



# COMUNE DI CAMPOSAMPIERO

Piazza Castello, 35 - 35012 Camposampiero (PD)

Via Rovereto, 12 - 30174 VENEZIA  
e-mail: consorzio@acquerisorgive.it  
www.acquerisorgive.it



CONSORZIO DI BONIFICA  
**ACQUE**  
**RISORGIVE**

01.02.00 RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA



## PIANO DELLE ACQUE COMUNALE

DATA		ELABORATO						
DICEMBRE 2015		RELAZIONE IDROLOGICO-IDRAULICA						
SCALA								
-								
CODICE ELABORATO						Consorzio di Bonifica Acque Risorgive		
AR009	PA	01	02	00	REII	00		
Comune di Camposampiero						<i>ing. Carlo Bendoricchio</i> DIRETTORE		
<i>Carlo Gonzo</i> ASSESSORE ALLE POLITICHE AMBIENTALI E MANUTENZIONI						<i>ing. Michele Caffini</i> DIRETTORE AREA TECNICA		
UFFICIO LAVORI PUBBLICI / MANUTENZIONI								
UFFICIO URBANISTICA / AMBIENTE						<i>ing. Luca Mason</i> - UFFICIO PIANIFICAZIONE E SVILUPPO NUOVE OPERE <i>geom. Michele Maragno</i> - UFFICIO GESTIONE		
REV. N°	DATA	MOTIVO DELLA REVISIONE				REDIGE	VERIFICA	APPROVA
0	28-12-2015	Prima emissione				L. Mason	L. Mason	M. Caffini

AR009 PA

## Sommario

Premesse .....	3
1. Descrizione del modello .....	4
1.1. Condizioni al contorno e parametri assunti .....	4
2. La geometria .....	5
3. Suddivisione in bacini .....	6
4. Definizione degli eventi pluviometrici di progetto .....	7
Regionalizzazione delle piogge .....	7
Scelta degli eventi.....	7
5. Taratura .....	7
6. Modello idraulico del territorio comunale.....	8
6.1. Bacino Tentori.....	8
6.3. Bacino Muson Vecchio .....	12
6.4. Bacino Tergola.....	14
6.5. Bacino Lusore .....	16
6.6. Bacino Marzenego .....	17
7. Pluviogrammi di progetto .....	18
8. Condizioni al contorno .....	21
9. Simulazione dello stato di fatto .....	22
10. Individuazione criticità .....	24
11. Individuazione interventi .....	25
11.1. Ripristino ispezionabilità condotte .....	28
11.2. Manutenzione fossi .....	29
11.3. Via Belludi .....	30
11.4. Zona via Vivaldi.....	32
11.5. Via Kolbe e via Bonora.....	34
11.6. Canale Tentori.....	36
11.7. Canale Mazzon .....	43
11.8. Zona urbana sud-ovest .....	45
11.9. Nord-Vandura.....	48
11.10. Scolo Vandura .....	49
11.11. Scolo Orcone .....	50
11.12. Moggia Inferiore.....	51

11.13.	Fosso di via Cime .....	52
11.14.	Rustega .....	53
11.15.	Via Casere e via Straelle .....	56
11.16.	Interventi fuori comune .....	58
12.	Verifica dello stato di progetto.....	60
13.	Conclusioni .....	61
13.	Indicazioni per la definizione dei coefficienti idrometrici caratteristici.....	62
14.	Appendice: descrizione del modello di calcolo epa swmm .....	65
14.1.	Generalità.....	65
14.2.	Descrizione matematica del modello di calcolo .....	67
	Equazioni Generali.....	67
	Soluzione generica per i tratti .....	68
	Calcolo delle caratteristiche medie dei tratti.....	70
	Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi .....	70
	Meccanismo di generazione dei deflussi superficiali .....	71
	Formulazione del modello matematico .....	72

## **PREMESSE**

Nell'ambito del Piano delle Acque del Comune di Camposampiero è stato sviluppato il presente studio idrologico-idraulico del territorio indagato e dei corsi d'acqua principali che lo attraversano; lo studio ha comportato il rilievo plano altimetrico delle principali dorsali della fognatura bianca e mista, della rete consortile e delle principali affossature presenti sul territorio comunale.

## 1. DESCRIZIONE DEL MODELLO

Per la simulazione numerica del territorio comunale si è utilizzato il modello EPA SWMM, che risolvendo le equazioni di De Saint Venant a moto vario, consente di verificare il comportamento delle condotte e dei canali scegliendo l'evento meteorico di progetto. Tale modello matematico è uno dei più validi e utilizzati nell'ambito della modellazione di reti fognarie di acque meteoriche e ha il vantaggio di essere basato su software di libera distribuzione.

La rete viene schematizzata in una maglia nodi-tronchi con la possibilità di inserire particolari manufatti quali sfioratori, pompe etc..

Le quote dei nodi e le caratteristiche dimensionali dei tronchi sono state definite attraverso i rilievi e i sopralluoghi effettuati.

I bacini imbriferi sono stati definiti attraverso i sopralluoghi e la mappatura delle affossature e delle condotte censite.

Per la trattazione teorica del modello SWMM utilizzato si rimanda all'appendice.

### 1.1. Condizioni al contorno e parametri assunti

I principali parametri di simulazione idraulica utilizzati sono i seguenti:

- Scabrezza canali:  $0.05 \text{ s/m}^{(1/3)}$ ;
- Scabrezza tubazioni:  $0.02 \text{ s/m}^{(1/3)}$ ;
- Coefficiente di perdita di carico sbocco tombinamenti/condotte: formula di Borda
- Coefficiente di perdita di carico imbocco tombinamenti/condotte: perdita sbocco/2
- Invasi superficiali aree pavimentate: 4 mm;
- Invasi superficiali aree permeabili: 10 mm.

Per ciò che attiene il modello di filtrazione: metodo SCS del Curve Number con attribuzione di un coefficiente CN alle aree agricole in base alla tipologia di suolo presente e all'applicazione di formule correttive che tengano conto della pendenza media presente.





## **4. DEFINIZIONE DEGLI EVENTI PLUVIOMETRICI DI PROGETTO**

### **Regionalizzazione delle piogge**

Per quanto riguarda la definizione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica si rimanda al corrispondente capitolo presente all'interno della Relazione Generale (doc. 01.01.00).

### **Scelta degli eventi**

Le simulazioni numeriche vengono effettuate utilizzando pluviogrammi costanti relativi alle durate di pioggia comprese tra 1 e 24 ore con tempo di ritorno compresi tra i 5 e i 20 anni.

Per ogni modello sviluppato vengono analizzati, attraverso numerose simulazioni, gli effetti delle varie precipitazioni andando ad approfondire e rappresentare i risultati degli eventi critici.

In linea di principio le precipitazioni intense ma brevi vanno a sollecitare maggiormente le zone urbane, caratterizzate da tempi di corrivazione brevi; diversamente, le precipitazioni prolungate di intensità anche non particolarmente elevata generano maggiore carico della rete di bonifica in quanto, superata la fase iniziale di imbibizione dei terreni, una parte rilevante della precipitazione si riversa in rete.

Per ogni modello verranno rappresentati i risultati relativi a varie durate di precipitazione differenti in modo tale da descrivere in maniera completa il comportamento idrologico-idraulico. Una volta determinati gli interventi di progetto le relative simulazioni non sono state fatte solo sulle durate critiche precedentemente individuate ma su tutte la gamma di piogge (1-24 ore) in quanto l'inserimento di aree di laminazione e nuovi collegamenti può modificare la risposta della rete.

Per semplicità e uniformità i risultati delle simulazioni relative allo stato di progetto saranno riferiti agli stessi eventi meteo utilizzati per lo stato di fatto.

## **5. TARATURA**

I modelli numerici realizzati sono caratterizzati anche da una serie di parametri la cui scelta, in prima battuta, è stata effettuata basandosi su valori ricavati in bibliografia e riferiti a condizioni simili (risposta idrologica del suolo, scabrezza canali e condotte, impermeabilizzazione del suolo in base all'uso). I risultati del modello sono stati comparati qualitativamente alle segnalazioni di allagamenti o fotografie effettuate durante gli eventi di piena più recenti.

## 6. MODELLO IDRAULICO DEL TERRITORIO COMUNALE

Lo studio idraulico del territorio comunale ha comportato l'analisi e lo sviluppo un modello esteso al di fuori dei confini comunali per una congrua distanza: si è tenuto conto dei bacini posti a monte mentre a valle si sono poste delle condizioni al contorno verosimili.

### 6.1. Bacino Tentori

Il modello numerico Tentori sviluppato simula la risposta idraulica del territorio comunale di Camposampiero di forma quasi rettangolare delimitato in questo modo: a nord dal Muson Vecchio, a ovest dal Canale Tergolino, a est dal Torrente Muson dei Sassi e a sud dall'immissione della canaletta Tentori in Tergolino.

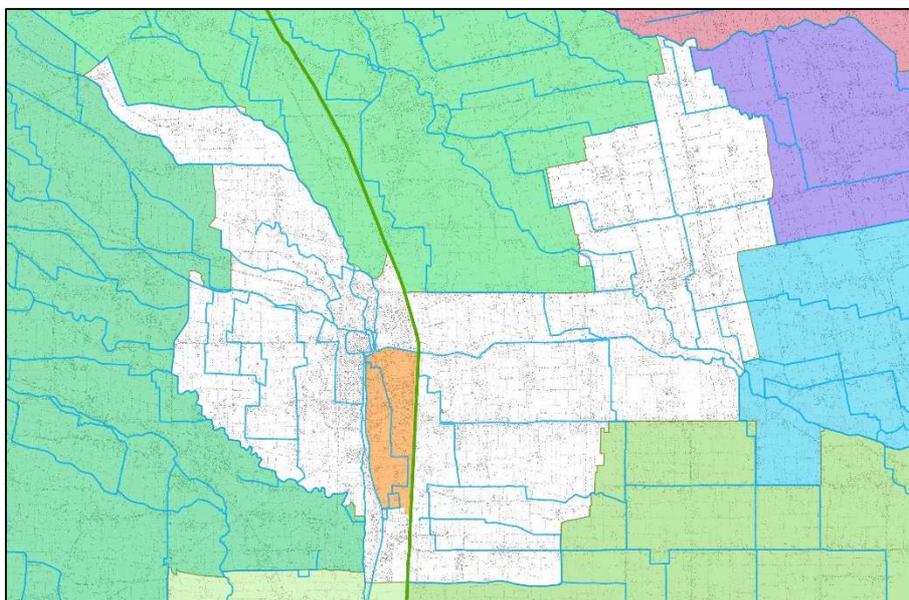
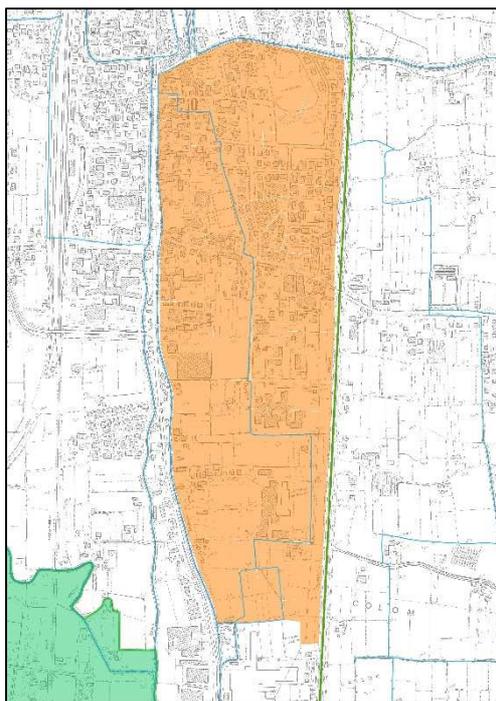


Figura 3. Inquadramento bacino "Tentori" nel Comune di Camposampiero



**Figura 4. Bacino "Tentori"**

Il territorio compreso nel bacino, di superficie pari a 83.7 ha, è fondamentalmente di tipo urbano, caratterizzato da una rete di fognatura bianca ben sviluppata ma realizzata in varie fasi successive con l'ampliarsi dell'urbanizzazione.

La porzione nord del bacino, segnata in arancio nell'immagine seguente, scarica le proprie acque di origine meteorica nel Muson Vecchio in due punti: attraverso una condotta presidiata da paratoia nei pressi del ponte di via Palladio e in corrispondenza dell'incrocio tra via Tiso e via Vivaldi.

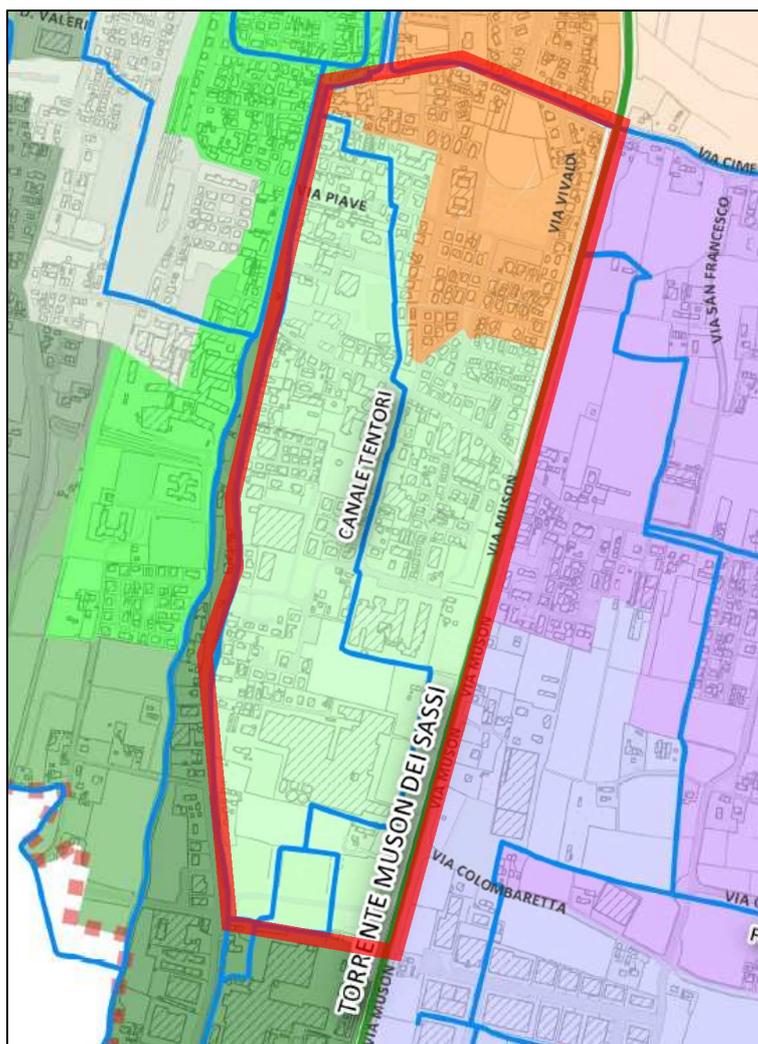


Figura 5. Recapiti bacino "Tentori" – arancio in Muson Vecchio, verde chiaro in Canaletta Tentori

La rimanente porzione di bacino, campita in verde chiaro, ha come recapito la Canaletta Tentori; tale canaletta, realizzata per fini prevalentemente irrigui quando ancora la zona era a destinazione agricola, ha visto nel tempo aumentare la propria funzionalità di bonifica a causa dell'impermeabilizzazione del suolo realizzata. La sua originale configurazione a cielo aperto è stata mutata in un tombinamento per cause igienico-sanitarie dovute a scarico di fognatura nera.

Oggi, la canaletta Tentori è presente con una configurazione a cielo aperto solo a valle degli istituti scolastici provinciali; lungo il rimanente tracciato l'acqua scorre in condotte prevalentemente di diametro 100 cm.

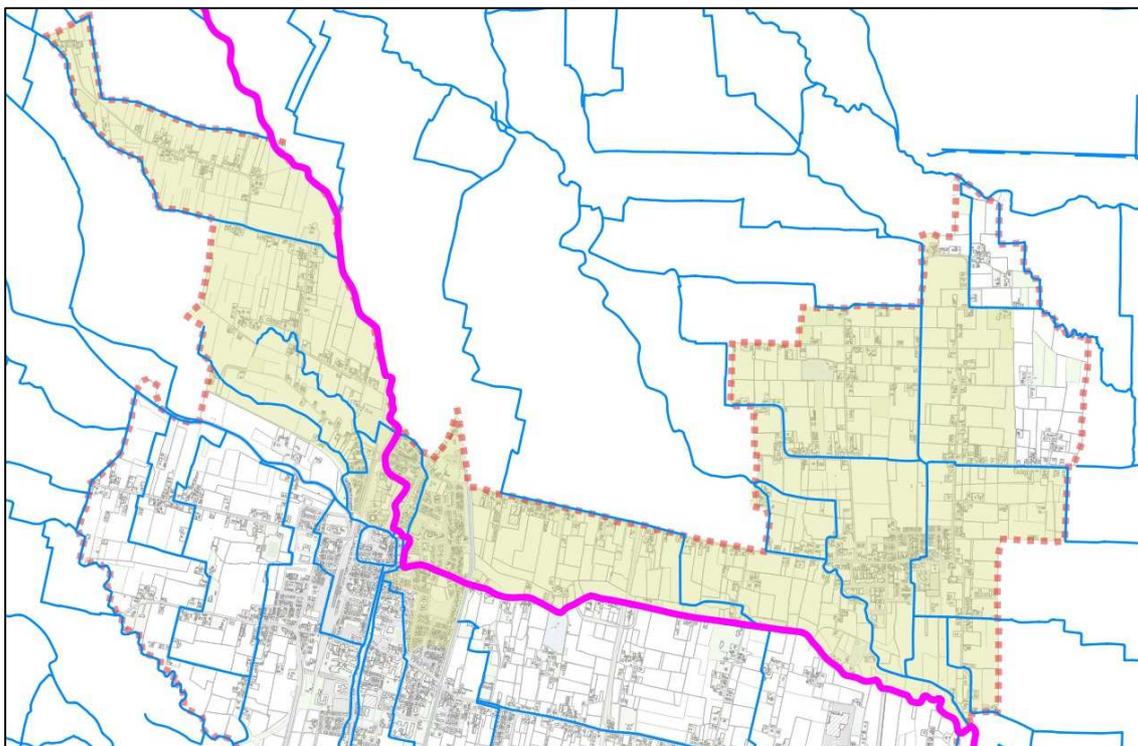
I sopralluoghi effettuati hanno evidenziato che quasi tutto il tratto iniziale del tombinamento (a monte di via Bonora – SP31) è caratterizzato dal deposito di materiale che ostruisce la condotta per quasi il 50% riducendone così la funzionalità.



**Figura 6. Ispezione del tombinamento della Canaletta Tentori**

### 6.3. Bacino Muson Vecchio

La quasi totalità della porzione settentrionale del territorio comunale di Camposampiero è recapita le proprie acque di origine meteorica nel Muson Vecchio.



