

Comune di Seriate
Provincia di Bergamo



PIANO DI GOVERNO DEL TERRITORIO

COMPONENTE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico

R.1 - Relazione Tecnica

data elaborazione 05/2022

Adottato con DCC n° __ del __.__.2021 | Approvato con DCC n° __ del __.__.2022

Raggruppamento Temporaneo di Professionisti Mandatario



Geol. Paolo Castellani
Geol. Stefano Nastasi
Geol. Damiano Guarguaglini
Geol. Annalisa Fontanelli
Geol. Andrea Castellani

Collaboratori:
Geol. Riccardo Cortigiani
Geol. Aurora Martini

Mandante

Ing. Alessio Gabbrielli

INDICE

1. Premessa	2
2. Contenuti dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico	4
3. Considerazioni preliminari ed impostazione dello Studio	6
4. Definizione dell'evento meteorico di riferimento	8
5. Individuazione dei ricettori – corpi idrici e reti fognarie	14
6. Delimitazione delle aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria.....	15
6.1 Introduzione	15
6.2 Dati disponibili e criteri di ricostruzione geometrica della rete	16
6.3 Consistenza della rete fognaria studiata	20
6.4 Aspetti idrologici	21
6.5 Verifiche di stato attuale e considerazioni circa le criticità riscontrate	25
6.6 Sintesi delle criticità	29
6.7 Ipotesi di intervento, verifiche di progetto e relative considerazioni.....	31
6.8 Conclusioni	35
7. Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico secondo il PGT.....	37
7.1 Aree a pericolosità da alluvione individuate dal P.G.R.A.	37
7.2 Aggiornamento delle aree a pericolosità da alluvione del P.G.R.A.....	39
7.3 Cenni sulle criticità da esondazione lungo il Fiume Serio	41
7.4 Zonazione del rischio da esondazione	42
8. Aree soggette ad allagamento per criticità del reticolo minore	43
8.1 Studio per l'individuazione del reticolo idrografico minore	43
8.2 Reticolo di bonifica.....	44
8.3 Reticolo irriguo	46
8.4 Criticità del reticolo minore	47
9. Rappresentazione delle criticità idrauliche	48
10. Identificazione degli ambiti di regolamentazione ed esclusione per misure di invarianza idrologica mediante strutture di infiltrazione	49
10.1 Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili.....	49
10.2 Aree a ridotta permeabilità degli strati superficiali del terreno	51
11. Misure di invarianza idraulica	52
11.1 Misure strutturali.....	52
11.2 Misure non strutturali.....	54
12. Sintesi dei criteri e dei metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica	56

1. PREMESSA

Il presente **Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico** è redatto dal Comune di Seriate nell'ambito del nuovo Piano di Governo del Territorio (PGT).

Il nuovo Piano di Governo del Territorio è stato adottato con D.C.C. n. 46 del 02/12/2021, e con esso è stata aggiornata sia la Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica nonché predisposto il Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale, ai sensi dell'art. 14 del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7, e s.m.i., nelle more della redazione dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico.

Tale Studio è adesso redatto in concomitanza dell'approvazione del PGT.

Il Regolamento 7/2017 e s.m.i. prevede che gli esiti dello Studio Comunale, o del Documento Semplificato, vengano recepiti nel Piano di Governo del Territorio, sia con riferimento alle aree soggette ad allagamento, pericolosità o rischio da esondazione che alle misure strutturali e non strutturali definite nel documento medesimo.

Questo lavoro rappresenta quindi un approfondimento ed un'estensione dei contenuti del Documento Semplificato prodotto in sede di adozione.

Il Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e s.m.i., recante criteri e metodi per il rispetto del principio di invarianza idraulica ed idrologica ai sensi dell'art. 58bis della L.R. 11 marzo 2005, n. 12 e s.m.i. (legge per il governo del territorio), persegue il fine dell'invarianza idraulica e idrologica delle trasformazioni d'uso del suolo, da conseguire tramite la separazione e gestione locale delle acque meteoriche a monte dei ricettori, la riduzione quantitativa dei deflussi, il progressivo riequilibrio del regime idrologico e idraulico e la conseguente attenuazione del rischio idraulico, nonché la riduzione dell'impatto inquinante sui corpi idrici ricettori tramite la separazione e la gestione locale delle acque meteoriche non esposte ad emissioni e scarichi inquinanti.

Esso definisce anche:

- ambiti territoriali di applicazione differenziati in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori;
- modalità di integrazione tra pianificazione urbanistica comunale e previsioni del piano d'ambito di cui all'art. 48, comma 2, lettera b), della L.R. 26/2003;

- misure differenziate per le aree di nuova edificazione e per quelle già edificate;
- Indicazioni tecniche costruttive ed esempi di buone pratiche di gestione delle acque meteoriche in ambito urbano;
- meccanismi di incentivazione edilizia ed urbanistica, attraverso i quali i comuni possono promuovere l'applicazione dei principi della invarianza idraulica ed idrologica, nonché del drenaggio urbano sostenibile;
- la possibilità, per i comuni, di prevedere la monetizzazione come alternativa alla diretta realizzazione per gli interventi previsti in ambiti urbani caratterizzati da particolari condizioni urbanistiche ed idrogeologiche in ragione delle quali sia dimostrata l'impossibilità a ottemperare ai principi di invarianza nelle aree oggetto di intervento.

L'art. 14 del Regolamento prevede che i comuni, in funzione dell'ambito territoriale di criticità idraulica di appartenenza, siano tenuti a redigere uno Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico o un Documento Semplificato del Rischio Idraulico. I comuni ricadenti nelle aree ad alta e media criticità idraulica, nelle more della redazione dello Studio Comunale, redigono il Documento Semplificato.

E' il caso del Comune di Seriate, che ricadendo nell'ambito B a media criticità idraulica (Allegato C del Regolamento), ha predisposto dapprima il Documento Semplificato del Rischio Idraulico comunale, ai sensi dell'art. 14, comma 8, e provvede adesso alla redazione dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico, ai sensi dell'art. 14, comma 7.

2. CONTENUTI DELLO STUDIO COMUNALE DI GESTIONE DEL RISCHIO IDRAULICO

I contenuti dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico sono definiti dall'art. 14, comma 7, del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e s.m.i.

Lo Studio deve contenere:

1. La definizione dell'evento meteorico di riferimento per tempi di ritorno di 10, 50 e 100 anni.
2. 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 e artificiali, o reti fognarie, indicandone i rispettivi gestori.
3. La delimitazione delle aree soggette ad allagamento (pericolosità idraulica) per effetto della conformazione morfologica del territorio e/o per insufficienza della rete fognaria. A tal fine il Comune redige uno studio idraulico relativo all'intero territorio comunale che:
 - **3.1** effettua la modellazione idrodinamica del territorio comunale per il calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, in termini di volumi e portate, per gli eventi meteorici di riferimento di cui al numero 1. Per lo sviluppo di tale modello idraulico, il Comune può avvalersi del Gestore del Servizio Idrico Integrato;
 - **3.2** si basa sul Database Topografico Comunale (DBT) e, se disponibile all'interno del territorio comunale, sul rilievo Lidar; qualora gli stessi non siano di adeguato dettaglio, il Comune può elaborare un adeguato modello digitale del terreno integrato con il DBT;
 - **3.3** valuta la capacità di smaltimento dei reticoli fognari presenti sul territorio. A tal fine, il Gestore del Servizio Idrico Integrato fornisce il rilievo di dettaglio della rete stessa e, se disponibile, fornisce anche lo studio dettagliato della rete fognaria;
 - **3.4** valuta la capacità di smaltimento dei reticoli ricettori di cui al numero 2 diversi dalla rete fognaria, utilizzando studi o rilievi di dettaglio degli stessi, qualora disponibili, o attraverso valutazioni di massima;
 - **3.5** individua le aree in cui si accumulano le acque, provocando quindi allagamenti.

4. La mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella Componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni.
5. L'indicazione, comprensiva di definizione delle dimensioni di massima, di misure strutturali, quali vasche di laminazione con o senza disperdimento in falda, vie d'acqua superficiali per il drenaggio delle acque meteoriche eccezionali, e l'indicazione delle 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 delle misure non strutturali atte al controllo e possibilmente alla riduzione delle condizioni di rischio, quali le misure di protezione civile e le difese passive attivabili in tempo reale.
6. L'individuazione delle aree da riservare per l'attuazione delle misure strutturali di invarianza idraulica ed idrologica, sia per la parte urbanizzata del territorio, sia per gli ambiti di nuova trasformazione, con l'indicazione delle caratteristiche tipologiche di tali misure. A tal fine, tiene conto delle previsioni del Piano d'Ambito del Servizio Idrico Integrato.
7. L'individuazione delle porzioni del territorio comunale non adatte o poco adatte all'infiltrazione delle acque pluviali nel suolo e negli strati superficiali del sottosuolo, quali aree caratterizzate da falda subaffiorante, aree con terreni a bassa permeabilità, zone instabili o potenzialmente instabili, zone suscettibili alla formazione, all'ampliamento o al collasso di cavità sotterranee, quali gli occhi pollini, aree caratterizzate da alta vulnerabilità della falda acquifera, aree con terreni contaminati.

Le misure strutturali di cui al precedente punto 5 possono essere individuate dal Comune con l'eventuale collaborazione del Gestore del Servizio Idrico Integrato.

Le misure non strutturali di cui al precedente punto 5 sono individuate dal Comune e devono essere recepite negli strumenti urbanistici comunali di competenza, quali i piani di emergenza comunale.

Gli esiti delle elaborazioni vengono inviati dal Comune al Gestore del Servizio Idrico Integrato e all'ente di governo d'ambito di cui all'art. 48 della L.R. 26/2003 per le azioni di competenza.

3. CONSIDERAZIONI PRELIMINARI ED IMPOSTAZIONE DELLO STUDIO

I contenuti da sviluppare nell'ambito dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico di cui al precedente capitolo necessitano di un quadro conoscitivo di riferimento solido ed aggiornato, sia per quanto attiene gli aspetti legati al rischio idraulico del reticolo superficiale che del reticolo fognario a servizio delle aree urbanizzate.

Per il Comune di Seriate si rileva che:

- Il territorio comunale è per buona parte urbanizzato, soprattutto nel settore Nord. Nella fascia più a Sud che accompagna l'asta del Fiume Serio gli insediamenti si intervallano con le aree agricole ed il territorio aperto;
- Il territorio è attraversato lungo l'asse Nord-Sud dal Fiume Serio, che divide l'area urbana in due zone sostanzialmente speculari.
Oltre al Fiume Serio, individuato come Reticolo Principale (RP) dal P.G.R.A., il territorio è attraversato da un articolato sistema di reticolo minore e di bonifica.
- Tutta la porzione urbanizzata del territorio è servita da pubblica fognatura, che rappresenta il principale sistema ricettore delle acque meteoriche prodotte nelle aree urbanizzate, avente numerosi punti di scarico nel Fiume Serio e, in parte, anche nel reticolo minore e di bonifica. Per le aree urbanizzate, o sul confine delle aree urbanizzate, non è nota con certezza la modalità di distribuzione delle acque meteoriche tra rete fognaria e reticolo minore.
- Non sono disponibili, se non per il settore Sud dell'area urbana in destra idrografica del Fiume Serio, studi e/o modellazioni idrodinamiche delle reti fognarie sul territorio comunale.
- Non sono disponibili, se non per il settore Sud dell'area urbana in destra idrografica del Fiume Serio, particolari indicazioni circa previsioni di interventi strutturali relativamente al sistema fognario.
- Non sono disponibili studi e/o modellazioni sul reticolo idraulico superficiale (ad eccezione del Fiume Serio, vedasi punto successivo), né indicazioni di possibili interventi di mitigazione.

- Con l'aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT è stato redatto un nuovo studio idrologico-idraulico sul Fiume Serio di revisione delle aree soggette ad inondazione, secondo i criteri del P.G.R.A. e dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011; la Regione Lombardia, con nota n. RLAOOZ1-2022-1787 ha espresso parere di conformità relativamente a detto studio, i cui esiti, in termini di aggiornamento delle aree allagabili con tempo di ritorno duecentennale, sono già stati trasmessi alla Regione Lombardia ai fini dell'integrazione della variante d'asta relativa al Fiume Serio.
- Sono disponibili numerose informazioni circa le criticità idrauliche riscontrate sul territorio comunale in termini di allagamento e ristagno sia per le reti fognarie che per il reticolo minore.

I contenuti dello Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico risultano in parte analoghi a quelli previsti per il Documento Semplificato.

In linea generale quest'ultimo privilegia elementi di tipo "qualitativo", mentre lo Studio ha come obiettivo quello di localizzare e "quantificare", laddove possibile, le varie forme di rischio idraulico, fornendo un dimensionamento di massima degli interventi di mitigazione, strutturali e non.

Il presente lavoro, oltre a confermare e ribadire gli elementi di tipo "qualitativo" del Documento Semplificato, si differenzia soprattutto per l'implementazione dei contenuti di cui ai punti da **1.** a **3.** del precedente capitolo, ed in particolare della modellazione idrodinamica della rete fognaria di cui al punto **3.1.**

Si anticipa che tale modellazione, per i cui dettagli si rimanda al successivo Cap. 6, è stata sviluppata solo su una parte del territorio comunale, ovvero il settore in destra idrografica del Fiume Serio, ed apportando alcune semplificazioni rispetto a quanto richiesto dal Regolamento.

Come manifestato già all'interno del Documento Semplificato, le informazioni ed i dati analitici e/o geometrici delle reti fognarie e del reticolo superficiale (escluso il Fiume Serio) sul Comune di Seriate risultano in parte incompleti o talvolta assenti, tanto da non poter consentire analisi accurate su tutto il territorio comunale.

Gli elementi sopracitati pongono quindi dei limiti circa la possibilità di sviluppare compiutamente alcuni dei contenuti previsti dal Regolamento, oppure poterlo fare in modo omogeneo su tutto il territorio.

Pertanto, in accordo con il Gestore del Servizio Idrico Integrato, è stato deciso di concentrarsi esclusivamente su quelle aree ove le informazioni disponibili potessero garantire un'analisi abbastanza completa e risultati attendibili, piuttosto che sbilanciarsi in riproduzioni sommarie o eccessivamente "forzate" con il rischio di pervenire ad esiti incerti e di sottovalutare o sopravvalutare i fenomeni.

Questa assunzione è in linea con quanto previsto dall'art. 14 del Regolamento, dove si specifica che la valutazione della capacità di smaltimento dei reticoli fognari è effettuata sulla base dei rilievi di dettaglio forniti dal Gestore, e, se disponibili, da studi idraulici già eseguiti dal Gestore; il lavoro è stato quindi sviluppato sulle aree ove effettivamente si poteva contare su rilievi affidabili ed ove erano anche disponibili approfondimenti modellistici pregressi.

Del resto, come indicato al comma 5 bis del R. R. 7/2017 e s.m.i.:

lo studio comunale di gestione del rischio idraulico e, per i comuni ricadenti nelle aree a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7, il documento semplificato del rischio idraulico comunale sono aggiornati ogniqualvolta il quadro di riferimento assunto negli stessi documenti subisca una modifica a seguito di aggiornamenti conoscitivi, eventi naturali o interventi antropici.

Ciò significa che, a seguito di futuri aggiornamenti conoscitivi (nuovi rilievi e misurazioni), potranno essere sviluppate nuove verifiche (anche sul reticolo riceettore diverso dalla rete fognaria, attualmente privo di informazioni di dettaglio), ed aggiornato il presente Studio.

4. DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI RIFERIMENTO

Gli eventi meteorici di riferimento sono individuati a partire dai dati delle Linee Segnalatrici 1-24 ore del Progetto STRADA, così come consultabili e calcolabili attraverso il Portale Idrologico Geografico di ARPA Lombardia, anche mediante l'apposito foglio di calcolo linea segnalatrice.

La formulazione analitica delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica adottata in Regione Lombardia è la seguente:

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

in cui

$$w_T = \varepsilon + \frac{\alpha}{k} \left\{ 1 - \left[\ln \left(\frac{T}{T-1} \right) \right]^k \right\}$$

Sul Portale Idrologico di ARPA Lombardia sono messi a disposizione i *raster* dei parametri a_1 , n , α , k , ε necessari per il calcolo delle altezze di pioggia.

La seguente figura mostra un esempio di distribuzione sul territorio regionale dei valori del parametro a_1 (coefficiente pluviometrico orario).

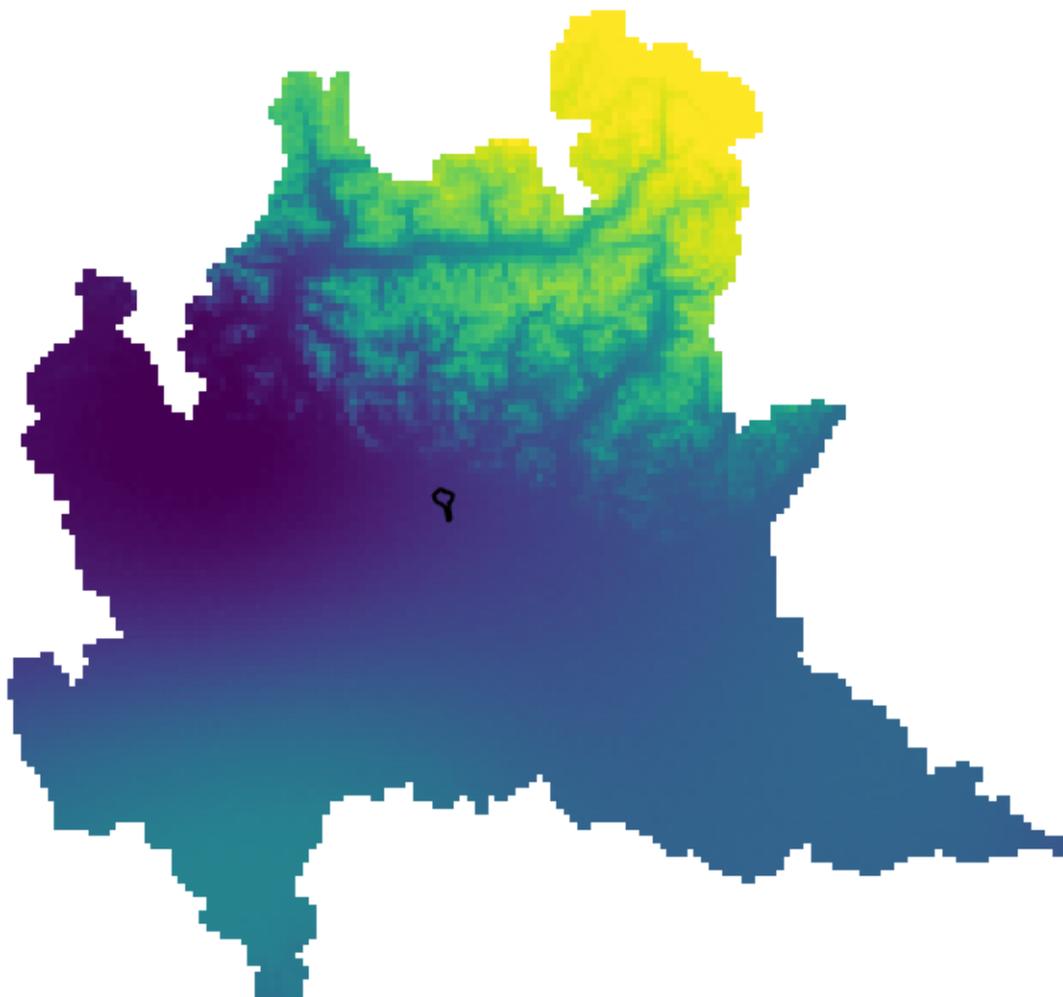


Fig. 1 – Distribuzione del parametro a_1 sul territorio regionale

I parametri delle LSPP sono forniti come *raster* a maglie di 1.5x1.5 km.

Sul Comune di Seriate insistono varie celle, recanti valori abbastanza omogenei.

Per il Comune di Seriate sono quindi assunti i seguenti valori caratteristici dei parametri delle LSPP.

$a1$ – coefficiente pluviometrico orario	29.8
n – coefficiente di scala	0.2959
GEV – parametro α	0.2992
GEV – parametro κ	-0.0105
GEV – parametro ϵ	0.8241

Tab. 1 – Parametri LSPP per Comune di Seriate da ARPA Lombardia

Di seguito sono mostrate le curve di possibilità pluviometrica stimate per vari tempi di ritorno mediante il foglio di calcolo messo a disposizione sul Portale Idrologico di ARPA Lombardia.

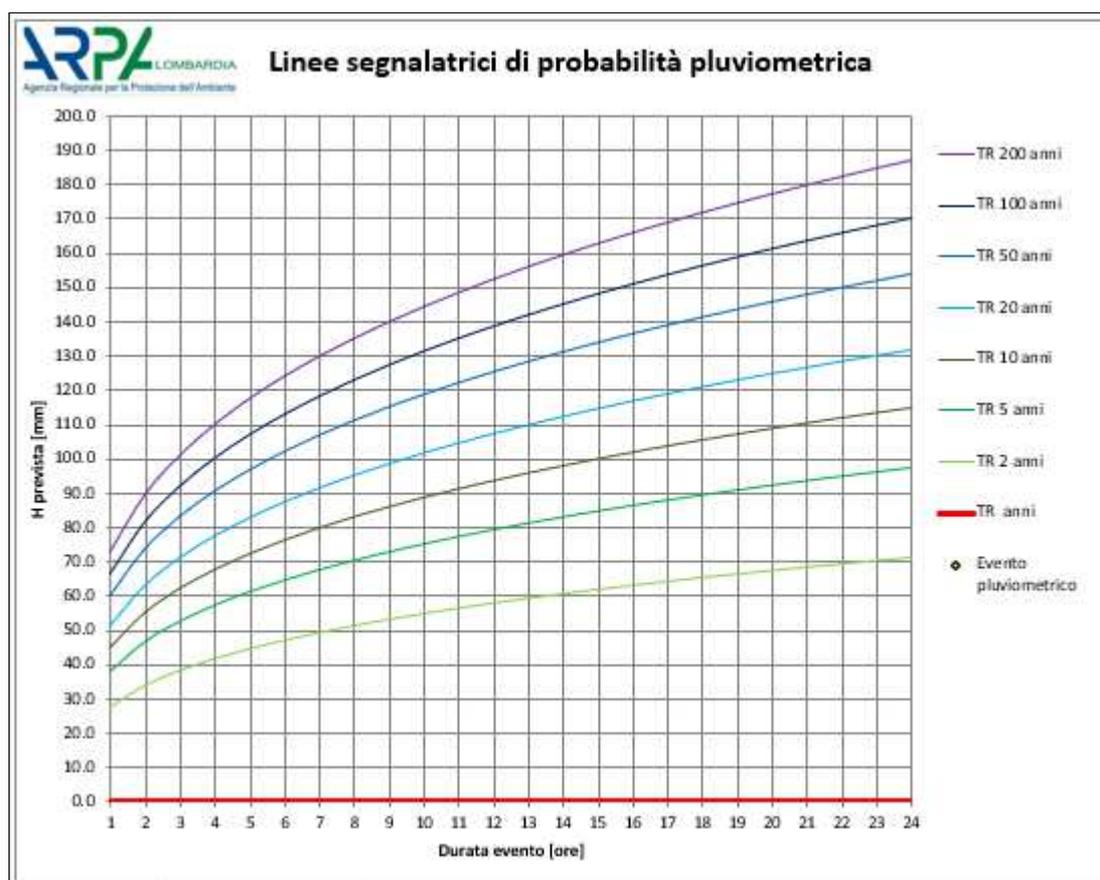


Fig. 2 – Linee segnalatrici di riferimento per il Comune di Seriate

I parametri di cui alla tabella precedente possono essere tradotti nei seguenti parametri delle LSPP in forma binomia.

Si riportano solo i parametri per gli eventi meteorici indicati dal Regolamento, ovvero quelli con tempo di ritorno pari a 10, 50 e 100 anni, con riferimento a piogge di durata pari o superiore all'ora.

<i>Parametri LSPP $d \geq 1$ ora</i>		
<i>T (anni)</i>	<i>a (mm/h)</i>	<i>n (h)</i>
10	44.86	0.2959
50	60.07	0.2959
100	66.58	0.2959

Tab. 2 – Parametri LSPP per Comune di Seriate formula binomia

Per le verifiche idrauliche eseguite sulla rete fognaria di cui al Cap. 6 è stata assunta come durata di precipitazione di progetto quella pari ad 1 ora.

Tale precipitazione è stata schematizzata con ietogrammi di progetto di tipo "Chicago" con picco 0,4.

La seguente figura mostra gli ietogrammi di progetto per i tempi di ritorno indicati dal Regolamento.

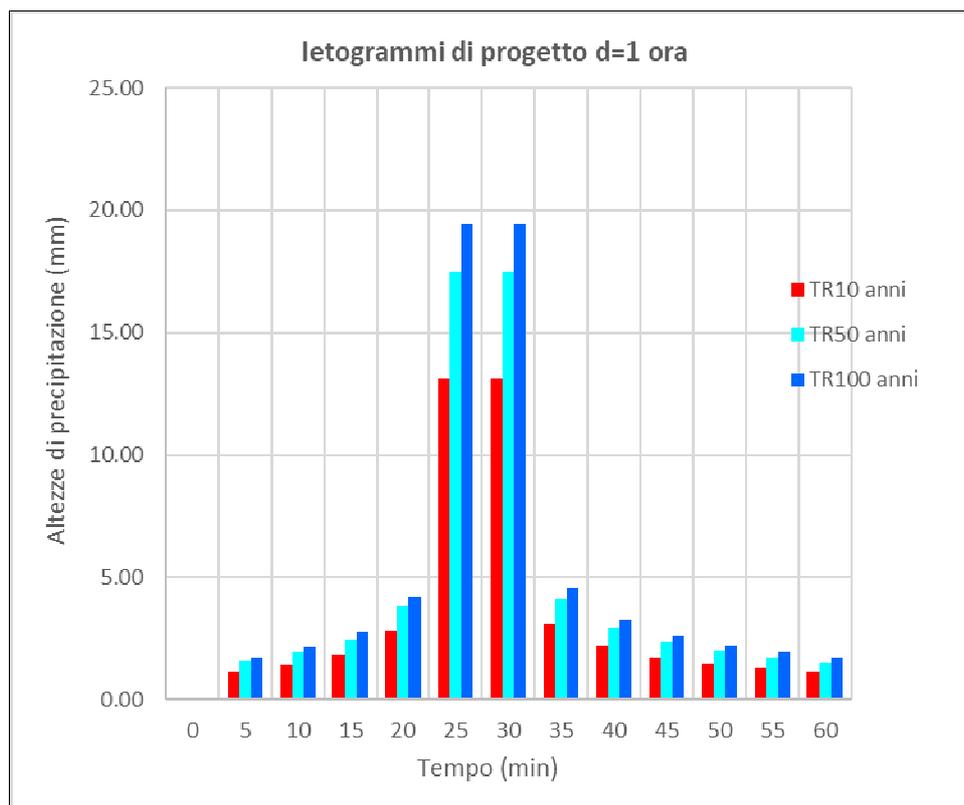


Fig. 3 – Ietogrammi di progetto per durata di pioggia pari ad 1 ora sul Comune di Seriate

La seguente tabella riporta, per intervalli temporali di 5 minuti, i valori di detti Ietogrammi.

<i>t (min)</i>	<i>h10 (mm)</i>	<i>h50 (mm)</i>	<i>h100 (mm)</i>
0	0.00	0.00	0.00
5	1.19	1.59	1.77
10	1.44	1.92	2.13
15	1.86	2.49	2.76
20	2.84	3.81	4.22
25	13.09	17.51	19.40
30	13.09	17.51	19.40
35	3.09	4.13	4.58
40	2.21	2.95	3.27
45	1.76	2.36	2.61
50	1.49	1.99	2.20
55	1.30	1.74	1.92
60	1.16	1.55	1.72

Tab. 3 – Ietogrammi di progetto per durata di pioggia pari ad 1 ora sul Comune di Seriate

Gli ietogrammi appena mostrati, nel caso si stimino tempi di corrivazione dei bacini in esame prossimi all'ora, dovranno essere utilizzati nelle verifiche dei progetti di invarianza idraulica ed idrologica di cui all'art. 10 del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7.

Nel caso necessitino valutazioni per durate di precipitazione più brevi potranno essere adottati coefficienti di correlazione dei parametri a ed n suggeriti dalla letteratura e opportunamente giustificati.

5. INDIVIDUAZIONE DEI RICETTORI – CORPI IDRICI E RETI FOGNARIE

Le acque meteoriche di dilavamento insistenti sul territorio del Comune di Seriate sono recapitate sia in corpi idrici superficiali che nella rete fognaria.

La rete fognaria serve tutta l'area urbanizzata, sia in sinistra che in destra idraulica del Fiume Serio.

Ad essa afferisce la gran parte delle acque meteoriche ricadenti sull'area urbana.

Lungo la rete fognaria sono presenti numerosi sfioratori con relativi scarichi nel reticolo superficiale, in particolare nel Fiume Serio, ma anche in alcune delle numerose rogge che attraversano il territorio.

Il Gestore del Servizio Idrico Integrato è la società Uniacque SpA.

Nel presente lavoro è stato svolto un approfondimento modellistico sulla rete fognaria, per il quale si rimanda alla consultazione del successivo Cap. 6

Una consistente parte delle acque meteoriche, però, interessa direttamente anche il reticolo minore, nonostante non siano esattamente noti gli apporti in quanto non chiare le superfici scolanti.

La presenza di numerose criticità da allagamento del reticolo minore, così come indicate dal soggetto gestore del reticolo, il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, mette in evidenza la rilevanza anche di quest'ultimo ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche.

Resta ovviamente più complesso comprenderne il funzionamento, anche perché molte delle rogge presenti hanno carattere sovracomunale.

Una descrizione più approfondita del reticolo minore e delle sue criticità è proposta nel Cap. 8.

Oltre al reticolo minore, il Comune di Seriate è attraversato dall'asta del Fiume Serio, classificato come reticolo principale dal P.G.R.A.

Questo corso d'acqua è stato oggetto di apposite verifiche nell'ambito degli studi di aggiornamento della Componente geologica, idrogeologica e sismica del P.G.T., così come sintetizzate nel successivo Cap. 7.

La **Tav. 1** dell'**Allegato allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico** individua sia il reticolo fognario che il reticolo superficiale (principale e minore) del Comune di Seriate.

