



Figura 52. Allagamenti nella zona industriale per lo scenario di simulazione con 50 anni di tempo di ritorno.

Nell'area ad est del territorio comunale (area 2), come detto, si confermano fenomeni di allagamento in corrispondenza di via D'Annunzio (collettore consortile) e via Don Bosco già riscontrati con tempo di ritorno di 10 anni. Dalla mappa degli allagamenti in figura seguente si può notare come, anche in

questo caso, i volumi esondati dalle camerette scorrono secondo le pendenze del piano campagna e si accumulino in zone depresse del territorio. Nel caso specifico gli allagamenti si concentrano nella porzione di verde confinato dalle vie San Giovanni Bosco, D'Annunzio, Torquato Tasso e Adige.

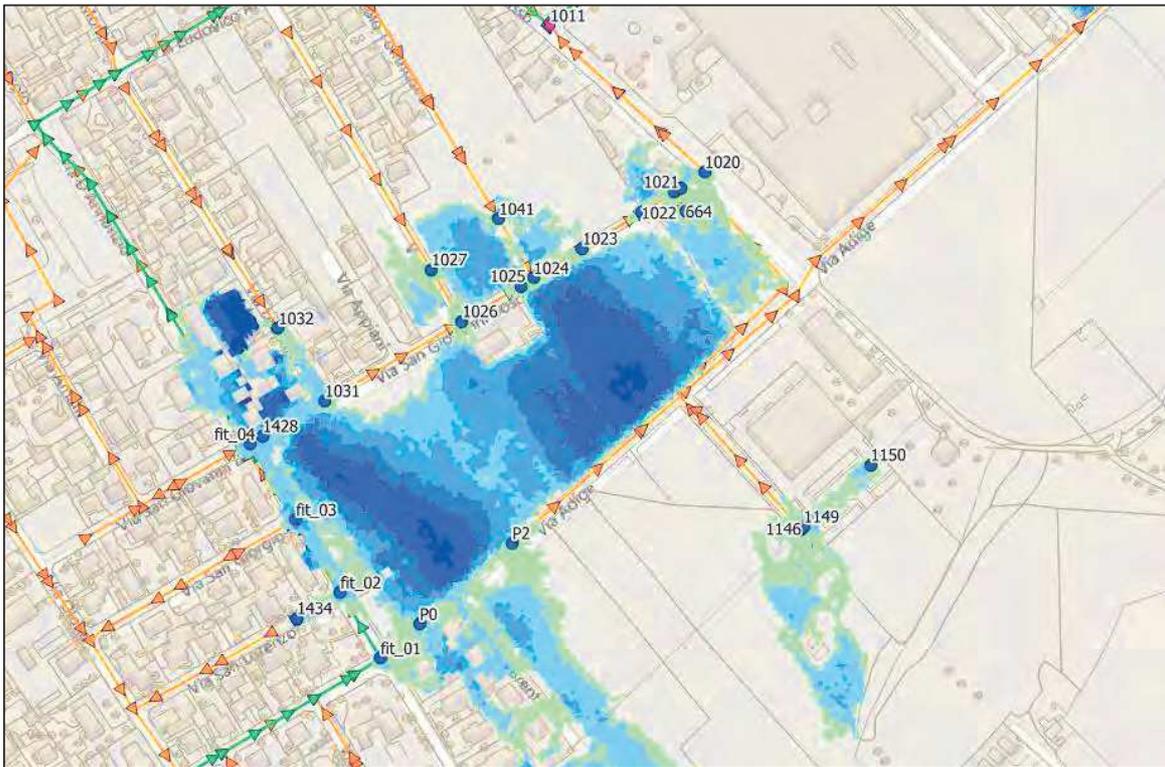


Figura 53. Allagamenti nella est del comune di Canegrate per lo scenario di simulazione con 10 anni di tempo di ritorno. In verde è riportato il tracciato del collettore consortile.

I volumi esondati dalle camerette su via Adige (camerette fit_01, P0 e P2) in figura seguente scorrono in accordo con le pendenze del terreno determinando gli allagamenti in corrispondenza delle aree verdi e del tessuto stradale in prossimità di via Brenta fermandosi prima di raggiungere via La Valletta. In corrispondenza delle camerette 1146, 1149 e 1150 in figura seguente si conferma, con un incremento d'intensità, l'allagamento già riscontrato a 10 anni, per effetto dell'insufficienza della condotta mista presente la quale non è in grado di smaltire l'apporto della rete bianca che raccoglie le acque meteoriche cadute sul piazzale in prossimità della via in esame.

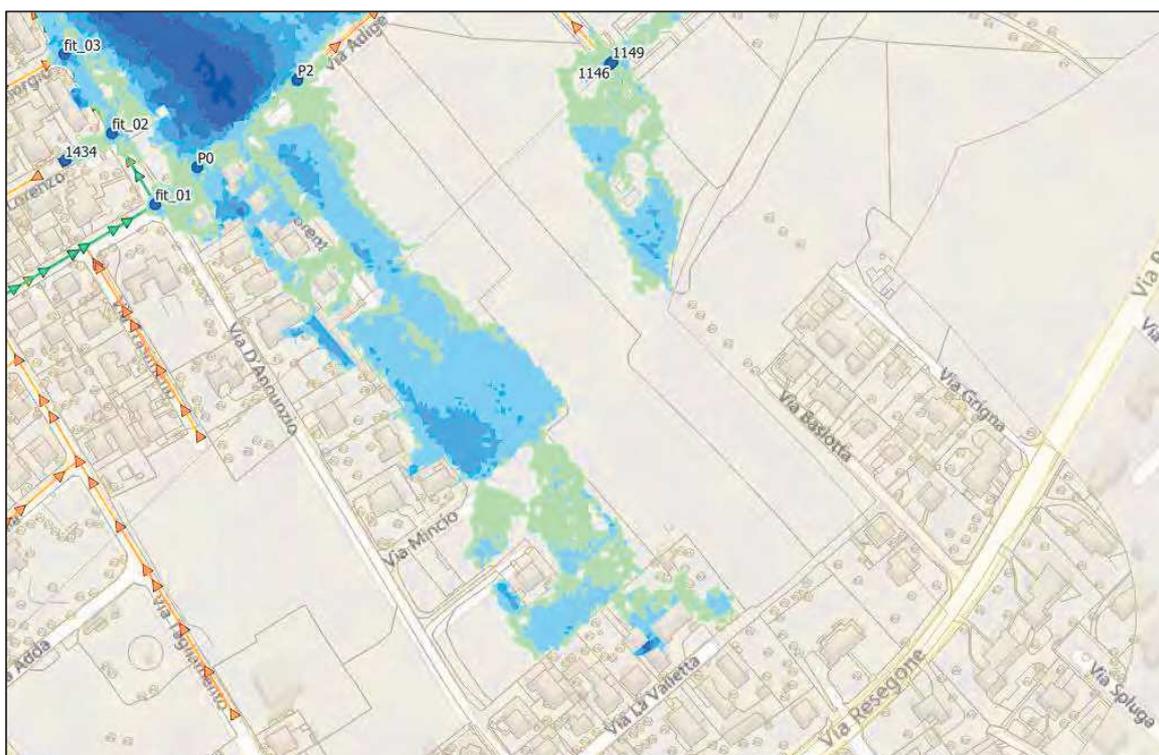


Figura 54. Allagamenti in prossimità di via Adige e via Brenta.

Per quanto riguarda la zona 3 a sud del comune di Canegrate (via Como, via Magenta e via Firenze) si registrano nuovi fenomeni di allagamento non presenti nella simulazione precedente.

In particolare, in corrispondenza di via Garibaldi (camerette 338 e 339 in figura seguente) e via Gran Sasso (cameretta 437 in figura seguente) si evidenziano fenomeni di allagamento che interessano, oltre alle due vie citate, anche la via Adamello. Gli allagamenti sono qui dovuti a fenomeni di rigurgito prodotti dal generale riempimento della rete fognaria. Questa problematica verrà riscontrata più volte all'interno della simulazione in quanto, come già spiegato brevemente, la rete non è progettata per smaltire un evento con tempo di ritorno di 50 anni o superiore.

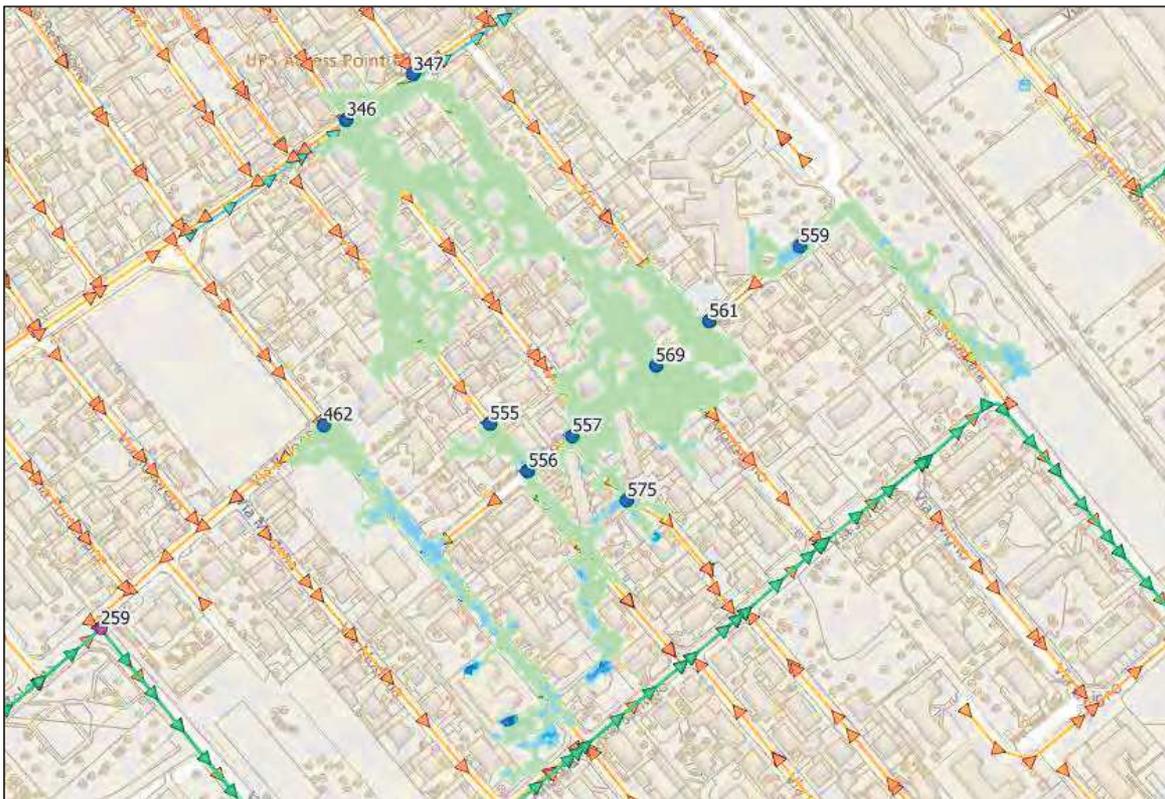


Figura 56. Allagamenti riscontrati su via Firenze e nella zona di via Magenta-via Como