**Figura 7. Porzione di territorio comunale afferente al Muson Vecchio (rappresentato in fucsia)**

Il “Muson Vecchio” inizia circa 1 km prima del confine comunale ricevendo le acque del “fosso Muson Vecchio” prevalentemente di origine risorgiva. In corrispondenza del centro urbano di Camposampiero, dopo aver attraversato “Via del Santo SR 307”, arriva presso il manufatto denominato “Porta Antonella”: uno sfioro regolabile che dirama parte delle portate defluenti dentro il Canale Tergolino il quale proseguendo verso sud dopo circa 5 km si immette nel Tergola.

Il Muson Vecchio, dopo aver costeggiato via Tiso passa sotto il Torrente Muson dei Sassi grazie ad una botte a sifone a doppia canna e prosegue verso est abbandonando il territorio comunale di Camposampiero e percorrendo quelli di Massanzago, Borgoricco (a confine), Santa Maria di Sala, Noale (a confine), Salzano (a confine) e Mirano giunge presso il manufatto di regolazione “Mulini di Sopra” e “Mulini di Sotto” per poi venir denominato “Canale Taglio di Mirano” e diventare di competenza Regionale.



**Figura 8. Il manufatto "Porta Antonella"**



**Figura 9. Sifone Muson Vecchio-Muson dei Sassi**



**Figura 10. Paratoie presso "Mulini di Sopra" a Mirano**

## 6.4. Bacino Tergola

La porzione sud-occidentale del comune recapita le proprie acque meteoriche nel Tergola attraverso lo scolo Vandura che vi si immette circa 2 km dal comune comunale. Lo scolo Vandura attraversa il centro cittadino e, diramandosi anche nello Scolo Fosson presso l'incrocio tra via Sant'Antonio e Piazza Castello, circonda il nucleo storico con le proprie acque.

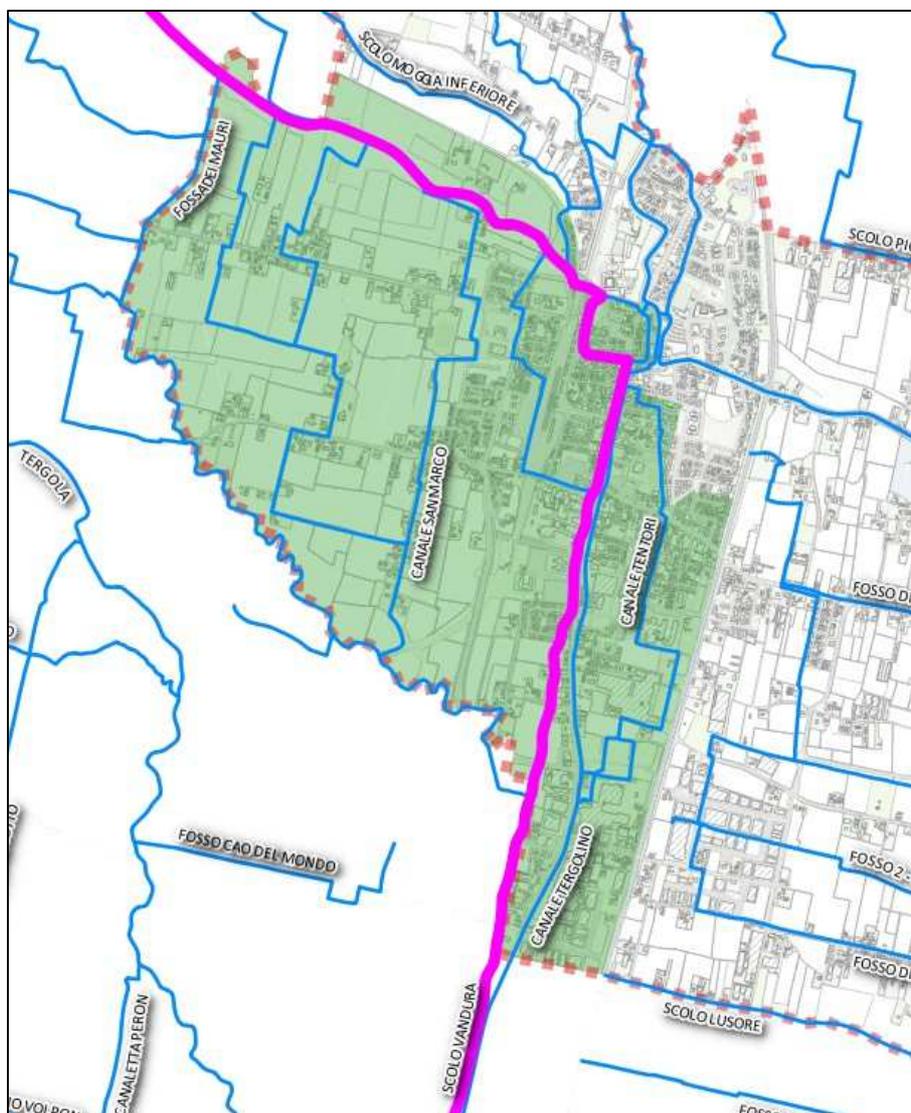


Figura 11. Porzione di territorio comunale afferente al Tergola tramite lo scolo Vandura (in fucsia)

Esiste lungo lo scolo Fosson, subito a valle del ponte della "Via del Santo SR 307", un manufatto detto "Businello" che collega il sistema Vandura-Fosson con il Muson Vecchio con uno stramazzo a parete sagomata. Esso permette di derivare in magra una parte delle acque del Fosson nel Muson e in piena funge da equilibratore tra i due sistemi pur con un trasferimento di portata trascurabile a causa delle dimensioni limitati del manufatto stesso.



**Figura 12. Vandura presso la diramazione dello scolo Fosson**



**Figura 13. Manufatto "Businello"**

## 6.5. Bacino Lusore

La porzione di territorio comunale a sud del Muson Vecchio e a est del Muson dei Sassi è compresa nel bacino dello scolo Lusore. I punti di recapito diretti sono costituiti da due scolo consortili (Scolo Molino Nuovo e Canale Fossetta) che si immettono nel Lusore all'interno del territorio comunale di Borgoricco. Collegamenti diretti sono presenti in una piccola fascia di territorio adiacente allo scolo Lusore e in corrispondenza dello scolmatore del Fosso di via Casere recentemente potenziato dal Consorzio di bonifica Acque Risorgive.

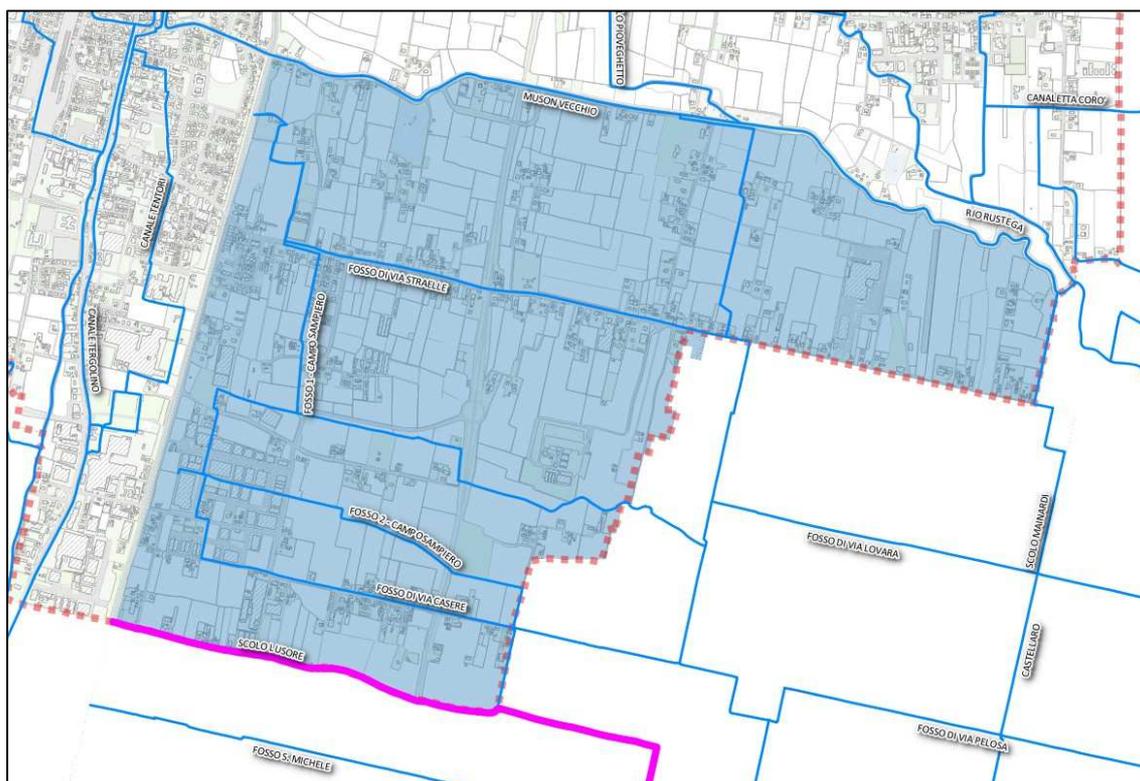


Figura 14. Territorio afferente al Lusore (in fucsia)

## 6.6. Bacino Marzenego

Una piccola porzione del territorio comunale nell'angolo nord-est è afferente al bacino del fiume Marzenego tramite lo scolo Fossalta.

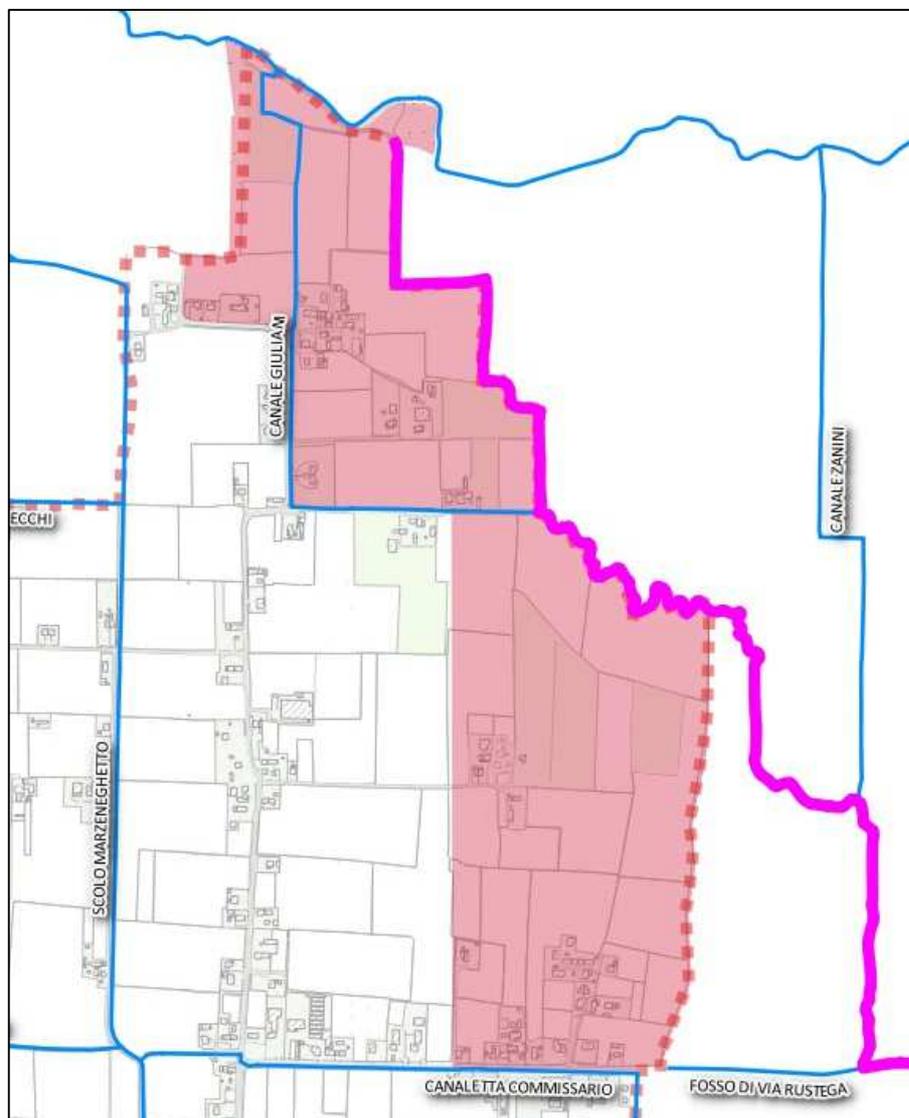


Figura 15. Territorio afferente al Marzenego (in fucsia)

## 7. PLUVIOGRAMMI DI PROGETTO

Nella modellazione della rete di smaltimento delle acque meteoriche del Comune di Camposampiero è presente una varietà delle scale spaziali coinvolte: dalla condotta che drena una singola via sino a corsi d'acqua di una certa importanza che drenano territori con superficie di molti chilometri quadrati. Per questo motivo è stato scelto di analizzare la risposta simulata dal modello su un'ampia gamma di durate di precipitazioni: a partire dall'evento di durata oraria sino alle 12 ore.

Il dimensionamento di massima per gli interventi di progetto è stato eseguito facendo riferimento ad eventi caratterizzati da tempi di ritorno pari a 20 anni, essendo questo l'attuale riferimento per la bonifica.

Relativamente agli eventi più brevi e intensi, pari a 1 ora, è stato scelto il tempo di ritorno per la simulazione e identificazione degli interventi di progetto pari a 5 anni per ottenere interventi di progetto che siano sostenibili e realizzabili; questo a causa dell'estensione del centro urbano e dei tempi di corrivazione brevi. A tal riguardo è bene evidenziare che, volendo raggiungere livelli di sicurezza idraulica maggiore, diverrebbe probabilmente necessario rifare non soltanto la rete principale ma tutta la rete di raccolta delle acque meteoriche esistente con costi difficilmente sostenibili.

**Il dimensionamento degli interventi di progetto rimane in ogni caso un'indicazione di massima la quale dovrà essere accuratamente ridefinita valutando la scelta del tempo di ritorno, anche tramite un'analisi costi/benefici, nelle fasi di progettazione successive.**

