

CONSORZIO DI BONIFICA VENETO ORIENTALE

Portogruaro - San Donà di Piave (VE)

CITTA' METROPOLITANA DI VENEZIA

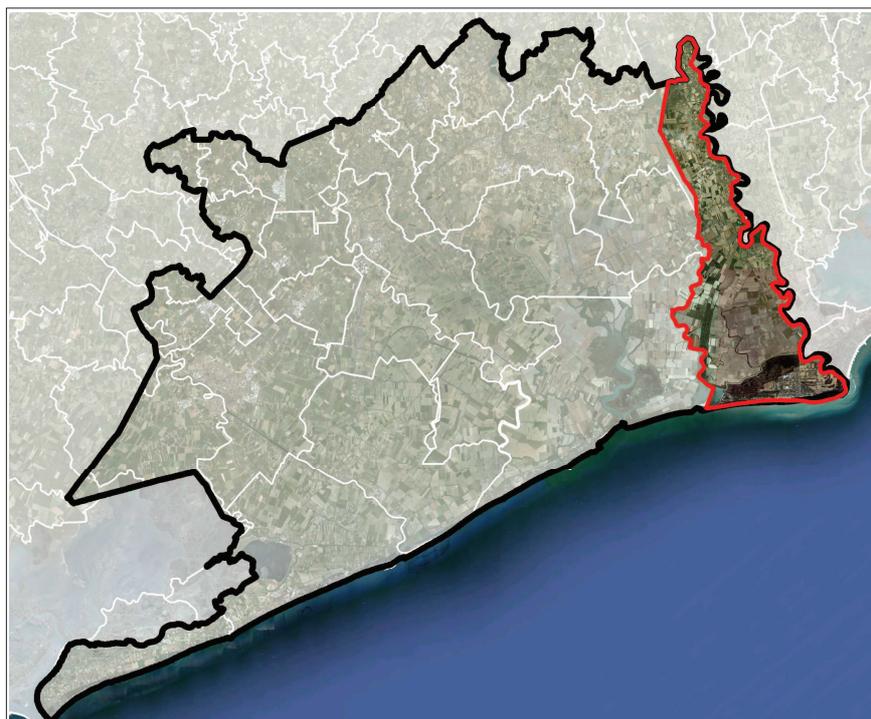
Comune di S. Michele al Tagliamento



PIANO REGOLATORE DELLE ACQUE

13A

**FOCUS CESAROLO:
RELAZIONE IDRAULICA E STIMA DEI COSTI**



Redattori

Dott. Ing. Sergio Grego

Dott. Agr. Graziano Paulon

Collaboratori

Dott. Ing. Ornella Oliva

Dott. Ing. Erika Grigoletto

Dott. for. Marco Cavallaro

Giugno 2020

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DEL BACINO	4
2.1	Introduzione	4
2.2	Inquadramento idraulico	5
2.3	L'abitato	7
2.3.1	Criticità idrauliche nell'area urbana	9
2.3.2	Via della Conciliazione	10
2.3.3	Via Manuzza.....	11
2.3.4	Via Sante del Sal e Via Matteotti	13
2.3.5	Via Forgiarini	13
3	INTERVENTI REALIZZATI NEGLI ANNI IN RISPOSTA ALLA CRITICITA'	15
3.1	Idrovora Sussidiario Cesarolo con scarico verso il Cavrato.....	15
3.2	Diversivo del canale Malamocco verso il collettore dei Terreni Medi e potenziamento idrovoro	16
4	ANALISI IDRAULICA DEL BACINO: METODO E CONDIZIONI.....	17
4.1	Schematizzazione della rete.....	17
4.2	Caratterizzazione dei sottobacini	20
4.2.1	Modello Afflussi-deflussi.....	20
4.3	Ietogramma di pioggia	24
4.3.1	Pluviometria di riferimento	24
4.3.2	Ietogramma Chicago	26
4.4	Condizioni al contorno dell'analisi.....	29
4.4.1	Condizioni contorno per il sistema Fossadello	29

4.4.2	Condizioni contorno per il sistema Terreni Medi	30
5	ANALISI DEI RISULTATI	35
5.1	Configurazione antecedente l'attivazione del diversivo	35
5.1.1	Evento pluviometrico con $Tr = 2$ anni	35
5.1.2	Evento pluviometrico con $Tr = 10$ anni	37
5.1.3	Evento pluviometrico con $Tr = 100$ anni	39
5.2	Configurazione a seguito dell'attivazione del diversivo	40
5.2.1	Evento pluviometrico con $Tr = 2$ anni	41
5.2.2	Evento pluviometrico $Tr = 10$ anni	44
5.2.3	Evento pluviometrico con $Tr = 100$ anni	45
5.3	Programma di adeguamento delle reti di drenaggio urbano	46
6	STIMA PRELIMINARE DEI COSTI	49
7	CASO STUDIO: EVENTO METEO DEL 18 SETTEMBRE 2016	50
7.1	Descrizione dell'evento	50
7.2	Funzionamento del sistema di bonifica durante l'evento	52
7.2.1	Nuovo impianto idrovoro Cesarolo: ricettore del centro urbano	52
7.2.2	Pre-esistente impianto Cesarolo: ricettore dei terreni bassi	54
7.3	Caso studio del 18 settembre 2016: considerazioni	55
8	CONCLUSIONI	56

1 PREMESSA

Il presente approfondimento riguarda l'analisi idraulica del sistema di collettamento delle acque meteoriche del bacino di Cesarolo. In particolare, come da obiettivo prioritario del Piano delle Acque di cui l'elaborato fa parte, l'analisi è focalizzata sulla risposta del sistema di drenaggio del centro urbano (fognatura + rete di bonifica) rispetto ad un evento meteorico di media o elevata intensità.

L'esigenza di dedicare un approfondimento a questa frazione nasce dal ripetersi di fenomeni di allagamento in ambito residenziale, verificatesi negli anni recenti in corrispondenza di eventi di carattere temporalesco. Con i lavori di potenziamento idrovoro conclusi nel 2013 è stato conferito un maggior livello di sicurezza idraulica al bacino. Affrontando nell'ambito del presente Piano il tema della sicurezza idraulica della frazione di Cesarolo, tuttavia, è stato necessario verificare se quanto realizzato fosse sufficiente a contrastare la storica criticità o se in alternativa quanto fatto andasse accompagnato ad un programma di interventi a medio termine sul sistema di prima raccolta in area urbana.

Per approfondire il tema è stato innanzitutto necessario acquisire sicurezza in merito alla struttura della rete idraulica urbana, approfondendo ove necessario le conoscenze messe a disposizione dall'Ente gestore del Servizio Idrico C.A.I.B.T. (ora Livenza Tagliamento Acque). Per questo motivo è stata avviata una campagna di rilievo topografico, per il completamento del quadro conoscitivo, l'acquisizione di quote di scorrimento, verifica dei diametri e dei collegamenti, analizzando anche alcuni nodi idraulici di particolari. I risultati sono riassunti nell'elaborato grafico Tav.13B ed hanno rappresentato la base per l'implementazione di un modello idraulico a moto vario che descrivesse il comportamento della rete urbana in diverse configurazioni e per diversi eventi, analizzando anche un caso specifico relativo ad un evento di Febbraio 2014.

Tutte le quote ed i livelli richiamati nella presente relazione fanno riferimento al sistema adottato dal Consorzio di Bonifica in cui viene assegnato valore 10.00 alla quota 0.00 m slm.

2 DESCRIZIONE DEL BACINO

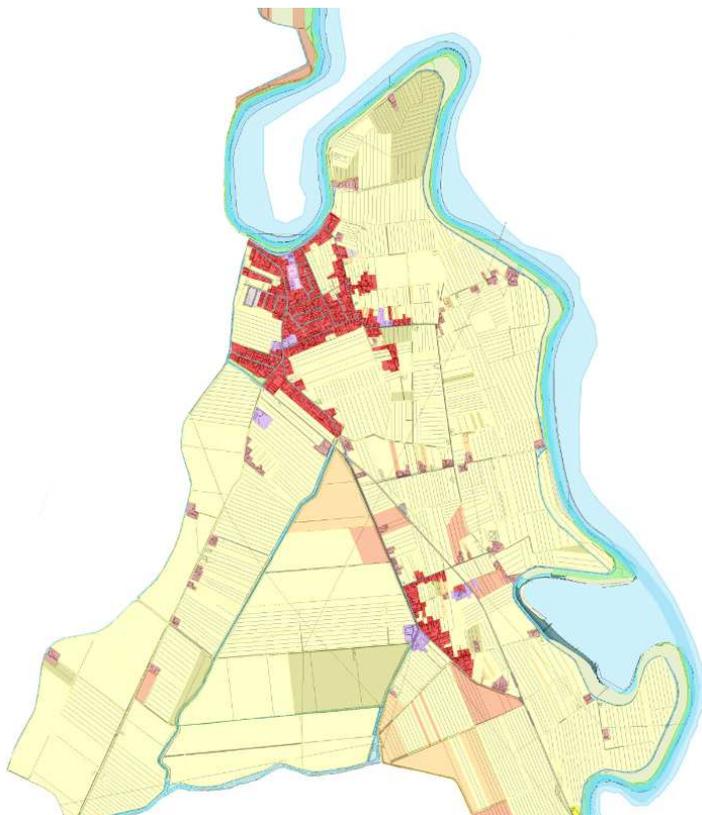
2.1 Introduzione

L'abitato di Cesarolo (frazione del Comune di San Michele al Tagliamento) ricade all'interno del Secondo Bacino, che con una superficie complessiva di 1'382 ha è delimitato a nord e ad est dall'argine destro del fiume Tagliamento, a sud dall'argine sinistro del canale Ghebbo dell'Argine e ad ovest dal canale Cavrato (scolmatore del fiume Tagliamento). Il bacino è costituito in gran parte da terreni a destinazione agricola ad eccezione della porzione più settentrionale in cui, sulla dorsale del fiume Tagliamento, si colloca il nucleo abitato.

L'analisi dell'uso del suolo, condotta sulla base delle analisi territoriale svolte contestualmente al P.A.T., mostra nel bacino in esame la netta predominanza dei territori ad uso agricolo, con i soli nuclei urbani di Cesarolo e Marinella (per un complessivo di circa 122 ha, pari all' 8,8 % del bacino in esame).



Fotopiano del Secondo Bacino

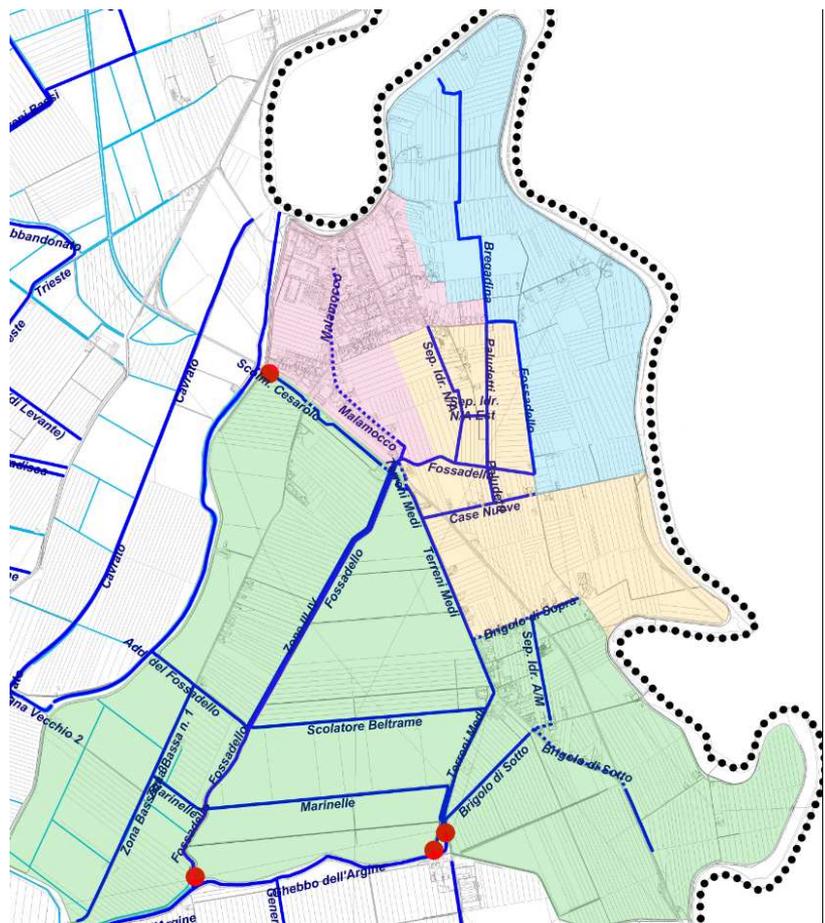


Estratto tav. 04: Uso del suolo bacino Cesarolo, in giallo le aree a destinazione agricola, in rosso le aree urbane

2.2 Inquadramento idraulico

Per una corretta comprensione del funzionamento idraulico dell'area è giusto analizzare il comportamento dei singoli comparti, così da porre le basi per l'analisi di dettaglio che segue. Dei 1.382 ha complessivi, 1.018 ha sono caratterizzati da prosciugamento meccanico e 363 ha da scolo alternato. Vanno innanzitutto individuati gli impianti di sollevamento a servizio dell'area:

- impianto principale Cesarolo: con potenzialità di 3300 + 1400(emergenza) l/s solleva le portate del canale Terreni Medi verso il Ghebbo dell'Argine. L'impianto è stato oggetto di recente potenziamento con installazione di due nuove pompe da 1.5 m³/s ciascuna, e predisposizione di alloggiamento futuro per una terza.
- impianto Fossadello: con potenzialità di 3x750 l/s
- impianto Cavrato: con potenzialità di 500 l/s e scarico nel Diversivo Cavrato



- bacino agricolo afferente Fossadello (terr. alti)
- bacino urbano drenato da can.Malamocco (terr.alti) storicamente afferente a Fossadello
- bacino agricolo afferente idr. Cesarolo (terr.medii)
- bacino agricolo afferente idr. Cesarolo (terr.bassi)

Schema sottobacini Cesarolo (Tav. 08)

 **Zona agricola nord-est e Bragadina:** l'ambito, identificato come "Terreni alti", è drenato dai canali consortili Bragadina e Fossadello. Da ponte della Pietra prosegue nel Fossadello arginato fino a raggiungere il Ghebbo dell'Argine con scarico naturale protetto da porte vinciane o impianto di sollevamento.

 **Zona urbana Cesarolo:** l'ambito urbano fa parte dei "terreni Alti" ed è drenato principalmente dal canale Malamocco, che si immette in Fossadello e prosegue arginato fino al Ghebbo dell'Argine. Data la progressiva urbanizzazione dell'area e la sofferenza idraulica che la caratterizzava, è stato realizzato negli anni '90 uno scatolare di collegamento sul sedime di Via Malamocco e sollevamento Cavrato. A fronte delle persistenti condizioni di insufficienza idraulica, con i lavori dell'anno 2013 l'area urbana è stata collegata al bacino dei terreni "Medi e Bassi", previa potenziamento dell'idrovora di Cesarolo.

 **Zona agricola dei terreni Medi e dei terreni Bassi,** afferente al Canale Terreni Medi in modo diretto a mezzo di botti a sifone sottopassanti il Fossadello, fino al sollevamento presso l'impianto principale di Cesarolo, di recente potenziamento.

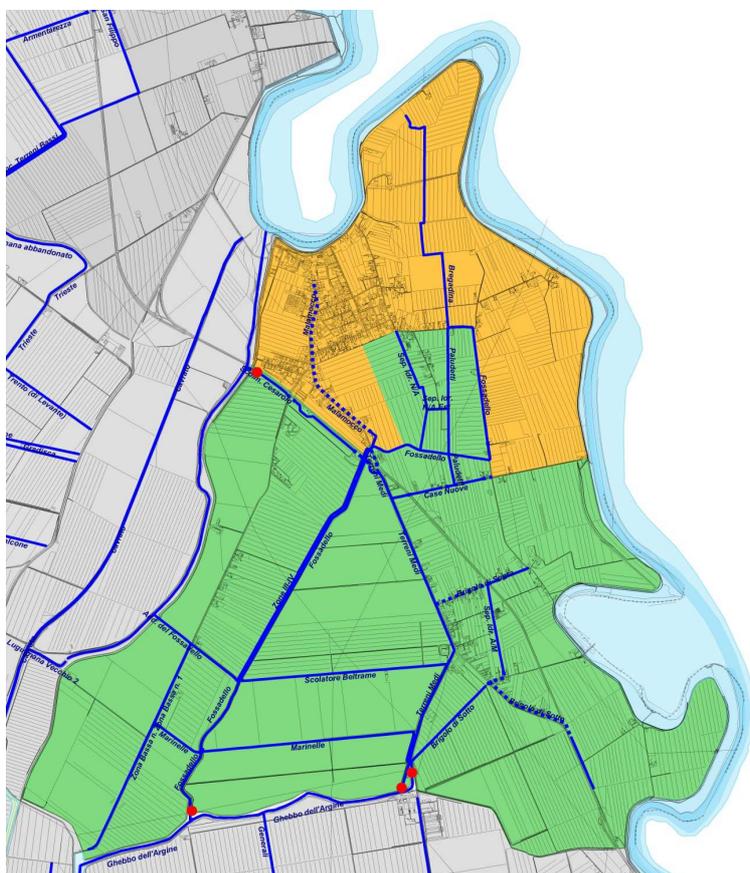
Lo schema idraulico antecedente alle opere di collegamento del 2013 può quindi essere così rappresentato:

LEGENDA

suddivisione bacini pre-intervento di collegamento e potenziamento

 **bacino afferente a Fossadello**

 **bacino afferente a Terreni Medi**



Schema idraulico antecedente lavori di collegamento anno 2013

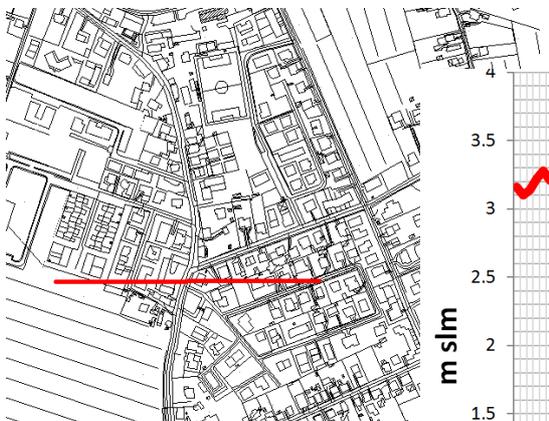
2.3 L'abitato

L'abitato di Cesarolo ricade all'interno delle c.d. zone "alte" del Secondo Bacino e ricopre una superficie complessiva di circa 100 ha caratterizzata da un modesto inurbamento. La rete fognaria, di tipo misto, risulta particolarmente articolata con la compresenza di linee realizzate in epoche diverse; le aste principali ripercorrono i tracciati dei collettori a cielo aperto:



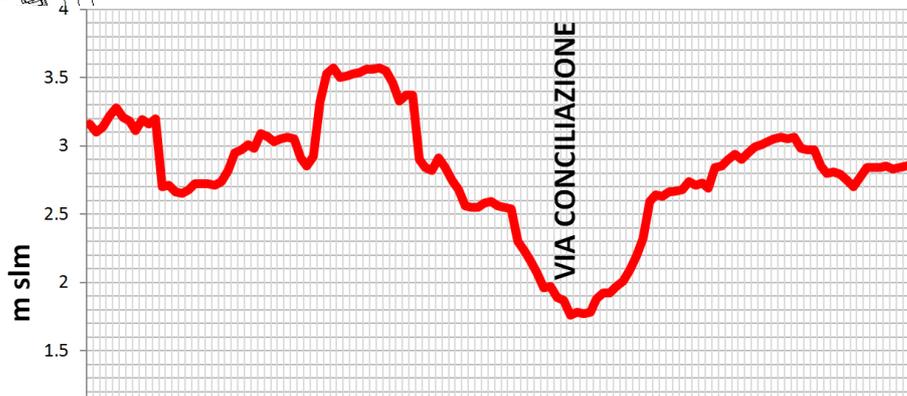
aperto: caso emblematico quello del canale di bonifica Malamocco, tombinato e coincidente oggi con il sedime di Via Conciliazione. Il punto di recapito delle acque meteoriche generate dall'abitato urbano è il canale Fossadello. Da un punto di vista idraulico il centro abitato è suddivisibile per quanto riguarda le portate di pioggia in due macro-bacini rendendo ipoteticamente possibile il tracciamento di una linea di demarcazione lungo via Forgiarini. Per la porzione occidentale del nucleo urbano il ricettore di riferimento è il canale Malamocco, che scorre tombinato sotto Via Conciliazione: è osservabile anche ad occhio nudo il dislivello altimetrico che segnala la confluenza delle vie laterali verso quest'asta stradale. Il sottobacino orientale del nucleo urbano, invece, afferisce principalmente al canale Fossadello in corrispondenza di Via Manuzza. I due sistemi sono connessi da una condotta del diametro di 1000 mm posta a sud dell'abitato