Spostandoci leggermente più a sud, i fenomeni di rigurgito innescati dalla connessione con il collettore consortile in corrispondenza di via Ancona (cameretta 1402 in viola in figura seguente) comportano allagamenti anche su via Terni in corrispondenza delle camerette 646, 647 e 648. L'allagamento, che inizia con la fuoriuscita di acqua dalle camerette sopracitate si estende nei territori a sud seguendo le pendenze del terreno (vedi figura seguente).

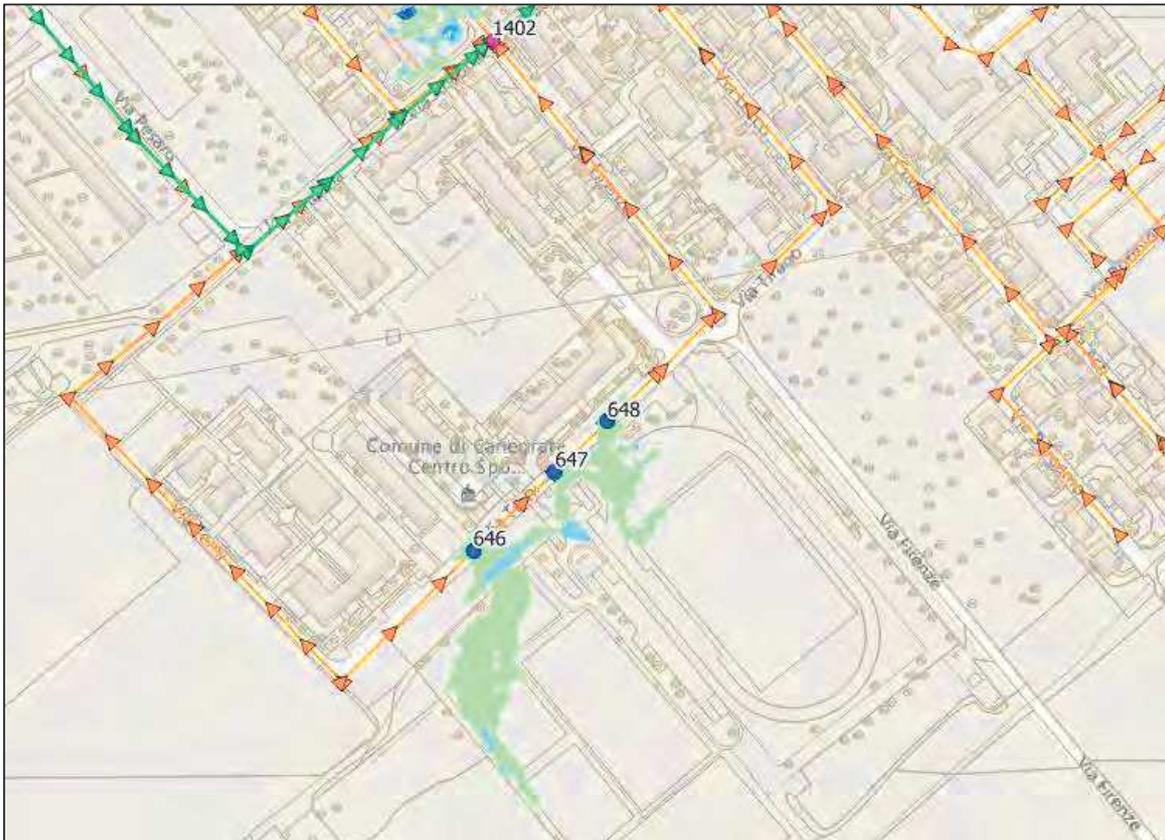


Figura 57. Allagamenti riscontrati su via Terni, camerette 646, 647 e 648.

Nella porzione a nord del territorio comunale (zona 4) si registrano delle nuove fuoriuscite di acqua delle camerette in corrispondenza di via Trieste (camerette 511, 510 e 509), via XXIV Maggio (camerette 526, 530, 531, 474, 1394, 475, 476 e 1410), via Marconi (camerette 473, 1333), via Piave (camerette 846, 860 e 861), via Nazario Sauro (camerette 838, 837 e 1417) e via Manzoni (camerette 816, 817 e 880) come si vede dalla figura seguente. Le fuoriuscite fatte registrare si traducono in fenomeni di allagamento che, nello specifico, vanno ad interessare il manto stradale delle vie sopraccitate per poi estendersi verso sud su via Battisti e via Roma in accordo con le pendenze del terreno.

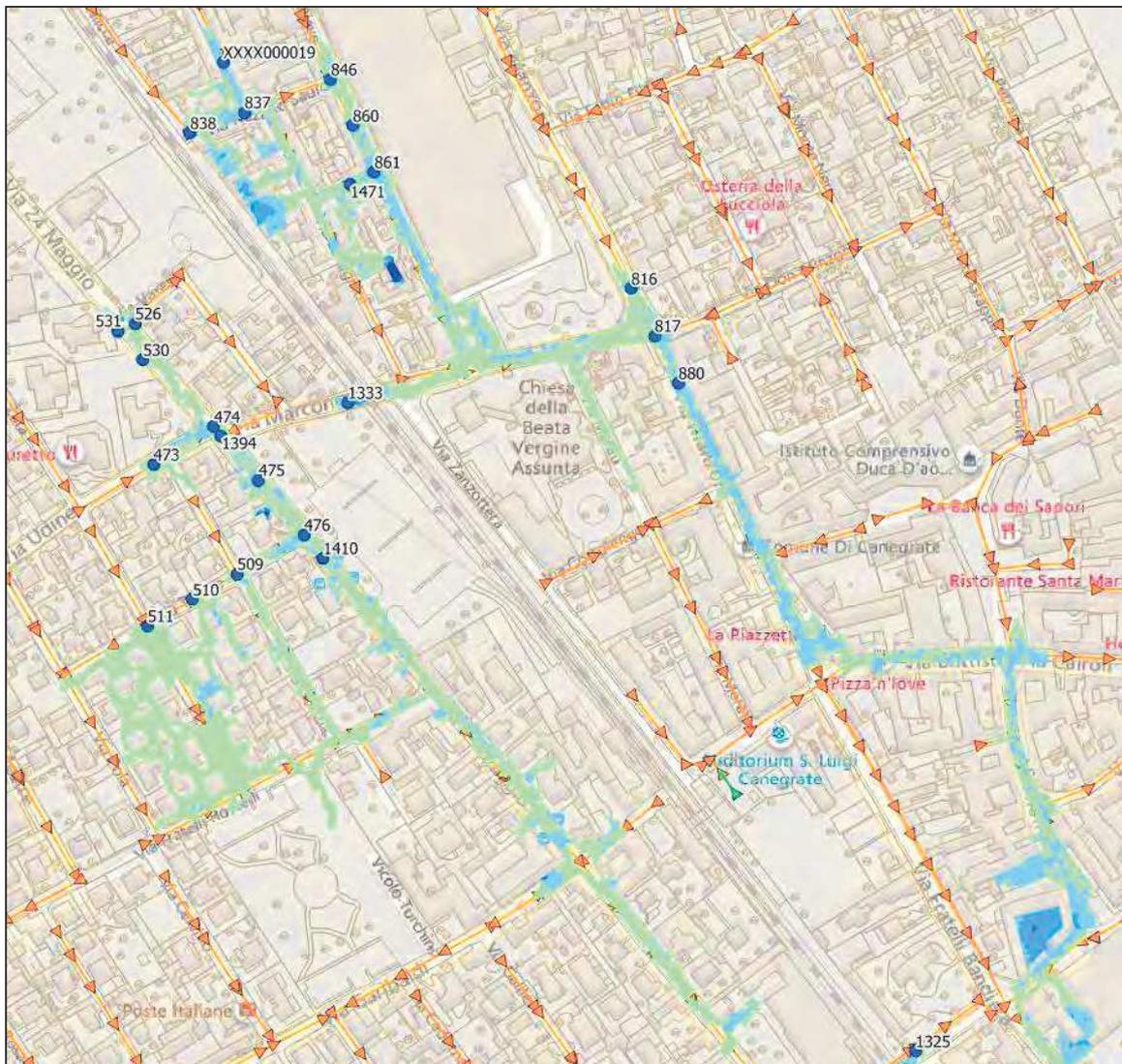


Figura 58. Allagamenti riscontrati nella porzione nord del territorio comunale, via Manzoni, Trieste, XXIV Maggio e Piave.

Come già evidenziato per la simulazione precedente in corrispondenza di via Marconi (camerette 1333 in figura precedente) si riscontra una problematica di allagamento dovuta alla fuoriuscita e ristagno dell'acqua nella condotta delle acque bianche in corrispondenza del sottopasso.

Analoghe considerazioni possono essere fatte per l'allagamento fatto registrare in corrispondenza di via Mozart alla cameretta 1130.



Figura 60. Allagamenti riscontrati su via Papini alle camerette 1123, 1124 e via Mozart alla cameretta 1130.