6. DELIMITAZIONE DELLE AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO PER INSUFFICIENZA DELLA RETE FOGNARIA

6.1 Introduzione

In questo capitolo sono illustrate le modellazioni idrodinamiche eseguite sulla rete fognaria comunale in attuazione delle indicazioni di cui al punto **3.** dell'art. 7 del Regolamento. Tali modellazioni sono finalizzate alla delimitazione delle aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria.

Sul Comune di Seriate non si hanno invece informazioni e/o evidenze di eventualità di allagamenti per effetto della conformazione morfologica del territorio.

Come anticipato, la modellazione idrodinamica del territorio comunale è stata sviluppata in forma semplificata rispetto a quanto espressamente richiesto dal Regolamento, e soltanto su una porzione del territorio.

In totale accordo con il Gestore del Servizio Idrico Integrato Uniacque SpA, che ha seguito costantemente lo sviluppo del lavoro fornendo tutti i dati a sua disposizione e preziosa assistenza tecnica, si è optato per studiare solo la parte di territorio caratterizzata da una migliore copertura di dati ed informazioni, onde evitare eccessive approssimazioni e estrapolazioni con il rischio di giungere, vista la complessità del sistema in esame, a risultati e conclusioni affrettate o non in linea con il grado di conoscenza circa il funzionamento ed l'efficienza della rete fognaria.

La modellazione della rete fognaria è stata pertanto condotta soltanto sulla porzione urbanizzata in destra idrografica del Fiume Serio, che risulta quella dotata di informazioni geometriche maggiormente complete ed affidabili, nonché quella su cui sono note le maggiori criticità da allagamento.

Le verifiche sono state eseguite con approccio estremamente cautelativo, soprattutto nell'individuazione delle superfici scolanti e nel calcolo dei corrispondenti deflussi meteorici, come descritto nei successivi paragrafi.

6.2 Dati disponibili e criteri di ricostruzione geometrica della rete

Per la modellazione della rete fognaria sono stati acquisiti tutti gli elementi disponibili per una corretta rappresentazione geometrica della rete e per una corretta stima dei deflussi meteorici.

Come detto, alcuni dati messi a disposizione si sono rivelati parzialmente carenti o incompleti, e ciò ha costretto ad operare delle semplificazioni ed a limitare l'ambito di studio.

In particolare sono stati acquisiti i seguenti dati:

- Geometria della rete fognaria (nodi della rete e rami della rete) messi a disposizione da Uniacque SpA.
- Tracciati del reticolo minore, già individuato dal R.I.M. (Comune di Seriate, 2011) ed aggiornato nella versione messa a disposizione dal Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca nel mese di Ottobre 2021.
- D.B.T. anno 2019 Comune di Seriate
- Lidar sul Comune di Seriate, messo a disposizione da Regione Lombardia (nota prot. RLAAOZ1_2020_592).
- D.T.M. 5x5 Provincia di Bergamo.

La geometria della rete fognaria ed il reticolo minore sono mostrati nella **Tav. 1** dell'**Allegato** al presente Studio.

Per quanto riguarda la rete fognaria i dati forniti da Uniacque SpA coprono l'intero territorio comunale.

La rete fognaria del Comune di Seriate consta indicativamente di:

- n. 3400 nodi, di cui circa n. 1600 camerette, oltre a punti di innesto senza ispezione, nodi di cambio strutturale, punti di allacciamento, pozzetti utenza ed altri nodi speciali;
- n. 16 sfioratori (oltre ad uno scaricatore di emergenza) con relativi punti di scarico, in prevalenza nel Fiume Serio.
- n. 2 impianti di sollevamento (in sinistra idrografica del Fiume Serio).
- n. 2300 rami (tratte di rete), per una lunghezza complessiva pari a circa 71 km, oltre a circa n. 800 condotte di allacciamento (secondo Database Uniacque SpA).

Per la ricostruzione geometrica della rete sono generalmente necessari almeno i seguenti dati:

- quota di fondo del nodo, o cameretta (*bottom level*);
- quota a campagna del nodo, o del chiusino della cameretta (*ground level*);
- forma e dimensioni del nodo, o cameretta;
- quote di scorrimento del ramo, o tubazione, in corrispondenza dei nodi collegati (*start level ed end level*), se diverse da *bottom level*;
- forma e dimensioni del ramo, o tubazione;
- materiale del ramo, o tubazione.

Pur trattandosi di una mole considerevole di informazioni, quanto messo a disposizione si è rivelato talvolta carente di uno o più dei dati precedentemente elencati.

Di seguito sono riportati due estratti cartografici quali esempi della completezza dei dati geometrici forniti.

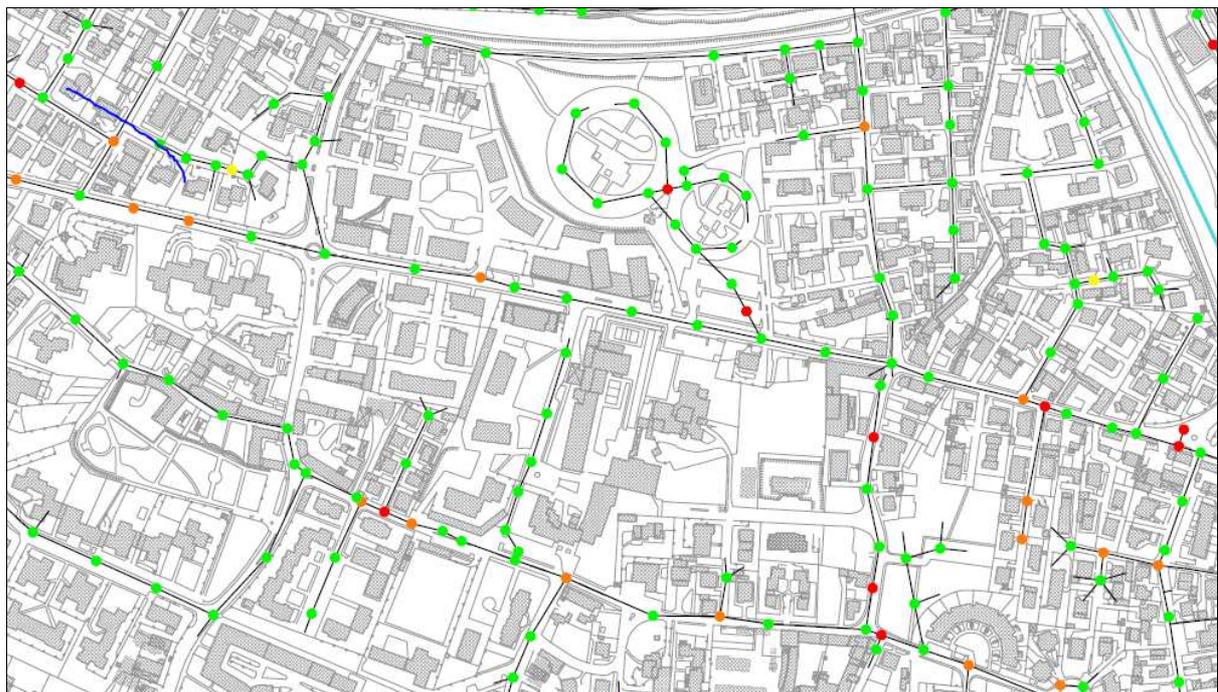


Fig. 4 – Esempio dei dati forniti in destra idrografica del Fiume Serio

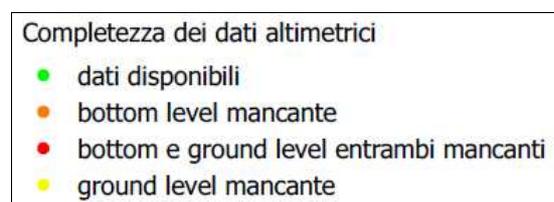


Fig. 5 – Legenda di Fig. 4

La precedente Fig. 4 evidenzia una carenza diffusa di dati altimetrici (*ground level*, *bottom level*, o entrambi) ma distribuita in modo piuttosto omogeneo sul territorio in destra idrografica.

A tale carenza si è potuto ovviare effettuando interpolazioni tra valori noti, per quanto riguarda i *bottom level*, o attingendo ai dati Lidar o del D.T.M. 5x5 per i valori di *ground level*. In altri casi, soprattutto ove vi era una maggiore densità di nodi lungo un medesimo tratto fognario, si è optato per l'eliminazione di alcuni nodi.

La seguente figura mostra invece un esempio di disponibilità dei dati in sinistra idrografica.

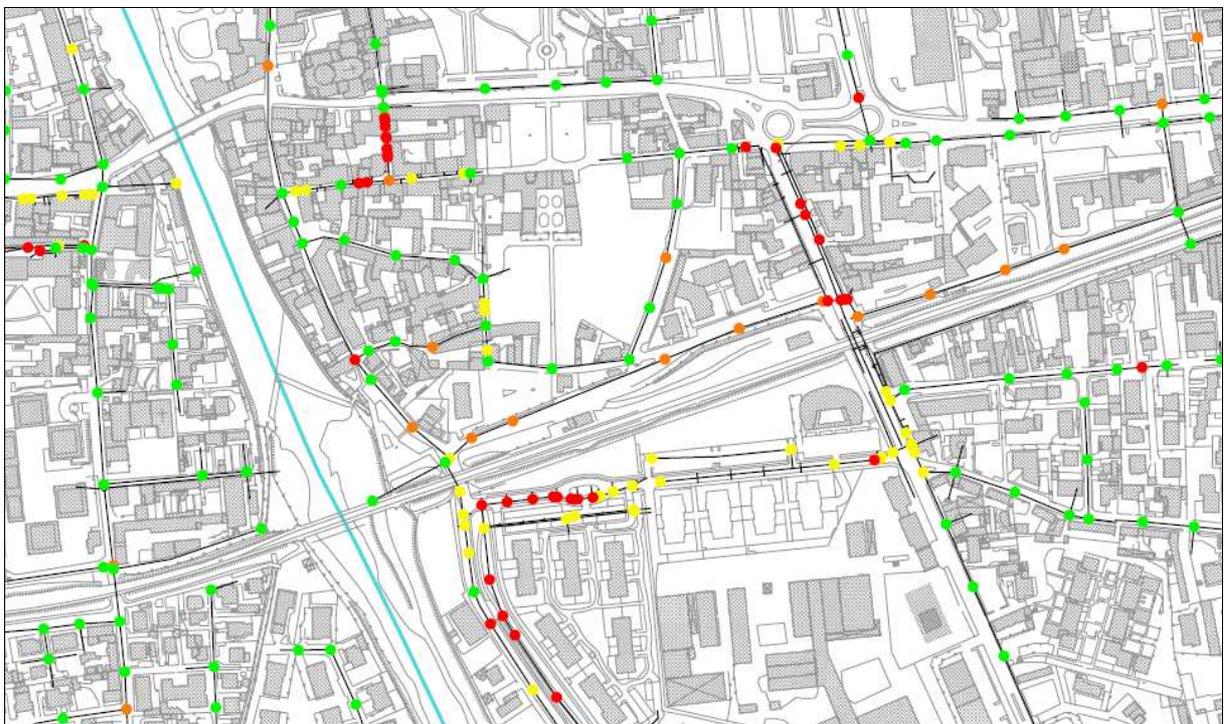


Fig. 6 – Esempio dei dati forniti in sinistra idrografica del Fiume Serio

La situazione in sinistra idrografica del Fiume Serio si è dimostrata fin da subito più complessa, evidenziando carenze di dati su numerosi nodi lungo tratti fognari piuttosto estesi.

In accordo con Uniacque SpA si è quindi inteso procedere con la modellazione del solo reticolo fognario di destra idrografica, dal momento che per il territorio in sinistra idrografica si sarebbero rese necessarie eccessive approssimazioni.

Inoltre si è osservato come la disponibilità del Lidar sul territorio comunale fosse sbilanciata verso la destra idraulica, pur non coprendola interamente, come mostra la successiva figura.

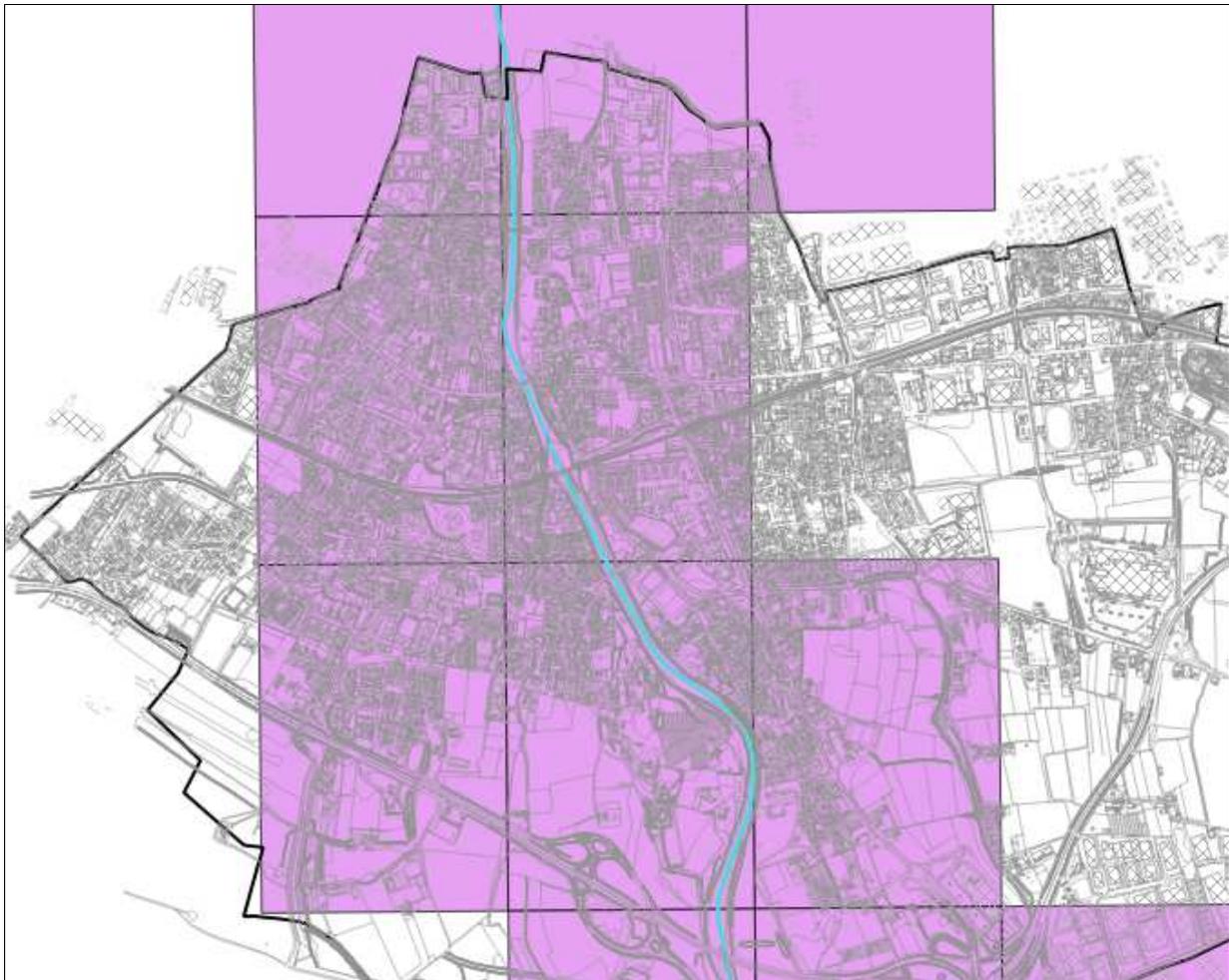


Fig. 7 – Disponibilità del rilievo Lidar nella parte Nord del territorio comunale di Seriate

Una volta definito l'ambito di studio sono stati fissati anche i criteri generali di ricostruzione geometrica della rete.