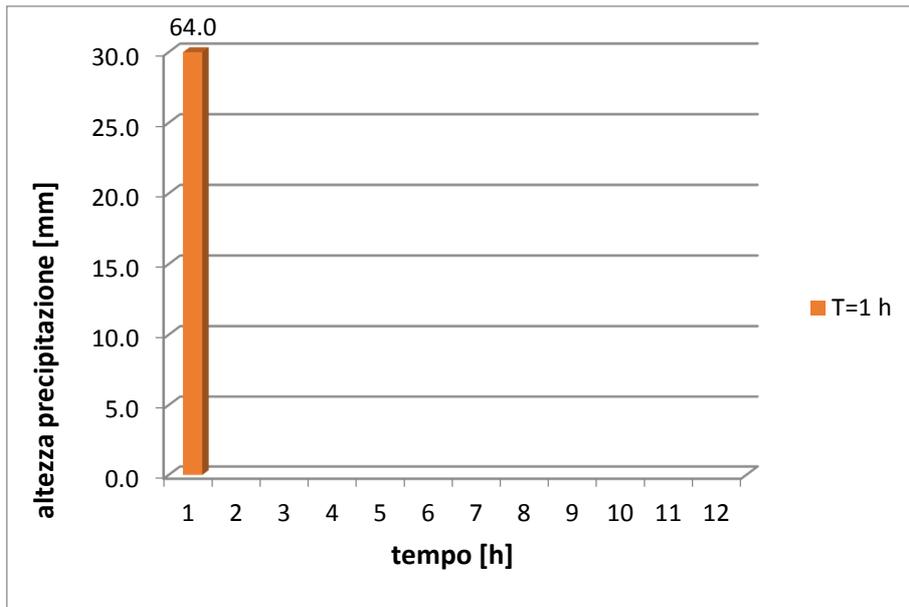


Figura 16. Pluviogramma T=1 h Tr= 5 anni

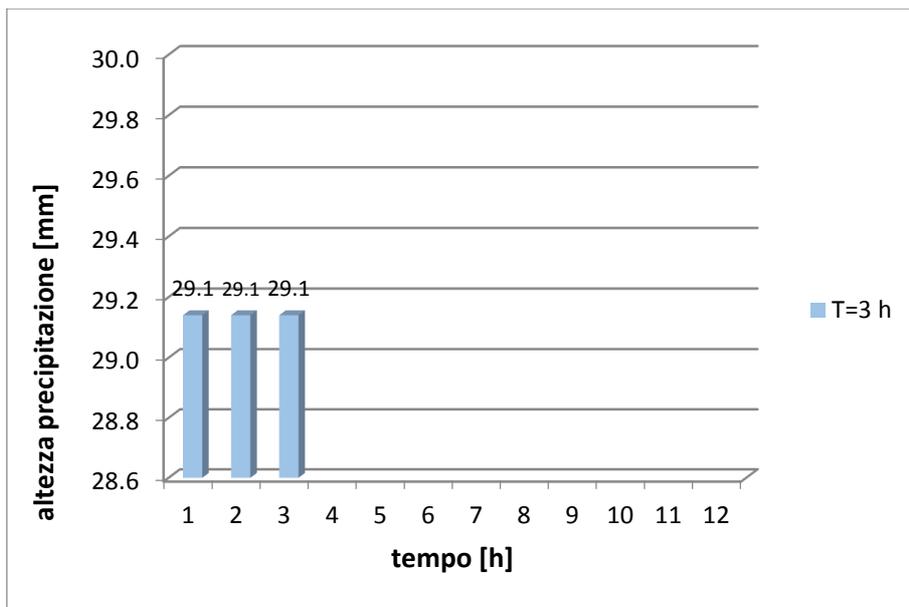


Figura 17. Pluviogramma T=3 h Tr= 20 anni

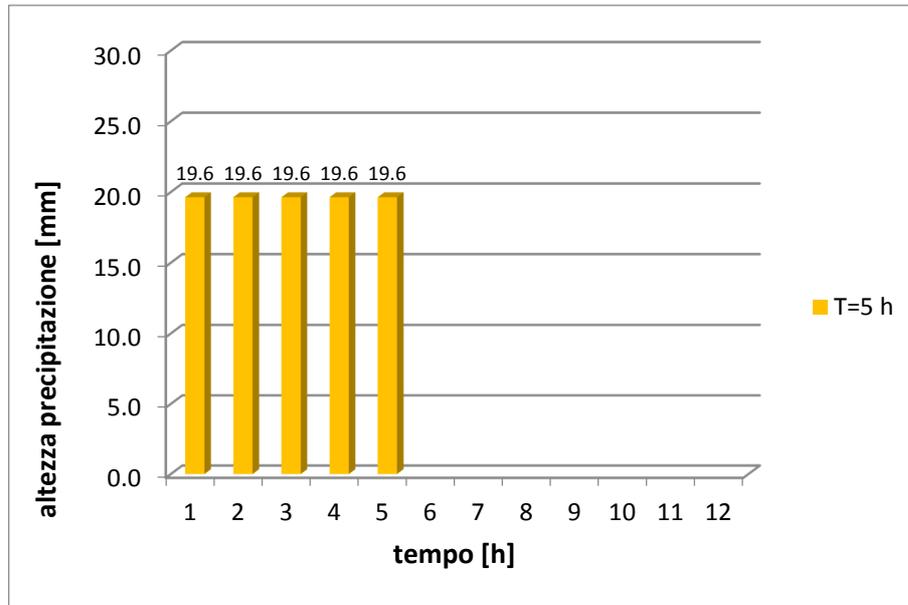


Figura 18. Pluviogramma T=5 h Tr= 20 anni

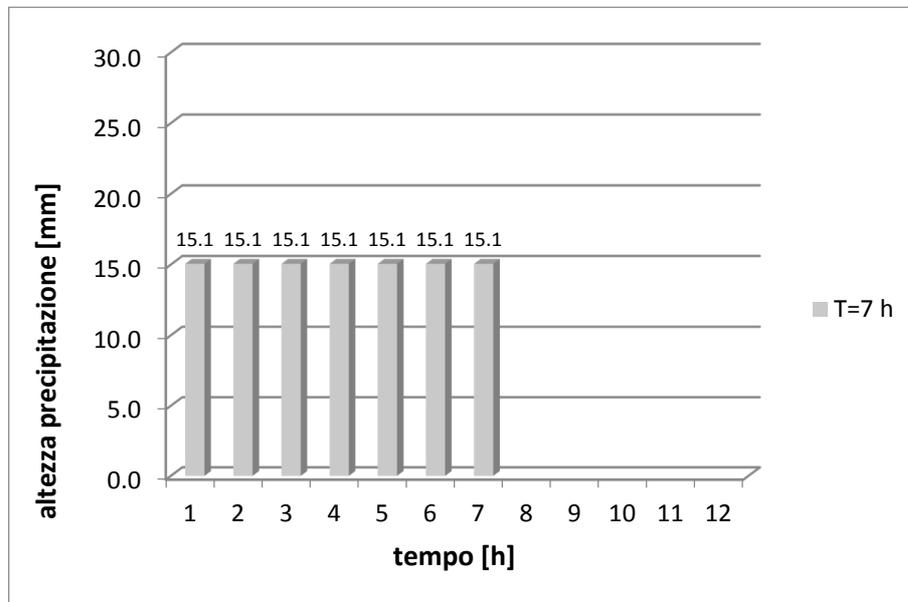


Figura 19. Pluviogramma T=7 h Tr= 20 anni

Si ritiene necessario evidenziare che le durate critiche evidenziate dal modello numerico sviluppato dipendono dal modello scelto per simulare la risposta idrologica del terreno. Nel caso specifico il modello è quello del Curve Number (SCS) che si ritiene riesca a rappresentare con buoni risultati la progressiva imbibizione del terreno durante precipitazioni di lunga durata mentre trascura la possibilità che l'intensità di precipitazione ecceda la capacità di infiltrazione nel terreno.

## 8. CONDIZIONI AL CONTORNO

Le condizioni al contorno utilizzate nelle simulazioni sono state scelte ipotizzando le condizioni più verosimili possibili andando a valutare comunque l'eventuale influenza di queste sui risultati della modellazione.

- Livello del Vandura imposto costante all'altezza dell'immissione in Tergola (2 km di distanza dal confine Comunale con presenza di salto di fondo intermedio presso il ponte della SP 10);
- Livello del Lusore imposto costante a 19.5 m s.l.m. (franco pari a 0.5 m);
- Scarico libero in Marzenego da parte dello scolo Fossalta;
- Livello del Muson Vecchio costante a 20 m in corrispondenza dell'immissione dello scolo Rustega (franco maggiore di 0.5 m);
- Livello del Muson Vecchio costante a 20.5 m in corrispondenza dell'immissione dello scolo Pioveghetto (franco maggiore di 0.5 m);
- Scarico libero all'altezza della confluenza di Fosso 1 – Camposampiero e Scolo Mulino Nuovo;
- Relativamente agli scarichi della rete di fognatura urbana con recapito finale in Muson Vecchio e Tergolino. Si è ipotizzato un andamento del livello prima crescente e poi stabile che renda gli scarichi rigurgitati da un certo momento in poi.

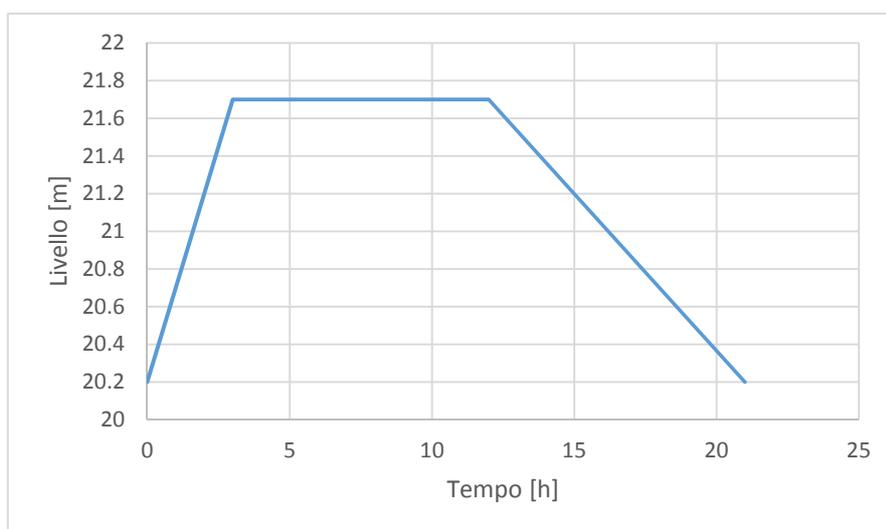


Figura 20. Grafico livelli allo scarico in Muson Vecchio

## 9. SIMULAZIONE DELLO STATO DI FATTO

Le simulazioni effettuate con i pluviogrammi di progetto hanno potuto evidenziare i punti critici. E' possibile trovare una rappresentazione grafica dei risultati ottenuti all'interno delle tavole 03.04.00, 03.05.00, 03.06.00, 03.07.00 sulle mappe poste a sinistra.

Nella tavola 03.02.00 sono state riassunte tutte le principali criticità emerse dalla modellazione numerica: attraverso la sovrapposizione dell'output relativo a tutti gli eventi analizzati è stato possibile individuare zone soggette ad insufficienza dell'attuale rete di smaltimento delle acque meteoriche (rete di bonifica, fossi privati/pubblici o rete condotte).

Eventi brevi e intensi sollecitano maggiormente la rete di fognatura bianca dei centri urbani senza creare esondazioni sulla rete consortile caratterizzata da bacini di maggiori dimensioni.

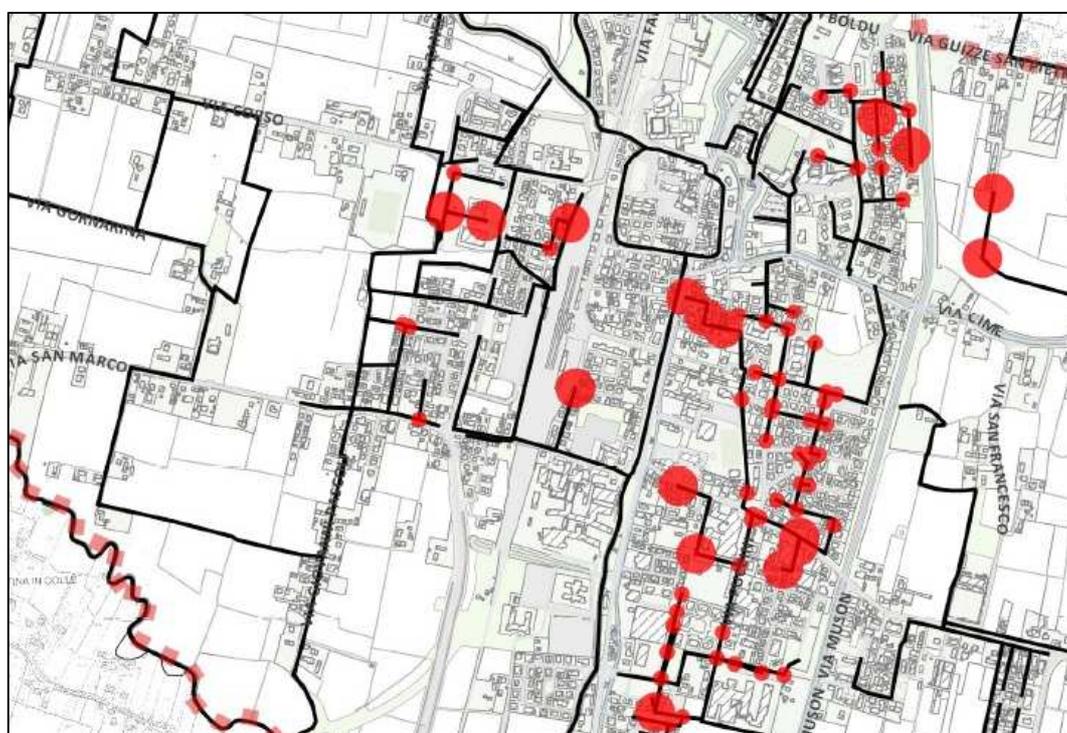


Figura 21. Risultati simulazione relativa ad una precipitazione di 1 ora e Tr 5 anni: in rosso le esondazioni

Eventi di durata maggiore pur con intensità minore vanno a sollecitare in maniera intensa la rete consortile lasciando invece, a meno di fenomeni di rigurgito, invariata la funzionalità della rete tubata dei centri urbani.

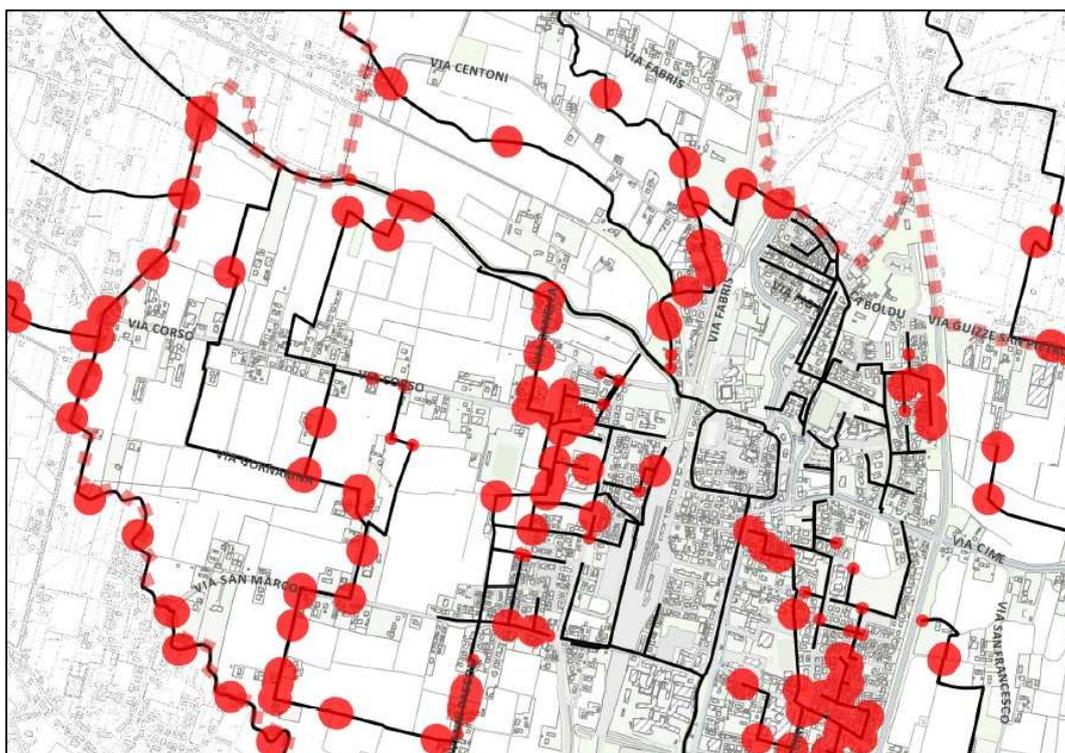


Figura 22. Risultati simulazione relativa ad una precipitazione di 7 ore e Tr 20 anni: in rosso le esondazioni

## 10. INDIVIDUAZIONE CRITICITÀ

Dall'analisi dei risultati del modello emerge una insufficienza della rete di smaltimento delle acque meteoriche in alcune zone, sempre facendo riferimento agli eventi meteorici descritti al capitolo 4.

E' possibile notare il sottodimensionamento della rete di bonifica a fronte degli attuali alti tassi di impermeabilizzazione de suolo e il grado di sofferenza idraulica in cui versano alcune porzioni della fognatura bianca, specialmente nelle zone con giacitura sfavorevole.

E' importante evidenziare che il sottodimensionamento delle reti è generato anche dalla variazione delle curve di possibilità climatiche rispetto a qualche decennio fa: oggi gli eventi meteorici intensi risultano più frequenti e intensi rispetto al passato.

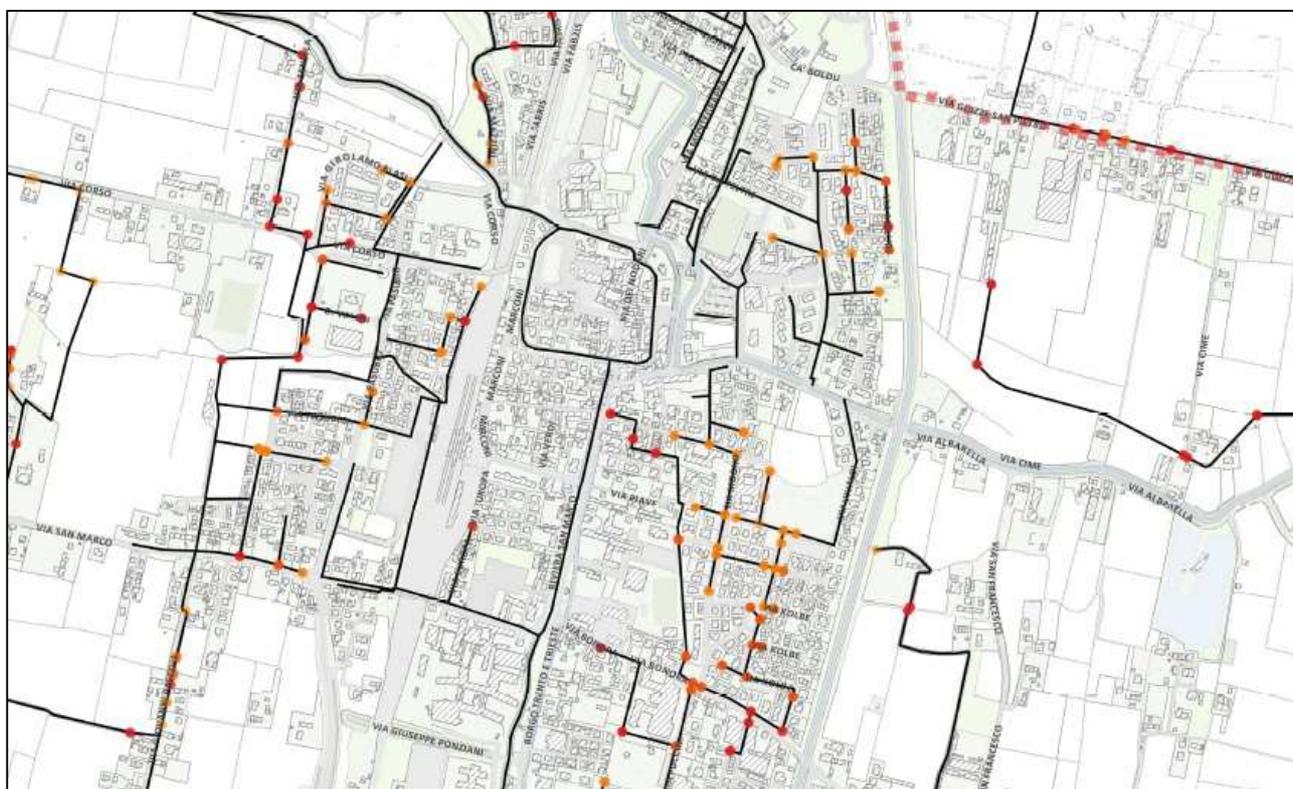


Figura 23. Estratto della tavola 03.02.00

## 11. INDIVIDUAZIONE INTERVENTI

Attraverso l'utilizzo del modello numerico sono stati individuati gli interventi di progetto che, attuati nella loro totalità, permetterebbero di incrementare in modo adeguato il livello di sicurezza del sistema di deflusso delle acque meteoriche nei centri urbani e più in generale anche della rete idrografica superficiale. Tali interventi sono stati definiti seguendo criteri di logicità e razionalità ma non si esclude che possano essere presenti altre differenti combinazioni di interventi idraulicamente equivalenti.

Gli interventi, nella loro totalità sono rappresentati nella tavola 03.03.00 e di seguito vengono illustrati puntualmente; essi sono stati classificati in tre tipologie:

- “Interventi in fase di realizzazione”: opere che sono state eseguite nel corso della redazione del Piano o che sono in fase di progettazione.
- “Interventi di manutenzione”: interventi di manutenzione straordinaria particolarmente importanti per ridare piena funzionalità ad opere idrauliche esistenti che pur risultando dimensionate correttamente hanno una funzionalità limitata (condotte e sifoni interrati, vegetazione o deposito al fondo di affossature).
- “Interventi strutturali”: nuove opere idrauliche o rifacimento di tratti di rete esistente che risulta attualmente sottodimensionata (bacini di laminazione, rifacimento condotte, nuove inalveazioni).

Nelle successive fasi di progettazione, sarà necessario valutare più approfonditamente la fattibilità degli interventi (ed eventualmente trovarne di idraulicamente equivalenti) e procedere ad un più preciso dimensionamento degli stessi effettuando delle valutazioni costi-benefici e l'analisi della presenza di sottoservizi.

Riguardo all'ordine di realizzazione degli interventi riguardanti lo stesso bacino o collettore è necessario che questi vengano realizzati con una successione che preveda la loro realizzazione a partire da quelli posti idraulicamente più a valle. Sia data particolare attenzione alla realizzazione degli interventi di manutenzione straordinaria in quanto hanno di norma tempi di realizzazione più rapidi.

Va evidenziato che gli interventi di seguito individuati sono stati individuati e dimensionati tenendo conto del solo contributo derivante dalle acque meteoriche e che le considerazioni derivanti dalla presenza di scarichi civili vengono rimandate alle successive fasi di progettazione in quanto particolarmente complesse e strettamente correlate alle scelte di gestione delle fognature oltretutto al rispetto di norme ambientali articolate.

Di segui si riporta una tabella riassuntiva degli interventi con il numero di paragrafo al quale si rimanda per una specifica descrizione.

Agli interventi così indicati si aggiungono in termini generali due tipologie di attività a carattere diffuso sul territorio che possono individuarsi in:

- Ripristino ispezionabilità condotte
- Manutenzione fossi

Descritte nei successivi paragrafi e per le quali si rimanda a tavola specifica del Piano (02.08.00).