In corrispondenza di via Carroccio (camerette 700, 701 e XXXX00006 in figura seguente) si evidenzia un allagamento per effetto dei fenomeni di rigurgito.



Figura 61. Allagamenti riscontrati su via via Carroccio allagamenti alle camerette 700, 701 e XXXX000006.

4.1.3 Simulazione per tempo di ritorno di 100 anni

Di seguito è riportato un estratto della planimetria (involuppo dei massimi tiranti) per l'evento con cento anni di tempo di ritorno dove in blu sono riportate le camerette nelle quali il livello idrico supera il livello del piano campagna facendo registrare così un allagamento in prossimità del nodo coinvolto; in verde chiaro sono mappati invece gli allagamenti con tirante inferiore ai 5 cm ritenuti, in accordo con il gestore del servizio idrico integrato CAP Holding, un grado di approssimazione per definire gli allagamenti non critici. Completa il quadro dello scenario in oggetto l'elaborato TAV 1.3 Delimitazione aree soggette ad allagamento nello Stato di fatto TR 100. In appendice sono riportati i profili idraulici corrispondenti.

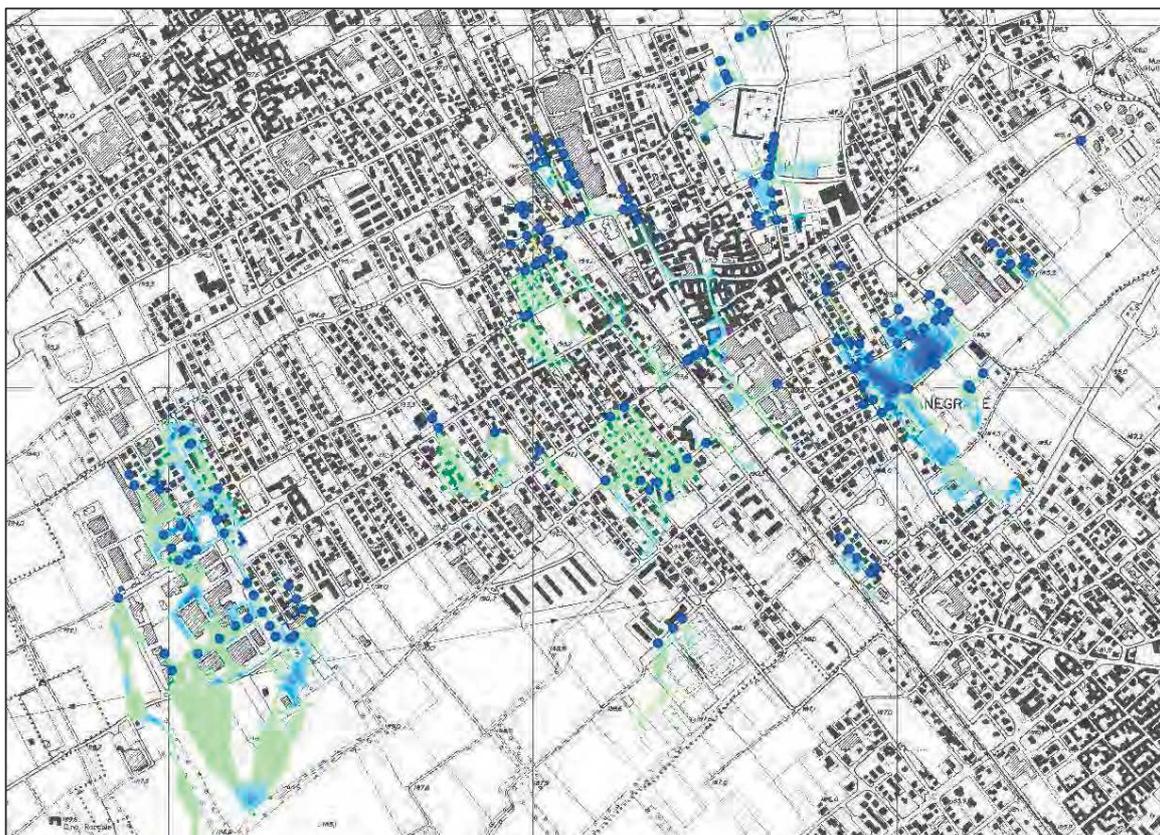


Figura 62. Scenario di simulazione con 100 anni di tempo di ritorno

Il funzionamento della rete per tempo di ritorno pari a 100 anni presenta in generale gli allagamenti già evidenziati per $T=50$ anni, con un aggravamento degli stessi. Tali allagamenti sono dovuti, come detto in precedenza, a insufficienze e rigurgiti dei collettori.

Nella tabella seguente sono indicate le camerette in corrispondenza delle quali, dalla simulazione con 100 anni di tempo di ritorno, si riscontrano ulteriori fenomeni di allagamento del piano campagna con tiranti maggiori di 5 cm, i quali si sommano a quelli già evidenziati per 50 anni di tempo di ritorno.

Tabella 6. Ulteriori allagamenti nella simulazione con tempo di ritorno pari a 100 anni. Tiranti $h > 5$ cm.

ID	Ubicazione	ID	Ubicazione
38	Via Treviso	989	Via Ludovico Ariosto
39	Via Treviso	1004	via Vincenzo Monti
46	Via Belluno	1007	Via Goldoni
500	Via Fratelli Rosselli	1017	Via Torquato Tasso
501	Via Fratelli Rosselli	1018	Via Torquato Tasso

ID	Ubicazione	ID	Ubicazione
561	Via Como	1028	Via Parini
724	Via Enrico Fermi	1040	Via San Giovanni Bosco
725	Via Enrico Fermi	1122	Via Papini
726	Via Enrico Fermi	1129	Via Mozart
729	Via Enrico Fermi	1147	Via Adige
815	Via Manzoni	1285	Via Isonzo
870	Via Piave	1301	
879	Via Marconi	1330	Via Marconi
945	Via Novara	1403	Via San Giovanni Bosco
946	Via Novara	P3	Via Adige
968	Via Damiano Chiesa		

Più nel dettaglio, in questa simulazione, i fenomeni di allagamento del piano campagna si confermano concentrati nelle aree già evidenziate per la simulazione con tempo di ritorno di 50 anni con un aumento dell'intensità delle criticità. Si veda figura seguente.

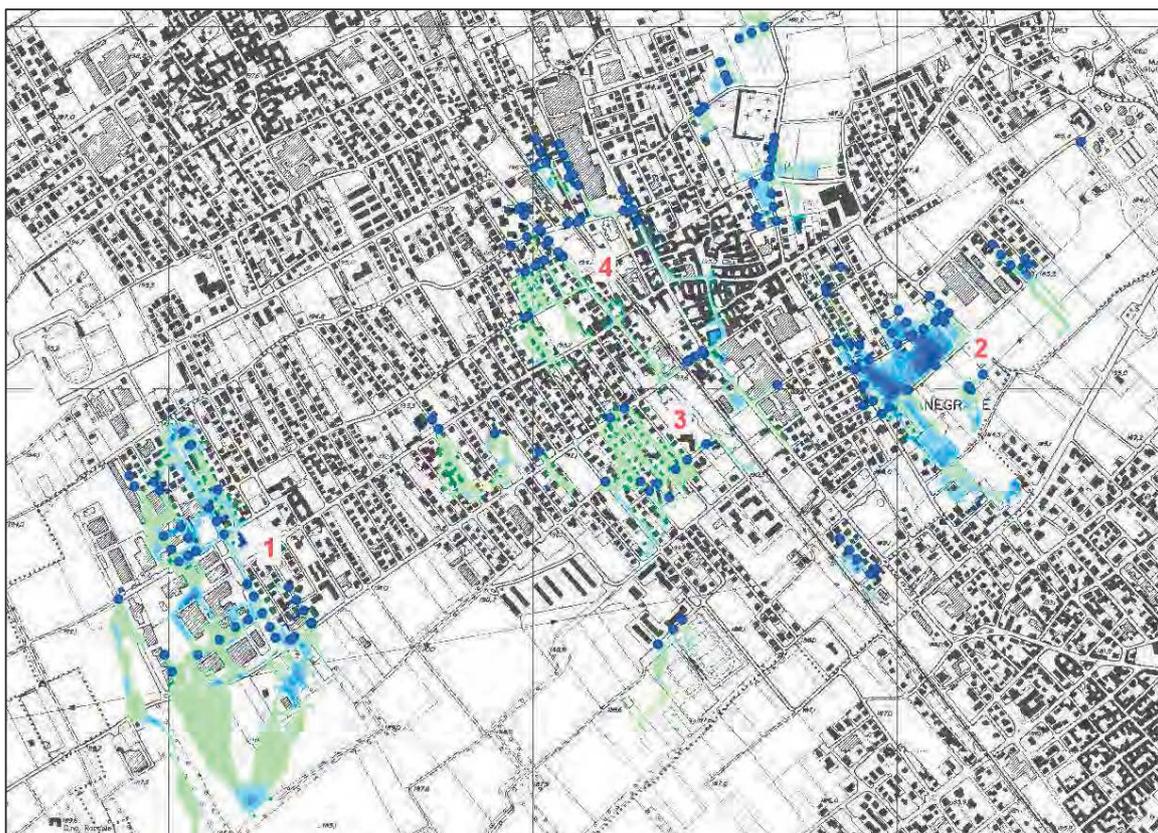


Figura 63. Scenario di simulazione con 100 anni di tempo di ritorno. Individuazione macro-aree

Per quanto riguarda l'area industriale (zona 1) si conferma l'allagamento generalizzato dell'intera zona (si veda figura seguente).



Figura 64. Allagamenti nella zona industriale per lo scenario di simulazione con 100 anni di tempo di ritorno.

