



Regione Veneto
Provincia di Treviso
Comune di LORIA

P.C.A. - Piano Comunale delle Acque

All. 13

Relazione Idraulica



PROGETTO ED ELABORAZIONE DEL PIANO

Studio S.IN.TE.SI. di Ing. Stefano Zorba

Progettista
Ing. Stefano Zorba

Collaboratore Tecnico
Ing. Valentina Lot

REV. N°	DATA	MOTIVO DELLA REVISIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	02/2022	Prima emissione	VL	SZ	SZ



Sede operativa: Via Guglielmo Marconi, 3, 31047 Ponte di Piave TV
Sede legale: via Brigata Fratelli Fontanot, 58 – 34079 Staranzano (GO)
Tel.: +39 3478613797
Sito: www.sintesisoluzioni.it
Email: info@sintesisoluzioni.it





Sommario

1. INTRODUZIONE	4
1.1 Premessa	4
2. DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	5
2.1 Descrizione della rete idrografica maggiore	7
2.2 Descrizione dei sottobacini idrografici	8
2.3 Descrizione dell'idrografia minore	10
3. ANALISI PLUVIOMETRICA	28
3.1 Scelta dell'evento pluviometrico di progetto	28
4. DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO	33
4.1 La modellazione idraulica (EPA SWMM)	33
4.2 Trattazione teorica del metodo di calcolo di EPA SWMM	33
5. DESCRIZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO	37
5.1 La modellazione idrologica (HEC-HMS)	37
5.2 Trattazione teorica del software HEC-HMS	37
5.2.1 Il modello afflussi-deflussi	37
5.2.1.1 Modello di separazione dei deflussi ad evento: SCS	38
5.2.1.2 Modello di intercettazione al suolo: Simple Surface	44
5.2.2 Il trasporto lungo la rete canalizzata	45
5.2.2.1 Modello lag time (tempo di ritardo)	45
6. DEFINIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA MODELLATA	47
6.1 Definizione della rete idrografica modellata	47
6.1.1 Nodo idraulico via Vollone (San Zenone degli Ezzelini)	51
6.1.2 Nodo idraulico sfioratore Pedemontana	55
6.1.3 Modello idraulico corso d'acqua consortile Viazza (Loria)	57
6.1.4 Modello idraulico centro urbano di Loria	63
6.1.5 Modello idraulico centro urbano di Ramon	67
6.1.6 Modello idraulico centro urbano di Bessica	71
6.2 Parametri del modello idraulico	76
6.2.1 Definizione della geometria	76
6.2.2 Definizione dei sottobacini imbriferi	77
6.2.3 Definizione delle condizioni al contorno	84
6.2.4 Parametri idraulici valutati	85
7. SIMULAZIONE DELLO STATO DI FATTO	87
7.1 Risultati del modello Viazza	88



7.2	Risultati del modello Viazza della rete del centro urbano di Loria	90
7.3	Risultati del modello della rete del centro urbano di Ramon	94
	<i>7.3.1 Area residenziale Via S. Pancrazio / Via Bertina / Via Adige</i>	94
	<i>7.3.2 Area residenziale Via Bertina / Via Castellana</i>	95
	<i>7.3.2 Area residenziale Via Poggiana</i>	97
7.4	Risultati del modello della rete del centro urbano di Bessica	99
	<i>7.4.1 Area residenziale Via D. Alighieri / Via Baroni</i>	99
	<i>7.4.2 Area residenziale Via Cantoni di Sotto</i>	100
	<i>7.4.3 Scarico Balbi</i>	100
8.	CONCLUSIONI	102



1. INTRODUZIONE

1.1 Premessa

Il Piano Regolatore delle Acque si integra all'interno degli strumenti pianificatori a livello comunale, come un mezzo di individuazione delle principali problematiche idrauliche riscontrate all'interno della rete di smaltimento delle acque meteoriche, intesa come combinazione di rete di fognatura bianca o mista, fossi privati e canali consorziali o sovra-consorziali.

Il principale obiettivo del Piano delle Acque è quello di proporre una serie di interventi atti a risolvere le mancanze riscontrate all'interno della rete scolante, fornendo dei criteri per una corretta gestione e manutenzione dei corsi d'acqua di ordine minore.

Il Piano delle Acque si sviluppa a partire da un'attenta analisi del territorio comunale dal punto di vista idrografico, geomorfologico, normativo ed amministrativo, condotta mediante l'acquisizione di dati direttamente sul campo, attraverso rilievi topografici ed altimetrici, e tramite la consultazione della documentazione esistente.

Volendo dare una descrizione più articolata di tale strumento amministrativo, esso si compone delle seguenti fasi:

1. **INQUADRAMENTO AMMINISTRATIVO:** analisi degli aspetti normativi ed amministrativi vigenti, atti a redigere un Piano delle Acque che possa inserirsi in totale armonia con quello che è il quadro amministrativo comunale;
2. **ANALISI DELLO STATO DI FATTO:** individuazione delle principali criticità riscontrate all'interno della rete idrografica minore in seguito a numerosi rilievi topografici e la consultazione della cartografia presente, per una costruzione quanto più fedele del territorio comunale;
3. **PARTE PROGETTUALE:** è costituita da una serie di interventi aventi lo scopo di risolvere le criticità desunte dalla fase precedente; a seguito della fase propositiva, vengono fornite una serie di indicazioni in merito alla gestione e manutenzione dei corsi d'acqua, indicando i soggetti responsabili e definendo delle regole per eventuali e successivi interventi urbanistici.

La presente relazione idrologico/idraulica ha lo scopo di definire le considerazioni effettuate, i parametri assunti per la definizione del regime idrologico e idraulico della rete idrografica minore del Comune di Loria, e le principali criticità idrauliche individuate all'interno della rete di smaltimento delle acque meteoriche, facendo ricorso a particolari software di modellazione idrologica e idraulica.

2. DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

Il territorio di Loria si colloca all'interno del triangolo composto dalle provincie di Padova, Treviso e Vicenza con un'estensione circa pari a 25,25 km² e un'altitudine compresa tra circa i 44 m e i 91 m sul livello del mare. Il comune confina a nord con Mussolente, San Zenone degli Ezzelini, con Riese Pio X a est, con Castello di Godego, San Martino di Lupari e Galliera Veneta a sud e, infine, con Rossano Veneto e Cassola a ovest.



Figura 1 Localizzazione del territorio comunale di Loria all'interno del territorio

Il Comune è composto, oltre che dal capoluogo stesso, anche da **3 frazioni**:

- 1) **Bessica**: collocata a nord-ovest rispetto al territorio comunale, si delinea prevalentemente lungo la SP81, andando poi a svilupparsi in direzione sud lungo via Cantoni di Sotto e via Cappuccini tra un alternarsi di aree residenziali e di aperta campagna;
- 2) **Ramon**: si sviluppa nell'area sud rispetto a Loria, ed è raggiungibile percorrendo la SP20. Analogamente a Bessica, questa frazione presenta un tessuto urbano definito prevalentemente da aree residenziali, ma, spingendosi all'interno dell'area comunale in direzione ovest si può osservare un graduale passaggio ad un'area agricola. Da

evidenziare la presenza di una zona industriale-commerciale nella zona nord di Ramon lungo la SP20.

- 3) **Castione**: frazione che si colloca nell'estremo sud-ovest del territorio comunale è anch'essa caratterizzata dalla presenza di un'area urbana densamente abitata e dalla presenza di una zona industriale a nord-ovest della suddetta frazione a confine con il comune di Rossano Veneto.

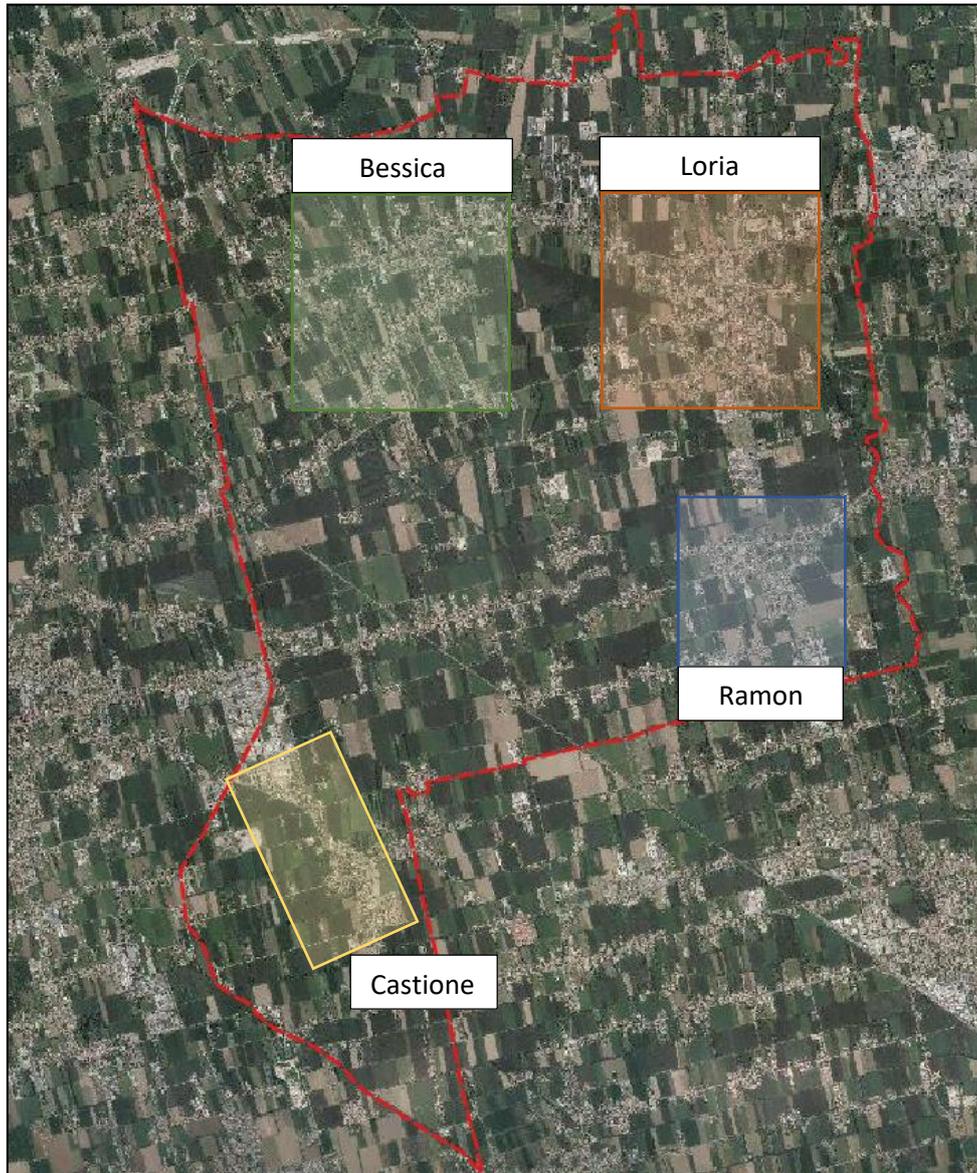


Figura 2 Collocazione territoriale del capoluogo (Loria) e delle frazioni (Bessica, Ramon e Castione) del comune di Loria

Il comune si distingue inoltre per la presenza di una fitta rete idrografica caratterizzata dall'incidenza di 2 corsi d'acqua quali il torrente **Muson**, che scorre lungo il confine con Riese Pio X, e il torrente **Pighenzo-Brenton** il quale, per gran parte del suo alveo, divide il territorio comunale in due e rispettivamente (Fig. 3):

- 1) **Area di competenza del Consorzio di Bonifica Piave:** che fa riferimento a tutta l'area ad est rispetto al torrente Pighenzo-Brenton, comprendendo, dunque, il capoluogo di Loria e la frazione di Ramon;
- 2) **Area di competenza del Consorzio di Bonifica Brenta:** che, invece, fa riferimento a tutta l'area a ovest del torrente Pighenzo-Brenton, comprendendo le frazioni di Ramon e di Castione.

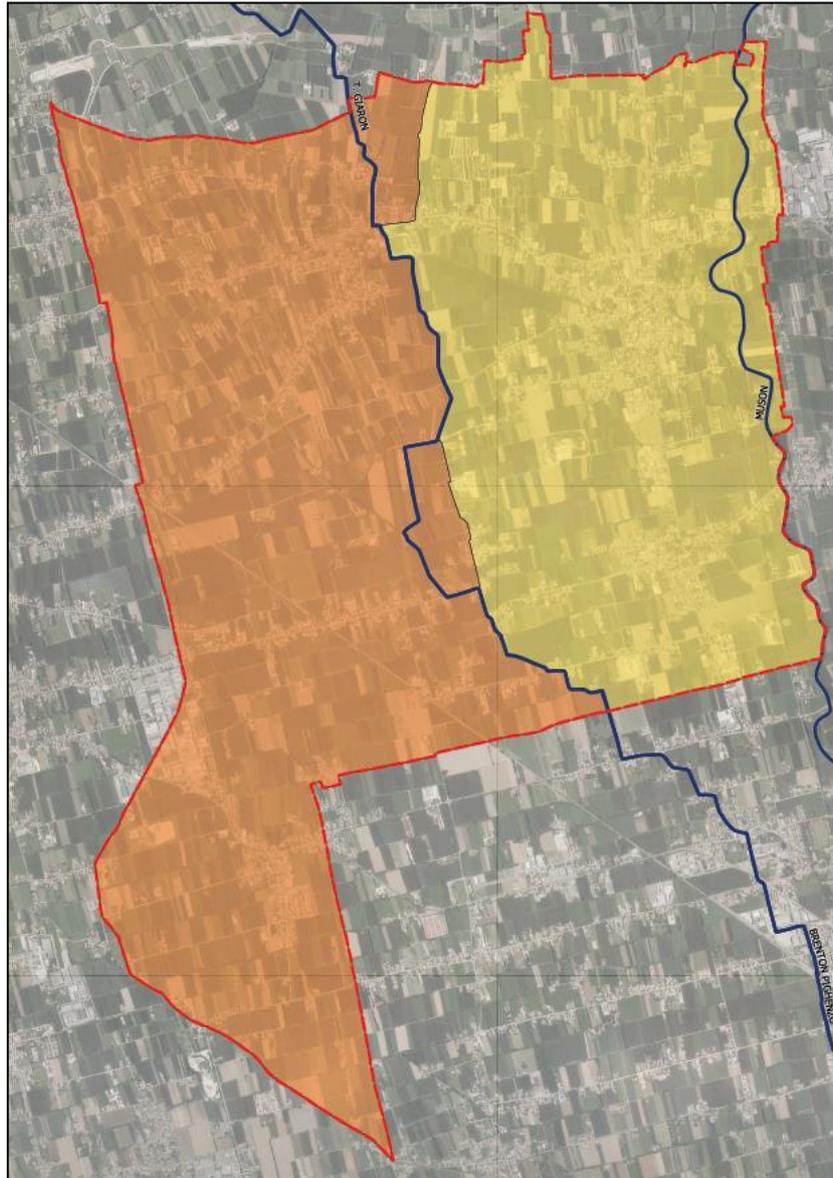


Figura 3 Suddivisione delle due aree di contribuenza consortili: a est del Brenton-Pighenzo si delinea il Consorzio di Bonifica Piave, a ovest il Consorzio di Bonifica Brenta

2.1 Descrizione della rete idrografica maggiore

Il comune di Loria ricade completamente all'interno del bacino del fiume Brenta-Bacchiglione per la parte in destra al torrente Muson, mentre la restante parte localizzata in sinistra rispetto al suddetto corso d'acqua ricade nel bacino scolante in Laguna di Venezia.



L'intero comune è attraversato in direzione sud-est da una rete di canali e torrenti che vanno a costituire quella che è l'idrografia maggiore del territorio che prevale nettamente su quella che è l'idrografia minore. Infatti, anche a causa delle caratteristiche geologiche del territorio con terreni con un'alta permeabilità, dall'intensa attività agricola e dalla forte urbanizzazione dell'area, ne deriva che la rete minore è sviluppata in maniera estremamente limitata, spesso senza continuità idraulica e, in certe zone, è addirittura quasi completamente assente.

Tra tutti, i corsi d'acqua che sono maggiormente rilevanti sono:

- il **Muson**: corso d'acqua che delinea quasi interamente il confine amministrativo del comune di Loria da quello di Riese Pio X, nasce in località Casonetto nei pressi di Pagnano di Asolo dall'unione del Muson di Monfumo e del Muson di Castelvucco. Dopo aver attraversato Pagnano ed essere giunto in pianura dove raccoglie le acque del Lastego lambisce i confini di Loria per poi proseguire sino a Castelfranco Veneto dove si incanala all'interno del Muson dei Sassi.
- il **Giaron-Pighenzo-Brenton**: entra nel territorio comunale di Loria a Nord e scorre in direzione sud con un percorso quasi parallelo al fiume Muson. Questo torrente per quasi la sua totale lunghezza all'interno del territorio comunale di Loria funge da spartiacque tra l'area di competenza del Consorzio di Bonifica Piave e il Consorzio di Bonifica Brenta. Prosegue poi sempre in direzione sud delimitando a ovest il centro abitato di Castello di Godego per andare poi ad immettersi all'interno del Muson dei Sassi a Castelfranco Veneto.

Entrambi i sopracitati corsi d'acqua ricadono sotto la competenza del Genio Civile di Treviso.

2.2 Descrizione dei sottobacini idrografici

Si definisce sottobacino idrografico una porzione di territorio (anche nota come superficie scolante) che raccoglie le acque superficiali che defluiscono lungo i versanti e le fa confluire sino ad un punto meglio definito anche come sezione di chiusura.

L'individuazione e la perimetrazione di tali aree derivano da un'indagine approfondita relativa alla combinazione dei dati LIDAR forniti sia dalla Provincia di Treviso che dalla Regione Veneto in maniera tale da poter ricavare, grazie al software QGIS, un modello digitale del terreno il più dettagliato possibile che viene anche comunemente definito come il modello del microrilievo territoriale.

In questo modello del microrilievo è perciò possibile intuire e individuare la morfologia del terreno e, in particolare, la quota in metri sul livello del mare di tutti i punti appartenenti al comune di Loria.

Dall'osservazione della morfologia e sempre grazie all'utilizzo del software QGIS, è stato possibile studiare la morfologia dell'area e ricavare in questo modo le potenziali aree scolanti, la rete di drenaggio e gli elementi spartiacque che delimitano i diversi sottobacini

ricavando così la mappa riportata in Figura 4, tratta dalla Tavola 06 denominata come “Carta dei sottobacini”.

Oltre all’utilizzo del software QGIS, sono state integrate anche le informazioni raccolte per l’individuazione e il tracciamento dei sottobacini localmente nel corso delle diverse campagne di rilievo fatte sul territorio, andando a verificare la presenza di collegamenti, ostruzioni, curve e opere idrauliche.

Per le campagne di rilievo di dettaglio è stata utilizzata strumentazione topografica GPS multi-costellazione, a doppia frequenza, per un’ottimale georeferenziazione dei punti acquisiti, in abbinamento a stadiе telescopiche e distanziometri laser per la misura dei punti inaccessibili quali, ad esempio, condotte e pozzetti.

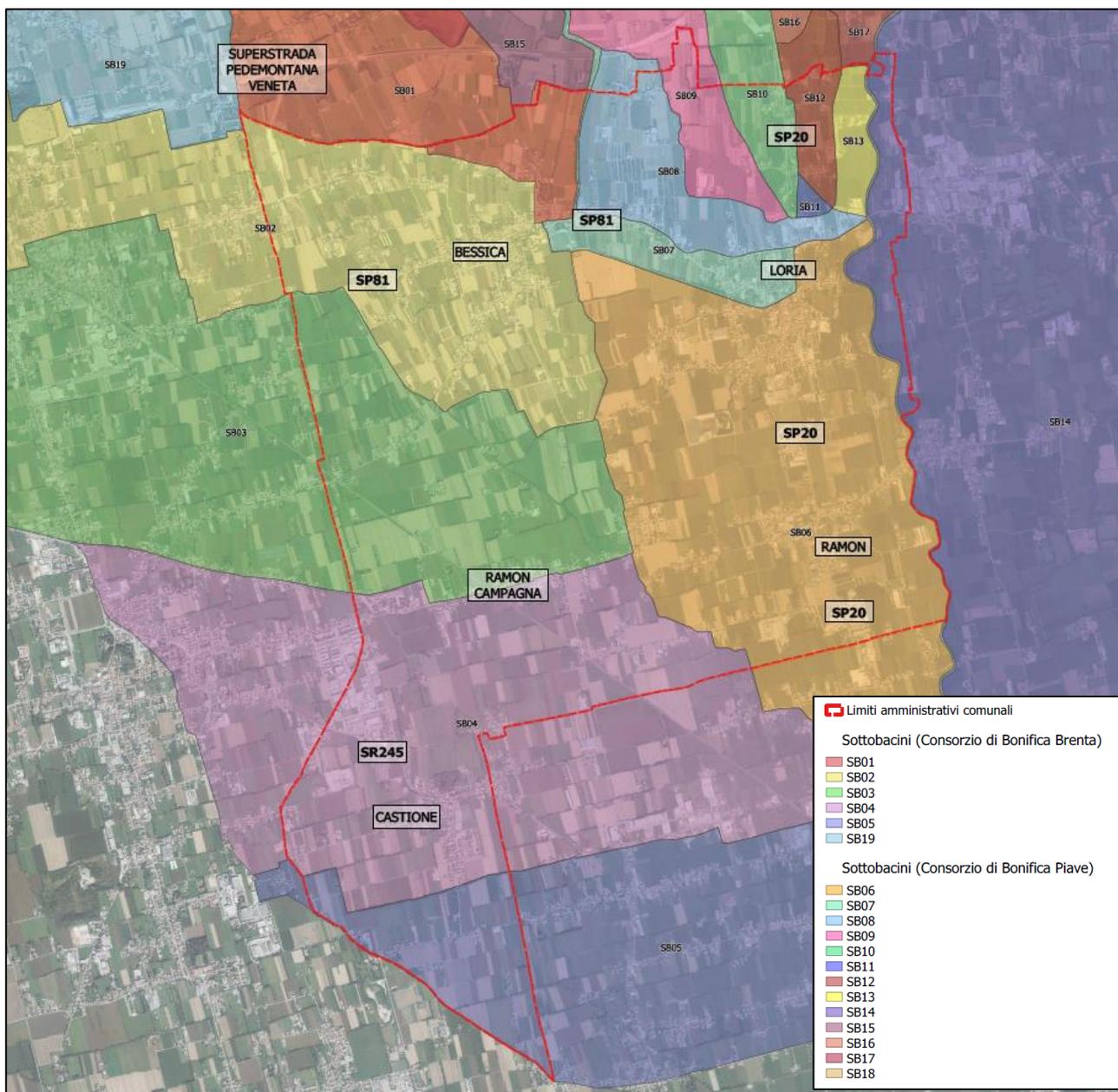


Figura 4 Immagine tratta della Tavola 06 relativa all’individuazione dei sottobacini all’interno del comune



Nel complesso sono così stati individuati un totale di 19 sottobacini denominati con i seguenti nomi:

- SB01 – Sottobacino Giarone (Conorzio di Bonifica Brenta)
- SB02 – Sottobacino Rosà Balbi (Conorzio di Bonifica Brenta)
- SB03 – Sottobacino Giustiniana (Conorzio di Bonifica Brenta)
- SB04 – Sottobacino Garzona (Conorzio di Bonifica Brenta)
- SB05 – Sottobacino Brentellona (Conorzio di Bonifica Brenta)
- SB06 – Sottobacino Muson (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB07 – Sottobacino Volone (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB08 – Sottobacino Roggia Balbi (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB09 – Sottobacino Viazza (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB10 – Sottobacino Musonello (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB11 – Sottobacino Viazza (via Viazza) (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB12 – Sottobacino Riazzolo (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB13 – Sottobacino Muson (Loria Nord) (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB14 – Sottobacino Muson (sinistra idrografica) (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB15 – Sottobacino Giarone (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB16 – Sottobacino Scarico via Manzolino (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB17 – Sottobacino Musonello Nord (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB18 – Sottobacino Riazzolo-Ramo1 (Conorzio di Bonifica Piave)
- SB19 – Sottobacino Lugana (Conorzio di Bonifica Brenta)

2.3 Descrizione dell'idrografia minore

Per permettere una migliore comprensione dell'idrografia minore del comune di Loria, verrà proposta una descrizione discretizzata per sottobacini, in maniera tale da permettere di comprendere come si comportano i deflussi superficiali nelle rispettive aree e localizzare con più facilità i diversi corsi d'acqua, canali e località di seguito citati.

a) SB01 – Idrografia minore del Sottobacino Giarone (CBB)

Il sottobacino Giarone prende il nome dall'omonimo torrente Giarone che si sviluppa nell'area nord-est al confine del territorio comunale di Loria e si estende sino a Mussolente. Per gran parte della sua estensione è attraversato dal Torrente Giarone che raccoglie in prossimità dei limiti amministrativi gran parte dei deflussi dei corsi d'acqua minori presenti nel comune di Mussolente.

All'interno del territorio comunale la presenza del sistema roggia Callalta (via Monte Antelao) che scarica in via Cantoni di Sopra nel Pighenzo costituisce il sistema di drenaggio principale raccogliendo i contributi della roggia Voloncello.



Figura 5 Immagine tratte da uno dei vari sopralluoghi effettuati: a) scarico del colatore Callalta nel Pighenzo e b) immissione del Voloncello nel confine comunale di Loria

b) SB03 – Idrografia minore del Sottobacino Rosà-Balbi (CBB)

Il sottobacino Rosà-Balbi è uno dei sottobacini più estesi all'interno del comune di Loria e comprende gran parte dell'abitato di Bessica e tutta l'area di via Cantoni di Sotto, sino alla confluenza tra lo scarico Roggia Balbi e il torrente Pighenzo-Brenton. Il corso d'acqua da cui trae il nome è la Roggia Balbi che scorre a cielo aperto all'interno del comune di Loria lungo via Gianbattista Pergolesi (SP81) sino alla rotonda che conduce in via Bassanese verso il centro di Bessica, raccogliendo i contributi provenienti da via Baroni (comune di Cassola) e dallo scarico Lugana, che scorre in direzione sud lungo tutto il confine amministrativo.



Figura 6 Immagine scarico Balbi: a) stato di fatto della roggia Balbi e b) piena della roggia Balbi con attivazione dello sfioro a monte del nodo idraulico



Figura 7 Immagini dello scarico Lugana: a) Scarico Lugana che scorre lungo il confine amministrativo di Loria; b) Punto di confluenza dello scarico Lugana nella Roggia Balbi a cielo aperto



Figura 8 Immagini della Roggia Balbi: a) Tratto di passaggio da cielo aperto a tombinato nei pressi della rotonda; b) Tratto tombinato lungo via Bassanese in direzione Bessica centro lungo la pista pedonale

In prossimità del centro di Bessica, la Roggia Balbi subisce una deviazione in cui si sviluppano due nuovi rami: lo scarico Balbi che prosegue verso il centro di Bessica passando per via Asiago, e il ramo principale del Balbi che si immette nel Pighenzo all'estremità meridionale del sottobacino.