Piano delle Acque – Comune di Camposampiero

Numero	Tipologia	Paragrafo
1	In fase di realizzazione	10.11
2	In fase di realizzazione	10.11
3	In fase di realizzazione	10.11
4	Strutturale	10.16
5	Strutturale	10.16
6	Strutturale	10.16
7	Strutturale	10.15
8	Strutturale	10.15
9	Strutturale	10.17
10	Strutturale	10.15
11	Strutturale	10.15
12	Strutturale	10.13
13	Strutturale	10.11
14	Strutturale	10.1
15	Strutturale	10.7
16	Strutturale	10.17
17	Strutturale	10.17
18	Strutturale	10.1
19	Strutturale	10.16
20	Strutturale	10.3
21	Strutturale	10.7
22	Strutturale	10.7
23	Strutturale	10.7
24	Manutenzione	10.9
26	Strutturale	10.16
27	Strutturale	10.15
28	Strutturale	10.15
29	Strutturale	10.17
30	Strutturale	10.15
31	Strutturale	10.17
32	Strutturale	10.16
33	Strutturale	10.6
34	Strutturale	10.11
35	Strutturale	10.7
36	Strutturale	10.7
37	Manutenzione	10.16
38	Strutturale	10.7
39	Strutturale	10.7
40	Manutenzione	10.7
41	Strutturale	10.7
42	Manutenzione	10.16
43	Manutenzione	10.7
44	Manutenzione	10.16
45	Strutturale	10.16
46	Manutenzione	10.8
47	Manutenzione	10.8
48	Strutturale	10.16
49	Strutturale	10.16
50	Strutturale	10.1

Numero	Tipologia	Paragrafo
51	Manutenzione	10.8
52	Manutenzione	10.16
53	Manutenzione	10.8
54	Strutturale	10.16
55	Strutturale	10.8
56	Strutturale	10.16
57	Strutturale	10.8
58	Manutenzione	10.16
59	Manutenzione	10.9
60	Strutturale	10.16
61	Strutturale	10.16
62	Strutturale	10.14
63	Strutturale	10.16
64	Strutturale	10.3
65	Strutturale	10.3
66	Strutturale	10.16
67	Strutturale	10.16
68	Strutturale	10.16
69	Strutturale	10.14
70	Strutturale	10.15
71	Strutturale	10.15
72	Strutturale	10.15
73	Strutturale	10.15
74	Strutturale	10.15
75	Strutturale	10.15
76	Strutturale	10.15
77	Strutturale	10.15
78	Manutenzione	10.15
79	Strutturale	10.15
80	Strutturale	10.15
81	Strutturale	10.15
82	Strutturale	10.15
83	Strutturale	10.15
84	Manutenzione	10.15
85	Strutturale	10.4
86	Manutenzione	10.6
87	Strutturale	10.6
88	Strutturale	10.6
89	In fase di realizzazione	10.6
90	Strutturale	10.6
91	In fase di realizzazione	10.6
92	Strutturale	10.4
93	Strutturale	10.4
94	Strutturale	10.4
95	Strutturale	10.4
96	Strutturale	10.5
97	Strutturale	10.5
98	Strutturale	10.5
99	Manutenzione	10.6

### 11.1. Ripristino ispezionabilità condotte

L'attività di rilievo delle condotte della rete fognaria bianca ha evidenziato la presenza di alcune tratte senza possibilità di ispezione a causa di vari fattori: asfaltature realizzate non a regola d'arte, tracciati compresi in aree private, chiusini non apribili con strumenti ordinari a causa della cementazione del materiale fine depositato negli interstizi etc...

È opportuno pianificare una campagna di ripristino delle ispezioni delle condotte contrassegnate nelle tavole 02.02.01, 02.02.02, 02.02.03, 02.02.04 con apposita linea con croci rosse sovrapposte per un'estesa stimata in 2.8 km e provvedere successivamente alla loro videoispezione per verificarne lo stato di conservazione ed efficienza ad oggi rimasto non conosciuto per i motivi sopra addotti.



Figura 24. Estratto planimetria rete esistente

## 11.2. Manutenzione fossi

La manutenzione delle affossature è di fondamentale importanza per garantirne la funzionalità: la crescita della vegetazione e il deposito del materiale sul fondo causano nel tempo la riduzione della capacità di invaso e di trasporto delle acque meteoriche.

A partire dalle attività di censimento e rilievo affossature effettuate rappresentate nelle tavole 02.02.01, 02.02.02, 02.02.03, 02.02.04 è possibile **individuare le affossature caratterizzate da un stato manutentivo insufficiente e pianificare la loro manutenzione straordinaria**. A titolo indicativo e non esaustivo nell'ambito del Piano sono state individuate affossature caratterizzate da questo stato per un'estensione totale pari a oltre 50 km, senza conteggiare gli eventuali tombinamenti presenti che vanno anch'essi mantenuti se parzialmente ostruiti dal materiale di deposito.

Una prima indicazione su

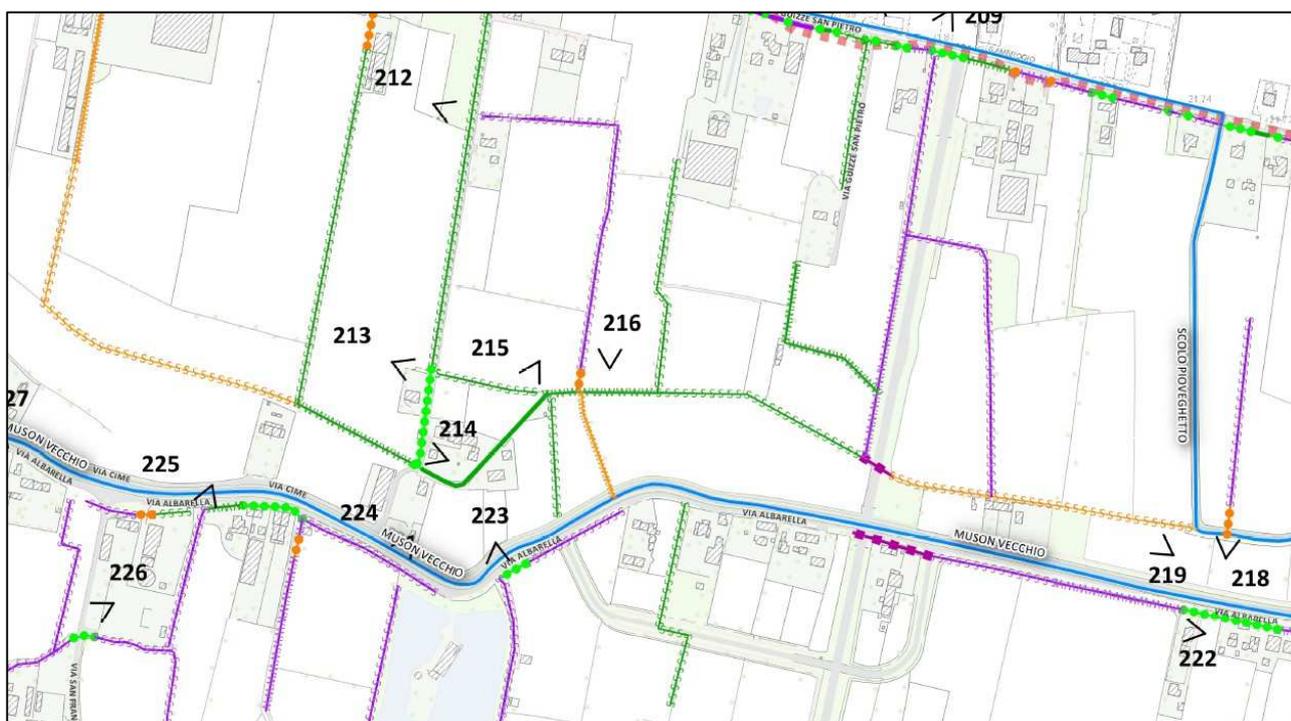


Figura 25. Estratto planimetria rete minore





## 11.4. Zona via Vivaldi

La rete di smaltimento delle acque meteoriche presente in via Vivaldi è costituita da condotte di diametro variabile dai 40 ai 60 cm vanno a scaricare in destra idraulica del Muson Vecchio la porzione nord-orientale del territorio comunale compreso tra Muson Vecchio, Tergolino e Muson dei Sassi.

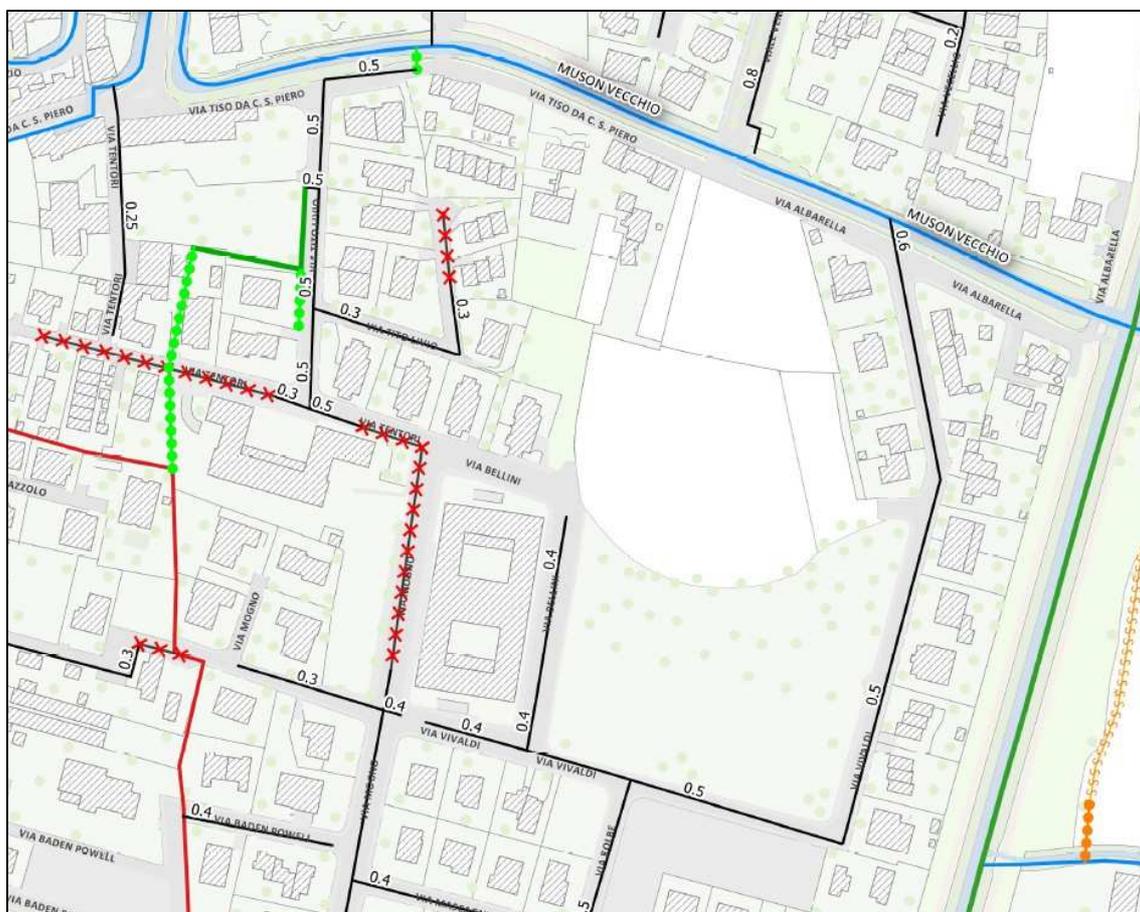


Figura 29. Estratto rete esistente

In occasione delle precipitazioni breve e intense (p.e. temporali estivi) si riscontra l'incapacità di smaltire in sicurezza le portate generate a causa dell'ampiezza del bacino servito e del ridotto diametro delle condotte (cfr. tav. 03.04.00).

Si propone di potenziare la rete esistente procedendo alla sostituzione di una parte delle condotte esistenti con manufatti di diametro crescente da 80 a 120 cm (intt. 92, 93, 95); l'intervento 94 si configura come unione tra due condotte oggi scollegate per poter sgravare, quando possibile, la rete afferente al Canale Tentori.

E' suggerito anche il rifacimento di parte della condotta presente in via Tito Livio (oggi con diametro 30 cm) con condotte di diametro 50 cm (int. 85).



Figura 30. Estratto degli interventi

### 11.5. Via Kolbe e via Bonora

La rete di smaltimento delle acque meteoriche presente in via Kolbe nella sua porzione più meridionale è costituita da condotte di diametro variabile dai 40 ai 60 cm e confluisce si collega alla condotta diametro 60-80 cm presente lungo via Bonora che scarica nel tombinamento del Canale Tentori. Alcuni tratti e nodi non sono ispezionabili e in generale la rete appare sottodimensionata e con qualche problema dovuto al tempo di esercizio.



Figura 31. Estratto rete esistente

La modellazione numerica evidenzia il sottodimensionamento delle dorsali principali a fronte del bacino afferente. Si rende necessario aumentare la dimensione della rete per garantire maggiore capacità di convogliamento di portata e di invaso.

L'intervento proposto consiste nel rifacimento delle condotte esistenti con manufatti di diametro maggiore: diametro 60 cm (int. 96), diametro 100 cm (intt. 97 e 98).

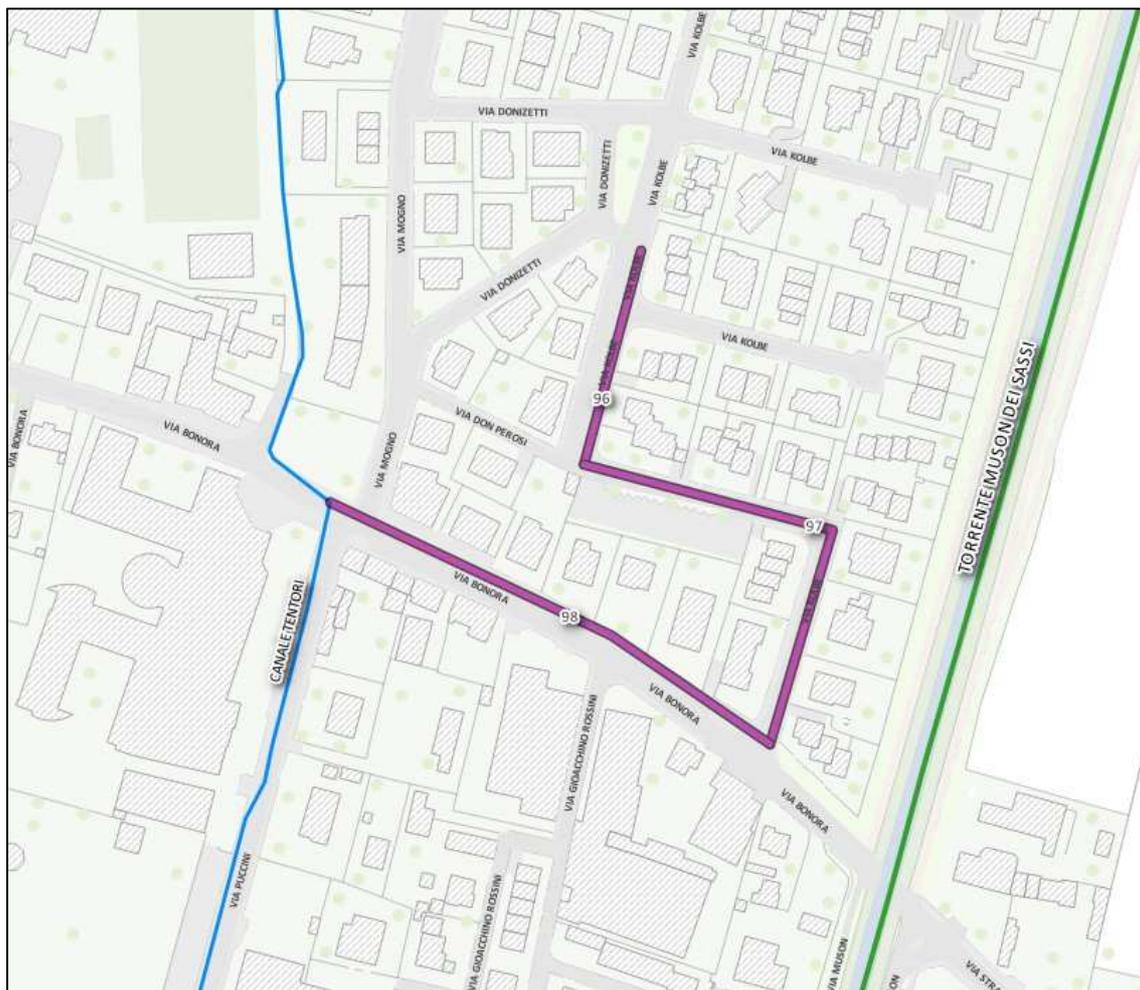


Figura 32. Estratto proposta di interventi

## 11.6. Canale Tentori

Il canale Tentori, consortile ma su sedime privato, è oggi costituito da un lungo tombinamento (circa 1400 m) che parte dall'ex punto di presa dal Tergolino (attualmente sempre chiuso) e termina a sud del complesso provinciale di istruzione presso via Puccini.



Figura 33. Estratto rete esistente

Il canale Tentori nasceva originariamente con scopi irrigui e di bonifica per un territorio prevalentemente agricolo, si veda a titolo di esempio gli estratti delle Mappe Catastali d’Impianto di seguito riportate.



Figura 34. Estratto della mappa d'impianto nella zona a nord di via Bonora

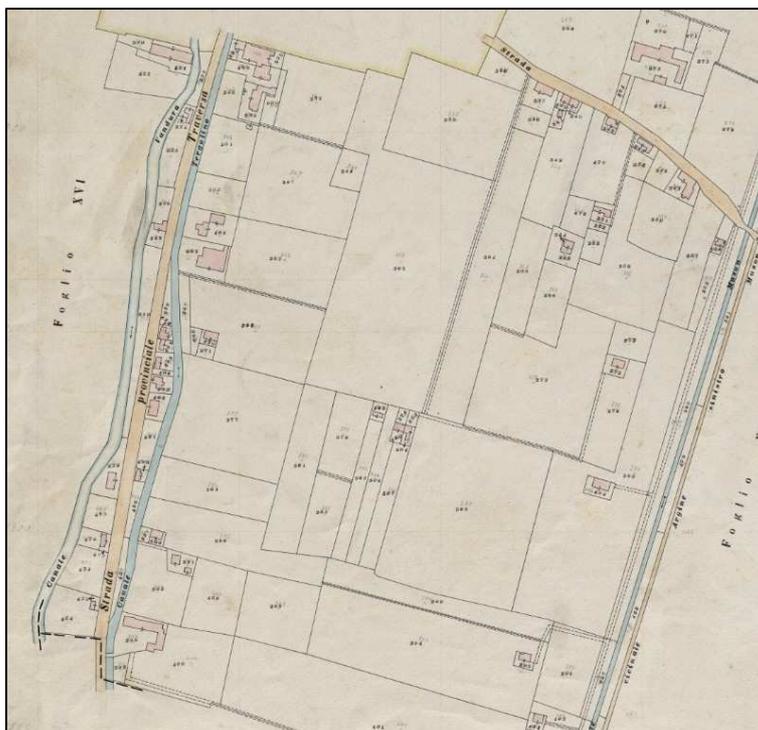


Figura 35. Estratto della Mappa d'Impianto nella zona di via Puccini

Successivamente l'urbanizzazione del centro ha portato via via a cambiare l'impermeabilità del territorio servito dal Canale Tentori e a tombinarlo in tempi successivi per ragioni igienico-sanitarie anche causate da alcuni scarichi non controllati.