Innanzitutto si è scelto di modellare esclusivamente la rete fognaria gestita da Uniacque SpA.

Sul territorio comunale sono presenti alcune tratte di rete attualmente gestite da operatori privati (probabilmente perché in attesa di passaggio alla gestione Uniacque o perché servite da impianti specifici – es. impianti di infiltrazione) o dal Comune di Seriate. Nel Database del Gestore i dati geometrici di queste tratte non risultano noti, pertanto sono state escluse dalla riproduzione modellistica ed il loro contributo è stato valutato esclusivamente come apporto idrologico alla rete modellata.

Tutti i nodi della rete sono stati trattati come normali camerette, anche quelli privi di ispezione.

Sono stati riprodotti anche tutti gli sfioratori presenti sull'area di studio (aventi tutti scarico recapitante nel Fiume Serio, ad eccezione di uno scarico nella Roggia Vecchia); ove non note, come quote di scarico sono state assunte le corrispondenti quote del rilievo Lidar.

Per le dimensioni delle camerette sono state fatte le seguenti assunzioni.

Alle camerette collegate da tubazioni di diametro uguale o inferiore a $\Phi 600$ sono state assegnate le dimensioni di 1000x1000 mm, a quelle collegate da tubazioni di diametro superiore a $\Phi 600$ ed uguale o inferiore a $\Phi 900$ sono state assegnate le dimensioni di 1200x1200 mm, a tutte le altre sono state assegnate dimensioni di 1500x1500 mm.

Per quanto riguarda i materiali si è riscontrato che la quasi totalità delle tubazioni fosse realizzata in calcestruzzo, e solo una minima parte in PVC. Come valori di scabrezza sono stati rispettivamente assunti i valori di 75 (k di Gauckler-Strickler, $m/s^{1/3}$) ed 80.

6.3 Consistenza della rete fognaria studiata

Il reticolo fognario oggetto di modellazione è, come detto, quello a servizio dell'area urbanizzata posta in destra idrografica del Fiume Serio.

Il reticolo studiato è costituito da:

- n. 571 nodi, di cui circa n. 9 punti di scarico nel reticolo superficiale (8 nel Fiume Serio ed 1 nella Roggia Vecchia).
- n. 574 rami, per una lunghezza complessiva pari a circa 24.2 km, con la seguente distribuzione dei diametri:

Diametro (mm)	Lunghezza (m)
$\Phi < 300$	803
$300 \leq \Phi < 400$	7005
$400 \leq \Phi < 500$	6409
$500 \leq \Phi < 600$	1334
$600 \leq \Phi < 700$	2593
$700 \leq \Phi < 800$	899
$800 \leq \Phi < 900$	3473
$900 \leq \Phi < 1000$	272
$\Phi \geq 1000$	1397

Tab. 4 – Diametri delle tubazioni della rete studiata

Il nodo finale del modello è posto in sponda sinistra del Fiume Serio, a valle del sifone di sottoattraversamento del corso d'acqua. Questo rappresenta un buon punto di disconnessione idraulica che non rischia di alterare i risultati della modellazione, anche per la presenza di uno scarico appena a monte del sifone (che tende ad alleggerire il sistema) e soprattutto perché si trova a notevole distanza dall'area urbanizzata.

Il reticolo modellato è mostrato nella **Tav. 2** dell'**Allegato allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico**.

Per la modellazione idrodinamica della rete, compresi calcoli idrologici di cui al successivo paragrafo, è stato utilizzato il software Mike+ di DHI.

6.4 Aspetti idrologici

Nel presente paragrafo sono illustrati i criteri con cui si è proceduto alla stima dei deflussi meteorici sul territorio in esame.

Come input meteorico sono stati inizialmente adottati gli ietogrammi di cui al precedente Cap. 4, a partire da quello relativo all'evento con tempo di ritorno di 10 anni e durata di precipitazione di 1 ora.

Innanzitutto la porzione di territorio in esame è stata suddivisa in numerosi sottobacini afferenti ai vari nodi della rete.

Per questa operazione, eseguita senza l'ausilio di tool automatici bensì manualmente, è stato tenuto conto di tutti i nodi e le tubazioni di allaccio contenuti nel Database di Uniacque SpA, il che ha facilitato il tracciamento delle superficie scolanti.

Ove non presenti indicazioni precise circa il possibile nodo di allaccio degli scarichi, si è cercato di interpretare i possibili punti di recapito dalla morfologia del terreno, dalle foto aeree e dall'orientamento dei fabbricati.

Tutta l'area urbana in destra idrografica del Fiume Serio è stata ricondotta alla rete fognaria, trascurando la presenza delle Rogge.

Questa assunzione risulta estremamente cautelativa dal momento che è noto come esse ricevano alcuni scarichi diretti di acque meteoriche da aree urbanizzate; i punti e l'entità di tali scarichi non sono noti, pertanto si è optato per ricondurre alla rete fognaria l'intera superficie dell'area urbanizzata, ivi comprese le aree verdi pubbliche o private (ad eccezione dei terreni agricoli).

E' del tutto possibile che le superfici scolanti assegnate ai vari nodi della rete risultino sovrastimati rispetto a quelle effettive; questa iniziale "sensazione" è in parte confermata anche dai risultati delle modellazioni, come di seguito illustrato.

La **Tav. 3** dell'**Allegato** al presente Studio individua tutti i bacini in cui è stata suddivisa la porzione di territorio in esame. A ciascun bacino è assegnato il numero identificativo del nodo a cui esso afferisce. In tutto sono stati individuati n. 520 bacini.

Il modello idrologico adottato è basato sulla relazione tra area del bacino e relativo tempo di corrivazione (*T-A curve*).

Il processo di scorrimento superficiale è discretizzato nel tempo in funzione del passo di simulazione Δt ; la superficie del bacino contribuente è discretizzata infatti in una serie di celle concentriche centrate sulla rispettiva sezione di chiusura. Definendo il tempo di corrivazione come t_c , il numero di celle di discretizzazione è pari a:

$$n = t_c / \Delta t$$

Le relazioni tempo-area possono variare per bacini di forma rettangolare, per bacini divergenti o per bacini convergenti, secondo l'esempio di seguito mostrato; nel presente lavoro è stata adottata la relazione T-A per bacini rettangolari.

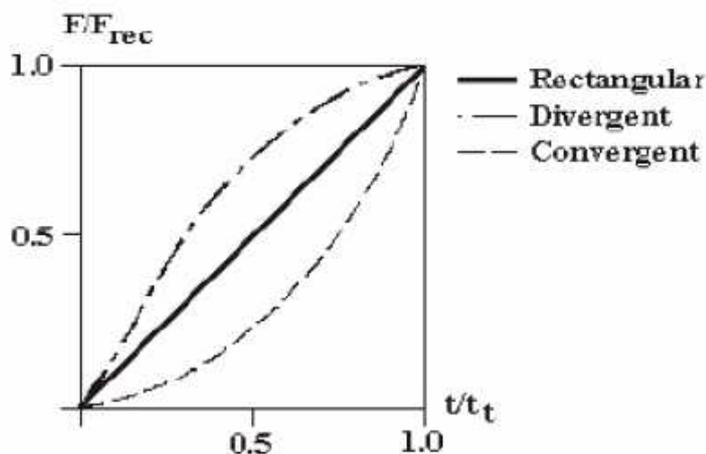
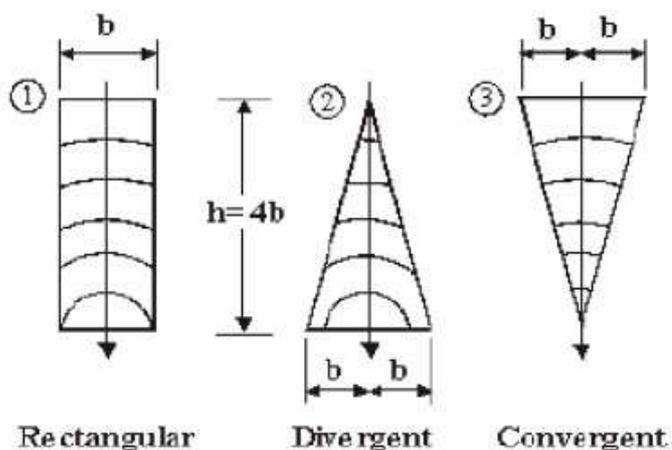


Fig. 8 – Schema delle possibili curve T-A

Data la numerosità dei bacini in esame, la variabilità delle loro dimensioni e la non omogeneità del dato altimetrico mediante il quale poterne stimare la pendenza media (alcune zone coperte dal Lidar, altre solo dal D.T.M. 5xm m), si è ritenuto superfluo effettuare il calcolo per ciascuno bacino, piuttosto si è preferito assegnare dei tempi di corrivazione caratteristici in funzione della dimensione dei bacini stessi.

Ai bacini con superficie inferiore a 5000 mq è stato assegnato il tempo di corrivazione di 5 minuti, a quelli con superficie compresa tra 5000 mq e 10000 mq il tempo di corrivazione di 10 minuti, a quelli con superficie superiore a 10000 mq il tempo di corrivazione di 15 minuti.

Il contributo idrologico del singolo bacino è stato definito assegnandovi uno specifico valore di coefficiente di deflusso, a rappresentare la quota parte di perdite idrologiche a cui esso è soggetto per presenza di superfici permeabili o semipermeabili; oltre a tali perdite è stata considerata anche una minima quota di perdite iniziali per accumuli superficiali (pari a 0.6 mm per ciascun bacino).

Per l'assegnazione dei coefficienti di deflusso ai bacini in esame si è fatto riferimento alle diverse destinazioni delle aree oggetto di studio così come suddivise dal D.B.T. del Comune di Seriate.

Un estratto del D.B.T. relativo alla porzione di territorio in esame con indicazione dei coefficienti di deflusso assegnati è mostrato nella **Tav. 4** dell'**Allegato allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico**.

La seguente tabella riporta i valori del coefficiente di deflusso assegnato per i diversi usi e coperture del suolo.

<i>Coefficiente di deflusso</i>	<i>Descrizione</i>
0.0	Acque (Rogge e Fiume Serio)
0.2	Agricolo, bosco
0.3	Aiuola, giardino, prato
0.6	Campi sportivi, cortile, cantiere, vialetto
0.9	Edifici (residenziali, produttivi, commerciali), viabilità e pertinenze

Tab. 5 – Coefficienti di deflusso per tipologia di uso e copertura del suolo

Su ciascun bacino sono stati pesati, rispetto all'area, i valori relativi alle rispettive tipologie di uso e copertura del suolo, pervenendo ad un valore medio; il coefficiente di deflusso risulta così variare tra 0.21 e 0.90.

I bacini con coefficiente di deflusso più basso sono per lo più interessati dai parchi urbani o da aree verdi private. Alcune di queste aree, soprattutto le aree verdi condominiali e le aree verdi al margine della zona urbana sono state considerate come superfici scolanti e recapitanti in fognatura, ma potrebbero effettivamente esserne escluse. Quindi la presenza di aree con coefficiente di deflusso basso non rappresenta assolutamente una sottostima, piuttosto indica che è stato probabilmente considerato il contributo di superfici in eccesso.

6.5 Verifiche di stato attuale e considerazioni circa le criticità riscontrate

Come anticipato, per la modellazione idrodinamica della rete fognaria è stato adottato il software Mike+ di DHI (ex Mike Urban), che utilizza il motore di calcolo MOUSE per la simulazione idrodinamica delle correnti non stazionarie nelle reti di drenaggio, con l'eventuale alternanza della presenza di correnti a pelo libero ed in pressione, e consente la modellazione di varietà di elementi idraulici e manufatti particolari.

Il modello di calcolo idrodinamico risolve le equazioni complete di De St. Venant attraverso la rete di drenaggio (a maglia chiusa o ramificata), permettendo la modellazione degli effetti di rigurgito, inversioni di flusso, sovrappressioni nei tombini, deflusso a pelo libero ed in pressione, condizioni al contorno variabili nel tempo, bacini di accumulo.

Il software consente anche l'accoppiamento del modello monodimensionale delle reti con una base bidimensionale a simulare le fuoriuscite e gli allagamenti a campagna.

Nel presente lavoro la modellazione della rete si è limitata alla sola componente monodimensionale.

Visti i risultati preliminare del modello, tenuto conto delle incertezze geometriche di partenza (già esplicitate nei precedenti paragrafi) e della non omogenea copertura del territorio in esame con la base Lidar, in accordo con Uniacque SpA è stato scelto di non procedere all'accoppiamento 1D-2D del modello ma di fermarsi alle risultanze della sola modellazione monodimensionale, che hanno reso possibili utili considerazioni e valutazioni circa possibili interventi di mitigazione delle criticità riscontrate.

La modellazione di stato attuale è stata inizialmente sviluppata con riferimento all'evento di piena con tempo di ritorno di 10 anni e durata di precipitazione pari ad 1 ora.

Da questa verifica sono fin da subito emersi risultati abbastanza gravosi sul reticolo in esame, e tali da non poter facilmente distinguere gli effettivi punti di criticità da eventuali distorsioni del modello (per motivi di incertezza geometrica o per sopravvalutazione dei deflussi meteorici afferenti alla rete fognaria).

Ciò è ben evidenziato dalla rappresentazione della **Tav. 5** dell'**Allegato** al presente Studio.

Essa mostra tutti i nodi "critici" della rete (nodi indicati in colore rosso) in cui si verificano, secondo la modellazione idrodinamica monodimensionale, potenziali superamenti dei livelli del piano campagna, ovvero potenziale sollevamento dei chiusini (laddove presenti) ed allagamento.

I nodi rappresentati con colore giallo indicano superamenti "meno critici", ovvero superamenti inferiori a 25 cm rispetto al livello campagna; sebbene in pressione, in corrispondenza di questi non nodi non dovrebbero esserci rischi di sollevamento dei chiusini.

Infine, i nodi indicati in colore verde rappresentano punto privi di criticità.

Come detto, la grande densità di nodi "critici" non consente una valutazione accurata dell'effettiva entità della criticità ed una differenziazione tra i nodi.

Dal momento che queste condizioni si sono manifestate già con la simulazione dell'evento con tempo di ritorno di 10 anni, è apparso fuori luogo procedere a simulazioni di eventi sintetici meno frequenti.

In accordo con Uniacque SpA, tenuto conto dell'assenza di alcun dato di misurazione di portata che potesse consentire una qualunque calibrazione del modello, è stato scelto di ricercare nel recente passato alcuni eventi meteorici intensi in occasione dei quali si sono verificate alcune problematiche sul territorio, al fine di poter avere un riscontro almeno qualitativo sull'attendibilità dei risultati della modellazione.

A tale scopo è stato selezionato un evento di alcuni anni fa (15 settembre 2016), in occasione del quale si sono verificate alcune criticità sul territorio comunale.

Tale evento non rappresenta, in termini di altezze di precipitazione ed intensità, il maggiore evento occorso sul territorio comunale negli ultimi anni; esso rappresenta solo un evento di cui si ha memoria di criticità.

Le altezze di precipitazione con passo 10 minuti sono state acquisite da uno dei pluviometri più vicini alla zona in esame, ovvero il pluviometro di Bergamo, Via Goisis (n. 5857).