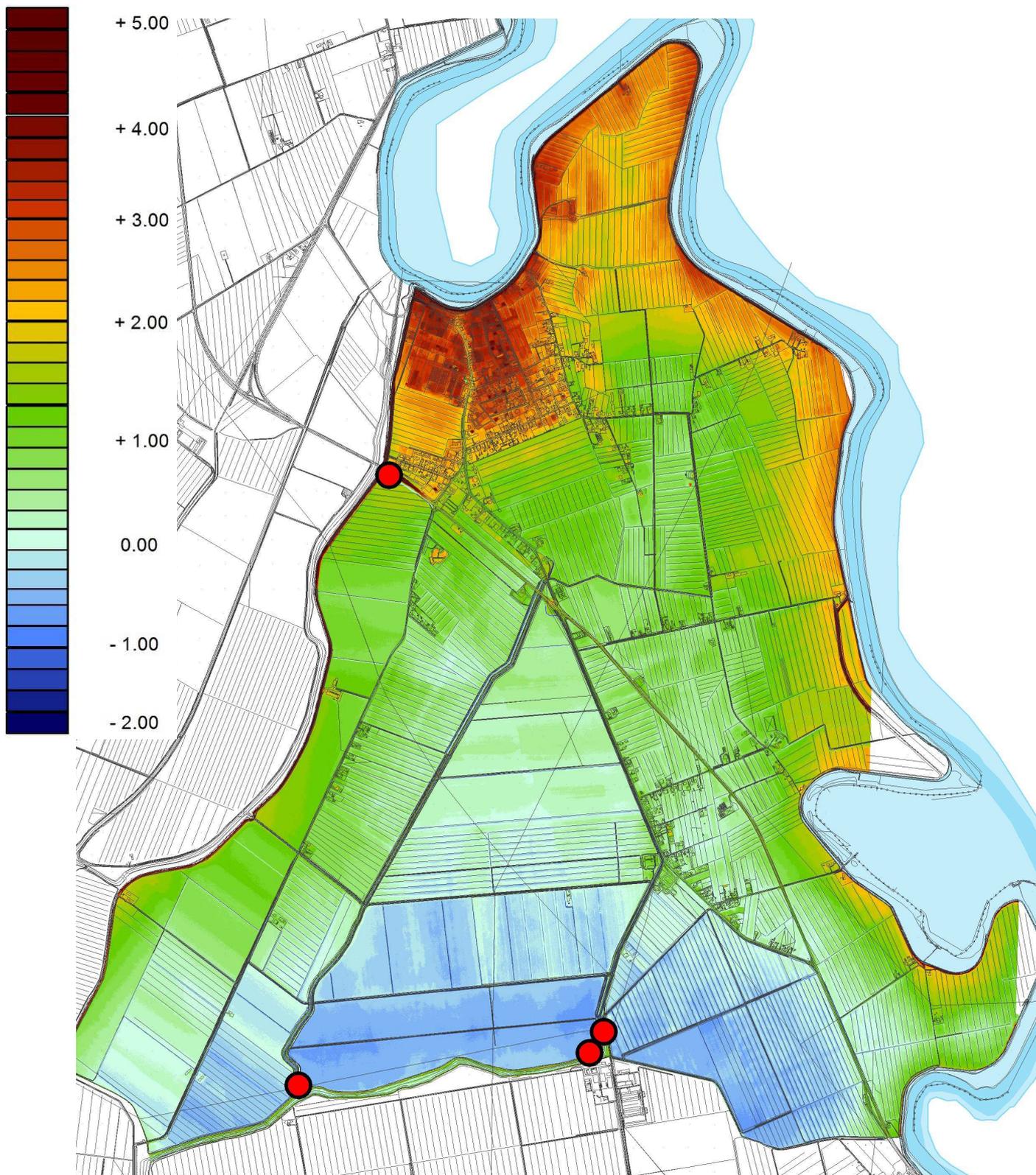
che lo attraversa da est ad ovest, ricevendo le acque di piena dalla rete a servizio di via Manuzza e collettandole verso il canale Malamocco. Immaginando di tracciare una sezione trasversale all'abitato, come di seguito schematizzato, sarebbe ben riconoscibile la traccia di Via Conciliazione, compluvio delle portate di pioggia dell'intero abitato, e pertanto



Sezione trasversale Cesarolo

coincidente con il collettore Malamocco tombinato.





Altimetria bacino Cesarolo,

Elaborazione ricavata da Modello Digitale del Terreno di proprietà del Ministero per l'Ambiente e la Tutela del Territorio e del Mare

2.3.1 Criticità idrauliche nell'area urbana

Nella frazione di Cesarolo ripetuti allagamenti sono stati registrati nell'area urbanizzata, in particolare lungo Via Conciliazione all'altezza dell'incrocio con Via Malamocco e nella zona nord-orientale corrispondente a Via Forgiarini – Manuzza e limitrofe. Come richiamato, l'area urbana corrisponde in realtà alla porzione altimetricamente più favorita del bacino di bonifica omonimo, tanto da essere tradizionalmente considerata “Terreni Alti” e collegata al sistema idraulico del Fossadello, con scarico alternato in dipendenza dalle condizioni di marea. Diverso è invece il comportamento idraulico dei comparti agricoli delle aree meridionali, che essendo caratterizzati da altimetrie più sfavorevoli sono stati storicamente collettati verso l'impianto idrovoro principale di Cesarolo. Il tombinamento del principale collettore del centro urbano e la crescente impermeabilizzazione dell'area hanno messo in evidenza il sottodimensionamento della rete di prima raccolta di Cesarolo: un corretto deflusso delle aree urbane verso il canale Fossadello necessiterebbe infatti di maggiori invasi diffusi per la gestione delle fasi più acute della piena in cui a fenomeni di carattere temporalesco si combinano tiranti sostenuti nel ricettore naturale.

Allagamenti Cesarolo 2011



In base agli eventi occorsi negli anni passati è stato possibile mappare le aree storicamente più esposte ad allagamenti identificandole lungo via della Conciliazione a monte dell'incrocio con via Malamocco, all'incrocio tra via Forgiarini e via Sante Sal e lungo via Manuzza prima dell'immissione nel Fossadello. Tali aree possono essere considerate solo come



gli ambiti in cui si rende manifesta un'insufficienza generalizzata dell'intero sistema di drenaggio dell'abitato: nelle fasi della piena in cui la rete fognaria funziona in pressione, infatti, si verificano sia fenomeni di rigurgito verso interrati non perfettamente isolati, sia fuoriuscite d'acqua nei punti più depressi del piano stradale: quest'ultimo aspetto si traduce in ruscellamenti superficiali che penalizzano naturalmente le aree più sfavorite come ad esempio Via Conciliazione, ma che denotano in realtà la criticità dell'intero abitato di Cesarolo.

Ambiti urbani maggiormente colpiti da allagamenti storici

Viene di seguito riportata una descrizione delle reti a servizio della zona urbana evidenziate nella fase di rilievo eseguita

ACCELERATORI DI FLUSSO SU VIA CONCILIAZIONE

Nella parte terminale del tombinamento Malamocco, appena a monte dell'immissione nel tratto a cielo aperto, è stato posato a seguito dei problemi di allagamento dell'abitato un acceleratore di flusso in linea, atto a conferire velocità cinetica alle portate del tombinamento Malamocco prima della sua immissione nel Fossadello. Si tratta di un mixer Flygt



modello P4660, che influenza il comportamento dell'intera rete di monte ponendo un limite superiore alla portata massima scaricabile a valle, identificabile con la capacità di portata propria di tale apparecchiatura idraulica stimata intorno ai 400 l/s. Nel sistema idraulico attuale, in cui lo scatolare di Via Malamocco è collegato alla bonifica, questo sistema perde di importanza; tuttavia è importante osservare come, nelle fasi antecedenti, questo nodo idraulico determinasse il comportamento dell'intero bacino a monte.

Flygt P4660 Mixer

Nell'ambito della modellazione idraulica della rete meteorica oggetto del presente studio, il funzionamento di tale apparecchiatura idraulica è stato simulato introducendo un valore di portata massima fissata pari alla sua potenzialità. Ciò è stato simulato con un restringimento DN300 in virtù dell'analogia idraulica relativa alle perdite di carico prodotte.

Con riferimento alla linea D250, va specificato che essa risponde alla previsione separazione delle reti fognarie, oggi non portata a termine. Al termine del centro abitato, in corrispondenza del pozzetto al cui interno è installato l'acceleratore di flusso, afferiscono alla condotta D250 le portate del canale Malamocco in tempo secco. A monte dell'acceleratore di flusso si attua infatti la separazione delle portate di magra dalle portate di piena per mezzo di un collegamento D250 collocato a fondo pozzetto.

2.3.3 Via Manuzza

La rete fognaria di Via Manuzza rappresenta la dorsale per le acque meteoriche generate dalla porzione orientale dell'abitato di Cesarolo. In essa si è riscontrata la presenza di due linee parallele:

- Condotta D600 con direzione nord – sud diretta al sollevamento Via Manuzza;
- Condotta a diametro crescente D400-D600–D800 con direzione nord – sud diretta anch'essa al sollevamento Via Manuzza;
- Condotta di diametro D700 per la parte finale, con immissione nel canale Fossadello lungo la sede stradale.

Il nodo idraulico corrispondente alla curva a gomito di Via Manuzza merita una trattazione particolare.

NODO IDRAULICO VIA MANUZZA

Al nodo idraulico, ubicato in corrispondenza della curva a gomito di Via Manuzza, pervengono le portate miste del sottobacino urbano di Cesarolo est. Di qui la porzione reflua viene sollevata con impianto di sollevamento di portata dell'ordine di 20 l/s e quindi rilanciata verso la linea mista di Via Matteotti (immissione nel pozzetto di incrocio Matteotti – Forgiarini) per proseguire a gravità verso il tombinamento Malamocco. Inizialmente questo collegamento – dedicato ai reflui e quindi di scarso interesse per la presente analisi – recapitava le portate sollevate nella parte più orientale di Via Matteotti e ciò impediva il corretto conferimento verso Via Conciliazione, a causa del profilo “a schiena d'asino” di Via Matteotti: la problematica di corto-circuitazione delle portate nere è stata comunque risolta da C.A.I.B.T.



Schema nodo idraulico Via Manuzza

Quel che è più interessante per l'analisi in oggetto, dedicata alle portate di pioggia, riguarda i possibili deflussi delle portate di supero: una rete D700 recapita nel canale Fossadello lungo Via Manuzza, mentre un D1000 scorre in campagna appena a sud di Via Matteotti e si immette nel tombinamento del canale Malamocco, collegando il bacino est ed il bacino ovest dell'abitato. È stata esclusa possibilità di collegamento con il collettore consortile Separatore N/A a mezzo di videoispezione condotta con la collaborazione dei tecnici C.A.I.B.T. (ora L.T.A.).



Verifica collegamento canale consortile Separatore N/A con rete fognaria Cesarolo: nessuna connessione (02/01/2014)

2.3.4 Via Sante del Sal e Via Matteotti

Via Sante del Sal e via Matteotti sono trasversali a via della Conciliazione e via Manuzza, fungendo da collegamento tra le due. I rilievi hanno confermato una livelletta di fondo con andamento “a schiena d’asino” avente vertice in corrispondenza dell’incrocio con via Forgiarini, la quale segna quindi di fatto l’asse della separazione ideale dell’abitato di Cesarolo in due differenti sottosistemi idraulici. Via Matteotti è percorsa per l’intero sviluppo da una condotta del diametro di 500 mm con pendenza verso via della Conciliazione nel tratto compreso tra la stessa e via Forgiarini e pendenza verso via Manuzza nel tratto che collega via Forgiarini con la stessa via Manuzza.

Analoga situazione è stata osservata in via Sante del Sal con la sola differenza che in corrispondenza dell’incrocio con via Forgiarini si osserva una disconnessione idraulica delle condotte, con una condotta del diametro di 500 mm verso via della Conciliazione e, separata, una condotta del diametro di 300 mm verso via Manuzza.

2.3.5 Via Forgiarini

Soggetta a ripetuti fenomeni di allagamento urbano esteso anche ai piani terra delle abitazioni, Via Forgiarini è caratterizzata da una dorsale di drenaggio con direzione nord-sud di diametro D500-D400, collegata a Via Matteotti proprio in corrispondenza della “schiena d’asino” della livelletta di fondo. In aggiunta a tale dorsale, una linea D800 è stata realizzata in occasione delle più recenti lottizzazioni: quest’ultima si immette nella linea principale di Via Sante del Sal con raccordo D250, strozzatura funzionale a favorire l’invaso in linea per gli ambiti di recente trasformazione.

Quanto descritto con riferimento alle reti fognarie principali a servizio dell’abitato di Cesarolo è riportato in forma grafica nella seguente immagine e più dettagliatamente nell’elaborato grafico Tav. 13B, raffigurante la rete principale implementata in fase di modellazione ed i recapiti della rete sul canale Fossadello e sul diversivo verso il collettore Terreni Medi.



Rete principale dell'abitato di Cesarolo, estratto tav. 13B

3 INTERVENTI REALIZZATI NEGLI ANNI IN RISPOSTA ALLA CRITICITA'

3.1 Idrovora Sussidiario Cesarolo con scarico verso il Cavrato

Un'analisi idraulica conseguente al manifestarsi della problematica idraulica descritta (*"Rete fognaria acque miste della frazione di Cesarolo"*, 1996) ha individuato come soluzione alle criticità idrauliche dell'abitato la realizzazione di un nuovo scarico in corrispondenza del Diversivo Cavrato a sud-ovest del centro urbano. Gli interventi realizzati nell'ambito di tale soluzione sono:

- la posa di uno scotolare delle dimensioni di 2,50x1,25m della lunghezza di circa 250 m sul sedime di via Malamocco (oggi utilizzato come collegamento tra la rete urbana e le nuove opere di bonifica di cui al paragrafo successivo);
- lo scavo di un canale verso il Diversivo Cavrato della lunghezza di 280 m lungo la S.P. 74;
- la realizzazione di un nuovo impianto di sollevamento, della capacità di circa 500 l/s, con scarico nel Diversivo Cavrato.

La soluzione così realizzata non ha tuttavia risolto i problemi idraulici dell'abitato. Per questo motivo è stato valutato il potenziamento di tale idrovora, ma la scelta, per ragioni tecniche ma anche ambientali in riferimento alla qualità delle portate scaricate, è stata quella di procedere diversamente, come illustrato al paragrafo successivo.



Impianto idrovora Sussidiario Cesarolo

Nell'ambito del presente studio, in ragione dello scarso utilizzo dell'impianto Cavrato, si è deciso cautelativamente di trascurarne l'effetto, limitato anche da alcune sue caratteristiche strutturali.

3.2 Diversivo del canale Malamocco verso il collettore dei Terreni Medi e potenziamento idrovoro

Le problematiche idrauliche evidenziate hanno suggerito una nuova strategia progettuale, finalizzata a svincolare le aree urbane – pur considerate *Terreni Alti* – dal livello idrometrico del Fossadello e collegarle invece alla bonifica propriamente detta, originariamente dedicata alle sole aree agricole più depresse. Tale soluzione, vantaggiosa poiché determinava per il collettore urbano un profilo di chiamata idraulica molto significativo grazie al notevole dislivello esistente tra il centro abitato e le campagna di Marinella, implicava chiaramente il potenziamento dell'idrovora esistente, originariamente posta a solo servizio dei comparti agricoli a sud del bacino e dell'abitato di Marinella.

L'intervento, conclusosi a fine del 2013, è stato strutturato in due stralci operativi. Il primo stralcio (2010-2011) ha portato all'escavo di un nuovo canale di collegamento tra l'abitato di Cesarolo e la rete idraulica di bonifica lungo la Strada Provinciale 74, comprensivo di botte a sifone sottopassante il Fossadello.

Lavori escavo canale di collegamento a Terreni Medi



Tale collettore, alimentato dallo scatolare di Via Malamocco posato negli anni '90, consente il collegamento dell'abitato al canale Terreni Medi, svincolando il centro dal sistema di deflusso afferente a Fossadello.

Per la corretta gestione dei nuovi apporti idraulici verso le aree più depresse, con il secondo stralcio operativo è stato potenziato l'impianto idrovoro principale del Secondo Bacino, che solleva le acque del collettore dei Terreni Medi verso il Ghebbo dell'Argine.

Il nuovo impianto, limitrofo all'esistente e con esso collaborante, è dotato di due elettropompe sommerse con portata complessiva di $3,0\text{m}^3/\text{s}$, con predisposizione per ulteriori $1,5\text{m}^3/\text{s}$.



Fasi di installazione tubo contenitore elettropompa nuovo impianto

4 ANALISI IDRAULICA DEL BACINO: METODO E CONDIZIONI

Nel presente capitolo è descritta l'analisi idrologico-idraulica svolta al fine di definire le criticità che storicamente hanno caratterizzato l'abitato di Cesarolo. Tale analisi è stata condotta con un modello di simulazione monodimensionale idrologico-idraulica all'interno del quale sono state inserite le caratteristiche geometriche (livellette, diametri, ecc) della rete di fognatura dedotte da rilievi topografici eseguiti nell'ambito del presente studio ed i dati pluviometrici dell'area in esame: è stato dapprima valutato il comportamento della rete e delle diverse aree servite da essa in relazione ad eventi meteorologici di modesta entità, caratterizzati cioè da un $Tr = 2$ anni, trovando conferma in merito alle criticità riscontrate negli anni recenti. L'analisi è stata eseguita anche con riferimento ad eventi di maggiore entità, caratterizzati cioè da $Tr = 10$ e 100 anni, evidenziando ulteriormente le criticità precedentemente riscontrate ed individuandone altresì di nuove.

Sulla scorta di quanto osservato nelle pagine precedenti sono state valutate due diverse configurazioni di funzionamento della rete meteorica in relazione all'attivazione o meno del diversivo del canale Malamocco verso il collettore dei Terreni Medi, avvenuto a seguito del collaudo delle opere di cui al par. 3.2.

4.1 Schematizzazione della rete

L'area oggetto di studio, come da obiettivi del presente Piano dedicato alla rete idraulica locale, è limitata alla porzione del centro abitato di Cesarolo: tuttavia per completezza la rete implementata nel modello riproduce anche l'andamento plano-altimetrico dei collettori di valle, Fossadello e Terreni Medi, fino ai rispettivi impianti di sollevamento verso il Ghebbo dell'Argine.

Per determinare il comportamento della rete è stato implementato un modello con l'ausilio dei rilievi effettuati nell'ambito del presente studio utilizzando 155 tronchi e 145 nodi; l'area è stata suddivisa in 109 sottobacini affini dal punto di vista morfologico che discretizzano l'area di studio.

Nelle verifiche eseguite è stato dapprima simulato l'evento meteorico con tempo di ritorno pari a 2 anni con lo scopo di mettere in evidenza il funzionamento della rete in condizioni poco più che ordinarie, in occasione delle quali si sono storicamente verificati allagamenti del centro abitato. Successivamente sono stati considerati eventi pluviometrici con $Tr = 10$ e 100 anni al fine di determinare il limite superiore della capacità di portata dei singoli elementi costituenti la rete.

Con particolare riferimento al collettore dei Terreni Medi sono stati considerati anche i contributi degli affluenti di valle riproducendo nel modello di calcolo i sottobacini ad esso afferenti. Di seguito sono rappresentati i tracciati delle reti meteoriche implementate nel modello e la suddivisione in sottobacini dell'area di studio.



Schematizzazione della rete sul modello



Schematizzazione dei sottobacini sul modello

4.2 Caratterizzazione dei sottobacini

La percentuale di infiltrazione delle aree che compongono un bacino idraulico determina la parte di volumi meteorici che concorrono alla formazione dei deflussi superficiali verso la rete di raccolta (caditoie, canali, fossi e condotte).

Sulla base delle caratteristiche morfologiche dei vari sottobacini idraulici definiti ai fini della modellazione descritta nei paragrafi successivi, è stato associato un particolare coefficiente di deflusso ad ogni tipologia di terreno, da quello maggiormente infiltrante (aree agricole, aree verdi, ecc) a quello più impermeabile (strade, piazze e coperture).

4.2.1 Modello Afflussi-deflussi

Per stimare l'idrogramma di piena, ovvero la successione cronologica dei valori di portata lungo l'asta dei collettori esistenti, a partire dalla precipitazione di progetto, si è utilizzato un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

Data la complessità dei fenomeni fisici che caratterizzano la trasformazione delle precipitazioni incidenti in un determinato bacino idrografico in deflussi è infatti necessario l'utilizzo di modelli matematici che introducano semplificazioni sia relativamente alle leggi che governano le varie fasi del processo sia relativamente alla rappresentazione geomorfologica ed idrografica del bacino stesso.

Per meglio comprendere il modello afflussi-deflussi utilizzato, occorre descrivere sinteticamente i processi che avvengono all'interno del bacino quando si verifica su di esso un evento di precipitazione di una certa entità. Quando l'acqua meteorica raggiunge il terreno (dopo un eventuale processo di intercettazione da parte della vegetazione) parte di essa evapora e ritorna nell'atmosfera; tale processo risulta però trascurabile nel caso di precipitazioni intense di breve durata, quali quelle che generano gli eventi critici che caratterizzano le aree interessate dallo studio. Della porzione che raggiunge effettivamente il terreno, una parte viene immagazzinata sulla superficie, una parte si infiltra, mentre la parte rimanente defluisce sulla superficie. La frazione di precipitazione che non defluisce superficialmente può rimanere immagazzinata localmente o infiltrarsi e ricaricare la falda. Le modalità con cui avviene la separazione della quantità di precipitazione che defluisce sulla superficie dalla precipitazione totale dipende da molteplici fattori, quali i caratteri fisici del terreno, la sua geologia ed esposizione, il suo stato all'inizio dell'evento. Dal punto di vista della schematizzazione del fenomeno, si possono ipotizzare due meccanismi con cui operare la separazione dei deflussi:

- Meccanismo di Dunne: la saturazione avviene per progressivo esaurimento del volume invasabile localmente nello strato collaborante di terreno. A saturazione avvenuta non è possibile più alcuna infiltrazione e la precipitazione successiva defluisce interamente sulla superficie.
- Meccanismo di Horton: la saturazione avviene superficialmente, quando l'intensità della precipitazione eccede la capacità di infiltrazione nel terreno. Tale capacità di infiltrazione è funzione del tempo. Essa è massima all'istante iniziale

e tende asintoticamente ad un valore costante.