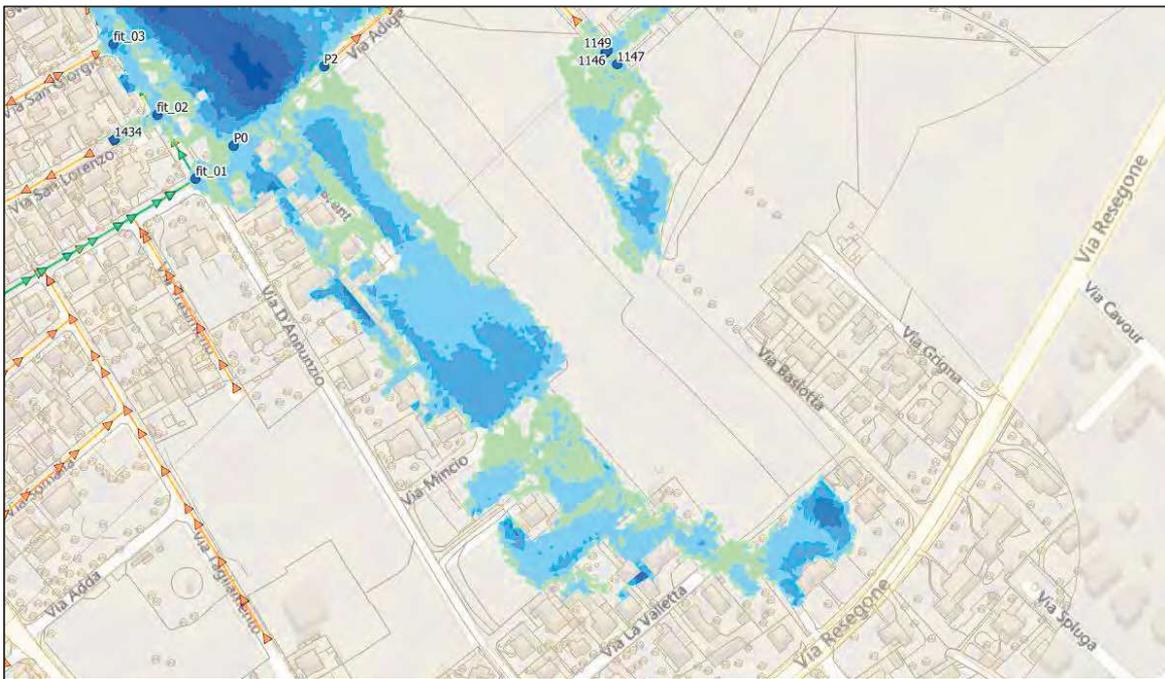


Figura 66. Allagamenti in prossimità di via Adige e via Brenta.

Per quanto riguarda la zona 3 a sud del comune di Canegrate (via Garibaldi, via Gran Sasso, via Como, via Magenta e via Firenze) si registrano fenomeni di allagamento già riscontrati nella simulazione precedente con un aumento delle criticità.

Gli allagamenti sono dovuti a fenomeni di rigurgito prodotti dal generale riempimento della rete fognaria. Questa problematica verrà riscontrata più volte all'interno della simulazione in quanto, come già spiegato brevemente, la rete non è progettata per smaltire un evento con tempo di ritorno di 100 anni o superiore.

Di seguito sono riportate le planimetrie degli allagamenti riscontrati.

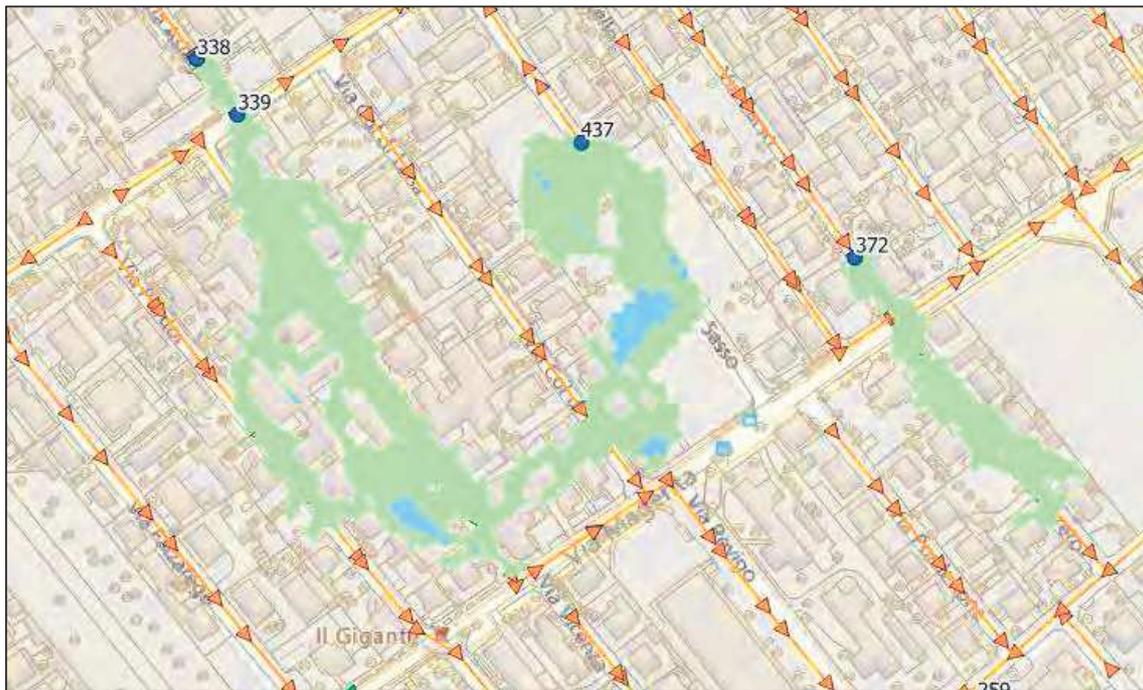


Figura 67. Allagamenti riscontrati su via Garibaldi, via Gran Sasso, via Adamello, via Carso e via Rovereto.

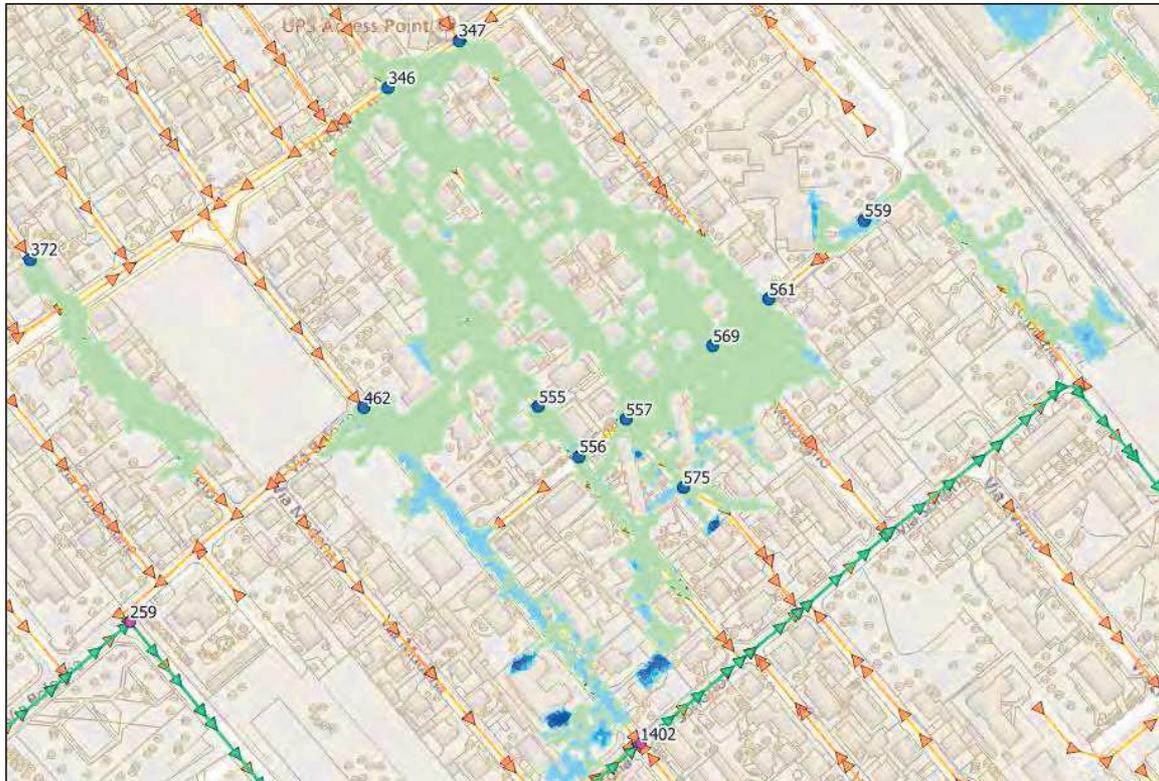


Figura 68. Allagamenti riscontrati su via Firenze e nella zona di via Magenta-via Como

