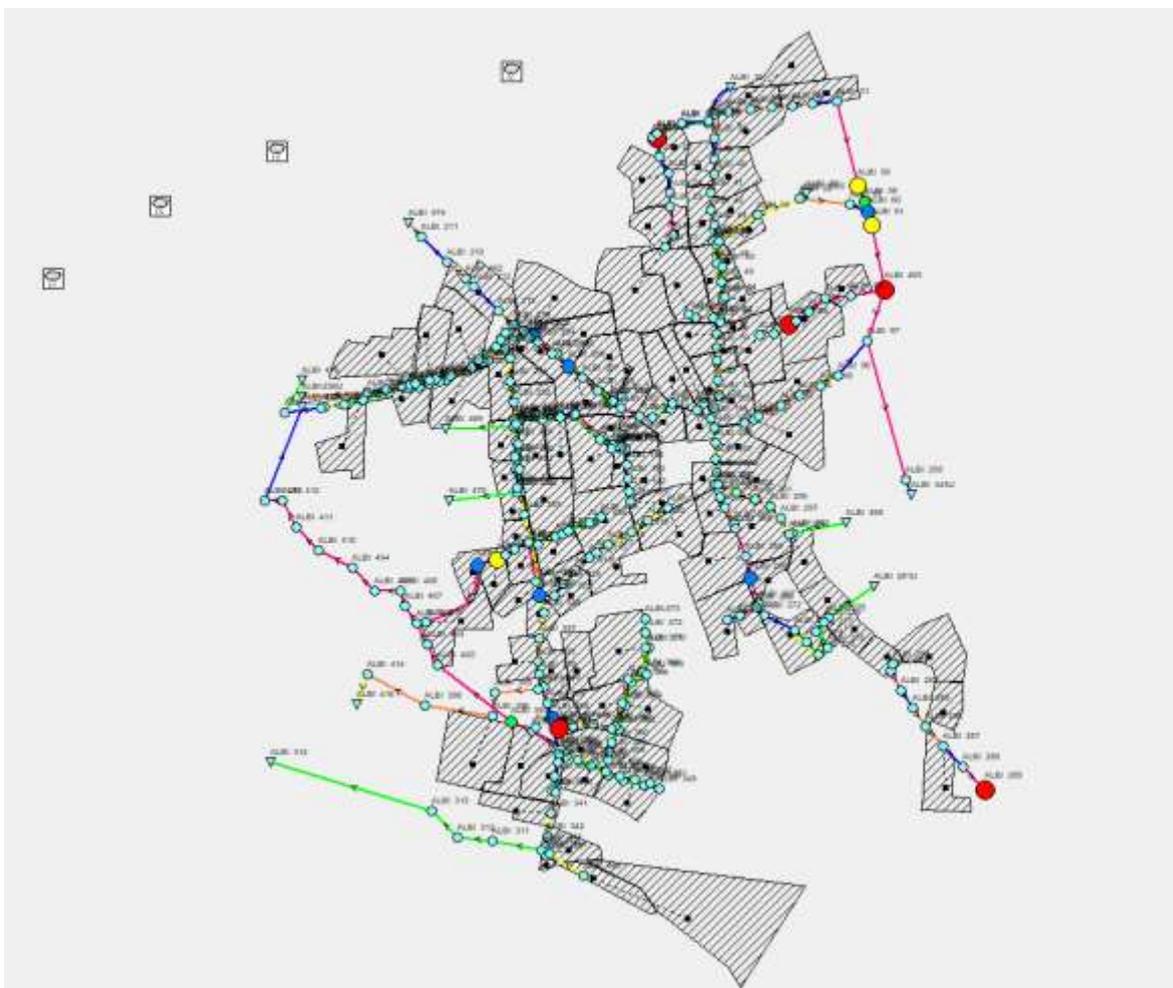
- Si evidenzia un primo segnale di insufficienza anche all'intersezione tra le vie Pozzi e Cavour; qui la dorsale è di tipo misto ed ha un diametro DN 200 mm che risulta essere insufficiente a fronte di apporti meteorici significativi. La criticità avviene poi in un punto in cui le quote del piano campagna sono inferiori rispetto agli altri nodi della rete; è quindi coerente che qui possano manifestarsi i primi segnali di insufficienza.



- Il modello evidenzia l'insorgenza di una possibile criticità anche all'incrocio tra le vie Mazzini e Garibaldi; tale insufficienza è prodotta da un rigurgito sulla rete di via Mazzini caratterizzata da un diametro relativamente piccolo (DN 300 mm) e da una pendenza inferiore rispetto al collettore di via Garibaldi.



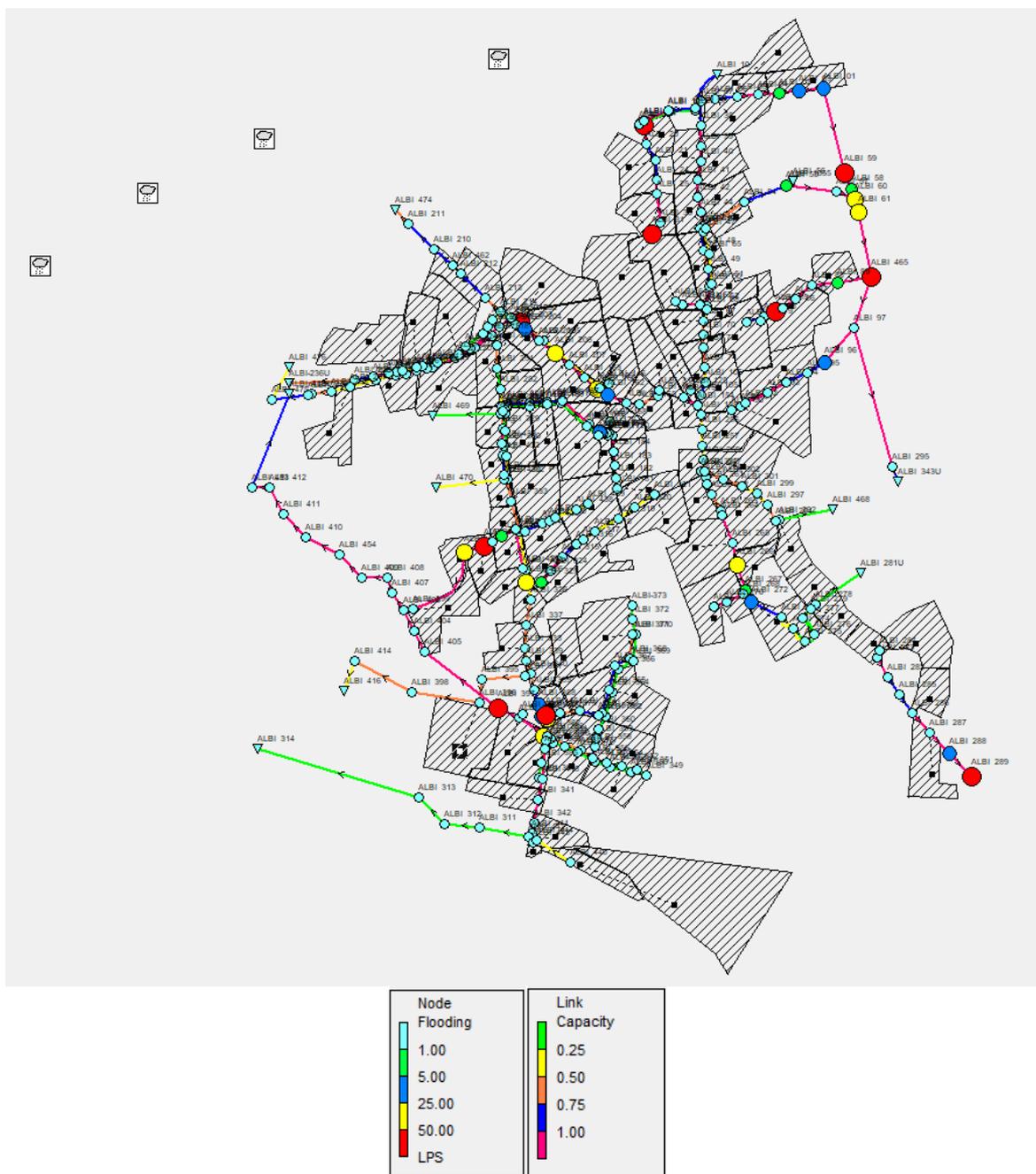
L'immagine che segue riporta lo scenario di insieme della rete per T=2 anni nelle condizioni di massima sollecitazione della stessa.



Risultati del modello per T=2 anni.

TEMPO DI RITORNO 5 ANNI

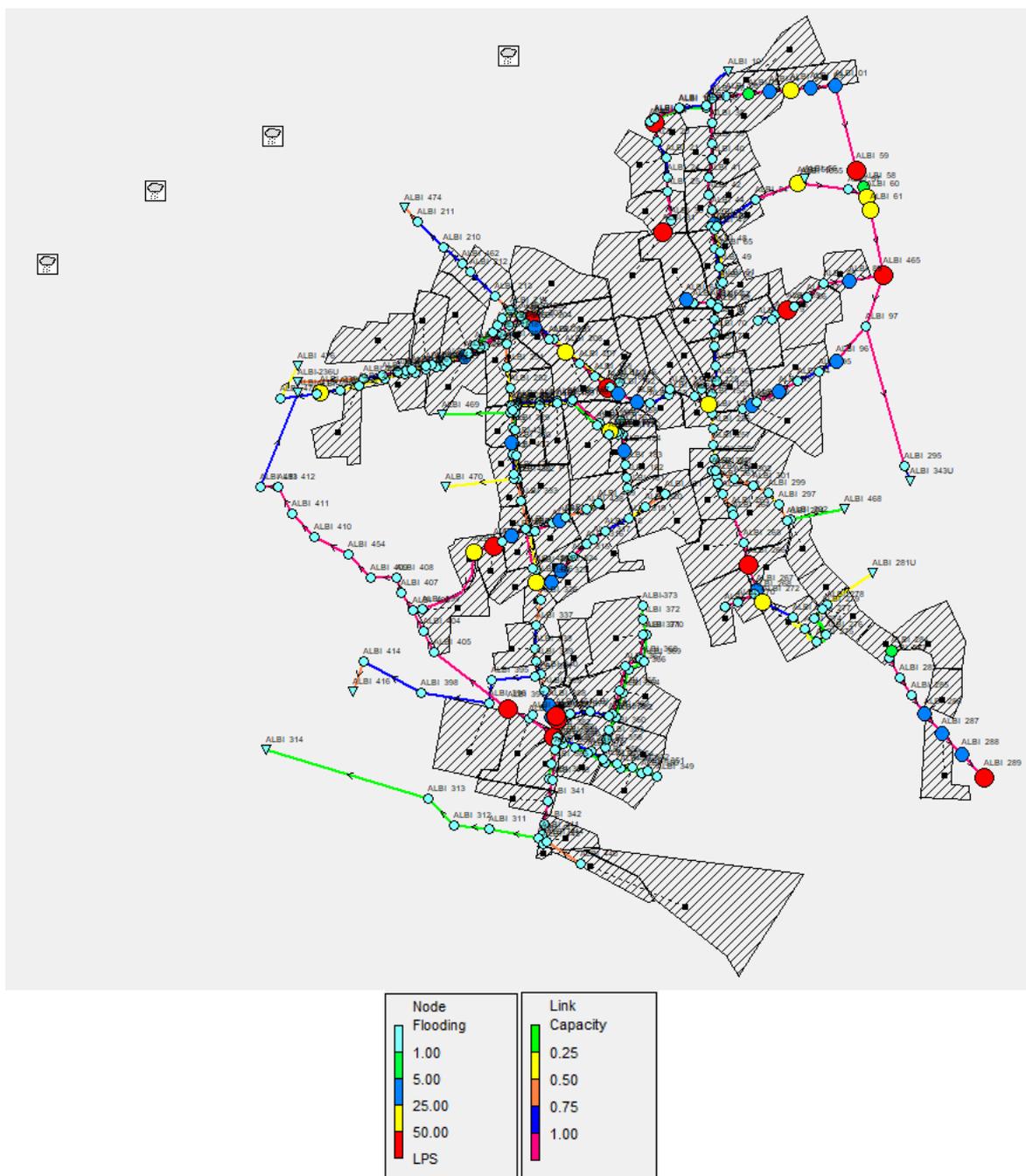
Al crescere del tempo di ritorno dell'evento meteorico, le zone di insufficienza della rete si estendono progressivamente anche alle porzioni che prima non manifestavano alcuna criticità. In particolare, pertanto, accade che le insufficienze possano estendersi anche alle tratte immediatamente a monte di quelle che già manifestano segni di crisi per tempi di ritorno bassi, ovvero vi sia un'amplificazione delle criticità nei nodi già individuati al punto precedente senza interessamento ulteriore di punti della rete; tale comportamento dipende molto dall'assetto altimetrico della rete di drenaggio



Risultati del modello per T=5 anni.

TEMPO DI RITORNO 10 ANNI

Al crescere del tempo di ritorno dell'evento le zone di insufficienza della rete si estendono progressivamente ai collettori che in precedenza non manifestavano alcuna criticità. Si tratta pertanto di un comportamento dettato dal funzionamento rigurgitato di tutti i collettori secondari per effetto del funzionamento in pressione delle dorsali principali.



Risultati del modello per T=10 anni.

5.7 Conclusioni e prime indicazioni per le proposte di intervento

La modellazione della rete fognaria comunale di Albiolo è stata un processo piuttosto complesso. Come si è già avuto modo di illustrare in precedenza, la contemporanea presenza di reti di tipo misto, nera e bianca ha reso difficoltosa la scelta dell'attribuzione degli apporti meteorici provenienti dai bacini urbani scolanti in cui è stato suddiviso il territorio. Laddove sono state riscontrate tubazioni riconducibili alla rete meteorica ciò è stato fatto senza alcun dubbio, ma spesso ciò non è stato possibile perché, in presenza di due collettori non vi era l'assoluta certezza sulla reale destinazione delle stesse.

La modellazione contiene quindi alcune approssimazioni commisurate al livello conoscitivo della rete; stante queste limitazioni, i risultati che sono emersi sono risultati comunque allineati alle criticità che l'Amministrazione Comunale ha riscontrato sul territorio nel corso degli anni per fenomeni osservati o segnalazione giunte agli uffici.

Laddove il modello evidenzia problematiche non direttamente riscontrate sul territorio non si può escludere che le stesse possono essere riconducibili alle semplificazioni ed approssimazioni insite nel modello per le ragioni prima descritte.

Fatte queste doverose premesse, si ritiene che il risultato finale sia da ritenersi attendibile per le finalità del presente studio e debba quindi essere giudicato perfettibile, ma comunque sufficientemente descrittivo delle condizioni e delle criticità che dovranno essere affrontate ai fini della mitigazione del rischio idraulico comunale.

A tale proposito si ritiene che le proposte di intervento per l'intera rete debbano andare verso una progressiva separazione dei collettori deputati alla raccolta delle acque pluviali rispetto a quelle destinate alle sole acque nere; ciò anche per gli evidenti vantaggi che si avrebbero sui processi depurativi ovvero sulle stazioni di sollevamento deputate al conferimento dei reflui verso i depuratori.

Nell'ottica di un'ottimizzazione delle reti si ritiene prioritario attivare politiche che vadano nella direzione di smaltire direttamente il più possibile nel sottosuolo le acque di natura meteorica provenienti dai singoli edifici e piccoli comparti urbani (possibile anche in presenza di terreni a medio – bassa permeabilità). Ciò permetterebbe di programmare interventi sulla rete meteorica potendo contare quasi esclusivamente sugli apporti meteorici provenienti dalle superfici stradali o eventualmente dai comparti edificati solo al superamento della capacità di infiltrazione o laminazione effettuata localmente.

Si tratta certamente di una politica a lungo termine che prevede il coinvolgimento della popolazione a livello locale ovvero a livello di distretti urbani.

6. Idrografia – modellazione idraulica

Nei paragrafi successivi verrà descritta la modellazione idraulica effettuata per il territorio di Albiolo in corrispondenza del reticolo idrografico, con lo scopo di determinare le aree di pericolosità idraulica, definite da una combinazione di battente e velocità di flusso, per la ridefinizione dei limiti delle aree a rischio esondazione/allagamento.

6.1 Assetto idrografico

Nel presente paragrafo si descrive sinteticamente la rete idrografica presente sul territorio comunale di Albiolo, di importanza locale, concentrata esclusivamente nel settore orientale del territorio comunale, ad una quota altimetricamente inferiore rispetto al centro abitato, in una zona naturale perlopiù boscata e poco o nulla urbanizzata.

Come già indicato in precedenza, i corsi d'acqua presenti sul territorio sono compresi nel bacino idrografico del Torrente Lura, che scorre circa 500 m a Est dal confine con Faloppio.