Figura 9 Punto di diramazione della Roggia Balbi: a) ramo principale in cui il corso d'acqua torna a cielo aperto; b) nodo idraulico tra il ramo principale e lo scarico

Il nodo idraulico rappresentato nella figura 10 presenta al suo interno una paratoia che blocca il flusso in direzione del centro urbano di Loria, ma presenta alla sua sommità uno sfioro e al fondo una luce di fondo.



Figura 10 Punto di diramazione della Roggia Balbi: a) dettaglio della deviazione dell'acqua per mezzo della paratoia abbassata; b) dettaglio dello sfioro sopra la paratoia



La rete di drenaggio è pressoché assente tranne per la presenza di scoline e vecchie canalette in disuso e prive di continuità idraulica.

La singolarità di questo sottobacino è legata alla sua estensione al di fuori del comune di Loria, comprendendo un'area che si estende sino a Bassano del Grappa nei pressi dell'argine in sinistra idrografica del fiume Brenta. La dimensione significativa del sottobacino e, conseguentemente, gli enormi contributi derivanti dai deflussi superficiali e dalla fitta rete idrografica che vi si sviluppa costituiscono un' incognita sulla potenziale portata d'acqua in ingresso al comune di Loria attraverso la roggia Balbi, anche in considerazione delle manovre sui manufatti idraulici effettuate ad opera del Consorzio Brenta.

c) SB03 – Idrografia minore del Sottobacino Giustiniana (CBB)

Il sottobacino Giustiniana si sviluppa nella parte sud-ovest del centro abitato di Bessica, comprendendo anche l'area nord del centro della località di Ramon Campagna.

Esattamente come per il sottobacino SB02, il sistema di drenaggio meteorico è pressoché assente, e la rete principale di drenaggio è costituita dalla Roggia Balbi, dallo scarico Lugana, che scorre lungo i confini amministrativi, e il canale irriguo denominato Giustiniana che costituisce una delle arterie principali per l'irrigazione dell'area di Ramon Campagna, attingendo i suoi contributi direttamente dallo scarico Lugana.

Il territorio non fortemente urbanizzato presenta campi agricoli di grande estensione caratterizzati da terreni molto permeabili che permettono l'infiltrazione per la maggior parte degli eventi di pioggia.

d) SB04 – Idrografia minore del Sottobacino Garzona (CBB)

Analogamente ai casi precedenti, questo sottobacino trae il suo nome dal corso d'acqua Garzona che scorre delimitando a sud i confini del bacino parallelamente a via Lugana, in frazione di Castione.

Area di discrete dimensioni, si estende a sud del sottobacino SB03 comprendendo tutto il centro abitato di Castione e parte della fascia nord del comune di Castello di Godego sino alla destra idrografica del torrente Pighenzo.

Come nei casi precedenti, anche in questo sottobacino la rete di drenaggio è assente se non costituita dalla rete di fognatura bianca che si sviluppa nel centro abitato di Castione, e dalle rogge Manfrina destra, Manfrina sinistra, dalla roggia Giustiniana Castione e, naturalmente dalla roggia Garzona.

Il territorio è scarsamente urbanizzato se non nella frazione di Castione e nella limitrofa area industriale e i terreni agricoli costituiscono un buon mezzo di infiltrazione dell'acqua piovana, grazie alle loro buone caratteristiche di permeabilità.



e) SB05 – Idrografia minore del Sottobacino Brentellona (CBB)

Questo sottobacino si estende nella zona più sud-occidentale del comune di Loria e trae il suo nome dal corso d'acqua Brentellona che parte dall'estremo capo del confine amministrativo, attraversa per un breve tratto il comune di S. Martino di Lupari per poi immettersi nel comune di Castello di Godego gettandosi infine all'interno del Pighenzo-Brenton.

Comprende tutta l'area a sud della frazione di Castione racchiusa tra la roggia Garzona e la roggia Moranda, che scorre lungo tutto il tratto meridionale del confine amministrativo, una piccola parte del comune di S. Martino di Lupari e una grossa fascia del comune di Castello di Godego sino al torrente Pighenzo-Brenton che attraversa trasversalmente il territorio.

Come nei casi precedenti, anche all'interno di questo sottobacino non è stata riscontrata alcuna rete di drenaggio e quello che è stato osservato non sono altro che vecchi rimasugli di fossi o canalette irrigue ormai in disuso o prive di continuità idraulica.

L'area è caratterizzata dalla presenza di grandi terreni agricoli caratterizzati da una buona permeabilità che garantisce dunque l'infiltrazione delle acque meteoriche durante la maggior parte degli eventi di pioggia.

Tra gli elementi della rete idrografica di maggiore rilevanza è necessario citare la roggia Moranda 2, la roggia Alessia 2 e la roggia Garzona.

f) SB6 – Idrografia minore del Sottobacino Muson (CBP)

Questo sottobacino si estende per gran parte del territorio comunale di Loria. Si delinea dall'argine in sinistra idrografica del torrente Pighenzo-Brenton a ovest sino all'argine in destra idrografica del Muson a est, e a nord dal Volone sino al punto di confluenza del Pighenzo-Brenton nel Muson nel comune di Castelfranco Veneto.

Questo sottobacino comprende l'area sud del centro abitato di Loria, tutta l'area commerciale che si sviluppa lungo la SP20, l'intera frazione di Ramon, parte di Ramon e una discreta fascia del centro abitato di Castello di Godego.

La rete di drenaggio superficiale è anche in questo caso pressoché inesistente se non per:

- 1) brevi tratti di scarico della rete di fognatura bianca in località Ramon privi però di continuità idraulica;
- 2) diversi scarichi minori regolati da paratoie a ghigliottina del Musonello ramo Loria-Castelfranco che scaricano direttamente all'interno del Muson.

La presenza di ampi terreni agricoli caratterizzati da una buona permeabilità dettata dalla loro natura ghiaiosa e sabbiosa garantisce che nella maggior parte degli eventi piovosi che interessano l'area l'acqua venga filtrata al proprio interno.

È però doverosa una considerazione: l'intesa attività agricola che ha da sempre interessato il territorio di Loria ha determinato una serie di problematiche che devono essere

necessariamente citate. Tra tutte bisogna sottolineare la copertura per via dell'attività di aratura dei fossi di guardia, e l'innalzamento del piano campagna dei campi rispetto al piano stradale (Fig. 11).

Questo fenomeno, combinato con il fatto che non esista una vera e propria rete scolante, comporta che le strade, trovandosi a una quota più bassa, diventino la rete di drenaggio stessa in caso di eventi di pioggia particolarmente intensi, causando non solo forti disagi alla viabilità a causa degli allagamenti, ma anche agli abitanti delle vie interessate (es. via Po)



Figura 11 Esempio di abbassamento del piano campagna stradale rispetto al piano dei campi a causa dell'intensa attività agricola (dettaglio di via Po (Ramon))

g) SB07 – Idrografia minore del sottobacino Volone (CBP)

Questo sottobacino, che deriva il suo nome dal Volone che ne determina anche il suo limite inferiore nel tratto meridionale, è definito da una fascia compresa tra l'omonimo corso d'acqua, la Roggia Balbi, che si estende per un tratto per lo più tombinato lungo la strada SP81 in direzione Riese Pio X sino all'incrocio tra via Volon e via S. Pio X nel punto di confluenza tra il Volone e il tratto tombinato del Musonello.

Area prevalentemente urbanizzata, sviluppandosi quasi interamente all'interno del centro abitato del capoluogo, non è caratterizzata dalla presenza di una rete di drenaggio naturale tranne per dei brevi tratti di scarico a volte discontinui o comunque caratterizzati da una scarsa continuità idraulica, ma presenta una discreta rete di fognatura bianca che scarica direttamente all'interno dello stesso Volone.



Figura 12 Immagini tratte dal Volone: a) nodo idraulico del Volone da cui parte tutto il tratto tombinato in via Volon; b) tratto a cielo aperto in direzione Loria



Figura 13 Immagini tratte dal Volone: a) nodo idraulico del Volone lungo via Crosera in cui è presente una griglia e uno sfioratore laterale; b) dettaglio del nodo idraulico

La rete di fognatura bianca sboccherà successivamente all'interno del Musonello ramo Loria-Castelfranco.



Figura 14 Punto di sbocco della fognatura bianca del sottobacino SB07 nel Musonello ramo Loria-Castelfranco

h) SB08 – Idrografia minore del sottobacino Roggia Balbi (CBP)

Il sottobacino del Roggia Balbi nella zona del capoluogo di Loria è compreso tra il tratto per gran parte tombinato della roggia Balbi che corre lungo la SP81 in tutto il tratto meridionale, a nord da un tratto dello scolmatore Volone e a est dal tratto terminale del Viazza.



Figura 15 Immagini tratte dalla Roggia Balbi: a) sbocco a cielo aperto dal tratto tombinato di Bessica in via Balbi; b) tratto di imbocco nel tratto tombinato lungo via Balbi a Loria

L'area è caratterizzata prevalentemente dalla presenza di campi agricoli con terreni con una buona permeabilità che permette l'infiltrazione dell'acqua meteorica all'interno del sottosuolo e non presenta aree densamente urbanizzate comprendendo la zona nord di Loria.

Inoltre, come nei casi precedenti, è stata riscontrata l'assenza di una significativa rete di drenaggio naturale ed è presente solo un piccolo tratto di fognatura bianca lungo via Manzolino che butta direttamente all'interno del Viazza.



Figura 16 Immagini tratte dalla Roggia Balbi: scarico della roggia Balbi all'interno del Viazza

i) SB09 – Idrografia minore del sottobacino Viazza (CBP)

Il bacino che prende il nome dall'omonimo corso d'acqua che lo attraversa trasversalmente si estende tra via Cacciatora e un confine fittizio tra i terreni agricoli che separano il Viazza da via Manzolino, lungo la SP20.

L'area risulta essere poco urbanizzata, con la presenza di terreni permeabili che permettono l'infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

La presenza di una rete di drenaggio superficiale è assente o comunque priva di qualsivoglia forma di continuità idraulica. I principali elementi che costituiscono la rete idrografica di questo sottobacino sono il suddetto Viazza e lo scolmatore Volone (Fig.17) che nasce nel bacino SB07 a seguito della costruzione della superstrada Pedemontana veneta come strumento idraulico per limitare le portate del Volone in casi di fenomeni meteorologici particolarmente intensi.

È però fondamentale ricordare che l'immissione di nuove portate all'interno del Viazza può comportare un aggravio delle condizioni idrauliche per il centro abitato di Loria che, si

ricorda, negli anni precedenti alla ricalibrazione del corso d'acqua aveva generato non pochi problemi, parzialmente risolti dagli interventi prima citati.



Figura 17 Tratto del Volone nella zona della superstrada pedemontana veneta: a) Scolmatore Volone; b) Passaggio del Volone sotto il tratto di superstrada



Figura 18 Tratto del Viazza: a) Esempio di tratto ricalibrato del Viazza; b) Tratto terminale dello scolmatore Volon che butta nel Viazza

j) SB10 – Idrografia minore del sottobacino Musonello (CBP)

Questo sottobacino confina a ovest con il bacino SB09 e a est è delimitato dalla presenza del Musonello che attraversa parallelamente a via Manzolino lungo la SP20 quasi interamente la sua estensione che arriva sino a San Zenone degli Ezzelini.

L'area di bacino all'interno del confine comunale di Loria non presenta una rete di drenaggio significativa ma si limita alla presenza di un ramo di fognatura bianca che corre lungo tutta la pista ciclabile che costeggia la SP20.

Di significativa importanza, sono stati gli ultimi lavori che sono stati effettuati al confine del comune nei pressi di via Manzolino, a poche centinaia di metri dalla pedemontana.



Figura 19 Foto in cui è possibile osservare i lavori di messa in posa delle condotte dello scarico via Manzolino ramo 1



Figura 20 Scarico della fognatura lungo il Musonello ramo Loria-Castelfranco

Infatti, come anche riportato nella figura 19 è stato effettuato un lavoro di tombinamento del tratto di idrografia a cielo aperto esistente e che consentiva lo scarico delle portate d'acqua provenienti dallo scarico via Manzolino ramo 1.

Queste poi si immettono per un breve tratto nella fognatura bianca della pista ciclabile lungo la SP20 per poi scaricare direttamente all'interno del tratto di idrografia consortile del Musonello ramo Loria-Castelfranco Veneto.

La realizzazione della Pedemontana ha comportato la realizzazione di diverse opere idrauliche che hanno necessariamente richiesto una serie di considerazioni al fine di valutare le possibili portate in ingresso alla rete di fognatura di Loria.

Significative sono le opere di seguito riportate nei pressi della rotonda di via San Zenone a nord dei confini di Loria:



Figura 21 Nodo idraulico in via San Zenone: si nota la presenza di uno scolmatore, una griglia di trattenuta del materiale solido e un bypass stradale



Figura 22 Nodo idraulico in via San Zenone: vasca di laminazione in prossimità della rotonda in via San Zenone



Figura 23 Nodo idraulico in via San Zenone: nodo di conguaglio delle acque nei pressi della rotonda in via San Zenone.

Come si può osservare dalle foto soprariportate e dai numerosi rilievi effettuati al di fuori dei confini amministrativi di Loria, è stato osservato come le portate raccolte nell'area in prossimità dalla rotonda lungo via San Zenone nei pressi del casello di accesso alla Pedemontana confluiscono all'interno di queste vasche.

k) SB11 – Idrografia minore del sottobacino Viazza (via Viazza) (CBP)

Piccolo sottobacino contenuto per un breve tratto a ovest dal Musonello mentre a sud dalla presenza del Viazza che scorre a cielo aperto.

L'area è caratterizzata dalla presenza di poche abitazioni circondate da campi agricoli in cui la presenza di una rete idrografica minore è totalmente assente.

L'esistenza di questo specifico sottobacino è determinata dalla particolare morfologia dell'area e dalla presenza del Viazza che, al termine di via Viazza compie una curva a gomito in direzione sud di Loria. Questo punto costituisce il punto di chiusura del sottobacino e il tratto di raccordo del Riazzolo ramo 1 ad oggi quasi completamente in disuso.

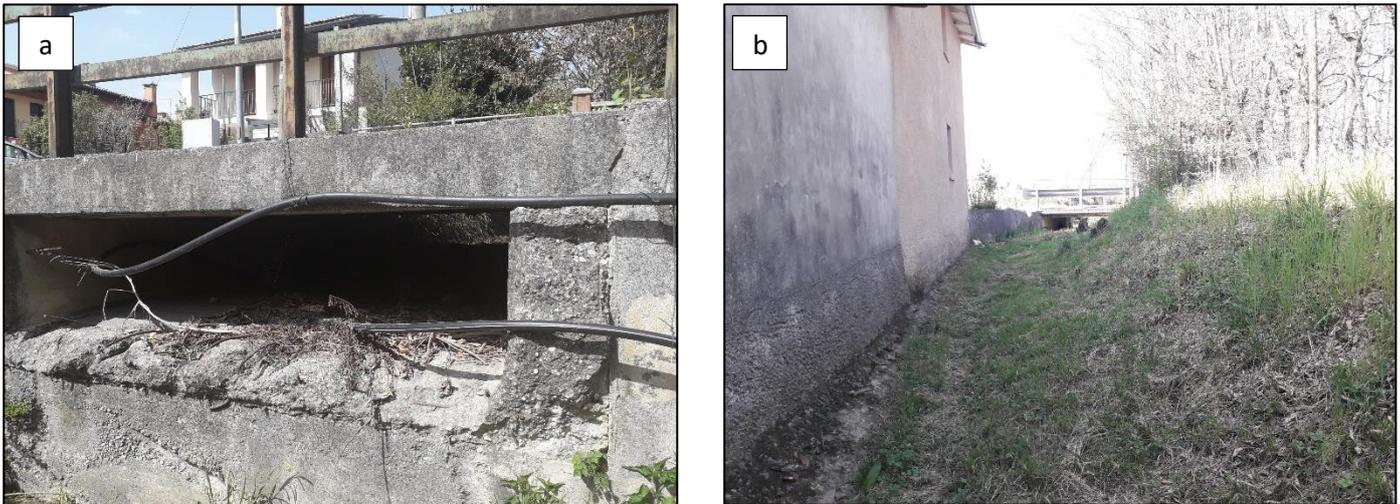


Figura 24 Tratto Musonello e Riazzolo: a) Scarico del Musonello ramo Loria-Castelfranco nel Viazza; b) Tratto di immissione del Riazzolo ramo 1 nel Viazza.

l) SB12 – Idrografia minore del sottobacino Riazzolo (CBP)

Il sottobacino Riazzolo si estende a nord del comune di Loria proseguendo anche ben oltre il confine comunale dove l'unico contributo significativo alla rete idrografica minore è data dalla roggia Riazzolo.

Questo sottobacino è caratterizzato da una scarsa urbanizzazione e da terreni mediamente permeabili che permettono una discreta infiltrazione delle acque meteoriche nel sottosuolo.

La zona è priva di una rete di fognatura bianca.

m) SB13 – Idrografia minore del sottobacino Muson (Loria Nord) (CBP)

Questo sottobacino è compreso tra il bacino SB12 e il fiume Muson a est ed ha come sezione di chiusura lo scarico della roggia Balbi di Loria all'interno del Muson. L'area non presenta aree urbanizzate, è priva di una rete drenante naturale se non quella costituita dal Muson e di una rete di fognatura bianca.

n) SB14 – Idrografia minore del sottobacino Muson (sinistra idrografica) (CBP)

Questo sottobacino interessa la fascia nord del comune di Loria nel tratto in sinistra idrografica del Muson, estendendosi sino a livello della zona industriale alle porte della frazione di Ramon.

In realtà, la sua reale estensione comprende una grossa parte del comune di Castello di Godego e del comune di Riese Pio X e presenta una rete di drenaggio naturale al di fuori dei limiti amministrativi di Loria piuttosto articolata e di certo non trascurabile in termini di portate.

Caratterizzato da terreni agricoli, parte del suo bacino rientra nella categoria ZPS (Zone di Protezione Speciale) del progetto Natura 2000 (Cap. 4.6).

o) SB15 – Idrografia minore del sottobacino Giarone (CBP)

Pur essendo esterno al confine amministrativo del comune di Loria, il sottobacino Giarone contribuisce ugualmente a quelli che sono i contributi in ingresso in termini di portate dell'idrografia comunale.

Caratterizzato quasi per la sua totale interezza dalla presenza di campi con caratteristiche di permeabilità tali da garantire che parte delle acque meteoriche venga assorbito per infiltrazione direttamente nel sottosuolo, non presenta una rete di drenaggio significativa se non per la presenza dei due principali corsi d'acqua, ossia il Giarone, da cui trae il nome, e il Volone ramo 1 che delinea il confine est del bacino.

p) SB16 – Idrografia minore del sottobacino Scarico via Manzolino ramo 2 (CBP)

Analogamente al SB15, anche il sottobacino denominato come Scarico via Manzolino si trova al di fuori del limite amministrativo del comune di Loria, ma non per questo non è necessario considerarlo ai fini della stima delle portate effettivamente entranti all'interno dell'idrografia comunale.

L'area prevalentemente agricola non è molto estesa e si delinea lungo via Manzolino nei pressi della superstrada pedemontana veneta in seguito alla creazione di uno scarico dello scarico via Manzolino ramo 1, con lo scopo primario di alleggerire il tratto tombinato descritto nel sottobacino SB10 nel caso di eventi di pioggia particolarmente intensi.

Lo scarico via Manzolino ramo taglia la SP20 per poi curvare bruscamente in direzione del Riazzolo ramo 1 immettendosi al suo interno con un tratto in condotta (80 cm).



Figura 25 a) Tratto di imbocco dello scarico via Manzolino ramo 1; b) Tratto scarico via Manzolino ramo 2

q) SB17 – Idrografia minore del sottobacino Musonello nord (CBP)

Questo sottobacino si sviluppa anch'esso al di fuori dei confini del comune di Loria, ma contribuisce ugualmente con la sua rete idrografica a fornire una certa portata in ingresso nel territorio comunale.

L'area si estende per gran parte all'interno del territorio comunale di Riese Pio X estendendosi sino al comune di Fonte, ed è caratterizzato dalla presenza di piccole aree residenziali ed estesi terreni agricoli, ed è attraversata a nord dalla superstrada pedemontana veneta.

Tra i principali corsi d'acqua a cui fare riferimento ci sono la roggia dell'Astego ramo 1, lo scarico Feltracco e lo sfioro Cornarotta, che non è altro che lo sfioro del Riazzolo ramo 1 che scarica all'interno del Musonello nord in direzione sud, andando a sua volta a scaricare nel Muson.



Figura 26 Sfioro Cornarotta

r) SB18 – Idrografia minore del sottobacino del Riazzolo ramo 1 (CBP)

Avendo citato nei sottobacini precedenti il Riazzolo ramo 1, risulta doveroso nominare il suo sottobacino che si estende al di fuori del comune di Loria diviso tra il comune di Fonte e quello di San Zenone degli Ezzelini.

Il bacino è caratterizzato dalla presenza di vasti terreni agricoli con una discreta permeabilità e non vi sono aree urbane impermeabilizzate particolarmente estese o significative.

La sua sezione di chiusura si presenta a seguito dell'attraversamento della superstrada pedemontana veneta e si trova in prossimità dello scarico Feltracco.

s) SB19 – Idrografia minore del sottobacino Lugana (CBB)

Infine, un ulteriore sottobacino da considerare, pur essendo al di fuori dei confini amministrativi del comune di Loria, è quello denominato come Lugana, prendendo il nome dall'omonimo corso d'acqua che lo caratterizza.

L'area del bacino è particolarmente estesa arrivando a coprire circa la metà del comune di Mussolente, quasi interamente il comune d'Ezzelino e una piccolissima zona di Bassano del Grappa.

La sua rete idrografica particolarmente intrecciata e densa che trova la sua sezione di chiusura all'interno dello scolo Lugana nell'angolo estremo a nord-ovest del comune di Loria costituisce un potenziale enorme contributo idrologico alla rete idrografica.

Pur non appartenendo a questa zona, è fondamentale sottolineare la presenza di una vasca di laminazione progettata proprio in funzione di rallentare il picco di piena dello scolo Lugana su quella che è la roggia Balbi, andando così a sgravare il carico di portata in direzione del centro di Bessica.



Figura 26 Vasca di laminazione lungo scolo Lugana

3. ANALISI PLUVIOMETRICA

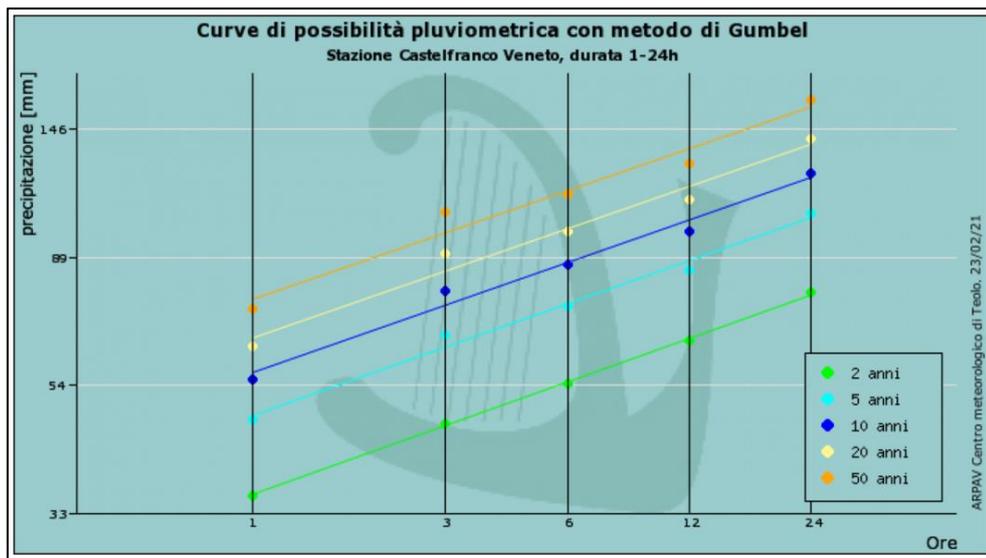
3.1 Scelta dell'evento pluviometrico di progetto

Per quanto concerne l'individuazione dell'evento pluviometrico tale per cui venga generato l'idrogramma di piena da considerare all'interno del modello idraulico, si è deciso di utilizzare lo ietogramma di Chicago, costruito fissando una durata dell'evento di pioggia $t_p = 2$ ore, e adottando come forzante del modello un evento pluviometrico avente un Tempo di Ritorno Tr pari a 20 anni. Analoga operazione è stata poi riproposta per una forzante con $Tr = 50$ anni.

Per le simulazioni idrauliche effettuate sulla rete di drenaggio del territorio comunale sono stati analizzati i dati forniti dalla stazione pluviometrica ARPAV più vicina al comune di Loria ossia quella di Castelfranco Veneto, situata ad una quota di 49 m.s.l.m.

Per la costruzione dello ietogramma sono state eseguite le seguenti operazioni:

- Individuazione dei parametri caratteristici della Curva di Possibilità Pluviometrica per $Tr = 20$ anni e $Tr = 50$ anni



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	35.153	0.246
5 anni	48.007	0.241
10 anni	56.508	0.240
20 anni	64.660	0.238
50 anni	75.208	0.237

Figura 26a Parametri caratteristici della CPP adottati per un evento di pioggia orario con $Tr = 20$ anni (Castelfranco Veneto)



Come si può evincere dalla Figura 26, per la modellazione idrologica che verrà descritta in seguito, è stato scelto di utilizzare i parametri della Curva di Possibilità Pluviometrica elaborata con il metodo di Gumbel, che prende in riferimento le serie storiche degli ultimi 30 anni, rese ufficialmente a disposizione sul sito ARPAV, per un evento di pioggia orario ($t_p = 2$ ore), che per un $Tr = 20$ anni e $Tr=50$ anni, sono pari a:

- $a = 64,660 \text{ mm/h}^n$
- $n = 0,238$
- $a = 75,208 \text{ mm/h}^n$
- $n = 0,237$

- In riferimento allo ietogramma Chicago, per la stima della posizione del picco dell'evento, è stato deciso di assumere $r = 0,5$ dove r è definito come:

$$r = \frac{t_r}{t_c}$$

Ovvero, il rapporto tra un particolare istante dell'evento di pioggia (t_r) e la durata totale dell'evento ($t_c = t_p$). Con $r = 0,5$ si impone che l'andamento della pioggia descriva una campana simmetrica, che trova il suo picco di intensità in corrispondenza di $t_r = 1$ ora. Allo scopo di ricostruire uno ietogramma con valori ben distribuiti nell'arco delle due ore scelte come durata dell'evento, è stato deciso di assumere un passo temporale di 5 minuti (Δt).