La capacità di invaso idrico superficiale del suolo, detta anche “storage” superficiale, è la capacità di immagazzinamento temporaneo di acqua piovana o di irrigazione nelle depressioni locali e nel reticolo di assolcature o irregolarità della superficie. Nelle condizioni tipiche di eventi idrologici di bassa e media magnitudine essa contribuisce in modo non trascurabile alla riduzione dei volumi di deflusso e parallelamente ad aumentare la capacità di infiltrazione. In pianura, o comunque in condizioni di superfici con gradiente di pendenza inferiore al 2%, gli effetti legati all’invaso superficiale risultano amplificati. Il fatto di tenere conto di questa componente ha una grossa influenza nella modellistica idrologica, soprattutto per quanto riguarda la correttezza della stima del deflusso superficiale effettivo. Un metodo molto efficace nell’evidenziare gli effetti dello “storage” superficiale è il modello *SCS Curve Number (United States Department of Agriculture – Soil Conservation Service, 1986)*.

Il metodo ipotizza che, all’inizio dell’evento, un volume V_0 sia richiesto per saturare il terreno e che esso non partecipi dunque al deflusso superficiale. Una volta che questa capacità del terreno è stata esaurita, una parte della precipitazione seguente si infiltra, secondo il paradigma *hortiano*, mentre la restante contribuisce al deflusso superficiale.

Detto V_i il volume che si infiltra dal raggiungimento della saturazione sino all’istante generico considerato, si suppone che il rapporto tra V_i ed il volume massimo S che, in funzione delle caratteristiche fisiche e geologiche del bacino, può infiltrarsi sia uguale al rapporto tra il volume di pioggia efficace P_e ed il volume massimo che potenzialmente può defluire, $(P-V_0)$:

$$\frac{V_i}{S} = \frac{P_e}{P - V_0}$$

Utilizzando l’equazione di continuità:

$$P = P_e + V_0 + V_i$$

si può esplicitare V_i rispetto agli altri parametri e, sostituendolo nella prima relazione, ottenere la relazione di deflusso del metodo SCS:

$$P_e = \frac{(P - V_0)^2}{P - V_0 + S}$$

Il parametro V_0 interpreta le condizioni del bacino all’inizio dell’evento e dipende dall’altezza di precipitazione nei cinque giorni precedenti. Lo stato iniziale del bacino può essere classificato come secco (condizione I), umido (condizione II) o saturo (condizione III), e sulla base di questa ipotesi si determina V_0 .

Classe AMC	Pioggia totale nei 5 gg precedenti l'evento	
	Stagione di riposo vegetativo	Stagione di crescita
I	< 13 mm	< 36 mm
II	13mm – 28 mm	36 mm – 53 mm
III	> 28 mm	> 53 mm

Nella presente applicazione si è fatto riferimento alla condizione II. Infatti, ipotizzare un terreno inizialmente secco (condizione I) può portare a sovrastimare dei volumi di invaso disponibili, sottostimando conseguentemente i deflussi effettivi. Peraltro un suolo anche libero da costruzioni, ma inizialmente già molto imbibito (condizione III) ha un comportamento molto simile a quello di un terreno urbanizzato, in quanto le capacità di invaso e di infiltrazione residue risultano ormai pressoché nulle. In condizioni iniziali di tipo II la letteratura suggerisce di assumere:

$$V_0 = 0.2S$$

In queste ipotesi, pertanto, il volume efficace P_e dipende unicamente dalla massima capacità di infiltrazione S , calcolabile con la relazione empirica:

$$S = \frac{25400}{CN} - 254$$

nella quale il parametro CN, detto *Curve Number*, è un parametro adimensionale, variabile da 1 a 100, funzione delle caratteristiche geopedologiche del bacino, della destinazione d'uso dei terreni e delle loro condizioni iniziali di umidità. Esso esprime le condizioni idrologiche del suolo al momento dell'inizio della pioggia. Tutte le relazioni fin qui descritte esprimono i volumi d'acqua, ovvero le quantità P , P_e , V_0 , V_i ed S in mm di velo liquido. Il metodo ha evidentemente un carattere misto dunniano-hortoniano, poiché considera sia un volume iniziale di saturazione che un limite alla capacità di infiltrazione del suolo e consente il calcolo della precipitazione effettiva cumulata in funzione della precipitazione totale cumulata P . Il metodo SCS fa riferimento ad una distinzione delle caratteristiche di permeabilità del terreno organizzata in quattro classi riportate nella tabella seguente.

Il metodo adottato modella anche la risposta del territorio all'evento meteorico in funzione della sua copertura vegetale. Individuato pertanto il tipo di terreno presente in sito, sono disponibili delle tabelle che consentono di determinare il Curve Number in funzione del tipo di copertura del suolo.

Gruppo	Descrizione
A	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.

B	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde molto permeabili
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Scarsa capacità di infiltrazione a saturazione
D	Permeabilità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza della superficie

Classificazioni delle condizioni di permeabilità del terreno nel metodo SCS

CN (in stato II)	Tipo di suolo			
	A	B	C	D
Copertura vegetale				
Pascolo in cattive / discrete / buone condizioni	68/49/30	79/69/61	86/79/74	89/84/80
Prato protetto dal pascolo e soggetto a fienagione	<30	58	71	78
Sterpaglia in cattive / discrete / buone condizioni	48/35/30	67/56/48	77/70/65	83/77/73
Bosco in cattive / discrete / buone condizioni	45/36/25	66/60/55	77/73/70	83/79/77
Aree industriali impermeabilità 72%	81	88	91	93
Aree residenziali con impermeabilità media pari a 65% / 40% / 20%	77/57/51	85/72/68	90/81/79	92/86/84
Suolo coltivato con trattamenti di conservazione / senza trattamenti	72/62	81/71	88/78	91/81
Strada rivestita	74	84	90	92

Curve Number in base alle caratteristiche di permeabilità del suolo

Per l'abitato di Cesarolo sono stati considerati i terreni del tipo "B".

4.3 Ietogramma di pioggia

Fissato il tempo di ritorno della precipitazione (Tr 2, 10 e 100 anni) è stato necessario definire il parametro relativo alla durata dell'evento critico per il bacino in esame. Maggiore è il tempo di pioggia, infatti, maggiore è il volume d'acqua defluito, ma minore è l'intensità della precipitazione. In linea generale, il tempo di precipitazione critico per il sistema di smaltimento delle acque coincide col tempo di corrivazione del sistema stesso, ovvero con il tempo che impiega l'acqua per arrivare al recapito, partendo dal punto idraulicamente più distante.

Tale fattore può essere stimato sulla base delle caratteristiche morfologiche e dimensionali del bacino di Cesarolo, considerato nel suo complesso fino agli impianti di sollevamento consortili, in 2 ore. La scelta dello ietogramma Chicago, in ogni caso, diminuisce notevolmente l'incidenza della durata dell'evento di progetto (par. 4.3.2), avvicinandosi per definizione alla curva di involucro dei massimi di pioggia al variare della durata.

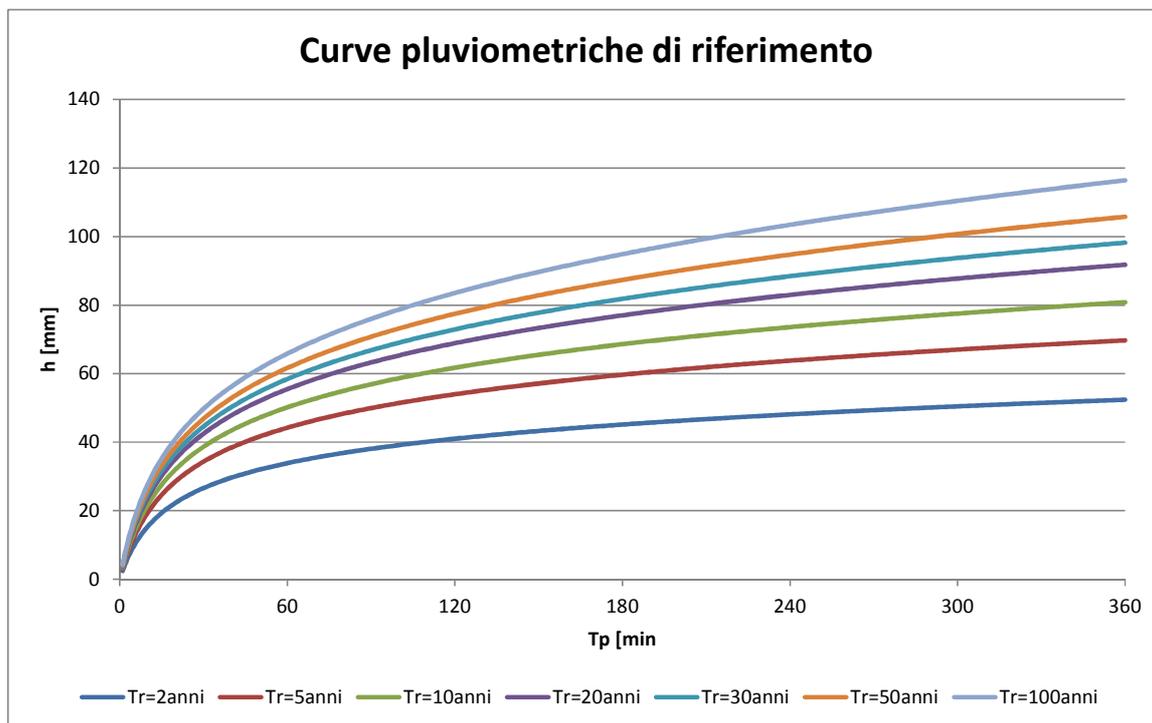
4.3.1 Pluviometria di riferimento

Le curve pluviometriche di riferimento sono state ricavate *all'Analisi regionalizzata delle Precipitazioni condotta dal Consorzio di Bonifica Veneto Orientale* con la collaborazione di Unione Veneta Bonifica nell'anno 2011. Tali curve sono state ricavate ricorrendo alla formulazione a tre parametri, secondo cui l'altezza di pioggia è pari a:

$$h = \frac{a \cdot t}{(t + b)^c}$$

con valori dei parametri a, b e c variabili in relazione al tempo di ritorno dell'evento considerato. In relazione al tempo di ritorno considerato sono stati ricavati i seguenti valori:

Tr	a	b	c
2	18.5	10.8	0.819
5	23.8	11.8	0.813
10	25.4	11.7	0.799
20	25.9	11.3	0.781
30	25.8	10.9	0.769
50	25.4	10.4	0.754
100	24.5	9.6	0.732



Nell'ambito della simulazione eseguita sono stati considerati i seguenti eventi pluviometrici:

$$h_{pioggia} = 41,0 \text{ mm in 2 ore} \rightarrow \text{Tr} = 2 \text{ anni}$$

$$h_{pioggia} = 61,7 \text{ mm in 2 ore} \rightarrow \text{Tr} = 10 \text{ anni}$$

$$h_{pioggia} = 83,5 \text{ mm in 2 ore} \rightarrow \text{Tr} = 100 \text{ anni}$$

Le simulazioni del comportamento idraulico del sistema di collettamento sono state eseguite mediante il software di modellazione idrologica *EPA-SWMM* il quale, adottando per la stima degli igrogrammi il modello di trasformazione afflussi-deflussi, ha determinato la risposta dei diversi sistemi di collettamento in relazione alle caratteristiche della rete, permettendo così di ottenere il comportamento della stessa in occasione degli eventi pluviometrici analizzati.

4.3.2 Ietogramma Chicago

Il modello afflussi-deflussi, utilizzato per ricavare gli idrogrammi di piena si basa sulla simulazione di un evento di piena conseguente ad una precipitazione valutata come la più pericolosa tra quelle aventi un dato tempo di ritorno.

La variazione dell'intensità di pioggia nel tempo, durante un evento piovoso prende il nome di "ietogramma di pioggia", mentre per "ietogramma di progetto" si intende un evento pluviometrico generato sinteticamente con l'obiettivo di pervenire ad un corretto dimensionamento delle opere. Esso è in genere dedotto da analisi statistiche sulla base di osservazioni pluviometriche e ad esso è associato un tempo di ritorno T_r . Si possono distinguere i seguenti tipi di ietogramma:

- ietogramma costante: sicuramente il più diffuso, è dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica con l'ipotesi che l'andamento temporale dell'intensità di pioggia sia costante in tutta la sua durata. Per la sua definizione è necessario quindi specificare la durata dell'evento, che in genere prende il nome di "durata critica". In fase progettuale normalmente si conducono vari tentativi con durate differenti, fino ad individuare quella che dà luogo al massimo valore della grandezza di interesse. Tuttavia tale ietogramma, poiché da un lato considera soltanto la parte critica della precipitazione, ignorando parte dell'altezza complessiva della pioggia, e dall'altro trascura completamente l'effetto dei picchi d'intensità, tende a sottostimare gli effetti della pioggia in termini sia di volumi di deflusso sia di portate di punta;
- ietogramma triangolare: concepito per introdurre l'effetto di picco (trascurato dallo ietogramma rettangolare), è caratterizzato da un'intensità media pari a quella ricavabile dalla curva pluviometrica per la stessa durata, da un'intensità di punta pari al doppio dell'intensità media e da un rapporto tra istante del picco e durata dell'evento stimato in base agli eventi storici. Tuttavia anche lo ietogramma triangolare sottostima l'altezza complessiva dell'evento esattamente come quello rettangolare;
- ietogramma Chicago: è il più utilizzato per il dimensionamento delle reti scolanti in quanto permette di simulare eventi meteorici intensi e concentrati. La principale caratteristica di questo tipo di ietogramma consiste nel fatto che per ogni durata, anche parziale, l'intensità media della precipitazione del suddetto ietogramma è congruente con quella definita dalla curva di possibilità pluviometrica. Inoltre, lo ietogramma Chicago presenta il vantaggio di essere poco sensibile alla variazione della durata di base; infatti, la parte centrale dello ietogramma rimane la stessa per durate progressivamente maggiori, aggiungendosi solo due "code" all'inizio ed alla fine dell'evento. A differenza dei precedenti istogrammi, il Chicago, pur essendo dedotto dalle curve di possibilità pluviometrica, risente solo in minima parte della sottostima dei volumi insita nel procedimento di definizione delle curve stesse, a patto che la durata complessiva dell'evento sia sufficientemente lunga.

Per valutare il funzionamento della rete al variare del tempo di ritorno è stato utilizzato lo ietogramma Chicago. Tale assunzione deriva dal fatto che il picco di intensità della perturbazione studiata si presenta ad avvenuta imbibizione del

terreno, massimizzando dunque la percentuale di acqua che viene raccolta dalla rete di sgrondo. Noti l'istante di picco e la durata dell'evento l'andamento dello ietogramma può essere calcolato mediante le seguenti relazioni:

$$j(t) = a n \left(\frac{t_p - t}{r} \right)^{n-1}$$

prima dell'istante di picco

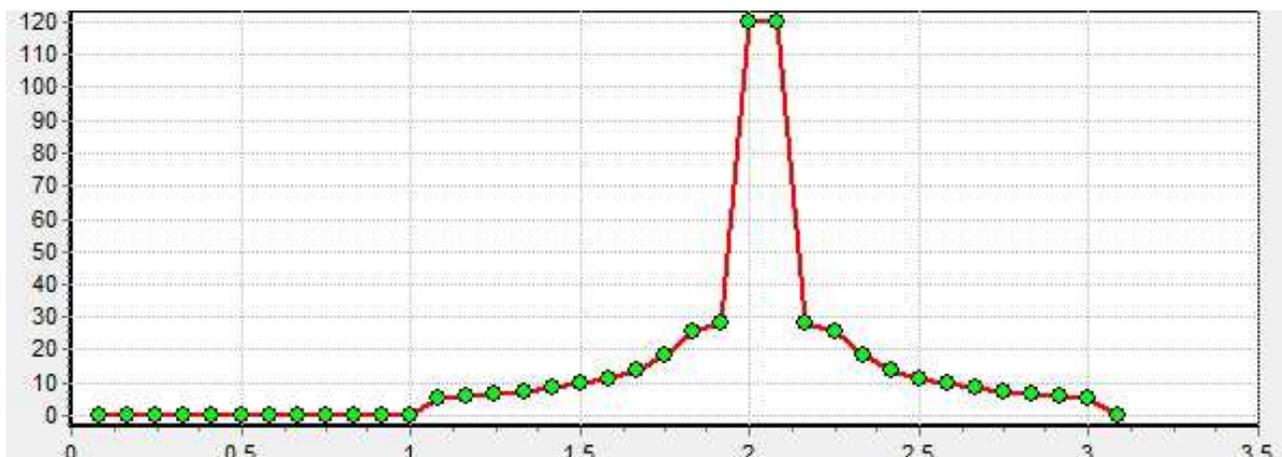
$$j(t) = a n \left(\frac{t - t_p}{1 - r} \right)^{n-1}$$

dopo l'istante di picco

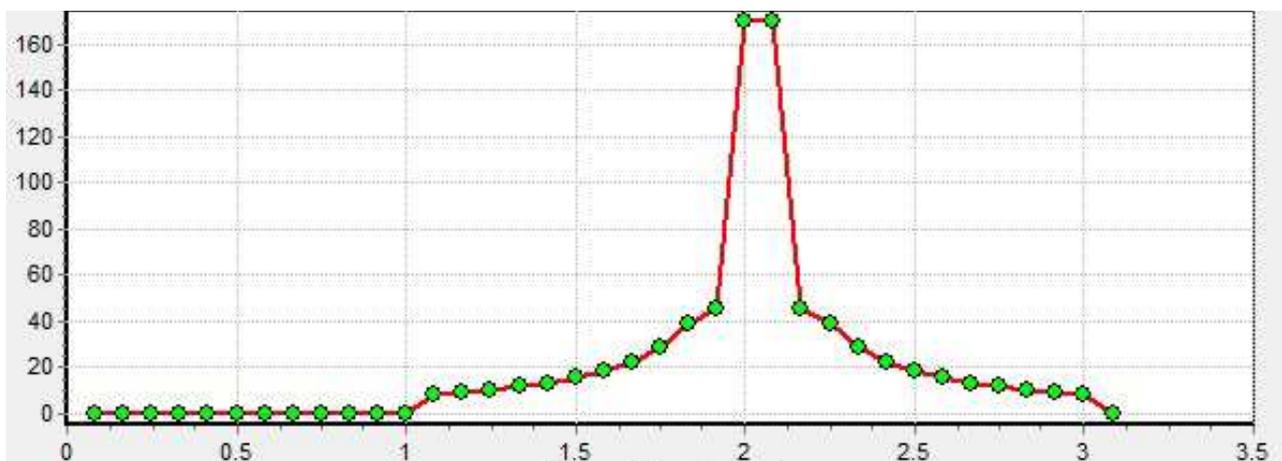
dove t_p è il tempo di picco, r indica il rapporto tra il tempo di picco e la durata totale dell'evento, mentre a e n sono i parametri delle curve pluviometriche.

Relativamente agli eventi considerati, caratterizzati da tempi di ritorno di 2, 10 e 100 anni, gli ietogrammi che sollecitano il sistema implementato nel modello hanno l'andamento evidenziato nelle figure seguenti.

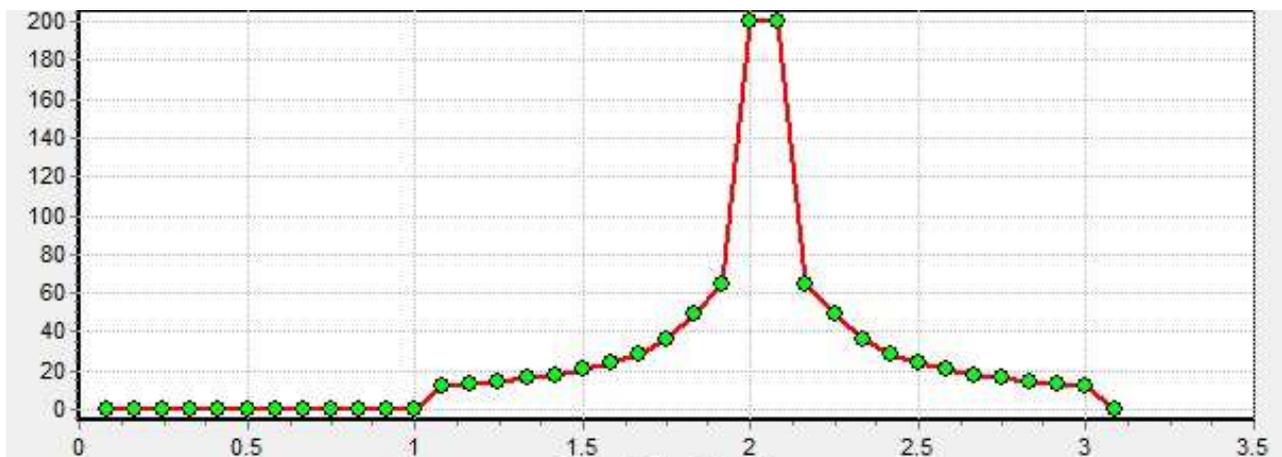
Tr = 2 anni:



Tr = 10 anni:



Tr = 100 anni:



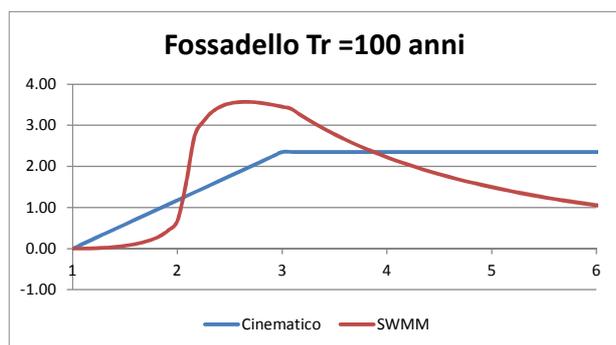
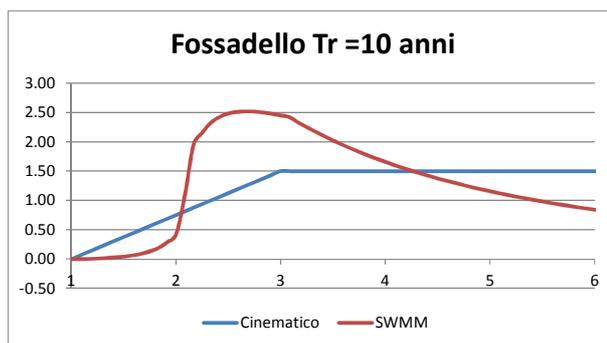
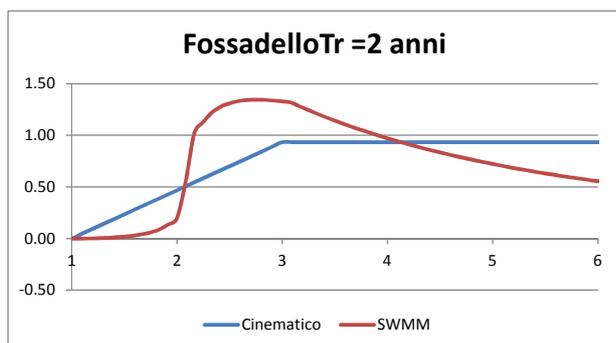
Intensità di pioggia per diversi tempi di ritorno; tempo di pioggia fissato pari a 2 ore (tempo in ore, intensità di pioggia in mm/ora)

4.4 Condizioni al contorno dell'analisi

Le condizioni al contorno imposte in fase di modellazione riproducono le condizioni di esercizio degli impianti di sollevamento presenti alla confluenza del canale Fossadello e del collettore dei Terreni Medi con il canale Ghebbo dell'Argine. Inoltre, ricordando che l'analisi è volta allo studio del comportamento del bacino urbano, è necessario in ogni caso simulare i contributi di portata generati dagli ambiti agricoli che si immettono nel medesimo sistema idraulico.