Il corso d'acqua principale di Albiolo è il **Torrente Lura di Albiolo**, che si origina in territorio di Uggiate Trevano, interessa un certo tratto del territorio di Albiolo, per poi entrare in territorio comunale di Faloppio e confluire infine nel Torrente Lura.

I restanti corsi d'acqua individuati, tutti affluenti nel T. Lura di Albiolo, si originano al margine dei rilievi morenici o in corrispondenza di zone ribassate umide/paludose.

Il reticolo ha uno sviluppo generale condizionato dall'allineamento Nord – Sud dei cordoni morenici, modificato dall'azione antropica, dove la geometria dei corsi d'acqua risulta molto regolare.

La larghezza media degli alvei è dell'ordine di 1 – 2m e l'altezza delle scarpate delimitanti l'alveo è sempre inferiore al metro. Non si riconoscono tratti di alveo incassati e con evidenti fenomeni di erosione lineare o laterale. Non si evidenziano particolari fenomeni di erosione spondale. Non sono presenti tratti intubati tranne che in corrispondenza degli attraversamenti stradali.

Il regime idraulico generale è di tipo torrentizio, perenne ma con portate generalmente modeste, anche in corrispondenza di eventi pluviometrici significativi, ad eccezione del T. Lura di Albiolo: ciò dipende dalla modesta estensione areale dei bacini afferenti, caratterizzati da pendenze non eccessive, e dall'elevata copertura vegetale.

Considerando pertanto le caratteristiche generali della rete idrografica e del bacino afferente, le criticità maggiori attese sono quelle legate al sovralluvionamento delle zone pianeggianti in prossimità di ponti o sezioni di tombinatura.

6.2 Descrizione del modello

La definizione delle aree di pericolosità idraulica è stata ottenuta implementando un modello idrologico-idraulico bidimensionale che permettesse di indagare le dinamiche di deflusso nella porzione più valliva dell'impluvio che si delinea sulla porzione Est di Albiolo in direzione di Gaggino e fino al limite morfologico dettato dalla presenza del sedime della S.P. 23 ad est e da Via per Gaggino a sud. L'obiettivo è stato quello di ricostruire il comportamento del territorio rispetto alle sollecitazioni indotte dalle portate transitanti sul reticolo idrografico ivi presente sulla base degli eventi meteorici di riferimento.

La modellazione idraulica è stata implementata mediante il programma di calcolo IBER, software open source sviluppato dall'Università Spagnola di Coruña; esso permette di analizzare il campo di moto a partire dal DTM (Digital Terrain Model), rappresentativo della geometria del dominio di calcolo, basandosi sulla risoluzione di tre equazioni non lineari alle differenze finite per la determinazione del campo di moto della corrente su di un piano bidimensionale (x-y).

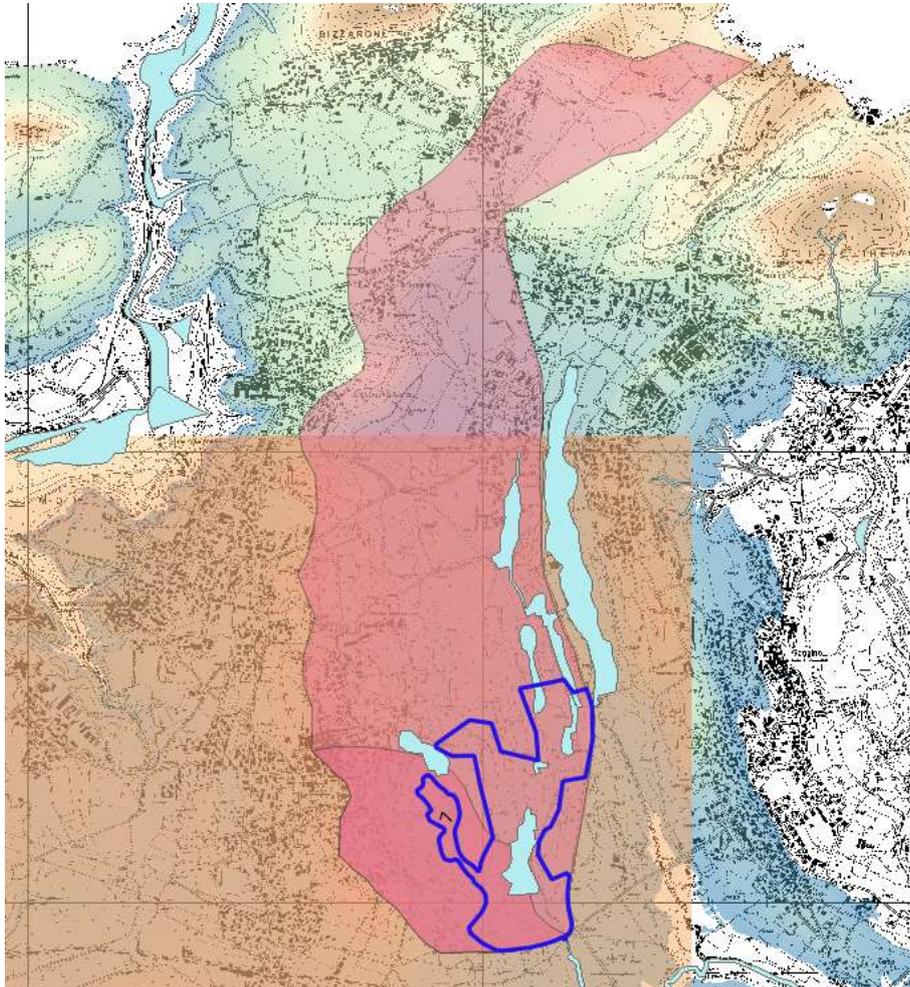
6.2.1 Base topografica del modello bidimensionale: DTM 1x1 e modifiche inserite

Per la modellazione bidimensionale è stato utilizzato il Modello Digitale del Terreno (DTM) Lidar con risoluzione della maglia 1x1 m messo a disposizione da Regione Lombardia su specifica richiesta del Comune; il DTM ricopre infatti tutta la superficie territoriale del Comune di Albiolo.

Per le zone del bacino idrografico esterne ai confini comunali, esterne alla copertura Lidar, si è utilizzato un DTM con maglia 5x5 della Provincia di Como. Quest'ultimo DTM è stato utilizzato unitamente alla cartografia CTR per una più accurata delimitazione del bacino idrografico afferente alla sezione di chiusura oggetto di indagine, mentre il dominio di calcolo del modello bidimensionale è stato implementato esclusivamente su base Lidar e con riferimento alla porzione terminale del bacino idrografico.

Il LIDAR è stato utilizzato come base per la definizione della geometria del dominio di modellazione bidimensionale. In particolare la ricostruzione della geometria caratteristica del terreno è stata effettuata creando una magliatura uniforme corrispondente ad una cella di dimensioni 2x2 m.

Se la condizione al contorno di monte è stata scelta imponendo l'ingresso di un'idrogramma rappresentativo dell'onda di piena derivante dalle analisi idrologiche di bacino, la condizione al contorno di valle, dettata dalla tombinatura presente poco prima della rotatoria tra via per Albiolo e la S.P. 23, è stata impostata secondo una scala delle portate in moto uniforme sulla base della pendenza locale del reticolo e della geometria della luce del manufatto idraulico.

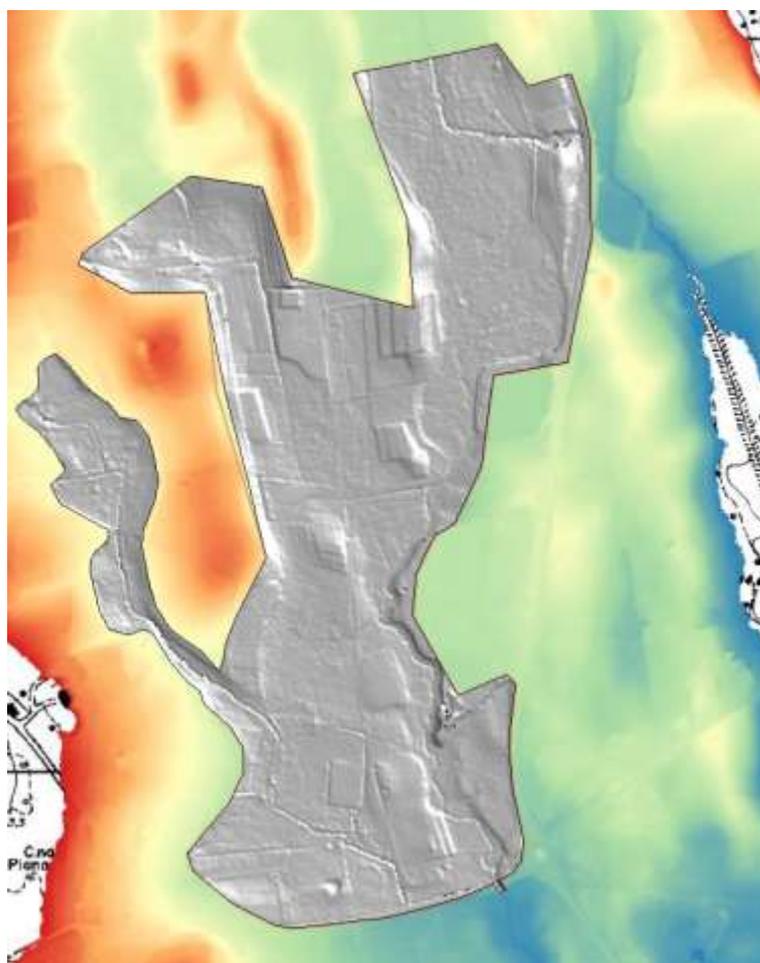


Sovrapposizione tra LIDAR, DTM 5x5, CTR, per la delimitazione dei bacini idrografici. In blu si evidenzia l'estensione del dominio di calcolo

6.2.2 Caratteristiche del modello implementato

La modellazione delle dinamiche di deflusso è stata condotta attraverso l'implementazione di un modello idraulico bidimensionale esteso alla porzione di bacino delimitata dalla linea di demarcazione blu riportata nella figura precedente. La definizione del dominio di calcolo è stata condotta avendo come supporto il Lidar 1x1 e seguendo una traccia dell'altimetria che certamente non sarebbe stata raggiunta dai livelli di piena probabili; la conformazione così articolata del dominio di calcolo trova quindi giustificazione in quanto detto sopra.

Ne deriva un modello di calcolo con una maglia uniforme di dimensioni 2x2 m per un totale di circa 258.700 elementi. La scelta di adottare una maglia di dimensioni così ridotte deriva dalla volontà di non perdere preziose informazioni topografiche all'interno di un contesto caratterizzato da deboli variazioni altimetriche e che si accentuano solo in prossimità dei limiti laterali del dominio di calcolo, laddove hanno inizio i rilievi o limiti topografici maggiormente definiti (piano strada).



Maglia del dominio di calcolo interpolata sul lidar

6.3 Condizioni idrologiche al contorno

L'analisi idrologica sul bacino in esame per definire la sollecitazione idrologica da applicare al modello idraulico è stata condotta a partire dalla definizione degli eventi meteorici di riferimento riportati nel **Cap. 4**.

Come risultato dell'analisi idrologica svolta sono stati definiti gli ietogrammi di pioggia poi utilizzati nella modellazione idrologico-idraulica implementata per lo studio del bacino in esame.

6.3.1 Ietogramma di progetto

Per la rappresentazione delle piogge sintetiche si è adottato lo ietogramma di tipo Chicago. La definizione degli idrogrammi di piena del modello bidimensionale è stata condotta sulla base di idrogrammi riferiti ad un evento di ritorno centennale che si generano sul bacino

naturale sotteso alla sezione di chiusura in corrispondenza del sottopasso di Via per Albiolo prossimo alla rotatoria con la S.P. 23.

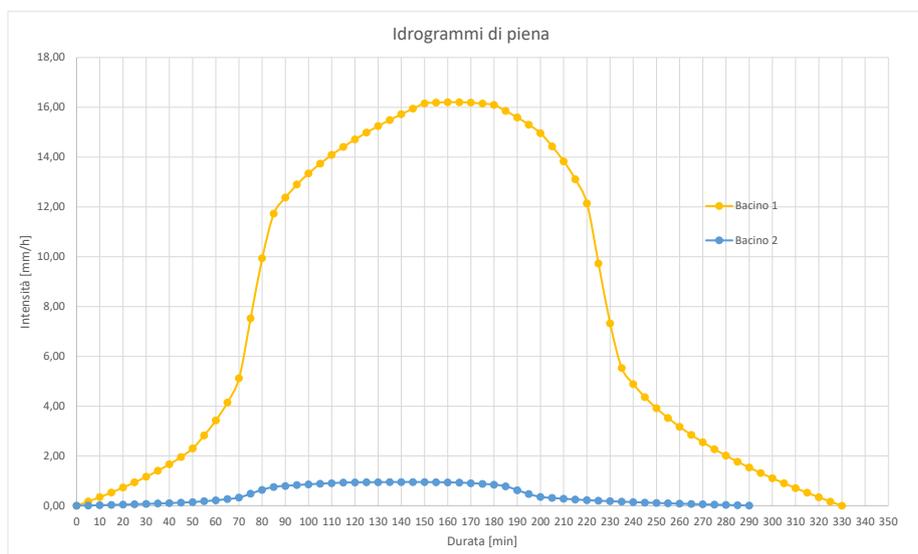
L'analisi morfologica del bacino idrografico più esteso evidenzia una superficie di 373,7 ha, con una lunghezza dell'asta principale stimata in 4.800 m; il dislivello altimetrico tra il punto di maggiore quota (500 m s.l.m.) e la sezione di chiusura (382 m s.l.m.) è pari a 118 m, determinando in questo modo una pendenza media del percorso principale di drenaggio pari a 2,45%.

L'applicazione della formula di Giandotti evidenzia un tempo di corrivazione prossimo a 2,5 ore corrispondenti a circa 180 minuti.

Analoghe valutazioni sono state condotte sul bacino di minore estensione che costituisce una piccola appendice laterale in ingresso al modello idraulico. Per esso la lunghezza del sistema di drenaggio è stata stimata in 1.700 m con un dislivello di circa 48 m. L'applicazione della formula di Giandotti conduce ad un tempo di corrivazione prossimo a 120 minuti.

Sulla base dei dati morfologici sopra riportati, si è proceduto alla generazione dei due idrogrammi sintetici, riportati in figura, e che costituiscono l'input del modello idraulico bidimensionale in corrispondenza delle sezioni di monte del reticolo idrografico; per entrambi è stato assunto un coefficiente di afflusso medio pari a $\Phi=0,45$.

Il bacino di maggiore estensione genera un idrogramma centennale che raggiunge una portata di massima piena di poco superiore a 16 mc/s, mentre quello di dimensioni inferiori genera un idrogramma prossimo a circa 1,0 mc/s.



Idrogrammi di piena generati sui bacini naturali utilizzati come input del modello bidimensionale.

6.4 Simulazioni e risultati

6.4.1 Scenario simulato, condizioni al contorno e parametri di calcolo

Per la mappatura delle aree di pericolosità idraulica, è stato simulato un unico scenario considerando un evento di piena e meteorico centennale.

Per poter effettuare qualsiasi simulazione idraulica (condotta con modelli mono o bidimensionali o anche per verifiche puntuali), è indispensabile definire le condizioni al contorno del modello numerico utilizzato e i parametri di calcolo di riferimento delle condizioni fisiche del sistema. In particolare sono state definiti:

- la resistenza idraulica delle superfici interessate dal deflusso, mediante i valori di scabrezza;
- gli eventuali idrogrammi in ingresso al sistema generato dai bacini di monte o in punti particolari del bacino.

La risposta idraulica delle aree interessate a qualunque sollecitazione di deflusso è determinata dalla natura dei vari terreni e dal diverso tipo di copertura degli stessi o dalla presenza di ostacoli. Alla diversa natura delle coperture dei terreni sono associabili le superfici caratteristiche di scabrezza idraulica, determinanti ai fini della simulazione del fenomeno.