Il tombinamento esistente risulta effettuato quasi tutto con manufatti circolari di diametro 100 cm e talvolta con livelletta non uniforme. Nei pochi punti di ispezione è stato possibile riscontrare la presenza di materiale di deposito all'interno delle condotte, fino anche a metà dell'altezza disponibile.

Si ritiene necessario provvedere alla manutenzione straordinaria del tombinamento della Canaletta Tentori nel tratto a nord di via Bonora (int. 86); per eseguire questo intervento sarà necessario ripristinare un certo numero di ispezioni per poter eseguire il lavoro con canal-jet o con dispositivi particolari che, in ogni caso, hanno una operatività a distanza limitata dal punto di immissione.

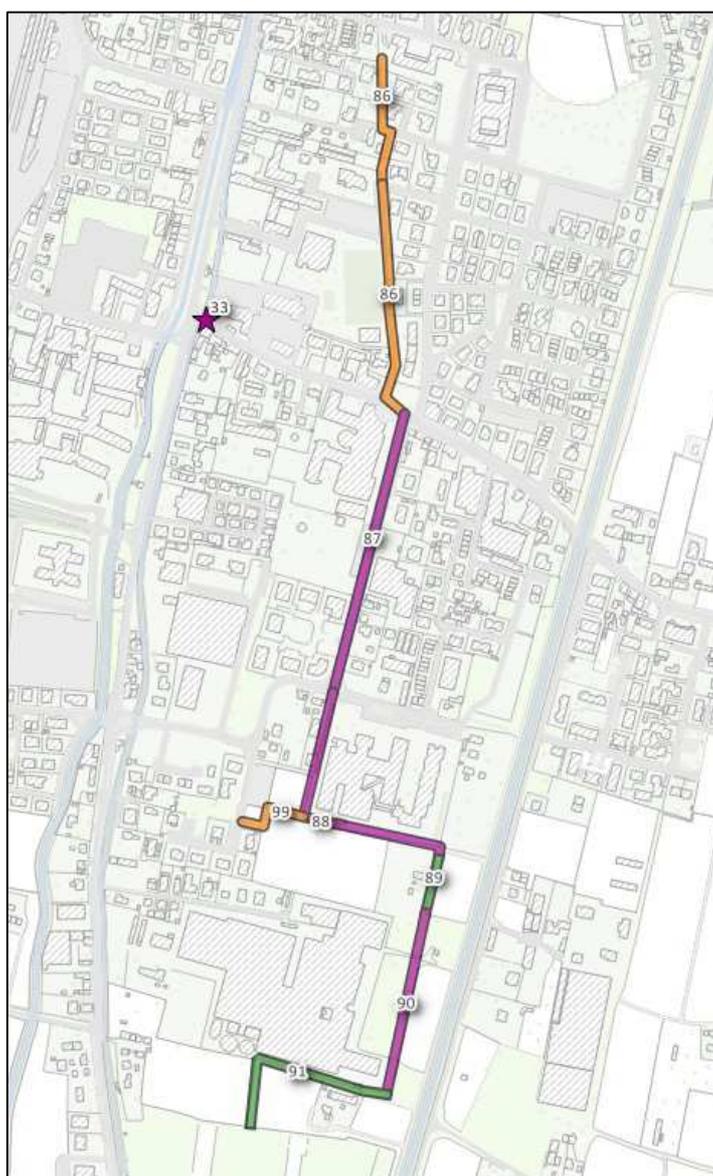


Figura 36. Estratto proposta di interventi

Durante i rilievi effettuati è stato possibile evidenziare che i due tratti a cielo aperto della Canaletta Tentori esistenti erano caratterizzati da una manutenzione scarsa causata dalla difficoltà di accesso alle aree e la presenza di ostacoli lungo il tracciato. In particolare la livelletta di fondo era caratterizzata da quote troppo elevate e causa il ristagno di acqua all'interno dei tombinamenti limitrofi riducendo la capacità di invaso del sistema.

L'intervento realizzato dal Consorzio di bonifica (intt. 89 e 91) durante la primavera 2015 è consistito nel ripristino della transitabilità delle fasce di rispetto del corso d'acqua, la manutenzione straordinaria della vegetazione esistente e la riprofilatura della livelletta di fondo.



**Figura 37. Ripristino transitabilità Canaletta Tentori**



**Figura 38. Spurgo di fondo della Canaletta Tentori**

Le simulazioni effettuate con il modello numerico hanno evidenziato il sottodimensionamento degli attuali manufatti di tombinamento della Canaletta Tentori nel tratto a valle della Strada Provinciale 31 Via Bonora.

Nel tratto compreso tra via Bonora e la zona degli istituti superiori provinciali (lungo via Puccini, int. 87) un primo dimensionamento ha identificato come necessaria la sostituzione delle condotte diametro 100 cm esistenti con scatolari 160x100 cm.

Nel tratto di tombinamento presente all'interno delle proprietà degli istituti superiori provinciali (int. 88) un primo dimensionamento ha identificato come necessaria la sostituzione delle condotte diametro 100 cm esistenti con scatolari 250x150 cm.

Il tombinamento di lunghezza pari a circa 200 m esistente in proprietà privata (intervento 90), attualmente realizzato con condotte diametro 100 cm, appare sottodimensionato e parzialmente limitato nella sua funzionalità a causa di una sedimentazione che riduce la sezione disponibile al flusso delle acque: si propone la tempestiva idropulizia (anche ripristinando delle ispezioni intermedie oggi non rintracciabili) e successivamente rifacendo tutto il tombinamento con manufatti scatolari 250x150 cm o ripristinando un'adeguata sezione a cielo aperto, anche traslandone il tracciato.

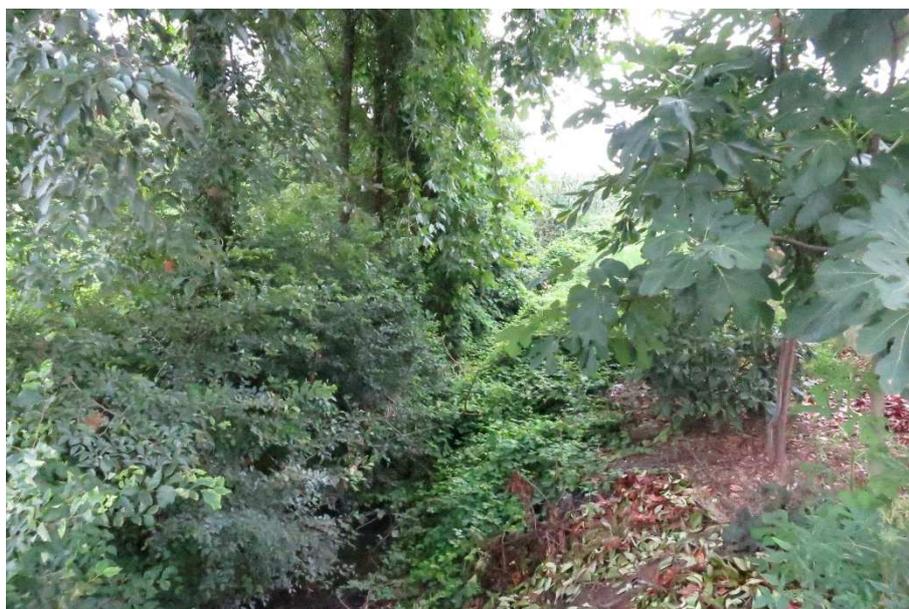


**Figura 39. Uscita tombinamento in proprietà privata, int. 90**

Si segnala inoltre che, a seguito della Delibera di Giunta Regionale n°1767 del 2014, è stato richiesto il finanziamento per “Primi interventi di messa in sicurezza dell'ambito "quartiere Puccini" in prossimità degli istituti scolastici”.

Durante le indagini e i rilievi strumentali è stata evidenziata la presenza di un'affossatura nella zona di via Paganini che versa in un cattivo stato di manutenzione. Tale affossatura riceve gli apporti meteorici della zona posta a ovest recapitandoli nel tombinamento della Canaletta Tentori presso le scuole superiori provinciali.

Si suggerisce di effettuare una manutenzione straordinaria (int. 99) per la rimozione della vegetazione un eccesso e la verifica con eventuale riprofilatura della livelletta di fondo.



**Figura 40. Stato manutenzione affossatura da via Paganini**

Durante le indagini e i rilievi strumentali è stata evidenziata la presenza di un manufatto di derivazione dal Tergolino presente sotto il ponte in corrispondenza dell'incrocio tra via Bonora e via Borgo Trento e Trieste. Tale derivazione è stata realizzata con scopi igienico-sanitari in tempi passati ma attualmente pare non più necessario essendo presente la fognatura nera in tutto il centro urbano.



**Figura 41. Posizione opera di presa da Tergolino**

Pur avendo piccole dimensioni (diametro 20 cm) si può ritenere non trascurabile il trasferimento di portata dal Tergolino al bacino del Canale Tentori: si segnala tra gli interventi proposti la possibilità di chiudere il foro attraverso l'apposizione di un lamierino eventualmente rimovibile in caso di necessità (int. 33).



**Figura 42. Opera di presa esistente.**



- Creazione di nuova inalveazione di by-pass (int. 35) per evitare il tratto di canale San Marco attualmente caratterizzato dalla presenza di tombinamenti che ne limitano la funzionalità e risultano di difficile rifacimento data la presenza di edifici a distanza molto ravvicinata;
- Creazione di un bacino di invaso in linea (int. 15), quindi con funzioni anche di fitodepurazione, di circa un ettaro di estensione per la laminazione delle portate quando lo scolo Orcone non è in grado di ricevere ulteriori contributi di portata.
- Rifacimento del tombinamento esistente (int. 38) con manufatti di sezione maggiore (scatolari 2x1 m o equivalenti al posto delle attuali tubazioni circolari diametro 1 m) per permettere il collegamento tra il Canale San Marco e gli altri interventi individuati.



**Figura 43. Ponte da rifare, int. 23**

Idraulicamente connesso agli interventi proposti sul canale Mazzon è stata individuata anche la necessità di effettuare una manutenzione straordinaria del collettore consortile “diramazione Martellozzo” (int. 43)



- Verifica dello stato di conservazione e funzionalità della condotta diametro 80 cm (int. 53) che parte dall'incrocio tra via Pasubio e via Marco Polo e scarica in Canale San Marco dopo circa 100 m transitando su terreno agricolo;
- Manutenzione straordinaria dell'affossatura presente all'incrocio di via Deledda (int. 51) che veicola gli apporti meteorici generati dalle vie limitrofe nel Canale San Marco;



**Figura 46. Affossatura relativa all'int. 51**

- Idropulizia dei tratti di fognatura bianca individuati con gli interventi 46 e 47 per la rimozione del materiale di deposito esistente;

- In corrispondenza di via Filippetto non è stato possibile ricostruire l'esatta consistenza della rete bianca a causa dell'assenza di adeguati punti di ispezione. Gli elementi raccolti portano a ipotizzare la presenza di un tombinamento di sezione non identificabile presente sotto l'edificio in corrispondenza della curva di via Marconi e poi arriva a scaricare nello scolo Vandura con una condotta di diametro 50 cm. È possibile apprezzare anche l'elevato dislivello tra la strada e lo scoperto degli edifici limitrofi.



Figura 47. Differenze di quota apprezzabili in loco

Si suggerisce un'indagine approfondita da attuare tramite videoispezione per verificare la funzionalità delle rete esistente e si individua, come futuro indirizzo di intervento in occasione di eventuali prossimi lavori sulla strada, la possibilità di creare una condotta parallela che possa fungere da linea di scarico per le acque della piattaforma stradale (int. 57).

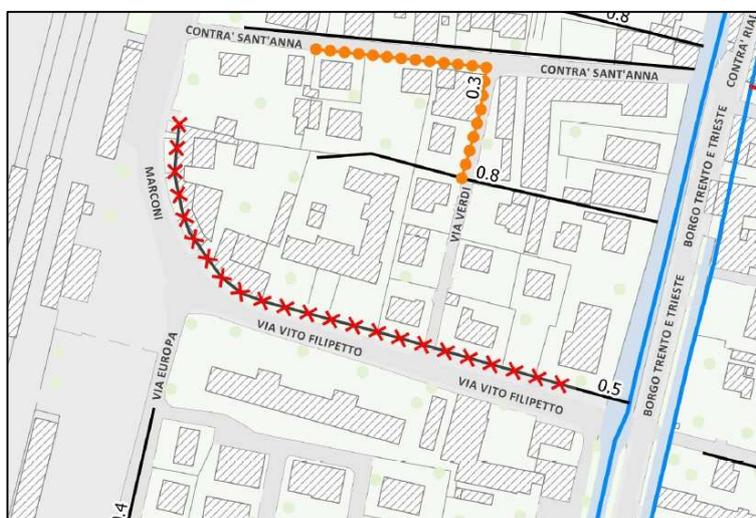


Figura 48. Estratto planimetria rete esistente

## 11.9. Nord-Vandura.

La zona compresa tra scolo Vandura e linea ferroviaria Camposampiero-Cittadella è drenata grazie alla presenza di un sifone presente sotto lo scolo Vandura circa 150 m a valle del ponte di via Zanella. Tale sifone pare non essere più in condizioni ottimali e il drenaggio dell'area posta a monte è assicurato anche da una pompa carrellata azionata all'occorrenza.

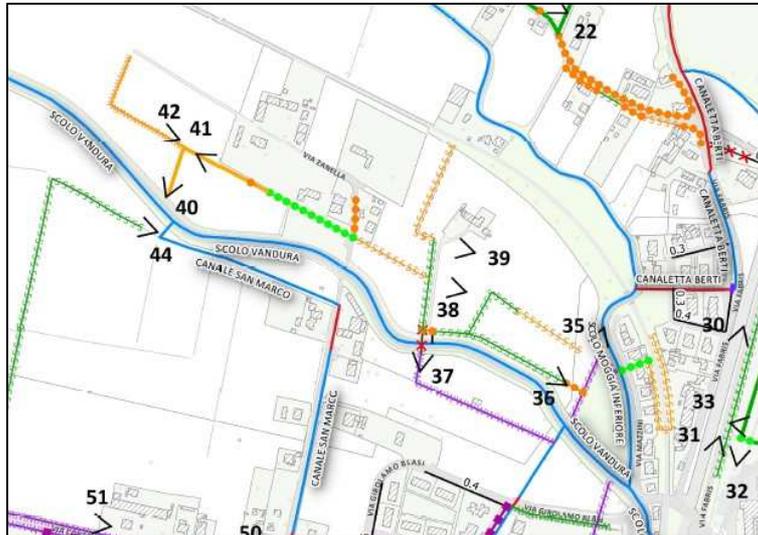


Figura 49. Estratto rete esistente

L'intervento proposto consiste nell'esecuzione una manutenzione straordinaria del sifone (int. 24) con la verifica dello stato di conservazione e la manutenzione straordinaria dell'affossatura (int. 59) che lo congiunge con la rete consortile (canaletta Balestra).



Figura 50. Planimetria interventi



## 11.11. Scolo Orcone

Lo scolo Orcone drena quasi tutte le acque meteoriche generate dal territorio sud-occidentale di Camposampiero: nasce come derivazione dallo scolo Ghebbo Mussato e giunge in territorio comunale (a confine) dopo circa 5 km. Il suo bacino è quindi molto esteso e le valutazioni effettuate nell'ambito di questo Piano delle Acque andranno verificate e approfondite durante la redazione di quello di Santa Giustina in Colle e Villa del Conte.

Sullo scolo Orcone sono in fase di progettazione 3 bacini di fitodepurazione (intt. 1, 2 e 3) oggetto di finanziamento specifico che avranno anche funzione di laminazione delle portate. Le simulazioni eseguite hanno indicato come necessari ulteriori 2 interventi:

- Creazione di una cassa di espansione di 2 ha in corrispondenza dell'immissione della canaletta Berton (int. 13);
- Adeguamento delle quote dei cigli con realizzazione arginello e inserimento porte a vento sulle immissioni presenti (int. 34)

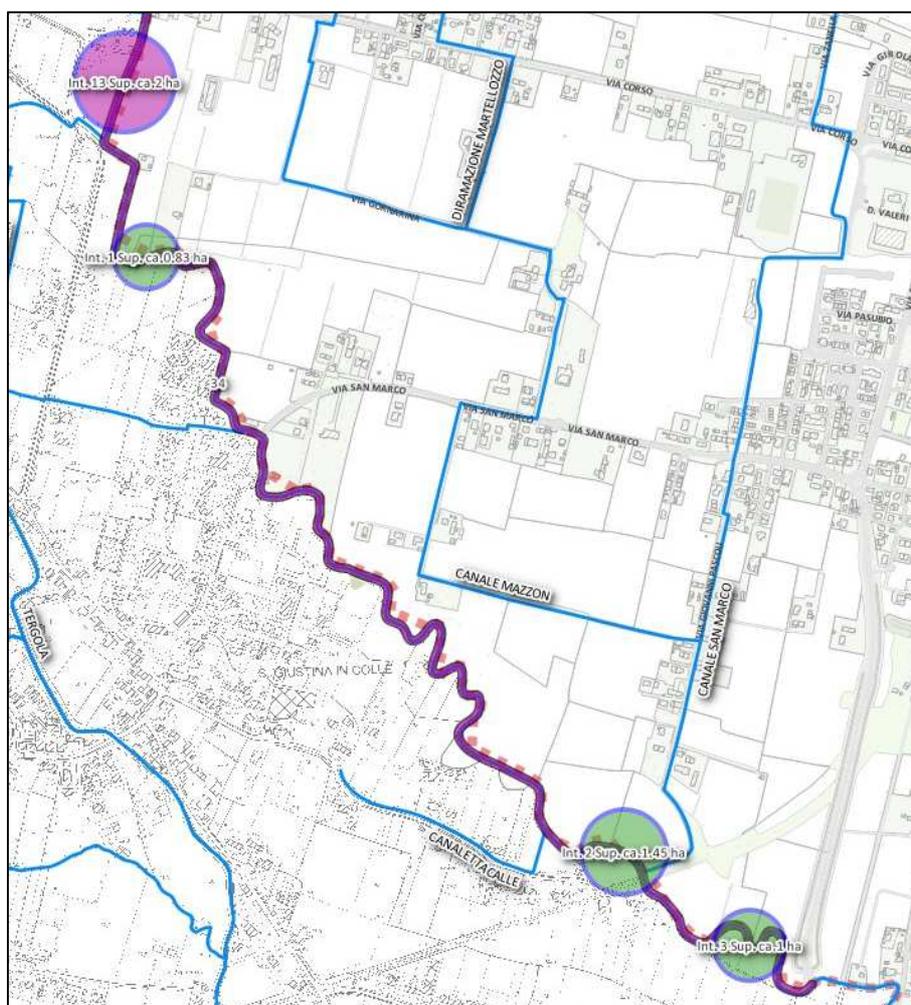


Figura 52. Estratto planimetria interventi proposti

## 11.12. Moggia Inferiore

La porzione di territorio comunale compresa tra Muson Vecchio e Vandura (entrambi arginati) è drenata da due scoli consortili denominati Moggia Inferiore e Moggia Superiore. La loro configurazione è tale da farli scaricare sia in Vandura sia in Muson Vecchio attraverso la chiusura di una paratoia presente in via Mazzini: in tal caso le portate transitano attraverso lo scolo Barbacan (che nasce in via Fabris dalla confluenza della canaletta Berti e dello scolo Moggia Superiore) e arrivano in Muson Vecchio a valle del salto di fondo costituito dal manufatto “Porta Antonella”.