4.4.1 Condizioni contorno per il sistema Fossadello

La zona agricola ubicata a nord-est dell'abitato di Cesarolo, per un'estensione di 363ha, si immette nel sistema idraulico delle "zone Alte" afferente al Fossadello. Tale contributo va dunque stimato e poi immesso nella simulazione come aumento di portata puntuale. La stima di questo contributo è stata valutata in prima approssimazione con metodo cinematico e di seguito inserendo l'area nel modello idrologico secondo i criteri sopra richiamati.



Contributi di portata generati da ambiti agricoli non oggetto dell'analisi ma afferenti al medesimo sistema idraulico Fossadello

La differenza tra l'idrogramma ricavato con il metodo cinematico e quello generato dal modello Epa SWMM deriva dall'aver considerato in fase di simulazione lo ietogramma Chicago, caratterizzato da un andamento dell'intensità della precipitazione variabile con il picco di intensità a metà perturbazione. Tale condizione comporta che in una prima fase

della perturbazione l'idrogramma generato con SWMM si mantenga al di sotto dell'idrogramma ricavato con il metodo cinematico. Successivamente, all'aumentare dell'intensità della precipitazione, l'andamento dell'idrogramma generato con SWMM cresce in modo più che proporzionale superando la curva relativa al metodo cinematico per poi cominciare decrescere al termine della perturbazione. Nella fase di taratura dei parametri che definiscono il comportamento dei sottobacini implementati nel modello si è prestata attenzione quindi nell'uguagliare il volume che defluisce dal bacino considerato rispetto alle risultanze del metodo cinematico.

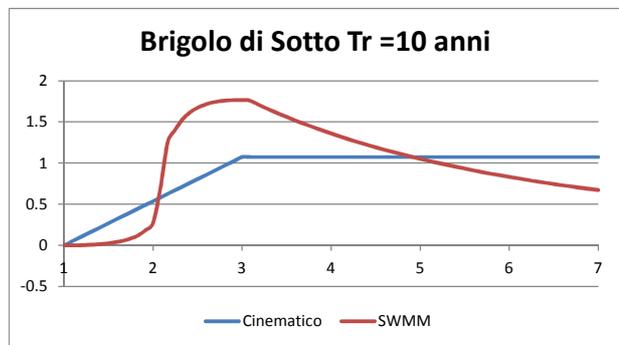
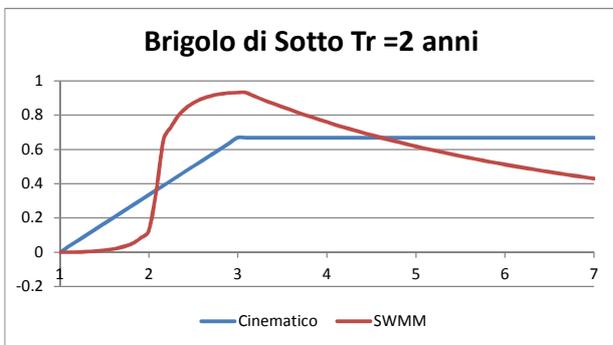
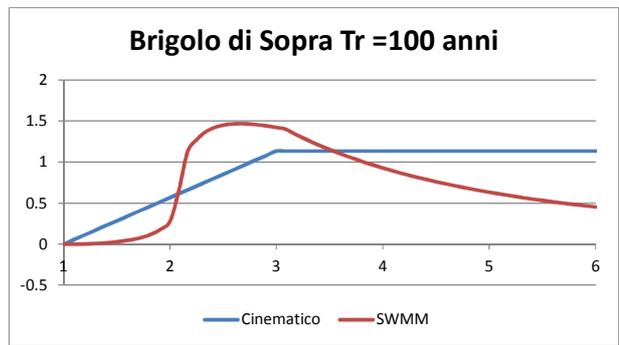
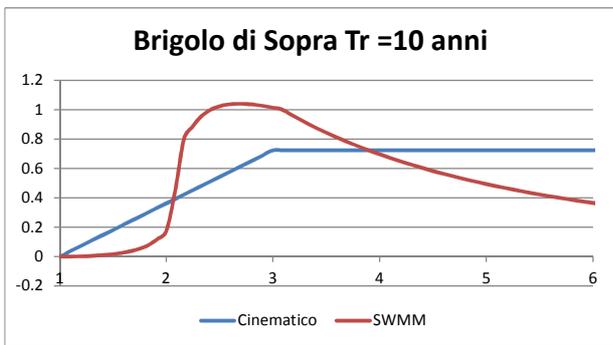
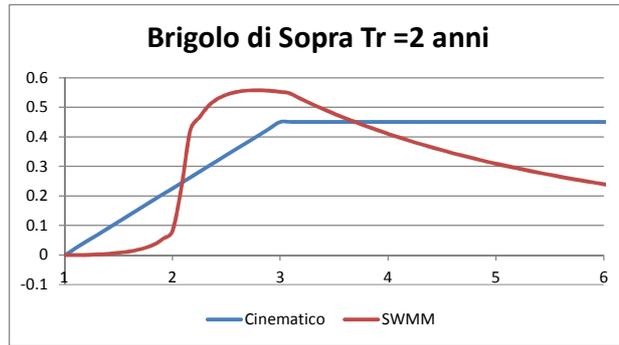
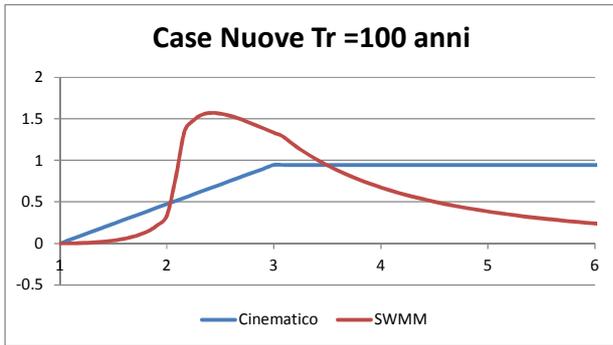
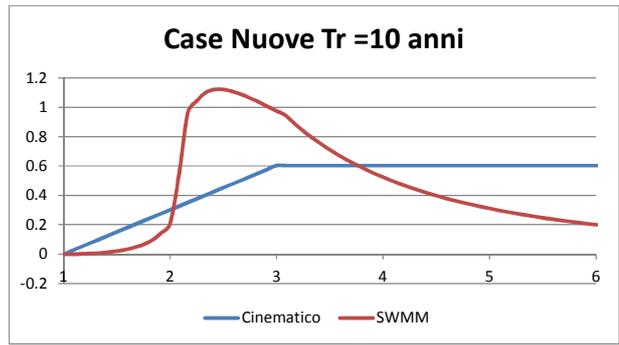
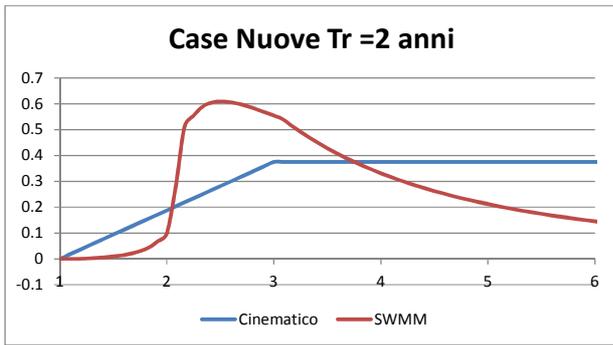
Per il medesimo sistema idraulico, inoltre, è stato necessario definire le condizioni al contorno presso lo smaltimento finale, costituito dal sollevamento meccanico consortile: lo scenario simulato ipotizza la chiusura delle porte vinciane sul Ghebbo dell'Argine e pertanto condizioni di alta marea. L'impianto di sollevamento di valle è stato riprodotto con tre pompe da 750 l/s con quote di attacco a 9,47 - 9,57 e 9,62 m e quota di stacco a 9,27 m.

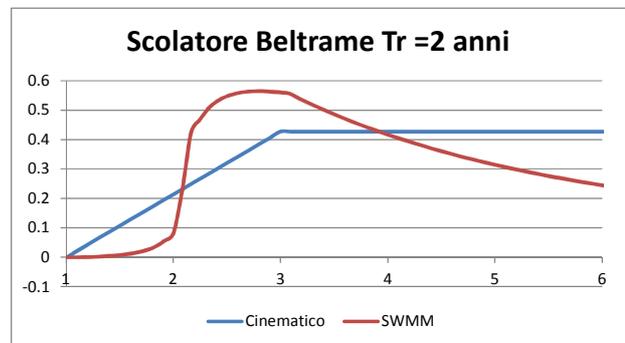
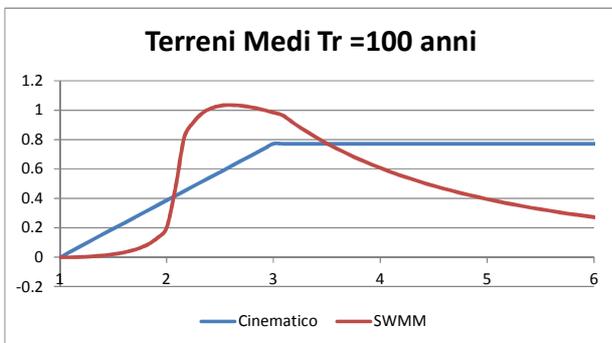
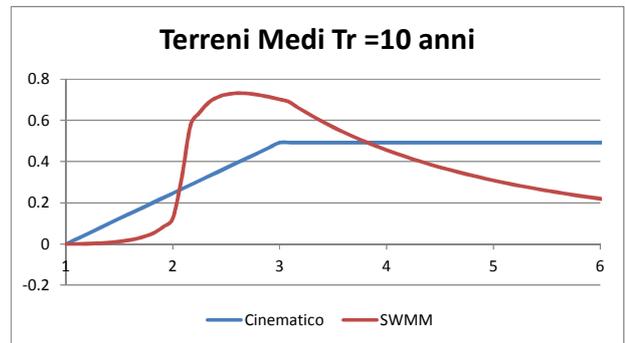
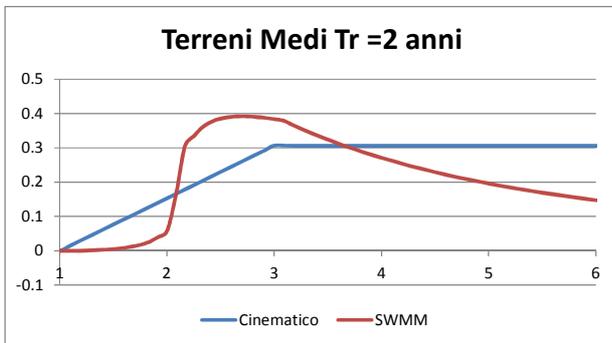
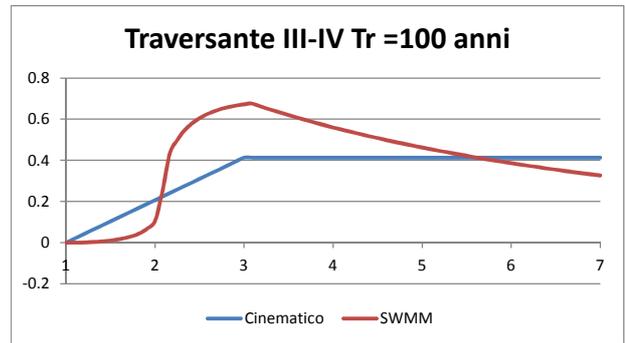
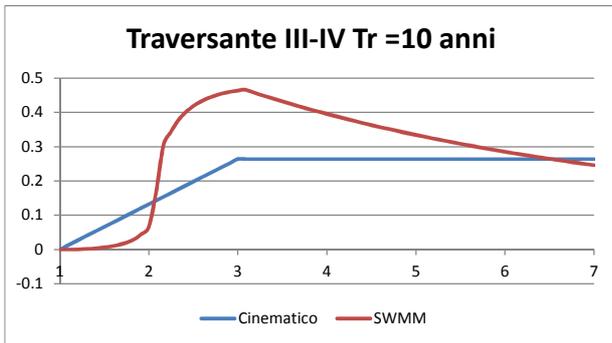
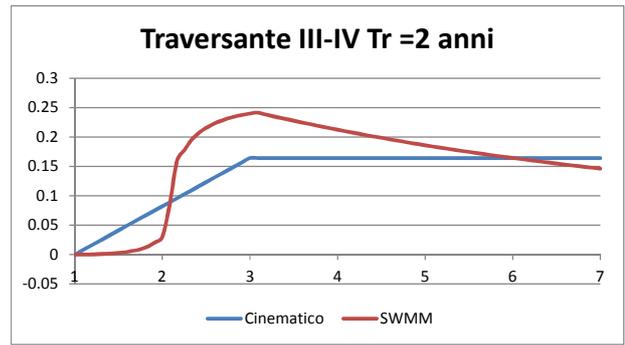
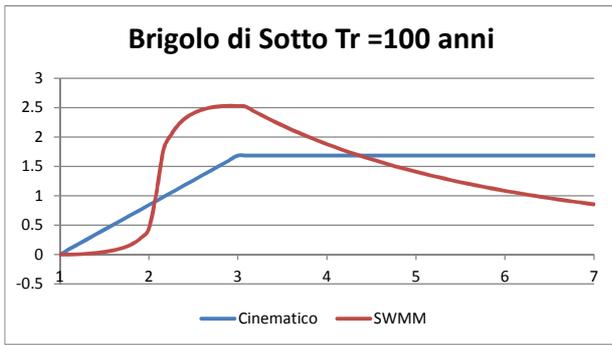
4.4.2 Condizioni contorno per il sistema Terreni Medi

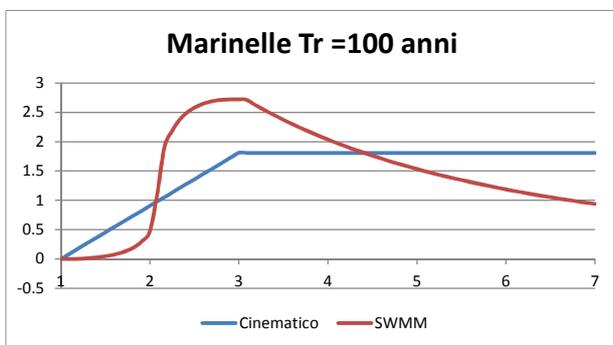
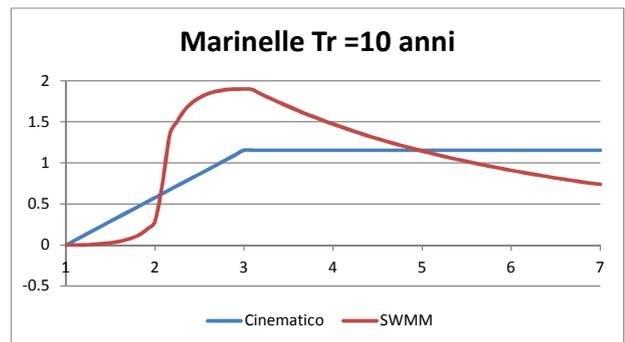
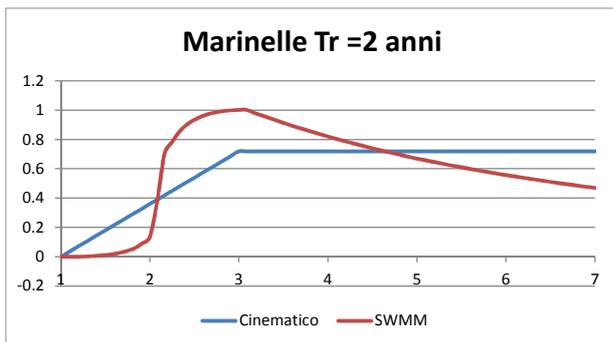
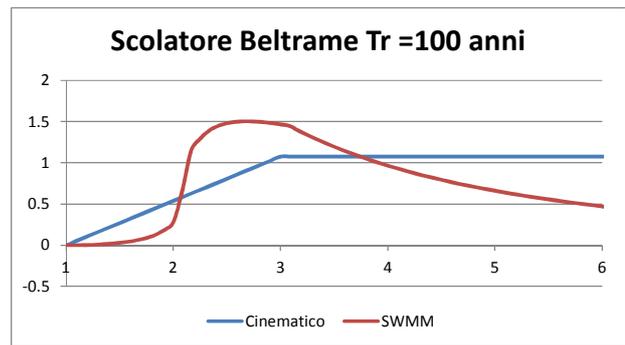
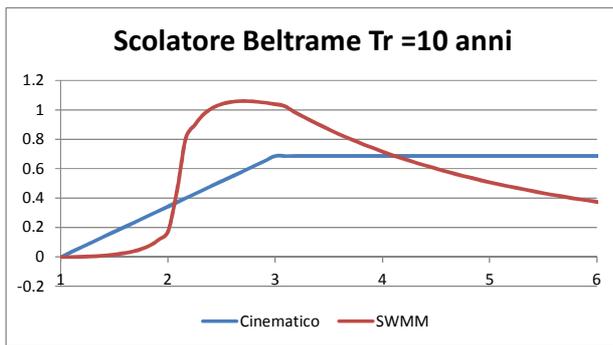
Il collettore dei Terreni Medi riceve le acque delle zone c.d. "medie" e "basse" convogliandole verso l'impianto idrovoro principale del Secondo Bacino, oggetto di recente potenziamento. I contributi di portata generati in ambito agricolo, analogamente a quanto fatto per il sistema del Fossadello, vengono stimati in base all'estensione del bacino ed immessi nel modello puntualmente nelle sezioni corrispondenti alle confluenze della rete idraulica consortile:

- canale Case Nuove (S = 82 ha);
- canale Brigolo di Sopra (S = 118 ha);
- canale Brigolo di Sotto (S = 160 ha);
- canale Zone III-IV (S = 102 ha);
- collettore dei Terreni Medi lungo v. Marinelle (S = 68 ha);
- scolatore Beltrame (S = 106 ha);
- canale Marinelle (S = 300 ha).

Anche in questa circostanza i vari contributi alla formazione della piena del collettore dei Terreni Medi sono stati ricavati riproducendo in SWMM a livello macroscopico i vari sottobacini sottesi dai canali sopra evidenziati tarando i parametri che li definiscono con riferimento agli idrogrammi ricavati con il metodo cinematico. Questi ultimi, in relazione al tempo di ritorno considerato, assumono gli andamenti riportati nelle pagine seguenti.