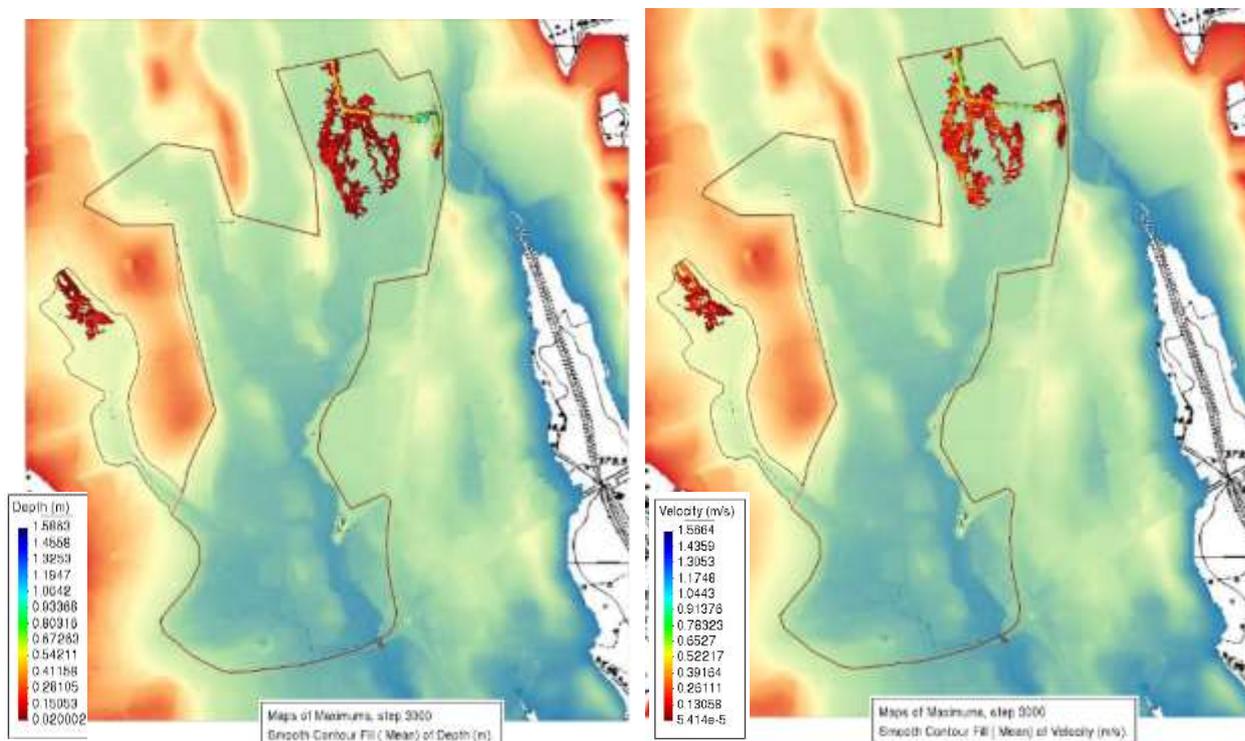
Per quanto riguarda invece le condizioni al contorno di monte e valle, il primo caso è rappresentato dagli idrogrammi di piena in ingresso al modello, mentre come condizione al contorno di uscita dal dominio di magliatura si è imposta la condizione di scala delle portate tarata sulle dimensioni del manufatto che sottopassa via Albiolo e la pendenza locale dell'alveo stimata in un ragionevole intorno tra monte e valle della tombinatura.

6.4.2 Risultati

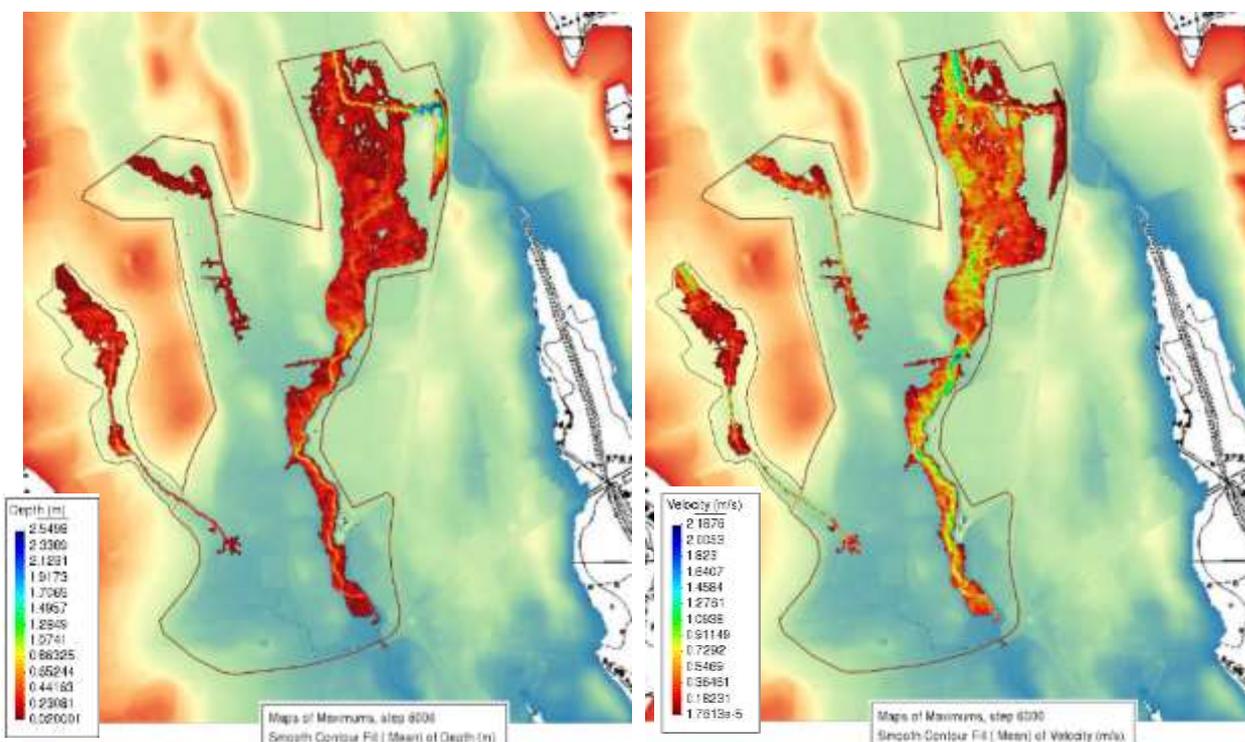
Si riportano nel seguito i risultati della modellazione bidimensionale effettuata con riferimento ad un tempo di ritorno centennale. In particolare si esplicitano i risultati del modello idraulico a differenti step di calcolo in modo da permettere la comprensione dell'evoluzione in termini di tiranti idrici e di velocità della corrente.

Nelle figure seguenti sono, quindi, rappresentati separatamente le altezze e le velocità dell'acqua, per i seguenti step temporali:

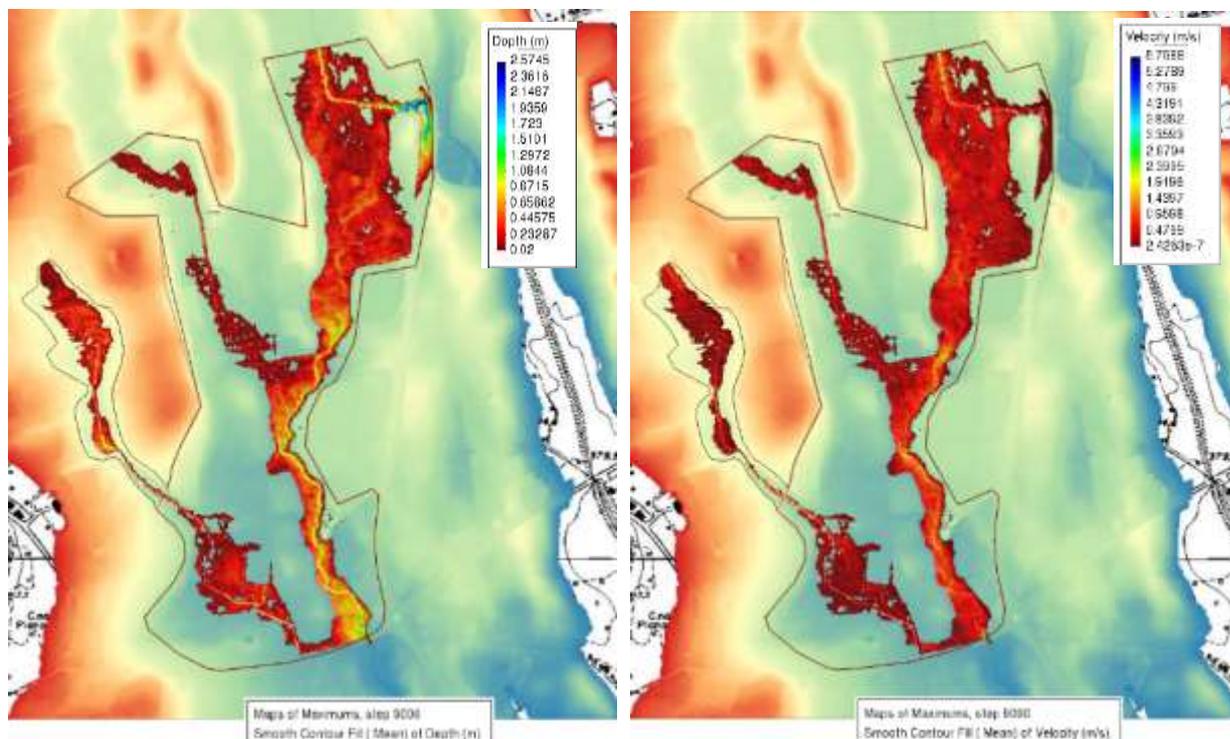
- | | | |
|-------------------------|-------------------------|------------------------|
| 1. 3.000 s (50 min) | 2. 6.000 s (1h 40 min) | 3. 9.000 s (2h 30 min) |
| 4. 12.000 s (3h 20 min) | 5. 19.800 s (5h 30 min) | |



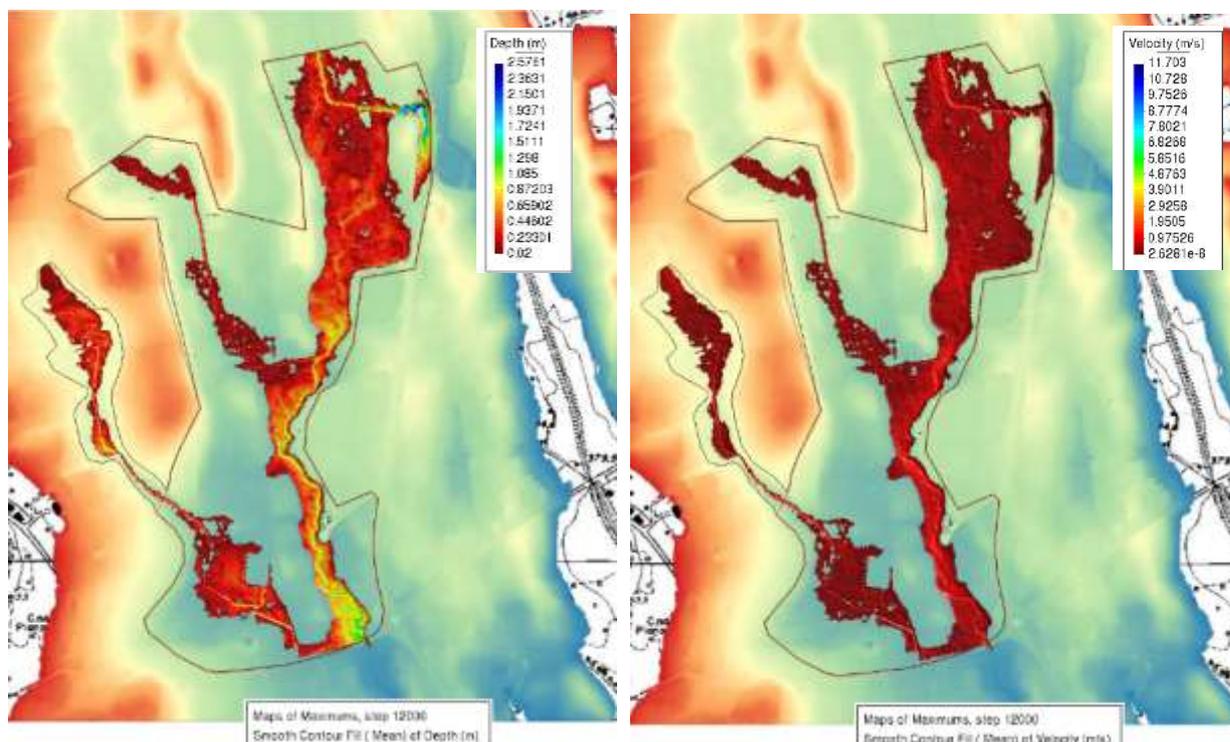
Risultati in termine di allagamenti (a sinistra) e velocità (a destra) – “time step” 3.000 s



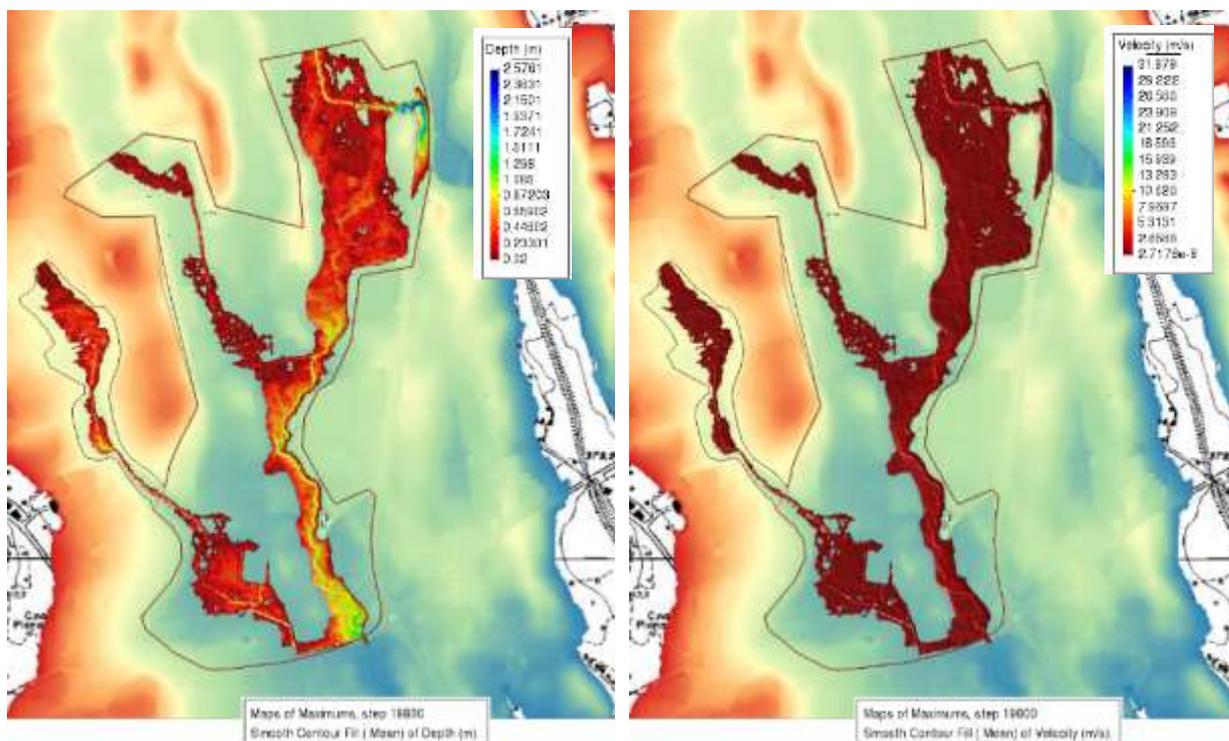
Risultati in termine di allagamenti (a sinistra) e velocità (a destra) – “time step” 6.000 s



Risultati in termine di allagamenti (a sinistra) e velocità (a destra) – “time step” 9.000 s

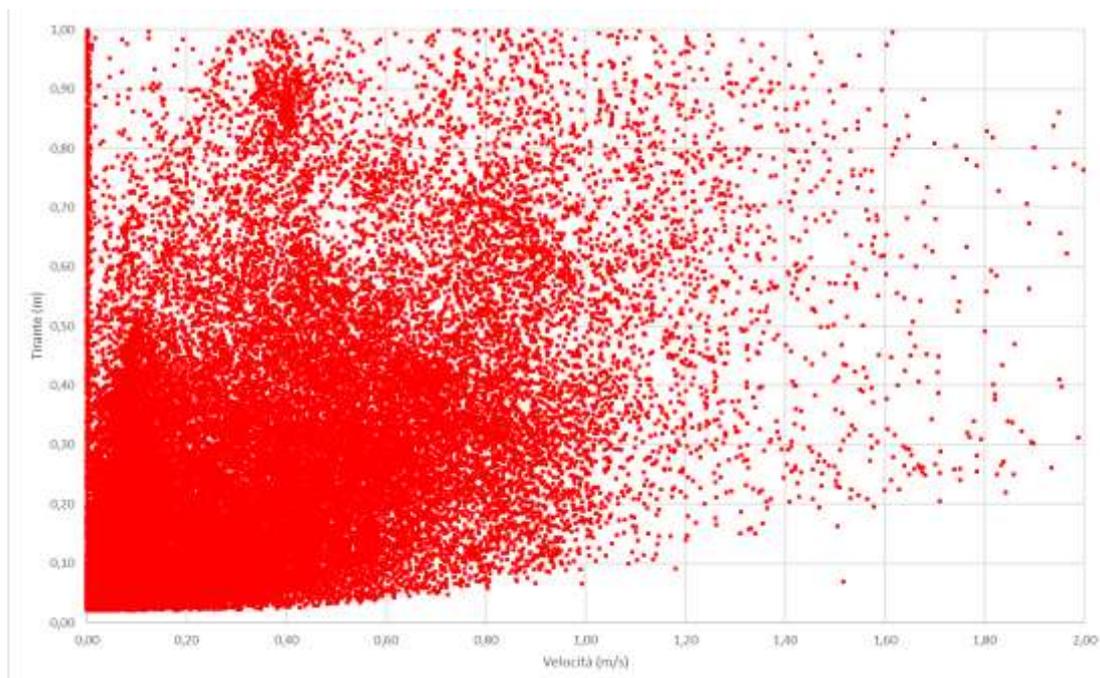


Risultati in termine di allagamenti (a sinistra) e velocità (a destra) – “time step” 12.000 s