- Per la ricostruzione della curva dell'evento e l'inserimento dei dati di pioggia all'interno del software EPA SWMM, che impone l'assunzione dei valori in termini di intensità di pioggia (mm/h), sono state risolte le seguenti equazioni:

- per $t \leq t_r$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t_r - t}{r} \right)^{n-1}$$

- per $t \geq t_r$

$$i(t) = n \cdot a \cdot \left(\frac{t - t_r}{1 - r} \right)^{n-1}$$

La durata dell'evento critico è stata valutata considerando il tempo di corrvazione del bacino del Rio Spina, utilizzando la formula di Giandotti corretta per bacini di superficie minore di 100 km^2 .

$$t_c = \frac{1}{M d} \frac{4\sqrt{A} + 1,5L}{0,80\sqrt{H_m}} \quad [h]$$

Dove per A si intende l'area espressa in km^2 , L la lunghezza dell'asta principale in km , H_m l'altezza media sul livello del mare. I valori di "M" e "d" si rifanno ad indicazioni tabellate presenti in letteratura e descrivono rispettivamente la copertura del suolo e la permeabilità. I risultati dell'elaborazione pluviometrica sono illustrati nella seguente immagine (Figura 27).

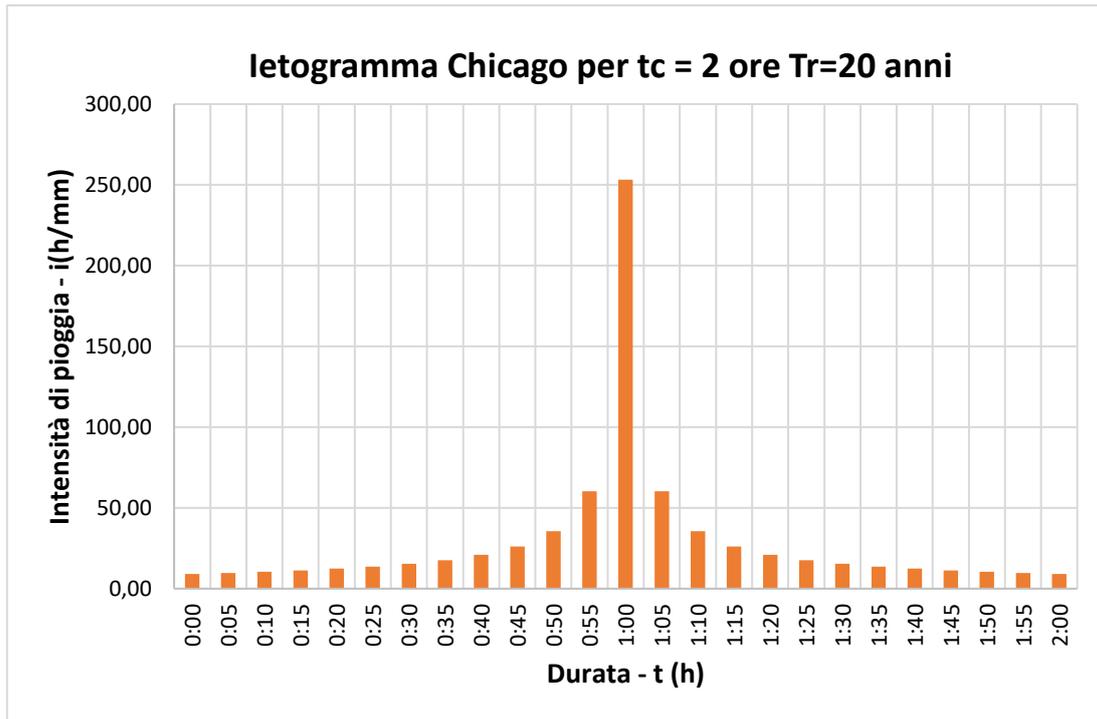


Figura 26b Ietogramma Chicago per $t_c = 2$ ore (durata dell'evento pluviometrico) (pluviometro di Castelfranco Veneto) $T_r=20$ anni

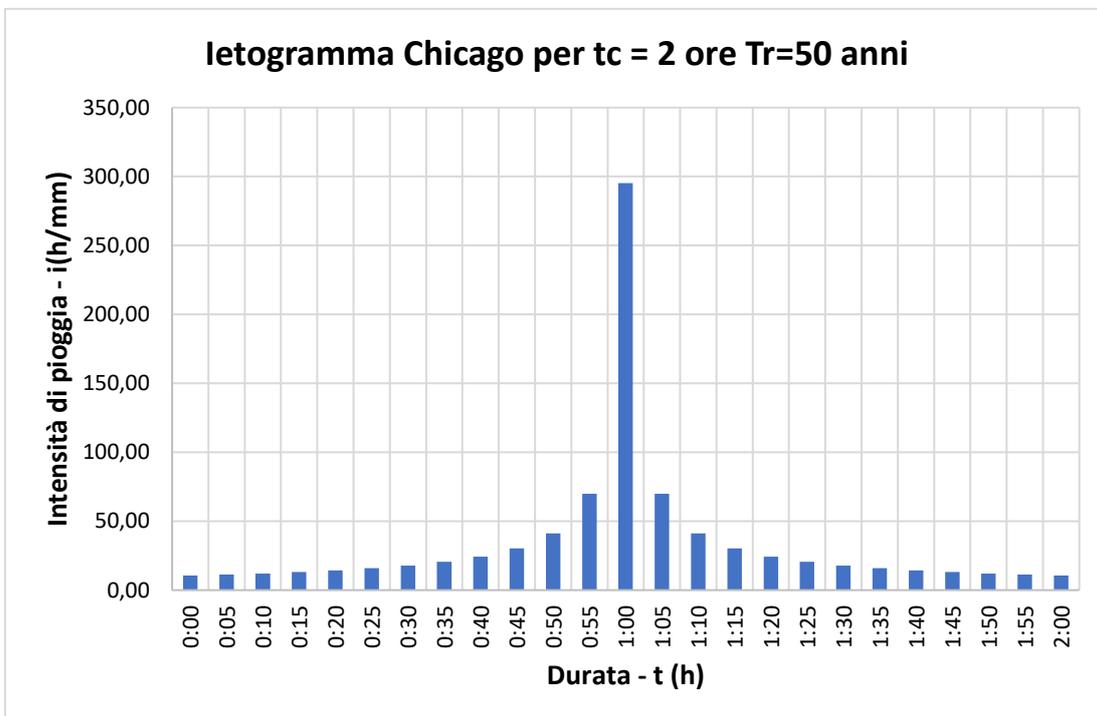
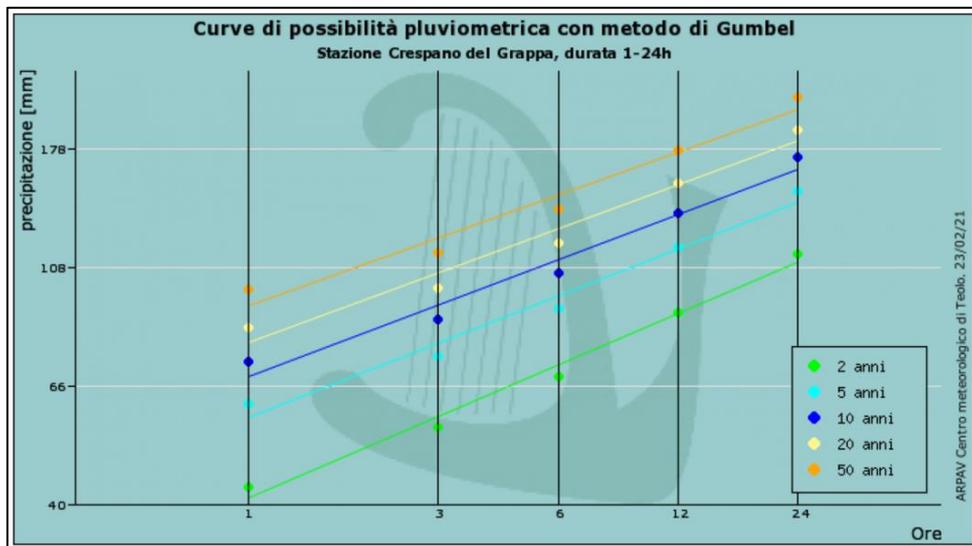


Figura 26b Ietogramma Chicago per $t_c = 2$ ore (durata dell'evento pluviometrico) (pluviometro di Castelfranco Veneto) $T_r=50$ anni

Data la fitta interconnessione dell'idrografia del comune di Loria con parte dell'idrografia esterna ai limiti amministrativi, si è ritenuto necessario effettuare uno studio idrologico a nord del comune.

Lo studio idrologico che è stato effettuato e che verrà discusso nei capitoli successivi effettuato con software HEC-HMS prevede l'utilizzo, anche in questo caso, di un ietogramma di Chicago, costruito fissando una durata dell'evento di pioggia $t_p = 2$ ore, e adottando come forzante del modello un evento pluviometrico avente un Tempo di Ritorno T_r pari a 20 anni e 50 anni.

Essendo i bacini interessati da valutazione idrologica molto estesi arrivando circa a livello di San Zenone degli Ezzelini se non oltre, sono stati presi in considerazione i dati forniti dalla stazione pluviometrica ARPAV di Crespano del Grappa, situata ad una quota di 404 m.s.l.m. Analogamente al caso precedente, è stato dunque prodotto lo ietogramma con le medesime modalità adottate per il pluviometro di Castelfranco Veneto.



Parametri delle curve di possibilità pluviometriche con durata 1-24h (espressa in ore)		
Tempo di ritorno	a	n
2 anni	40.916	0.313
5 anni	57.335	0.286
10 anni	68.209	0.275
20 anni	78.641	0.267
50 anni	92.147	0.260

Figura 27a Parametri caratteristici della CPP adottati per un evento di pioggia orario con $T_r = 20$ anni (Crespano del Grappa)

Considerati dunque i parametri per un tempo di ritorno pari a 20 anni e 50 anni:

- $a = 78,641 \text{ mm/h}^n$
- $n = 0,267$
- $a = 92,147 \text{ mm/h}^n$
- $n = 0,260$



E applicate le formule prima descritte, è stato possibile rappresentare il seguente ietogramma utilizzato come base per lo studio idrologico a monte del comune di Loria, fondamentale per lo studio delle portate entranti nella rete idraulica comunale.

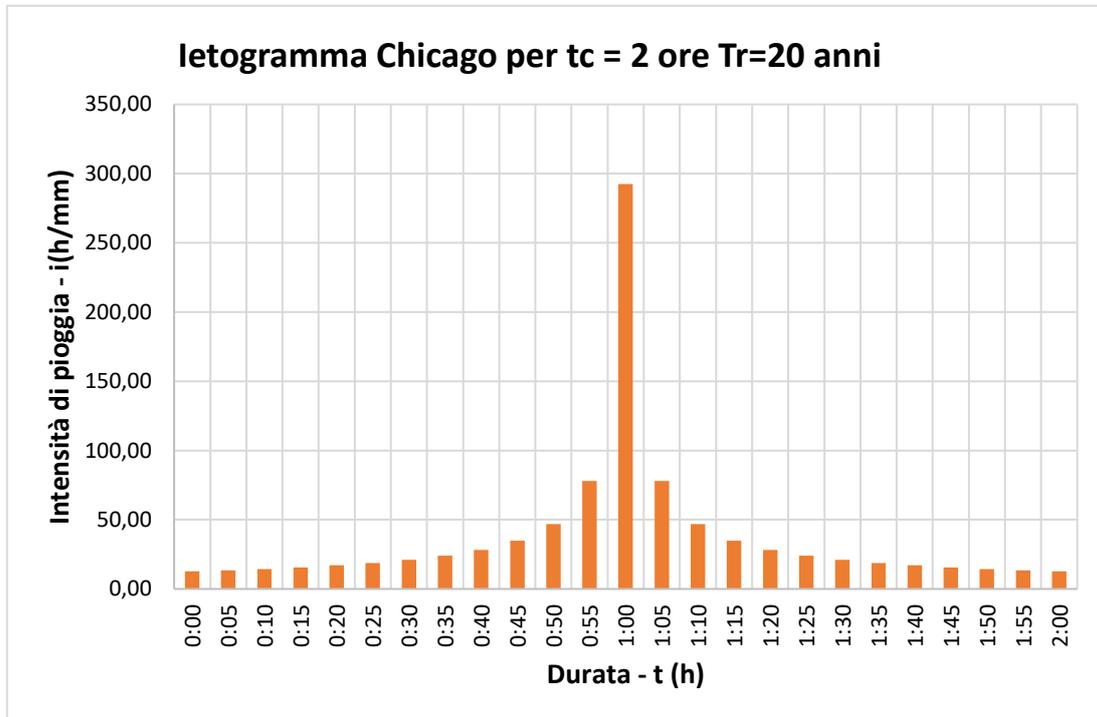


Figura 27b Ietogramma Chicago per $t_c = 2$ ore (durata dell'evento pluviometrico) (pluviometro di Crespano del Grappa) $T_r = 20$ anni

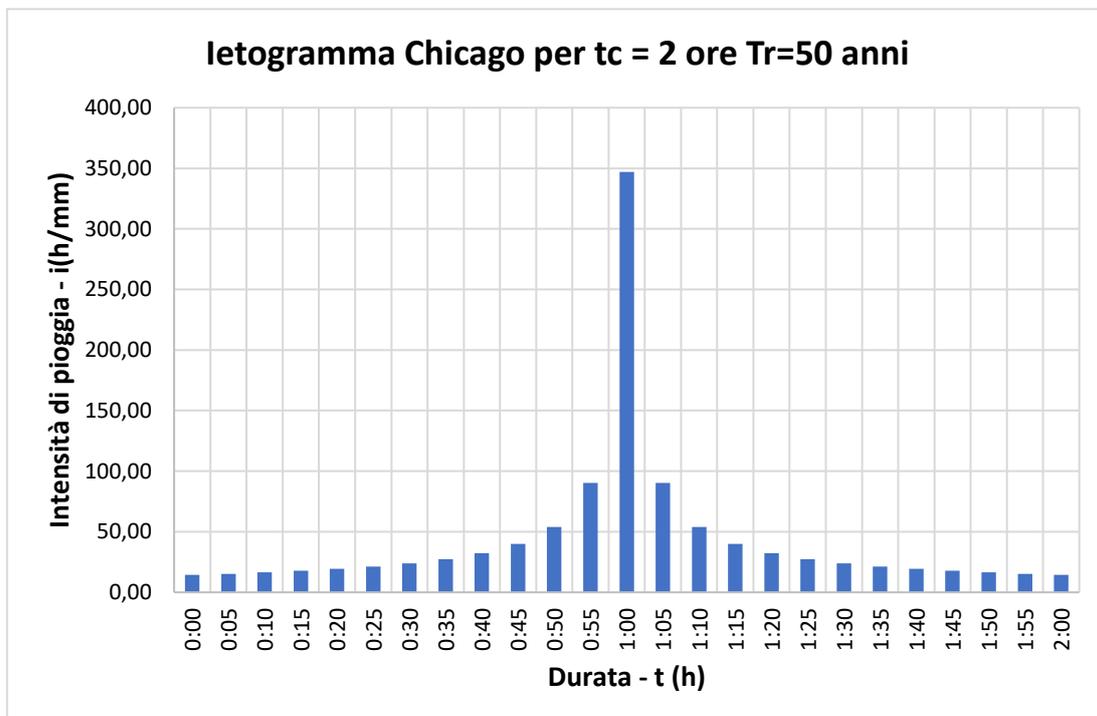


Figura 27c Ietogramma Chicago per $t_c = 2$ ore (durata dell'evento pluviometrico) (pluviometro di Crespano del Grappa) $T_r = 50$ anni



4. DESCRIZIONE DEL MODELLO IDRAULICO

4.1 La modellazione idraulica (EPA SWMM)

La modellazione idrologico/idraulica della rete di scolo delle acque meteoriche del comune è stata realizzata mediante il software EPA SWMM 5.1 (*EPA's Storm Water Management Model*), prodotto dal dipartimento di protezione ambientale americano, assumendo come impostazione base del modello la risoluzione delle equazioni di De Saint-Venant a moto vario nella loro forma completa (modello idraulico monodimensionale); tale assunzione permette di simulare in maniera più precisa la risposta della rete idrografica (composta dai canali, fossi e capofossi) e di fognatura bianca comunale per un prefissato evento di pioggia, definito nel capitolo precedente.

EPA SWMM schematizza la rete scolante del comune come una serie di nodi e tronchi, le cui caratteristiche geometriche e spaziali sono state ottenute a partire dai numerosi rilievi topografici effettuati all'interno del territorio comunale, mediante strumento GPS.

La soluzione delle equazioni del moto di De Saint-Venant si ottiene mediante il metodo di Eulero modificato, detto anche "alle differenze finite".

La trattazione teorica del metodo di calcolo di EPA SWMM viene descritta nel paragrafo successivo.

4.2 Trattazione teorica del metodo di calcolo di EPA SWMM

Il metodo di calcolo del software EPA SWMM è basato sulle equazioni differenziali alle differenze parziali del primo ordine di De Saint-Venant:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + \frac{\partial Q}{\partial x} = 0 \quad (4.1)$$

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + \frac{\partial \left(\frac{Q^2}{A} \right)}{\partial x} + gAS \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (4.2)$$

Dove:

- A = area bagnata del flusso;
- Q = portata del flusso;
- x = distanza lungo l'asse della condotta/canale;
- t = tempo;
- g = costante gravitazionale;
- H = z+h (carico totale);
- z = quota dello scorrimento;
- h = tirante idrico;
- S_f = cadente piezometrica.



La (4.1) rappresenta l'equazione di continuità del moto vario in assenza di flussi nè deflussi laterali, mentre la (4.2) è l'equazione del momento della quantità di moto.

Tenendo presente che:

$$\frac{Q^2}{A} = v^2 A \quad (4.3)$$

$$\frac{\partial(v^2 A)}{\partial x} = 2Av \frac{\partial v}{\partial x} + v^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (4.4)$$

dove v indica la velocità media del flusso lungo il condotto.

Sostituendo nell'equazione del momento della quantità di moto (4.2):

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + 2Av \frac{\partial v}{\partial x} + v^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} + gAS_f = 0 \quad (4.5)$$

Considerando che la portata si ottiene come $Q=v \cdot A$ (velocità del flusso*area bagnata), l'equazione di continuità (4.1) può essere riscritta come:

$$\frac{\partial A}{\partial t} + A \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial A}{\partial x} = 0 \quad (4.6)$$

Nella quale, moltiplicando per v :

$$Av \frac{\partial v}{\partial x} = -v \frac{\partial A}{\partial t} - v^2 \frac{\partial A}{\partial x} \quad (4.7)$$

Sostituendo l'equazione (4.7) nell'equazione (4.5), si ottiene:

$$\frac{\partial Q}{\partial t} + gAS_f - 2v \frac{\partial A}{\partial t} - v^2 \frac{\partial A}{\partial x} + gA \frac{\partial H}{\partial x} = 0 \quad (4.8)$$

che è l'equazione del moto risolta lungo i rami da SWMM.

La formula adottata per descrivere la perdita di carico è definita dall'equazione di Manning, nella quale la velocità viene espressa in valore assoluto, in maniera tale da considerare l'attrito direzionale e rivolto in senso contrario rispetto alla direzione del moto:

$$S_f = \frac{k}{gAR_H^{4/3}} Q|v| \quad (4.9)$$

dove:

- k è un parametro dato da gn^2 ;
- n = coefficiente di scabrezza di Manning;
- g = costante gravitazionale;
- Q = portata del flusso;
- v = velocità media del flusso;
- R_H = raggio idraulico.



Sostituendo l'ultima equazione (4.9) nella (4.8) ed esprimendo il tutto alle differenze finite, si ottiene:

$$Q_{t+\Delta t} = Q_t - \frac{k\Delta t}{R^3} |v_t| Q_{t+\Delta t} + 2v \left(\frac{\partial A}{\partial t} \right)_t \Delta t + v^2 \frac{A_2 - A_1}{L} \Delta t - gA \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \quad (4.10)$$

dove:

- Δt = passo di calcolo;
- L = lunghezza del condotto.

Risolvendo la precedente equazione (4.10) si ottiene:

$$Q_{t+\Delta t} = \frac{1}{1 + \frac{k\Delta t}{R^3} |v_t|} \left[Q_t + 2\bar{v} \left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t \Delta t + \bar{v}^2 \frac{A_2 - A_1}{L} \Delta t - g\bar{A} \frac{H_2 - H_1}{L} \Delta t \right] \quad (4.11)$$

Dove \bar{v} , \bar{R} , \bar{A} sono le medie pesate, al tempo t , lungo il condotto e $\left(\frac{\Delta A}{\Delta t} \right)_t$ è calcolata al passo temporale precedente.

Le incognite dell'equazione (4.11) sono $Q_{t+\Delta t}$, H_1 e H_2 .

È possibile esprimere le variabili \bar{v} , \bar{R} , \bar{A} in funzione di Q e di H .

Ora si rende necessario mettere a sistema un'ulteriore equazione, che può essere ricavata scrivendo l'equazione di continuità del moto:

$$\left(\frac{\partial H}{\partial t} \right)_t = \left(\frac{\sum Q_t}{A_s} \right)_t \quad (4.12)$$

dove A_s è l'area della superficie libera al nodo.

La precedente equazione (4.12) può essere scritta alle differenze finite:

$$H_{t+\Delta t} = H_t + \left(\frac{\sum Q_t \Delta t}{A_s} \right)_t \quad (4.13)$$

Le equazioni (4.11) e (4.13) possono essere risolte tramite il metodo di Eulero modificato.

Tale metodo consente di ottenere una soluzione numerica dell'equazione del moto per il calcolo delle portate nei rami e dell'equazione di continuità per il calcolo del carico idraulico nei nodi.

Si presta bene all'implementazione per la sua semplicità, che induce una minore memoria utilizzata per i calcoli, ma proprio per questa il metodo non è stabile e richiede passi di calcolo brevi.

Dall'esperienza è risultato che il programma è numericamente stabile quando si verificano le seguenti condizioni:



- Per i rami:
$$\Delta t \leq \frac{L}{\sqrt{gD}}$$

dove:

- Δt = passo di calcolo;
- L = lunghezza del condotto;
- g = costante gravitazionale;
- D = diametro del condotto.

Questa non è altro che una forma della condizione di Courant, in cui il passo di calcolo temporale è limitato dal tempo necessario alla propagazione dell'onda nella condotta.

- Per i nodi:
$$\Delta t \leq \frac{C' A_s \Delta H_{max}}{Q}$$

dove:

- Δt = passo di calcolo;
- C' = costante adimensionale approssimativamente pari a 0,1;
- A_s = l'area della superficie libera corrispondente al nodo;
- ΔH_{max} = massimo sovrizzo della superficie dell'acqua durante il passo di calcolo Δt ;
- Q = afflusso netto al nodo.

Quindi, dalle precedenti disuguaglianze si deduce che il passo di calcolo massimo ammissibile Δt è determinato dal più piccolo e corto condotto con elevati afflussi.

In genere un passo di calcolo di 5-10 secondi è sufficientemente piccolo da garantire idrogrammi esenti da oscillazioni irregolari e soddisfa la continuità della massa in condizioni di allagamento.



5. DESCRIZIONE DEL MODELLO IDROLOGICO

5.1 La modellazione idrologica (HEC-HMS)

La modellazione idrologica dei bacini e della rete esterna al comune di Loria al fine di stimare le portate entranti che confluiscono all'interno della rete urbana è stata realizzata mediante il software **HEC-HMS** che consiste nel sistema d'analisi dei fiumi dell'Hydrologic Engineering Center (HEC), del Corpo degli Ingegneri dell'Esercito degli Stati Uniti d'America. Questo strumento è stato progettato per simulare i processi di precipitazione e di deflussi di bacini idrografici ed è applicabile in una vasta gamma di aree geografiche.

HEC-HMS, infatti, consente la modellazione idrologica di un bacino, mediante la definizione degli elementi concettuali che lo rappresentano e dei processi fisici che avvengono in essi.

HEC-HMS è progettato per simulare i processi relativi alla trasformazione afflussi-deflussi di sistemi idrografici con struttura ad albero. È stato creato per essere applicabile in un ampio campo di problemi idrologici:

- 1) studio dei deflussi in grandi bacini idrografici;
- 2) analisi dei deflussi di piena;
- 3) analisi dei deflussi provenienti da piccoli bacini urbani o rurali;
- 4) disponibilità risorse idriche di regioni geografiche;
- 5) studio dei sistemi di drenaggio urbani;
- 6) riduzione dei danni dovuti alle piene fluviali;
- 7) previsione dei deflussi;
- 8) regolazione di sistemi idraulici.

5.2 Trattazione teorica del software HEC-HMS

Il codice di calcolo HEC-HMS si dimostra uno strumento affidabile nella modellazione idrologica dell'area; esso ha richiesto uno studio accurato della geometria e della morfologia dei bacini e dei sottobacini definiti dal reticolo idrografico e la caratterizzazione di proprietà fisiche del territorio quali la pedologia, la capacità di infiltrazione e l'uso del suolo che governano i meccanismi di separazione degli afflussi e la trasformazioni di essi in deflussi.

5.2.1 Il modello afflussi-deflussi

La risposta idrologica di un bacino idrografico dipende da un insieme di processi di diversa natura che interessano gli elementi costitutivi del bacino stesso e possono essere riassunti nei seguenti elementi:

- la produzione di deflusso efficace all'interno di ciascun elemento costitutivo del bacino;
- il trasporto della precipitazione efficace all'interno dello stato versante fino all'ingresso di questa nella rete idrografica;



- la propagazione dei deflussi efficaci lungo la rete canalizzata.

Il meccanismo che regola la produzione di deflusso efficace è governato da un bilancio del contenuto d'acqua che, nel corso di tutto lo studio effettuato, verrà considerato solo alla scala dei sottobacini interessati.

Tale bilancio, nella sua formulazione più completa, tiene conto:

- dell'evoluzione temporale dell'intensità di precipitazione;
- della frazione di precipitazione intercettata dalla vegetazione e che quindi non raggiunge la superficie del terreno;
- della frazione d'acqua che viene allontanata dal terreno per evaporazione e traspirazione delle piante;
- della frazione d'acqua che defluisce superficialmente e che quindi costituisce la risposta rapida del bacino;
- dal flusso che si infiltra nel terreno e che in parte può contribuire alla risposta idrologica in tempi più lunghi ed in parte viene considerato perso poiché rimane legato alle particelle di terreno o contribuisce alla ricarica della falda.