Sui dati pluviometrici forniti dal pluviometro non è stato effettuato alcun ragguglio areale delle precipitazioni; non si ha pertanto certezza che la distribuzione delle precipitazioni su Seriate, il 15 settembre 2016, sia stata analoga a quella misurata presso il pluviometro.

Di seguito è mostrato il pluviogramma dell'evento.

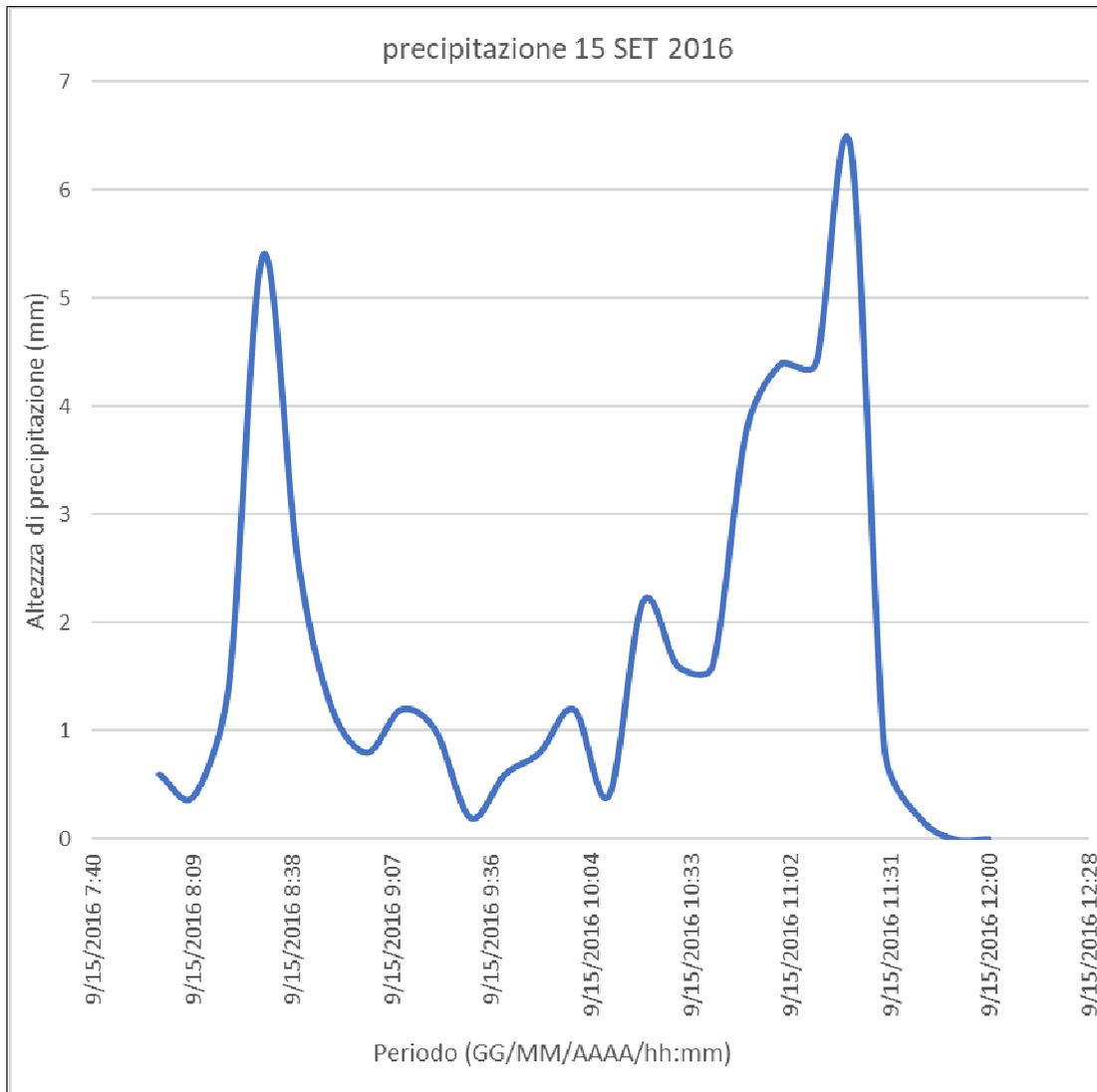


Fig. 9 – Pluviogramma evento reale del 15 settembre 2016 (da stazione BG-Via Goisis)

L'evento del 15 settembre 2016, così come registrato dalla stazione di Bergamo – Via Goisis, ha sviluppato due distinti picchi di precipitazione di modesta entità a distanza di circa 3 ore l'uno dall'altro.

Nell'arco delle quasi 4 ore tra l'inizio e la fine dell'evento si sono riversati circa 43 mm di pioggia; tale volume di pioggia è, nel suo complesso, assai prossimo a quanto previsto per l'evento teorico con tempo di ritorno di 10 anni e durata di 1 ora simulato nella modellazione della rete fognaria di cui sopra.

La differenza sta nella durata dell'evento; quello del 15 settembre 2016 si sviluppa in un arco di tempo più lungo e, secondo il foglio di calcolo fornito da R.L. per il calcolo delle LSPP, può essere riconducibile ad un tempo di ritorno pari a circa 2-2.5 anni, quindi ben inferiore a quello dell'evento di progetto.

La modellazione idrodinamica della rete fognaria è stata sviluppata anche per l'evento del 15 settembre 2016.

I risultati da essa forniti si sono dimostrati assai interessanti e consentono numerose considerazioni.

In analogia ai risultati ottenuti per l'evento di progetto con TR10 – 1 h, nell'**Allegato allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico** è proposta la **Tav. 6** che sintetizza le criticità di questo nuovo scenario di stato attuale.

Come nel caso precedente, l'attenzione è rivolta ai nodi contrassegnati con colore rosso, ovvero quelli recanti potenziali criticità per significativo superamento del livello del piano campagna.

Rispetto a quanto mostrato nella **Tav. 5**, adesso i nodi "critici" risultano in numero ben inferiore, e, soprattutto, sono adesso concentrati in determinate zone del territorio.

Per alcune di queste zone erano già state segnalate criticità da allagamento, e ciò rappresenta un elemento di coerenza tra gli esiti della modellazione e quanto riscontrato sul territorio.

Per la parte in destra idrografica del Fiume Serio si segnalavano già le seguenti criticità (riportate anche nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico e recentemente confermate da Uniacque SpA):

- Zona incrocio Via Donizetti-Via Tevere;
- Via Donizetti;
- Via Paderno-Via D'Acquisto-Via Turati;
- Piazza Matteotti;
- Zona Ospedale (tra Via Paderno e Via Battisti).

La modellazione condotta per l'evento reale del 15 settembre 2016 sostanzialmente conferma tali criticità, anche se non si hanno certezze circa il fatto che in occasione di tale evento esse si siano effettivamente manifestate.

Ma questo scenario di modellazione testimonia comunque una certa coerenza rispetto alle attese.

Oltre alle criticità precedentemente elencate, si ritengono coerenti possibili problematiche lungo Corso Roma, in tutto il tratto tra P.zza Matteotti e Via Galilei.

Dalla **Tav. 6** si osservano anche numerosi altri nodi potenzialmente critici. Ma questi risultati necessitano di essere interpretati.

In alcuni casi i nodi "critici" si attestano su rami iniziali della rete. Spesso questi rami iniziali possiedono diametri di 200-300 mm, e talvolta risultano anche posti a modesta profondità dal piano campagna.

I casi di criticità segnalati da modello in questi rami iniziali non trovano riscontro nelle informazioni a disposizione del Gestore. Una probabile spiegazione di tale incoerenza è legata alla possibilità che, trattando si nodi periferici, le superficie scolanti ad essi assegnati siano state tracciate in modo eccessivamente "generoso", e le quantità d'acqua effettivamente afferenti al nodo siano da considerarsi inferiori.

In altri casi si segnalano criticità su nodi isolati o su nodi contigui ma non propriamente periferici. Si è verificato che alcuni di essi coincidono con nodi di cui, in sede di ricostruzione geometrica, si è reso necessario effettuare delle interpolazioni.

Infine si ritiene che, soprattutto per la zona di Via Galilei, interamente segnalata come critica dalla modellazione del 15 settembre 2016, e la zona del campo di rugby (Via Pascoli, Via D'Annunzio), parte degli apporti di acque meteoriche possano essere recapitati nel vicino reticolo superficiale piuttosto che in fognatura; questo elemento probabilmente entra in gioco anche nell'interpretare le risultanze del modello nella parte Nord dell'abitato, zona Via Buonarroti, Via Beato Angelico e Via Cerioli.

6.6 Sintesi delle criticità

In questo paragrafo è riportata una sintesi analitica delle criticità per insufficienza della rete fognaria, che unisce i riscontri delle modellazioni effettuate (così come descritte nel paragrafo precedente) alle segnalazioni già ricevute ed introdotte nel Documento Semplificato del Rischio Idraulico che ha accompagnato l'adozione del PGT, ivi comprese le criticità presenti in sinistra idrografica del Fiume Serio non oggetto di specifica modellazione.

Localizzazione	tipologia di criticità
sottopasso ferroviario via Marconi - via Battisti	Aree soggette ad allagamento per insufficienza della rete fognaria esistente
zona fiera sud – via Tevere - via Donizetti	Aree soggette ad allagamento per sovraccarico della rete fognaria esistente (criticità confermata da modellazione)
zona fiera sud – via Turati	Aree soggette ad allagamento per sovraccarico della rete fognaria esistente (criticità confermata da modellazione)
p.zza Matteotti e zona mercato	Le acque meteoriche raccolte dalla rete fognaria esistente sgrondano verso Corso Roma determinando allagamenti della sede stradale (criticità confermata da modellazione)
via Trilussa (strada privata)	Si segnalano fenomeni di allagamento dell'interrato dell'edificio al civico n. 4 a causa del malfunzionamento delle caditoie stradali
Via Sabotino	la fognatura entra in pressione durante eventi metereologici di precipitazioni intense
Zona interna all'ospedale, tra via Paderno e via Battisti	Si è verificato nel punto più depresso rigurgito dalla tubazione fognaria. Dalle verifiche si è verificata presenza di ostruzioni e di un sifone all'interno della condotta principale che sono state rimosse. Il problema era anche dovuto alla presenza di una griglia di raccolta meteoriche collegata direttamente alla fognatura nel punto più basso ed alla pulizia delle fosse biologiche private. Non è ben chiara quale sia la rete pubblica e quale quella privata dell'ospedale. (criticità confermata da modellazione)
Corso Roma, tratto da zona mercato a incrocio con Via Galilei	Possibili allagamenti lungo il collettore principale, soprattutto in corrispondenza degli allacci dei rami secondari (Via Battisti, Via Galilei) – criticità emersa da modellazione

Tab. 6 – Sintesi delle criticità per insufficienza della rete fognaria (da modellazione e/o segnalazione Uniacque SpA)

6.7 Ipotesi di intervento, verifiche di progetto e relative considerazioni

Alla luce delle risultanze delle modellazioni di stato attuale sono state avanzate delle ipotesi di intervento finalizzate alla mitigazione di alcune delle criticità idrauliche manifestatesi.

L'attenzione si è rivolta principalmente alle aree per le quali i risultati del modello sono stati ritenuti attendibili.

In particolare, sono stati implementati alcuni scenari di progetti già valutati, negli ultimi anni, da Uniacque SpA al fine di risolvere le note criticità della zona delle "Vie dei Fiumi" e lungo la dorsale al confine Sud dell'area urbanizzata in destra idrografica del Fiume Serio (da Via Donizetti a Via Turati).

Per la risoluzione delle criticità in questa zona era stato proposto di adeguare i diametri delle tubazioni per ampi tratti della rete, e di realizzare un nuovo scolmatore che, dall'intersezione tra Via Turati e Via Granger, conducesse le acque al ramo fognario del tratto finale di Via Nullo, a Sud dell'area urbana, per poi recapitare, con nuovo scarico indipendente, le acque nel Fiume Serio.

Oltre a questa proposta di intervento, sulla base dei risultati della modellazione, è stato ipotizzato anche un intervento di adeguamento lungo Corso Roma fino allo scarico nel Fiume Serio o, in alternativa, la realizzazione di una disconnessione idraulica con nuova tubazione di smaltimento delle sole acque meteoriche dalla zona di P.zza Togliatti (zona mercato), in cui eventualmente ricondurre anche altre acque meteoriche prodotte lungo l'asse di Corso Roma.

In tutti i casi, gli interventi verificati riguardano esclusivamente potenziamenti dei diametri delle condotte fognarie, ovvero interventi sulle sedi viarie e/o aree di proprietà comunale; in accordo con Uniacque SpA, al momento non sono stati previsti interventi di laminazione.

Per tutte le altre criticità emerse dalla modellazione con sollecitazione meteorica di entità inferiore (evento del 15 settembre 2016), come ad esempio i possibili allagamenti in zona Ospedale, ed anche per quelle da essa non evidenziate (come ad esempio gli allagamenti del sottopasso ferroviario di Via Battisti), si è ritenuto preferibile rimandare a futuri approfondimenti, una volta acquisite maggiori informazioni circa le geometrie della rete e chiarite le reali destinazioni dei deflussi meteorici.

In sintesi, gli interventi proposti risultano i seguenti:

- Adeguamento del tratto fognario a partire dall'intersezione tra Via Donizetti e Via Mincio fino all'allaccio con il collettore principale. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 400$ a diametro $\Phi 600$, per un tratto di lunghezza pari a circa 200 mt.
- Adeguamento del collettore principale a partire da Via Po' fino all'intersezione tra Via Turati e Via Granger. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 600/700/800$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 750 mt.
- Realizzazione di nuovo scolmatore a partire dall'intersezione tra Via Turati e Via Granger fino a Via Nullo (a Sud del n. civico 47). Nuova tubazione di diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 560 mt.
- Adeguamento della condotta fognaria lungo il tratto terminale di Via Nullo, fino all'inizio della pista ciclabile che conduce al Ponte Vela. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 300$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 460 mt.
- Realizzazione di una nuova condotta di scarico lungo la pista ciclabile del Parco del Serio Nord a partire dal termine di Via Nullo fino a circa 80 mt a valle del Ponte Vela. Nuova tubazione di diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 220 mt.
- Adeguamento del collettore principale di Corso Roma a partire dall'intersezione con Via Battisti fino all'intersezione tra Via Nullo e Via Serio, ove il collettore principale entra il Via Nullo e si diparte la tubazione che porta allo scarico nel Fiume Serio. Sostituzione tubazione da diametro $\Phi 700/800$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 240 mt. Contestuale adeguamento del tratto di scarico dall'incrocio suddetto fino al Fiume Serio con passaggio da $\Phi 500$ a $\Phi 1000$, per una lunghezza di circa 90 mt.
- Disconnessione idraulica dal collettore principale lungo Corso Roma della rete a servizio di P.zza Matteotti (zona mercato) ed aree limitrofe. E' prevista la realizzazione di una nuova condotta di diametro $\Phi 800$ a partire dal parcheggio di Corso Roma che si sviluppa lungo Corso Roma parallelamente al collettore principale con nuovo scarico indipendente nel Fiume Serio. La nuova condotta consente la separazione delle acque meteoriche provenienti dalla zona del mercato e l'alleggerimento del collettore principale.

In essa potranno essere eventualmente ricondotte anche le portate di alcuni rami secondari della rete, attualmente afferenti al collettore di Corso Roma, come ad esempio quelle della tratta di Via Galilei. La lunghezza della nuova tubazione risulta pari a circa 440 mt. Tale intervento è al momento da considerarsi alternativo al precedente di adeguamento della condotta esistente lungo Corso Roma.