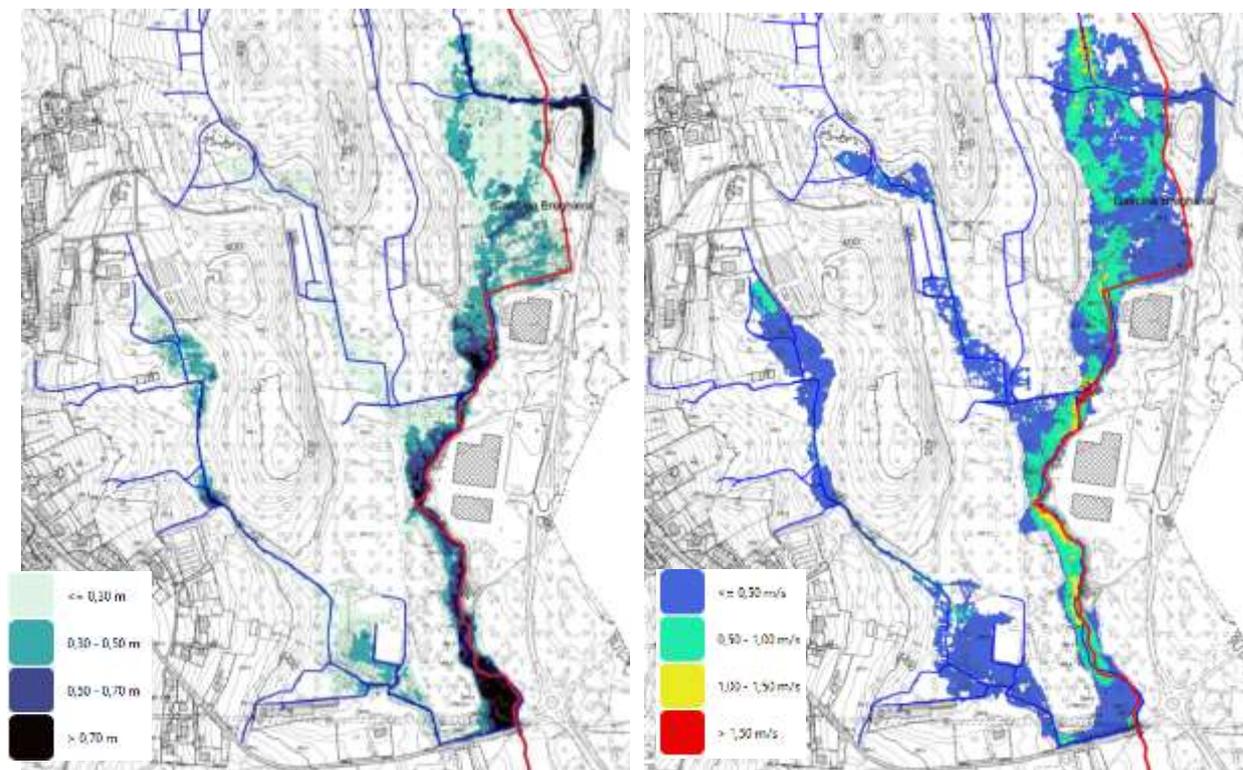


Risultati in termine di allagamenti (a sinistra) e velocità (a destra) – “time step” 19.800 s

Dal diagramma seguente si può osservare come l'accoppiata battente/velocità segue una distribuzione “a ventaglio”, con valori perlopiù inferiori a 0,4 m di battente e 0,6 m/s di velocità. Il parametro che incide maggiormente è comunque il battente idraulico.



I maggiori battenti si riscontrano in corrispondenza dell'alveo del T. Lura di Albiolo, dove le strozzature dalle tombinate presenti creano i presupposti per l'accumulo. Un andamento simile è seguito dalle velocità, che rimangono nella quasi totalità inferiori a 1 m/s (vedi figure seguenti).



Zonazione dei battenti idraulici e delle velocità

7. Delimitazione delle aree soggette a rischio idraulico

Nei paragrafi seguenti vengono descritte le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico riscontrate sul territorio comunale di Albiolo, sia già individuate negli strumenti di pianificazione vigenti, sia individuate mediante osservazione diretta e modellazione della rete naturale e di drenaggio.

7.1 Aree già individuate nello studio geologico del territorio comunale

Il Comune di Albiolo è dotato di Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT, redatta dallo scrivente nel maggio 2023 e adottata con gli altri atti costituenti il Piano di Governo del Territorio con D.C.G. n. 25 del 26/07/2023.

Lo studio, ha identificato le aree vulnerabili dal punto di vista idraulico presenti sul territorio comunale, riprese e verificate dalla precedente componente geologica e dallo studio di individuazione del reticolo idrografico e meglio definite dal punto di vista morfologico con l'utilizzo del il Modello Digitale del Terreno (DTM) Lidar.

Nello specifico, sono state individuate le seguenti aree:

- Aree morfologicamente ribassate, indicate come soggette a ristagno con ridotta altezza massima dell'acqua;
- Aree morfologicamente ribassate, indicate come soggette a ristagno con elevata altezza massima dell'acqua;
- Aree individuate su base morfologica, interessabili da allagamenti localizzati in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati, dovuti alla somma degli effetti di possibili tracimazioni dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore, con l'emergenza della falda idrica presente a debole profondità e la tendenza al ristagno delle acque meteoriche.

Oltre a tali aree sono state individuate aree segnalate come soggette a fenomeni di allagamento urbano in occasione degli eventi meteorologici estremi e sono stati implementati gli esiti della modellazione idraulica relativa al reticolo idrografico (**Par. 6.4** e **Par. 7.6**):

- Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4;
- Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H3;
- Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H2.

Sono stati individuati i corsi d'acqua presenti sul territorio, gli attraversamenti e i intubati, in quanto punti maggiormente vulnerabili al rischio idraulico.

Sono state altresì individuate le seguenti aree, che seppur non direttamente legate al regime idrografico, possono condizionare il rischio idraulico:

- Aree con presenza della falda a debole profondità, occasionalmente affiorante.
- Aree caratterizzate dalla presenza di terreni coesivi con caratteristiche geotecniche scadenti (alternanze argilloso - limose e/o lenti torbose nei primi 5-6 m di profondità) e presenza della falda a debole profondità, occasionalmente affiorante, con locali fenomeni di ristagno delle acque superficiali.

7.2 Aree già individuate nel PAI/PGRA

Sul territorio di Albiolo, lungo i corsi d'acqua del reticolo minore, sono state individuate aree interessabili da possibili esondazioni, classificate come *aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata* (Em), conformemente alle tavole di delimitazione delle aree in dissesto del PAI² (Elaborato 2 – Atlante dei rischi idraulici ed idrogeologici).

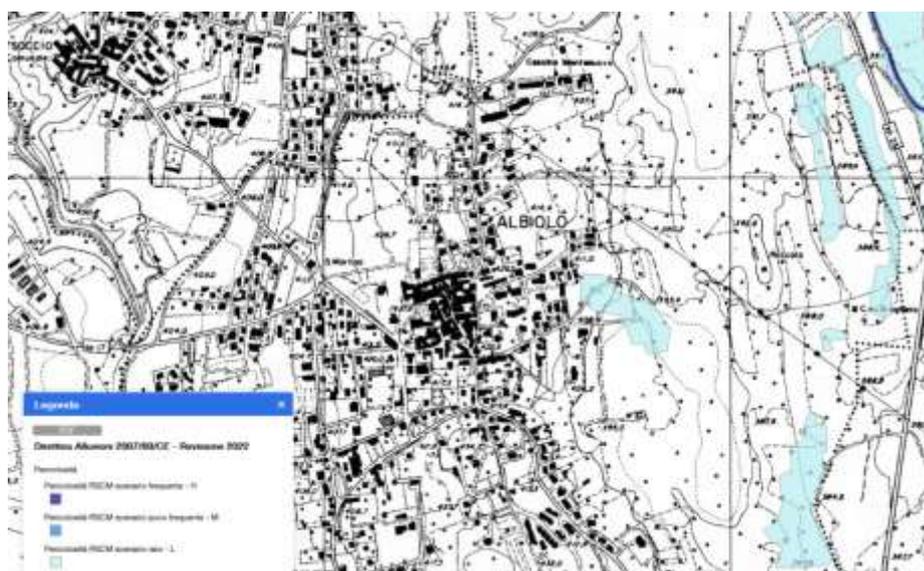


ESONDAZIONE E DISSESTI MORFOLOGICI DI CARATTERE TORRENTIZIO			
Em	Aree a pericolosità media o moderata di esondazione	Classe 2-3 moderate o consistenti infiltrazioni	Art.11 comma 11 delle norme di attuazione PAI

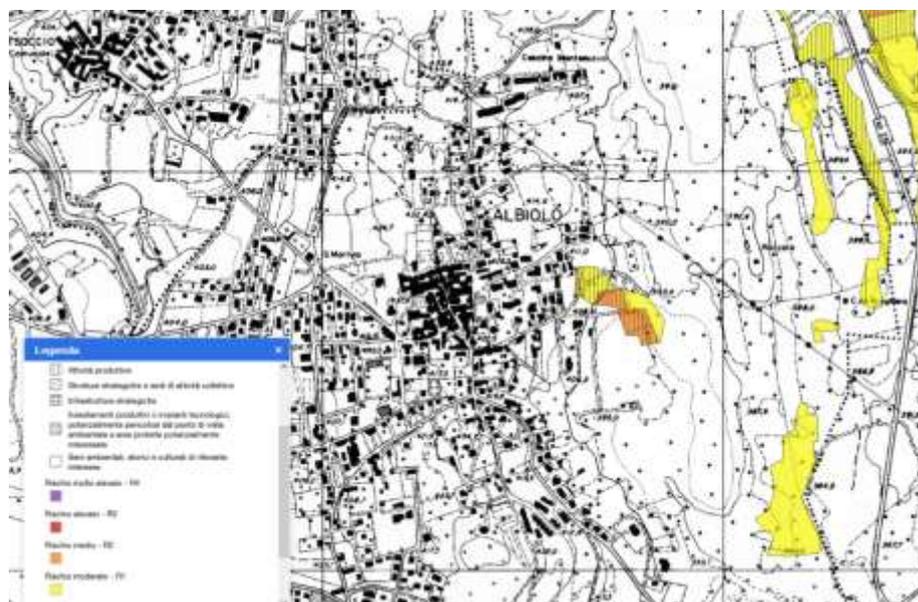
Estratto del Quadro dissesti PAI vigente

² PAI: piano adottato il 26 aprile 2001 e definitivamente approvato con D.P.C.M. del 24/05/2001

Con l'entrata in vigore del PGRA³, le suddette aree sono state riclassificate come aree potenzialmente interessate da alluvioni rare P1/L relative al reticolo secondario collinare e montano (RSCM). Il rischio connesso a tali aree è (indicativamente) definito perlopiù come rischio moderato (R1) e in miro parte rischio medio (R2), in corrispondenza di aree a destinazione produttiva.



Estratto della mappa di pericolosità del PGRA



Estratto della mappa di rischio del PGRA

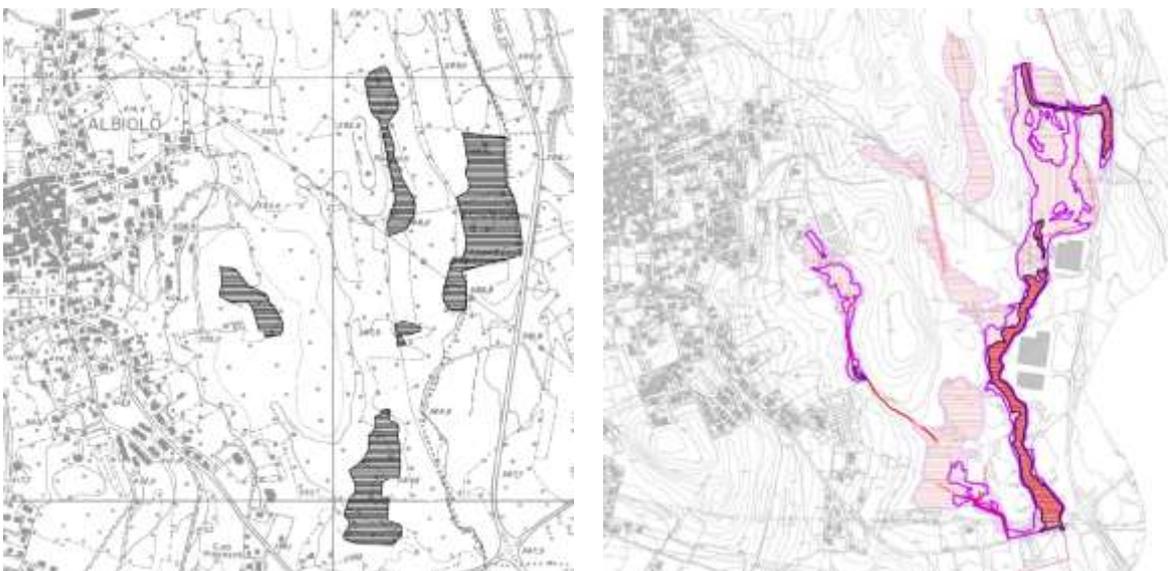
³ PGRA: piano predisposto in conformità agli art. 7 e 8 della Direttiva 2007/60/CE (*"Direttiva alluvioni"*), approvato con Del. N. 2 del 03/03/2016, dal Comitato Istituzionale dell'Autorità di bacino del fiume Po e successivamente con DPCM 27/10/2016

L'aggiornamento della componente geologica (predisposto dagli scriventi e attualmente adottato) ha riconfermato le suddette aree e le ha integrate con le aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da esondazioni dei corsi d'acqua appartenenti al reticolo idrografico (vedi **Cap. 6**).

Le modifiche apportate al quadro dissesti PAI sono state inserite nella carta PAI-PGRA come proposta di modifica (attualmente in itinere) relativamente all'ambito collinare/montano (RSCM).

Pertanto, per quanto attiene il rischio di dissesto lungo le aste dei torrenti, è stata stabilita una classificazione in accordo con le definizioni del PAI/PGRA, descritta come segue:

- aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità molto elevata (**Ee**), corrispondenti alle aree interessate da alluvioni frequenti (**P3/H**): aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4;
- aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità elevata (**Eb**), corrispondenti alle aree interessate da alluvioni poco frequenti (**P2/M**): aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H3;
- aree coinvolgibili da fenomeni con pericolosità media o moderata (**Em**), corrispondenti alle aree interessate da alluvioni rare (**P1/L**):
 - aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H2;
 - aree individuate su base morfologica, interessabili da allagamenti localizzati in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati, dovuti alla somma degli effetti di possibili tracimazioni dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore, con l'emergenza della falda idrica presente a debole profondità e la tendenza al ristagno delle acque meteoriche.



**Confronto complessivo tra il Quadro dissesti PAI vigente
e la proposta di modifica PAI/PGRA**

7.3 Aree individuate nello studio di determinazione del reticolo idrico minore

Il Comune di Albiolo è già dotato di studio inerente all'individuazione del reticolo idrografico, approvato dalla Regione Lombardia con specifico parere (prot. n. AE04.2011.0003078).

Il reticolo idrografico individuato, è classificabile totalmente come reticolo idrografico minore (RIM), di competenza comunale.

Sul reticolo idrografico, sono state individuate aree vulnerabili dal punto di vista idraulico, cioè aree soggette a ristagno delle acque meteoriche e ad emergenza della falda idrica presente a debole profondità e di possibile esondazione dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore.

Le suddette aree sono state ricomprese anche nella componente geologica del PGT.