Lo ietogramma efficace rappresenta quindi la pioggia che, idealmente, contribuisce alla formazione della piena, la pioggia cioè che, tramite ruscellamento superficiale e scorrimento nei collettori, giunge nei tempi più brevi alla sezione di chiusura, formando così i valori elevati di portata.

La parte restante dello ietogramma, che comunque rappresenta spesso un volume non indifferente della pioggia complessivamente caduta, produce la saturazione del terreno superficiale ed alimenta la falda sotterranea, oppure defluisce lentamente, attraverso moti filtranti negli strati superficiali del suolo, e raggiunge la sezione di chiusura del bacino dopo molto tempo, senza contribuire così alla formazione del picco dell'idrogramma di piena. Il processo fisico di produzione dei deflussi può essere descritto da un modello che, attraverso le necessarie semplificazioni, sia in grado di coglierne i caratteri fondamentali e che, attraverso il valore assunto dai parametri, aderisca al caso studio.

Data l'ampia possibilità di scelta dei diversi modelli afflussi-deflussi selezionabili all'interno del software, nei successivi capitoli, verranno riportati i modelli che sono stati implementati all'interno di ogni modello idrologico sviluppato.

5.2.1.1 Modello di separazione dei deflussi ad evento: SCS

In condizioni di piena alcuni termini che compaiono nel bilancio del contenuto d'acqua nel suolo diventano trascurabili.

Possono essere trascurate:

- le **perdite per evapotraspirazione** dal momento che si suppone che durante un evento di piena sia diverso da zero;



- il termine di **precipitazione in ingresso**;
- i **deflussi profondi** perché caratterizzati da tempi di arrivo non confrontabili con i tempi caratteristici dell'evento.

Per tale ragione la definizione dello ietogramma netto, o efficace, a partire dallo ietogramma totale, può essere ottenuta più semplicemente attraverso il **metodo Curve Number del Soil Conservation Center (SCS-CN)**. Tale metodo individua il volume di precipitazione efficace Q a partire dall'altezza di precipitazione totale P , in funzione del volume complessivo immagazzinabile nel terreno S , in cui tutte le variabili sono espresse in mm.

Nelle ipotesi del metodo, il deflusso è inizialmente nullo, fino a che l'afflusso meteorico P non raggiunge un valore di soglia pari al 20% del volume immagazzinabile nel terreno S . Dopo tale fase, una parte dell'apporto meteorico si trasforma in pioggia efficace, in proporzione sempre crescente, man mano che l'evento procede.

Il parametro S è sostituito nella pratica corrente da un indice adimensionale, chiamato **Curve Number**, che varia tra 0 e 100:

- per $CN=0$ il bacino non produce alcun deflusso ($S=\infty$);
- per $CN=100$ risulta del tutto impermeabile ($S=0$), per cui P e Q si equivalgono identicamente.

Le equazioni del metodo SCS da applicare sono le seguenti:

$$Q = \begin{cases} 0, & P \leq 0.20 \cdot S \\ \frac{(P - 0.20 \cdot S)}{P + 0.80 \cdot S}, & P > 0.20 \cdot S \end{cases} \quad (5.1)$$

$$S = \frac{25400}{CN} - 254 \quad (5.2)$$

Con:

- Q deflusso in mm;
- P precipitazione in mm;
- S volume immagazzinabile nel terreno in mm;
- CN numero di curva caratteristico del terreno considerato.

In letteratura sono disponibili numerose indicazioni per la scelta del valore di CN proprio di ciascuna area.

Il parametro va scelto tenendo conto delle caratteristiche pedologiche del terreno, che il Soil Conservation Service classifica in quattro **categorie da A a D** con permeabilità decrescente, dell'uso del suolo e della condizione di umidità iniziale del bacino, prodotta da ulteriori apporti meteorici nei cinque giorni precedenti l'evento. Le equazioni si applicano non solo con riferimento ai valori complessivi di un evento, ma anche alla loro variazione nel tempo, per cui la frazione di pioggia efficace ΔQ in un intervallo Δt nel quale sia piovuto ΔP è pari a:



$$\begin{aligned}\Delta Q = Q(t + \Delta t) - Q(t) &= \frac{(P(t + \Delta t) - 0.20 S)^2}{P(t + \Delta t) + 0.80 S} - \frac{(P(t) - 0.20 S)^2}{P(t) + 0.80 S} \\ &= \frac{(P(t) + \Delta P - 0.20 S)^2}{P(t) + \Delta P + 0.80 S} - \frac{(P(t) - 0.20 S)^2}{P(t) + 0.80 S} && \text{Per } P > 0.2 S \\ &\approx \Delta P \left(\frac{(P(t) - 0.20 S)^2}{P(t) + 0.80 S} \right) \cdot \left(2 - \frac{P(t) - 0.20 S}{P(t) + 0.80 S} \right) && (5.3)\end{aligned}$$

Il coefficiente di deflusso Φ , inteso come rapporto tra precipitazione efficace e precipitazione totale, dipende dalla tipologia di terreno, per effetto del parametro S , e dall'altezza di precipitazione complessiva P .

Il coefficiente di deflusso medio dell'evento Q/P presenta valori crescenti all'aumentare di P . Anche il coefficiente di deflusso marginale $\Delta Q/\Delta P$ aumenta progressivamente al progredire dell'evento e tende asintoticamente al valore 1.

Nelle figure seguenti si riportano alcuni abachi che in funzione del parametro P , da intendersi come altezza di precipitazione cumulata osservata fino a un dato momento, restituiscono rispettivamente la precipitazione efficace totale, il coefficiente di deflusso medio fino a quell'istante e il coefficiente di deflusso marginale o istantaneo, cioè la proporzione di precipitazione efficace che si genera in quello stadio dell'evento.

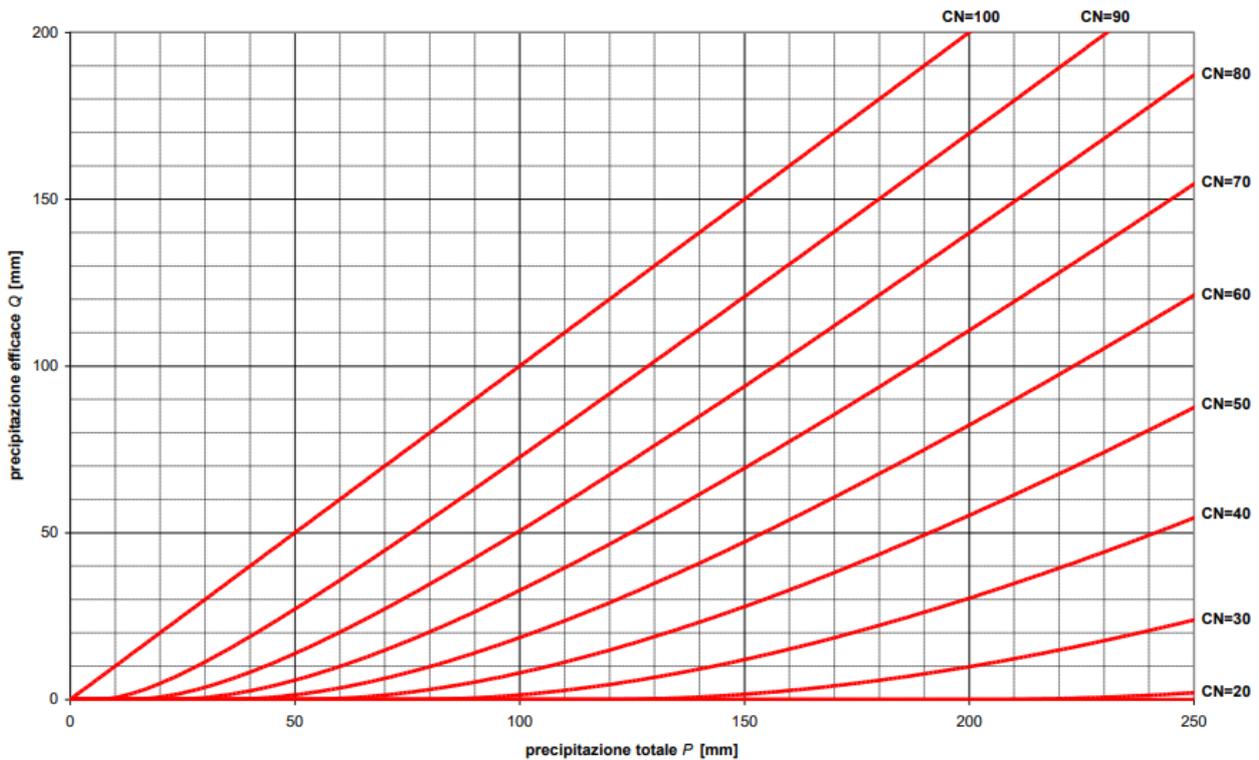


Figura 28 Valori di precipitazione efficace in funzione della precipitazione totale e del parametro CN secondo il metodo SCS

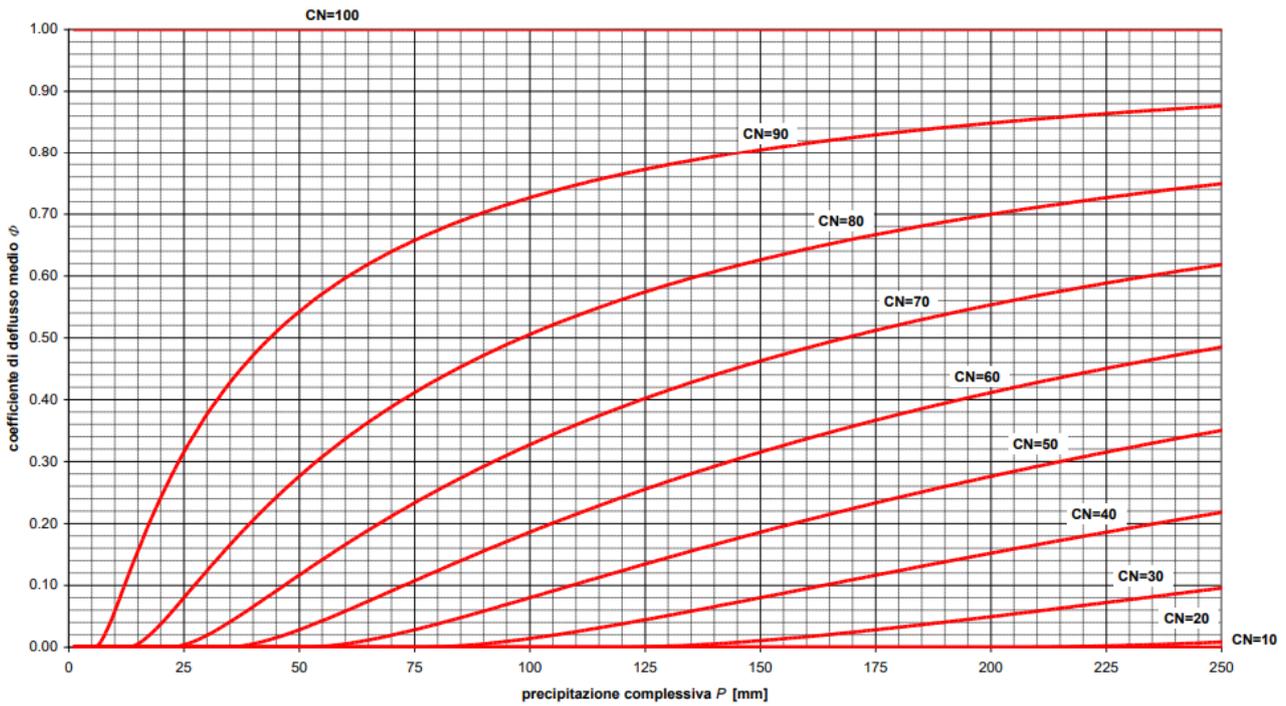


Figura 29 Valori di coefficiente di deflusso medio in funzione della precipitazione totale e del parametro CN secondo il metodo SCS

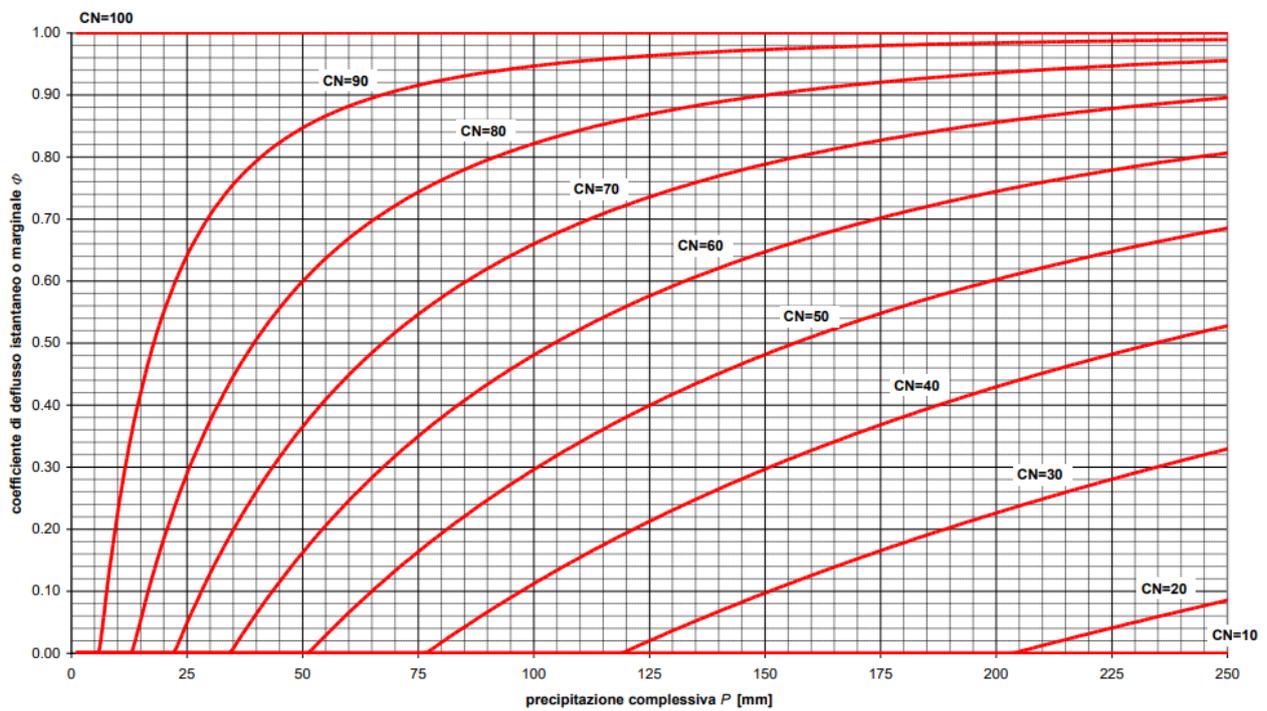


Figura 30 Valori di coefficiente di deflusso marginale o istantaneo in funzione della precipitazione totale e del parametro CN secondo il metodo SCS



Il parametro CN fornisce, dunque, un' indicazione della quantità d'acqua immagazzinabile nel terreno, la quale stabilisce in base alle ipotesi assunte dal modello SCS descritto, la relazione tra afflussi e deflussi in un bacino idrografico.

Tale parametro contiene le informazioni relative alla capacità di infiltrazione del terreno, secondo quattro classi di permeabilità, le informazioni relative allo stato di imbibizione del terreno (classi AMC) e le informazioni relative alla copertura di suolo. Secondo lo schema descritto i suoli sono divisi in tre classi, per quanto riguarda l'insieme delle condizioni d'uso del suolo (tipologia di destinazione d'uso, trattamento della superficie e condizioni di drenaggio) ed in base a quattro gruppi per quanto riguarda la capacità di infiltrazione del terreno, come anche riportato nella seguente immagine:

Valori del parametro CN (adimensionale) Classe AMC II	Tipo idrologico Suolo			
	A	B	C	D
↓ Tipologia di Uso del Territorio				
Coltivazioni, in presenza di pratiche di conservazione del suolo	62	71	78	81
Coltivazioni, in assenza di pratiche di conservazione del suolo	72	81	88	91
Terreno da pascolo: cattive condizioni	68	79	86	89
buone condizioni	39	61	74	80
Boschi, in presenza di copertura rada e senza sottobosco	45	66	77	83
Boschi e foreste, in presenza di copertura fitta e con sottobosco	25	55	70	77
Spazi aperti con manto erboso superiore al 75% dell'area	39	61	74	80
Spazi aperti con manto erboso compreso tra il 50 ed il 75% dell'area	49	69	79	84
Spazi aperti con manto erboso inferiore al 50% dell'area	68	79	86	89
Zone industriali (area impermeabile 72%)	81	88	91	93
Zone commerciali e industriali (area impermeabile 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area impermeabile 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area impermeabile 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area impermeabile 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area impermeabile 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area impermeabile 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area impermeabile 12%)	46	65	77	82
Parcheggi, tetti, autostrade,	98	98	98	98
Strade pavimentate o asfaltate, dotate di drenaggio	98	98	98	98
Strade con letto in ghiaia	76	85	89	91
Strade battute in terra	72	82	87	89

Figura 31 Valori del parametro CN per classe AMC II



In cui:

- i suoli costituiti principalmente da sabbie e ghiaie di notevole spessore sono caratterizzati da drenaggio buono o alto e presentano un tasso di infiltrazione elevato anche in condizioni di notevole imbibizione (classe A, suoli a basso potenziale di scorrimento);
- la classe B di suoli è caratterizzata da una tessitura da moderatamente fine a moderatamente grossolana, con un drenaggio da moderatamente buono a buono ed un tasso di infiltrazione moderato in condizioni di imbibizione elevata;
- i terreni poco permeabili rientrano nelle classi C e D. I terreni di classe C sono costituiti da suoli con tessitura da moderatamente fine a fine e presentano un basso tasso di infiltrazione; i terreni di classe D caratterizzati da tasso di infiltrazione molto basso, comprendono principalmente suoli argillosi ad alto potenziale di rigonfiamento o terreni caratterizzati da piccoli spessori giacenti su materiale pressoché impermeabile.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione.
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

Figura 32 Tabella riassuntiva delle caratteristiche del terreno per tipo idrologico di suolo

I valori del parametro CN si riferiscono a tre diverse condizioni di umidità del terreno definite condizioni di umidità antecedente (Antecedent Moisture Condition, AMC) l'evento di pioggia. La categoria **AMC-I** caratterizza i suoli sufficientemente asciutti da permettere un'aratura o una coltivazione soddisfacente e che abbiano perciò un potenziale di scorrimento superficiale minimo.

La categoria **AMC-II** rappresenta la condizione media di umidità del terreno e a tale situazione si fa riferimento per l'attribuzione dei valori di CN.

Infine, la categoria **AMC-III** contempla la condizione in cui i terreni siano praticamente saturati dalle precedenti piogge e in tale situazione il potenziale di scorrimento superficiale risulta massimo.



Una volta assegnati, sulla base di valori di letteratura, i CN della categoria AMC-II, è possibile determinare i valori di CN riferibili alle rimanenti due categorie attraverso le seguenti relazioni:

$$AMC(I) = \frac{4.2 \cdot AMC(II)}{10 - 0.058 \cdot AMC(II)} \quad (5.4)$$

$$AMC(III) = \frac{23 \cdot AMC(II)}{10 + 0.13 \cdot AMC(II)} \quad (5.5)$$

5.2.1.2 Modello di intercettazione al suolo: Simple Surface

In maniera opzionale e in funzione del metodo da utilizzare per la separazione delle piogge è possibile includere anche l'effetto dovuto all'intercettazione da parte della vegetazione (**Canopy**) o e all'immagazzinamento nelle depressione superficiali (**Surface**).

Considerando solo l'effetto della superficie trascurando dunque quello della vegetazione, è necessario fornire una rappresentazione del suolo dove l'acqua può andare ad accumularsi considerando che:

- le depressioni in **superfici impermeabili** sono approssimabili a zero;
- in **aree agricole**, invece, possono essere molto grandi e, data l'area di studio caratterizzata da zone agricole molto vaste, non può di certo essere un fattore trascurabile.

La precipitazione impatta direttamente al suolo considerando l'ipotesi di assenza di copertura vegetale e si accumula nelle depressioni superficiali infiltrandosi in funzione della capacità del suolo di accettare acqua.

Il deflusso superficiale inizierà quando la precipitazione eccede l'infiltrazione ed il volume superficiale è pieno. La precipitazione presente nel volume superficiale può infiltrarsi solo dopo che la pioggia è cessata ed è soggetta a evapo-traspirazione potenziale.

L'effetto dovuto all'intercettazione della precipitazione può essere selezionato con diversi metodi e quello che è stato selezionato per il caso di studio oggetto della relazione è il **Simple Surface**.

Questo metodo è una rappresentazione semplice della superficie del suolo: tutta la precipitazione che arriva è catturata finché la capacità di immagazzinamento non è satura.

Il deflusso superficiale sarà generato quando la capacità di immagazzinamento è piena e il tasso di precipitazione eccede il tasso di infiltrazione.

I parametri che vengono richiesti sono:

- le condizioni iniziali della superficie, esplicitate come percentuale di immagazzinamento superficiale che è pieno d'acqua all'inizio della simulazione;



- Il volume massimo che rappresenta la massima quantità di acqua che può essere trattenuta nel terreno prima che il deflusso superficiale abbia inizio specificato come un'altezza effettiva di acqua.

5.2.2 Il trasporto lungo la rete canalizzata

Il processo di propagazione dell'onda di piena in un corso d'acqua è descritto in forma completa dal sistema di equazioni di De St. Venant composto da un'equazione dinamica derivabile dal principio di conservazione dell'energia o della quantità di moto e dall'equazione di continuità.

Un approccio più semplice è quello adottato dai modelli idrologici che sono basati su concettualizzazioni dei fenomeni fisici non rigorosi nel rispetto delle leggi che li regolano. Come detto nel corso della presente relazione, il lavoro prevede accanto al modello idrologico la realizzazione di un modello idraulico. Così la possibilità di simulare la propagazione dell'onda di piena lungo la rete direttamente con HEC-HMS ha poco significato se non quello di stimare l'entità dell'onda di piena in uscita ad un determinato bacino (somma di più sottobacini), interpretando in termini parabolici, gli effetti di smorzamento del picco. I modelli idrologici a differenza dei modelli idraulici non richiedono una conoscenza dettagliata della geometria e delle caratteristiche di scabrezza: si avranno delle approssimazioni sui risultati che per l'obiettivo che ci si pone sono da ritenersi del tutto accettabili.

5.2.2.1 Modello lag time (tempo di ritardo)

Nel caso in esame, è stato adottato il **metodo del tempo di ritardo** che prevede la stima dell'idrogramma di piena alla sezione di chiusura attraverso una semplice composizione degli idrogrammi dei singoli sottobacini. A tale proposito è necessario stimare i ritardi con cui gli idrogrammi dei vari sottobacini arrivano alla sezione di chiusura.

Tale metodo trascura in pratica l'effetto di laminazione e concentrazione che può avere in realtà l'asta principale risultando un'ipotesi molto semplificativa e di veloce implementazione che si presta molto bene per una stima delle caratteristiche del deflusso alla sezione di chiusura del modello, approssimazione accettabile per quelli che sono gli obiettivi del modello.

La stima del parametro lag time può essere effettuata con diversi metodi in base alle caratteristiche dei bacini in esame e al tronco del corso d'acqua incidente.

Per questo motivo, la stima di tale valore è stata effettuata tramite il calcolo del tempo di corrivazione del bacino, definito come il tempo necessario al deflusso prodotto nel punto più lontano per giungere alla sezione di chiusura, che verrà poi moltiplicato per un fattore pari a 0,8.



Negli anni sono state introdotte numerose formulazioni empiriche che fornivano metodi per il calcolo di questo parametro proprio del bacino, utilizzando criteri geometrici.

Essendo queste formule state ricavate dalla costruzione su modelli fondati su bacini reali, la loro applicazione è legata alla ricerca di una somiglianza tra il caso in esame e il modello. Nello studio condotto, tutti i bacini ricavati dall'analisi con il software QGIS, non presentano una totale omogeneità, a livello di tipo di bacino, area, lunghezza dell'asta e pendenza.

Si è proceduto quindi a selezionare una serie di formulazioni che potrebbero essere utilizzate per il calcolo del T_c , cercando una qualche corrispondenza tra il caso reale e il modello studiato. Sono state selezionate diverse formulazioni che potessero essere impiegate per tipologie di bacino anche molto differenti e che richiedessero dati in input vari al fine di effettuare un confronto tra i risultati ottenuti producendo successivamente una media dei valori calcolati.

Le formule adottate sono le seguenti:

$$t_c = \frac{4 \cdot A^{0.5} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot ((Q_{med} - Q_{min})^{0.5})} \quad \text{Formula di Giandotti (5.6)}$$

$$t_c = \frac{\left(\frac{1000}{CN} - 9\right)^{0.7} \cdot ((1000 \cdot D_{max})^{0.8})}{441 \cdot \sqrt{100 \cdot i_b}} \quad \text{Formula NRCS-SCS (5.7)}$$

$$t_c = \frac{6 \cdot \sqrt[3]{L^2}}{\sqrt[3]{Q_{max} - Q_{min}}} \quad \text{Formula di Puglisi (5.8)}$$

In cui:

- A [Km²] Area del bacino idrografico
- L [Km] Lunghezza dell'asta principale
- Q_{max} [m] Quota massima del bacino idrografico
- Q_{med} [m] Quota media del bacino idrografico
- Q_{min} [m] Quota minima del bacino idrografico
- CN [0-100] Curve Number
- D_{max} [Km] Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura
- i_b [m/m] Pendenza media del bacino idrografico



6. DEFINIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA MODELLATA

6.1 Definizione della rete idrografica modellata

L'idrografia minore del territorio comunale risulta molto articolata e collegata sia alla rete consortile del Consorzio di Bonifica Piave sia a quella del Consorzio di Bonifica Brenta.