Tutti questi interventi sono stati modellati in apposita simulazione di progetto, sia rispetto all'evento di piena teorico con tempo di ritorno di 10 anni e durata di precipitazione di 1 ora, che rispetto all'evento reale del 15 settembre 2016.

I risultati delle modellazioni sono mostrati nella medesima forma di cui alle precedenti tavole. La **Tav. 7** riporta gli esiti per la modellazione con TR10 – 1 h e la **Tav. 8** quelli rispetto all'evento del 15 settembre 2016.

Nell'**Allegato allo Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico** sono inoltre riportati anche i profili sovrapposti (attuale-progetto) nei due scenari idrologici di riferimento.

In particolare, sono mostrati **n. 4 Profili**, rappresentativi degli interventi proposti, accompagnati ciascuno da una planimetria che ne individua la traccia.

Per una migliore consultazione, le seguenti tabelle individuano i principali nodi che compongono i profili rappresentati.

<i>Nodo bandiera</i>	<i>ID nodo</i>	<i>Localizzazione</i>
1	859976	Rotatoria Via Fiume Cherio
2	819865	Intersezione Via Fiume Cherio-Via Donzietti
3	896014	Intersezione Via Donzietti-Via Mincio
4	862436	Allaccio collettore principale fine di Via Mincio
5	1041108	
6	862433	Intersezione Via D'Acquisto-Via Paderno
7	862432	Intersezione Via Paderno-Via Turati
8	862427	Parcheggio Via Turati

Tab. 7 – Descrizione Profilo 1

<i>Nodo bandiera</i>	<i>ID nodo</i>	<i>Localizzazione</i>
1	862433	Intersezione Via D'Acquisto-Via Paderno
2	862432	Intersezione Via Paderno-Via Turati
3	862412	Intersezione Via Turati-Via Granger
4	865807	Via Nullo (a Sud del n. civico 47)
5	867025	Intersezione Via Nullo-inizio pista ciclabile
6		Nuovo scarico nel Fiume Serio

Tab. 8 – Descrizione Profilo 2

<i>Nodo bandiera</i>	<i>ID nodo</i>	<i>Localizzazione</i>
1	819886	Corso Roma (all'altezza del n. civico 37-39)
2	856267	Corso Roma (all'altezza del parcheggio)
3	855967	Intersezione Corso Roma-Via Battisti
4	855965	Intersezione Corso Roma-Via Galilei
5	867763	Intersezione Corso Roma-Via Fleming
6	1196299	Scarico nel Fiume Serio

Tab. 9 – Descrizione Profilo 3

<i>Nodo bandiera</i>	<i>ID nodo</i>	<i>Localizzazione</i>
1	855969	Zona mercato
2	855972	Zona mercato – Piazza Matteotti
3	disconnessione	Corso Roma (all'altezza del parcheggio)
4		Nuovo scarico nel Fiume Serio

Tab. 10 – Descrizione Profilo 4

Sui risultati delle simulazioni, anche attraverso il confronto delle **Tavv. da 5 a 8** in **Allegato** ed i **Profili**, possono essere effettuate alcune considerazioni.

Innanzitutto si rileva che, rispetto allo scenario relativo all'evento del 15 settembre 2016, gli interventi proposti determinano una pressoché completa risoluzione delle problematiche emerse a livello modellistico.

I medesimi interventi risultano mitigativi, anche se non risolutivi, anche rispetto allo scenario con tempo di ritorno di 10 anni e durata di precipitazione di 1 ora.

L'elemento di spicco è rappresentato dalla constatazione di miglioramenti non limitati soltanto ai rami ed ai nodi della rete oggetto di adeguamento, ma anche a rami e nodi più distanti.

La maggiore capacità di smaltimento delle portate in transito lungo la rete, per effetto dell'incremento dei diametri e la predisposizione di nuovi o potenziati scarichi nel Fiume Serio, determina benefici assai evidenti.

Tra le verifiche effettuate, è stata valutata anche la possibilità di realizzare una vasca di accumulo interrata all'altezza del parcheggio di Via Turati, come a suo tempo proposto anche da Uniacque SpA; detto intervento, parimenti oneroso al rifacimento di un ampio tratto di rete, non si è dimostrato però ugualmente efficace.

Questo riscontro, unitamente alle altre incertezze del modello e all'assenza, in area urbana, di idonei spazi per la previsione di vasche di accumulo o aree di laminazione, ha spinto a mettere per il momento da parte questo tipo di soluzioni, rimandando a futuri sviluppi del presente Studio, da implementarsi anche sull'area urbana posta in sinistra idrografica del Fiume Serio.

6.8 Conclusioni

La modellazione idrodinamica della rete fognaria del Comune di Seriate è stata sviluppata soltanto sul settore posto in destra idrografica del Fiume Serio, a causa della maggiore carenza di dati in sinistra idrografica ma anche della minore densità di criticità note per allagamenti del reticolo fognario rispetto alla destra.

Del resto l'area urbana in sinistra idraulica è attraversato da una fitta rete di rogge, infatti, come indicato dal Consorzio di Bonifica, risultano più diffuse problematiche legate al reticolo minore.

In destra idraulica, invece, si osservano maggiori criticità per insufficienza della rete fognaria, pertanto, anche sotto questo profilo, è apparso ragionevole concentrare l'attenzione su questa porzione di territorio.

Il presente Studio, però, è da considerarsi solo come un primo passo verso la rappresentazione e la quantificazione dei fenomeni esondativi sul territorio comunale, siano essi legati ad insufficienza della rete fognaria che a problematiche di deflusso lungo il reticolo minore.

E' auspicabile che, in futuro, possano esserci le condizioni per sviluppare un approfondimento che interessi sia la rete fognaria che, almeno in parte, il reticolo superficiale, in quanto vi è una stretta correlazione tra le dinamiche dei due sistemi.

In questo lavoro, come detto, si è assunto che l'intera porzione urbanizzata in destra idrografica fosse servita da pubblica fognatura, e ciò, sicuramente, ha amplificato i risultati dei modelli e la definizione delle aree soggette a rischio.

Tant'è che non sono state sviluppate simulazioni per i tempi di ritorno di 50 e 100 anni, anzi si è virato verso la verifica di eventi inferiori a quello decennale.

Rispetto al quadro di partenza, però, è adesso disponibile una ricostruzione "ordinata" della geometria della rete, al netto delle incertezze e delle interpolazioni di dati mancanti, e questo potrà consentire nuovi approfondimenti e perfezionamenti.

Il contenuto del presente Studio è stato, come più volte anticipato, interamente condiviso con il Gestore, sia come impostazione tecnica che come scelte progettuali proposte.

7. AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO SECONDO IL PGT

In questo capitolo sono affrontate le vulnerabilità del territorio rispetto al rischio di allagamento da parte del reticolo idrografico interferente con il territorio comunale di Seriate, che, in questo caso, è rappresentato dall'asta del Fiume Serio.

E' quindi fornita una sintesi del quadro conoscitivo vigente del P.G.R.A. e della proposta di aggiornamento effettuata a supporto della redazione del PGT.

7.1 Aree a pericolosità da alluvione individuate dal P.G.R.A.

Il Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) approvato con DPCM 27 ottobre 2016 ha la finalità di ridurre le conseguenze negative derivanti dalle alluvioni per la salute umana, per il territorio, i beni, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche e sociali.

A tale scopo il Piano definisce le aree soggette a pericolosità per alluvioni, nonché il grado di rischio al quale sono esposti gli elementi che ricadono nelle suddette aree allagabili.

La delimitazione di tali aree viene riportata nelle carte di pericolosità del PGRA (aggiornate al 2015) per diversi scenari di pericolosità:

- aree P3/H – aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti;
- aree P2/M – aree potenzialmente interessate da alluvioni poco frequenti;
- aree P1/L – aree potenzialmente interessate da alluvioni rare.

Le aree allagabili individuate sul Comune di Seriate riguardano i seguenti ambiti territoriali:

- reticolo principale di pianura e di fondovalle – RP;
- reticolo secondario collinare e montano – RSCM.

L'ambito più significativo è rappresentato da quello del Reticolo Principale, di cui fa parte il Fiume Serio, che attraversa o lambisce il territorio comunale lungo un tratto di circa 10 km.

Le mappe di pericolosità idraulica contenute nel PGRA rappresentano un aggiornamento ed integrazione del quadro conoscitivo rappresentato negli elaborati del PAI.

Dalla sovrapposizione tra la carta della pericolosità del PGRA e la rappresentazione delle fasce fluviali PAI, così come ripериметrate, in applicazione dell'art. 27 delle NTA del PAI, dallo Studio Geologico comunale previgente e riconfermate col nuovo PGT, lungo la rete idrografica principale (RP) si osservano alcuni scostamenti:

- a monte di via Italia, in sinistra idrografica, e in corrispondenza della sponda destra lungo via Fiume Serio, l'area P3/H risulta leggermente più estesa rispetto alla fascia A del PAI; lo scostamento più significativo si riscontra all'altezza del cavalcavia della tangenziale: in sinistra, l'area esondabile P3/H presenta una larghezza di 130 m circa dal limite esterno della fascia A, mentre in destra si estende per 200 m circa (sempre dal limite esterno di fascia A), fino a ricomprendere parte della rotonda esistente;
- la perimetrazione dell'area P2/M a monte di via Italia ricomprende parte degli edifici di via Cerioli, così come lungo una laterale di via Decò e Canetta nella zona di via Rastelli; una maggiore e significativa estensione delle perimetrazioni PGRA rispetto a quelle PAI, si rileva in sinistra idrografica nella zona compresa tra via Lazzaretto e via Basse, fino a via Cassinone all'altezza del centro commerciale;
- l'area potenzialmente interessata da alluvioni rare P1/L risulta molto ampia nell'ambito del territorio di Seriate: in sinistra idrografica costituisce un'ampia fascia che termina in corrispondenza di via Levata e via Basse, mentre in destra si stacca dall'area P2/M di via Cerioli, ricomprendendo parte dell'edificato di Corso Roma, fino a chiudersi lungo viale Matteotti, a valle del cavalcavia della tangenziale.

Per quanto riguarda le aree appartenenti al reticolo secondario collinare e montano (RSCM) presenti all'interno del territorio comunale, si segnala la presenza di 2 aree potenzialmente interessate da alluvioni frequenti (P3/H); tali perimetrazioni coincidono con le aree soggette a rischio idrogeologico molto elevato, classificate come Zona B-Pr nell'allegato 2 dell'Atlante dei rischi idraulici e idrogeologici del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI).

La prima area RSCM P3/H si colloca in sponda sinistra del fiume Serio, all'interno del centro edificato, a monte del ponte di via Italia, grossomodo coincidente con la zona di fascia B di progetto del PAI; il rischio definito dal PGRA per tale area varia tra le classi R4 e R3.

Il secondo ambito RSCM P3/H è esterno al centro edificato e si colloca in sponda sinistra del fiume, all'altezza dell'ansa a sud di via Restelli; le classi di rischio individuate dal PGRA sono la R4, in corrispondenza della porzione SE dell'area, e R1 nella restante parte.

Alla luce delle aree esondabili individuate dal PGRA, il Comune di Seriate è tenuto ad applicare la corrispondente normativa, modificando di conseguenza gli strumenti urbanistici comunali che risultassero in contrasto ed aggiornando il Piano di Emergenza comunale.

Questo passaggio, ed in particolare il recepimento delle norme del PGRA, è sviluppato nell'ambito del nuovo Piano di Governo del Territorio.

7.2 Aggiornamento delle aree a pericolosità da alluvione del P.G.R.A.

Come anticipato, a supporto della redazione del PGT, il Comune di Seriate ha redatto un nuovo studio idrologico-idraulico sul Fiume Serio finalizzato ad aggiornare le mappe del PGRA ed a produrre nuove mappe di pericolosità e rischio sul territorio comunale, al fine di supportare le nuove scelte urbanistiche e definire la fattibilità delle previsioni.

Tale studio prende spunto dagli studi precedenti (Estatec srl, 2009) e implementa in nuove modellazioni i dati geometrici e di portata indicati dal PGRA.

Lo studio è redatto su scala comunale, lungo tutto il tratto d'asta che lo attraversa.

Il nuovo studio ha prodotto cartografie aggiornate di:

- Aree allagabili;
- Pericolosità (ai sensi dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011);
- Rischio di esondazione (ai sensi dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011).

Le nuove mappature fanno riferimento ai seguenti scenari di pericolosità da alluvione:

- Pericolosità per alluvioni frequenti P3/H = aree allagabili con tempo di ritorno di 50 anni;
- Pericolosità per alluvioni poco frequenti P2/M = aree allagabili con tempo di ritorno di 200 anni.

Le cartografie prodotte sulla base dei dati di questo nuovo studio sono le seguenti:

- Carta delle aree allagabili;
- Carta della zonazione della pericolosità da esondazione;
- Carta della zonazione del rischio da esondazione.

Queste cartografie entrano a far parte dei contenuti della Componente Geologica, Idrogeologica e Sismica del PGT, sostituendo, di fatto, quelle precedentemente redatte con lo studio di Etatec srl del 2009.

Con il nuovo PGT è inoltre prodotta, all'esito del nuovo studio sul Fiume Serio, la carta PAI-PGRA, in cui si confermano le fasce fluviali del PAI e si introducono le nuove pericolosità da alluvione derivanti dal suddetto studio.

Le seguenti cartografie sono pertanto da considerarsi quale parte integrante del presente Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico:

- **8.1 Carta PAI-PGRA** (da Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT)
- **8.2 Carta PAI-PGRA** (da Componente Geologica Idrogeologica e Sismica del PGT)
- **T.1 – Carta delle aree allagabili Nord** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT)
- **T.2 – Carta delle aree allagabili Sud** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT)
- **T.3 – Carta della zonazione della pericolosità da esondazione Nord** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT)
- **T.4 – Carta della zonazione della pericolosità da esondazione Sud** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT)
- **T.5 – Carta della zonazione del rischio da esondazione Nord** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT)
- **T.6 – Carta della zonazione del rischio da esondazione Sud** (da Studio Idrologico-Idraulico del Fiume Serio di supporto al PGT).

7.3 Cenni sulle criticità da esondazione lungo il Fiume Serio

Il nuovo studio sul Fiume Serio propone un aggiornamento degli studi precedenti (in particolare, quello di Etatec srl del 2009).

Esso sostanzialmente conferma le criticità precedentemente rilevate, ma consente adesso di rappresentare in modo più approfondito le dinamiche di esondazione e stimarne l'entità in termini di tiranti idrici e velocità di propagazione.

La principale criticità idraulica si osserva in corrispondenza del ponte di via Italia ove, il rigurgito prodotto dallo stesso, induce innalzamenti dei livelli idrici a monte della struttura che determinano allagamenti sia di natura diretta che indiretta.

Gli allagamenti di natura diretta (che si verificano per manifesta insufficienza dell'argine/ muro di sponda) interessano le aree contenute tra le vie Venezian, via Cerioli ed il fiume Serio e, a valle dell'abitato, possono verificarsi esondazioni lungo la via Decò e Canetta e più a sud, all'altezza delle serre, su entrambi i lati.

Tali allagamenti sono riconducibili ad eventi di piena frequenti.