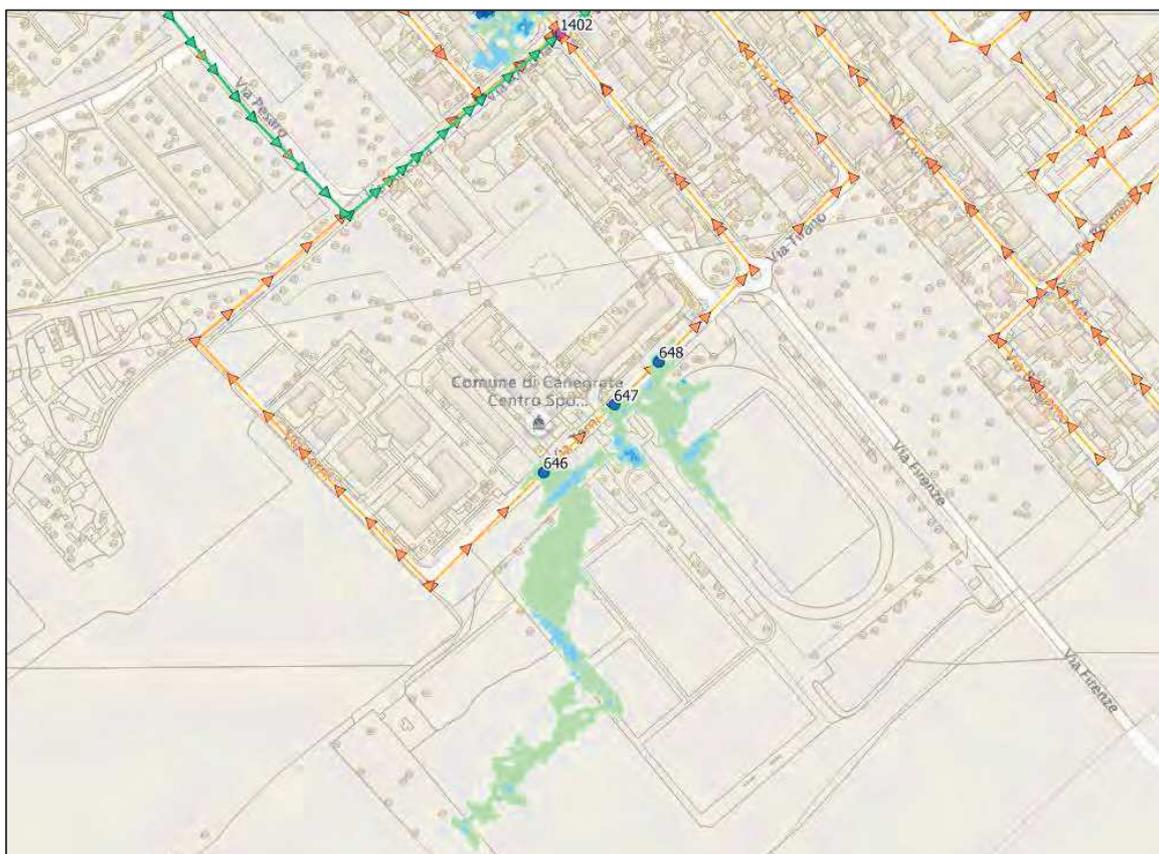


Figura 69. Allagamenti riscontrati su via Terni, camerette 646, 647 e 648.

Nella porzione a nord del territorio comunale (zona 4) in corrispondenza delle vie Trieste, XXIV Maggio, Marconi, Piave, Nazario Sauro e Manzoni si registrano analoghi allagamenti riscontrati nella simulazione con tempo di ritorno di 50 anni con un aumento anche qui delle criticità. Di seguito sono riportate le planimetrie degli allagamenti riscontrati.

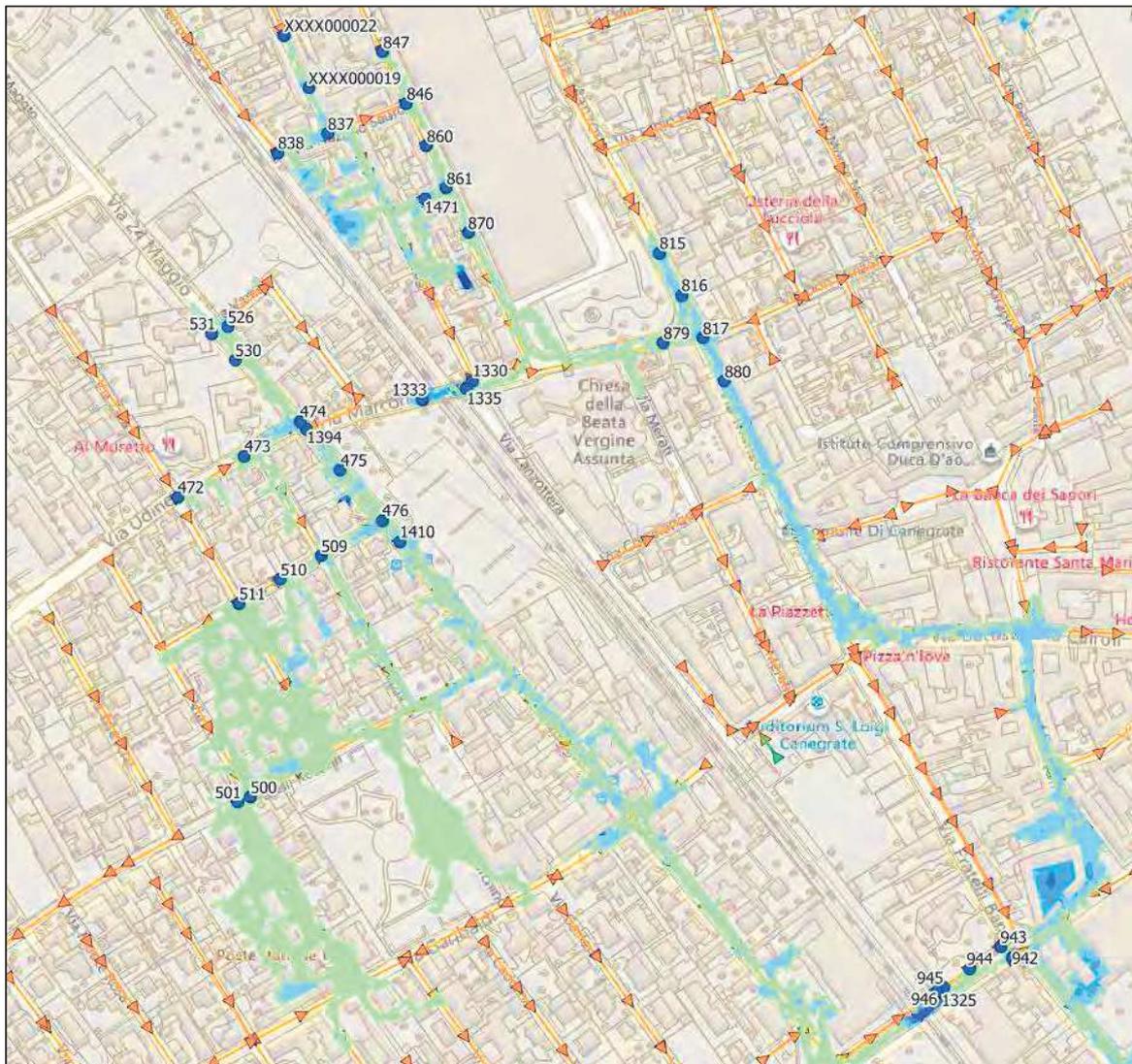


Figura 70. Allagamenti riscontrati nella porzione nord del territorio comunale, via Manzoni, Trieste, XXIV Maggio e Piave.

In corrispondenza del sottopasso di via Novara si registra una nuova fuoriuscita dalle camerette 942, 943, 944 e 946 che provocano l'allagamento del sottopasso come mostrato dalla figura seguente.

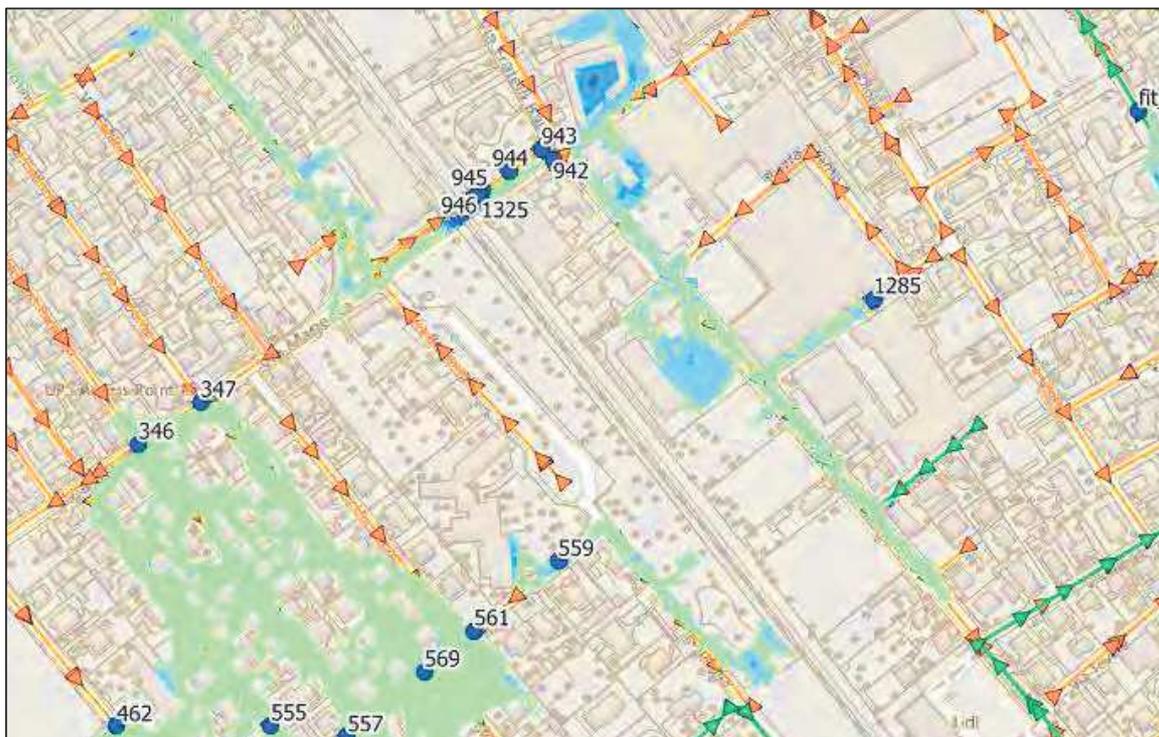


Figura 71. Allagamenti riscontrati su via Roma, via Fratelli Battaglia e via Novara.

Più a nord, in corrispondenza di via Damiano Chiesa (camerette 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987 e 979) si conferma l'allagamento già riscontrato nelle simulazioni precedenti che interessa la strada e i terreni verdi adiacenti ad essa; si veda figura seguente.