7.4 Criticità segnalate dall'Ufficio Tecnico

In occasione di un apposito incontro con i referenti tecnici del Comune di Albiolo, sono stati analizzati tutti i dati e le informazioni relative a problemi di tipo idraulico o di allagamento urbano, ristagno idrico nelle vie del centro abitato e/o difficoltà di drenaggio nella rete di raccolta, e successivamente sono stati confrontati con quanto emerso dalle modellazioni idrauliche (vedi **Cap. 5** e **Cap. 6**).

Le problematiche così descritte sono state rappresentate cartograficamente in **Tav. 3**.

1. Negli anni '90, in corrispondenza del centro storico è stata raddoppiata la rete per separare le meteoriche. L'opera è tuttavia incompleta e il tutto converge nella rete mista (nodo Via Monte Bianco/Via Manzoni) con problematiche ancora presenti.
2. Durante gli eventi meteorici il ramo di rete mista evidenziato va in pressione e porta all'attivazione dello sfioratore con recapito nel corso d'acqua (tratto 3G).
3. Le criticità segnalate ed emergenti dalla modellazione idraulica, sono state risolte dall'attuazione del progetto "REALIZZAZIONE DI UN NUOVO TRONCO DI FOGNATURA BIANCA LUNGO VIA POZZI" (Ing. Riva Gianmario, Dicembre 2020). Si è attuata la posa di un nuovo collettore DN700 che ha apportato miglioria al deflusso; contestualmente, in prossimità dell'incrocio tra Via Pozzi e Via Chiosi è stato realizzato uno scolmatore che recapita le acque nella sottostante area verde ("area Nava", vedi seguente punto 7).
4. Le difficoltà di deflusso delle acque meteoriche nel tratto segnalato sono determinate da parziale interrimento delle strutture e del cunicolo esistente. I fenomeni sono controllabili mediante manutenzione ordinaria di tale rete.
5. La modellazione idraulica evidenzia per il tratto di rete mista evidenziato della criticità che sono imputabili prevalentemente alla difficoltà di confluenza verso il collettore.

6. Viene segnalata una criticità idraulica ai danni del condominio residenziale di Via Michelangelo, che subisce reiterati allagamenti al piano seminterrato, in corrispondenza delle autorimesse. Le misure di sicurezza attuate al momento consistono nel pompaggio con recapito delle acque sull'area verde limitrofa, altimetricamente ribassata, che già funge naturalmente quale area di laminazione spontanea delle acque pluviali.
7. L'area verde denominata Nava presenta condizioni morfologiche e geolitologiche, note da tempo, che la rendono naturalmente un'area di laminazione delle acque pluviali; inoltre, sono presenti due scaricatori delle acque di troppo pieno della rete acque bianche di Via Pozzi. Tali condizioni hanno determinato l'apposizione del vincolo di fattibilità geologica (classe 4) su tale area.
8. La modellazione idraulica evidenzia per il tratto di rete lungo Via Cavour, problematiche di insufficienza, soprattutto all'incrocio con Via Pozzi.
9. L'insufficienza della rete mista si manifesta con allagamenti in corrispondenza di Via Mazzini presso il confine con Solbiate. Tali allagamenti interessano in particolare i vani interrati delle abitazioni residenziali in Solbiate, ma prospicienti su Via Mazzini in Albiolo, e solo parzialmente la sede stradale stessa. È stato valutato che l'apporto delle acque meteoriche provenienti dal complesso produttivo di Via Battisti n. 41-43 costituisce causa principale di tale insufficienza, per quanto rilevante in termini volumetrici.

7.5 Aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria

L'analisi delle simulazioni dello stato di fatto ha evidenziato che, già a partire da un tempo di ritorno basso ($T_r = 2$ anni), si rilevano alcuni collettori con funzionamento in pressione.

Nello specifico dal modello emergono possibili insufficienze in corrispondenza delle confluenze dei collettori, o di dorsali con diametro relativamente piccolo:

- dorsale più esterna sul settore Est del territorio comunale ove confluiscono i collettori delle vie Manzoni, Monte Generoso e Maestri Comacini.
- innesto tra Via Bisbino e Via Maestri Comacini.
- intersezione tra via Todeschini, Via delle Piazzolle e via Monte Bianco.
- dorsale di via San Francesco e lungo via per Cagno.
- Intersezione tra Via Garibaldi e Via Mazzini.

Al crescere del tempo di ritorno dell'evento le zone di insufficienza della rete si estendono progressivamente ai collettori che in precedenza non manifestavano alcuna criticità, comportamento dettato dal funzionamento rigurgitato di tutti i collettori secondari per effetto del funzionamento in pressione delle dorsali principali.

Va rilevato che non tutte le criticità evidenziate dal modello hanno un riscontro effettivo, emerso dal confronto con l'Ufficio Tecnico di Albiolo.

In **Tav. 2** sono stati riportati sinteticamente i risultati della modellazione idraulica, con particolare attenzione alle tratte in pressione o soggette a rigurgito e ai punti di fuoriuscita sulla sede stradale.

7.6 Sintesi delle criticità idrauliche evidenziate e definizione delle mappe di pericolosità

Il censimento delle problematiche derivate da precedenti studi, la modellazione idraulica e il confronto con i tecnici comunali, hanno permesso di individuare le criticità idrauliche insistenti sul territorio comunale di Albiolo.

In generale è emerso che le problematiche rilevate, sia osservate che potenziali, sono ascrivibili a fenomeni di allagamento urbano in occasione degli eventi meteorologici estremi.

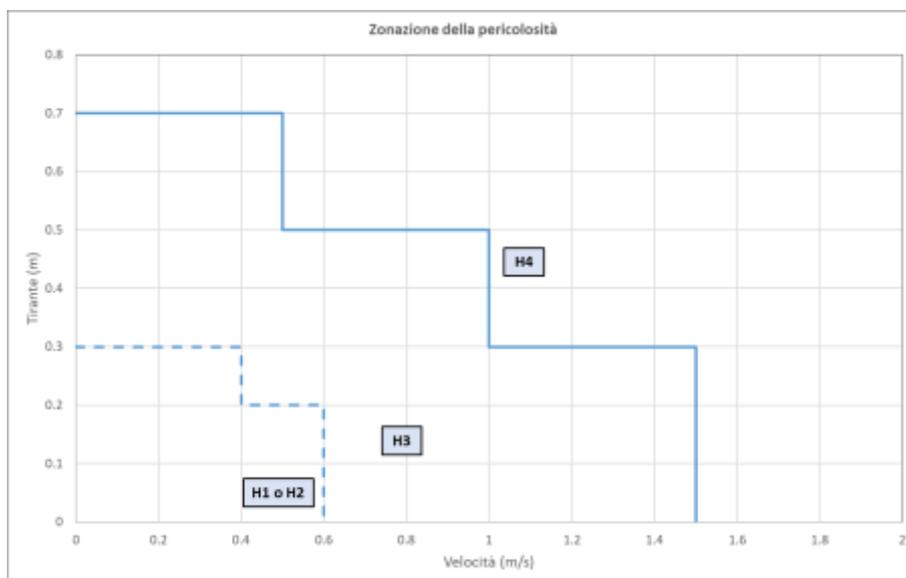
Le criticità derivate dalla modellazione idraulica sul reticolo idrografico sono state interpretate secondo le indicazioni contenute nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione", che identifica il grado di pericolosità idraulica sulla base dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento. Ciò ha permesso di individuare sul territorio comunale aree omogenee a diverso grado di pericolosità idraulica (vedi paragrafo seguente).

Per quanto invece concerne le criticità legate alle insufficienze della rete fognaria e segnalate dall'UT comunale, gli allagamenti osservati, oltre ad essere circoscritti e con estensione areale contenuta, sono caratterizzati da tiranti ridotti e velocità di scorrimento basse.

In considerazione di ciò, applicando anche le indicazioni contenute nel citato Allegato 4, si può affermare che le aree interessate dai suddetti allagamenti sono classificabili a pericolosità bassa.

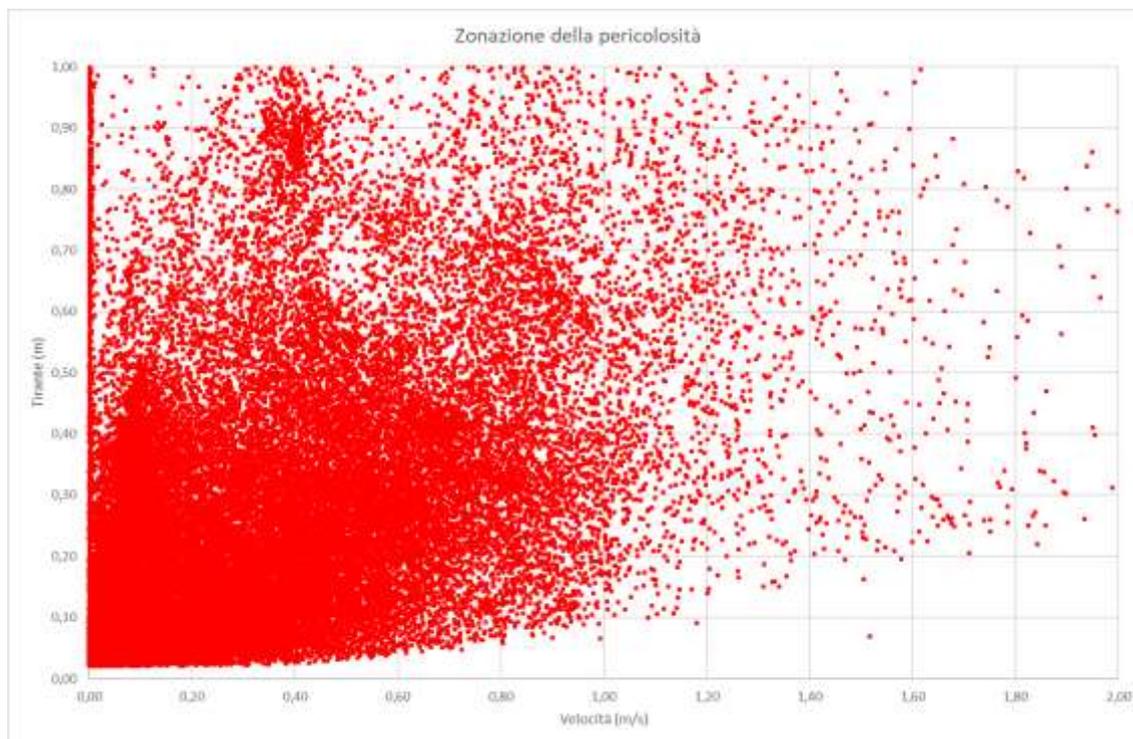
7.6.1 Interpretazione risultati della modellazione sul reticolo idrografico, per la perimetrazione delle aree di pericolosità idraulica

Per individuare sul territorio comunale aree omogenee a diverso grado di pericolosità idraulica si sono applicate le indicazioni contenute nell'Allegato 4 alla D.G.R. IX/2616/2011 "Procedure per la valutazione e la zonazione della pericolosità e del rischio di esondazione", che, con riferimento al grafico seguente, identifica il grado di pericolosità idraulica sulla base dei tiranti idrici e delle velocità di scorrimento, per piene con tempo di ritorno di riferimento di T=100 anni.

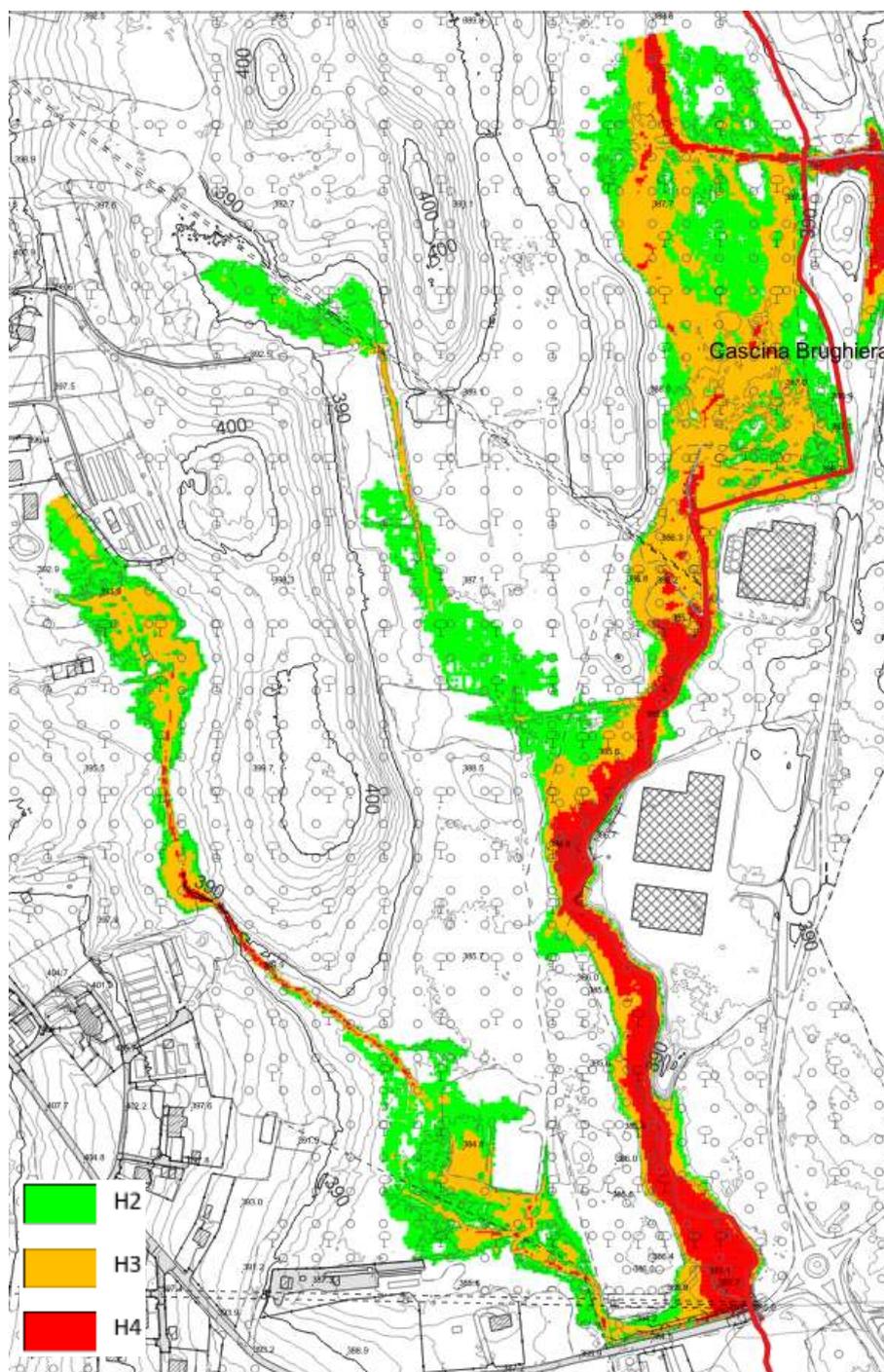


Per tiranti fino a un massimo di 30 cm e velocità massime di 0,6 m/s si ricade in aree a pericolosità media o moderata (H1 – H2); per combinazioni tiranti/velocità fino a 70 cm/0,5 m/s o fino a 30 cm/1,5 m/s, si ricade in aree a pericolosità elevata (H3); oltre a tali valori si ricade in aree a pericolosità molto elevata.

Come già indicato in precedenza, l'accoppiata battente/velocità segue una distribuzione "a ventaglio", con valori perlopiù inferiori a 0,4 m di battente e 0,6 m/s di velocità. Il parametro che incide maggiormente è comunque il battente idraulico.



Le aree a diverso grado di pericolosità individuate dall'interpolazione dei dati sono rappresentate nella figura seguente.



Zonazione della pericolosità

8. Misure strutturali e non strutturali di riduzione del rischio idraulico e idrologico a scala comunale

Nei paragrafi seguenti sono descritti le misure, sia strutturali che non strutturali, previste a scala comunale per la risoluzione e/o il contenimento delle problematiche idrauliche rilevate, sia dalla modellazione idraulica che dall'analisi dei fenomeni direttamente osservati durante gli eventi meteorici più intensi.

Le misure individuate per le diverse aree di criticità sono riassunte nelle schede riportate al **paragrafo 8.2.** e riportate in cartografia nella **Tav. 3.**

8.1 Aspetti generali concernenti le misure strutturali e non strutturali

Le **misure strutturali** consistono in opere quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, o anche interventi sulla rete di drenaggio urbano, tutte atte a risolvere anche parzialmente le criticità idrauliche descritte precedentemente.

Il R.R. n. 7/2017 s.m.i. indica che tali misure debbano essere individuate dal comune con l'eventuale collaborazione del gestore del servizio idrico integrato.