Al fine di migliorare la capacità di invaso del sistema si è individuata l’opportunità di prevedere un bacino di laminazione delle portate lungo lo scolo Moggia Inferiore (int. 12) di circa un ettaro

Più a monte è presente lo scolo Rio Storto che, in occasione degli eventi meteorici più intensi, può arrivare a completo riempimento e generare fenomeni di trasferimento di portate verso il bacino posto a valle. Essendo compreso solo in piccola parte nel territorio comunale di Camposampiero si è scelto di rimandare lo studio idraulico dello scolo Rio Storto in sede di Piano delle Acque di Loreggia, già in redazione).

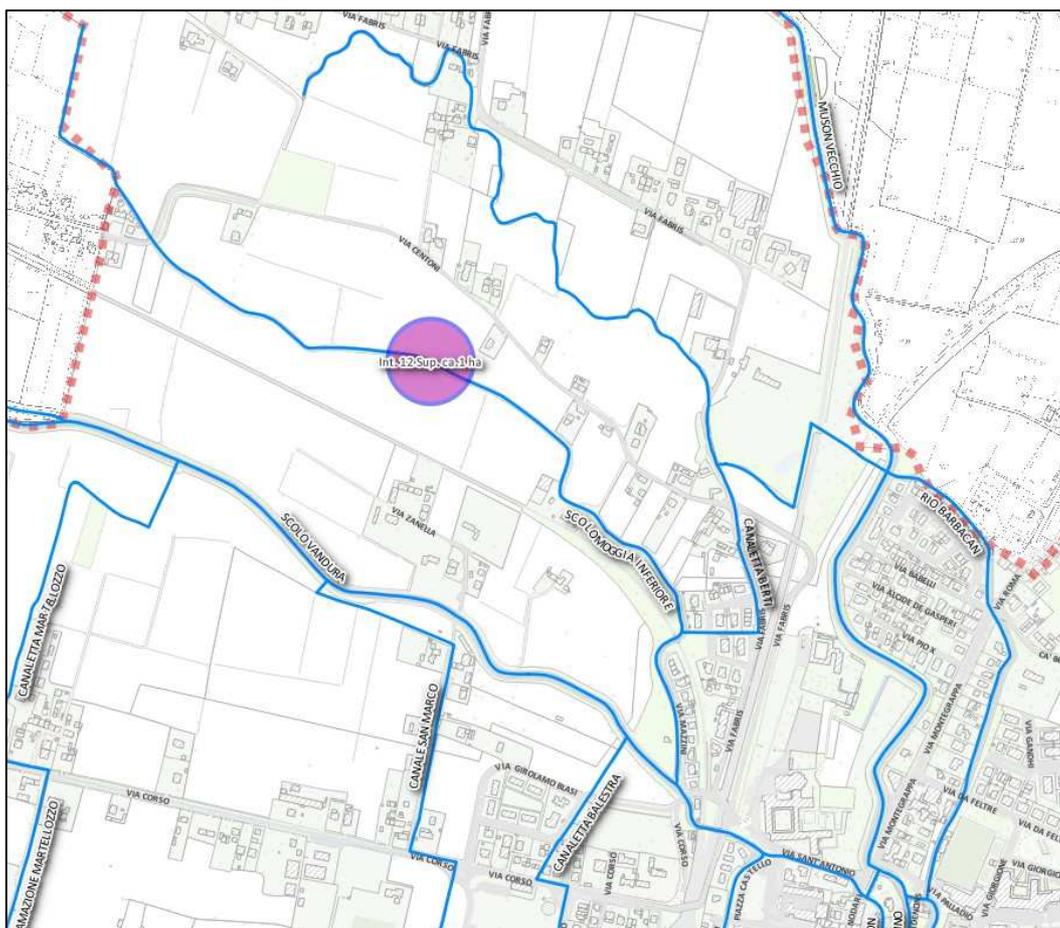


Figura 53. Estratto planimetria intervento proposto



## 11.14. Rustega

In corrispondenza della frazione di Rustega sono stati individuati alcuni interventi sulla rete consortile e non. Uno dei vincoli alla definizione degli interventi è il passaggio dello scolo Marzeneghetto per l'abitato con un tombinamento e la presenza di edifici prossimi all'alveo tali da rendere sconsigliabile qualsiasi intervento strutturale.

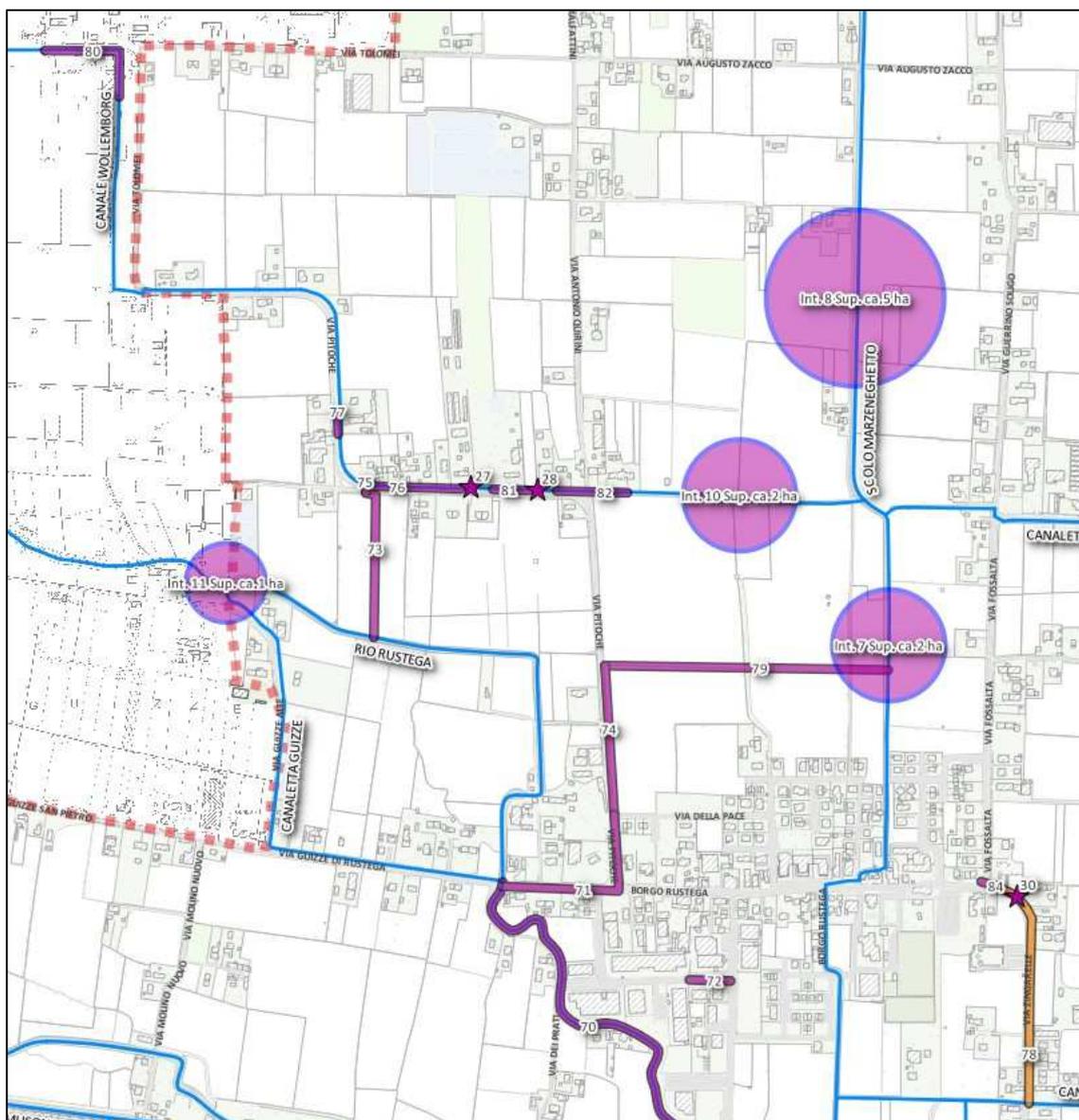


Figura 56. Estratto planimetria interventi

E' stata individuata questa combinazione di interventi, in fase progettuale dovranno essere valutate anche soluzioni alternative.

- Rifacimento tombinamenti e ponti del Canale Wollemborg dall'incrocio di Via Zacco con Via Pitocche in poi con un manufatti scatolari 2x1 m o equivalenti (intt. 80, 77, 75, 76, 27, 81, 28, 82); attualmente sono quasi tutti realizzati con tubi circolari da metro;



I seri dubbi sulla funzionalità e stato di consistenza della linea sono avvalorati dalla presenza di ristagno d'acqua nella rete presente a ridosso della strada provinciale.

L'intervento proposto consiste nel realizzare un nuovo percorso di recapito della fognatura bianca esistente utilizzando il fosso di guardia di via Zingarelle realizzando un nuovo attraversamento di via Fossalta (int. 83) e in corrispondenza di un accesso ad una strada sterrata (int. 30) con tubazioni da 100 cm di diametro e provvedendo ad una manutenzione straordinaria del fossato e dei tombinamenti presenti (intt. 84 e 78).

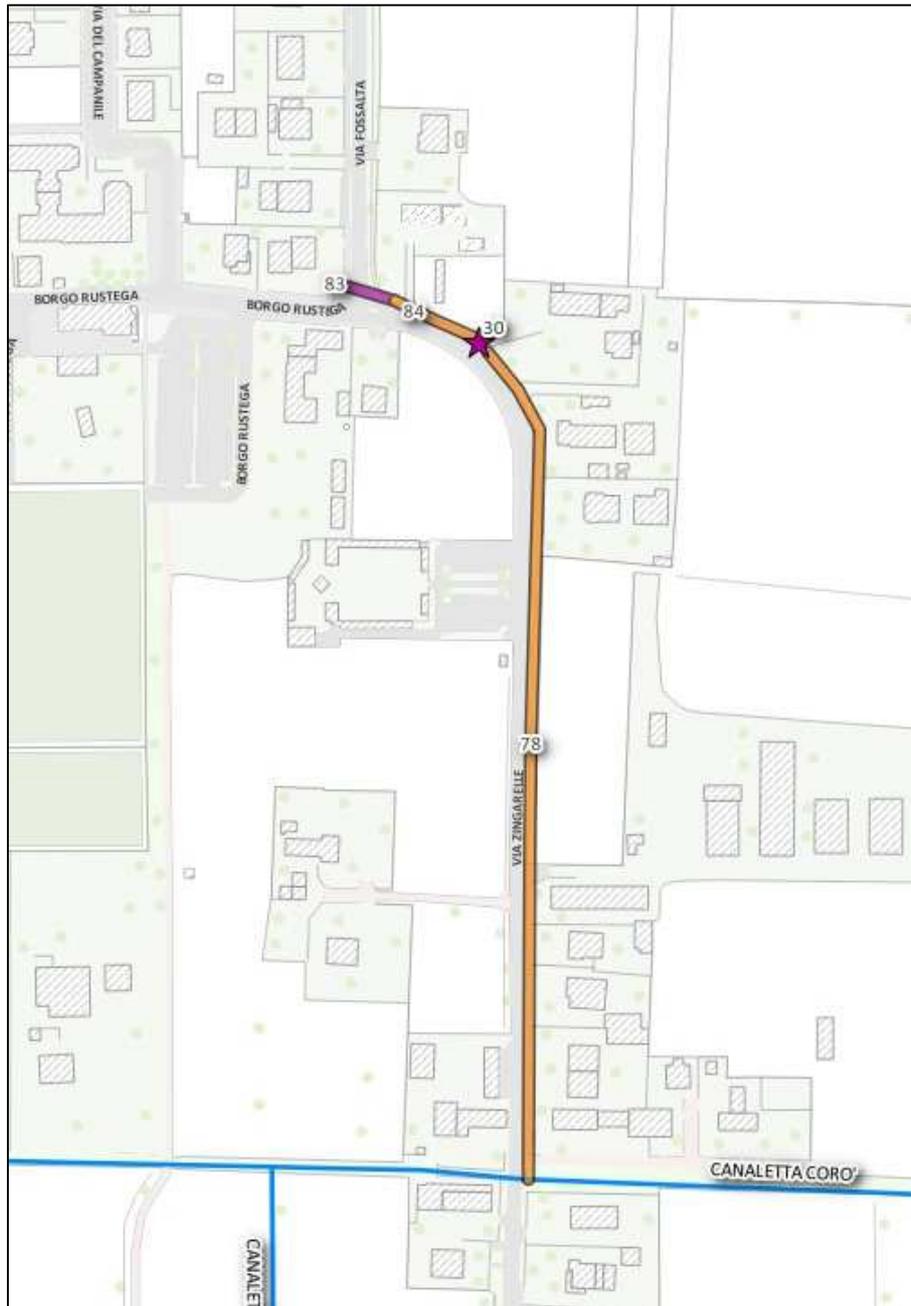
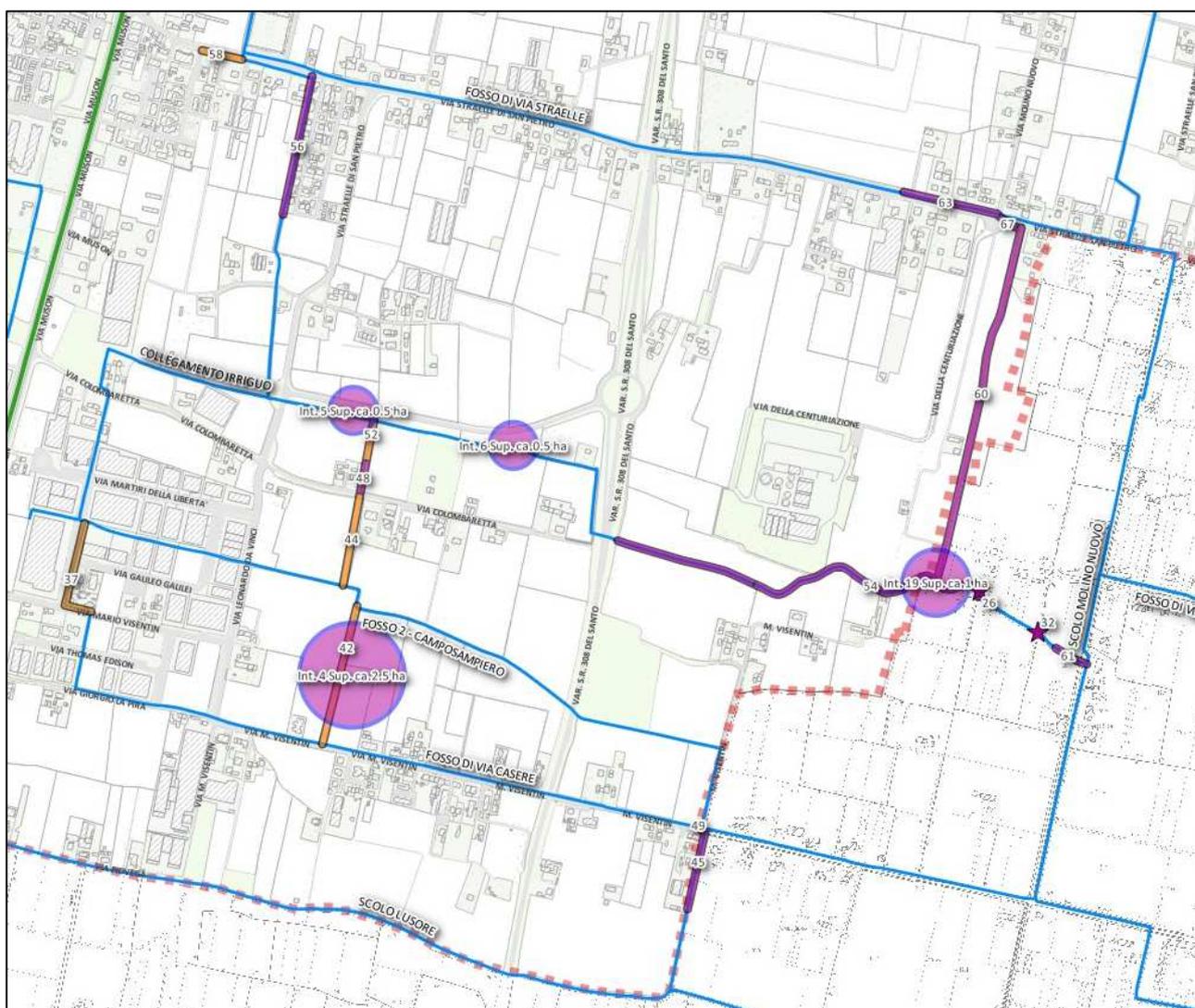


Figura 58. Estratto interventi

## 11.15. Via Casere e via Straelle

Lo sviluppo della zona industriale di via Casere attuata negli anni 2000 ha comportato l'aumento dell'impermeabilizzazione di un'area precedentemente agricola: la rete consortile attualmente risulta essere sottodimensionata. Altra criticità che vincola la definizione degli interventi di progetto è la nuova SR 308 che è stata realizzata con attraversamenti idraulici che oggi paiono essere di piccola dimensione (Fosso 3 di Camposampiero con tubazione diametro 1 m).



Durante le operazioni di rilievo e ispezione delle condotte è stata rilevata la necessità di effettuare un'operazione di idropulizia di una porzione di condotta presente vicino al cimitero comunale (int. 58) e di un tratto del tombinamento del Fosso di via Casere (int. 37).