Analizzando le reti rilevate durante i sopralluoghi e valutati i nodi fondamentali esterni al area comunale che però contribuiscono alla distribuzione delle portate entranti nella rete idrografica del comune, è possibile individuare **6 macroaree** a loro volta suddivise in base alle aree di contribuenza consortili:

1) AREA CONSORZIO DI BONIFICA PIAVE

1.1) Nodo idraulico a nord dei confini amministrativi di Loria in via Vollone (San Zenone degli Ezzelini)

Tale nodo riceve i contributi da parte del bacino del Volon e del Giarona contribuendo a una suddivisione delle portate verso Loria in direzione Viazza e Volone. I sottobacini afferenti a tale macroarea sono i seguenti:

- (a) SB20 – Sottobacino Volon;
- (b) SB15 – Sottobacino Giarone

1.2) Nodo idraulico sfioratore Pedemontana a nord dei confini amministrativi di Loria

Tale nodo riceve i contributi da parte del bacino del Volon contribuendo anche esso a una suddivisione delle portate verso Loria in direzione Viazza e Volone. Riceve inoltre parte dei contributi di porta dal nodo precedentemente descritto. I sottobacini afferenti a tale macroarea sono i seguenti:

- (a) SB20 – Sottobacino Volon

1.3) Modello idraulico corso d'acqua consortile Viazza (comune di Loria)

Questo modello comprende tutto il tratto del Viazza che attraversa il centro urbano di Loria sino al suo sbocco all'interno del corso d'acqua Muson. Oltre al contributo dei bacini urbani, riceve anche in input i contributi generati dall'attivazione dello sfioratore del nodo idraulico e dei seguenti sottobacini:

- (a) SB09 – Sottobacino Viazza;
- (b) SB10 – Sottobacino Musonello;
- (c) SB11 – Sottobacino Viazza (via Viazza);
- (d) SB12 – Sottobacino Riazzolo;
- (e) SB15 – Sottobacino Giarone



1.4) Modello idraulico centro urbano di Loria

Modello idraulico caratterizzato dalla rete di fognatura bianca e di parte della rete idrografica consortile (Volone e Musonello) di tutta l'area urbana di Loria. I sottobacini afferenti a tale macroarea sono i seguenti:

- (a) SB06 – Sottobacino Muson;
- (b) SB07 – Sottobacino Volone;
- (c) SB08 – Sottobacino Roggia Balbi;
- (d) SB09 – Sottobacino Viazza;
- (e) SB10 – Sottobacino Musonello;
- (f) SB11 – Sottobacino Viazza (via Viazza);
- (g) SB12 – Sottobacino Riazzolo

1.5) Modello idraulico centro urbano di Ramon

Modello idraulico caratterizzato dalla rete di fognatura bianca e della rete idrografica minore di tutta l'area urbana di Ramon. I sottobacini afferenti a tale macroarea sono i seguenti:

- (a) SB06 – Sottobacino Muson

2) AREA CONSORZO DI BONIFICA BRENTA

2.1) Modello idraulico centro urbano di Bessica

Modello idraulico caratterizzato dalla rete di fognatura bianca e della rete idrografica minore di tutta l'area urbana di Bessica comprendendo anche parte dell'idrografica consortile (Balbi).

I sottobacini afferenti a tale macroarea sono i seguenti:

- (b) SB02 – Sottobacino Muson
- (c) SB19 – Sottobacino Lugana

Avendo effettuato un'attenta analisi del territorio con la Fase 1 Conoscitiva del presente Piano, a seguito della consultazione dei documenti resi disponibili dal Comune e dalle criticità segnalate dall'Ufficio Tecnico del Comune, è stato deciso di approfondire lo studio idrologico ed idraulico del presente Piano delle Acque, implementando la modellazione solo delle aree sopra descritte allo scopo di riscontrare le criticità della rete scolante, intesa come combinazione di canali, fossi e fognature bianche in modo tale da individuare le problematiche idrauliche.

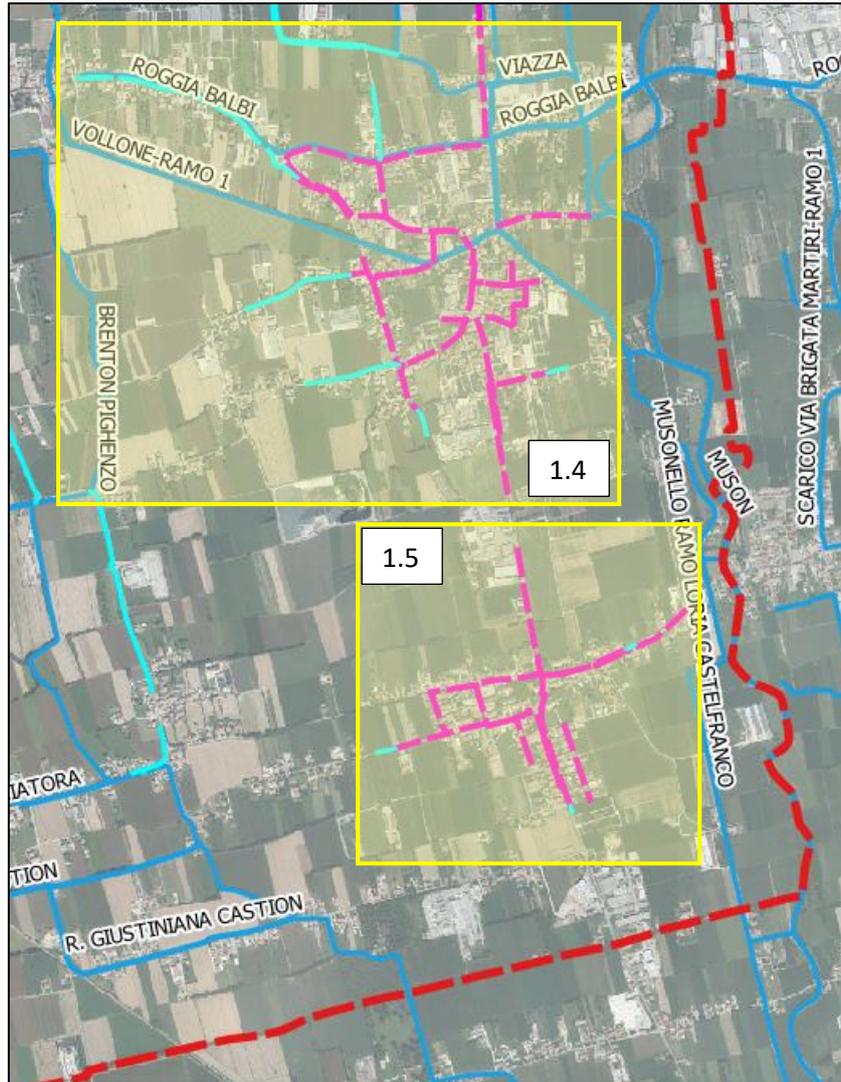


Figura 33b Aree interessate dalla modellazione idrologica e idraulica; ogni codice identificativo è associato al numero rappresentativo a inizio capitolo (Area comunale sud)

CODICE NODO	HEC-HMS	EPA-SWMM
1.1 – Nodo Vollone	X	X
1.2 – Nodo Pedemontana		X
1.3 – Modello Viazza	X	
1.4 – Modello Loria		X
1.5 – Modello Ramon		X
2.1 – Modello Bessica		X

Tabella 1 Tabella riassuntiva dei software utilizzati per ogni nodo modellato: in verde software utilizzato, in rosso software non utilizzato

La modellazione idraulica si è concentrata sulle aree maggiormente urbanizzate del territorio comunale, caratterizzata da maggiore probabilità di accadimento di eventi meteorici in grado

di determinare problematiche di allagamento e dove sono state segnalate parecchie delle criticità idrauliche.

Di seguito vengono descritti più nel dettaglio le macroaree oggetto di modellazione matematica. Come verrà discusso in seguito, la rete idraulica, composta da idrografia minore e rete di fognatura bianca, è stata schematizzata con una serie di nodi e condotte che convogliano l'acqua raccolta da ogni sottobacino idrografico identificato.

Tale schematizzazione della rete è frutto di un complesso lavoro di rilievo topografico della rete idrografica minore, oltre che della rete di scolo delle acque meteoriche, a seguito anche dell'apertura dei pozzetti ritenuti punti cardine della rete di fognatura.

Per la rappresentazione di tratti di canali o fossi molto lunghi, sono stati inseriti dei nodi fittizi, le cui caratteristiche sono comunque ricavate dal rilievo topografico effettuato in campo, in modo tale da poter meglio descrivere la geometria di tali elementi.

6.1.1 Nodo idraulico via Vollone (San Zenone degli Ezzelini)

Il nodo idraulico che si sviluppa nel comune di San Zenone degli Ezzelini, più precisamente in via Vollone, caratterizza uno degli elementi idraulici fondamentali per la quantificazione delle possibili portate entranti all'interno del comune di Loria.

Come anche evidenziato nella figura 33 [1.1], si evince come confluiscono al nodo i contributi di due corsi d'acqua consorziali, ossia il Volon e il torrente Giaretta, che successivamente subiscono una bipartizione procedendo rispettivamente come **Volone ramo-2** a est e **Volone ramo-1** a sud.

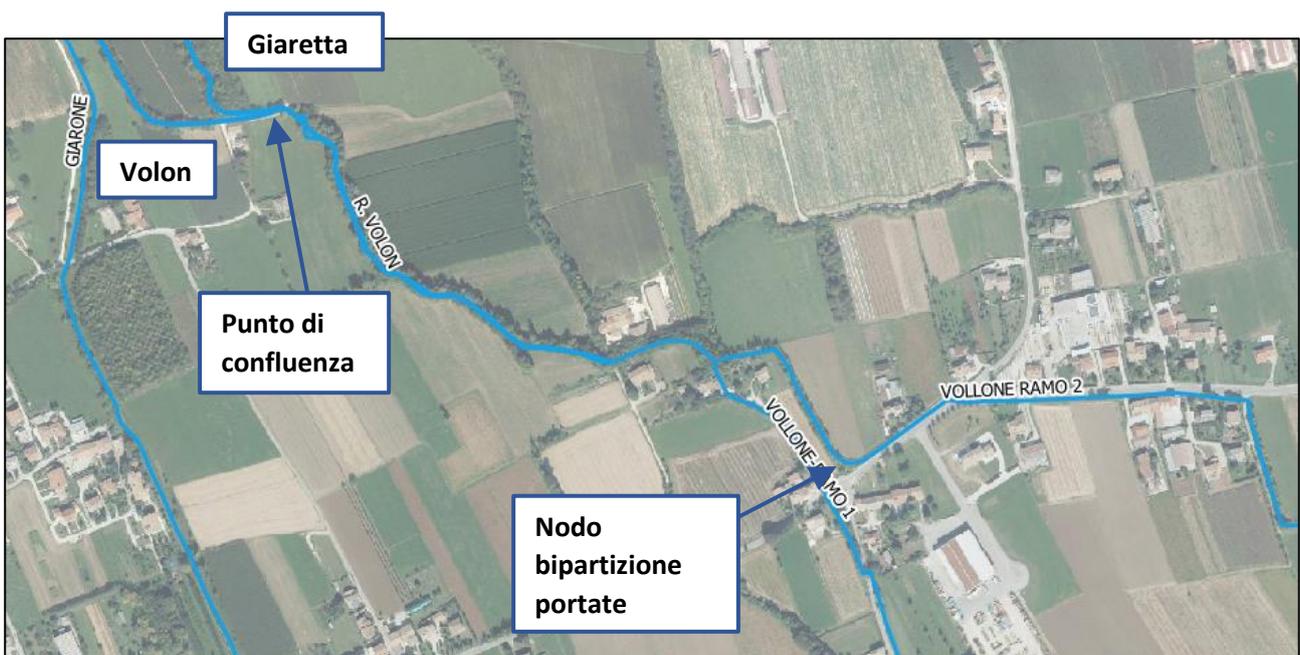


Figura 34 Dettaglio nodo idraulico in via Vollone (San Zenone degli Ezzelini)

Di seguito viene riportato lo schema del nodo idraulico modellato con EPA-SWMM:

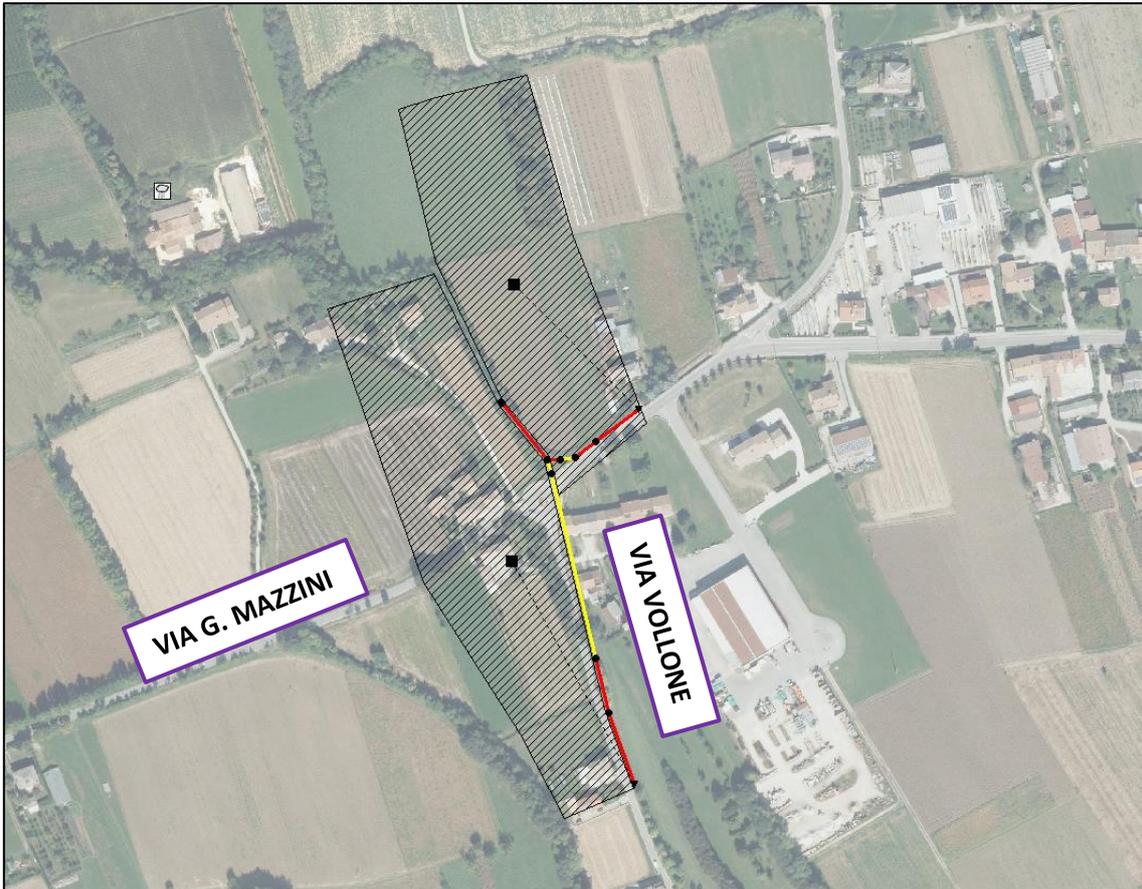


Figura 35 Dettaglio nodo idraulico in via Vollone (San Zenone degli Ezzelini): in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati

La rete si compone, nella maggior parte, da tratti a cielo aperto ed in minor parte da tratti tombinati, come anche evidenziato nella precedente immagine.

Come mostrato in figura 34, il Volon e il Giaretta confluiscono in un unico corso d'acqua denominato Volon poco a nord del modello sviluppato in EPA-SWMM, prosegue a cielo aperto sino a livello di via Vollone in prossimità della rotonda, per poi diramarsi in due diversi tratti rispettivamente in direzione est a cielo aperto (Volone ramo-2) e verso sud per un tratto tombinato (Volone ramo-3).

Questi due rami contribuiscono alle portate rispettivamente del Viazza e del Volone; tutti corsi d'acqua consorziali che entrano all'interno dell'area urbana di Loria.

Verranno riportate una serie di foto al fine di ricostruire il nodo appena discusso:



Figura 36 Dettaglio nodo idraulico in via Vollone (San Zenone degli Ezzelini): nodo bipartizione



Figura 37a Sbocco da tratto tombinato: Vollone ramo 1



Figura 37b Imbocco da tratto tombinato: Vollone ramo 1

Come accennato anche nel caso precedente, lo studio di questo nodo risulta chiave al fine di effettuare una corretta modellazione dello stato di fatto della rete urbana di Loria.

Inoltre, l'estensione dei bacini afferenti ai due corsi d'acqua non può di certo ritenersi trascurabile per la stima dei contributi di portata. Data però la difficoltà nell'effettuare un rilievo sul campo in un'area tanto estesa è stato effettuato uno studio idrologico dei due bacini afferenti tramite software HEC-HMS al fine di stimare i due idrogrammi di piena prodotti dai due bacini del Volon e del Giaretta e riprodurre così l'idrogramma di piena che subirà poi una bipartizione al nodo precedentemente descritto.

Per definire i due idrogrammi in uscita per il Volone ramo-1 e il Volone ramo-2 è stato necessario sviluppare anche un modello idraulico del nodo con software EPA-SWMM da cui, ai due outfall definiti, sarà possibile estrarre gli idrogrammi utili alle successive valutazioni.

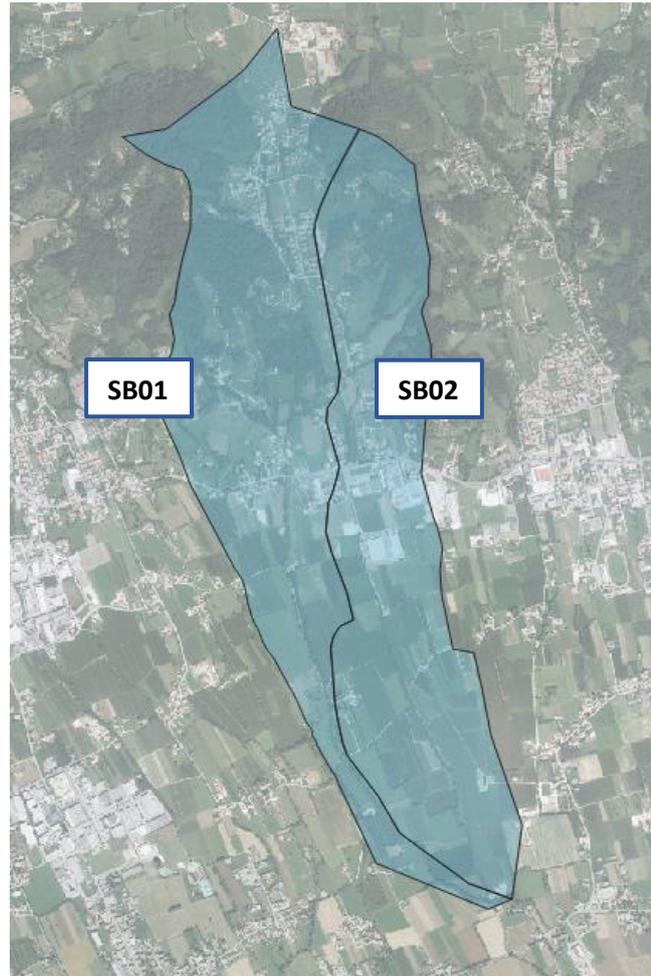
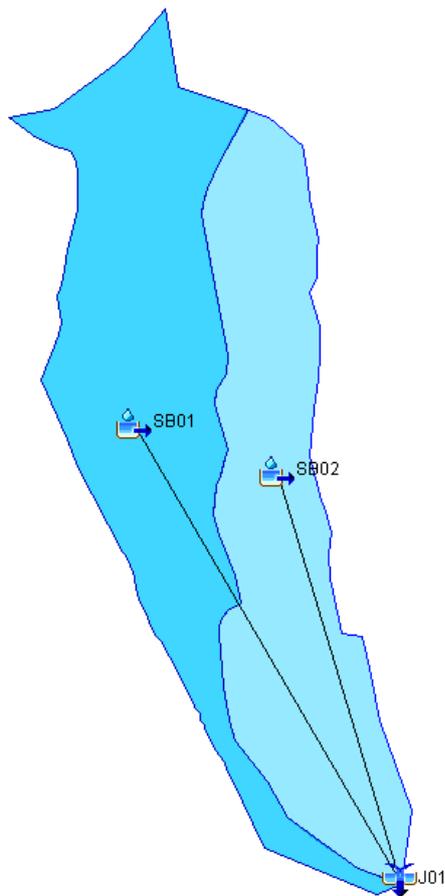


Figura 38 Modello dei sottobacini utilizzati in HEC-HMS con inquadramento su Ortofoto

I parametri utilizzati all'interno del modello e discussi nel capitolo relativo a HEC-HMS sono i seguenti e sono stati calcolati grazie ad un'attenta analisi geomorfologica in QGIS:

SUB01 - VOLON		
Area	1.79	Km2
Pendenza bacino	0.03	-
Max Storage	100	mm
Curve Number	80	-
Imperviousness - Impermeabilità	15	%
Quota media	137.35	m
Lunghezza asta	4.097	Km
Qmax	230.56	m
Qmin	93.92	m
Pendenza media asta	0.02	-
Dmax - Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura	4.5	km
Perimetro medio bacino	9.865	km

SUB02 - GIARONA		
Area	1.6	Km2
Pendenza bacino	0.03	-
Max Storage	100	mm
Curve Number	80	-
Imperviousness - Impermeabilità	20	%
Quota media	138.34	m
Lunghezza asta	2.75	Km
Qmax	234.56	m
Qmin	92.22	m
Pendenza media asta	0.02	-
Dmax - Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura	3.95	km
Perimetro medio bacino	7.715	km

È fondamentale ricordare che data l'estensione dei due bacini in esame, l'evento di pioggia utilizzato per la stima degli idrogramma fa riferimento alla stazione pluviometrica di Crespano del Grappa.

6.1.2 Nodo idraulico sfioratore Pedemontana

La zona oggetto d'indagine [1.2] si trova nei pressi dell'area della Superstrada Pedemontana Veneta tra le località Comunella e Cà Ferronato:

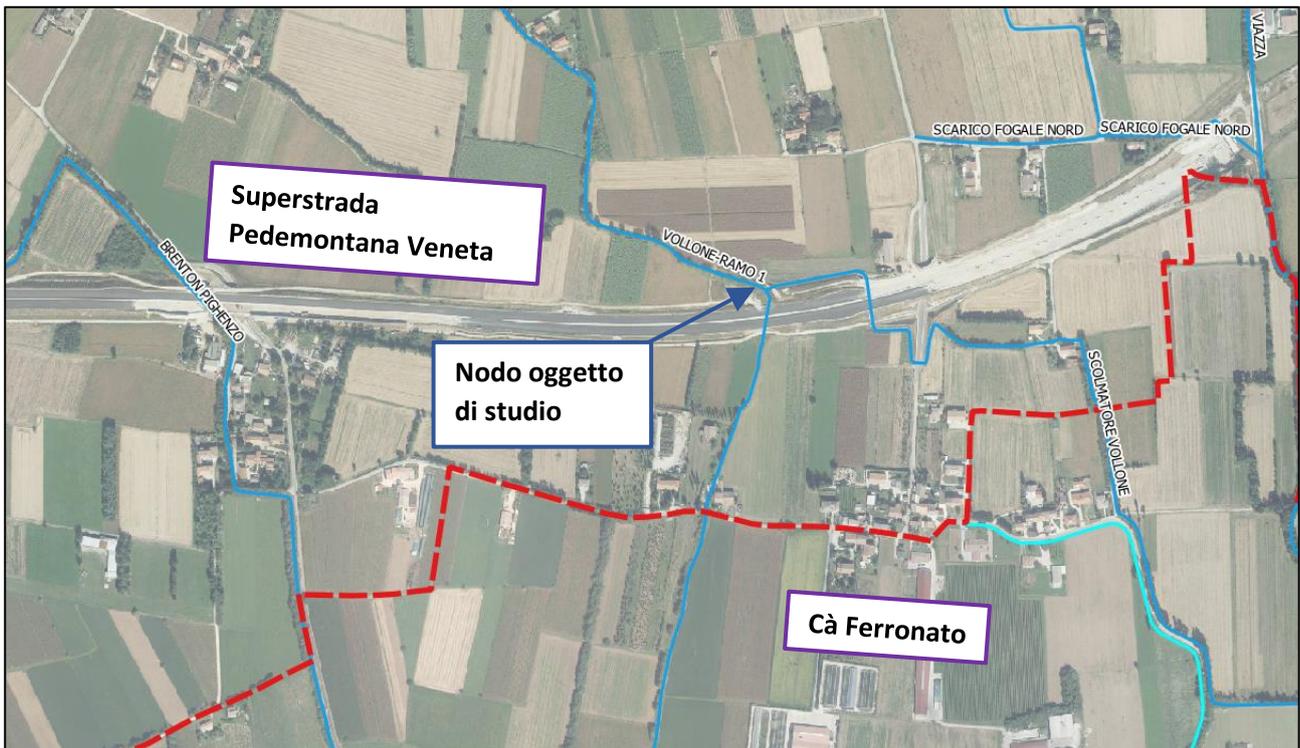


Figura 39 Dettaglio nodo idraulico in prossimità della superstrada Pedemontana Veneta

Come anche intuibile dalla precedente immagine, il ramo del Vollone ramo-1 descritto nel paragrafo precedente giunge in questo tratto in cui è anche presente uno sfioratore che, nel caso di attivazione, contribuirebbe a generare una parte della portata in ingresso al Viazza.

Per ricostruire il nodo e rendere più semplice la comprensione dell'area oggetto di studio vengono di seguito riportate alcune foto esemplificative:



Figura 40 Sfiatore e tratto dello scolmatore Vollone



Figura 41 Imbocco del Vollone all'interno del manufatto



Figura 42 Sbocco del Volone ramo-1 in direzione Loria

Come per il caso precedente, sono state fatte una serie di considerazioni relative sia all'idrologia che all'aspetto idraulico, dovendo considerare l'idrogramma di piena proveniente dal nodo di monte prima descritto e opportunamente traslato, ma anche le caratteristiche idrauliche del nodo.

Infatti, la modellazione effettuata attraverso il software EPA-SWMM consentirà la stima della portata che sfiora all'interno dello sfiatore ricavando così un'ulteriore idrogramma di piena che verrà poi considerato nello studio del modello del Viazza.