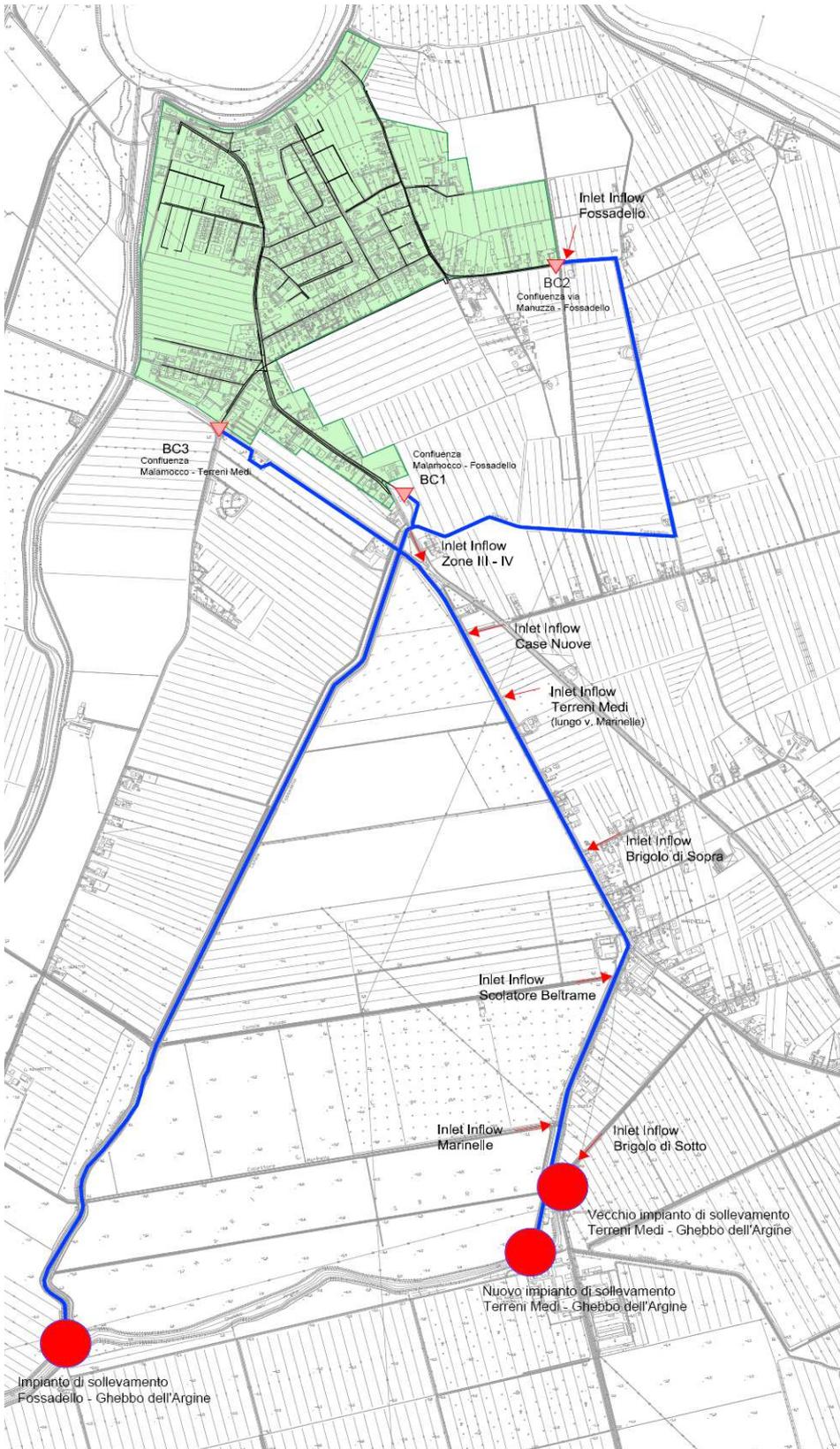




Contributi di portata generati da ambiti agricoli non oggetto dell'analisi ma afferenti al medesimo sistema idraulico Terreni medi

Alla confluenza del collettore dei Terreni Medi con il canale Ghebbo dell'Argine è presente l'impianto idrovoro principale, dotato di due pompe centrifughe con portata complessiva pari a 3.300 l/s ed annesso impianto di emergenza dotato di due elettropompe ad asse verticale della portata di 700 l/s ciascuna. Qui alla fine dell'anno 2013 è stato attivato un nuovo impianto idrovoro dotato di due elettropompe con portata complessiva pari a 3.000 l/s.

Allo stato attuale afferiscono al vecchio impianto di sollevamento le acque generate dalle zone definite "basse", ossia i contributi del canale Brigolo di Sotto e del canale Marinelle, mentre al nuovo impianto spettano le aliquote di portata



generate dalla restante parte del territorio del 2° Bacino. La rimozione di una paratoia presente tra i due impianti permette tuttavia di mettere in comunicazione i due sistemi in modo da contribuire sinergicamente al sollevamento delle portate verso il canale Ghebbò dell'Argine: questa è la condizione al contorno ipotizzata nell'analisi di seguito descritta, con collaborazione tra i due impianti di sollevamento.

Le quote di attacco e di stacco per il pre-esistente impianto idrovoro sono rispettivamente 8,4 - 8,7 ed 8,8 m (quote di attacco) e 8,0 - 8,3 ed 8,4 m (quote di stacco). Il nuovo impianto ha invece quote di attacco a 9,3 e 9,2 m e quota di stacco a 9,0 m. Nell'immagine riportata in seguito sono indicati i punti di immissione delle portate afferenti al sistema Terreni Medi:

Condizioni al contorno nella rete di valle

5 ANALISI DEI RISULTATI

Una volta definiti tutti i parametri relativi agli eventi meteorici caratteristici del bacino del centro abitato di Cesarolo (curve pluviometriche, tempo di ritorno) e alle modalità di trasformazione degli afflussi meteorici in deflussi (estensione e caratteristiche geomorfologiche dei singoli bacini idrologici che compongono l'intera area) si è proceduto alla simulazione ed alla lettura dei risultati relativi alla risposta della rete di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche.

Nelle pagine seguenti si riportano quindi i risultati delle simulazioni sia nella configurazione antecedente alla realizzazione del diversivo del canale Malamocco (zona urbana) verso il collettore dei Terreni Medi che nella nuova configurazione conseguente alla sua attivazione, avvenuta solo recentemente in seguito al collaudo della nuova stazione di sollevamento avvenuto ad ottobre 2013.

5.1 Configurazione antecedente l'attivazione del diversivo

Si riportano di seguito i risultati relativamente alla geometria antecedente la realizzazione del collegamento idraulico tra l'abitato di Cesarolo e la rete di bonifica afferente al collettore terreni medi, di cui al par. 3.2.

5.1.1 Evento pluviometrico con $T_r = 2$ anni

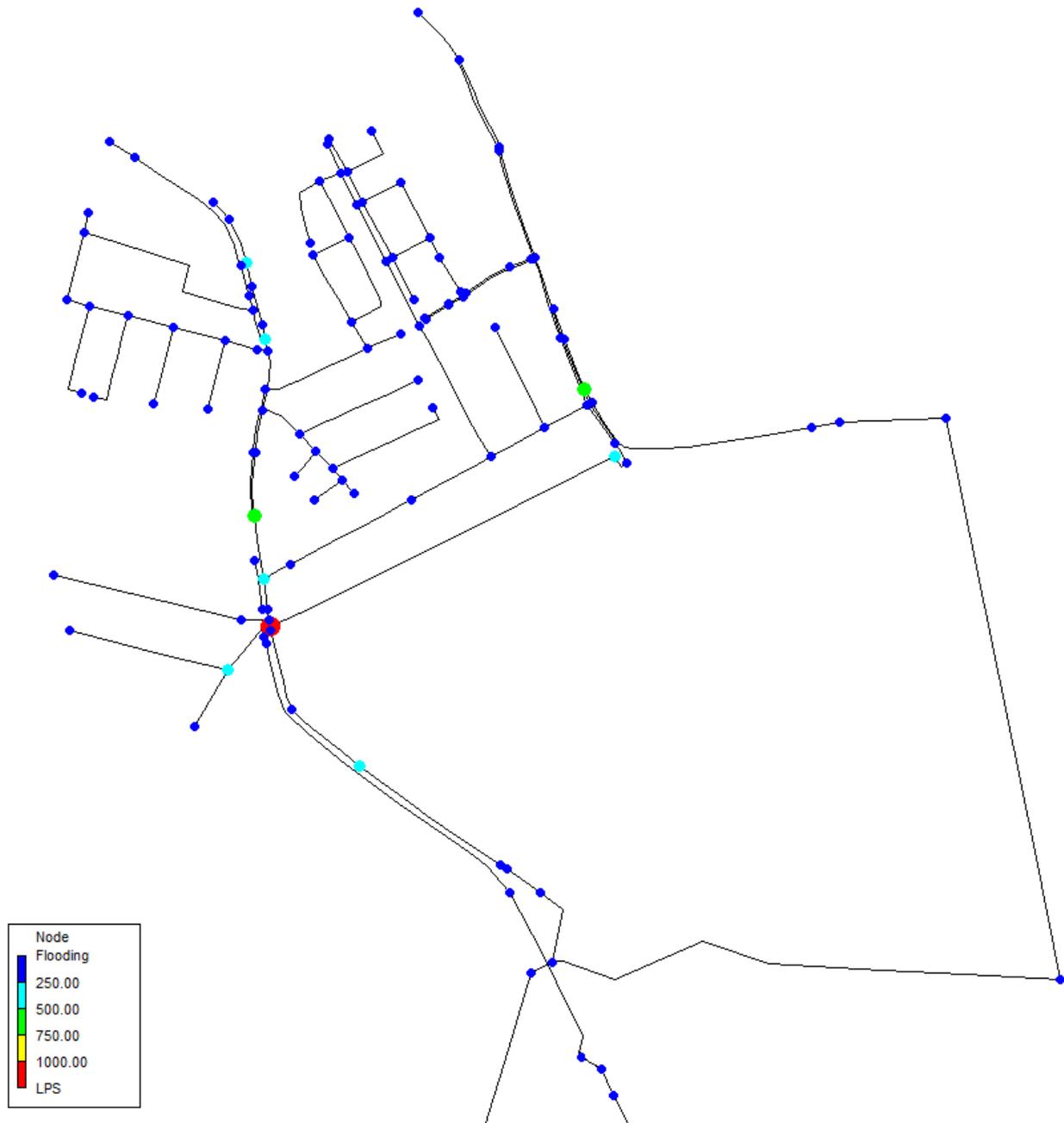
La simulazione effettuata evidenzia la criticità idraulica a cui è storicamente soggetta via della Conciliazione, riconducibile da un lato all'inerzia della rete fognaria e dall'altro all'impossibilità per il canale Malamocco tombinato di gestire gli afflussi generati in ambito urbano nelle fasi in cui il livello del ricettore Fossadello non ne consentisse lo scarico. Le dimensioni del tombinamento, infatti, non offrono al sistema le necessarie capacità di invaso.

Ricordando che la simulazione trascura il contributo generato dall'idrovora del Cavrato, nella fase antecedente i lavori del 2013 l'unico sistema di recapito per l'ambito urbano è rappresentato dall'asse Malamocco – Fossadello, con capacità di smaltimento pari a quelle dell'acceleratore di flusso installato su Via della Conciliazione ($Q = 300-400$ l/s). Nella fase di implementazione del modello il funzionamento di tale apparecchiatura idraulica è stato simulato con un brusco restringimento di sezione, motivo per cui si è sezionata la condotta in cls DN1000 con un breve tratto di condotta di diametro pari a 300 mm prima dell'immissione nel tratto a cielo aperto.

In assenza di collegamento tra l'abitato ed il collettore dei Terreni Medi, come da geometria antecedente il 2013, le condizioni al contorno del modello sono state poste esclusivamente in corrispondenza dei punti di recapito della rete

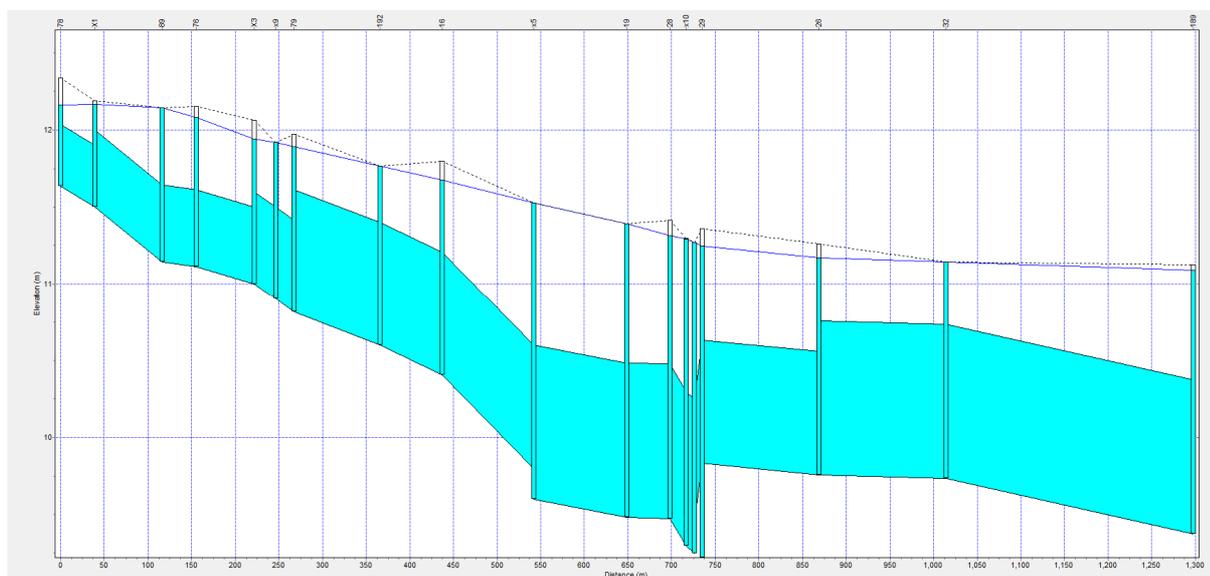
meteorica nel canale Fossadello (par. 4.4.1).

Tra le possibili rappresentazioni dei risultati ottenuti si è scelto di riportare nelle immagini che seguono le portate massime che fuoriescono dai nodi della rete (*flooding*), assegnando una scala colorimetrica costante in tutte le simulazioni eseguite al fine di agevolare un confronto immediato delle condizioni di esercizio della rete in situazioni tra loro differenti; a ciascun colore corrisponde un determinato range di valori di portata in uscita dal nodo.



Flooding dalla rete senza diversivo Malamocco-Terreni Medi ($T_r=2$ anni)

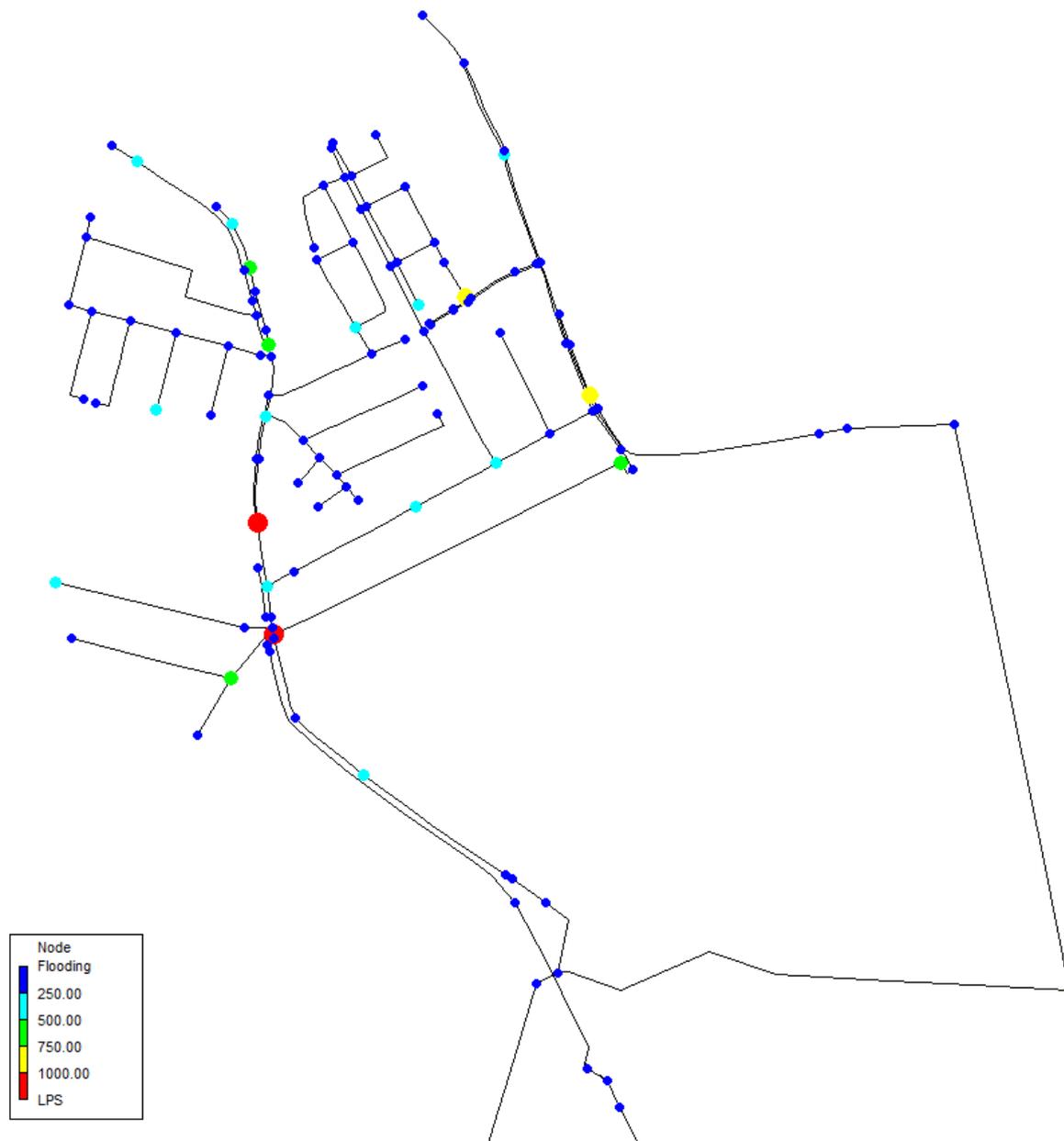
I risultati del modello confermano quanto osservato nella pratica relativamente agli allagamenti di via della Conciliazione e la parte terminale di via Manuzza. Analizzando il profilo del canale Malamocco si nota infatti che il livello piezometrico si mantiene generalmente al di sopra del piano stradale, con evidenti fenomeni di esondazione locale nelle aree altimetricamente più depresse.



Profilo del tronco principale (canale Malamocco)

5.1.2 Evento pluviometrico con $T_r = 10$ anni

Nonostante per un evento caratterizzato da tempo di ritorno biennale gli ambiti più depressi dell'abitato mostrassero allagamenti, si è proceduto ad una nuova simulazione con evento pluviometrico di maggiore entità al fine di individuare ulteriori criticità che affliggono la rete fognaria dell'area oggetto di studio. Tale simulazione evidenzia infatti l'inadeguatezza della rete presente nell'abitato di Cesarolo, non solo con riferimento a via della Conciliazione e via Manuzza ma anche alla porzione orientale del bacino ed in particolare nel tratto più a nord di via Forgiarini, nota per i frequenti allagamenti a cui è soggetta.



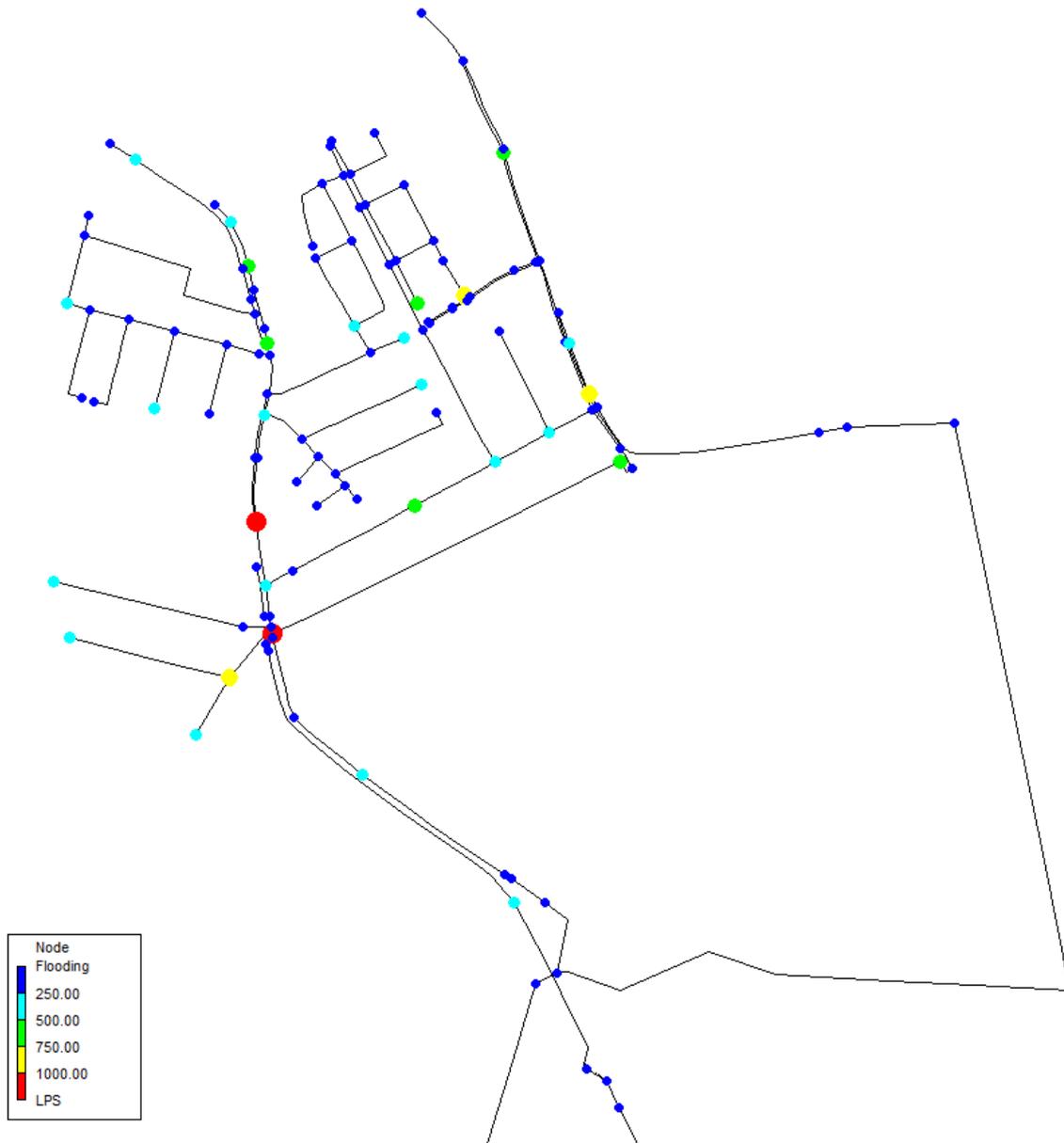
Flooding dalla rete senza diversivo Malamocco-Terreni Medi (Tr=10anni)

Dall'immagine riportata in precedenza si osserva infatti una concentrazione maggiore di nodi soggetti a fenomeni di *flooding* con allagamenti diffusi lungo tutta via della Conciliazione. Tale circostanza, dimostrando l'impossibilità del tombinamento Malamocco di gestire le ingenti portate urbane in condizioni di sicurezza, evidenzia la netta sproporzione tra il livello di inurbamento e gli invasi disponibili in rete. Tale considerazione avvalorava la scelta progettuale di cui al par. 3.2 orientata verso l'attivazione di un by-pass in grado di svincolare il sensibile sistema urbano di Cesarolo dal recapito Malamocco-Fossadello.