Gli interventi strutturali individuati sono i seguenti:

- Rifacimento del tombinamento del Fosso 1 di Camposampiero presente in parallelismo a via Garibaldi (int. 56) o ripristino della sezione a cielo aperto;

- Realizzazione di nuovi collegamenti a fini irrigui per by-passare i tombinamenti della rete attuati a seguito della nuova zona industriale; scavo fossi esistenti (intt. 52 e 44), rifacimento tombinamento (int. 48) e apertura nuovo fosso (int. 42);
- Realizzazione di due bacini di laminazione da 0.5 ha ciascuno (o soluzione unica da 1 ha) con eventuale funzione di fitodepurazione a servizio del Fosso 1 di Camposampiero posti prima dell'intersezione con la SR 308 (intt. 5 e 6);
- Sempre sul Fosso 1 di Camposampiero si è individuata la necessità di provvedere ad allargamento della sezione nel tratto (int. 54) a valle della SR 308 fino al confine comunale dove realizzare un bacino di laminazione (int. 19) di circa 1 ha di estensione. A valle di questo dovranno essere rifatti i ponti esistenti (intt. 26 e 32) con manufatti di dimensioni maggiori (2x1 m in luogo delle condotte da 1 m attuali) e il ripristino a cielo aperto del tratto attualmente tombinato (int. 61);
- Realizzazione di un bacino di laminazione di circa 2.5 ha (int. 4) con eventuale funzione di fitodepurazione a valle della zona industriale a servizio del sistema Fosso 2 di Camposampiero e Fosso di via Casere (si uniscono poco dopo) collegati grazie all'allargamento del fosso con finalità irrigue di cui al secondo punto.
- Rifacimento dell'attraversamento presente sotto via Casere e il tombinamento del Fosso di via Casere (intt. 45 e 49) per poter scaricare direttamente, qualora le condizioni a valle lo permettano, buona parte delle portate generate in Lusore invece di andare a carica la rete consortile posta a valle che comunque scarica nel Lusore ma oltre 3 km più a valle;
- Si evidenzia l'opportunità di prevedere una sorta di deviazione del tratto finale di del Fosso di via Straelle provvedendo a rifare un tratto di tombinamento (int. 63), di un nuovo attraversamento (int. 67) e dell'allargamento di un fosso interpodereale esistente (int. 60);
- Sullo scolo Molino Nuovo, sgravato dall'apporto derivante dal Fosso di via Straelle grazie all'intervento al punto precedente, si ritiene sufficiente rifare il tratto finale di tombinamento esistente in attraversamento della SP 31 (int. 68) così sgravare anche il tombinamento esistente lungo la provinciale (che attualmente scarica solo verso est) e provvedere al risezionamento del tratto a valle (int. 66) ed all'eventuale rifacimento dei ponti fuori quota.

## 11.16. Interventi fuori comune

Nell'ambito della redazione del piano, avendo analizzato la rete idraulica anche al di fuori del territorio comunale per una congrua distanza sono stati individuati anche alcuni interventi:

- Un bacino di invaso che possa laminare il Marzeneghetto all'altezza dell'intersezione con la ex-ferrovia Teviso-Ostiglia (int. 9): un primo dimensionamento offre un valore indicativo di circa 3 ha di estensione ma una più precisa e accurata quantificazione e localizzazione andrà eseguita in sede di redazione del Piano delle Acque di Loreggia, anche tenendo conto delle indagini sulla rete minore afferente;
- Rifacimento di un ponte fuori quota presente a confine con il Comune di Trebaseleghe (int. 31) sullo scolo consortile Canaletta Commissario;



**Figura 59. Ponte fuoriquota da rifare**

- Sempre sulla canaletta Commissario è stata confermata l'indicazione di provvedere a rifare manufatti presenti presso il collegamento con lo scolo Fossalta (int. 29) e il risizionamento delle affossature esistenti per ricavare 1000 mc di invaso (int. 17) già indicati nel Piano delle Acque intercomunale di Borgoricco, Massanzago e Villanova di Camposampiero del 2012.

- Lo scolo Piovegghetto vede estendersi il proprio bacino quasi totalmente in comune di Loreggia. Nelle attività del presente piano è stata comunque evidenziata la necessità di laminarne la portata prevedendo un bacino di laminazione (int. 16) stimato in prima approssimazione pari a 2 ha di estensione. La sua dimensione e la sua localizzazione andranno approfondite con la modellazione idraulica da effettuare nel Piano delle Acque di Loreggia.

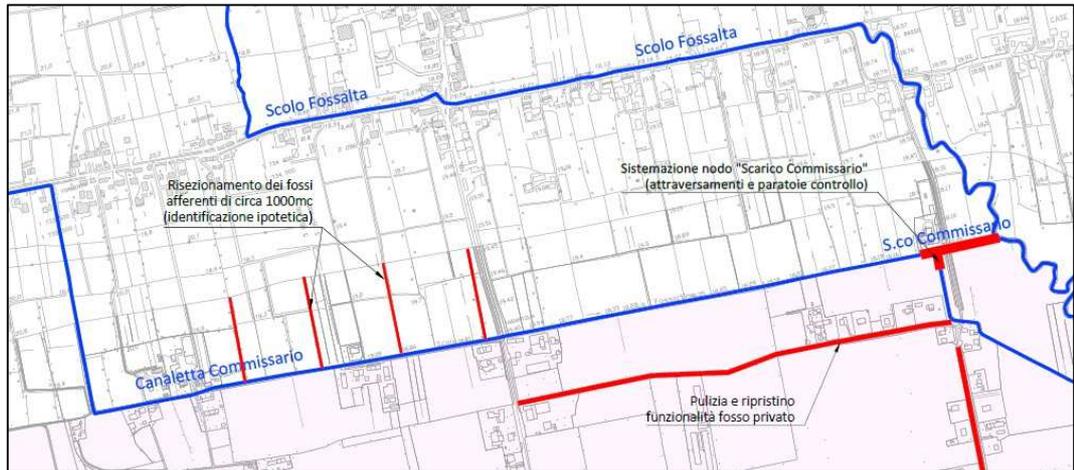


Figura 60. Estratto tavola interventi 03.04.01 del Piano delle Acque di Borgoricco, Massanzago e Villanova di Camposampiero

## 12. VERIFICA DELLO STATO DI PROGETTO

Nelle tavole 03.04.00, 03.05.00, 03.06.00 e 03.07.00 sono riportati gli output del modello numerico sia dello stato di fatto che della versione con l’inserimento di tutti gli interventi di progetto identificati: è possibile verificare le differenze del grado di riempimento dei collettori e l’eliminazione quasi totale dei punti di esondazione presenti nelle simulazioni relative allo stato di fatto.

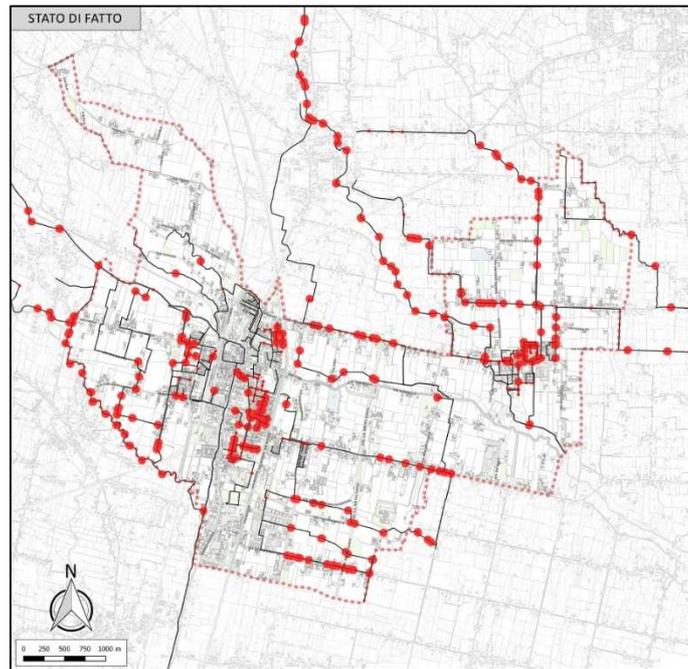


Figura 61. Estratto della tavola 03.04.00 - stato di fatto

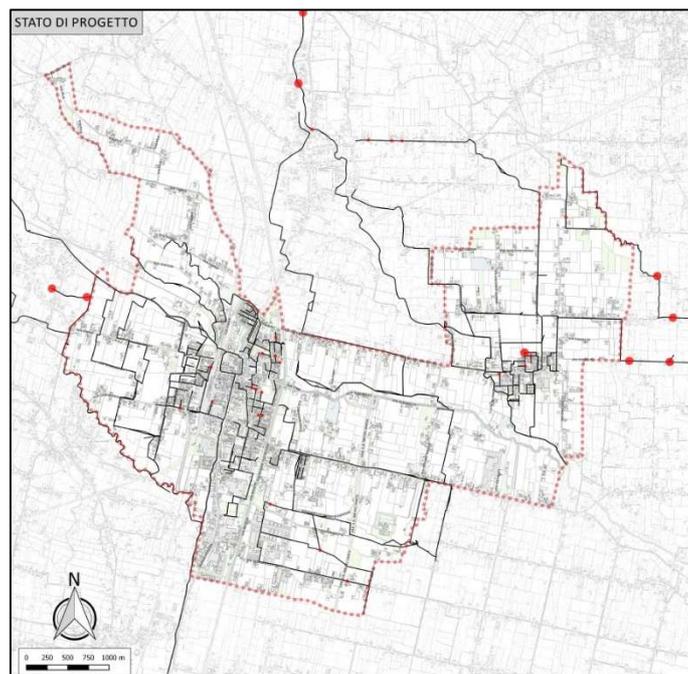


Figura 62. Estratto della tavola 03.04.00 - stato di progetto

## **13. CONCLUSIONI**

Il livello di approfondimento della modellazione numerica utilizzato in questo Piano delle Acque, destinato ad una analisi a scala di bacino delle varie problematiche idrauliche presenti nel Comune di Camposampiero, evidenzia la necessità di realizzare diversi interventi al fine di garantire la sicurezza idraulica del territorio oggetto di studio per gli eventi caratterizzata da tempo di ritorno pari a 20 anni relativamente a durate di pioggia maggiori di 3 ore e pari a 5 anni per piogge di durata pari a 1 ora.

Non si esclude che un livello più approfondito di dimensionamento e progettazione delle opere, compresa la conoscenza più approfondita dei sottoservizi esistenti, possa far emergere soluzioni alternative maggiormente efficaci o un dimensionamento differente degli interventi proposti.

### 13. INDICAZIONI PER LA DEFINIZIONE DEI COEFFICIENTI UDOMETRICI CARATTERISTICI

Di seguito si riporta la suddivisione del territorio comunale secondo coefficienti udometrici caratteristici dei bacini idraulici esistenti, che possono intendersi come valori limite di riferimento per i dimensionamenti delle opere di invarianza, eventualmente ridefinibili puntualmente con specifiche analisi e approfondimenti di carattere idraulico di dettaglio.

**Bacino Vandura:** sullo scolo Vandura è presente un mulino in corrispondenza di via Roma SP 10 che limita la portata massima transitabile ad un valore stimato di circa 20 mc/s. Il bacino posto a monte è stimato in circa 2700 ha. Il coefficiente udometrico caratteristico è stimabile in 7.5 l/s,ha.

$$U_{Vandura} = \frac{Q}{Sup} = \frac{20000}{2700} \cong 7.5 \frac{l}{s \text{ ha}}$$

**Sottobacino Orcone:** relativamente al Sottobacino dello scolo Orcone, compreso nel bacino del Vandura, il modello fornisce una portata massima alla chiusura pari a circa 6.2 mc/s con un bacino (che comprende anche scolo Mazzon, canale San Marco etc.) stimato in 1140 ha. Il coefficiente udometrico caratteristico è stimabile in 5 l/s,ha

$$U_{Orcone} = \frac{Q}{Sup} = \frac{6200}{1140} \cong 5 \frac{l}{s \text{ ha}}$$

**Bacino Fosso di via Straelle:** il Fosso di via Straelle transita per un tombinamento esteso lungo la strada provinciale 31. Una stima effettuata con la modellazione fornisce una portata massima transitante in corrispondenza dell'incrocio tra la SP 31 e via Sabbadina pari a circa 500 l/s con un bacino a monte stimato in circa 180 ha. Il coefficiente udometrico caratteristico è stimabile in 5 l/s,ha.

$$U_{Fosso \text{ di Via Straelle}} = \frac{Q}{Sup} = \frac{500}{180} \cong 3 \frac{l}{s \text{ ha}}$$

**Bacino Fosso 1, Fosso 2 e Fosso di via Casere:** alla luce dello stato di sofferenza e della necessità di numerosi interventi strutturali si ritiene opportuno limitare a 5 l/s,ha il valore caratteristico da adottare per interventi ricadenti in questo bacino.

**Bacino Rustega:** il Rio Rustega in corrispondenza dell'attraversamento della Strada Provinciale 44 "Borgo Rustega" ha, da modellazione numerica, una portata massima transitante pari a circa 7 mc/s con un bacino a monte stimato in circa 1700 ha. Il coefficiente udometrico caratteristico è stimabile in 4 l/s,ha.

$$U_{Rustega} = \frac{Q}{Sup} = \frac{7000}{1700} \cong 4 \frac{l}{s \text{ ha}}$$

Tale valore caratteristico viene attribuito a tutto il bacino, anche sino all'immissione del Muson Vecchio alla luce dell'intervento di risezionamento individuato a valle dell'attraversamento della SP 44 "Borgo Rustega" e le valutazioni sullo scolo Pioveghetto di seguito riportate.

**Bacino Marzeneghetto:** Lo scolo Marzeneghetto in corrispondenza dell'attraversamento della Strada Provinciale 44 "Borgo Rustega" ha, da modellazione numerica, una portata massima transitante pari a circa 3.5 mc/s con un bacino a monte stimato in circa 900 ha. Il coefficiente udometrico caratteristico è stimabile in 4 l/s,ha.

$$U_{\text{Marzeneghetto}} = \frac{Q}{\text{Sup}} = \frac{3500}{900} \cong 4 \frac{l}{s \text{ ha}}$$

**Bacino "via Cime":** alla luce dello stato di carente manutenzione e di limitata dimensione del tratto finale dal capofosso che drena il territorio compreso tra Pioveghetto, Muson Vecchio e torrente Muson dei Sassi di ipotizza un coefficiente udometrico di riferimento pari a 5 l/s,ha.

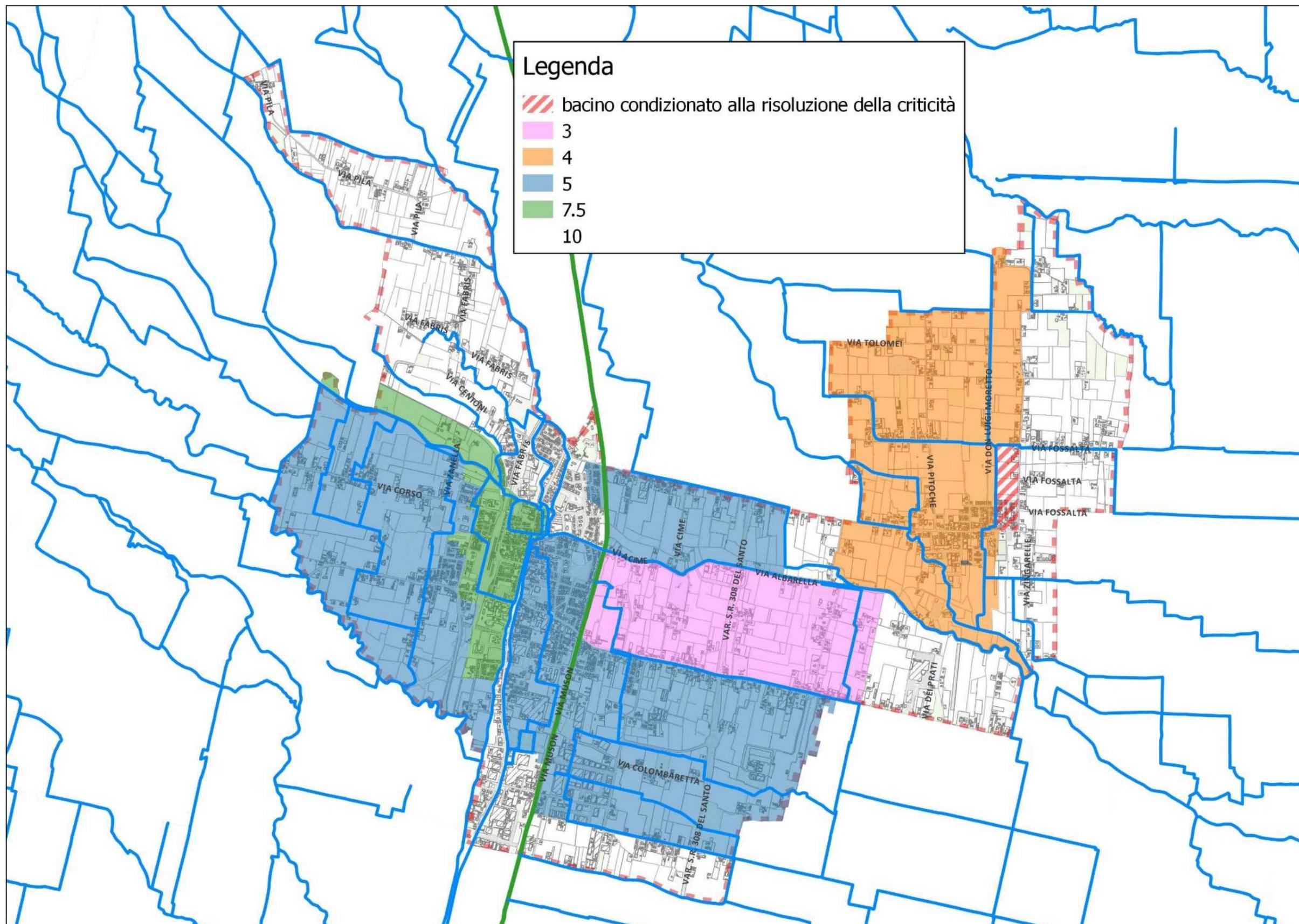
**Bacino "via del Campanile":** l'assenza della certezza di un percorso di recapito certo fino alla rete consortile, a meno di interventi strutturali che lo creino quale anche quelli individuati dal Piano, porta a valutare l'opportunità di non aumentare l'impermeabilizzazione dell'area con nessun intervento finché gli interventi previsti non saranno attuati (par. 11.14)

**Bacino Tentori:** alla luce dello stato di sofferenza e della necessità di numerosi interventi strutturali si ritiene opportuno limitare a 5 l/s,ha il valore caratteristico da adottare per interventi ricadenti in questo bacino.

**Zona via Belludi e via Martin Luther King:** alla luce dei risultati del modello che indicano una sofferenza idraulica per questa zona si identifica come ragionevole un valore di 5 l/s,ha fintanto che non verranno realizzati gli interventi risolutivi.

Per tutte le altre aree del Comune attualmente non vi sono elementi per ridurre il valore di 10 l/s,ha già definito dalla normativa regionale vigente (DGRV 2948/2009).

Di seguito si riporta una planimetria riassuntiva.