Pertanto, le misure strutturali contenute nelle successive schede (**Par. 8.2**), totalmente riferite a problematiche della rete di smaltimento, sono indicazioni di massima che potranno essere proposte al gestore del servizio idrico integrato al fine di una successiva specifica pianificazione e conseguente progettazione.

Le **misure non strutturali** sono azioni volte a ridurre la vulnerabilità degli elementi esposti al rischio idraulico e l'entità dei danni conseguenti ad un evento di piena, che vengono messe in atto senza ricorso ad opere vere e proprie, ma facendo affidamento a provvedimenti regolamentari di carattere urbanistico/edilizio, regole comportamentali, fino anche a procedure di protezione civile.

La definizione di queste misure può risultare complessa e richiede un coordinamento con la pianificazione comunale di carattere urbanistico e di emergenza.

Si deve intendere infatti che queste misure, da parte comunale, possano avere i seguenti contenuti:

- individuazione di aree nelle quali è richiesta la rigorosa applicazione delle misure di invarianza idraulica e idrologica previste dal regolamento regionale, anche con meccanismi per promuovere e incentivare l'applicazione delle suddette misure all'edificato esistente e l'estensione agli interventi che non ricadono nell'ambito di applicazione;
- previsioni urbanistiche che introducano su determinate aree del territorio specifici vincoli correlati con le politiche di recepimento dell'invarianza idraulica ed idrologica previste dal regolamento regionale, quali ad esempio il mantenimento di aree libere da qualsiasi edificazione e da riservare all'eventuale futura ubicazione di presidi di

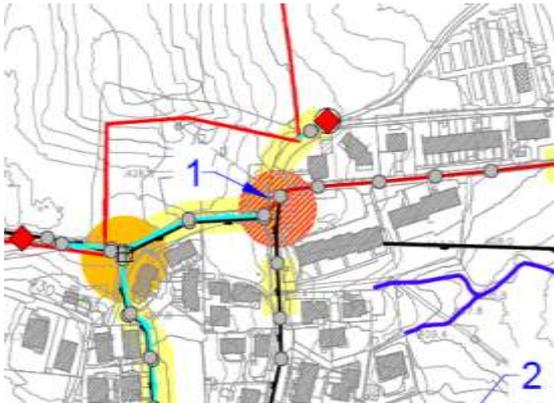
laminazione delle acque (sia quelle pluviali di drenaggio urbano che quelle di esondazione da corsi d'acqua);

- previsioni di inserimento, anche in ambiti di trasformazione di iniziativa privata, di presidi di laminazione e/o regimazione delle acque pluviali con carattere di più ampia utilità pubblica, in grado cioè di ridurre anche le criticità idrauliche di aree contermini esterne all'ambito di intervento;
- adozione di tipologie edilizie nelle aree soggette a criticità e/o rischio idraulico che escludano edifici monopiano, vani interrati e seminterrati, o quantomeno che prevedano la collocazione delle soglie di ingresso e del piano terreno calpestabile a quota compatibile con i tiranti idrici previsti in caso di esondazione o allagamento urbano;
- iniziative per l'informazione dei cittadini sulle aree a rischio idraulico e adozione di efficaci misure di allertamento della popolazione residente nelle aree soggette a tale rischio e conseguente adozione di procedure di gestione dell'emergenza.

Quanto sopra, elencato in modo non esaustivo, ha il solo fine di veicolare i principi concettuali del regolamento regionale e sensibilizzare l'Amministrazione comunale per il corretto approccio alla pianificazione urbanistica che esponga a rischi idraulici mitigati e molto contenuti.

È auspicabile inoltre che a carico del singolo cittadino sia promossa la consapevolezza sul grado di rischio del territorio di residenza e l'osservanza delle disposizioni di protezione civile contenute nello specifico piano, con particolare riferimento alla localizzazione delle aree di emergenza e alle misure comportamentali indicate dal piano stesso.

8.2 Schede delle criticità idrauliche e delle relative misure strutturali proposte

SCHEDE MISURE PROPOSTE		Criticità	Area 1
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>			
			
<i>DESCRIZIONE:</i>		<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Negli anni '90, in corrispondenza del centro storico è stata raddoppiata la rete per separare le acque pluviali. L'opera è tuttavia incompleta e il tutto converge nella rete mista (nodo Via Monte Bianco/Via Manzoni).</p>		<p>Quale soluzione migliorativa va completata la disconnessione delle acque pluviali dalle linee di rete mista.</p> <p>Ciò porterebbe vantaggi anche sui processi depurativi ovvero sulle stazioni di sollevamento deputate al conferimento dei reflui verso i depuratori.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>			
Procedure di controllo e manutenzione ordinaria da parte del Gestore SII			
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>			
Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria			
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>			

<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>			
È necessario approfondire le verifiche del tratto interessato e sviluppare specifica progettazione in continuità con quanto parzialmente realizzato negli anni '90.			

SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 2
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Durante gli eventi meteorici il ramo di rete mista evidenziato va in pressione e porta all'attivazione dello sfioratore con recapito nel corso d'acqua (tratto 3G).</p>	<p>Quale soluzione migliorativa va intrapresa una disconnessione delle acque meteoriche con successivo recapito regolato nel corpo idrico, evitando così la contaminazione delle acque attualmente sfiorate.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		

<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria con recapito regolato nel corpo idrico atto ad evitare l'attuale sfioro delle acque della rete mista con qualità compromessa.</p>		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>Procedure di controllo e manutenzione ordinaria da parte del Gestore SII, anche al fine di mantenere in efficienza il tratto di rete interessato. Verificare l'assenza di fenomeni erosivi nel tratto di reticolo a valle dello sfioro.</p>		
<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
<p>È necessario approfondire le verifiche del tratto interessato e sviluppare specifica progettazione.</p>		

SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 3
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Le criticità segnalate ed emergenti dalla modellazione idraulica, sono state risolte dall'attuazione del progetto</p> <p>“REALIZZAZIONE DI UN NUOVO TRONCO DI FOGNATURA BIANCA LUNGO VIA POZZI” (Ing. Riva Gianmario, Dicembre 2020).</p> <p>Si è attuata la posa di un nuovo collettore DN700 che ha apportato miglioramenti al deflusso; contestualmente, in prossimità dell'incrocio tra Via Pozzi e Via Chiosi è stato realizzato uno scolmatore che recapita le acque nella sottostante area verde (“area Nava”, vedi seguente punto Area 7).</p>	<p>Di per sé l'attuazione del progetto citato ha risolto le criticità idrauliche dell'area, tuttavia è possibile intervenire sull'area Nava per meglio conformarla come area di laminazione, valutando la possibilità di parziale drenaggio di fondo.</p> <p>Contestualmente andranno previste misure di salvaguardia e di mitigazione ambientale degli abitati circostanti l'area stessa.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		
<p>Attuazione del progetto “REALIZZAZIONE DI UN NUOVO TRONCO DI FOGNATURA BIANCA LUNGO VIA POZZI” (Ing. Riva Gianmario, Dicembre 2020).</p> <p>Realizzazione di scolmatore in corrispondenza dell'area “Nava”</p>		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>Potenziamento della funzione di laminazione dell'area “Nava”, a valle di uno specifico progetto che preveda, anche solo parzialmente, il possibile drenaggio delle acque nei primi strati del sottosuolo.</p>		

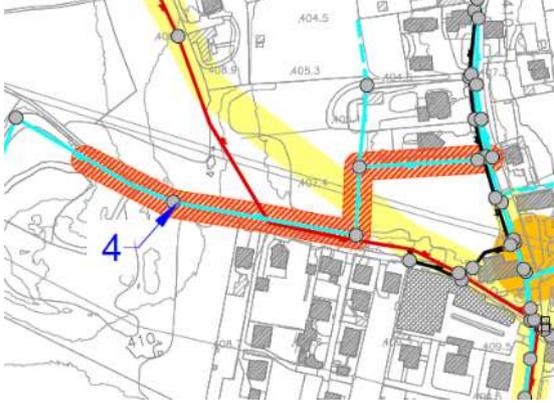
(continua a pagina seguente)

RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE NON STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:

Procedure di controllo e manutenzione ordinaria da parte del Comune di Albiolo, con eventuale collaborazione del Gestore SII

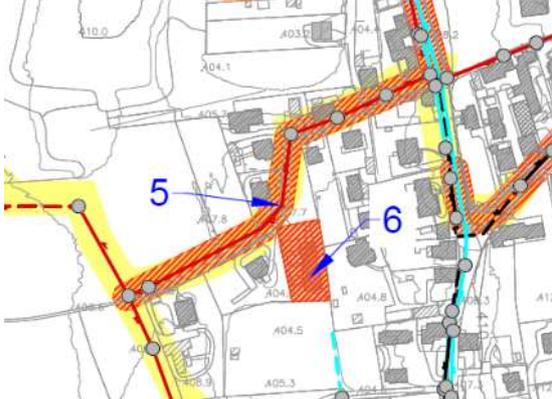
APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:

Approfondimento di indagine per la valutazione della possibilità di parziale drenaggio di fondo in corrispondenza dell'area "Nava"

SCHEDA MISURE PROPOSTE		Criticità	Area 4
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>			
			
<i>DESCRIZIONE:</i>		<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Le difficoltà di deflusso delle acque meteoriche nel tratto segnalato sono determinate da parziale interrimento delle strutture e del cunicolo esistente.</p>		<p>Le difficoltà di deflusso sono controllabili mediante manutenzione ordinaria di tale rete.</p> <p>Andrà adeguatamente mantenuta anche l'area verde (campi agricoli/bosco), in modo che sia sempre garantita una linea di scolo.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>			

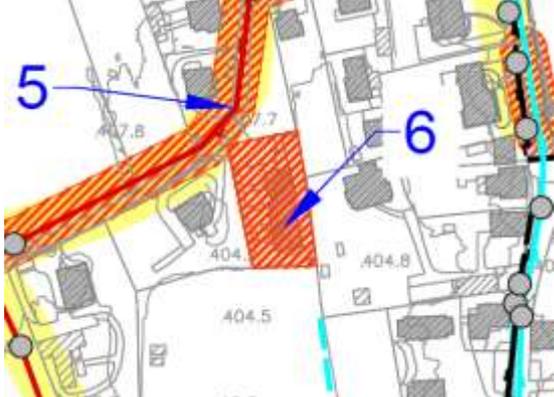
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>			

<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>			
<p>Procedure di controllo e manutenzione ordinaria da parte del Comune di Albiolo, con eventuale collaborazione del Gestore SII.</p> <p>Adeguata gestione dell'area verde, eventualmente da convenzionare con la proprietà, se non già nelle disponibilità comunali.</p>			
<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>			

SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 5
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>La modellazione idraulica evidenzia per il tratto di rete mista evidenziato della criticità che sono imputabili prevalentemente ai rigurgiti indotti dal collettore di valle.</p>	<p>Come indicazione generale andrebbe previsto uno studio di dettaglio per verificare la possibilità di una disconnessione delle acque bianche da gestire separatamente. Non potendosi attuare recapito in corpo idrico superficiale, va accertata la possibilità di parziale spagliamento/infiltrazione nelle zone agricole poste a Ovest del collettore.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		

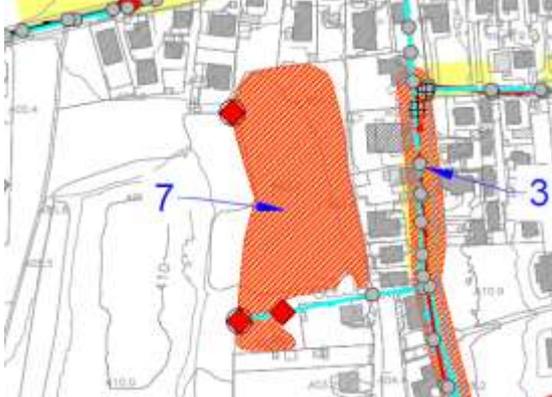
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
IS01 – Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		

<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
<p>Valutazione della possibilità di creare un'area per il parziale spagliamento/infiltrazione delle acque pluviali in corrispondenza nelle zone agricole poste a Ovest del collettore</p>		

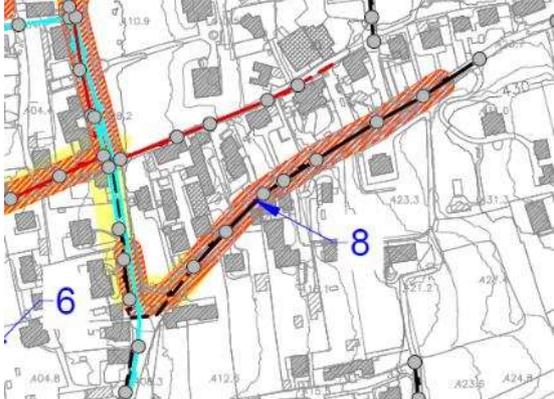
SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 6
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Viene segnalata una criticità idraulica ai danni del condominio residenziale di Via Michelangelo, che subisce reiterati allagamenti al piano seminterrato, in corrispondenza delle autorimesse. Le misure di sicurezza attuate al momento consistono nel pompaggio con recapito delle acque sull'area verde limitrofa, altimetricamente ribassata, che già funge naturalmente quale area di laminazione spontanea delle acque pluviali.</p>	<p>All'area verde utilizzata come spagliamento è stato posto un vincolo di fattibilità geologica (classe 4). Potrà essere pertanto meglio conformata come area destinata alla laminazione delle acque pluviali, a valle di uno specifico progetto.</p> <p>Qualora gli allagamenti siano dovuti ad un deflusso incontrollato sulla sede stradale occorre studiare presidi per limitare l'accumulo delle acque meteoriche verso i piani interrati.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		

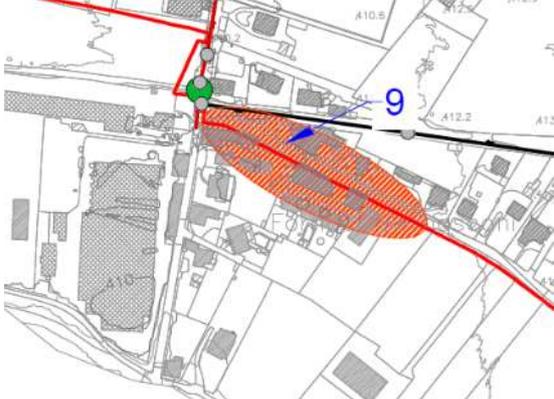
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>Potenziamento della funzione di laminazione dell'area verde, a valle di uno specifico progetto che non escluda la possibilità di drenaggio di fondo delle acque.</p>		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		

<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
<p>Valutazione della possibilità di parziale drenaggio di fondo in corrispondenza dell'area di laminazione per la quale è necessario sviluppare specifico studio e conseguente progettazione.</p>		

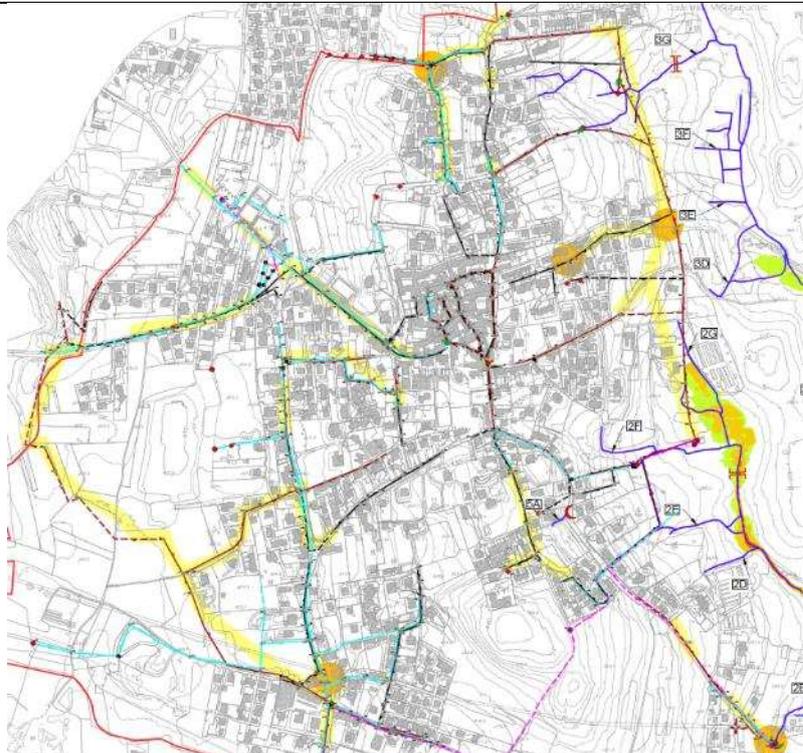
SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 7
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>L'area verde denominata Nava presenta condizioni morfologiche e geolitologiche, note da tempo, che la rendono naturalmente un'area di laminazione delle acque pluviali; inoltre, sono presenti due scaricatori delle acque di troppo pieno della rete acque bianche di Via Pozzi. Tali condizioni hanno determinato l'apposizione del vincolo di fattibilità geologica (classe 4) su tale area.</p>	<p>È possibile intervenire sull'area Nava per meglio conformarla come area di laminazione, valutando la possibilità di parziale drenaggio di fondo.</p> <p>Contestualmente andranno previste misure di salvaguardia e di mitigazione ambientale degli abitati circostanti l'area stessa.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		
Realizzazione di scolmatore in corrispondenza dell'area "Nava".		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
Potenziamento della funzione di laminazione dell'area "Nava", a valle di uno specifico progetto che non escluda la possibilità di drenaggio di fondo delle acque.		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		

<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
Valutazione della possibilità di parziale drenaggio di fondo in corrispondenza dell'area di laminazione "Nava" per la quale è necessario sviluppare specifica progettazione.		