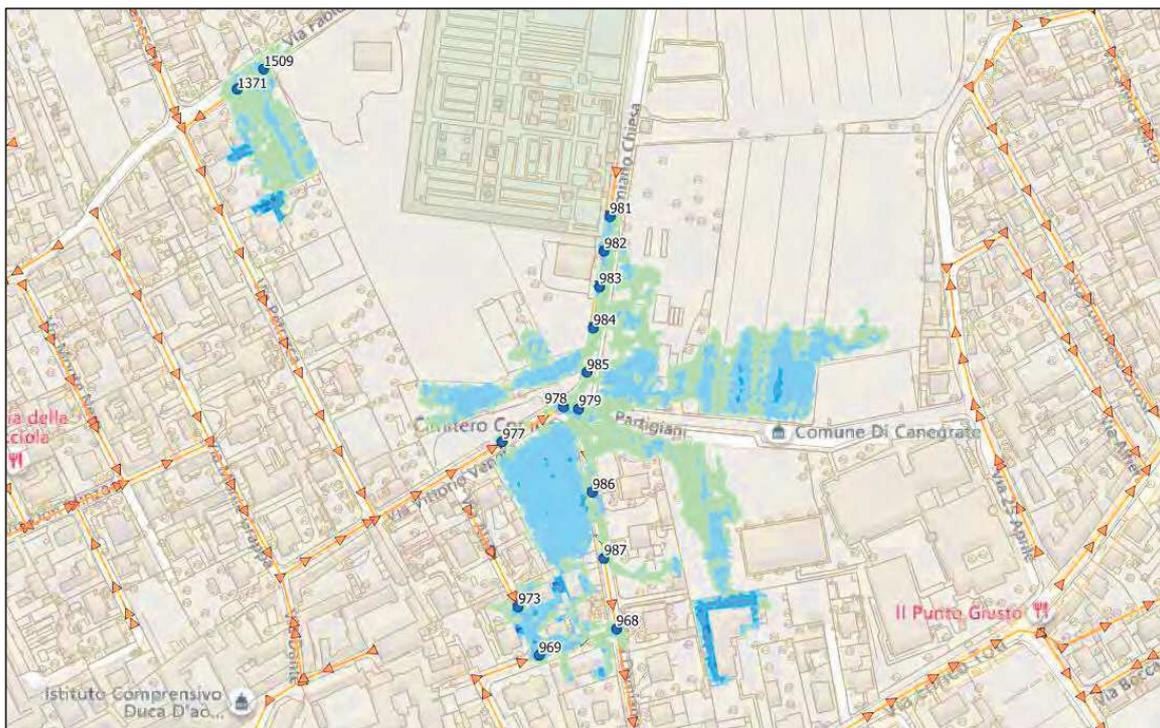


Figura 72. Allagamenti riscontrati su via Damiano Chiesa alle camerette 981, 982, 983, 984, 985, 986, 987, 968.



Figura 73. Allagamenti riscontrati su via Fabio Filzi alle camerette 1371 e 1509 e su via Enrico Fermi camerette 724, 725, 726, 729, 730 e XXXX000004.

Dalla planimetria precedente si evidenziano anche tre zone di allagamento più ristrette; una su via Filzi (camerette 509 e 1371) e due su via Enrico Fermi (camerette 724, 725 e 726 la prima e camerette 729, 730 e XXXX000004 la seconda).

Analogamente su via Papini (camerette 1122, 1123, 1124 in figura seguente) e via Mozart (camerette 1129 e 1130) si confermano gli allagamenti riscontrati nella simulazione precedente.

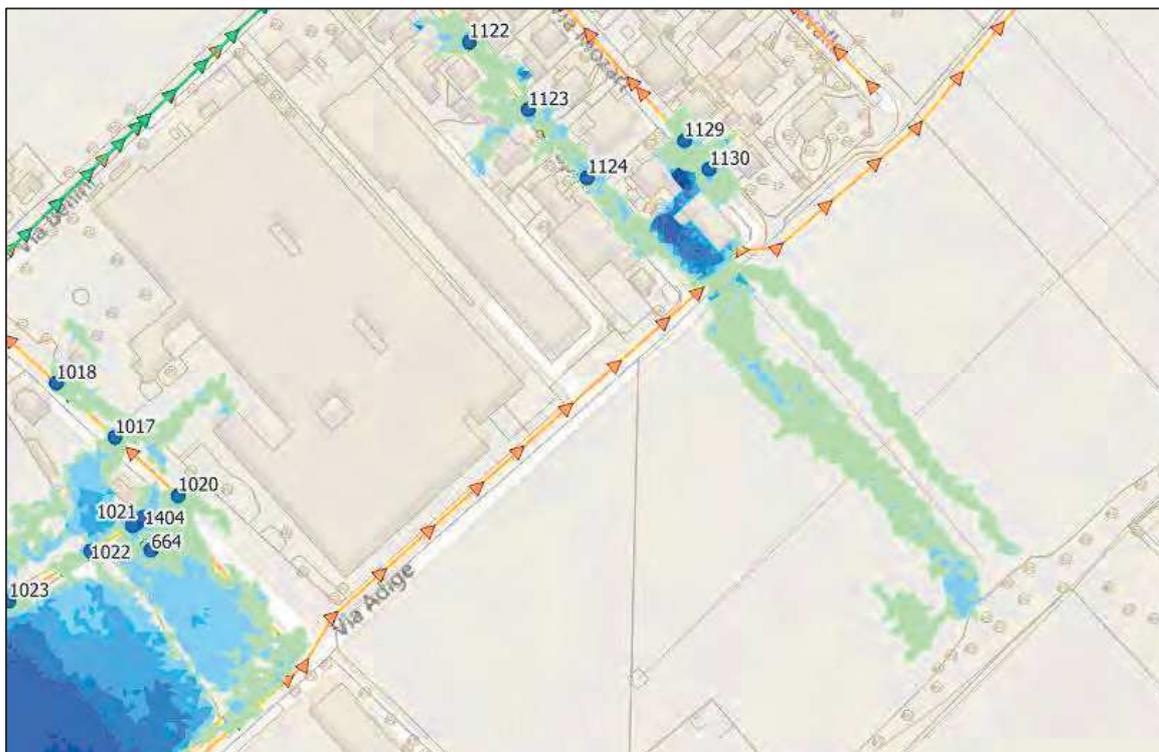


Figura 74. Allagamenti riscontrati su via Papini alle camerette 1122, 1123, 1124 e via Mozart alle camerette 1129 e 1130.

In corrispondenza di via Carroccio (camerette 698, 699, 700, 701 e XXXX00006 in figura seguente) si conferma l'allagamento già riscontrato in precedenza per effetto dei fenomeni di rigurgito, i quali provocano la fuoriuscita di acqua dalle camerette.

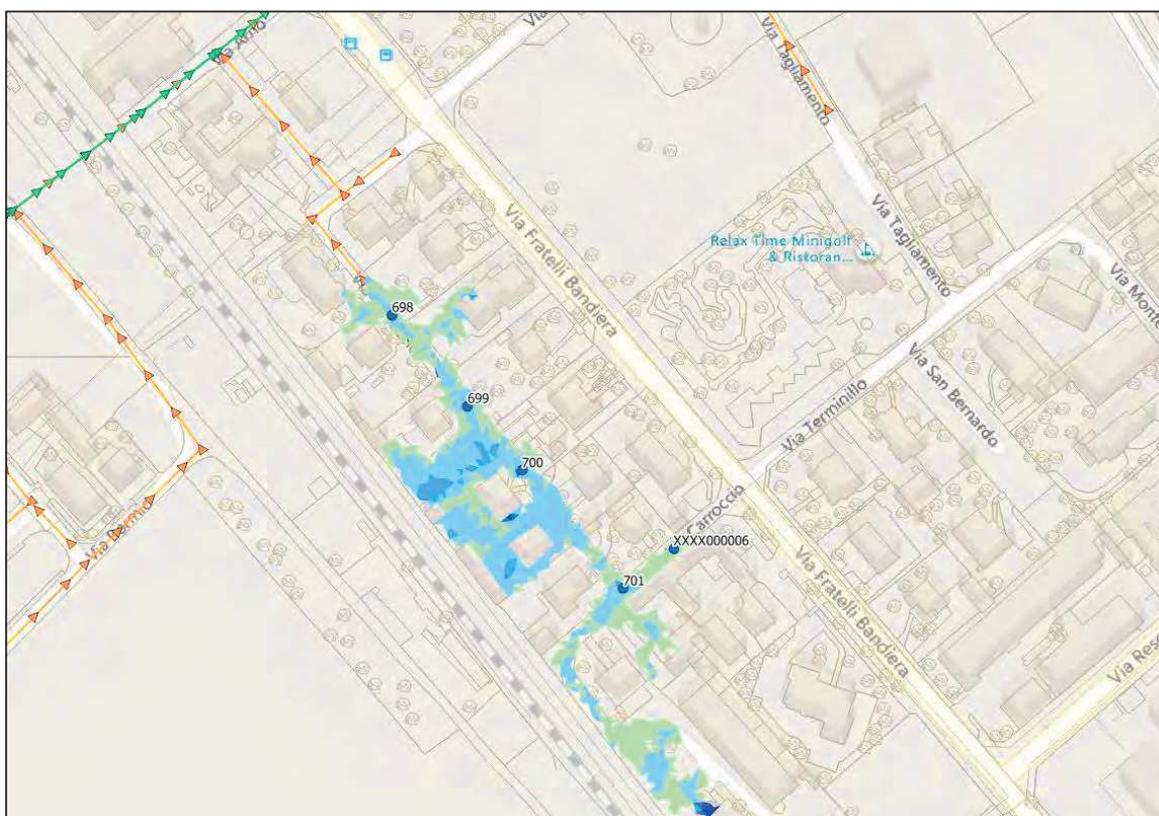


Figura 75. Allagamenti riscontrati su via via Carroccio allagamenti alle camerette 698, 699, 700, 701 e XXXX000006.

4.2 Riepilogo aree allagate

Di seguito si riporta una tabella di riepilogo dove sono riportati:

- il numero totale di camerette in corrispondenza delle quali è stato riscontrato un allagamento del piano campagna;
- l'estensione complessiva degli allagamenti critici, con tiranti maggiori di 5 cm, estratti dal modello idraulico.

Tabella 7. Riepilogo criticità.