Gli allagamenti di natura indiretta (che si verificano per insufficienza della luce del ponte di via Italia) coinvolgono prevalentemente il nucleo storico a sud del ponte di via Italia interessando, in sponda sinistra, quasi la totalità dell'urbanizzato, ed in particolare via Italia, via Dante, raggiungendo poi Piazzale dei Caduti, via Decò e Canetta; in sponda destra via Battisti costituisce la via preferenziale di scorrimento delle acque di allagamento indiretto, ma le acque si estendono anche oltre l'asse di via Battisti interessando gli isolati fino a raggiungere ed accumularsi nella zona dell'ospedale. Questa zona rappresenta un forte elemento di criticità dal momento che sul perimetro dell'edificio è presente un'ampia zona posta a quote più depresse, principalmente adibita a parcheggio, ed è proprio in questa porzione che buona parte delle acque esondate tendono ad accumularsi.

A differenza degli studi precedenti, il nuovo studio riesce a riprodurre i fenomeni anche per le zone urbane poste a valle della linea ferroviaria Bergamo-Brescia.

Anche i territori a Sud di essa, infatti, risultano interessati da allagamento per propagazione dei volumi esondati attraverso i due sottopassi ferroviari, i quali traducono acqua verso valle in ingente quantità.

Le acque finiscono quindi per distribuirsi sul territorio in funzione delle pendenze locali, ma sempre secondo la via preferenziale di scorrimento in direzione Sud, finendo lentamente per abbandonare l'area urbana e ricongiungendosi al corso d'acqua molto più a valle.

Il nuovo studio idraulico, redatto con modellistica bidimensionale, consente di rilevare le numerose criticità idrauliche locali per presenza di vani interrati ed autorimesse.

La quantificazione di questi fenomeni, nella modellazione, è comunque da ritenersi cautelativa.

7.4 Zonazione del rischio da esondazione

Come anticipato, attraverso i risultati del nuovo studio del Fiume Serio è stata aggiornata, ai sensi dell'Allegato 4 della D.G.R. IX/2616/2011, anche la zonazione del rischio da esondazione sul territorio.

Alla luce della maggiore estensione delle nuove aree allagabili, e soprattutto disponendo adesso di indicazioni precise su tiranti idrici e velocità di scorrimento, anche la zonazione del rischio ha prodotto mappature più stringenti delle precedenti, con numerose aree ricadenti in classe di rischio molto elevato (R4) o elevato (R3).

L'attribuzione della classe di rischio R4 a molti settori urbanizzati è per lo più legata alla presenza di importanti tiranti idrici, piuttosto che per le velocità di scorrimento, generalmente abbastanza modeste.

Queste assegnazioni, da cui i conseguenti vincoli urbanistici, rafforzano ancor più l'esigenza di individuare una soluzione strutturale per la mitigazione del rischio di inondazione da parte del Fiume Serio sull'area urbana.

8. AREE SOGGETTE AD ALLAGAMENTO PER CRITICITÀ DEL RETICOLO MINORE

Nel presente paragrafo sono state ricercate eventuali criticità legate allo smaltimento delle acque incanalate lungo la rete idrografica secondaria.

Si riportano pertanto le caratteristiche salienti delle rogge inserite nello studio per l'individuazione del Reticolo Idrico Minore e Consortile, con indicazione dei fenomeni di esondazione segnalati.

Per quanto riguarda le rogge, l'ente gestore è il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca, ad eccezione di un paio di canali irrigui privati, quali la roggia Urgnana e la roggia Vescovada.

8.1 Studio per l'individuazione del reticolo idrografico minore

Lo studio per l'individuazione del reticolo minore (RIM) è stato redatto dalla società Eatec srl (parere favorevole dell'UTR di Bergamo emesso in data 06.04.2011 n. prot. 0003473) ed è stato approvato con D.C.C. n. 54 in data 28.11.2011.

Con D.C.C. n. 7 del 27.03.2017 è stata approvata la rettifica degli atti di PGT non costituenti variante, all'interno della quale sono state apportate alcune correzioni cartografiche relative all'esatta posizione di alcune rogge presenti sul territorio comunale (pubblicazione sul BURL n. 43 del 25.10.2017).

Nel presente Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico viene riportato il reticolo idrografico così come individuato nello strumento urbanistico del 2017 e integrato con alcune correzioni che sono state recentemente indicate dal Consorzio di Bonifica (**Tav. 1** dell'**Allegato** allo Studio).

Si riportano di seguito le principali caratteristiche delle rogge che costituiscono la rete idrografica del territorio comunale, con indicazione di eventuali fenomeni di esondazione.

8.2 Reticolo di bonifica

E' il sistema delle rogge a prevalente funzione di bonifica e/o promiscua su cui il Consorzio di Bonifica svolge funzioni di Polizia Idraulica secondo quanto previsto dal Regolamento di Polizia Idraulica (valido sul reticolo di bonifica) di cui alla D.G.R. 7213 del 09.10.2017.

Roggia Bolghera

Ha origine dalla roggia Borgogna a sud-est dello svincolo della tangenziale; dei due rami a cui dà origine, uno si dirige verso il Comune di Brusaporto e l'altro verso il Comune di Bagnatica, nella porzione orientale del territorio di Seriate. In parte tombinata.

Roggia Borgogna

Ha origine in Comune di Pedrengo, in corrispondenza di una derivazione dal fiume Serio e scorre parallela allo stesso; entra a nord del territorio comunale di Seriate e lo attraversa in direzione N-NW-S-SE, mantenendosi per un tratto parallela alla roggia Cattanea e successivamente alla roggia Martinenga. Nella porzione sudorientale del territorio comunale, scorre lungo il confine con Bagnatica. In parte tombinata.

Roggia Brusaporto

Si diparte dalla Roggia Borgogna a est dello svincolo della tangenziale e scorre in direzione orientale, sviluppandosi perpendicolarmente alla Roggia Cattanea.

Tale roggia segna parte del confine comunale con Brusaporto. Tombinata.

Roggia Cattanea

Si tratta di una roggia presente sul territorio comunale a valle del centro abitato, che deriva le proprie acque dalla Roggia Comunale. La Roggia Cattanea scorre nel primo tratto verso ovest, nella porzione centrale del territorio comunale scorre parallelamente alla Roggia Borgogna, in direzione sud e, a valle dell'attraversamento autostradale, assume un decorso circa est-ovest, parallelo a quello della Roggia Brusaporto, in corrispondenza del confine con lo stesso Comune di Brusaporto. In parte tombinata.

Roggia Comonte

Si diparte dalla Roggia Borgogna a valle della linea ferroviaria e scorre a sud della località Comonte, dividendosi in due rami: il primo ramo, con andamento circa est-ovest, si immette nella Roggia Rocaglia dopo un tratto di circa 700 m; il secondo scorre in direzione prevalente sud, dividendosi a sua volta in due tratti, fino alla confluenza nella Roggia Cattanea, in corrispondenza del confine comunale con Bagnatica. In parte tombinata.

Roggia Comunale

Deriva le proprie acque dal fiume Serio: ha origine in sponda sinistra fra il ponte della Strada Statale e quello ferroviario, percorre il Comune di Seriate in direzione N-S per tutta la sua lunghezza, dando origine a più diramazioni. La Roggia comunale sottopassa la ferrovia nei pressi della stazione per poi scorrere seguendo la strada comunale in prossimità del fiume, fino alla località Maglio dove si divide in due rami (ramo Cattanea e ramo comunale di Seriate). Il ramo comunale di Seriate, avente direzione nord-sud, con la sua ulteriore ripartizione in tre rami, permette l'irrigazione di parte del territorio comunale. La sua portata ordinaria è di circa 500 l/s, quella massima di 1.000 l/s. Nella porzione meridionale del territorio comunale la roggia scorre lungo il confine comunale con Cavernago. In parte tombinata.

Roggia Martinenga

Attraversa tutto il territorio comunale di Seriate con direzione nord-ovest sud-est, a partire dal Comune di Pedrengo. A sud del tracciato autostradale la Roggia Martinenga scorre parallela alla Roggia Borgogna, a ridosso del confine comunale con il territorio di Bagnatica, fino al Comune di Calcinate. In parte tombinata.

Roggia Morlino

Entra in territorio di Seriate in corrispondenza del confine con il Comune di Bergamo, mantenendosi nella porzione occidentale del centro abitato. Attraversa la porzione nord-occidentale del Comune di Seriate scorrendo con direzione prevalente verso est nel primo tratto, verso sud nel secondo tratto; attraversa la tangenziale unitamente alla roggia Vescovada di monte a cui si mantiene parallela fino al confine con il Comune di Orio al Serio. In parte tombinata.

Roggia Ponte Perduto

Deriva l'acqua dal fiume Serio nel Comune di Gorle, attraversa Seriate fino alla cappelletta dei morti. E' presente una diramazione all'incrocio tra via Italia e via Locatelli: un ramo prosegue in via Locatelli ed uno verso sud, immettendosi nella roggia Morlino di Grassobbio.

Alla roggia compete l'irrigazione di parte dei campi di Seriate, Zanica e Urgnano. In parte tombinata.

Roggia Vecchia ramo di Zanica

Si origina in sponda destra del fiume Serio, nel tratto fra il ponte della S.S. e della ferrovia e prosegue in direzione N-S attraversando la tangenziale e lo scolmatore del torrente Morla, fino in prossimità della pista dell'aeroporto, in territorio di Orio al Serio. In parte tombinata.

Roggia Vecchia ramo di Azzano

Si diparte dalla roggia Vecchia ramo di Zanica, dalla quale lentamente diverge per scorrere verso sud-sudovest verso il Comune di Orio al Serio, fino ad attraversare la tangenziale ed uscire dal territorio di Seriate in prossimità della roggia Vescovada di Monte. In parte tombinata.

8.3 Reticolo irriguo

Trattasi del sistema delle rogge a prevalente funzione irrigua e/o promiscua su cui le funzioni di Polizia Idraulica sono svolte da un soggetto privato (compagnia roggia Urgnana e Vescovada).

Roggia Urgnana

Scorre nella porzione nord-occidentale del territorio comunale di Seriate ove segna il confine con il Comune di Bergamo. In parte tombinata.

Roggia Vescovada di Monte

Deriva le proprie acque dalla Roggia Morlana, la cui presa è posta nel comune di Nembro in sponda destra del Serio; attraversa i territori compresi tra i Comuni di Torre Boldone e Cologno al Serio, scorrendo con direzione prevalente nordsud, e costeggia il confine con Gorle, ad ovest del Comune di Seriate ed in corrispondenza dell'incrocio con via Locatelli cinge l'abitato per poi attraversare la tangenziale ed entrare in Comune di Orio al Serio. In parte tombinata.

8.4 Criticità del reticolo minore

Il Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca ha recentemente fornito al Comune di Seriate indicazione circa le criticità che sovente si riscontrano sul reticolo di competenza.

Le suddette criticità sono riassunte nella seguente tabella.

Localizzazione	tipologia di criticità	Roggia
via Scavezzata n°3	allagamenti	Comunale
via Grinetta n°22	allagamenti	Comunale
p.zza Cattaneo	allagamenti	Martinenga
via P.so Tonale n°32	allagamenti	Martinenga
via Brusaporto	allagamenti cantine	Comonta
via Brusaporto	perdita tubazione allagamento sottopasso	Comonta
Roggia Vecchia	problematiche igienico sanitarie	Vecchia
via Rovelli	problematiche igienico sanitarie	Ponte Perduto
via Pascoli	allagamenti	Ponte Perduto
via Donizetti	allagamenti	Morlino di Grassobbio
via degli Alpini	allagamenti	Morlino di Grassobbio

Tab. 11 – Sintesi delle criticità del reticolo minore (da segnalazioni Consorzio di Bonifica)

A tali criticità si aggiunge anche la seguente, indicata nella prima versione del precedente Documento Semplificato.

La Roggia Martinenga, nel tratto di Cassinone, all'altezza della chiesa parrocchiale, determina esondazioni a causa dell'ostruzione della griglia collocata all'imbocco del tratto coperto, in concomitanza di eventi meteorici intensi e prolungati (2 episodi rilevati); l'acqua fuoriuscita dal cavo tende a spagliarsi esclusivamente in sinistra idrografica, su terreni incolti posti in Comune di Bagnatica.

Trattasi comunque di fenomeni non legati all'insufficienza idraulica della roggia, ma determinati dalla mancata pulizia da parte dei concessionari della griglia stessa.

9. RAPPRESENTAZIONE DELLE CRITICITÀ IDRAULICHE

Le criticità idrauliche esplicitate nei precedenti 3 capitoli (da insufficienza della rete fognaria o da allagamento del reticolo idrografico superficiale – Fiume Serio o reticolo di bonifica), note all'esito di specifiche modellazioni e/o segnalate dai rispettivi soggetto gestori (Uniacque SpA per la rete fognaria e Consorzio di Bonifica della Media Pianura Bergamasca per il reticolo minore, sono rappresentate graficamente nelle **Tavv. 9 e 10 dell'Allegato** al presente Studio Comunale di Gestione del Rischio Idraulico.

10. IDENTIFICAZIONE DEGLI AMBITI DI REGOLAMENTAZIONE ED ESCLUSIONE PER MISURE DI INVARIANZA IDROLOGICA MEDIANTE STRUTTURE DI INFILTRAZIONE

Il Regolamento Regionale incentiva il ricorso all'infiltrazione delle acque meteoriche allo scopo di tendere alla completa restituzione delle stesse ai processi naturali di infiltrazione preesistenti all'intervento di impermeabilizzazione del suolo, qualora esse non provengano da superfici suscettibili di inquinamento.

La progettazione di queste tipologie di strutture di infiltrazione (aree verdi di infiltrazione, trincee drenanti, pozzi drenanti, cunette verdi, pavimentazioni permeabili, etc.) non potrà tuttavia prescindere da una attenta analisi del contesto sito-specifico che potrebbe invece far propendere ad escludere o a valutare con particolare dettaglio la fattibilità di tale tipologia progettuale, alla luce di possibili problematiche di tipo geologico, idrogeologico, idraulico o di vincoli territoriali già individuati o noti sul territorio comunale.

Nello specifico sono state individuate le seguenti aree di vincolo/esclusione e/o di regolamentazione:

- aree di salvaguardia di n. 3 pozzi ad uso potabile a servizio dell'acquedotto comunale;
- aree a ridotta permeabilità degli strati superficiali del terreno.

10.1 Aree di salvaguardia delle captazioni idropotabili

Nella porzione settentrionale del territorio di Seriate sono presenti n. 3 pozzi captati dall'acquedotto comunale; la zona di tutela assoluta comprende le aree con equidistanza di 10 m da ciascuna captazione; l'area di rispetto è stata perimetrata mediante criterio geometrico, ovvero perimetrando le aree comprese entro un raggio di 200 m dalle captazioni (ai sensi del D.Lgs. 152/2006), per i pozzi di via Venezian e via Tre Signori e per le captazioni insistenti sui comuni di Brusaporto e Bagnatica.

Per il pozzo Roncaglino, situato in via Passo del Tonale, l'area di rispetto è stata perimetrata con criterio temporale secondo la geometria approvata dagli Uffici della Provincia di Bergamo, territorialmente competenti.