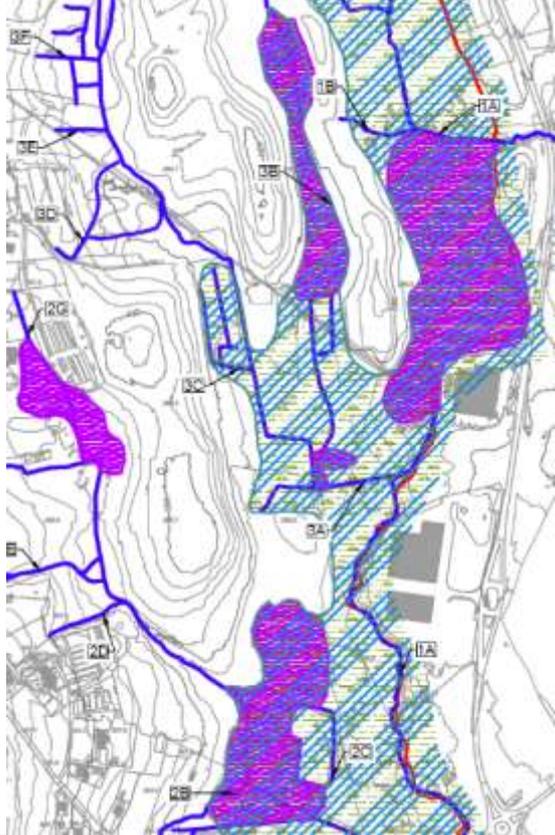
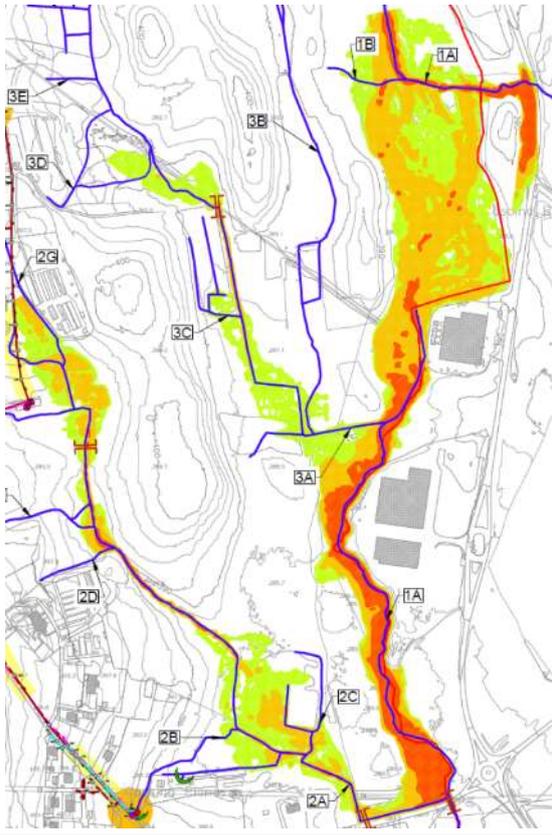
SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 8
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>La modellazione idraulica evidenzia per il tratto di rete lungo Via Cavour, problematiche di insufficienza, soprattutto all'incrocio con Via Pozzi.</p>	<p>Come indicazione generale andrebbe previsto uno studio di dettaglio per verificare la possibilità di una disconnessione delle acque bianche da gestire separatamente. Tali acque possono essere recapitate nel ramo DN700 di recente realizzazione presente su Via Pozzi</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		
<p>Attuazione del progetto "REALIZZAZIONE DI UN NUOVO TRONCO DI FOGNATURA BIANCA LUNGO VIA POZZI" (Ing. Riva Gianmario, Dicembre 2020)</p>		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria</p>		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
<p>-----</p>		
<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
<p>Valutazione della possibilità di recapito delle acque bianche, da separare, nel ramo DN700 di recente realizzazione presente su Via Pozzi per la quale è necessario sviluppare poi una specifica progettazione.</p>		

SCHEDA MISURE PROPOSTE	Criticità	Area 9
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>L'insufficienza della rete mista si manifesta con allagamenti in corrispondenza di Via Mazzini presso il confine con Solbiate. Tali allagamenti interessano in particolare i vani interrati delle abitazioni residenziali in Solbiate, ma prospicienti su Via Mazzini in Albiolo, e solo parzialmente la sede stradale stessa. È stato valutato che l'apporto delle acque meteoriche provenienti dal complesso produttivo di Via Battisti n. 41-43 costituisce causa principale di tale insufficienza, per quanto rilevante in termini volumetrici.</p>	<p>Tale problematica andrebbe segnalata e condivisa con il Comune di Solbiate con Cagno al fine di mettere in atto misure risolutive per tutto il comparto.</p> <p>In particolare è auspicabile uno studio di dettaglio per verificare la possibilità di una disconnessione delle acque bianche provenienti dall'attività produttiva, da gestire separatamente con eventuale dispersione nel sottosuolo, anche solo parziale, e/o laminazione delle acque per attuare lo scarico in fognatura dilazionato nel tempo.</p>	
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>		

<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria		
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE <u>NON</u> STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>		
Segnalazione e condivisione della problematica con il Comune di Solbiate con Cagno		
<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>		
Studio di dettaglio per la disconnessione delle acque bianche provenienti dall'attività produttiva, da gestire separatamente		

SCHEMA MISURE PROPOSTE	Criticità	Tratte in pressione/ rigurgitate
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>L'analisi delle simulazioni dello stato di fatto ha evidenziato che, già a partire da un tempo di ritorno basso ($Tr = 2$ anni), si rilevano alcuni collettori con funzionamento in pressione.</p> <p>Nello specifico dal modello emergono possibili insufficienze in corrispondenza delle confluenze dei collettori, o di dorsali con diametro relativamente piccolo:</p> <ul style="list-style-type: none"> • dorsale più esterna sul settore Est del territorio comunale ove confluiscono i collettori delle vie Manzoni, Monte Generoso e Maestri Comacini. • innesto tra Via Bisbino e Via Maestri Comacini. • intersezione tra via Todeschini, Via delle Piazzolle e via Monte Bianco. 	<p>In generale, la proposta di intervento per l'intera rete consiste nella progressiva separazione dei collettori deputati alla raccolta degli eventi meteorici rispetto a quelle destinate alle sole acque nere.</p> <p>Ciò porterebbe vantaggi anche sui processi depurativi ovvero sulle stazioni di sollevamento deputate al conferimento dei reflui verso i depuratori.</p> <p>Nell'ottica di un'ottimizzazione delle reti, si ritiene prioritario attivare politiche a lungo termine che vadano nella direzione di smaltire direttamente il più possibile nel sottosuolo le acque di natura meteorica provenienti dai singoli edifici e comparti urbani. Ciò permetterebbe di programmare interventi sulla rete meteorica potendo contare quasi esclusivamente sugli apporti meteorici provenienti dalle superfici stradali</p>	

<ul style="list-style-type: none"> • dorsale di via San Francesco e lungo via per Cagno. • Intersezione tra Via Garibaldi e Via Mazzini. <p>Al crescere del tempo di ritorno dell'evento le zone di insufficienza della rete si estendono progressivamente ai collettori che in precedenza non manifestavano alcuna criticità, comportamento dettato dal funzionamento rigurgitato di tutti i collettori secondari per effetto del funzionamento in pressione delle dorsali principali.</p> <p>Va rilevato che non tutte le criticità evidenziate dal modello hanno un riscontro effettivo, emerso dal confronto con l'Ufficio Tecnico di Albiolo.</p>	<p>o eventualmente dai comparti edificati solo al superamento della capacità di infiltrazione o laminazione effettuata localmente.</p>
<p><i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i></p>	
<p>Procedure di controllo e manutenzione ordinaria da parte del Gestore SII</p>	
<p><i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i></p>	
<p>Disconnessione delle acque bianche dalla rete fognaria Potenziamento/realizzazione di sistemi disperdenti e/o di laminazione</p>	
<p><i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE NON STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i></p>	
<p>Incentivazione utilizzo sistemi di dispersione acque meteoriche nel sottosuolo</p>	
<p><i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i></p>	
<p>-----</p>	
<p><i>AREE DA DESTINARE ALLE MISURE DI INVARIANZA</i></p>	
<p>Consultare le aree verdi utili e disponibili rappresentate nella Carta del Verde di Tav. 5</p>	

SCHEMA MISURE PROPOSTE	Criticità	Esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio
<i>INDIVIDUAZIONE:</i>		
		
<i>DESCRIZIONE:</i>	<i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i>	
<p>Ricadono in questa categoria tutte le criticità idrauliche legate direttamente al regime idraulico dei corsi d'acqua presenti sul territorio di Albiolo, individuate dallo studio geologico comunale dalla modellazione idraulica:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aree individuate su base morfologica, interessabili da allagamenti localizzati in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati, dovuti alla somma degli effetti di possibili tracimazioni dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore, con l'emergenza della falda idrica presente a debole profondità e la tendenza al ristagno delle acque meteoriche 	<p>Le aree individuate, connesse con il reticolo idrografico, sono concentrate esclusivamente nel settore orientale del territorio comunale, ad una quota altimetricamente inferiore rispetto al centro abitato, in una zona naturale perlopiù boscata e poco o nulla urbanizzata.</p> <p>In considerazione di ciò, si ritiene utile per l'intero territorio comunale mantenere la naturale funzione di "laminazione" di tali aree.</p> <p>Quale misura non strutturale si propone l'attività di monitoraggio e periodico intervento di pulizia spondale che prevede la rimozione di eventuale vegetazione</p>	

<ul style="list-style-type: none">• Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H4;• Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H3;• Aree individuate dallo studio idraulico come direttamente coinvolgibili da inondazioni al verificarsi della piena di riferimento (Tr 100 anni) con pericolosità H2.	infestante e la pulizia degli attraversamenti/tratti intubati esistenti. Andrà considerata l'opportunità di specifici interventi di regimazione superficiale delle acque ed eventuale messa a dimora di specie arboree e arbustive adeguate a contrastare l'erosione superficiale del suolo.
<i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i>	

<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>	
Eventuale regimazione superficiale delle acque non incanalate, riduzione del trasporto solido dei corsi d'acqua e manutenzione spondale.	
<i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE NON STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i>	
Manutenzione spondale e delle opere idrauliche in genere.	
<i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i>	

<p>SCHEDA MISURE PROPOSTE</p>	<p>Criticità</p>	<p>Ristagno idrico e/o drenaggio difficoltoso e interferenza acque sotterranee</p>
<p><i>INDIVIDUAZIONE:</i></p>		
		
<p><i>DESCRIZIONE:</i></p>	<p><i>MISURE RISOLUTIVE PROPOSTE:</i></p>	
<p>Ricadono in questa categoria tutte le criticità idrauliche legate al ristagno idrico e in generale al drenaggio difficoltoso, individuate dallo studio geologico comunale:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aree morfologicamente ribassate, indicate come soggette a ristagno con ridotta altezza massima dell'acqua • Aree morfologicamente ribassate, indicate come soggette a ristagno 	<p>Buona parte delle aree individuate sono concentrate nel settore orientale del territorio comunale, ad una quota altimetricamente inferiore rispetto al centro abitato, in una zona naturale perlopiù boscata e poco o nulla urbanizzata.</p> <p>Tuttavia sono presenti altre aree, di minor estensione, poste a ridosso del centro abitato, tra cui l'area "Nava".</p> <p>In generale, si ritiene utile mantenere la naturale funzione di "laminazione" di tali</p>	

<p>con elevata altezza massima dell'acqua</p> <ul style="list-style-type: none"> • Aree con presenza della falda a debole profondità, occasionalmente affiorante. • Aree caratterizzate dalla presenza di terreni coesivi con caratteristiche geotecniche scadenti (alternanze argilloso - limose e/o lenti torbose nei primi 5-6 m di profondità) e presenza della falda a debole profondità, occasionalmente affiorante, con locali fenomeni di ristagno delle acque superficiali. 	<p>aree, o, in specifici casi, quali appunto l'area "Nava", potenziare tale funzione.</p> <p>Per quanto riguarda l'edificato, potenzialmente interferente con le acque di ristagno o di prima falda, è necessario che la progettazione degli interventi edilizi sia condotta consapevolmente, adottando soluzioni tecnico/costruttive che rendono l'edificato poco vulnerabile rispetto a tale situazione (ad esempio drenaggi sotterranei, impermeabilizzazione dei vani interrati e seminterrati, formazione di porticati aperti al piano terreno in luogo di vani chiusi, ecc.).</p> <p>Per le costruzioni esistenti sono ipotizzabili interventi che prevedano, a seconda dei casi, la formazione di trincee drenanti o di setti impermeabili di difesa sotterranea, che dovranno essere progettati a seguito di specifiche indagini geognostiche, lasciando in ultima analisi il ricorso a pompaggio meccanico delle acque, che potrebbe sortire effetto di richiamo e non risultare risolutivi.</p>
<p><i>MISURE GIÀ PROGRAMMATE OD ESEGUITE:</i></p>	
<p>-----</p>	
<p><i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i></p>	
<p>Potenziamento della funzione di laminazione dell'area verde, a valle di uno specifico progetto</p> <p>Interventi preventivi da realizzarsi in fase di progettazione/costruzione per la riduzione della vulnerabilità degli edifici rispetto alla problematica delle acque di ristagno e/o di prima falda.</p>	
<p><i>RIEPILOGO SINTETICO DELLE MISURE NON STRUTTURALI DA INTRAPRENDERE:</i></p>	
<p>-----</p>	
<p><i>APPROFONDIMENTI E INDAGINI DI DETTAGLIO:</i></p>	
<p>Progettazione di interventi a seguito di indagini geognostiche che individuino le quote di soggiacenza della prima falda idrica e la sua dinamica stagionale in relazione ai cicli meteorici, nonché le caratteristiche di permeabilità del terreno ai fini del drenaggio in profondità.</p>	

8.3 Aree da destinare alle misure di invarianza

L'articolo 14 del regolamento regionale, al comma 6 indica la necessità di individuare le aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica e idrologica.

In **Tav. 3** sono state individuate cartograficamente le aree destinate a tale scopo, come indicate nelle schede del **Par. 8.2**.

In aggiunta alle suddette, al fine di individuare aree idonee per l'ubicazione delle misure di invarianza dove non già indicate, in **Tav. 5** è stata redatta la *Carta tematica del verde*, dovesono rappresentate le aree verdi disponibili sul territorio comunale, elaborate a partire dai seguenti dati:

- Carta della Destinazione degli Usi del Suolo Agricoli e Forestali (DUSAF) di Regione Lombardia;
- DB Topografico comunale;

Nello specifico sono state evidenziate:

- ✓ Aree agricole;
- ✓ Aree boscate e arbusteti;
- ✓ Aree attualmente incolte.

8.4 Misure suggerite per l'attuazione dei principi di invarianza idraulica da prevedere negli ambiti di nuova trasformazione

In linea generale, per tutti gli ambiti di trasformazione previsti dal P.G.T. sono da applicarsi i principi di invarianza idraulica e idrologica così come dettati dal R.R. 7/2017 s.m.i.

Le misure saranno da individuare, per ogni singolo caso, sulla base di quanto emergerà dagli approfondimenti condotti in sede progettuale, e più specificatamente dovranno essere contemplate e definite dal "progetto di invarianza idraulica ed idrologica".

Le misure da attuarsi per conseguire i principi di invarianza idraulica d'ambito si possono differenziare in base alle caratteristiche del contesto urbanistico e degli interventi in programma, prevedendo l'orientamento progettuale verso le soluzioni tecniche che risultano più indicate, adeguate e specifiche.

Di seguito, vengono suggerite alcune tipologie di opere e presidi di regimazione delle acque pluviali a cui ricorrere. Le stesse dovranno essere considerate già in fase di programmazione urbanistica degli interventi e, successivamente, sviluppate più dettagliatamente nella fase di pianificazione attuativa o nella fase progettuale, mantenendo il più possibile coerenza con i tipologici illustrati.