	TR 10 anni	TR 50 anni	TR 100 anni
# camerette con fenomeni di allagamento	55	120	161
Aree allagate con h > 5 cm (ha)	6.47	11.79	14.76

5. RISULTATI SIMULAZIONI A SEGUITO DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO

A seguito dell'analisi fatta nel capitolo precedente, volta all'individuazione delle criticità presenti sul territorio, si sono individuate le strategie e le azioni da intraprendere per ridurre le problematiche legate agli allagamenti individuati.

Nella allegata relazione generale, al capitolo 2 al quale si rimanda, vengono compiutamente definite le misure strutturali e non strutturali di riduzione del rischio idraulico proposte, e le corrispondenti dimensioni di massima.

Nella allegata tav. 2 sono individuate le aree da riservare alla attuazione delle suddette misure.

L'insieme degli interventi ha condotto alla definizione di uno scenario di progetto, il cui funzionamento idrologico-idraulico è stato simulato inserendo nella geometria tutte le opere strutturali pianificate al fine di verificare l'effettiva riduzione degli allagamenti sul territorio e l'efficienza degli stessi sulla rete.

5.1 Costruzione modello "Stato di Progetto"

La costruzione del modello idraulico dello scenario di progetto è stata condotta apportando le seguenti modifiche alla rete:

- Sconnessione delle caditoie stradali e dei pluviali dalla rete di fognatura mista ed infiltrazione mediante fossi disperdenti (Interventi IS04, IS15, IS17). Implementata disconnettendo i bacini, imponendo il coefficiente di deflusso delle superfici a pari a zero.
- Disconnessione della rete di fognatura bianca esistente da quella mista e collegamento a nuovi pozzi di drenaggio (IS05, IS06, IS07, IS10, IS13, IS14, IS16). Implementata nella geometria dello stato di progetto eliminando le connessioni fra la rete bianca e la rete mista.
- Infiltrazione mediante pavimentazioni drenanti (IS08). Implementata mediante la disconnessione dei bacini interessati dagli interventi, imponendo il coefficiente di deflusso delle superfici stradali pari a zero.
- Realizzazione vasca volano a monte del comune di Canegrate fra i territori comunali di San Giorgio su Legnano e Canegrate in modo da limitare le portate in ingresso al collettore consortile in comune di Canegrate a quelle smaltibili; Intervento INS09. Implementata nel modello dello stato di fatto inserendo una portata ridotta nel collettore consortile in ingresso al comune di Canegrate alla cameretta 118.
- Realizzazione vasca volano in prossimità delle aree tra la via Adige, in adiacenza alla via D'Annunzio in grado sia di raggiungere gli obiettivi di scarico previsti nella normativa (40 l/s ha IMP), sia di risolvere le problematiche di sovraccarico del collettore consortile stesso.

Intervento IS12. Implementata nel modello dello stato di progetto inserendo una vasca di accumulo in corrispondenza del nodo fit_01.

- Modifica soglia alla cameretta 45 implementata alzando di 1 metro l'altezza di soglia (INS10).
- Le nuove lottizzazioni sono state implementate disconnettendo i bacini, imponendo il coefficiente di deflusso delle superfici a pari a zero.

5.2 Simulazioni Stato di progetto

5.2.1 Simulazione per tempo di ritorno di 10 anni

Gli interventi proposti vanno a risolvere interamente i problemi legati agli allagamenti del territorio comunale nello scenario con 10 anni di tempo di ritorno.

Di seguito si riportano due profili del collettore consortile in corrispondenza dell'ingresso nel comune di Canegrate (via Goito) e di via D'Annunzio dove sono state risolte le criticità riguardanti gli allagamenti riscontrati.

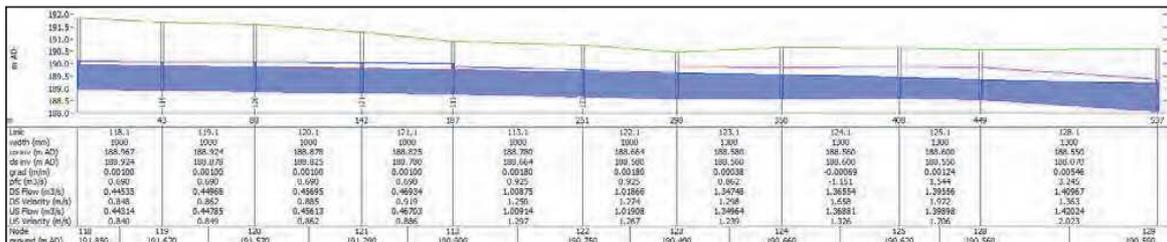


Figura 76. Profilo idraulico del collettore consortile in corrispondenza di via Goito. Ingresso collettore consortile nel comune di Canegrate.

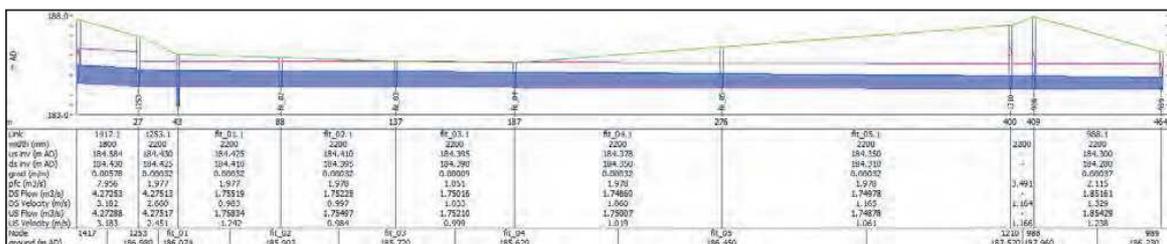


Figura 77. Profilo idraulico del collettore in corrispondenza di via D'Annunzio dove è stata implementata la vasca nel nodo fit_01.

5.2.2 Simulazione per tempo di ritorno di 50 anni

Di seguito è riportata la mappa degli allagamenti per la simulazione con 50 anni di tempo di ritorno nello stato di progetto. Si nota che permangono alcuni allagamenti nelle zone evidenziate come critiche nella simulazione allo stato di fatto con però una sostanziale riduzione dell'intensità degli allagamenti (si faccia riferimento all'elaborato TAV.3.1 Delimitazione aree soggette ad allagamento nello Stato di progetto TR 50).

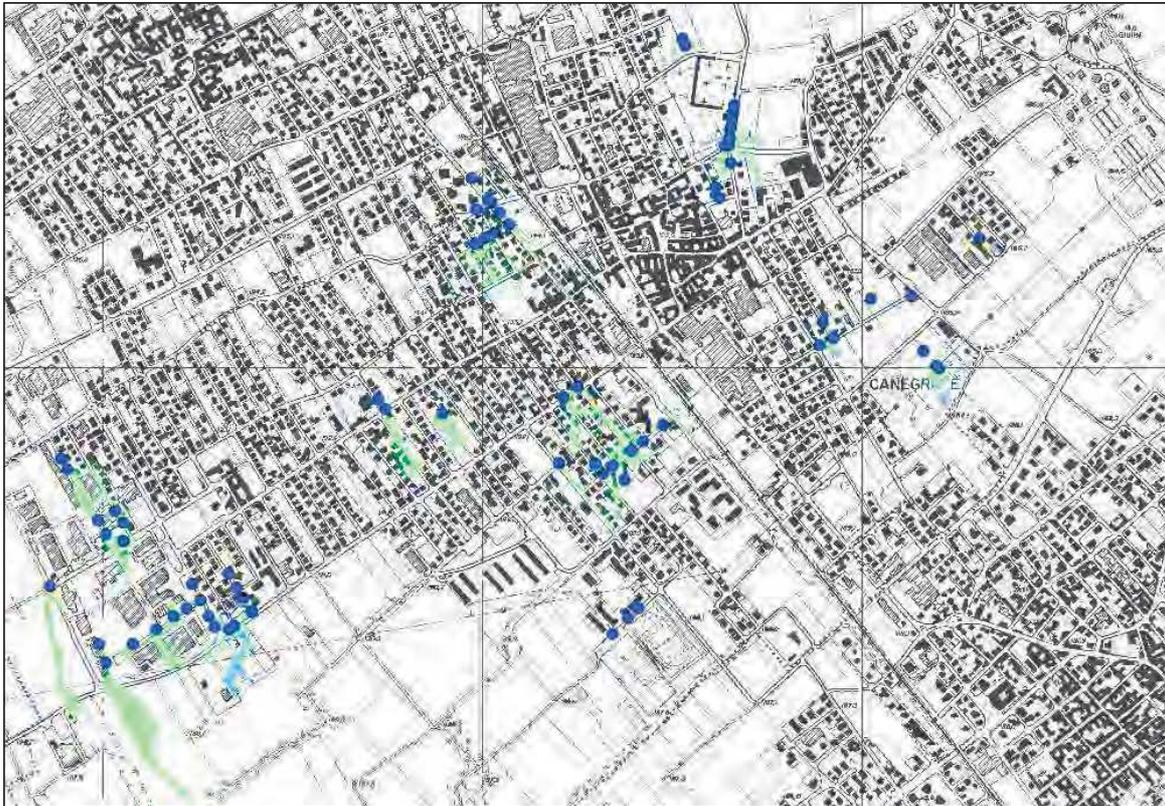


Figura 78. Stato di progetto, simulazione con tempo di ritorno di 50 anni.

5.2.3 Simulazione per tempo di ritorno di 100 anni

Di seguito è riportata la mappa degli allagamenti per la simulazione con 100 anni di tempo di ritorno nello stato di progetto. Anche in questo scenario alcuni allagamenti nelle zone evidenziate come critiche nella simulazione allo stato di fatto con però una sostanziale riduzione dell'intensità degli allagamenti (si faccia riferimento all'elaborato TAV.3.2 Delimitazione aree soggette ad allagamento nello Stato di progetto TR 100).