5.1.3 Evento pluviometrico con $Tr = 100$ anni

Infine è stato esaminato il comportamento della rete in occasione di un evento pluviometrico di notevole entità, caratterizzato cioè da un tempo di ritorno centennale (83,5 mm di pioggia in 2 ore) . La marcata rilevanza dell'evento considerato è tale da produrre manifesti fenomeni esondativi diffusi capillarmente a tutta l'area di studio.

I risultati prodotti dal modello sono riportati nell'immagine che segue:



Flooding dalla rete senza diversivo Malamocco-Terreni Medi ($Tr=100$ anni)

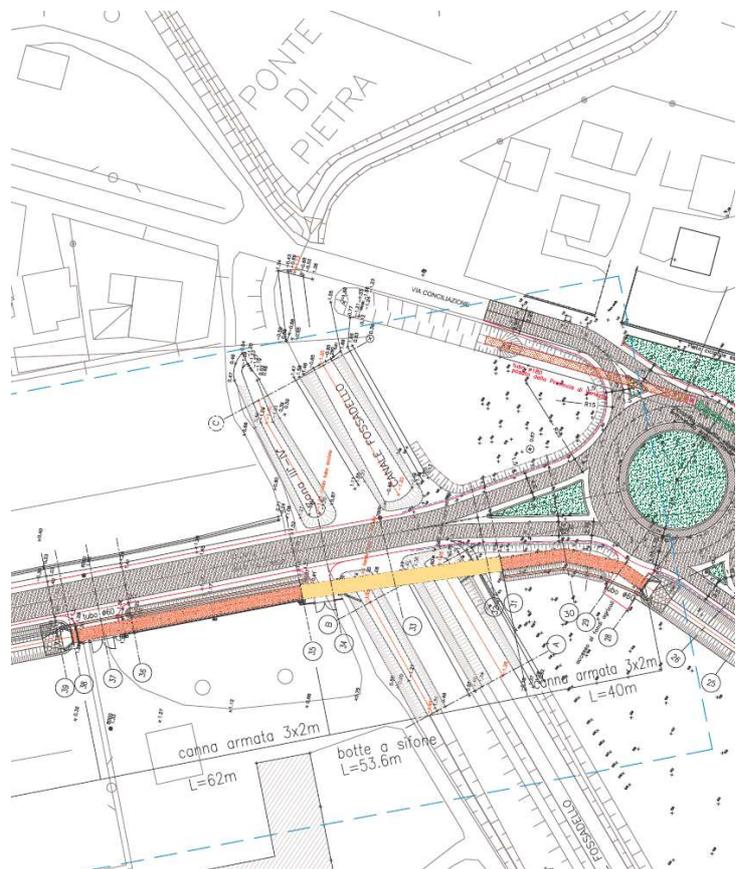
5.2 Configurazione a seguito dell'attivazione del diversivo

A fronte dei risultati osservati nelle simulazioni precedenti è apparso fondamentale prevedere un nuovo scenario di funzionamento relativo alla configurazione attuale della rete conseguente all'attivazione del collegamento del canale Malamocco con il collettore dei Terreni Medi di cui al par. 3.2.

Per tale ragione il modello è stato integrato con la schematizzazione dello scatolare realizzato lungo via Malamocco riproducendo fedelmente l'andamento plano-altimetrico del nuovo canale a cielo aperto adiacente la strada provinciale n.74 ed il collettore dei Terreni Medi fino alla confluenza con il canale Ghebbo dell'Argine.

In seguito all'attivazione del collegamento, quota parte della portata smaltita dal canale Malamocco viene derivata al collettore dei Terreni Medi determinando un profilo idraulico di chiamata dalle aree urbane verso le aree tradizionalmente definire "terreni medi e bassi".

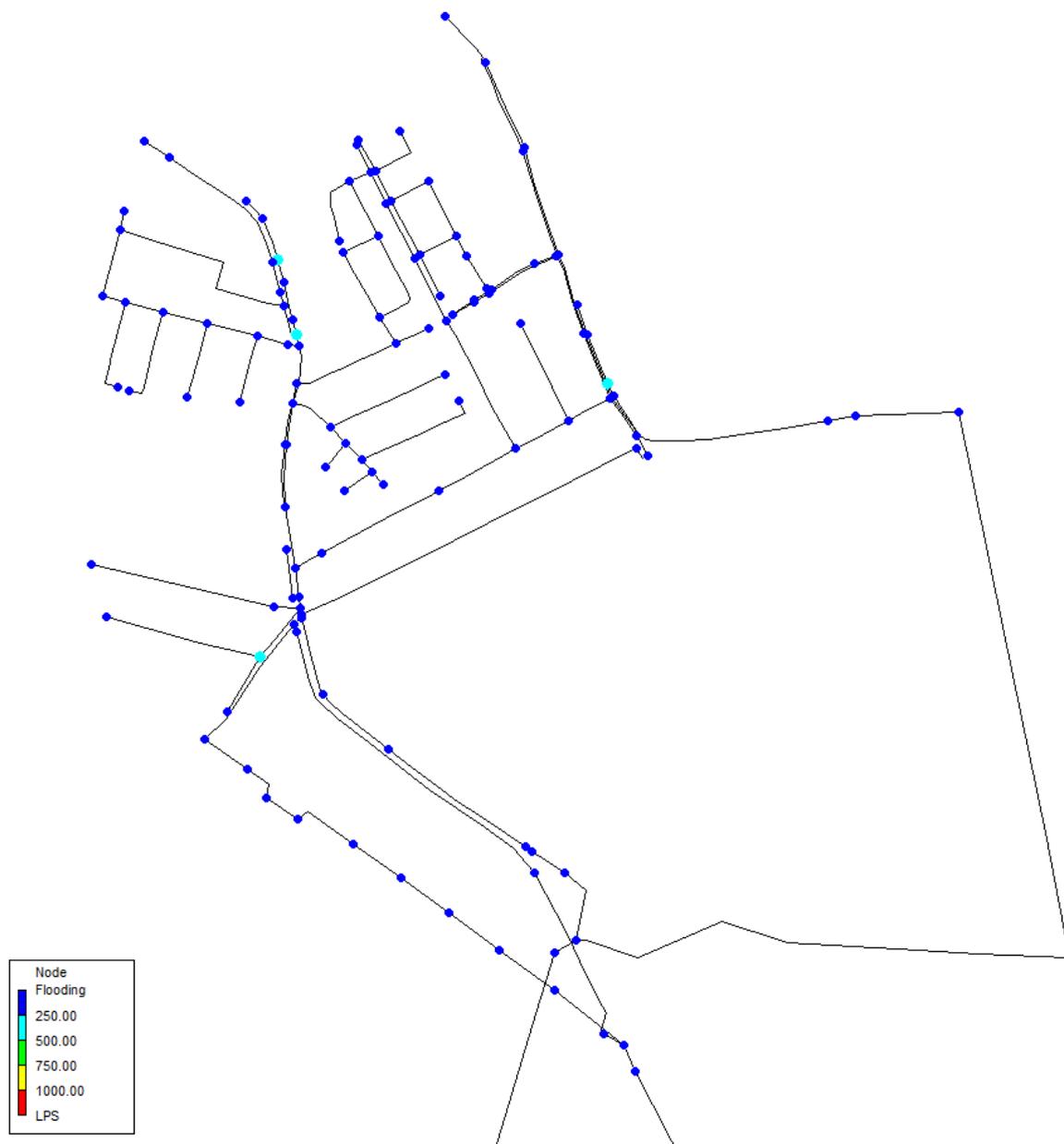
Analogamente alle simulazioni effettuate in precedenza relative al funzionamento della rete senza considerare l'attivazione del diversivo, i risultati delle nuove simulazioni sono riportati nelle immagini ai paragrafi seguenti in termini di portate massime che fuoriescono dai nodi.



Estratto del progetto di collegamento tra Via Malamocco ed il canale di Bonifica Terreni Medi

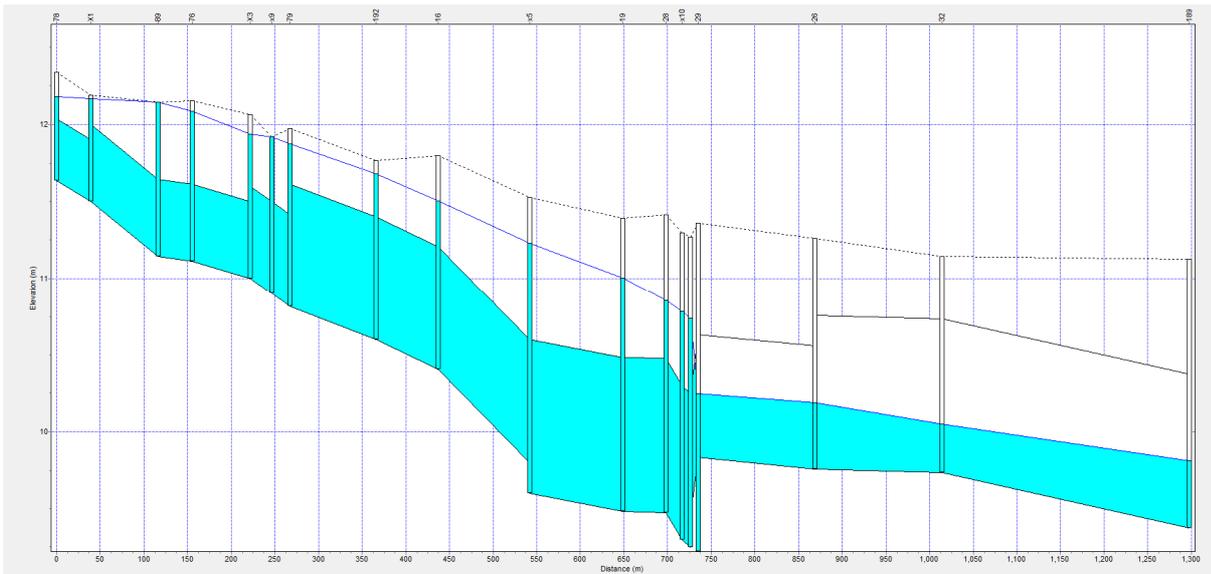
5.2.1 Evento pluviometrico con $T_r = 2$ anni

Come nello scenario precedentemente trattato si è dapprima studiato un evento meteorico di lieve entità al fine di definire il comportamento della rete in condizioni di media sollecitazione



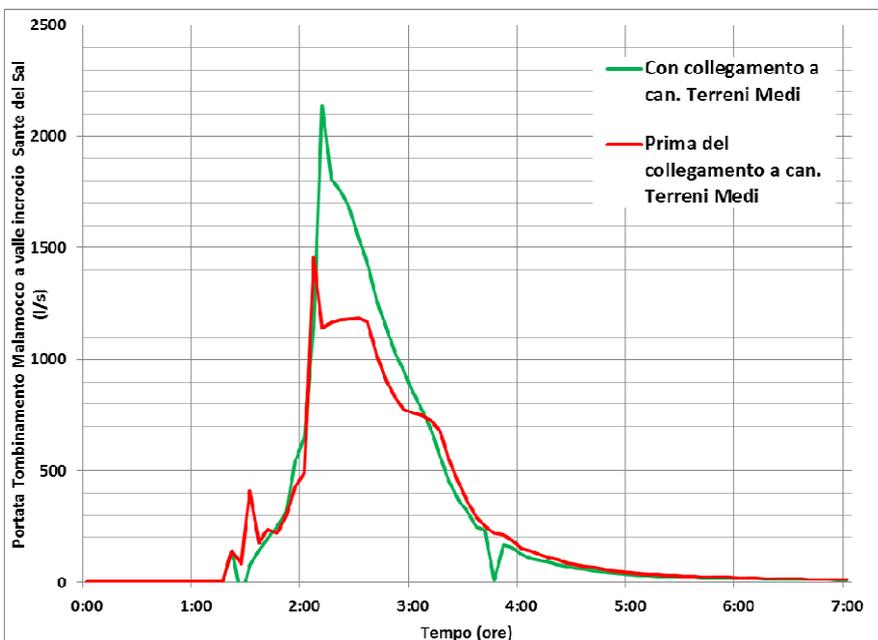
Flooding dalla rete in seguito all'attivazione del collegamento con Terreni Medi ($T_r=2$ anni)

I risultati sopra riportati vanno confrontati con quelli del par. 5.1.1, evidenziando un netto miglioramento dei deflussi di via della Conciliazione, dove il profilo di chiamata generato dal collegamento con Terreni Medi abbassa i livelli idrometrici su tutta l'asta fognaria.



Profilo del tronco principale (canale Malamocco)

I fenomeni di *flooding* sono riconducibili essenzialmente ad anomalie localizzate del profilo longitudinale del piano campagna, verificandosi esclusivamente nelle zone altimetricamente più depresse. L'attivazione del diversivo offre infatti una valida soluzione per lo smaltimento delle acque meteoriche di Cesarolo, svincolandolo dal nodo di immissione in Fossadello.

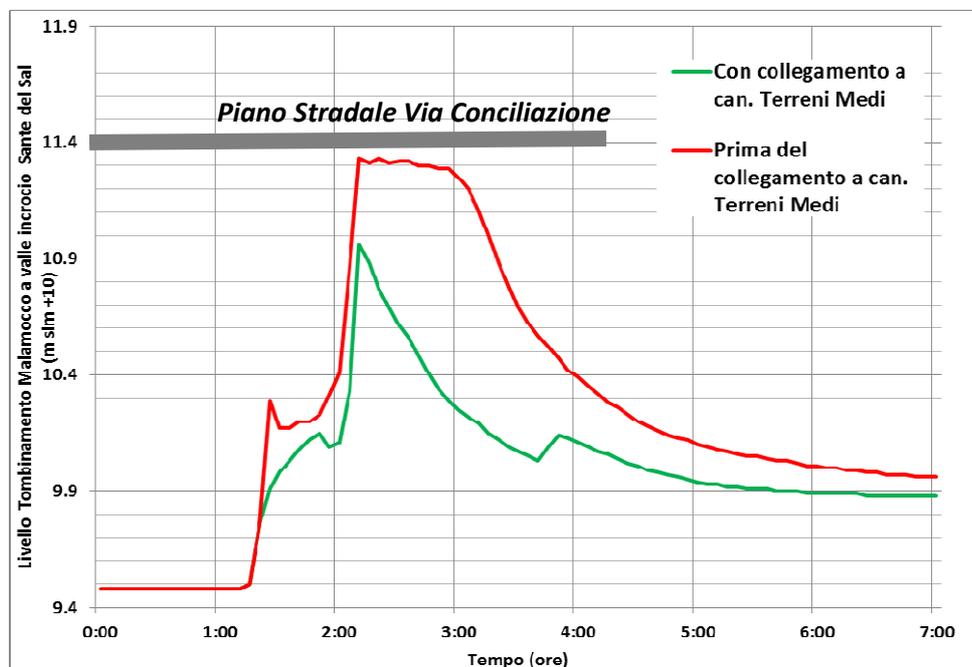


Confronto portate per $Tr = 2$ anni nello stato ant e post operam

E' interessante osservare per la condotta di Via Conciliazione corrispondente al tombinamento Malamocco un confronto tra le portate defluenti nelle due diverse configurazioni, corrispondenti allo stato precedente ed a quello successivo alla realizzazione del nuovo collegamento con il sistema di bonifica.

Come suggerito dal grafico, il collegamento del sistema urbano alla rete di bonifica risente del profilo di richiamo generato dal collettore Terreni Medi e pertanto determina l'aumento della portata in transito nel tombinamento Malamocco e quindi in uscita dall'area urbana. Questo aspetto, sicuramente vantaggioso per l'abitato, va visto in realtà a scala di bacino ed ha determinato l'esigenza di potenziamento idrovoro finale di cui al par. 3.2.

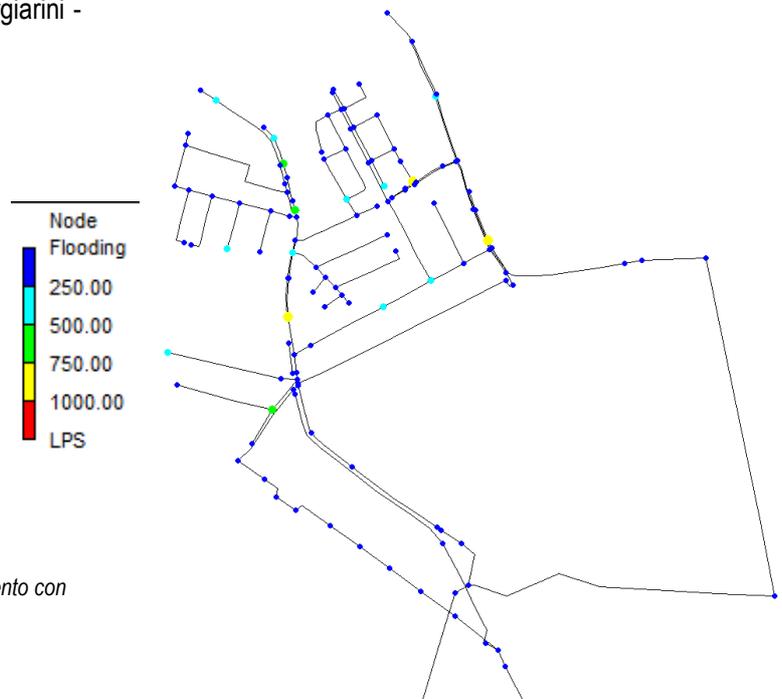
Confrontando ora nel medesimo punto di Via Conciliazione i livelli idraulici simulati in condotta per le due diverse configurazioni, si osserva come il collegamento realizzato consenta di evitare per Tr 2 anni lo stallo del sistema fognario sul livello idrometrico 11.40, quasi coincidente con il piano stradale e tale pertanto da generare ruscellamenti superficiali ed in alcuni punti addirittura fuoriuscita di portata.



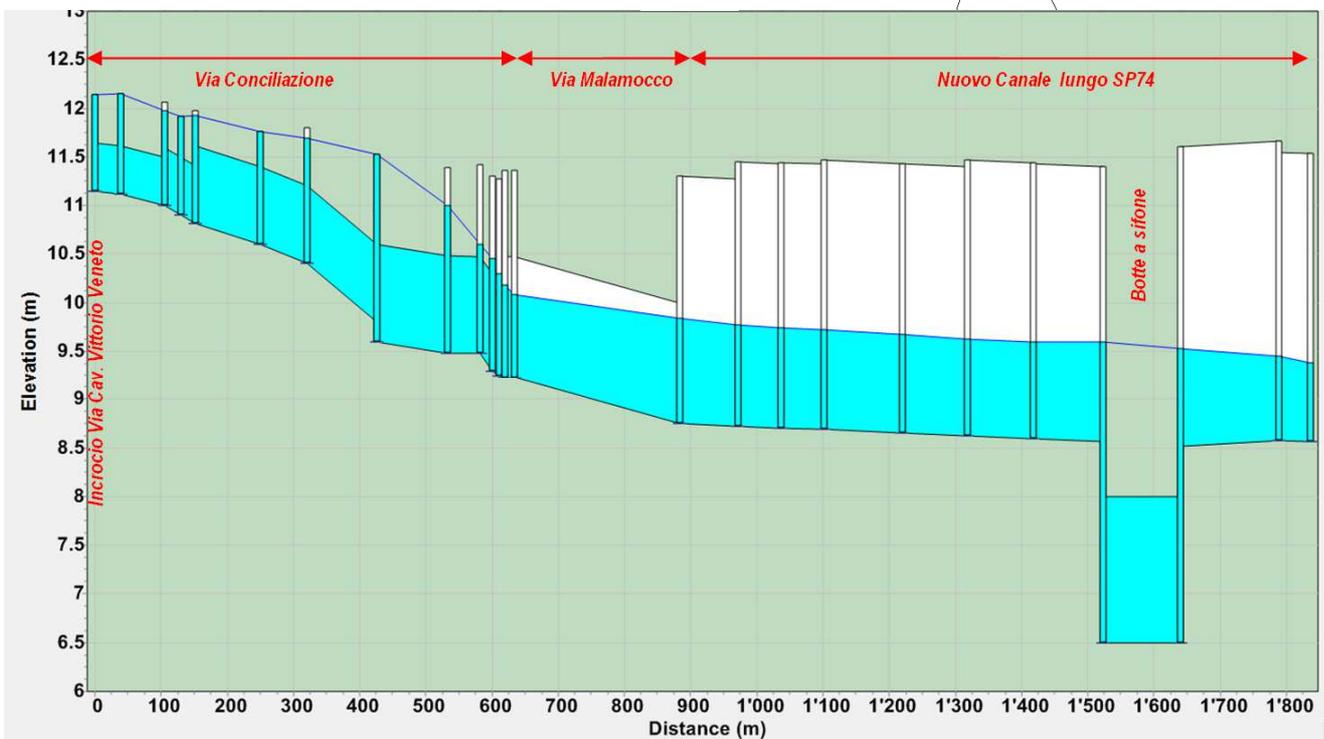
Confronto livelli in condotta per Tr = 2 anni nello stato ant e post operam di collegamento Terreni Medi e potenziamento idrovoro +3 m³/s

5.2.2 Evento pluviometrico Tr = 10 anni

Considerando eventi pluviometrici caratterizzati da una maggiore entità si osserva un netto miglioramento rispetto alla condizione antecedente il 2013, ma si deve riscontrare il permanere di alcuni nodi sensibili in cui il funzionamento in pressione della rete fognaria è ancora in grado di generare *flooding*. Il fenomeno, anche se in misura limitata, coinvolge anche il sottobacino urbano orientale di Via Forgiarini - Manuzza.