## 14. APPENDICE: DESCRIZIONE DEL MODELLO DI CALCOLO EPA SWMM

### 14.1. Generalità

L'EPA Storm Water Management Model (SWMM) è un modello dinamico di simulazione idraulica di afflussi in deflussi usato per lo studio di un singolo evento o la simulazione (continua) di lunga durata della quantità e della qualità del deflusso. La componente di deflusso SWMM funziona sull'identificativo di alcune zone denominate *subcatchment* (sottobacini) che ricevono la precipitazione e generano i carichi della sostanza inquinante e di precipitazione. Il modello trasporta i carichi attraverso un sistema di condotte, canali, dispositivi di trattamento e di invaso, impianti di sollevamento, luci di fondo e stramazzi. SWMM rintraccia la quantità e la qualità di deflusso generate all'interno di ogni *subcatchment*, la portata, la profondità di flusso e la qualità di acqua in ogni condotta e canale durante il periodo di simulazione formato da passi temporali definiti.

SWMM inizialmente è stato sviluppato nel 1971 e da allora ha subito parecchi aggiornamenti importanti. Continua ad essere ampiamente usato per la progettazione e analisi di eventi di precipitazione eccezionale, fognature miste, fognature sanitarie ed altre reti di fognatura nelle aree urbane, con molte applicazioni nelle zone non-urbane per reti di canali.

SWMM 5 fornisce un ambiente integrato per la pubblicazione dei dati di input di zona di studio, le simulazioni di qualità idrologica, idraulica e dell'acqua e dell'esame dei risultati in una varietà di disposizioni. Questi includono i programmi *color-coded* del sistema di zona e del trasporto di drenaggio, grafici e tabelle di serie cronologiche, diagrammi di profilo ed analisi di frequenza statistiche.

SWMM rappresenta i vari processi idrologici che producono il deflusso dalle aree urbane. Questi includono:

- precipitazioni;
- evaporazione d'acqua;
- accumulo e scioglimento della neve;
- infiltrazione di pioggia negli strati insaturi del terreno;
- percolazione di acqua infiltrata negli strati dell'acqua freatica;
- interflow fra acqua freatica e la rete di fognatura;

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini, *subcatchment*, ognuna delle quali sarà divisa sulla base dell'area permeabile ed impermeabile. Il

flusso terrestre può essere diretto fra i *subcatchments*, o nei punti di entrata di una rete di fognatura.

SWMM inoltre contiene un insieme flessibile di possibilità per la modellazione idraulica usate per dirigere le portate e le affluenze esterne attraverso la rete di fognatura delle condotte, dei canali, delle unità di trattamento e di invaso e delle strutture di diversione. Questi includono:

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;
- impiego di un'ampia varietà di figure chiuse standard ed aperte delle condotte come pure per canali naturali;
- elementi speciali di modello quali le unità trattamento/di invaso, i divisori di flusso, le pompe, gli stramazzi e luci di fondo;
- applicare i flussi e gli input esterni di qualità dell'acqua alle acque di superficie, dal interflow dell'acqua freatica, dall'infiltrazione pioggia-dipendente/dall'affluenza, dal flusso sanitario del tempo asciutto e dalle affluenze prestabilite dall'utente;
- utilizzare l'onda cinematica o i metodi di percorso dinamici completi di flusso dell'onda;
- modellare i vari regimi di flusso, come lo stagno, il sovraccarico, il flusso d'inversione ed accumulazione di superficie;
- applicare le regole dinamiche prestabilite dall'utente di controllo per simulare il funzionamento delle pompe, delle aperture dell'orifizio e dei livelli della sommità degli sbarramenti;

Oltre che alla modellazione, generazione e trasporto dei flussi, SWMM può anche valutare la produzione dei carichi inquinanti connessi al deflusso. SWMM è stato impiegato in numerosi studi relativi a precipitazioni intense. Le applicazioni tipiche includono:

- disegno dei componenti della rete di fognatura e di canali per controllo dell'inondazione;
- tracciato normale dell'inondazione dei sistemi naturali della scanalatura (SWMM 5 è un modello FEMA-approvato per gli studi di NFPI);
- progettazione delle strategie di controllo per la minimizzazione dei trabocchi della rete fognaria.

## 14.2. Descrizione matematica del modello di calcolo

### Equazioni Generali

Il metodo dell'onda dinamica risolve le equazioni monodimensionali di De Saint Venant. Queste equazioni consistono nell'equazione di continuità e dei momenti, espresse nel seguente modo:

$$\frac{\partial A}{\partial T} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0; \quad \text{equazione di continuità;} \quad (1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial(Q^2 / A)}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f + gAh_L = 0; \quad \text{equazione dei momenti;} \quad (2)$$

dove, x è la distanza lungo la condotta, t è la variabile temporale, A l'area liquida trasversale nella condotta, Q la portata defluita, H è il livello idraulico dell'acqua nella condotta (termine potenziale più eventuale termine di pressione), Sf la pendenza d'attrito, hL è la locale perdita di energia per unità di lunghezza della condotta, e g l'accelerazione di gravità.

Data la geometria della condotta, l'area A risulta funzione del tirante idrico y il quale può essere ottenuto dall'altezza H. Pertanto le variabili dipendenti in queste equazioni sono la portata Q e l'altezza H, a sua volta funzioni della distanza x e del tempo t.

Il termine Sf viene espresso in termini delle equazione di Manning come:

$$S_f = \frac{n^2 \cdot V \cdot |V|}{k^2 \cdot R^{4/3}};$$

Dove n è il coefficiente di scabrezza secondo Manning, V la velocità di flusso (pari al rapporto tra la portata Q e la sezione di area liquida trasversale A, R è il raggio idraulico della sezione di flusso, e k=1,49 nell'unità US e 1,0 nel sistema metrico. Il termine che tiene conto della normale perdita di energia hL può essere espresso come  $\frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot L}$  dove K è il coefficiente di perdita in corrispondenza della posizione x e L la lunghezza della condotta.

Per risolvere le equazioni (1) e (2), su una singola condotta, sono richieste una serie di condizioni iniziali per H e Q al tempo 0 come condizioni al contorno per x=0 e x=L per la durata della simulazione.

Quando si analizza una rete di condotte, è necessario inserire una relazione aggiuntiva di continuità per i nodi che connettono due o più condotte. In SWMM la continuità del pelo libero si presume che esista tra il tirante al nodo e quello corrispondente alla condotta in ingresso e uscita (ad

eccezione dei nodi a caduta libera). Il cambiamento nel pelo libero H al nodo al variare del tempo può essere espresso come segue:

$$\frac{\partial H}{\partial t} = \frac{\sum Q}{A_{store} + \sum A_s}; \quad (3)$$

Dove  $A_{store}$  è l'area liquida al nodo,  $\sum A_s$  è la somma delle superficie liquide delle condotte connesse al nodo, e  $\sum Q$  è la portata netta all'interno del nodo (portate in arrivo – portate rilasciate), contributo di tutte le condotte connesse al nodo ed eventuali contributi esterni imposti. Il tirante idrico alla fine di una condotta connessa ad un nodo può essere computato come differenza tra la grandezza H al nodo e la quota della condotta.

### Soluzione generica per i tratti

Le equazioni (1), (2) e (3) sono risolte in SWMM convertendole in una serie esplicita alle differenze finite che computano il flusso in ogni condotta ed il livello al nodo al tempo come funzioni del valore noto al tempo t. Le equazioni risolte per il flusso in ogni tratto (condotta) sono:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{Q_t + \Delta Q_{gravity} + \Delta Q_{inertial}}{1 + \Delta Q_{friction} + \Delta Q_{losses}}; \quad (4)$$

I termini individuali  $\Delta Q$  sono stati così nominati per il tipo di forze che rappresentano e sono dati dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned} \Delta Q_{gravity} &= g \bar{A} \cdot (H_1 - H_2) \cdot \Delta t / L; \\ \Delta Q_{inertial} &= 2\bar{V} \cdot (\bar{A} - A_t) + V^2 \cdot (A_2 - A_1) \cdot \Delta t / L; \\ \Delta Q_{friction} &= \frac{g \cdot n^2 \cdot |\bar{V}| \cdot \Delta t}{k^2 \cdot \bar{R}^{4/3}}; \\ \Delta Q_{losses} &= \frac{\sum_i K_i \cdot |V_i| \cdot \Delta t}{2L}; \end{aligned}$$

dove:

- $\bar{A}$  Area liquida media nella condotta;
- $\bar{R}$  Raggio idraulico medio nella condotta;
- $\bar{V}$  Velocità di flusso medio all'interno della condotta;
- $V_i$  Velocità di flusso locale alla posizione  $i$  lungo la condotta;
- $K_i$  coefficiente di perdita locale alla posizione  $i$  lungo la condotta;

$H_1$  livello al nodo di monte della condotta;

$H_2$  livello al nodo di valle nella condotta;

$A_1$  area trasversale all'estremità di monte della condotta;

$A_2$  area trasversale all'estremità di valle della condotta.

L'equazione risolta per il livello in ogni nodo è la seguente:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \frac{\Delta Vol}{(A_{store} + \sum A_s)_{t+\Delta t}}; \quad (5)$$

Dove  $\Delta Vol$  rappresenta il volume netto defluito attraverso il nodo terminato il passo temporale e dato dalla seguente relazione:

$$\Delta Vol = 0,5 \left[ \left( \sum Q \right)_t + \left( \sum Q \right)_{t+\Delta t} \right] \cdot \Delta t;$$

Il modello SWMM risolve le equazioni (4) e (5) usando un metodo di approssimazioni successive di seguito discusse.

- Una prima stima del flusso in ogni condotta al tempo  $t + \Delta t$  è svolta dalla soluzione dell'equazione (4) usando i livelli, le aree e le velocità trovate al tempo corrente  $t$ . Successivamente lo stesso viene fatto per livelli mediante la valutazione dell'espressione (5) usando le portate appena computate. Queste soluzioni sono denominate come  $Q^{last}$  e  $H^{last}$ .
- L'espressione (4) viene risolta nuovamente, inserendo livelli, aree e velocità che appartengono ai valori  $Q^{last}$  e  $H^{last}$  appena computati. Un fattore  $\Omega$  è impiegato per combinare il nuovo flusso stimato  $Q^{new}$ , con la stima precedente  $Q^{last}$  secondo l'equazione  $Q^{new} = (1 - \Omega) \cdot Q^{last} + \Omega \cdot Q^{new}$  per la produzione del valore aggiornato di  $Q^{new}$ ;
- L'espressione (5) è risolta nuovamente per livelli impiegati per la stima di  $Q^{new}$ . Come per le portate, questa nuova soluzione per il livello,  $H^{new}$  è pesato con  $H^{last}$  per produrre una stima aggiornata per i livelli  $H^{new} = (1 - \Omega) \cdot H^{last} + \Omega \cdot H^{new}$  ;
- Se  $H^{new}$  è abbastanza vicino a  $H^{last}$  il processo si arresta con  $Q^{new}$  e  $H^{new}$  come soluzioni al tempo  $t + \Delta t$ . Diversamente,  $H^{last}$  e  $Q^{last}$  sono sostituiti rispettivamente con  $Q^{new}$  e  $H^{new}$ , ed il procedimento ritorna al punto 2.

Nell'implementare questa procedura, il programma impiega un fattore di relazione costante  $\Omega$  di 0,5, una tolleranza di convergenza di 0,005 ai nodi, e limite il numero di iterazioni a quattro.

### Calcolo delle caratteristiche medie dei tratti

La valutazione della portata, aggiornata mediante l'eq. (4), richiede valori per l'area media  $(\bar{A})$ , raggio idraulico  $(\bar{R})$ , e velocità  $(\bar{V})$  dall'inizio alla fine di ogni tratto (condotta) in questione. Il programma calcola questi valori usando i livelli H1 e H2, dai quali possono essere derivati i corrispondenti valori dei tiranti idrici  $y_1$  e  $y_2$ .

La profondità media  $\bar{y}$  è dunque calcolata sulla base di questi valori ed è impiegato nella sezione trasversale della condotta per il calcolo del valore medio di  $(\bar{A})$  e raggio idraulico  $(\bar{R})$ . Il valore medio di velocità  $(\bar{V})$  è determinato da rapporto tra il flusso corrente e l'area media.

Il programma limita questa velocità a valori non superiori a 50 ft/sec in valore assoluto, tale da non permettere alla frazione di flusso contenuta nell'eq. (4) di diventare illimitata.

Quando la condotta è a caduta libera all'interno di uno dei nodi (significa che il livello dell'acqua nel nodo è sotto la quota di fondo della condotta), la profondità alla fine della condotta è equivalente al più piccolo tra la profondità critica e la profondità in condizioni di moto uniforme per la corrente attraverso la condotta.

### Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi

Per stimare l'idrogramma di piena, ovvero la successione cronologica dei valori di portata che si verificano alla sezione di chiusura di un bacino con il relativo valore di colmo a partire dalla conoscenza della precipitazione di progetto, è necessario utilizzare un modello di trasformazione afflussi-deflussi.

La simulazione mediante modelli matematici del processo di trasformazione delle precipitazioni in deflussi, che si verifica in un bacino idrografico, per la complessità dei fenomeni fisici coinvolti, rende necessaria l'introduzione di semplificazioni che riguardano sia le leggi che governano le varie fasi del processo che la rappresentazione geomorfologica ed idrografica del bacino stesso.

Il modello, di tipo concettuale, utilizzato nel presente lavoro verrà descritto nei seguenti paragrafi

Per meglio comprendere il modello afflussi-deflussi, 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.

L'acqua sul terreno in parte si infiltra nel suolo, inizialmente in quantità elevata e con velocità sempre più ridotta al procedere della precipitazione fino a quando l'intensità della pioggia supera la capacità di infiltrazione del terreno; a questo punto l'acqua che cade non riesce più tutta ad infiltrarsi per cui il surplus rimane sulla superficie del terreno ristagnando o dando luogo ad uno scorrimento sui versanti del bacino.

Si formano quindi dei rigagnoli ad andamento irregolare che si raccolgono in una rete di rigagnoli di maggiori dimensioni al procedere dello scorrimento fino ad immettersi nella rete drenante vera e propria, qui si forma un'onda di piena che trasferisce la propria forma nella rete collettoria con un processo di propagazione.

### **Meccanismo di generazione dei deflussi superficiali**

Nel modello utilizzato i meccanismi di generazione dei deflussi superficiali risultano diversi a seconda che il suolo su cui cade l'acqua meteorica sia impermeabilizzato (nel caso cioè di zone urbanizzate) o meno.

Qui di seguito vengono descritti i modelli di filtrazione e detenzione superficiali assunti alla base delle simulazioni effettuate.

#### **Aree permeabili**

Per quanto concerne le aree non impermeabilizzate dall'intervento antropico, si è utilizzato il modello hortoniano di generazione dei deflussi superficiali.

Si è quindi ipotizzato che l'acqua di precipitazione in parte si accumuli nelle depressioni superficiali del terreno ed in parte si infiltri nel terreno fino a saturarlo, a questo punto l'acqua meteorica si infiltra solamente in minima parte e praticamente tutta scorre in superficie fino a raggiungere la rete drenante.

La formulazione matematica del processo di infiltrazione sopra descritto è riassumibile nella curva di Horton:

$$f(t) = f_c + (f_0 - f_c) \cdot e^{-kt}$$

dove:

$f(t)$  è la capacità di infiltrazione nel tempo espressa in mm/h;

$f_0$  è l'infiltrazione massima che si verifica al tempo  $t = 0$ ;

$f_c$  è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito;

$k$  è una costante che qualifica la velocità dell'esaurimento, cioè del passaggio dal valore  $f_0$  al valore  $f_c$ .

Ogni suolo è quindi caratterizzato da quattro parametri  $f_0$ ,  $f_c$  e  $k$  e la detenzione superficiale  $ds$ .

Dai dati disponibili in letteratura e dai test di validità del modello effettuati con misure sperimentali e tramite confronto con altri modelli matematici, si può ritenere che il coefficiente  $k$  può assumersi pari  $4 \text{ h}^{-1}$ .

### Formulazione del modello matematico

Il modello utilizzato è un modello concettuale che si basa sulla schematizzazione separata delle aree permeabili e di quelle impermeabili come due serbatoi lineari in parallelo.

Dato uno Pluviogramma efficace qualsiasi è possibile per ogni parte del bacino (permeabile ed impermeabile) determinare per convoluzione l'idrogramma dei deflussi superficiali corrispondenti per poi sommarli ed ottenere quindi l'idrogramma di piena della totalità del bacino.

La precipitazione elementare avente un volume:

$$dV = I(\tau) dt$$

genera un idrogramma che si ottiene da quello dell'idrogramma unitario (generato da una precipitazione netta di volume unitario) moltiplicando le ordinate per  $dV$ .

L'ordinata dell'idrogramma al tempo  $t$  sarà data dalla somma dei contributi delle precipitazioni elementari di durata  $d\tau$  compresa tra 0 e  $t$ , ovvero dal seguente integrale denominato integrale di convoluzione:

$$Q(t) = \int_0^t u(t-\tau) \cdot I(\tau) \cdot d\tau.$$

Per la determinazione dell'idrogramma unitario, si ricorre alla schematizzazione separata degli apporti provenienti dalle aree permeabili ed impermeabili del bacino che vengono schematizzate mediante due serbatoi lineari aventi cioè la seguente relazione tra portata uscente e volume invasato:

$$V = K \cdot Q.$$

Si consideri l'equazione di continuità dei serbatoi:

$$I(t) - Q(t) = \frac{dV}{dt} = K \cdot \frac{dQ}{dt},$$

moltiplicando entrambi i membri per  $e^{\frac{t}{k}}$  si ottiene:

$$e^{\frac{t}{k}} \cdot I(t) = e^{\frac{t}{k}} \cdot Q(t) + e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot \frac{dQ}{dt} = \frac{d}{dt} \left[ e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t) \right]$$

e quindi integrando tra 0 e t si ottiene:

$$\int_0^t e^{\frac{t}{k}} \cdot I(\tau) \cdot d\tau = \int_0^t \frac{d}{dt} \left[ e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t) \right] \cdot dt = e^{\frac{t}{k}} \cdot K \cdot Q(t).$$

Si ottiene perciò:

$$Q(t) = \int_0^t \frac{e^{-\frac{t-\tau}{k}}}{K} \cdot I(\tau) \cdot d\tau$$

che confrontata con l'integrale di convoluzione fornisce:

$$u(t) = \frac{e^{-\frac{t}{k}}}{K}.$$

Il valore del coefficiente di invaso K per entrambi i serbatoi (che simulano l'area impermeabile e quella permeabile rispettivamente) si ottiene dalla seguente relazione basata sulla teoria dell'onda cinematica:

$$K = \frac{a \cdot L^{0.6} \cdot n^{0.6}}{I_{MAX}^{0.4} \cdot S^{0.3}} \quad \text{dove:}$$

K è il coefficiente di invaso;

L è la lunghezza del bacino;

I<sub>max</sub> è l'intensità massima della pioggia netta;

n è il coefficiente di scabrezza superficiale di Manning;

S è la pendenza del bacino;