Verrà di seguito riportato lo schema idraulico sviluppato:

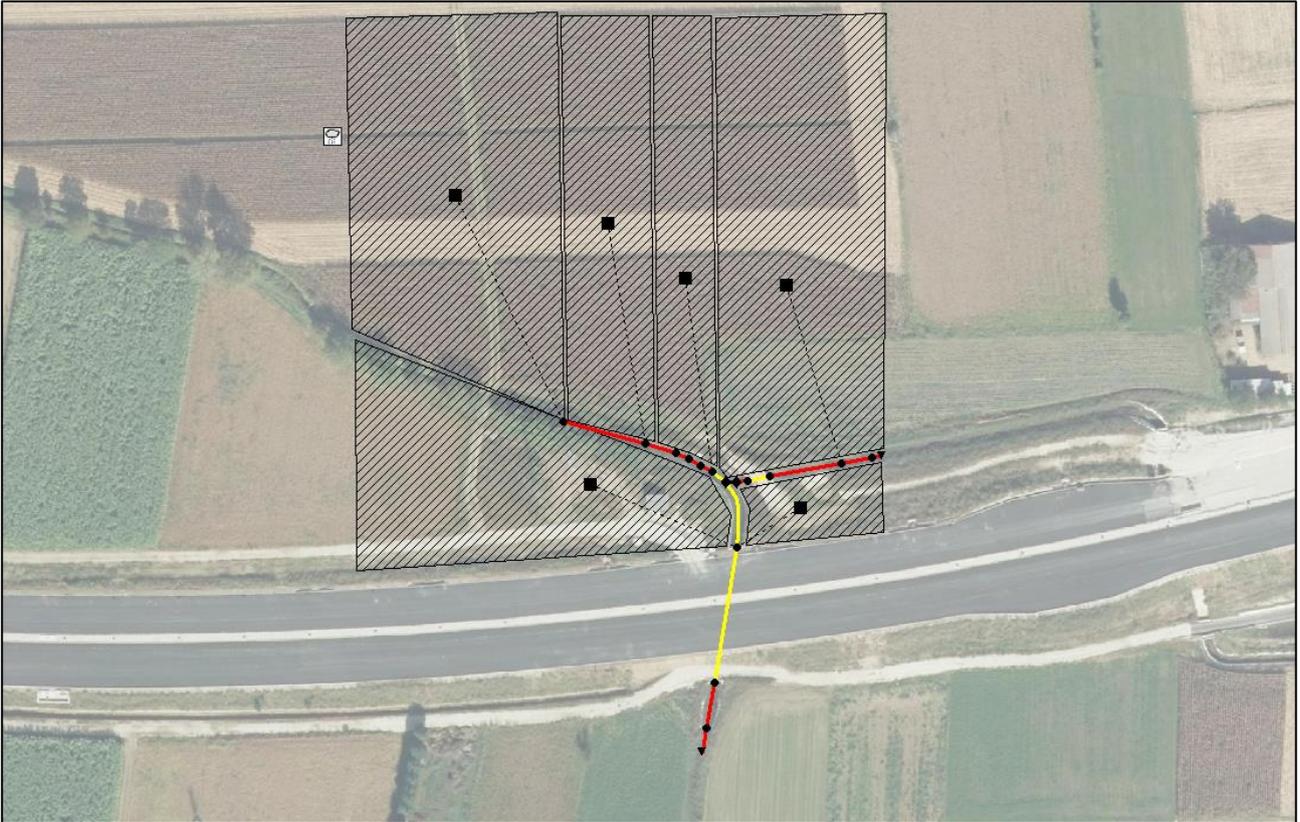


Figura 43 Dettaglio nodo idraulico sfioratore Pedemontana: in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati o cementati

6.1.3 Modello idraulico corso d'acqua consortile Viazza (Loria)

L'area interessata dalla modellazione comprende il tratto del Viazza [1.3] che si estende dalla zona di imbocco dello scolmatore Vollone all'interno del suddetto corso d'acqua (via Cacciatora) sino al suo punto di immissione in via Strà Bassa (Loria) nel fiume Muson.

Viene di seguito riportata l'area di inquadramento del modello al fine di contestualizzare la localizzazione del tratto di interesse:

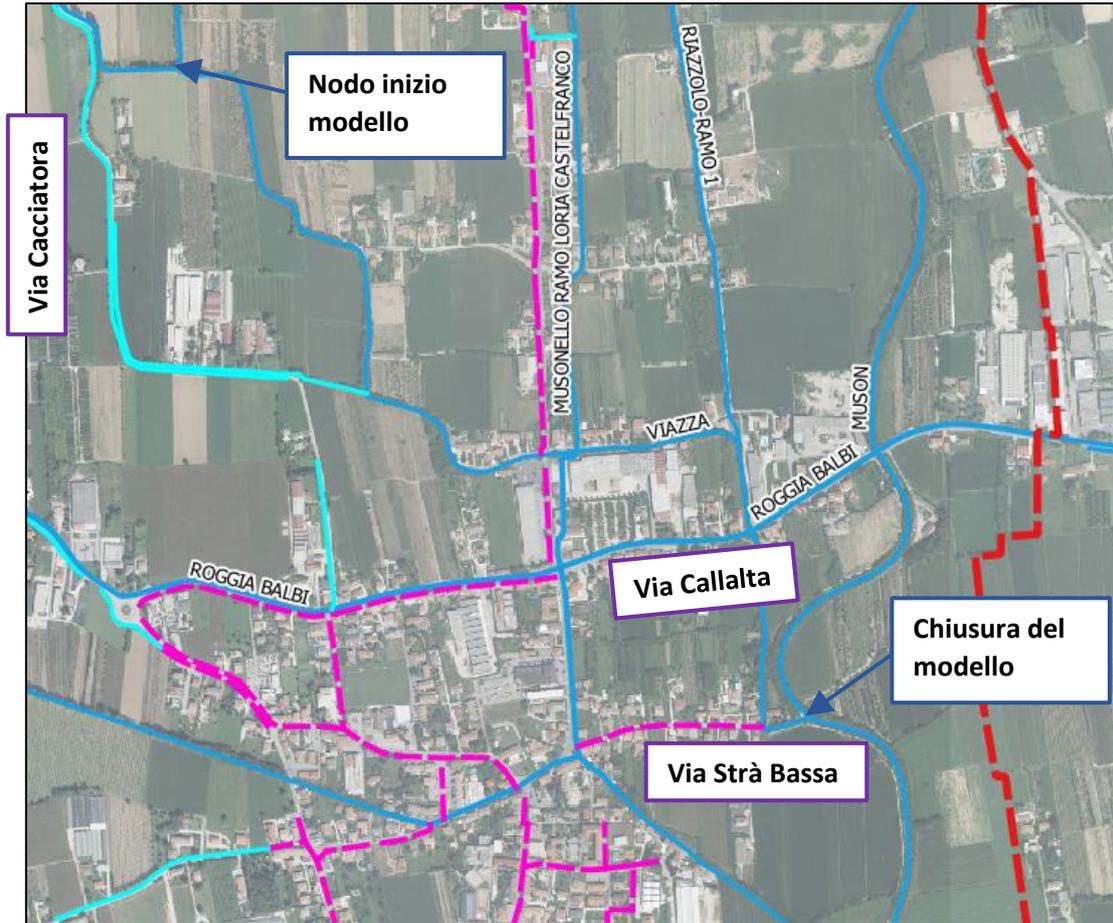


Figura 44 Dettaglio localizzazione modello del Viazza all'interno del territorio comunale

Come anche illustrato nell'immagine 44, il Viazza raccoglie i contributi dello scolmatore Vollone e prosegue in direzione del centro abitato di Loria.

Dai sopralluoghi effettuati è possibile riscontrare come le sezioni siano particolarmente regolari e caratterizzate dalla presenza di una scogliera in roccia su entrambe le sponde per quasi la totalità della sua estensione, come riportato anche nelle successive immagini:



Figura 45 Viazza: a) sezione tipo del corso d'acqua; b) tratto di immissione dello scolmatore Vollone all'interno del Viazza

Proseguendo, in prossimità dell'incrocio a livello di via Martiri della Libertà, via Viazza e via Manzolino si innestano alcuni tratti della fognatura bianca che scorrono parallelamente a via Manzolino rispettivamente dal tratto lungo la pista ciclabile e da quello che costeggia per un breve tratto l'area commerciale di Loria.

Di particolare rilevanza andando in direzione di via Viazza e giungendo sino al ponte della SP 81 lungo Via Callalta, il Viazza raccoglie inoltre i contributi dalla Roggia Balbi.



Figura 46 Tratto di sbocco della Roggia Balbi all'interno del Viazza

Quest'ultima, a sua volta, nasce da un tratto tombinato da via Baroni (nelle vicinanze della frazione di Bessica), sbuca brevemente a cielo aperto dalla rotonda in via Balbi e via Baroni, per infine proseguire interamente in condotta lungo tutto il tratto in via Balbi e via Callalta.

Proseguendo rettilineo sino a livello di via Strà Bassa in prossimità dello sbocco sul Muson, il Viazza raccoglie inoltre i contributi della fognatura bianca della suddetta via, essendo stata rilevata la condotta in corrispondenza della curva a gomito.



Infine, il Viazza scorre in direzione del Muson per un tratto caratterizzato da sponde regolari in pietra in cui sono stati rilevati diversi salti di fondo.

Il Muson, nel punto di sbocco del Viazza risulta essere confinato all'interno di alte sponde anch'esse regolari protette in parte da una protezione in roccia. È stato inoltre possibile riscontrare la presenza di un guado che attraversa il fiume e che collega via Strà Bassa con i campi limitrofi.

Di seguito si riportano alcune foto dell'area:

Figura 47 Condotta di sbocco della FB di via Strà Bassa nel Viazza

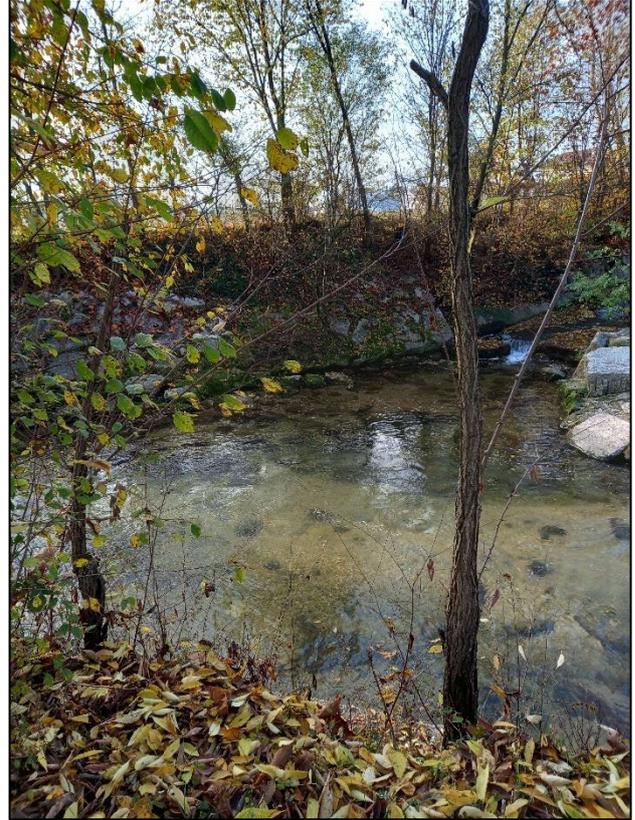


Figura 48 Tratto di sbocco del Viazza all'interno del Muson



Figura 48 Sezione tipo del Muson in prossimità dell'immissione del Viazza

Dai numerosi rilievi topografici effettuati, è stato dunque possibile ricostruire il modello idraulico del Viazza come riportato nella figura 49:

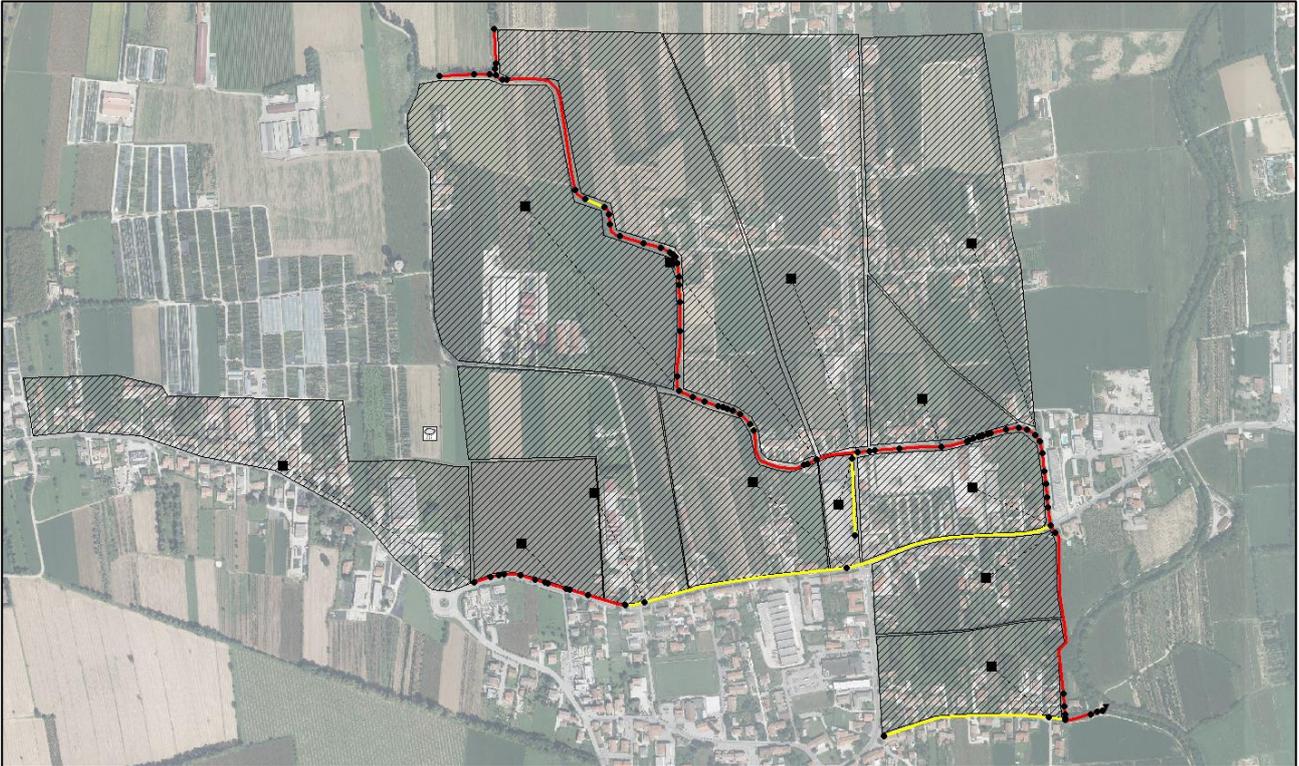


Figura 49 Modello idraulico del Viazza: in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati o cementati

È stato ritenuto necessario effettuare una verifica idraulica del tratto non solo per l'interazione del Viazza con quella che è la rete di fognatura urbana esistente, ma soprattutto per la sua potenziale pericolosità scorrendo all'interno dell'ambito cittadino e prendendosi a monte non solo i contributi del proprio bacino, ma anche quelli generati dall'attivazione dello sfioratore in corrispondenza del nodo Pedemontana [1.2].

Anche in questo caso, come in quello del nodo [1.1], la valutazione dell'idrogramma di piena in ingresso all'interno del modello idraulico in corrispondenza della prima sezione del Viazza è stata effettuata mediante una stima con HEC-HMS, prendendo in considerazione tutto il bacino afferente al Viazza sino al primo nodo di partenza del modello idraulico.

Per quanto riguarda invece l'idrogramma in ingresso rispetto al nodo dello scolmatore Vollone è stato considerato l'idrogramma prodotto dal modello idraulico del nodo Pedemontana in corrispondenza dell'outfall per poi essere opportunamente traslato sino al punto di imbocco.

Le verifiche che verranno riportate nei capitoli successivi riguardano sia un tempo di ritorno pari a 20 anni che 50 anni come anche le stime degli idrogrammi.

Di seguito si riportano gli schemi e i valori utilizzati nel modello idrologico di HEC-HMS grazie al supporto del software QGIS:

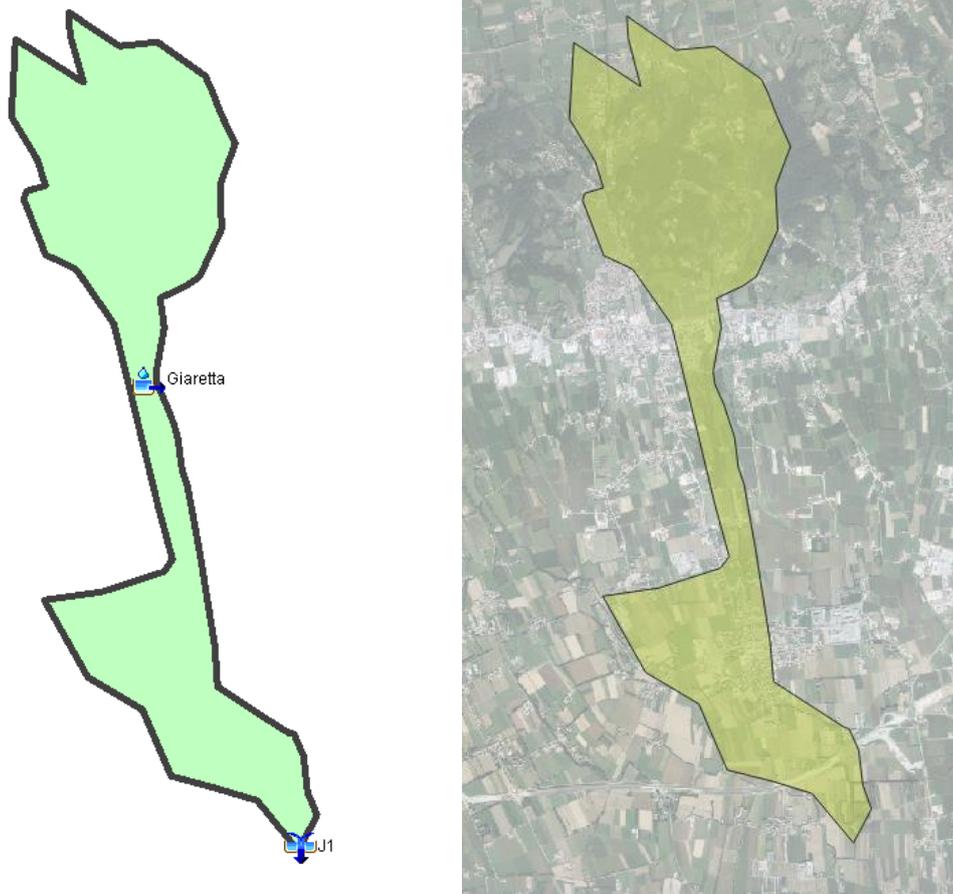


Figura 50 Modello dei sottobacini utilizzati in HEC-HMS con inquadramento su ortofoto (Viazza)

SUB – GIARETTA/VIAZZA		
Area	4.9	Km2
Pendenza bacino	0.03	
Max Storage	100	mm
Curve Number	80	
Imperviousness - Impermeabilità	15	%
Quota media	115.34	m
Lunghezza asta	5.13	Km
Qmax	217.65	m
Qmin	74.6	m
Pendenza media asta	0.01	
Dmax - Distanza massima tra lo spartiacque e la sezione di chiusura	7.11	km
Perimetro medio bacino	17.46	km

6.1.4 Modello idraulico centro urbano di Loria

A seguito delle valutazioni fatte per i nodi precedenti, è stato possibile sviluppare il modello idraulico del centro urbano di Loria che si sviluppa come di seguito riportato [1.4]:

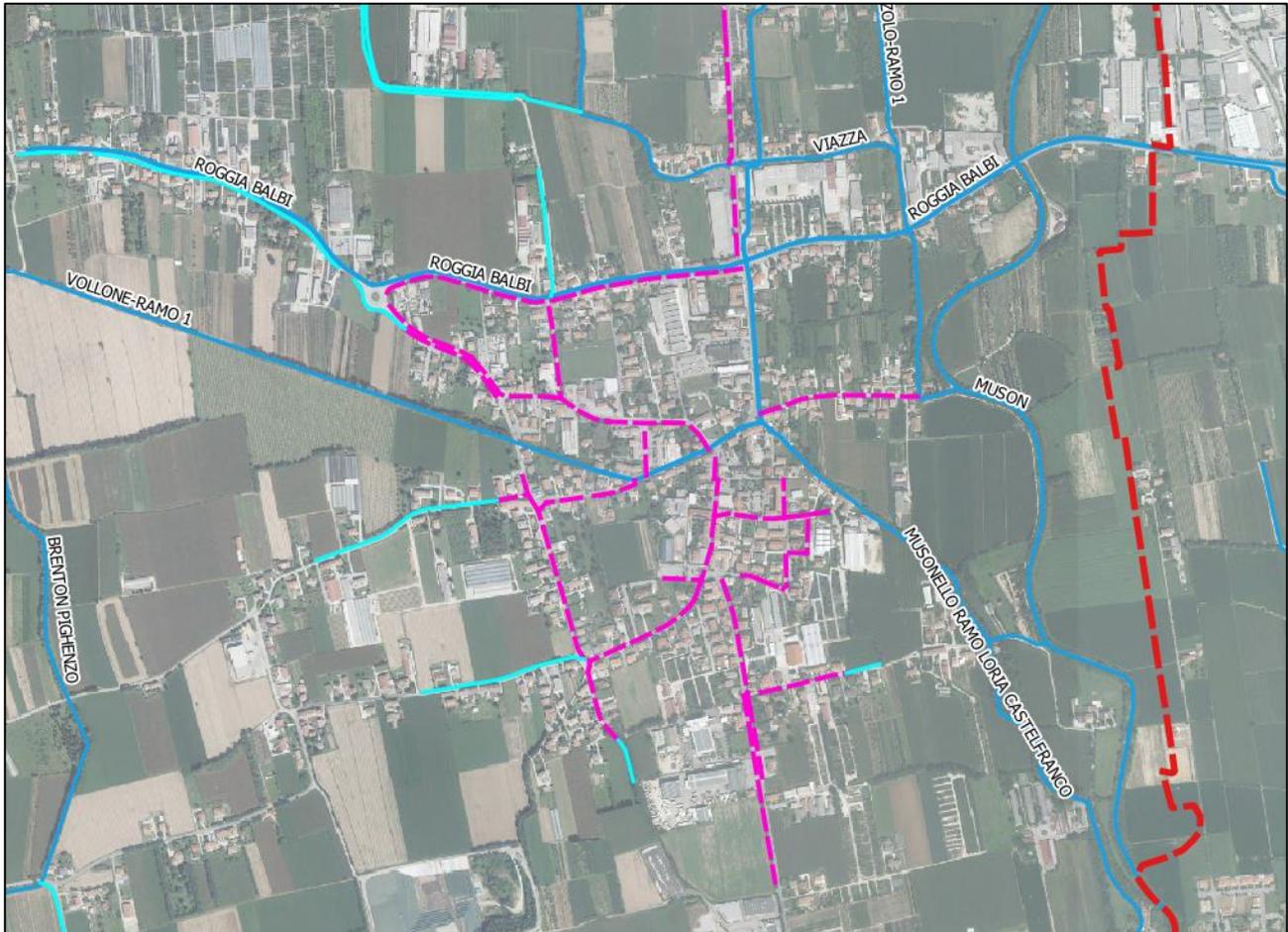


Figura 51 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria

La scelta di sviluppare un modello separato rispetto al modello del Viazza è favorita dalla sconnessione idraulica del Viazza (tratte per alcuni brevi tratti di fognatura bianca) dalla rete meteorica cittadina.

La rete di Loria verrà analizzata per tratti, avendone riscontrato delle discontinuità all'interno e per facilitarne la comprensione.

Il cuore della rete di fognatura bianca del centro di Loria si articola da nord a sud tra la roggia Balbi lungo la SP81 e il ramo del Vollone che si delinea lungo via Volon, e da ovest a est tra l'area del cimitero e via San Pio X.

Dalle indagini effettuate, è stato possibile riscontrare come la rete di fognatura bianca si getti lungo via John Fitzgerald Kennedy all'interno del Musonello.

La singolarità di questo tratto è la profonda interconnessione con la rete consortile. In particolare, questo si osserva con :

- 1) Il **Vollone ramo-1** che, da un certo tratto, da essere un corso d'acqua a cielo aperto diviene tombinato attraversando tutto il centro urbano, interconnettendosi con la dorsale di fognatura lungo via Chiesa per poi proseguire in direzione del Musonello.
- 2) Il **Musonello ramo-Loria Castelfranco** che, pur essendo per la maggior parte in secca, si interconnette con il Vollone e la rete di fognatura di Loria in prossimità della curva tra via Strà Bassa e via S. Pio X.

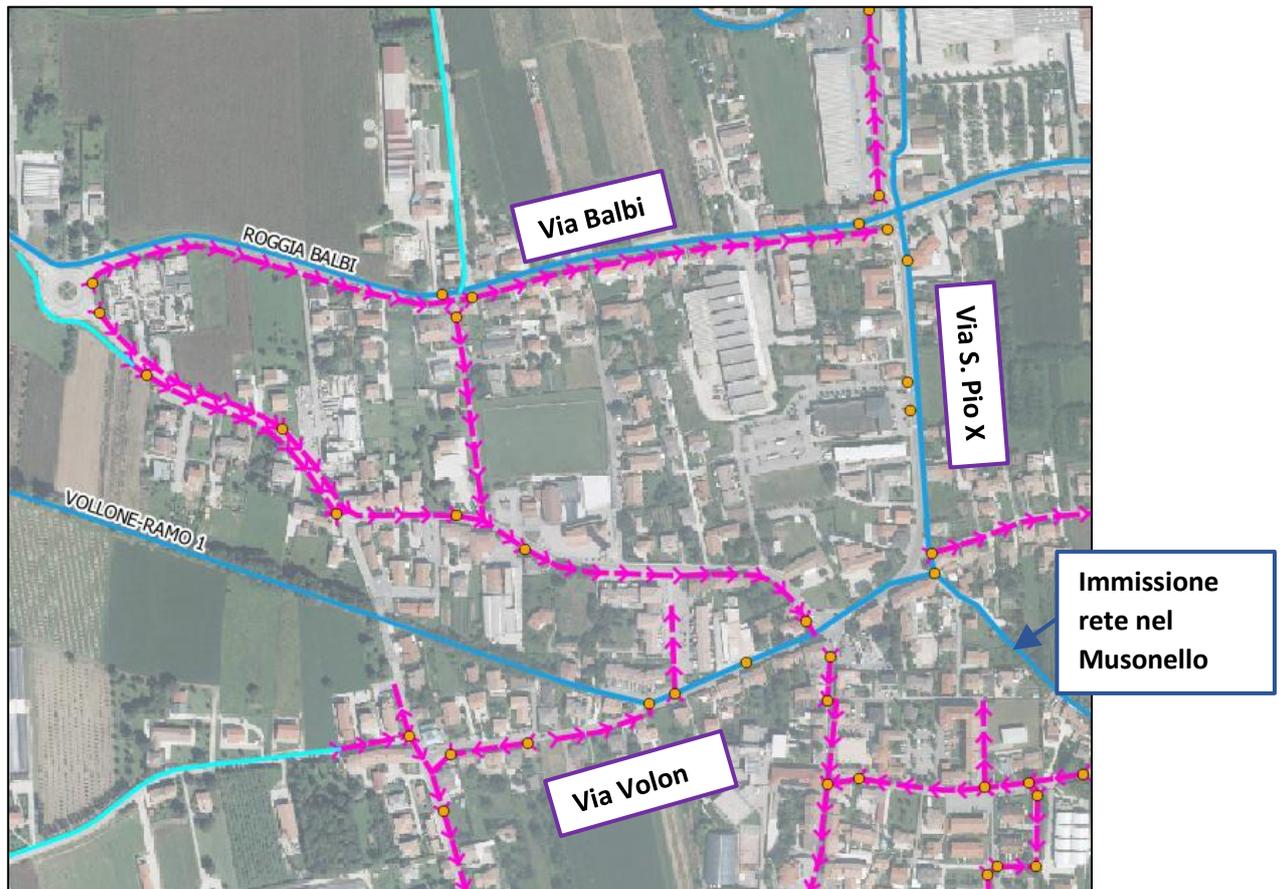


Figura 52 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria con direzioni di flusso

La zona nei pressi del Comune di Loria (fig.53) e tutta la zona residenziale presenta una fitta rete di condotte. In base alle testimonianze raccolte, è noto che in caso di eventi meteorologici significativi si siano verificati dei disagi proprio a causa della rete di fognatura bianca. Dai numerosi rilievi fatti è stato possibile riscontrare come la dorsale lungo via Fratelli Pinarello si getti direttamente nella dorsale della SP 20, ma resta disconnessa dalla rete di via 2 Giugno.