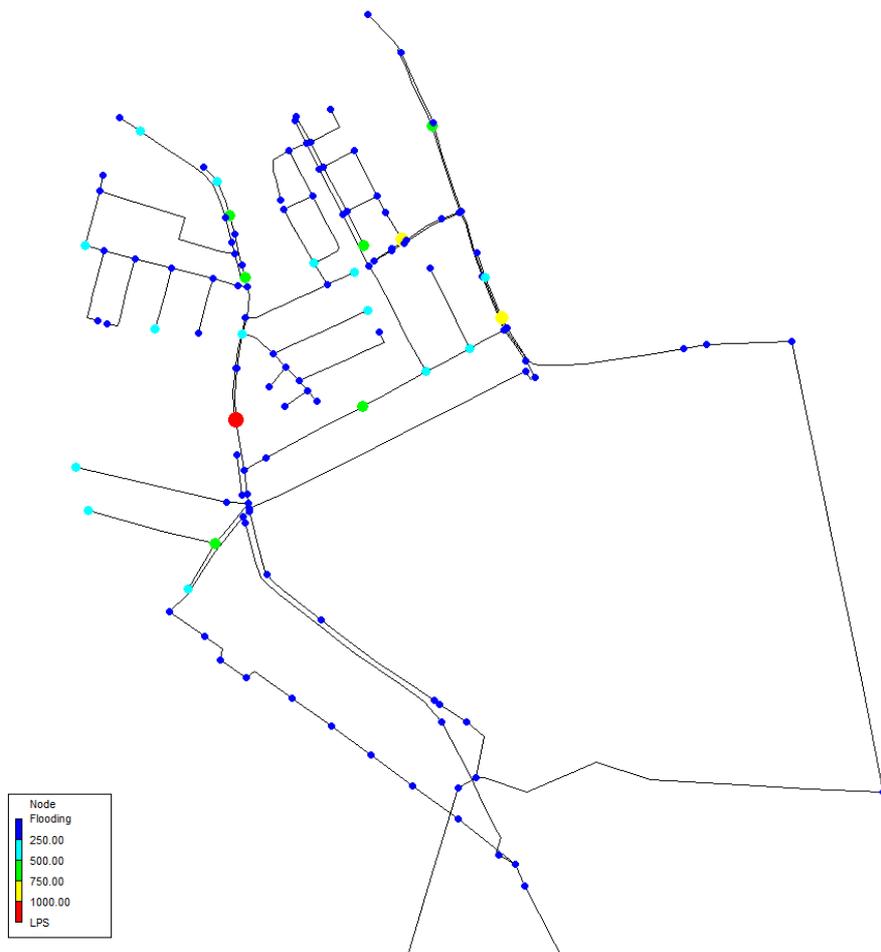


Flooding dalla rete in seguito all'attivazione del collegamento con Terreni Medi (Tr=10anni)



Simulazione profilo per evento simulato Tr 10 anni a seguito attivazione diversivo: evidenti sovrappressioni in rete urbana

5.2.3 Evento pluviometrico con $Tr = 100$ anni



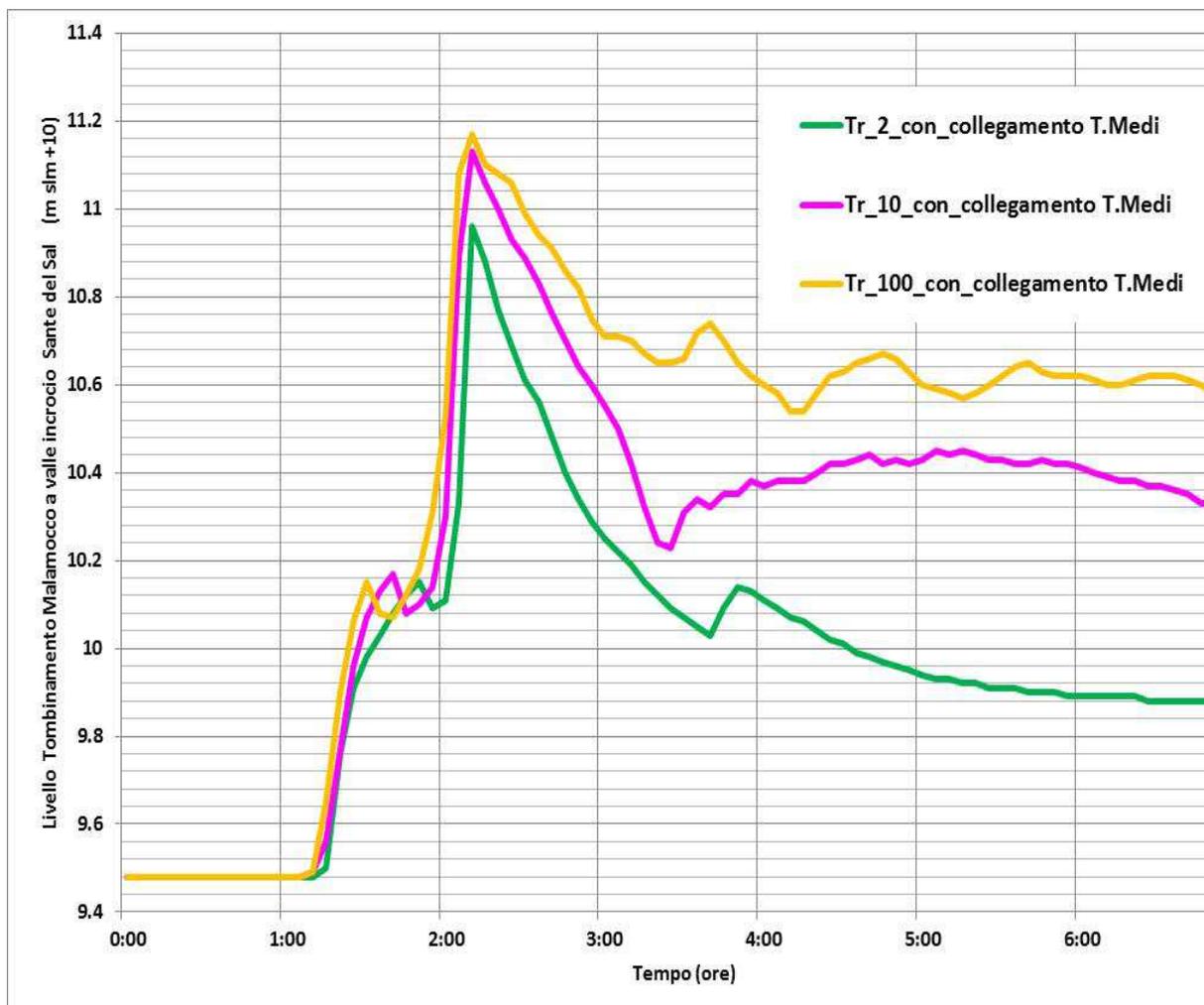
Passando infine alla simulazione relativa a $Tr = 100$ anni, si osserva come i lavori collaudati nel 2013 sulla rete di bonifica non siano sufficienti a sopperire alle carenze della rete urbana per eventi di straordinaria intensità. Si generano infatti fenomeni di flooding lungo via Conciliazione e Via Manuzza, oltre che in ulteriori nodi diffusi nel centro urbano.

Il nodo di Via Conciliazione in cui i fenomeni di *flooding* continuano per Tr 10 e 100 a dispetto del potenziamento della rete di bonifica di valle, posto poco a monte dell'incrocio con Via Malamocco, coincide con una depressione altimetrica del piano stradale e dell'abitato, rappresentando di fatto un punto "spia" in cui la rete esonda nelle fasi in cui funziona in pressione.

Schema altimetrico: Nodo critico Via Conciliazione



Viene di seguito proposto un confronto tra i livelli simulati per diversi tempi di ritorno nel nodo di Via Conciliazione corrispondente all'incrocio con Via Sante del Sal.



Confronto livelli in condotta per $Tr = 2$, $Tr = 10$ e $Tr = 100$ anni a seguito del collegamento tra rete urbana e Terreni Medi

L'aspetto più interessante dell'analisi qui riportata riguarda la forma dell'onda di piena, che a seguito dell'avvenuto collegamento della rete urbana al sistema di bonifica assume per i tre eventi un diagramma di tipo pressoché triangolare. Ricordando l'esigenza per i territori sottoposti a scolo meccanico di garantire l'invaso delle portate di pioggia, è evidente che il centro di Cesarolo afferisce ora molto rapidamente al sistema di valle. Questo del resto è del tutto naturale se si considera l'elevato dislivello esistente tra l'abitato posto sulla dorsale del tagliamento e le campagne di Marinella. A seguito dell'adeguamento dell'impianto idrovoro alle maggiori portate affluenti, tuttavia, si rende ora necessaria una diffusa opera di ristrutturazione della rete di prima raccolta, favorendo un più lento conferimento verso Via Conciliazione, portando l'idrogramma qui misurabile verso una forma trapezia, così da laminare i picchi di portata senza che si ripercuotano direttamente sugli ambiti più sfavoriti.

5.3 Programma di adeguamento delle reti di drenaggio urbano

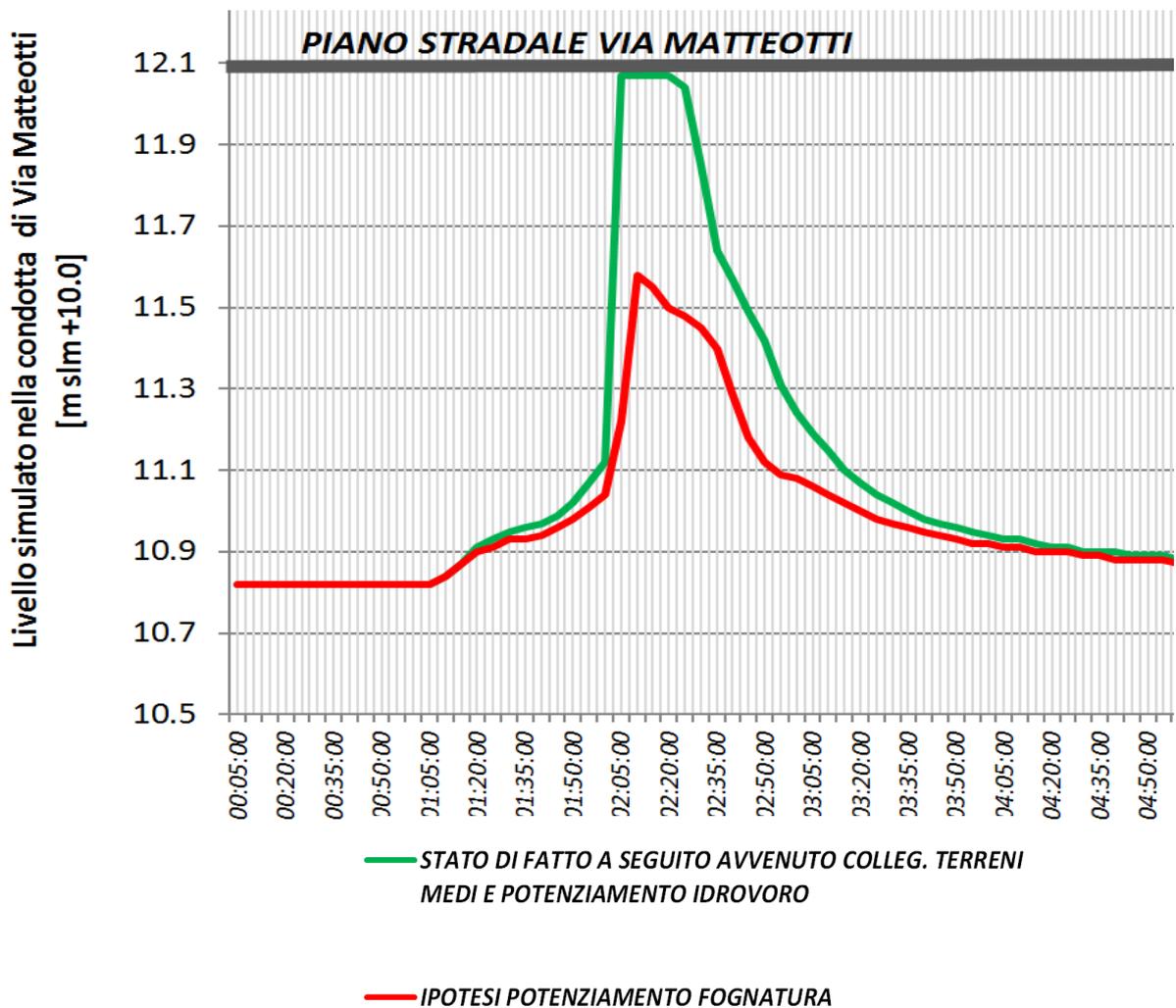
Da ultimo è stata simulata la risposta idraulica del sistema in ipotesi di potenziamento della fognatura di Cesarolo, con aumento di diametri della rete mista o –in un’ottica di revisione più strutturale del sistema fognario- con posa di condotte di grande diametro dedicate alle portate meteoriche e contestuale separazione delle reti, dato che nella frazione è già presente una rete dedicata ai reflui, ancorchè non tutti gli allacciamenti e i collegamenti siano stati perfezionati. Dal punto di vista strettamente idraulico, in relazione alla sola problematica di allagamento, le due ipotesi sono di fatto equivalenti e pertanto la verifica può essere condotta immaginando il solo aumento delle dimensioni delle tratte esistenti. Dal punto di vista gestionale, invece, va considerato che un significativo aumento di diametro sulla rete miste determina un rallentamento nei tempi di conferimento al depuratore e pertanto innesca fenomeni ossidativi del refluo: tale considerazione obbliga a valutare l’opportunità di eseguire, contestualmente al potenziamento meteo, anche il completamento dell’operazione di separazione delle reti.

Il dimensionamento del potenziamento è stato condotto in modo da garantire la sufficienza della rete in riferimento ad eventi caratterizzati da tempi di ritorno di 50 anni. Naturalmente l’asse oggetto del principale potenziamento è quello di Via Conciliazione: l’abbassamento del livello in rete sulla dorsale principale avrà immediato beneficio su tutte le viabilità laterali, determinando nella rete fognaria urbana un profilo idraulico di chiamata anzichè un forte rigurgito come quello attualmente generato per eventi temporaleschi.

La giacitura depressa del sedime stradale di Via Conciliazione descritta al par. 2.3, tuttavia, non consente di pensare a grandi diametri e pertanto, evitando significativi approfondimenti della livelletta di fondo sia per garantire continuità con i sistemi di valle sia per limitare le problematiche realizzative legate alla presenza di falda in prossimità del Tagliamento, si prevede per la dorsale principale la posa di manufatti scatolari, che consentono di avere grandi sezioni idrauliche con limitate altezze di scavo. Nello specifico si prevedono:

- Posa di scatolare 2,0 x 1,0 m (bxh) lungo Via Conciliazione a partire dall’incrocio con Via Cavalieri di Vittorio Veneto per una lunghezza di 260 m verso valle
(attualmente D800 derivante da tombinamento canale Malamocco)
- Posa di scatolare 2,5 x 1,5 m (bxh) lungo Via Conciliazione per una lunghezza di 200 m fino all’incrocio con Via Malamocco, da cui si diparte scatolare esistente diretto al nuovo canale diversivo realizzato lungo SP 74
(attualmente D1000 derivante da tombinamento canale Malamocco)
- Realizzazione di caditoia a griglia trasversale a Via Conciliazione per intercettare ruscellamenti superficiali e convogliarli entro lo scatolare di Via Malamocco;
- Posa di condotta D1200 per una lunghezza di 610 m su Via Matteotti per potenziare il collegamento del comparto urbano est di Via Forgiarini verso l’asse di Via Conciliazione (attualmente D400);
- Posa D1000 Via Sante del Sal per una lunghezza di 280 m (attualmente D500)

Tale potenziamento, qui dimensionato dal punto di vista idraulico ma da sottoporre a progettazione definitiva ed esecutiva per ogni valutazione inerente cantierizzazione e compatibilità con i sottoservizi, è schematicamente indicato nella tavola di progetto Elab. 12C.



Livelli simulati nella condotta di Via Matteotti per $T_r=10$ anni (61,7mm in 2ore): confronto tra stato di fatto e ipotesi di potenziamento rete urbana

6 STIMA PRELIMINARE DEI COSTI

Come previsto dal P.T.C.P. di Venezia, la programmazione a livello comunale passa attraverso l'individuazione delle criticità, il loro approfondimento tecnico con rilievi e modelli, l'individuazione delle cause ed infine il dimensionamento delle soluzioni tecniche, con stima parametrica dei costi.

Per questo motivo gli interventi progettuali delineati per le diverse fasi nei paragrafi precedenti sono stati oggetto di stima parametrica dei costi. Va precisato che si tratta di soli costi riferiti ai lavori, cui sommare le somme a disposizione della stazione appaltante per poter definire un quadro economico completo.

Resta inteso che, trattandosi di interventi in ambito prevalentemente urbano, la risoluzione delle interferenze con sottoservizi e gli allacciamenti, esclusi dalla presente stima, rivestiranno un ruolo importante nella definizione dei costi totali. In particolare, trattandosi di collettori di rete mista, sarà necessario affrontare nelle prossime fasi di progettazione il tema legato alle portate reflue, valutando in accordo con il soggetto gestore del servizio idrico l'opportunità di prevedere la posa in affiancamento di una tubazione dedicata alle acque nere, tenendo conto che questo determina notevoli costi nella modifica degli allacciamenti e che questi si sommano alle stime parametriche per la rete meteo qui contenute.

La stima qui presentata, basata su prezzi parametrici desunti da prezziari e da recenti lavori, dovrà pertanto essere rivista e perfezionata in sede di progettazione definitiva, tenendo conto delle condizioni particolari dei siti, dei sottoservizi rilevati e delle modalità operative che saranno scelte nell'ambito della progettazione di ogni singolo intervento, a fronte di rilievi e valutazioni di dettaglio.

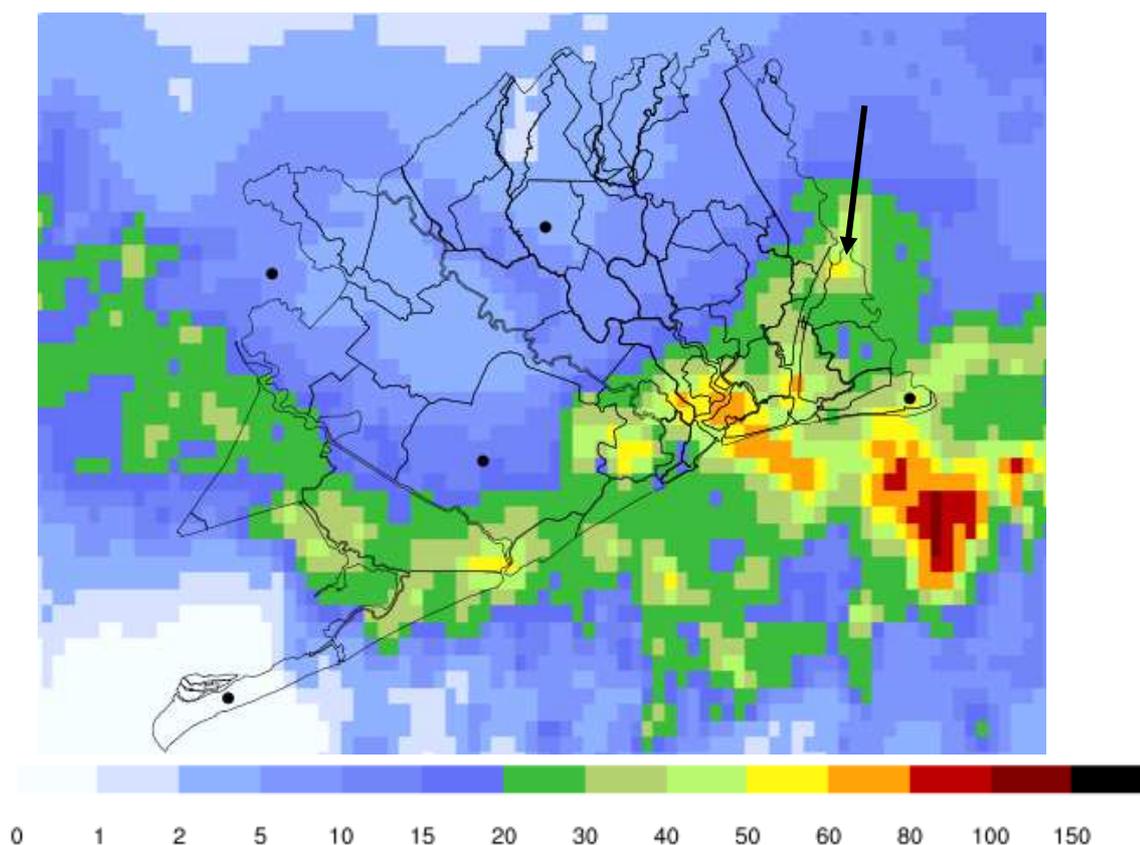
CESAROLO	L TRATTA [m]	DIMENSIONI [mm]	stima parametrica prezzo unitario (scavo+fornitura+posa+ripristini)	STIMA PARAMETRICA IMPORTO LAVORI [€]
<i>Via Conciliazione tratto monte (asse fognario comunale derivante da tombinamento canale Malamocco)</i>	260	scat. 2,0 x 1,0	1700	442'000
<i>Via Conciliazione tratto valle (asse fognario comunale derivante da tombinamento canale Malamocco)</i>	200	scat. 2,5 x 1,5	2800	560'000
<i>Via Matteotti</i>	610	D1200	550	335'500
<i>Via Sante del Sal</i>	280	D1000	360	100'800
TOTALE LAVORI €				1'438'300
<i>+ SICUREZZA + I.V.A. + SOTTOSERVIZI + SPESE TECNICHE + SPESE GENERALI</i>				

7 CASO STUDIO: EVENTO METEO DEL 18 SETTEMBRE 2016

7.1 Descrizione dell'evento

Le analisi fin qui sviluppate sono state verificate rispetto ad alcuni eventi meteorici rilevanti. Si riporta di seguito l'analisi eseguita in riferimento ad un evento occorso nell'anno 2016, adatto all'analisi di reti urbane perché di carattere temporalesco: esso ha interessato nella fascia oraria 09:00 – 10:00 del 18 Settembre 2016 il centro di Cesarolo, in Comune di S. Michele al Tagliamento (VE).