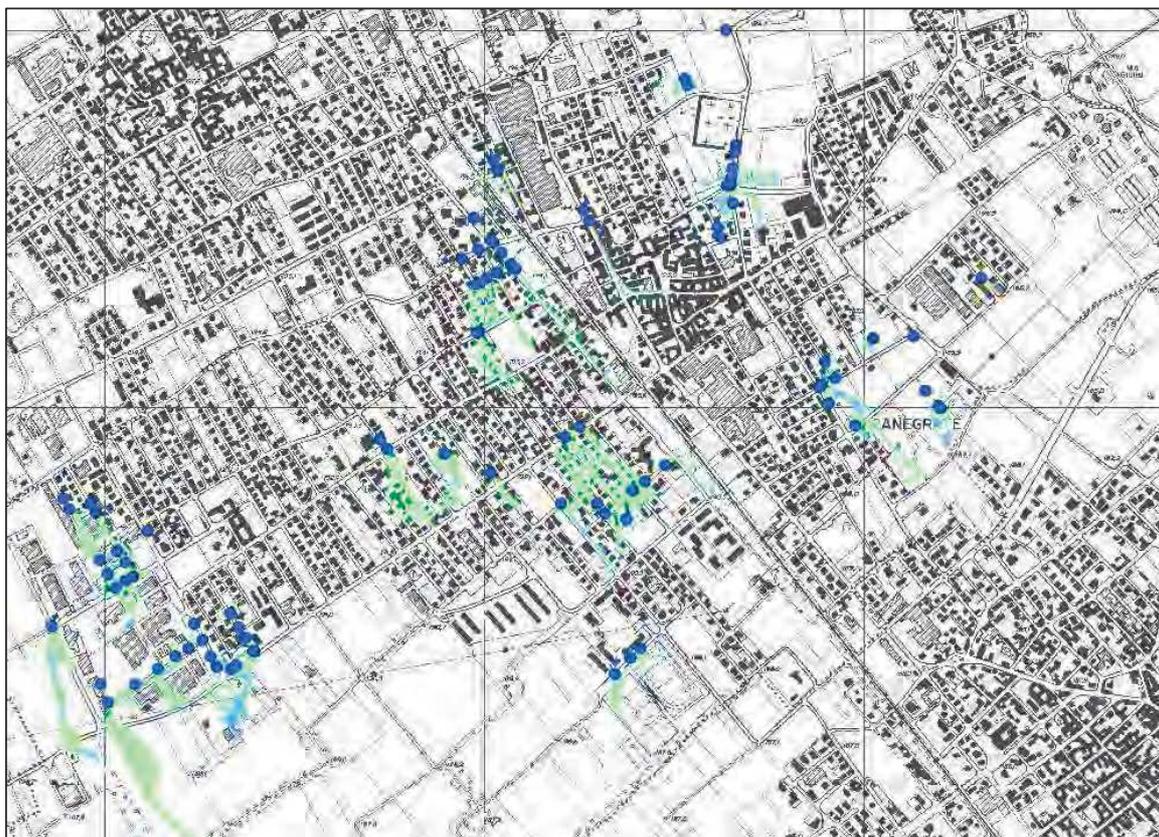


Figura 79. Stato di progetto, simulazione con tempo di ritorno di 100 anni.

5.2.4 Riepilogo

Di seguito si ripropone la tabella delle aree allagate con tiranti maggiori a 5 cm confrontando lo stato di fatto con lo stato di progetto:

Tabella 8. Riepilogo criticità. Aree allagate con $h > 5$ cm (ha), confronto SDF con SDP

	TR 10 anni	TR 50 anni	TR 100 anni
SDF	6.47	11.79	14.76
SDP	0	1.44	3.27

6. CONCLUSIONI

L'attività di modellazione idraulica descritta nel presente elaborato ha avuto lo scopo di fornire una valutazione allo stato di fatto delle aree soggette ad allagamento sul territorio comunale. Tale attività è stata realizzata sulla base del modello 1D della rete fognaria comunale implementato e tarato dalla società CAP Holding e aggiornato dagli scriventi accoppiandolo al modello bidimensionale di propagazione sulla superficie comunale dei volumi esondati dalla rete fognaria. Ciò ha imposto la costruzione del modello della superficie urbana attraverso l'utilizzo del lidar accoppiato alle informazioni di elementi importanti per la descrizione del processo di ruscellamento dell'acqua sulla superficie urbana quali edifici e strade. Sono stati simulati tre scenari di riferimento, rispettivamente con 10, 50 e 100 anni di tempo di ritorno, sui quali sono state definite le criticità idrauliche della rete fognaria e i relativi effetti sul territorio circostante. Esse si concentrano principalmente in due aree del territorio comunale:

- in corrispondenza dell'area industriale nella zona a est del territorio comunale (via Vercelli, via Spluga, via Cavalese) e di via Goito in corrispondenza della quale scorre il collettore consortile. In questa zona si registra l'allagamento del tessuto stradale delle vie sopraccitate; i volumi esondati dalle fognature allagano le aree poste a sud in accordo con le pendenze del terreno fino ad allagare il tessuto stradale di via Magenta e le aree verdi a sud di essa;
- in corrispondenza di via D'Annunzio e via San Giovanni Bosco evidenziando allagamenti in corrispondenza del tessuto stradale e dell'area verde in parte. I volumi esondati dalle fognature su via Adige allagano le aree poste a sud, in accordo con le pendenze del terreno, fino ad allagare il tessuto stradale di via Brenta e le aree in prossimità di essa.

Più localizzate invece le problematiche riscontrate sulle vie Damiano Chiesa, Marconi, Papini e Filzi. Le opere strutturali proposte nello scenario di progetto per risolvere le criticità di allagamento, che in parte riprendono anche alcuni interventi previsti nel piano semplificato di gestione del rischio, sono state inserite nel modello "stato di progetto" apportando le opportune modifiche (vedasi par. 5.1)

La realizzazione del suddetto quadro di interventi, come evidenziato dai risultati del modello idrodinamico proposto, permette di risolvere le principali criticità idrauliche evidenziate con riferimento al tempo di ritorno 10 anni e di ridurre in maniera significativa gli allagamenti per TR 50 e 100 anni. Risulta inoltre, come oltre mostrato, rispettato il limite allo scarico di 40 l/s per ettaro impermeabile imposto da Regione Lombardia sugli scarichi di fognature esistenti nei ricettori.

La superficie impermeabile scolante è calcolata come l'area totale contribuente per il coefficiente di deflusso medio ponderale dell'intera area.

$$A_{IMP} = A_{TOT} \cdot \varphi_{MP}$$
$$\varphi_{MP} = \frac{\sum A_i \cdot \varphi_i}{A_{TOT}}$$

Le superfici contribuenti sono state ricavate dal modello Infoworks così come i parametri ϕ di ciascuna di esse definiti in fase di taratura dello stesso. Di seguito la tabella riassuntiva:

Tabella 9. Area totale e coefficiente di deflusso per ciascuna superficie

Superficie	Area contribuyente (ha)	Coefficiente di deflusso ϕ
Strade	40.629	0.65
Tetti	51.749	0.65
Cortili	102.527	0.1
Ferrovie	0.036	0.1
Verde	27.252	0
TOT	222.193	0.316

L'area contribuyente totale è pari a circa 220 ha e il coefficiente di deflusso medio ponderale a 0.316.

L'area impermeabile risulta quindi 70.30 ha.

La portata massima scaricabile sarà quindi:

$$Q_{LIM} = A_{IMP} \cdot u_{LIM} = 70.30 \text{ ha} \cdot 40 \text{ l/s} \cdot \text{ha}_{IMP} = 2.81 \text{ m}^3/\text{s}$$

Dalla simulazione dello stato di progetto, TR 10 anni ed opere realizzate, la portata scaricata nel recettore (fiume Olona) risulta pari a 2 m³/s e quindi pienamente rientrante nei limiti imposti.

7. REGISTRO DATI

Tipologia dato	Descrizione dato	Livello di affidabilità	Utilizzato	Contesto di utilizzo	Fonte	Link	Note
CPP	Curve di possibilità pluviometrica Lombardia	3 – elevata	si	Elaborazione modello	ARPA Lombardia	http://ita.arpalombardia.it/ITA/servizi/richiesta_dati/idro_pluvio_termo.asp	
Rete fognaria	WEBGIS della rete fognaria gestita da CAP	3 – elevata	si	Elaborazione modello	Gruppo CAP	https://www.gruppocap.it/attivita/webgis/il-progetto	

8. DOCUMENTI DI RIFERIMENTO UTILIZZATI

- Autorità di Bacino del Fiume Po. 2004. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona
- CAP Holding. 2019 Linee guida per la redazione degli studi comunali di Gestione del rischio Idraulico.
- Regione Lombardia. Testo coordinato-R.R.7/2017: invarianza idraulica-idrologica

9. BIBLIOGRAFIA

- Autorità di Bacino del Fiume Po. 2001. Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)
- Autorità di Bacino del Fiume Po. 2004. Studio di fattibilità della sistemazione idraulica dei corsi d'acqua naturali e artificiali all'interno dell'ambito idrografico di pianura Lambro – Olona
- B. Woods Ballard, S Wilson, H. Udale-Clarke, S. Illman, T. Scott, R. Ashley, R. Kellgher, The SuDS Manual, London 2015
- CAP Holding. 2019 Linee guida per la redazione degli studi comunali di Gestione del rischio Idraulico.
- Centro Studi Deflussi Urbani. 2008. Sistemi di fognatura - Manuale di progettazione. Hoepli.
- Chow V.T. 1959. Open-channel hydraulics. McGraw-Hill.
- Comune di Canegrate. 2010. Individuazione del Reticolo Idrico Minore e regolamentazione delle attività di Polizia Idraulica – ex D.G.R. n.7/7868 e s. m. e i.
- Comune di Canegrate. 2011. Piano Urbano Generale dei Servizi nel Sottosuolo – PUGSS
- Comune di Canegrate. 2012. Componente geologica, idrogeologica e sismica del PGT
- Provincia di Milano. 2013. Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale.
- Regione Lombardia, 2015. Contratto di Fiume Olona, Bozzente e Lura

-
- Regione Lombardia, 2017. Piano Territoriale Regionale (P.T.R.).
 - Regione Lombardia. 2020. Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni (PGRA)
 - Regione Lombardia. Testo coordinato-R.R.7/2017: invarianza idraulica-idrologica