In quest'area, infatti sono state riscontrate piccoli rami di fognatura separati che gettavano rispettivamente all'interno di alcuni pozzi perdenti, tra cui uno di dimensioni considerevoli tra via 2 Giugno e via Pino.

Non risulta ad oggi che questi tratti siano dunque effettivamente connessi a una dorsale principale.

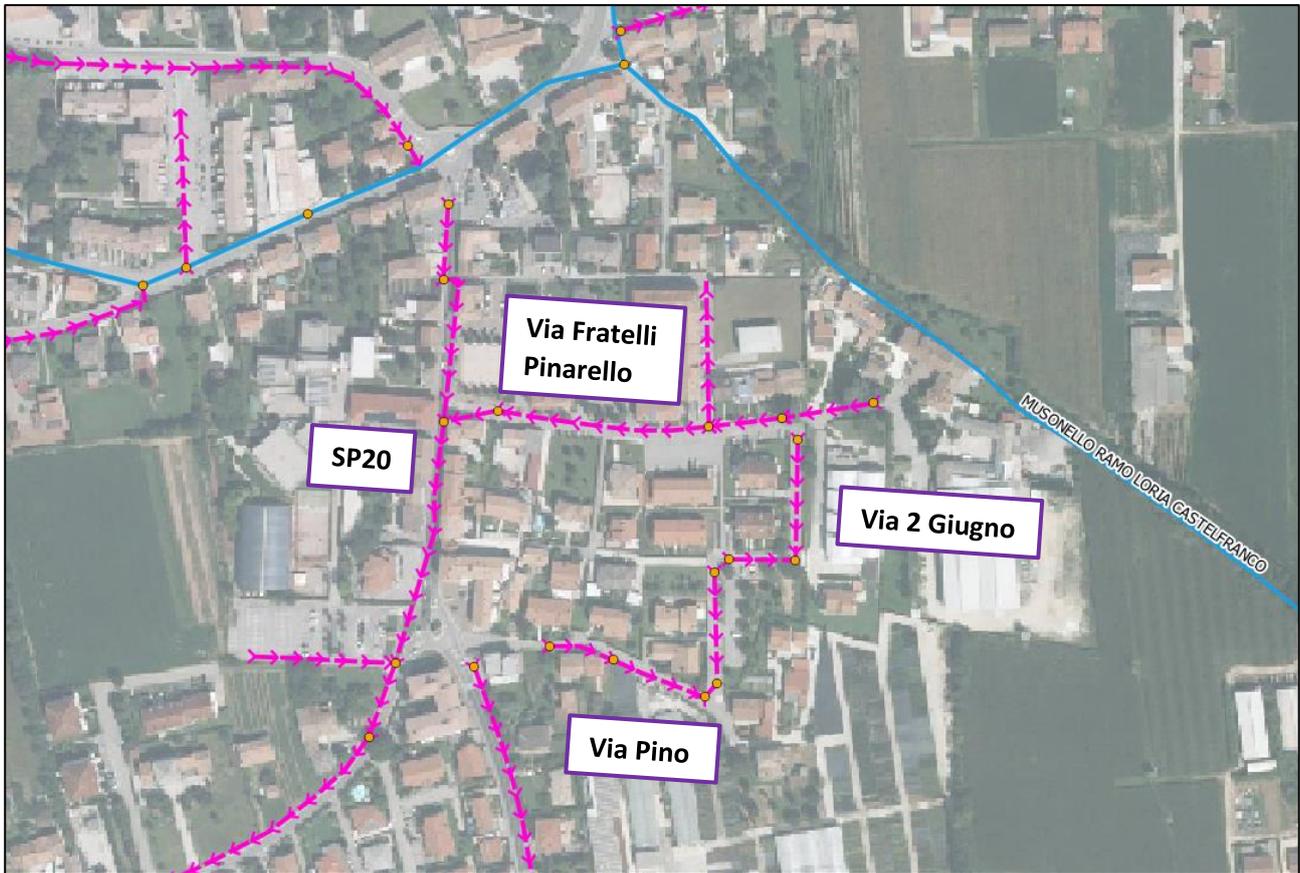


Figura 53 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria con direzioni di flusso (area comune)

Come accennato precedentemente, il Vollone funge da spartiacque tra la rete di fognatura della zona nord di Loria rispetto a quella sud.

I due rami di fognatura principali che si sviluppano lungo via Capitello e via Crosera si uniscono nei pressi del pozzetto di via Capitello (civico 30) da cui poi è stata riscontrata una condotta che attraversa la strada e si getta in via delle Fosse.

Al termine della via, la fognatura si getta a cielo aperto per un breve tratto in cui però non è stata riscontrata continuità idraulica con la zona industriale tra Loria e Ramon.

Questa carenza di continuità idraulica può implicare il rischio che si generino fenomeni di rigurgito lungo il tratto di fognatura bianca nelle zone urbane con il rischio che si generino allagamenti localizzati anche nei pressi della zona industriale stessa.

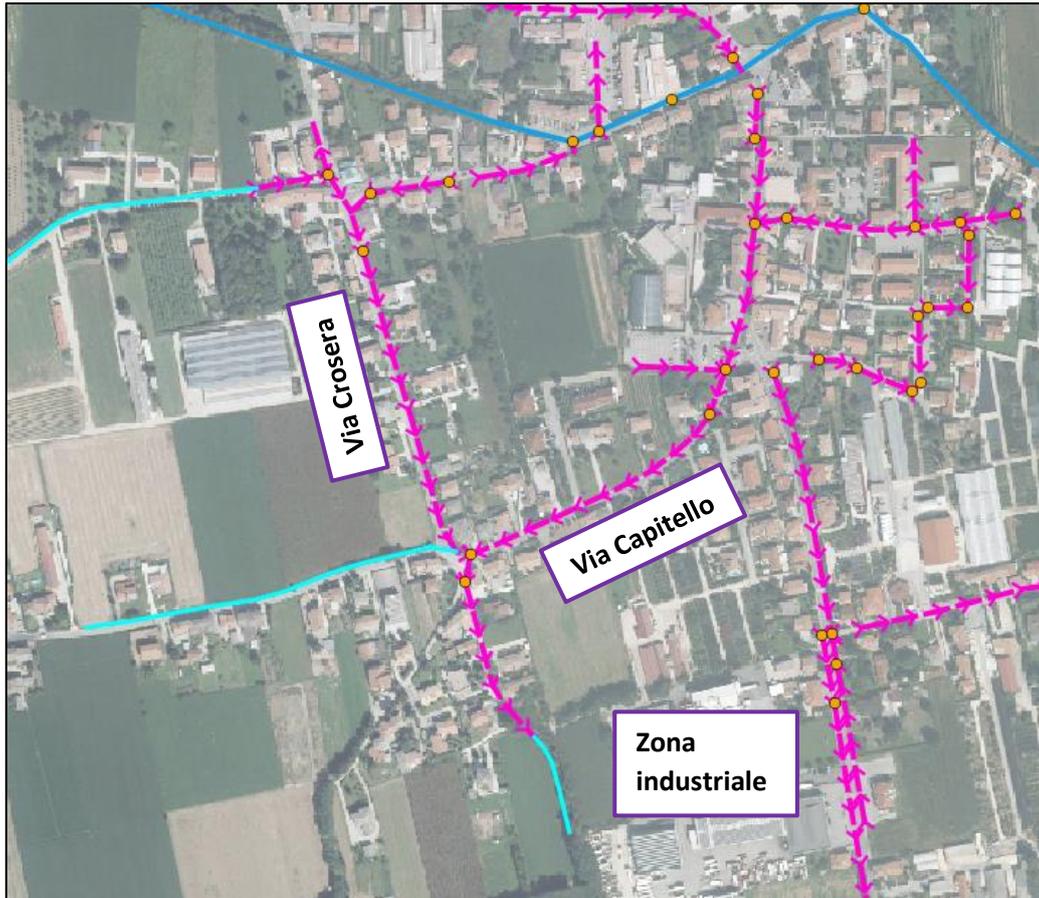
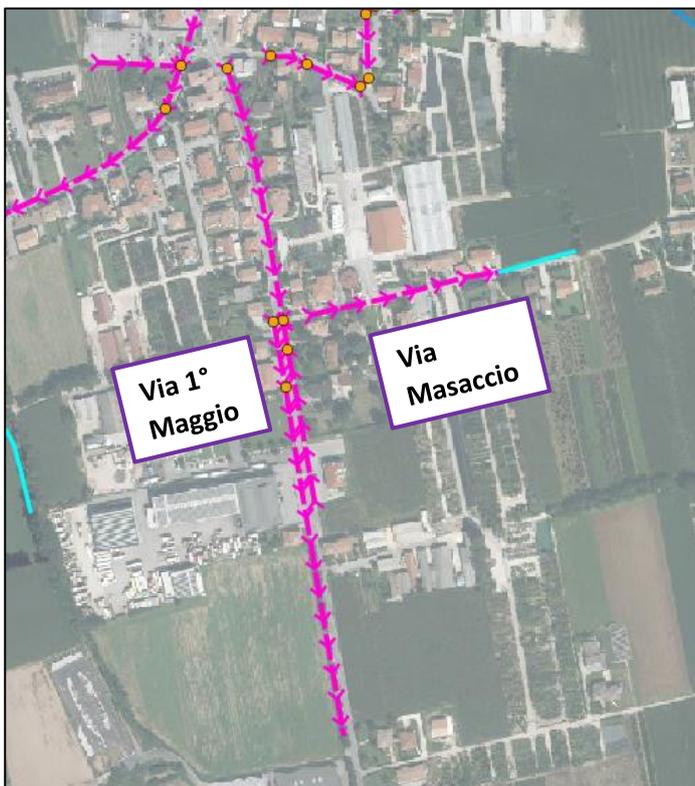


Figura 54 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria con direzioni di flusso (via Capitello, via delle Fosse e via Crosera)



Infine, rimane l'ultima dorsale che si sviluppa lungo via 1° maggio in cui è stata rilevata la presenza di una dorsale che corre a sinistra in direzione della località Ramon per poi osservare un attraversamento stradale in prossimità di via Masaccio, passando dunque sotto la pista ciclabile in direzione Ramon (fig. 55).

A seguito dei rilievi e dell'apertura di numerosi pozzetti, è stato possibile ricostruire il modello idraulico del centro urbano di Loria il cui schema verrà riportato nella successiva immagine.

Figura 55 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria con direzioni di flusso (1° Maggio)

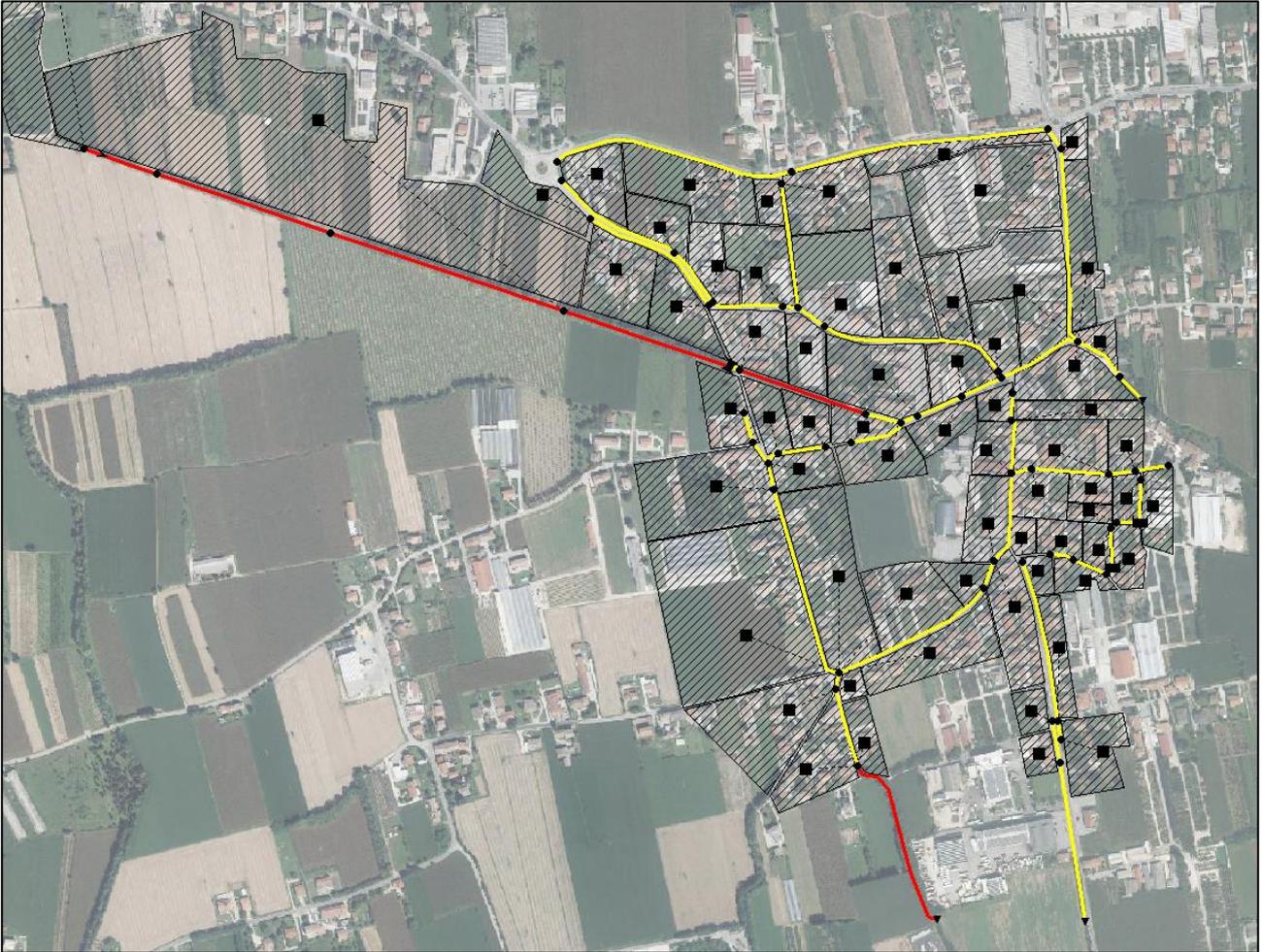


Figura 56 Modello idraulico del centro urbano di Loria: in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati o cementati

Analogamente ai casi precedenti, è stato definito un idrogramma in ingresso alla prima sezione del modello idraulico del Vollone determinato grazie allo studio idrologico/idraulico del nodo Pedemontana, opportunamente traslato.

6.1.5 Modello idraulico centro urbano di Ramon

A seguito delle valutazioni fatte e con le stesse modalità di rilievo effettuate per Loria, è stato possibile sviluppare il modello idraulico del centro urbano di Ramon che si sviluppa come di seguito riportato [1.5] a sud del capoluogo comunale:

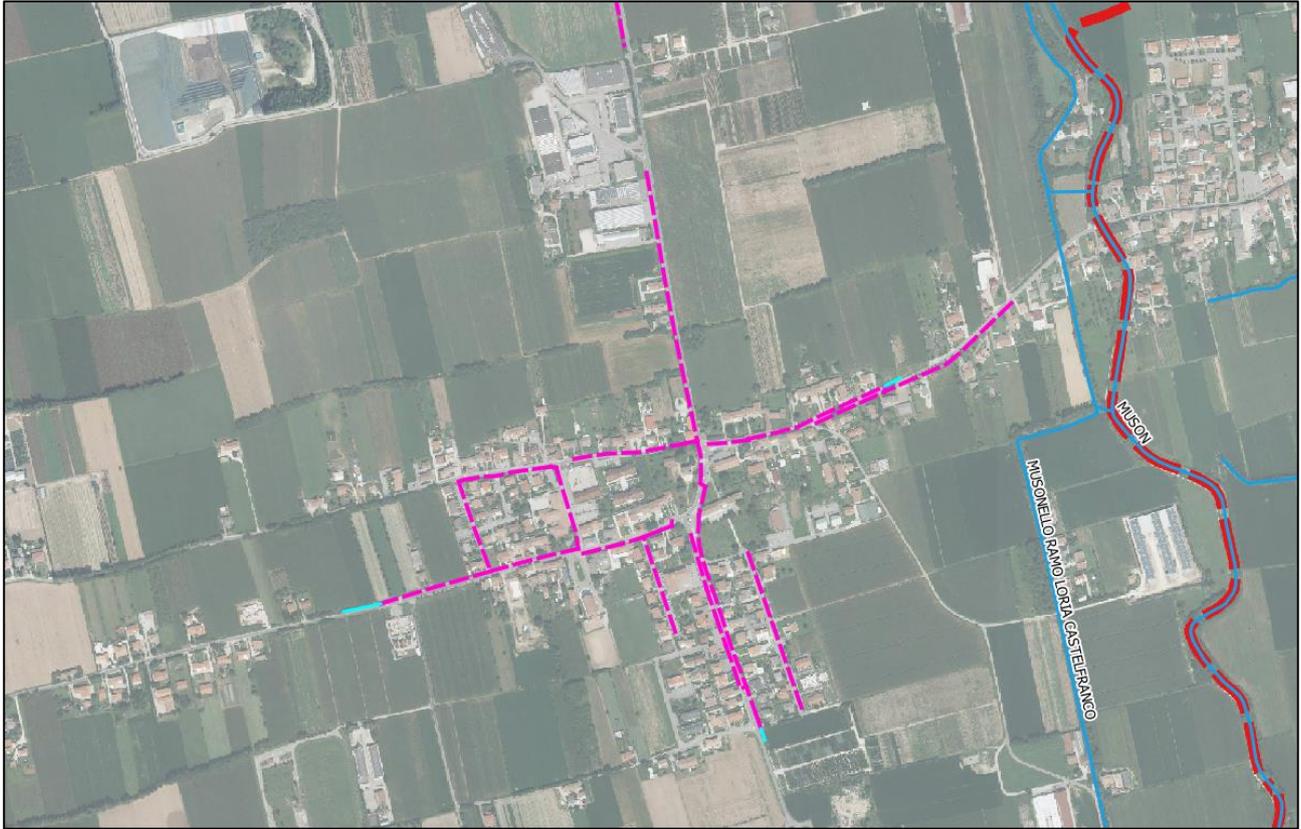


Figura 57 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Ramon

Modello sviluppato indipendentemente da quello di Loria, la rete di Ramon è caratterizzata da tratti di dorsale separati l'uno dall'altra e dalla quasi totale assenza di interconnessione con la rete idrografica consortile e minore; tanto che è stato riscontrato in alcune aree l'assenza di un punto di sbocco della fognatura stessa generando una rete chiusa.

Il motivo per cui la rete di acque meteoriche risulta così discontinua è legato allo sviluppo discontinuo del tessuto urbano dell'area in cui legata all'espansione nel tempo di nuove aree residenziali.

Inoltre, le caratteristiche molto permeabili del terreno garantiscono un'ottima capacità di drenaggio che ha permesso l'installazione di pozzetti perdenti lungo tutta la rete senza dunque la necessità, per alcune zone, di far defluire l'acqua attraverso uno sbocco esterno.

Analogamente al caso di Loria, verranno di seguito descritti i diversi tratti di fognatura individuati.

La prima dorsale individuata è quella lungo via Poggiana suddivisa in due rami che convergono in un unico punto in prossimità dello sbocco nel fossato della rete minore:

- 1) la prima condotta parte in prossimità del Musonello e prosegue in direzione di Ramon centro e, circa a metà di via Poggiana, è stata riscontrata una condotta di attraversamento;
- 2) la seconda, raccoglie parte dei contributi di deflusso della rotonda lungo la SP20 e prosegue sino al punto di sbocco.



Figura 58 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Ramon con direzioni di flusso (via Poggiana)

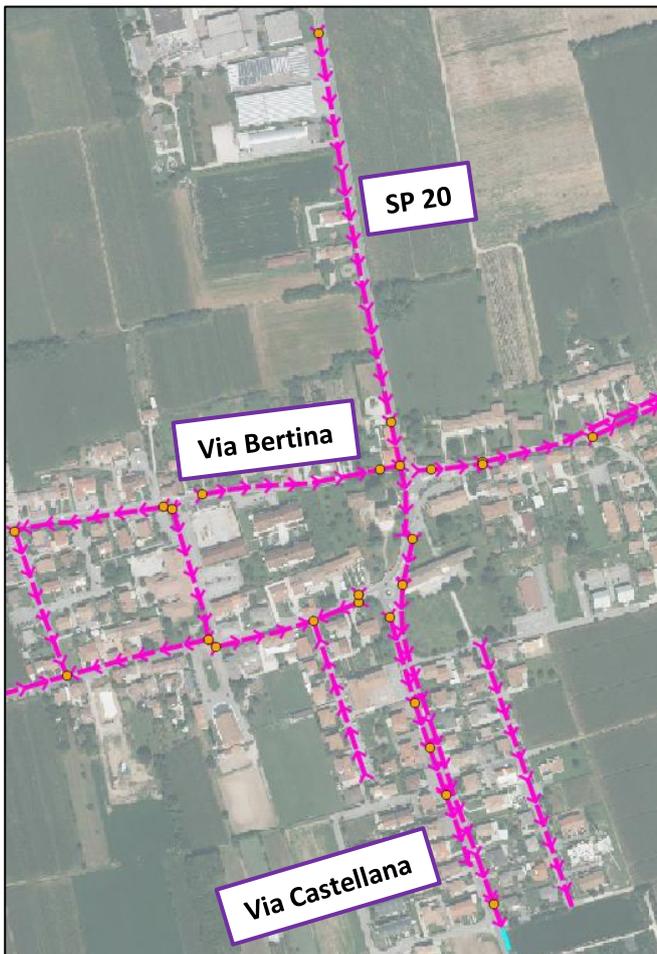


Figura 59 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Loria con direzioni di flusso (via Castellana)

La seconda dorsale individuata è quella che si estende dalla zona industriale di Loria, prosegue lungo la pista ciclabile e giunge alla prima rotonda tra via Castellana e via Poggiana in cui prende i contributi della fognatura bianca di via Bertina.

Dopo aver effettuato un attraversamento lungo la SP 20 a cavallo della seconda rotonda continua il suo sviluppo lungo via Castellana per poi buttare all'interno della rete idrografica minore in prossimità di via Sile.

È stata inoltre rilevata una seconda dorsale parallela a quella precedentemente descritta che, in forma teorica, butta all'interno di quest'ultima lungo via Castellana.

L'ultimo tratto di interesse è quello che si estende tra via Bertina, via S. Pancrazio e via Adige e Bacchiglione. La caratteristica di questa area è la totale assenza di un elemento di sbocco della rete, generando in questo modo una rete totalmente chiusa.

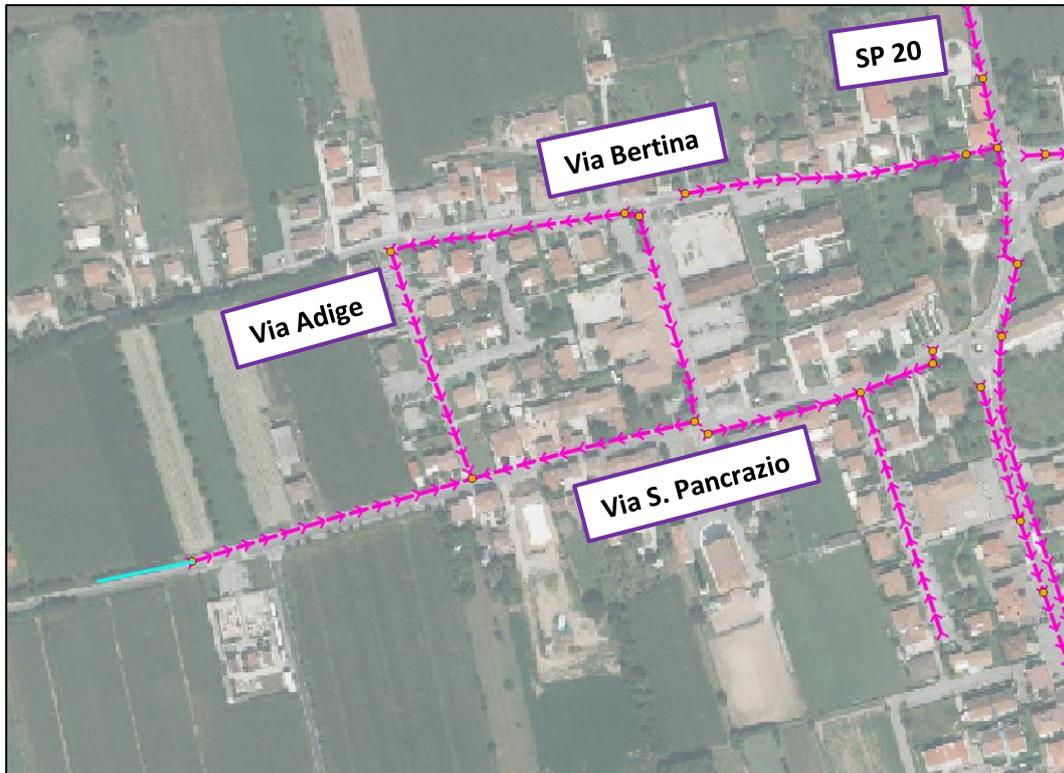


Figura 60 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Ramon con direzioni di flusso (via S. Pancrazio)

Queste zone sono caratterizzate, come accennato precedentemente, dalla presenza di pozzetti perdenti caratterizzati dalla presenza di terreno e ghiaia nel fondo per garantire l'infiltrazione dell'acqua nel terreno.

La rete in queste zone è caratterizzata da condotte molto grandi e da pozzetti molto profondi.

A seguito dei rilievi e dell'apertura di numerosi pozzetti, è stato possibile ricostruire il modello idraulico del centro urbano di Ramon il cui schema verrà riportato nella successiva immagine.