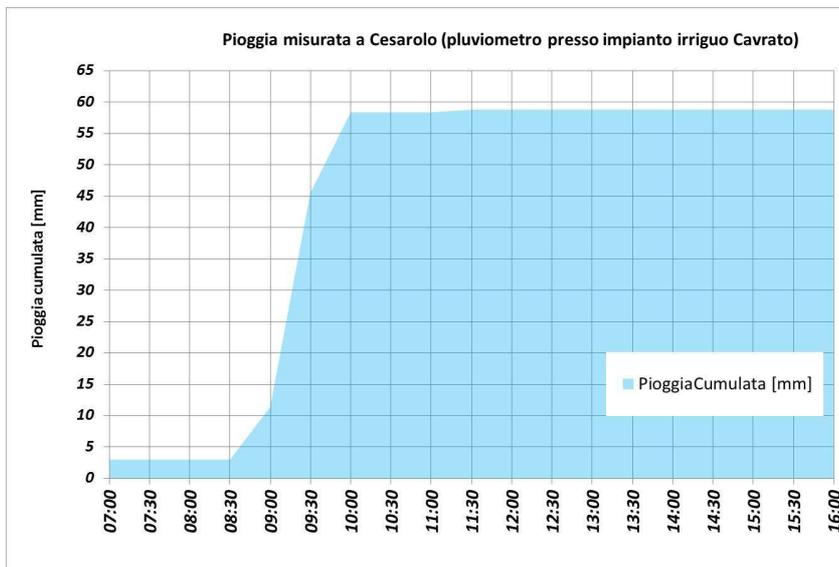
L'immagine seguente è frutto dell'integrazione tra la mappatura radar e le registrazioni pluviometriche a terra: essa mostra per l'intero comprensorio di bonifica la quantità di pioggia cumulata fino alle ore 10:00 (08:00 UTC). Per analizzare l'evento (fascia oraria 09:00-10:00) bisogna tuttavia tener conto che circa 10mm erano caduti al suolo prima dello scroscio e vanno quindi sottratti dalle quantità cumulate evidenziate dall'immagine seguente.



Pioggia cumulata fino alle ore 10:00: tra i 50 ed i 60mm a Cesarolo

Un'analisi più precisa è possibile grazie alla registrazione del pluviometro ubicato presso l'impinato irriguo consortile Cavrato: si riporta di seguito la registrazione.

Nella fascia oraria 09:00-10:00 sono stati registrati 57-11 = 46mm, con un picco di intensità pari a 35mm in 30 minuti (inoltre, a 3km da Cesarolo, misurata intensità massima di 26mm in 10 minuti).



Secondo le più recenti analisi condotte sul Veneto Orientale a tale evento corrisponde un tempo di ritorno statistico di 5 -10 anni (*Analisi regionalizzata delle precipitazioni, 2011, UVB*).

Registrazione pluviometro Cavrato

Come illustra la mappatura radar, l'evento è stato estremamente localizzato. La registrazione ARPAV di Bibione, ad esempio, mostra una cumulata di soli 13,2mm nella medesima fascia oraria.

L'evento ha determinato diffusi allagamenti in area urbana, che hanno coinvolto sia Via Conciliazione sia le laterali.



Allagamenti Cesarolo Via Conciliazione durante evento 18/09/2016

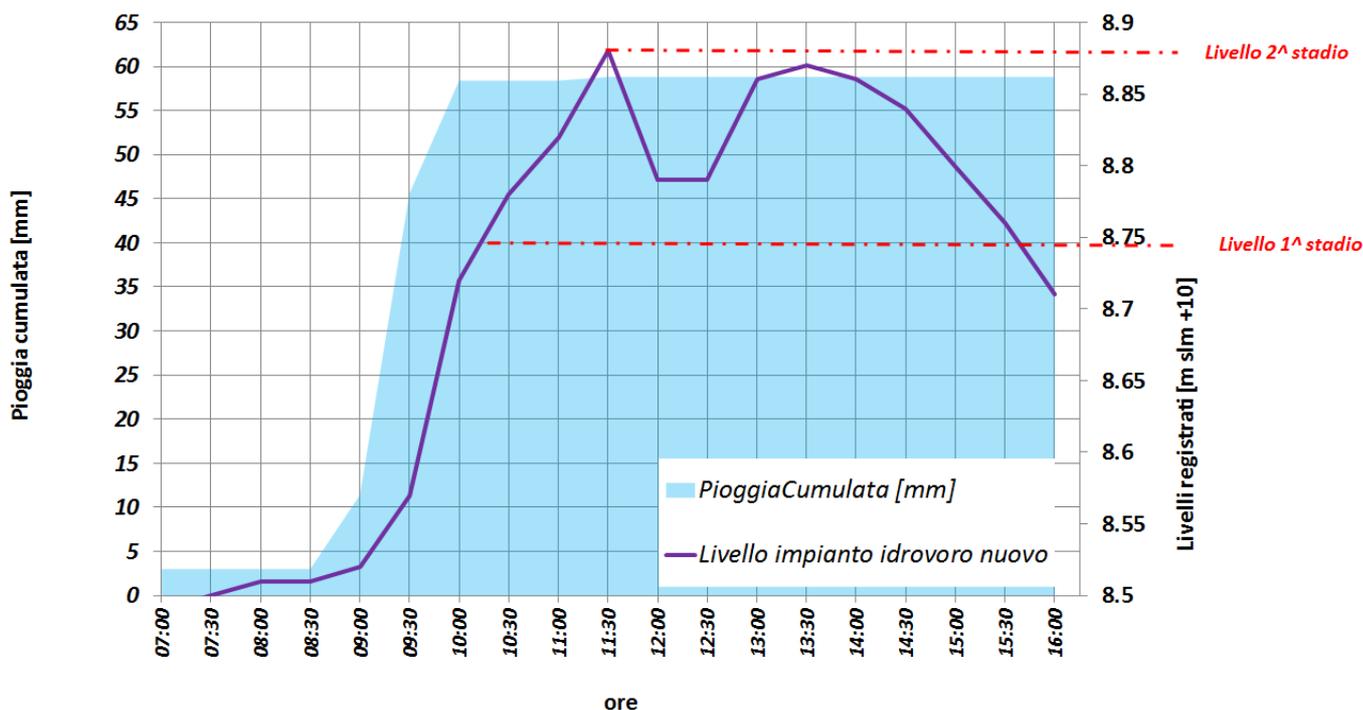
7.2 Funzionamento del sistema di bonifica durante l'evento

Si riportano di seguito i dati relativi al funzionamento degli impianti idrovori consortili di Cesarolo. Dall'analisi, condotta utilizzando i dati del sistema di telecontrollo, risulta evidente come tali sollevamenti abbiano correttamente funzionato per tutta la durata dell'evento. Nessuna analisi è riservata all'impianto Sussidiario con scarico nel Cavrato realizzato dall'allora Genio Civile Regionale: il drenaggio dell'abitato infatti è affidato agli impianti ubicati in prossimità di Marinella. Si precisa tuttavia che tale impianto sussidiario, dotato di 3 pompe per un totale di 500 l/s, si attiva automaticamente tramite galleggianti per quote superiori a 9,80m slm.

7.2.1 Nuovo impianto idrovro Cesarolo: ricettore del centro urbano

Si riporta di seguito un grafico che illustra come, presso il nuovo impianto idrovro di Cesarolo realizzato nell'anno 2013 e caratterizzato da portata massima 3'000 l/s, il livello sia rimasto entro i limiti ordinari per tutta la durata dell'evento.

In particolare, come evidente dai grafici di seguito riportati, la prima delle due pompe (che si attiva automaticamente per livelli appena superiori all'ordinario) ha funzionato ininterrottamente dalle ore 10:15 alle ore 18:17 mentre la seconda si è attivata automaticamente al raggiungimento del livello di 2^a stadio: a tale attivazione, come evidente dai grafici, corrisponde un rapido abbassamento del livello nel canale di macchina. A scala di bacino, pertanto, l'evento non è stato eccezionale ed i sistemi di smaltimento principali hanno potuto gestire l'evento in condizioni di lavoro ordinarie.



Schema: raffronto pioggia – livelli nel canale presso impianto idrovro nuovo



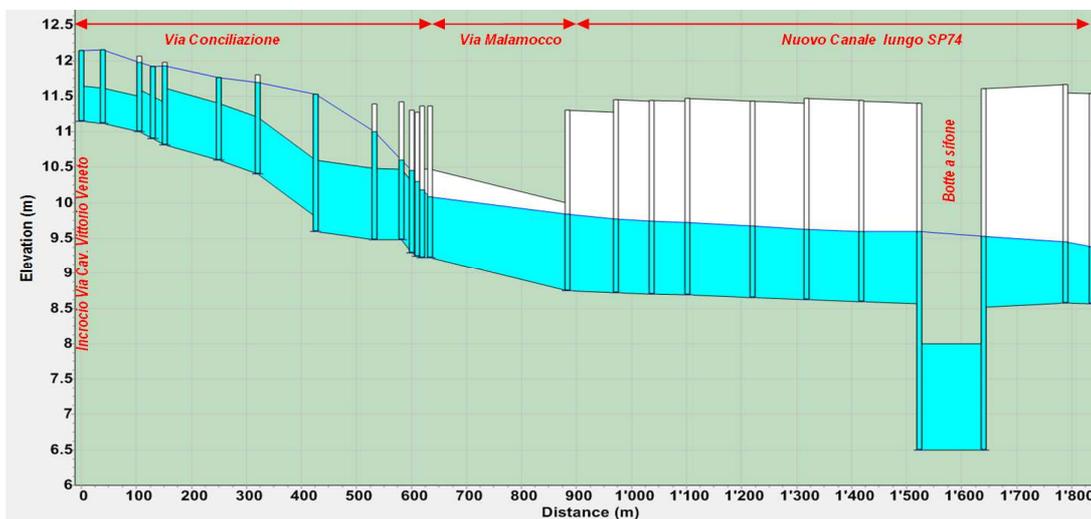
Livello nel canale, superamento 1^a e 2^a stadio, attivazione pompe 1 e 2 presso impianto idrovoro nuovo Cesarolo

Presso l'imbocco del nuovo canale lungo la SP 74 (presso ristorante *Vecchia Fattoria*) i livelli sono rimasti entro le condizioni ordinarie, raggiungendo nel momento di picco circa quota 10,20m slm. Tale livello va confrontato con le quote delle sedi stradali allagate durante l'evento: in particolare esso è di circa 2,0m più basso rispetto alla quota stradale di Via Conciliazione (incrocio con Via Cavalieri di Vittorio Veneto) e di circa 3,0m più basso rispetto alla sede stradale di Via Forgiarini.



Massimo livello raggiunto presso rete di bonifica all'altezza ristorante *Vecchia Fattoria*

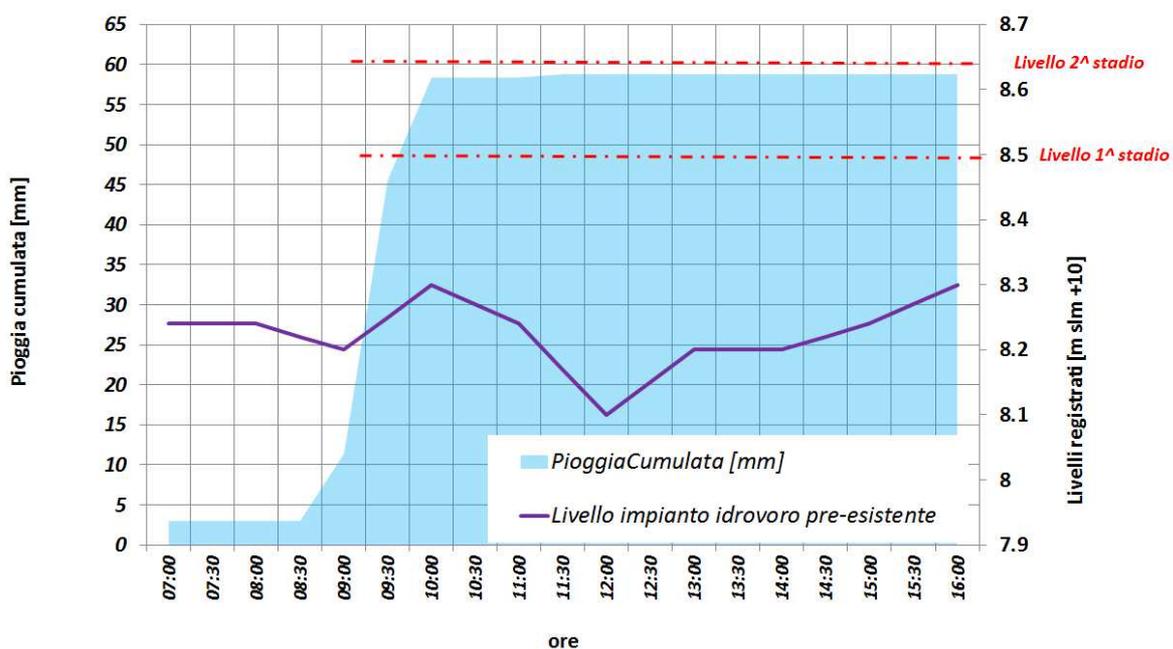
Il confronto tra le quote raggiunte nel sistema di canalizzazioni e le quote dei piani stradali interessati di allagamento, mostra le carenze nello smaltimento del sistema di prima raccolta, con forti sovrapressioni e innalzamento dei livelli in condotta come evidente dal profilo di seguito proposto:



7.2.2 Pre-esistente impianto Cesarolo: ricettore dei terreni bassi

Per completezza, ancorché non direttamente collegato al drenaggio del centro urbano, si riporta il funzionamento dell'impianto idrovoro di Cesarolo pre-esistente. Ad esso, come illustrato, afferiscono le aree prevalentemente considerate Terreni Bassi e l'abitato di Marinella. Come riportato nel grafico le quote presso l'impianto non hanno mai raggiunto livelli di guardia.

Tuttavia, nell'ambito del servizio di reperibilità, notando dal radar la concentrazione della precipitazione sul bacino di Cesarolo, è stata condotta una forzatura manuale dell'impianto prevedendone l'accensione prima del raggiungimento della quota di 1^a stadio. Tale forzatura, evidente dal grafico come abbassamento del livello registrato prima del raggiungimento del 1^a stadio di attivazione, ha presto portato il livello nel canale a minima quota.



Schema: raffronto pioggia – livelli nel canale presso impianto idrovoro pre-esistente.

7.3 Caso studio del 18 settembre 2016: considerazioni

Alla luce delle analisi sopra riportate per l'evento temporalesco del 18/09/2016, preso atto dei livelli del tutto ordinari registrati presso entrambi gli impianti idrovori posti a servizio di Cesarolo, si deduce che:

- l'evento si è concentrato sul centro urbano con intensità statisticamente associabili a tempi di ritorno decennali;
- gli impianti idrovori deputati al drenaggio di Cesarolo, che sono ubicati in prossimità di Marinella, si sono automaticamente attivati ed hanno correttamente funzionato per tutta la durata dell'evento;
- le sedi stradali caratterizzate da allagamento sono più alte rispetto al livello registrato nel canale ricettore di quantità variabili tra 2,0 e 3,0m;
- gli allagamenti registrati sono associabili principalmente alle sovrappressioni che si determinano nella rete fognaria urbana afferente principalmente al tombinamento del canale Malamocco su Via Conciliazione;
- tali sovrappressioni, che si rendono tanto più evidenti quanto più l'evento è breve ed intenso, si manifestano sia con fuoriuscita d'acqua dalle caditoie e dai pozzetti, sia con reflusso da allacciamenti domestici qualora questi non siano adeguatamente protetti; in aggiunta a ciò la lama d'acqua determinata su sede stradale determina l'allagamento dei vani interrati qualora le rampe non siano completamente isolate;
- tali sovrappressioni si manifestano con livelli di allagamento maggiori in Via Conciliazione, dove l'assetto altimetrico è più sfavorevole data la giacitura della sede stradale;
- come stimato su base analitica la crisi del sistema urbano di Cesarolo si verifica per eventi caratterizzati da tempi di ritorno appena superiori ai 5 anni, anche indipendentemente dalle condizioni di valle;
- il complesso di interventi di potenziamento della rete urbana previsto dal Piano rappresenta la risposta tecnica a tali carenze urbane, soprattutto in riferimento ad eventi temporaleschi;
- fino alla conclusione di tale programma comunale di potenziamento valgono le regole di autoprotezione per evitare che lame d'acqua di alcuni centimetri su sede stradale si riversino negli ambiti di proprietà;
- per tutti i nuovi interventi di edificazione è necessario il rispetto dei requisiti introdotti dalla normativa regionale in merito all'invarianza idraulica.

8 CONCLUSIONI

L'analisi condotta ha evidenziato lo stato di notevole criticità idraulica a cui era soggetto l'abitato di Cesarolo prima della realizzazione del collegamento del canale Malamocco con il collettore dei Terreni Medi. Le simulazioni eseguite nell'ambito del presente studio relative alla configurazione antecedente il 2013 mostrano infatti fenomeni esondativi localizzati anche in occasione di eventi pluviometrici di modesta entità, i quali si diffondono capillarmente a tutto il territorio urbano all'aumentare dell'entità della precipitazione. La principale evidenza era rappresentata dall'impossibilità per il collettore tombinamento Malamocco di convogliare in condizioni di sicurezza i rapidi deflussi raccolti in area urbana verso il ricettore Fossadello: l'acceleratore di deflusso installato su Via Conciliazione non aumentava in modo significativo tale possibilità limitando la portata transitabile a valori di circa 400 l/s.

I lavori conclusi nel 2013, con attivazione del diversivo verso il collettore dei Terreni Medi ed il potenziamento idrovoro complessivo, determinano presso l'incrocio tra Via Conciliazione e Via Malamocco un profilo di chiamata che, abbinato all'elevata capacità di portata e invaso del sistema di valle, annulla per eventi ordinari i fenomeni rigurgito della rete fognaria.

Tuttavia, per eventi di pioggia corrispondenti a tempi di ritorno superiori ai 5 anni, soprattutto se di tipo temporalesco e quindi caratterizzati da durate inferiori all'ora, la rete di prima raccolta mostra funzionamento in pressione, anche se con livelli piezometrici non tali da superare il piano stradale. Questa circostanza determina l'impossibilità per caditoie e allacciamenti di drenare correttamente le portate di pioggia: si innescano così ruscellamenti superficiali che confluiscono rapidamente verso gli ambiti più depressi. Nel caso specifico essi si raccolgono su Via Conciliazione, sede stradale particolarmente sfavorita rispetto alle aree limitrofe essendo originariamente costituita da corso d'acqua ricettore.

Questo fenomeno crea in ambiti urbani e specialmente nel caso di vani interrati non adeguatamente protetti, disagi localizzati di rilevante entità che dimostrano la necessità di ristrutturazione della rete di prima raccolta.

Per questo motivo l'elaborato grafico tav. 12 C mostra come intervento di progetto il potenziamento delle reti di fognatura, per offrire al sistema idraulico la capacità di invasare e trasferire in sicurezza l'onda di piena generata dal comparto urbano senza determinare funzionamento in pressione della rete. Tale ristrutturazione, che deve coinvolgere in primo luogo Via Conciliazione, Via Matteotti e Via Sante del Sal quali direttrici principali del sistema idraulico, è stata pre-dimensionata e quantificata parametricamente dal punto di vista economico nel presente Piano delle Acque.

Seguirà una progettazione definitiva che definisca aspetti di cantierabilità e interferenza con i sottoservizi, anche valutando in sinergia con l'Ente gestore del servizio idrico la convenienza di procedere ad un effettiva separazione delle reti sfruttando, ove possibile, la rete nera esistente.