Le suddette aree di salvaguardia sono disciplinate dall'art. 94 del D.L.gs. 152/2006; in particolare, all'interno delle aree di rispetto sono vietati l'insediamento dei seguenti centri di pericolo e lo svolgimento delle seguenti attività:

- dispersioni di fanghi ed acque reflue, anche se depurati;
- accumulo di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi;
- spandimenti di concimi chimici, fertilizzanti o pesticidi, salvo che l'impiego di tali sostanze sia effettuato sulla base delle indicazioni di uno specifico piano di utilizzazione che tenga conto della natura dei suoli, delle colture compatibili, delle tecniche agronomiche impiegate e della vulnerabilità delle risorse idriche;
- dispersione nel sottosuolo di acque meteoriche provenienti da piazzali e strade;
- aree cimiteriali;
- aperture di cave che possono essere in connessione con la falda;
- apertura di pozzi ad eccezione di quelli che estraggono acque destinate al consumo umano e di quelli finalizzati alla variazione della estrazione ed alla protezione delle caratteristiche quali-quantitative della risorsa idrica;
- gestione di rifiuti;
- stoccaggio di prodotti ovvero sostanze chimiche pericolose e sostanze radioattive;
- centri di raccolta, demolizione e rottamazione di autoveicoli;
- pozzi perdenti;
- pascolo e stabulazione di bestiame che eccede i 170 Kg per ettaro di azoto presente negli effluenti, al netto delle perdite di stoccaggio e distribuzione. È comunque vietata la stabulazione di bestiame nella zona di rispetto ristretta (comma 4, art. 94, D. Lgs. 152/06).

Per gli insediamenti o le attività di cui sopra, preesistenti, ove possibile e comunque ad eccezione delle aree cimiteriali, sono adottate le misure per il loro allontanamento: in ogni caso deve essere garantita la loro messa in sicurezza.

10.2 Aree a ridotta permeabilità degli strati superficiali del terreno

L'individuazione delle aree sfavorevoli all'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo si basa sulla permeabilità degli strati superficiali del sottosuolo; vengono pertanto individuate le porzioni del territorio comunale caratterizzate da bassa permeabilità, così come evidenziate nello già nello studio geologico redatto a supporto del PGT comunale previgente.

In particolare, i valori più bassi di permeabilità sono stati riscontrati:

- in corrispondenza del rilievo collinare di Comonte dove sono presenti depositi eluvio-colluviali limoso-argillosi a bassa-nulla permeabilità (coefficiente di permeabilità stimato inferiore a 10^{-5} cm/s) su un substrato roccioso marnoso-arenaceo;
- nella fascia compresa tra via Cerioli e via Paderno fino al confine nord-occidentale del territorio comunale, per l'affioramento di una copertura loessica continua (appartenente all'Unità di Comun Nuovo) e di spessore significativo, con un coefficiente di permeabilità basso, stimato nell'ordine di 10^{-4} - 10^{-5} cm/s.

11. MISURE DI INVARIANZA IDRAULICA

11.1 Misure strutturali

Alla luce dell'analisi delle varie criticità idrauliche rilevate sul territorio possono essere individuate le seguenti misure strutturali da attuare per una loro almeno parziale mitigazione:

RETE FOGNARIA

- Adeguamento del tratto fognario a partire dall'intersezione tra Via Donizetti e Via Mincio fino all'allaccio con il collettore principale. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 400$ a diametro $\Phi 600$, per un tratto di lunghezza pari a circa 200 mt.
- Adeguamento del collettore principale a partire da Via Po' fino all'intersezione tra Via Turati e Via Granger. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 600/700/800$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 750 mt.
- Realizzazione di nuovo scolmatore a partire dall'intersezione tra Via Turati e Via Granger fino a Via Nullo (a Sud del n. civico 47). Nuova tubazione di diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 560 mt.
- Adeguamento della condotta fognaria lungo il tratto terminale di Via Nullo, fino all'inizio della pista ciclabile che conduce al Ponte Vela. Sostituzione tubazioni da diametro $\Phi 300$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 460 mt.
- Realizzazione di una nuova condotta di scarico lungo la pista ciclabile del Parco del Serio Nord a partire dal termine di Via Nullo fino a circa 80 mt a valle del Ponte Vela. Nuova tubazione di diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 220 mt.
- Adeguamento del collettore principale di Corso Roma a partire dall'intersezione con Via Battisti fino all'intersezione tra Via Nullo e Via Serio, ove il collettore principale entra il Via Nullo e si diparte la tubazione che porta allo scarico nel Fiume Serio. Sostituzione tubazione da diametro $\Phi 700/800$ a diametro $\Phi 1000$, per un tratto di lunghezza pari a circa 240 mt.

Contestuale adeguamento del tratto di scarico dall'incrocio suddetto fino al Fiume Serio con passaggio da $\Phi 500$ a $\Phi 1000$, per una lunghezza di circa 90 mt.

- Disconnessione idraulica dal collettore principale lungo Corso Roma della rete a servizio di P.zza Matteotti (zona mercato) ed aree limitrofe. E' prevista la realizzazione di una nuova condotta di diametro $\Phi 800$ a partire dal parcheggio di Corso Roma che si sviluppa lungo Corso Roma parallelamente al collettore principale con nuovo scarico indipendente nel Fiume Serio. La nuova condotta consente la separazione delle acque meteoriche provenienti dalla zona del mercato e l'alleggerimento del collettore principale. In essa potranno essere eventualmente ricondotte anche le portate di alcuni rami secondari della rete, attualmente afferenti al collettore di Corso Roma, come ad esempio quelle della tratta di Via Galilei. La lunghezza della nuova tubazione risulta pari a circa 440 mt. Tale intervento è al momento da considerarsi alternativo al precedente di adeguamento della condotta esistente lungo Corso Roma.

FIUME SERIO

- Per quanto attiene l'insufficienza idraulica del ponte di via Italia che determina gravose condizioni di rischio per l'abitato la prima versione del Documento Semplificato individuava l'esigenza di procedere all'effettuazione di un più approfondito studio idraulico bidimensionale sul Fiume Serio che consentisse di mappare dettagliatamente le condizioni di rischio esistente e, sulla scorta di ciò, di individuare le più consone misure strutturali da attuare.

A supporto del nuovo PGT comunale tale studio è stato condotto, ed in effetti ha permesso di chiarire in modo puntuale le dinamiche e l'entità del fenomeno esondativo in area urbana.

Il nuovo studio non ha al momento affrontato valutazioni di tipo progettuale, ma ha concluso confermando l'esigenza, già avanzata nello studio di Etatec srl del 2009, di prevedere un adeguamento del ponte di via Italia, per ridurre l'effetto di innalzamento locale dei livelli in alveo da cui le esondazioni in area urbana ed il suo potenziale sormonto.

Attraverso il nuovo strumento conoscitivo del Fiume Serio sarà possibile affrontare in ottica progettuale anche le ulteriori problematiche di esondazione riscontrate lungo la sua asta, quali le fuoriuscite dirette sul lato di via Cerioli (destra idraulica) e via Tre Signori (sinistra idraulica).

RETICOLO MINORE

- Per quanto riguarda le criticità legate al reticolo di bonifica saranno da attuarsi interventi locali di adeguamento del reticolo e/o di difesa delle zone più vulnerabili.

In questo caso le valutazioni sono rimandate a fasi di approfondimento successivo, per le quali si rende indispensabile effettuare una ricognizione circa le effettive superfici scolanti afferenti al reticolo e disporre della geometria della rete, ancorché in forma semplificata.

11.2 Misure non strutturali

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

In particolare, potranno essere attuate le seguenti azioni:

- incentivare il drenaggio urbano sostenibile, ovvero contenere gli apporti delle acque meteoriche verso i recettori, ridurre gli effetti idraulici legati alle aree impermeabilizzate, invasare le acque meteoriche raccolte in modo da ritardare l'afflusso al corpo recettore, minimizzare e compensare le superfici impermeabilizzate;
- prevedere la manutenzione programmata (ordinaria o straordinaria) delle opere di smaltimento delle acque meteoriche e della rete fognaria, sia di quelle di nuova realizzazione sia di quelle esistenti;
- impiego di difese temporanee, quali barriere antiesondazione (sacchi di sabbia, etc), sistemi antiriflusso sulla rete fognaria e sistemi di pompaggio;

- incentivazione urbanistica, quali il riconoscimento di diritti edificatori o riduzione di oneri e contributi di costruzione, in caso di adozione di specifiche misure finalizzate all'invarianza idraulica e al non incremento del carico idraulico;
- utilizzo degli introiti derivanti dalla monetizzazione in alternativa alla diretta realizzazione degli interventi di invarianza idraulica e idrologica;
- sensibilizzazione degli utenti della rete consortile alla manutenzione e alla pulizia delle rogge così come previsto nei provvedimenti autorizzativi e concessori;
- informazione della popolazione riguardo le buone pratiche ed i comportamenti da attuare in situazioni di criticità, in modo da aumentare la resilienza della comunità;
- aggiornamento ed attuazione delle misure di Protezione Civile previste nel Piano di Emergenza comunale.

12. SINTESI DEI CRITERI E DEI METODI PER IL RISPETTO DEL PRINCIPIO DI INVARIANZA IDRAULICA ED IDROLOGICA

In questa sezione è proposta una sintesi dei contenuti del Regolamento Regionale 23 novembre 2017, n. 7 e s.m.i. con particolare riferimento ai criteri da adottare per la redazione del progetto di invarianza idraulica ed idrologica.

Acque di riferimento per l'applicazione delle misure di invarianza idraulica ed idrologica

Le misure di invarianza ed i vincoli allo scarico da adottare per le superfici interessate agli interventi (Si) sono applicate alle **acque pluviali**, definite come le acque meteoriche di dilavamento, escluse le acque di prima pioggia scolanti dalle aree esterne elencate all'articolo 3 del regolamento regionale 24 marzo 2006, n. 4 (Disciplina dello smaltimento delle acque di prima pioggia e di lavaggio delle aree esterne, in attuazione dell'articolo 52, comma 1, lettera a) della legge regionale 12 dicembre 2003, n. 26), che sono soggette alle norme previste nel medesimo regolamento".

Ambiti territoriali di applicazione

Il territorio regionale lombardo è suddiviso nelle seguenti tipologie di aree, in funzione del livello di criticità idraulica dei bacini dei corsi d'acqua ricettori:

a) aree A, ovvero ad alta criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, ricadenti, anche parzialmente, nei bacini idrografici elencati nell'allegato B;

b) aree B, ovvero a media criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e ricadenti, anche parzialmente, all'interno dei comprensori di bonifica e Irrigazione;

c) aree C, ovvero a bassa criticità idraulica: aree che comprendono i territori dei comuni, elencati nell'allegato C, non rientranti nelle aree A e B. stato attuale le cause di tali criticità non sono state ulteriormente approfondite, né sono stati programmati specifici interventi di risoluzione delle medesime.

Il Comune di Seriate, come riportato nell'elenco di cui all'Allegato C del Regolamento, ricade nelle aree B, a media criticità idraulica.

Valori ammissibili della portata meteorica scaricabile nei ricettori

Gli scarichi nei ricettori sono soggetti a limitazioni, entro i seguenti valori massimi ammissibili (ulim):

- a) per le aree A di cui al comma 3 dell'articolo 7: 10 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C di cui al comma 3 dell'articolo 7: 20 l/s per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Il Comune di Seriate, ricadendo in area B, è soggetto al limite massimo di portata specifica pari a 20 l/s per ettaro di superficie Si.

Classificazione degli interventi richiedenti misure di invarianza idraulica e modalità di calcolo

Il Regolamento sintetizza in una tabella (Tabella 1, art. 9) le classi di intervento in funzione del grado di significatività, e definisce le relative modalità di calcolo delle misure di invarianza.

Sono individuate 4 distinte classi di intervento:

- Classe 0 - impermeabilizzazione potenziale qualsiasi
- Classe 1 – impermeabilizzazione potenziale bassa
- Classe 2 – impermeabilizzazione potenziale media
- Classe 3 – impermeabilizzazione potenziale alta,

e 4 distinte modalità di calcolo, in funzione dell'ambito territoriale:

- Requisiti minimi art. 12, comma 1
- Requisiti minimi art. 12, comma 2
- Metodo delle sole piogge
- Procedura dettagliata.

La Tab. 1 è di seguito riportata.

CLASSE DI INTERVENTO	SUPERFICIE INTERESSATA DALL'INTERVENTO	COEFFICIENTE DEFLUSSO MEDIO PONDERALE	MODALITÀ DI CALCOLO		
			AMBITI TERRITORIALI (articolo 7)		
			Aree A, B	Aree 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		

Contenuti del progetto di invarianza idraulica

Il Regolamento fornisce in modo puntuale tutte le indicazioni per la redazione del progetto di invarianza idraulica, allegando anche schemi grafici ed esempi operativi.

In linea generale il progetto di invarianza idraulica è composto dalle seguenti fasi di calcolo:

- Definizione del tempo di ritorno di riferimento: generalmente pari a T=50 anni, o T=100 anni per la verifica dei franchi di sicurezza;
- Calcolo delle precipitazioni di progetto: in questo caso si richiama l'utilizzo dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica riportati da ARPA Lombardia;
- Calcolo del processo di infiltrazione: il progetto deve contenere l'analisi dei processi di interscambio tra suolo e sistema idrico sotterraneo, privilegiando, laddove possibile, soluzioni che prevedano l'infiltrazione nel sottosuolo piuttosto che lo scarico nei ricettori;

- Calcolo dell'idrogramma netto: la valutazione delle perdite idrologiche per il calcolo dell'idrogramma in ingresso all'opera di laminazione può essere effettuata anche in via semplificata adottando valori standard del coefficiente di deflusso ($C_d=1$ per superfici impermeabili, $C_d=0.7$ per superfici semipermeabili, $C_d=0.3$ per superfici permeabili), anche al fine di stimare il deflusso medio ponderale dell'intervento;
- Calcolo del volume di invaso per la laminazione delle acque pluviali: facendo riferimento ai richiami teorici forniti nell'Allegato G ed agli esempi di calcolo dell'Allegato H, si definisce il volume di invaso come valore massimo tra quello risultante dai calcoli e quello valutato come requisito minimo ai sensi dell'art. 12;
- Calcolo del tempo di svuotamento degli invasi di laminazione: il funzionamento dell'invaso di laminazione deve essere tale da rispettare i valori massimi ammissibili della portata scaricata nel ricettore ma deve anche essere tale da consentire lo svuotamento dell'invaso entro il termine massimo di 48 ore;
- Dimensionamento del sistema di scarico terminale nel ricettore: il progetto di invarianza idraulica deve chiarire anche il dimensionamento e le caratteristiche del sistema di scarico, nonché deve essere previsto un apposito piano di manutenzione del medesimo al fine di garantirne l'efficienza nel tempo.

Requisiti minimi delle misure di invarianza idraulica ed idrologica

Il Regolamento individua il requisito minimo di volume specifico dell'invaso di laminazione in funzione dell'ambito di criticità idraulica.

Tale requisito è applicato nel caso di interventi per cui la precedente Tabella 1 indica come metodo di calcolo il Requisito Minimo, nonché adottato per il confronto con i risultati dei calcoli con i metodi estesi (Metodo delle sole piogge o Procedura dettagliata).

I requisiti minimi previsti dal Regolamento sono i seguenti:

- a) per le aree A ad alta criticità idraulica di cui all'articolo 7: 800 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- b) per le aree B a media criticità idraulica di cui all'articolo 7: 500 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento;
- c) per le aree C a bassa criticità idraulica di cui all'articolo 7: 400 mc per ettaro di superficie scolante impermeabile dell'intervento.

Il Comune di Seriate, ricadendo in area B, è soggetto al requisito minimo di volume specifico dell'invaso pari a 500 mc per ettaro di superficie Si.