Quanto descritto nel seguito, in linea con i concetti ed i principi dell'invarianza idraulica ed idrologica, rappresenta una casistica non esaustiva. Le soluzioni tecniche adottabili per conseguire le finalità del regolamento regionale sono molteplici ed andranno specificatamente progettate in relazione al tipo di intervento ed alla funzionalità rispetto all'obiettivo che si intende raggiungere.

L'utilità della proposta è quindi quella di orientare le scelte verso soluzioni tecniche a ridotto impatto, sfruttando il più possibile gli spazi a verde che, il più delle volte, ben si prestano a garantire anche la funzionalità idraulica necessaria, riducendo così il ricorso ad opere strutturali tipo serbatoi interrati, vasche in conglomerato cementizio ecc.

Va infine considerato che lo stato dell'arte in questo settore è in continua evoluzione e che il mercato sta mettendo a disposizione sempre più prodotti specifici e soluzioni appositamente studiate per integrare le funzionalità idrauliche nell'ambito dei progetti edilizi ed infrastrutturali.

8.4.1 Opere di laminazione e infiltrazione sotterranee

Negli ambiti caratterizzati da condizioni geologiche e idrogeologiche favorevoli (presenza di litologie permeabili e soggiacenza della falda adeguata) possono essere massimizzate le misure di infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo tramite manufatti sotterranei.

Di seguito si riporta un elenco delle possibili misure ideali allo scopo:

- **Pozzi drenanti:** sono strutture sotterranee localizzate e vengono utilizzati per la dispersione nel terreno delle acque meteoriche. Si ritiene che in considerazione dell'assetto territoriale tali sistemi di drenaggio possano essere efficacemente utilizzati sia nei nuovi interventi edilizi di piccola estensione sia in interventi di infrastrutturazione di aree urbanizzate (parcheggi e nuove strade).

Va tuttavia segnalato che tale soluzione non è applicabile all'interno delle Zone di Rispetto delle opere di captazione idropotabili, in quanto espressamente vietata nell'art. 94 del D.Lgs 152/06 e s.m.i. Un'eventuale dispersione delle acque meteoriche nel sottosuolo a monte del raggio di influenza del pozzo potrebbe comunque interessare il successivo prelievo.



- **Supertubi:** sono condotte sovradimensionate che consentono la laminazione lungo lo stesso tubo dei volumi idrici, consentendo la regolazione della portata in uscita al valore

massimo ammissibile a valle. Tali sistemi sono indicati per la realizzazione di nuove reti di smaltimento, mentre l'inserimento sull'esistente risulta più difficoltoso. Il ricorso a tali strutture può essere previsto per laminare al di sotto di strutture lineari (es. strade, vialetti, corselli ecc.) le acque defluenti da significative superfici, che poi vengono recapitate a strutture tipo pozzi drenanti.

Soluzioni di questo tipo possono essere impiegate, ad esempio, per adduzione di acque al di fuori del perimetro di fasce di rispetto di pozzi per acque destinate al consumo umano, ove non è consentita l'infiltrazione.



- Sistemi modulari geocellulari: sono dispositivi modulari che assemblati tra loro creano nel sottosuolo strutture di contenimento dei volumi idrici, anche di grosse dimensioni.

Possono essere installati con telo e sottofondo permeabile e drenante o viceversa con apposito rivestimento impermeabile. Nel primo caso oltre alla funzione di laminazione, le strutture acquisiscono anche funzione drenante nel sottosuolo. Nel secondo caso fungono da serbatoi di accumulo.

L'impiego di queste strutture è molto utile quando si hanno a disposizione superfici di significativa estensione e terreni drenanti. Nel caso specifico possono essere previsti al di sotto di superfici a parcheggio o al di sotto di aree verdi (aiuole e giardini).





Un caso particolare è rappresentato anche dalla funzione di laminazione che può essere associata ai vespai aerati delle costruzioni. Esistono infatti specifici prodotti commerciali che consentono di aumentare l'altezza dei vespai convenzionali allo scopo di garantire battenti utili alla laminazione delle acque.

8.4.2 Opere di laminazione e infiltrazione superficiali

Dove le condizioni idro – geologiche sono meno favorevoli, oppure si hanno a disposizione ampie aree verdi (giardini e parchi), i principi di invarianza idraulica sono perseguibili attraverso la realizzazione di opere di laminazione e infiltrazione superficiali, ottenute mediante la modellazione ad hoc di tali aree.

Dal punto di vista del regime idraulico, tali soluzioni possono assumere anche funzione di "alleggerimento" dei comparti edificati esistenti ad esse limitrofi.

Di seguito si riporta un elenco delle possibili misure ideali per tali specifici ambiti:

- **Bacini e vasche d'infiltrazione:** sono superfici modellate (naturalmente o artificialmente) in modo da creare depressioni a fondo o sponde permeabili, studiate per trattenere l'acqua piovana in eccesso e farla infiltrare successivamente nel terreno.

Il fondo delle zone più depresse altimetricamente potrà essere mascherato da zone a cespugli o bacinetti con ciottolame di fiume al fine di ridurre la percezione di pozze idriche incontrollate.

Questi sistemi possono essere proposti e progettati anche con funzione di "laghetti" che offrono volumi di compensazione idrica per una certa quota (atti a contenere solo temporaneamente le acque piovane) ed un volume permanente di fondo che costituisce il laghetto vero e proprio.



Ove la funzione di trattenimento delle acque risultasse prioritaria per la formazione di bacini idrici dimensionalmente rilevanti, da destinare a fruizione o con funzione paesaggistica, si parla di bacini di detenzione. Questi sono del tutto simili ai precedenti ma con fondo e sponde artificialmente impermeabilizzati, in modo da trattenere in massima parte il deflusso delle acque piovane.

- **Trincee drenanti o di infiltrazione:** si tratta di avvallamenti naturali od artificiali riempiti con materiale drenante nei quali le acque da smaltire sono temporaneamente invasate in modo che si infiltrino gradualmente nel terreno.

Di estensione contenuta rispetto ai bacini di infiltrazione, ma, se del caso, di maggiore profondità, tali sistemi possono essere efficacemente utilizzati sia nei nuovi interventi edilizi di medio/grandi dimensioni, sia in interventi di sistemazione di aree urbanizzate limitrofe.

Risulta molto utile l'applicazione in occasione della formazione di aree a parcheggio di approdo o interscambio per la fruizione delle aree verdi. (parcheggi ad inizio sentieri, aree di sosta attrezzate, ecc.).



8.4.3 Buone pratiche costruttive da applicarsi ai fini dell'invarianza idraulica

In generale, per tutti i singoli interventi di urbanizzazione, l'applicazione delle "buone pratiche costruttive ai fini dell'invarianza idraulica" è utile al fine di limitare l'impermeabilizzazione del suolo e a contenere i volumi e i picchi di piena delle acque meteoriche, favorendo l'evapotraspirazione e l'infiltrazione delle acque nel sottosuolo.

Tali interventi vengono realizzati a monte della rete di drenaggio principale. Di seguito si riportano le opere principali ideali per le aree di interesse.

- Verde pensile: l'utilizzo delle coperture come verde pensile presenta molteplici utilità, quale l'attuazione dei processi del ciclo dell'acqua, tramite la ritenzione (immagazzinamento e dispersione) del volume di pioggia e la conseguente riduzione degli afflussi ai sistemi di drenaggio, di fondamentale importanza per l'attuazione dell'invarianza idraulica.

Le diverse tecnologie attualmente impiegate per la realizzazione dei tetti verdi e, in generale, del verde pensile, devono riprodurre, in linea di principio, una stratificazione composta da diversi elementi, oltre all'elemento di supporto strutturale (soletta, copertura) e all'elemento di tenuta (impermeabilizzazione) che rappresentano la superficie di posa per il verde pensile.

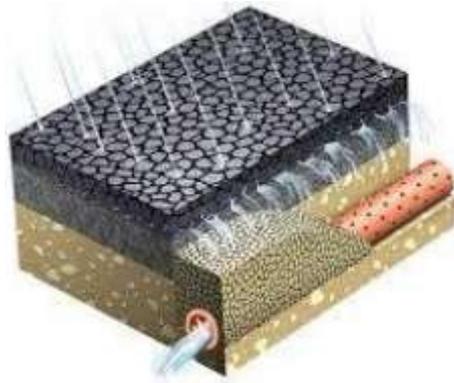


- cisterne di raccolta: si tratta di sistemi di raccolta e recupero dell'acqua piovana applicati a superfici impermeabili. Possono essere interrate o fuori terra ed i volumi idrici raccolti vanno riutilizzati a scopi non potabili (es. irrigazione privata). Seppur non

finalizzate a conseguire i principi di invarianza (il loro volume non può essere infatti conteggiato in quanto non garantito), possono contribuire alla mitigazione dei picchi di portata durante gli eventi meteorici di elevata intensità che seguono periodi siccitosi.



- **pavimentazioni porose:** si realizzano usando elementi che permettono l'immediata infiltrazione di acqua di pioggia nella struttura sottostante la superficie, quali ad esempio gli asfalti drenanti.



- **pavimentazioni permeabili:** sono costituite da materiali che creano un ingresso sulla superficie attraverso il quale l'acqua piovana penetra nella struttura sottostante, quali ad esempio le pavimentazioni in autobloccanti tipo drenix (fugati tra singoli elementi) o tipo greenblock.





- cunette filtranti (vegetate) e fasce di infiltrazione: aree nastriformi che possono essere libere o riempite di materiale drenante ed eventualmente vegetate, in modo da ricevere i volumi idrici in eccesso provenienti dalle vicine aree impermeabilizzate (es. strade) e li disperdono nel terreno sottostante.



- canalette e cordoli/canaletta da utilizzarsi a confinamento delle aree a parcheggio, soprattutto se realizzati con elementi autobloccanti. Consentono di addurre le acque meteoriche ai presidi di laminazione e infiltrazione posti ad una certa distanza.



- pozzetti di infiltrazione: pozzetti o caditoie posati su di un polmone sotterraneo di materiale filtrante (generalmente ghiaia grossolana) nel quale viene convogliata direttamente l'acqua da smaltire (ad es. proveniente dai canali dei tetti di edifici accessori o direttamente dalle superfici a prato).



9. Strutture di infiltrazione come misure di invarianza idraulica ed idrologica: fattibilità e ambiti ostativi

L'utilizzo di strutture di infiltrazione quali pozzi disperdenti come misure di invarianza idrologica è contemplato e auspicato dal R.R. n. 7 del 2017.

L'effettiva fattibilità di tali soluzioni è condizionata da molteplici fattori, sia di natura tecnica che normativa, quali ridotta permeabilità del suolo/sottosuolo o la presenza di vincoli idrogeologici.

Nei successivi paragrafi verrà analizzata l'incidenza di tali fattori sul territorio comunale di Albiolo.

In **Tav. 5** sono riassunti i fattori sotto descritti e vengono di conseguenza definite le aree adatte o non adatte all'utilizzo delle strutture di infiltrazione come misure di invarianza idrologica.

9.1 Aree con caratteristiche fisiche non adatte all'infiltrazione

Alcune caratteristiche fisiche del territorio, di natura litologica quale la ridotta permeabilità dei terreni superficiali, di natura idrogeologica quale la bassa soggiacenza della falda, o caratteri morfologici che amplificano la tendenza a fenomeni di ristagno superficiale, possono rendere difficoltosi processi di infiltrazione superficiale delle acque meteoriche, oppure il ricorso a tali misure non adeguatamente valutate può aumentare il rischio intrinseco di dissesto geologico.

9.1.1 Aree di versante

La porzione centrale del territorio di Albiolo è costituita da rilievi morenici variamente pendenti, raccordati alle piane fluvioglaciali ribassate da depositi colluviali di piede versante. Le aree terrazzate presentano pendenze tra i 5° e i 20° circa.

Sono state evidenziate le porzioni maggiormente pendenti di tali rilievi (pendenza > 15°), perché in tale contesto i processi di infiltrazione superficiale delle acque pluviali potrebbero accelerare lo sviluppo di erosione del suolo o fenomeni franosi.

Per tale motivo, seppur non preclusa o vietata, la possibilità di infiltrare acque pluviali nel sottosuolo va tuttavia attentamente valutata anche sulla scorta di indagini geognostiche locali, al fine di non innescare fenomeni di dissesto idrogeologico.

9.1.2 Aree a drenaggio difficoltoso delle acque nel sottosuolo

Sul territorio di Albiolo sono state riconosciute aree che a diverso titolo presentano difficoltà nel drenaggio delle acque pluviali nel sottosuolo (cartografate in **Tav. 2.2** e **Tav. 5**), rendendo difficoltosi i processi di infiltrazione superficiale delle acque pluviali così come il drenaggio delle acque nel primo sottosuolo.

Nello specifico, sono state individuate le seguenti aree:

- Aree morfologicamente ribassate, indicate come soggette a ristagno, con altezza massima dell'acqua variabile;
- Aree individuate su base morfologica, interessabili da allagamenti localizzati in occasione di eventi meteorici intensi e prolungati, dovuti alla somma degli effetti di possibili tracimazioni dei corsi d'acqua costituenti il reticolo minore, con l'emergenza della falda idrica presente a debole profondità e la tendenza al ristagno delle acque meteoriche;
- Aree con presenza della falda a debole profondità, occasionalmente affiorante
- Aree caratterizzate dalla presenza di terreni coesivi (alternanze argilloso - limose e/o lenti torbose nei primi 5-6 m di profondità), con locali fenomeni di ristagno delle acque superficiali.

Nella porzione orientale del territorio, le ultime due condizioni coesistono tra loro.

Va comunque segnalato che, in generale, in corrispondenza dei depositi glaciolacustri, nel settore orientale del territorio, la permeabilità dei terreni superficiali è di grado medio – basso.

In tale contesto, non è preclusa o vietata la possibilità di infiltrare acque pluviali nel sottosuolo. Tale possibilità va tuttavia attentamente valutata anche sulla scorta di indagini geognostiche locali, che accertino l'effettiva possibilità di allontanare le acque meteoriche tramite l'infiltrazione e non, viceversa, innescare il processo contrario.

9.2 Aree soggette a vincolo

Tra i vincoli normativi che possono condizionare l'utilizzo di sistemi di infiltrazione come misura di invarianza idraulica, ci sono quelli relativi alle aree di salvaguardia delle opere di captazione idropotabile.

All'interno delle Zone di Rispetto, infatti, è vietata la realizzazione di pozzi disperdenti, così come esplicitamente indicato dall'art. 94 del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., che le disciplina.

Il Comune di Albiolo dispone di un'unica opera di captazione per l'approvvigionamento idrico del proprio acquedotto comunale, situato nel settore nord orientale del comune, in corrispondenza del confine comunale con Uggiate – Trevano.

Il territorio di Albiolo, inoltre, è intersecato dalla Zona di Rispetto del pozzo di Solbiate, nella porzione sudoccidentale del territorio, in prossimità del confine comunale.

Entrambe le Zone di Rispetto delle captazioni sono attualmente definite con criterio geometrico, cioè coincidente con una superficie di raggio pari a 200 m dall'asse del pozzo.

Un altro vincolo di tipo urbanistico che condiziona l'utilizzo di sistemi di infiltrazione è la zona di rispetto cimiteriale, disciplinata dal R.D. n. 1265/1934 e dal D.P.R. n. 285/01990 modificati dalla L. n. 166/2002.

9.3 Aree assoggettate a bonifica ambientale

Pur non sussistendo uno specifico divieto, la realizzazione di sistemi disperdenti nel sottosuolo va ben ponderata nei contesti in cui sono attuati interventi di bonifica ambientale, soprattutto se comprendenti misure di messa in sicurezza. Va infatti considerata la possibilità di una interferenza e conseguente dilavamento dei terreni contaminati e/o rifiuti presenti.

Le aree assoggettate a bonifica sono pertanto da considerarsi non adatte all'utilizzo di sistemi di infiltrazione come misura di invarianza idraulica.

Sul territorio di Albiolo non sono state individuate alla data di redazione del presente studio aree dove sono in corso interventi di bonifica da contaminazioni ambientali ai sensi de D.Lgs. 152/06 e s.m.i.

Il Tecnico incaricato:

Dott. Geol. Marco Parmigiani

Studio redatto con la collaborazione ingegneristica di:

Dott. Ing. Giancarlo Garbin



A circular blue stamp for Marco Parmigiani, a geologist. The text inside the stamp reads "ORDINE DEI GEOLOGI DELLA LOMBARDA", "PARMIGIANI MARCO", and "n° 886". A handwritten signature in black ink is written over the stamp.



A circular blue stamp for Giancarlo Garbin, an engineer. The text inside the stamp reads "ALBO INGEGNERI", "n° 2316", and "ING. GIANCARLO GARBIN - VARESE". A handwritten signature in black ink is written over the stamp.