Data la totale assenza della rete consortile e di una rete minore con portate significative, non è stato inserito all'interno del modello idraulico alcun idrogramma di piena, ma è stato simulato solo l'evento di pioggia.

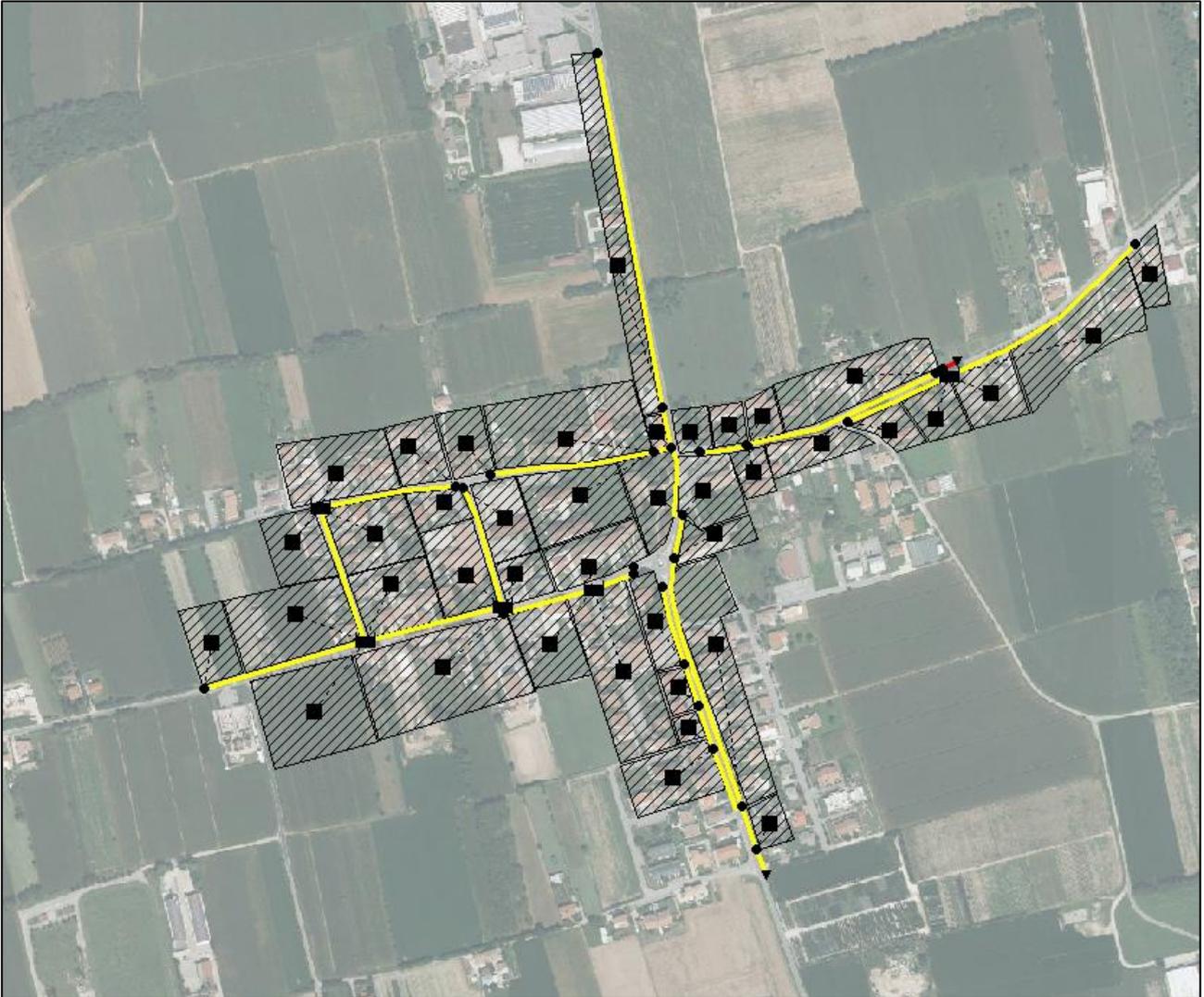


Figura 61 Modello idraulico del centro urbano di Ramon: in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati o cementati

6.1.6 Modello idraulico centro urbano di Bessica

Infine, l'ultimo modello idraulico sviluppato all'interno del comune di Loria è quello della frazione di Bessica [2.1] che, analogamente al capoluogo, presenta una forte interconnessione con quella che è la rete idrografica consortile e, in particolare con quello che è lo scarico Balbi la cui portata è influenzata da due ulteriori corsi d'acqua meglio noti come Lugana e il tratto dello scarico Balbi proveniente dal comune di Cassola.

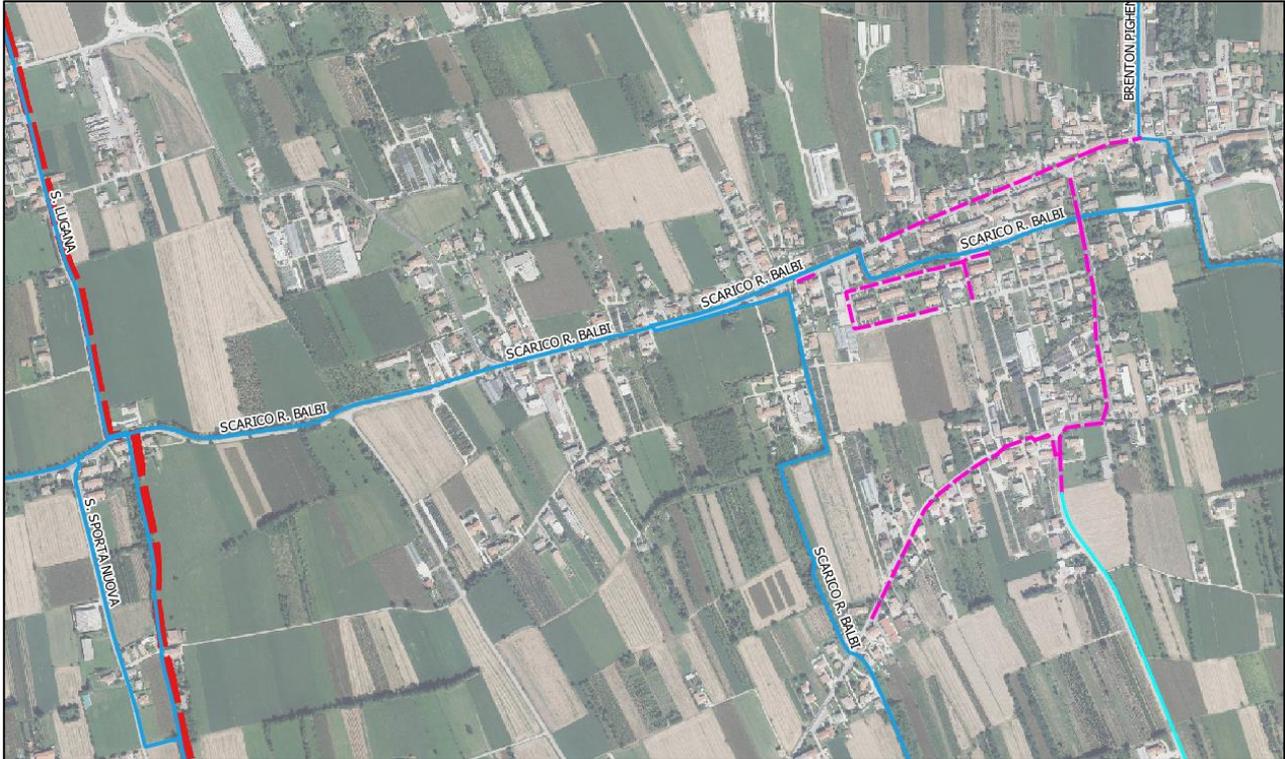


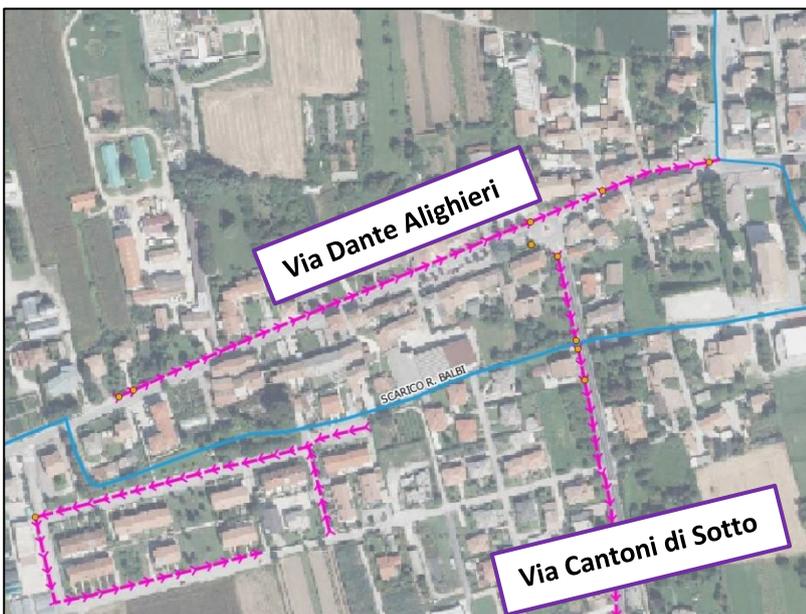
Figura 62 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Bessica

Anche questo modello idraulico è stato sviluppato indipendentemente dagli altri descritti precedentemente ed è possibile descrivere la rete suddividendola per macroaree.

La prima dorsale di fognatura è quella che percorre tutta la SP81 giunge sino alla rotonda tra via Dante Alighieri e via Cantoni di Sotto e prosegue in direzione del Pighenzo Brenton.

È stato riscontrato che l'ultimo pozzetto che consentirebbe lo scarico della fognatura nel Brenton è completamente ostruito dalla presenza di ramaglie ed erbacce.

Figura 63 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Bessica con direzioni di flusso (via Dante Alighieri) – Dettaglio pozzetto ostruito



La seconda dorsale degna di nota è quella che si sviluppa lungo via Cantoni di Sotto e, dai rilievi effettuati non risulta interconnessa alla rete che corre lungo via Dante Alighieri.

Significativo è il tratto in cui è presente lo scarico Balbi che attraversa la via Cantoni di Sotto; infatti, il pozzetto a nord e a sud del suddetto corso d'acqua non risultano interconnessi per cui la dorsale parte esattamente dal secondo pozzetto prosegue sino a via Maria Fontana dove si congiunge con un'ulteriore dorsale che corre lungo via Cappuccini. La fognatura sbuca a cielo aperto all'interno di un fossato esistente che corre lungo via Maria Fontana per poi buttarsi all'interno del Brenton a livello di via Bissa.

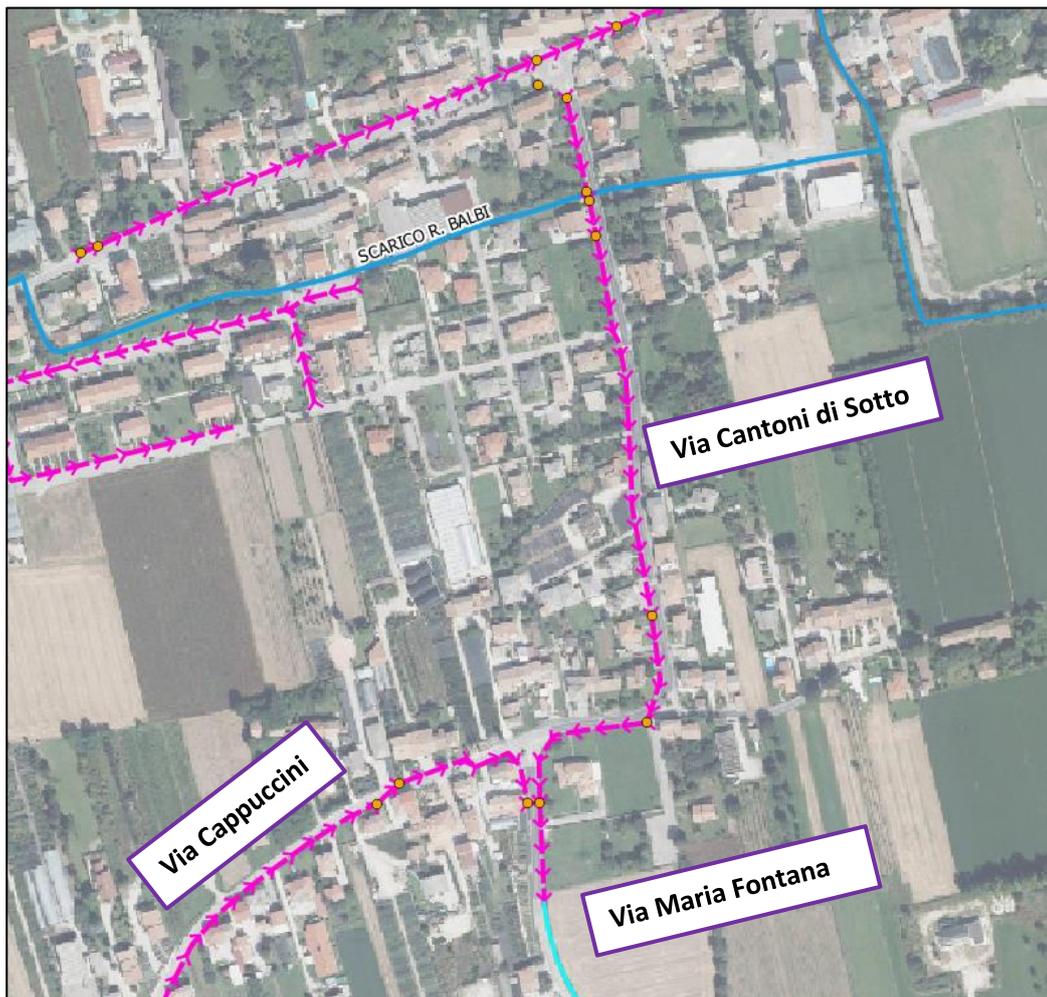


Figura 64 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Bessica con direzioni di flusso (via Cantoni di Sotto e via Cappuccini)

Infine, di fondamentale importanza, è il tratto di rete consortile denominata come Scarico Balbi che parte dal confine con il comune di Cassola, caratterizzato dal nodo idraulico raffigurato in figura 7 e prosegue sino a gettarsi all'interno del Brenton nel centro di Bessica.

Il tratto dello scarico è ampiamente descritto nel capitolo 2 relativo al sottobacino SB02 – Sottobacino Rosà-Balbi.

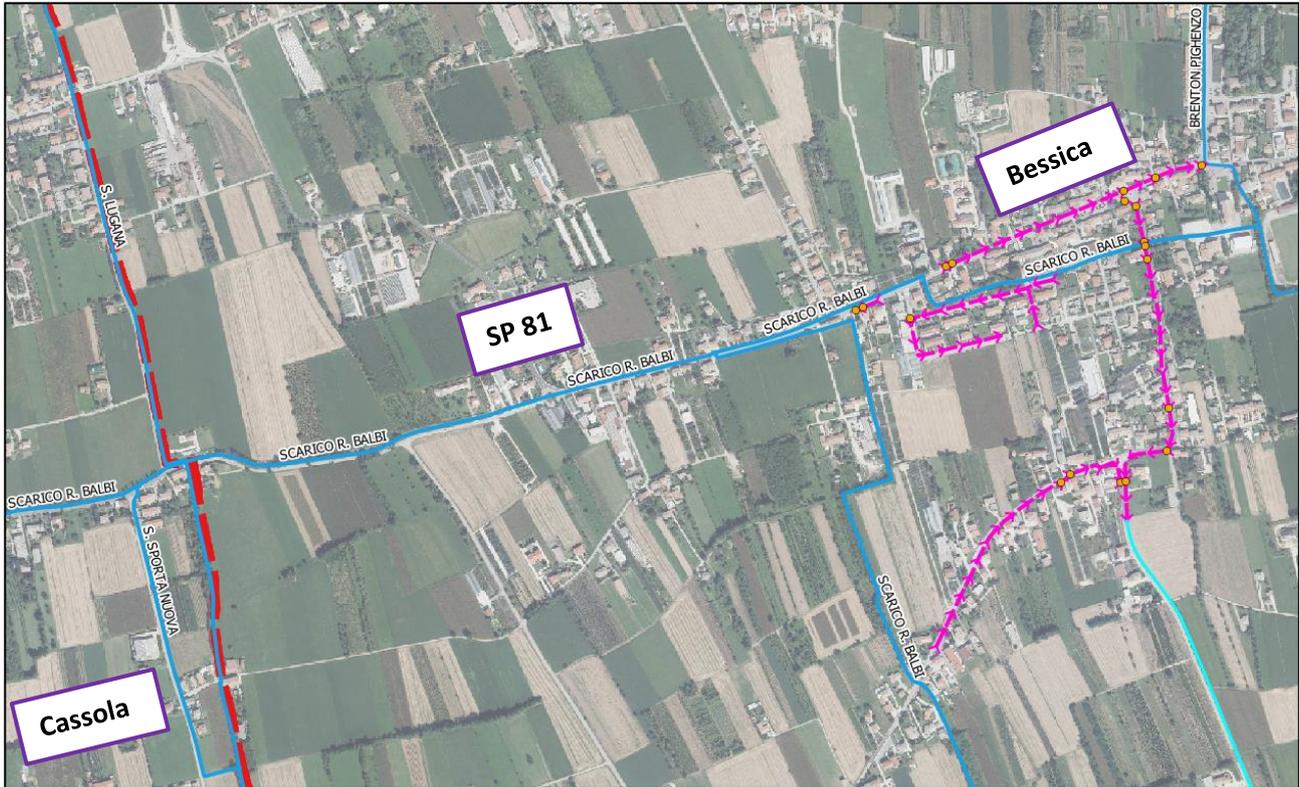


Figura 65 Dettaglio localizzazione modello del centro urbano di Bessica con direzioni di flusso (Scarico Balbi)

Viene di seguito riportato il modello sviluppato su EPA-SWMM dell'area di Bessica.

Data la portata non trascurabile dello scarico Balbi, è stata effettuata una stima dell'idrogramma di piena in ingresso sia per lo scarico Balbi a Cassola che per lo Scarico Lugana tenendo in considerazione, per quest'ultimo, la presenza di una vasca di laminazione a nord del confine comunale di Loria (cap. 2 – SB19 – Sottobacino Lugana)



Figura 66 Vasca di laminazione scolo Lugana a nord della località Bessica.

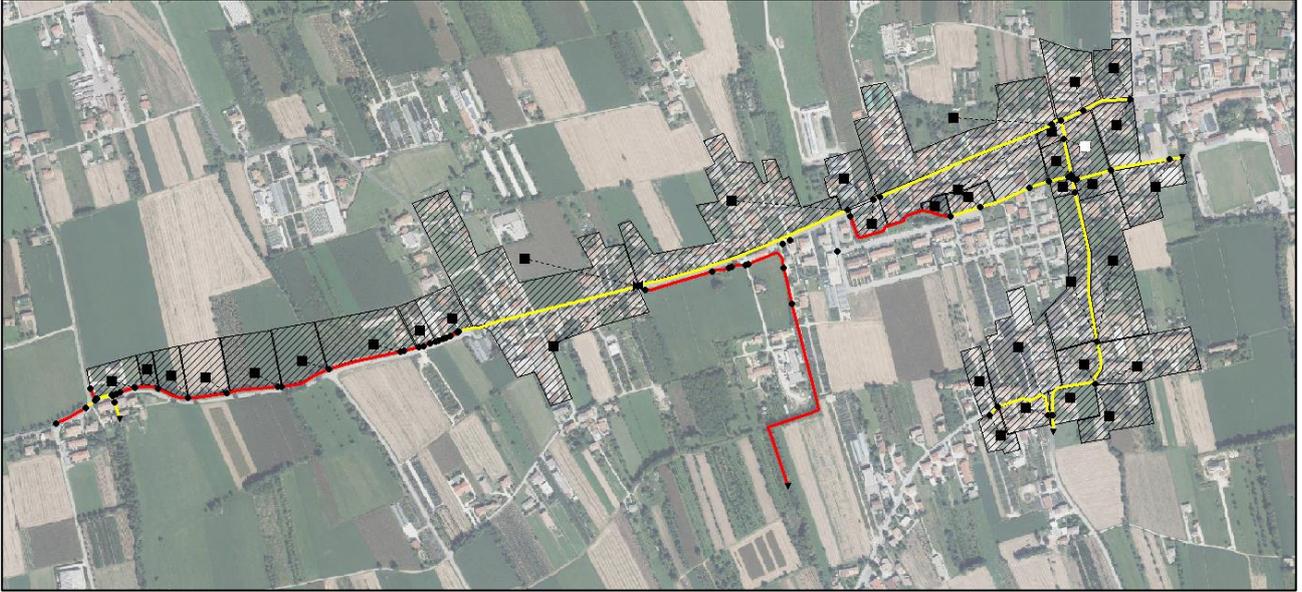


Figura 67 Modello idraulico del centro urbano di Bessica: in rosso tratti a cielo aperto e in giallo tratti tombinati o cementati



6.2 Parametri del modello idraulico

6.2.1 Definizione della geometria

Ai fini di riscontrare le principali criticità idrauliche che interessano le aree oggetto di modellazione è stato eseguito un modello matematico con l'obiettivo di proporre interventi di sistemazione dei tratti in crisi ed una serie di soluzioni pratiche.

Come anticipato precedentemente, l'obiettivo è quello di simulare a livello quantitativo e qualitativo la risposta in termini idraulici della rete di scolo esistente, intesa come rete di scolo delle acque meteoriche (a cielo aperto o tombinate) e rete urbana di fognatura bianca, riproducendo in maniera semplificata il ciclo idrologico, andando a valutare come il sottobacino risponde ad un evento di pioggia consistente. Il modello idraulico applicato nei due sottobacini è monodimensionale e a moto vario, in modo tale da poter simulare i comportamenti dei manufatti presenti lungo la rete, aumentando così il grado di dettaglio di riproduzione della rete e della relativa risposta idraulica.

Per ottemperare a quanto sopra indicato è necessario riprodurre la rete idrografica del sottobacino in esame assumendo una geometria allo stesso tempo di semplice riproduzione e quanto più fedele alla realtà; questo è reso possibile dall'importazione dei dati geometrici reperiti in fase di rilievo topografico all'interno del software EPA SWMM.

Questa procedura conferisce al modello un alto grado di dettaglio, in quanto, non solo vengono riprodotte le geometrie della rete in maniera precisa, ma vengono inseriti dei punti totalmente georeferenziati; tale operazione permette di aumentare la precisione del lavoro, andando ad inserire, ove necessario, eventuali cartografie georeferenziate, o inserire eventuali tratti o manufatti della rete idrografica.

In EPA SWMM la geometria dello Stato di Fatto viene schematizzata con l'inserimento dei seguenti elementi:

- **Nodi** ("Junction Nodes"): contengono principalmente i dati altimetrici del punto considerato; ad esempio, per un pozzetto informazioni di fondamentale importanza sono l'altezza dal fondo del pozzetto al piano campagna ("*Max Depth*") e la quota di fondo ("*Invert Elevation*");
- **Rete di drenaggio** ("Conduit Links"): questo elemento schematizza i rami di condotta della fognatura bianca e i canali di scolo della rete idrografica minore; i parametri fondamentali per la definizione di tale grandezza sono il coefficiente di scabrezza di Manning ($s/m^{1/3}$), le quote di monte e di valle della condotta (per l'individuazione di eventuali salti idraulici), il diametro -se trattasi di una condotta- o l'altezza massima se si tratta di un canale;
- **Sottobacini** ("Subcatchments"): rappresentano i sottobacini imbriferi facenti parte del bacino idrografico considerato.



Quindi di fatto la rete di drenaggio viene semplificata come una serie di tubazioni (*Conduits*), nodi (*Nodes*) e sottobacini imbriferi (*Subcatchments*) che si estendono per l'intera area interessata dalla modellazione.

Per quanto riguarda la parte idrologica del modello, EPA SWMM dà la possibilità di inserire dei dati di pioggia, relativi ad un eventuale evento di precipitazione (reale o fittizio), come **intensità di pioggia** (mm/h) o **altezza cumulata di pioggia** (mm), all'interno di un elemento del programma che prende il nome di "Rain Gage".

Altro aspetto importante, per definire la risposta idrologica dei vari sottobacini indicati è il metodo di infiltrazione dell'acqua nel terreno; in questo caso è stato applicato il **Metodo di Horton**, in quanto conferisce semplicità e precisione al tempo stesso.

Per quanto riguarda la schematizzazione della rete di fonatura bianca è stata resa possibile grazie all'apertura e all'ispezione di circa 113 pozzetti, distribuiti nell'intero comune di Loria.

6.2.2 Definizione dei sottobacini imbriferi

Per meglio comprendere l'effettiva risposta in termini idraulici della rete scolante di tutti i sottobacini considerati, è necessario discretizzare le aree soggette a modellazione matematica tramite una serie di piccoli bacini imbriferi distribuiti all'interno del territorio comunale.

Tali sottobacini danno una risposta all'evento di precipitazione preso in esame in termini di deflusso sub-superficiale, in base al grado di saturazione del terreno e alla velocità di infiltrazione, e al deflusso superficiale, il quale viene recapitato al corso d'acqua più vicino in funzione delle pendenze del terreno.

La risposta idraulica di ciascun sottobacino è stata quindi associata ad un preciso **OUTLET** (sezione di chiusura), inteso come ultimo punto in cui si riversa la totalità degli scrosci, presente all'interno della rete di drenaggio, naturale o artificiale a seconda se il sottobacino ricada in un'area agricola o urbanizzata.

I Subcatchments che afferiscono alla rete di scolo presente nel territorio sono stati individuati analizzando nel dettaglio il **Modello Digitale del Terreno** (DTM) ottenuto tramite elaborazione dei dati LIDAR forniti dalla Provincia di Treviso, come spiegato nei capitoli precedenti.

Per ogni sottobacino sono stati considerati dei parametri che identificano in termini quantitativi la risposta idrologica di ciascuno di essi; particolare attenzione è stata portata nella definizione di:

- **Width**: ovvero la larghezza del sottobacino, intesa come il rapporto tra area dello stesso e la lunghezza percorsa dalla particella di pioggia caduta nel punto più remoto del *subcatchment* per arrivare alla sezione di chiusura (come prima approssimazione); è un parametro importante per la stima del tempo di corrivazione;



- **Slope (%):** indica la pendenza media dell'area scolante;
- **Coefficiente di Manning (s/m^{1/3}):** coefficiente di scabrezza delle aree impermeabili e permeabili;
- **Percentuale di impermeabilità (%):** rapporto tra l'area impermeabile e totale (%) all'interno del sottobacino; la definizione di tale parametro è stata resa possibile analizzando il terreno dall'ortofoto georeferenziata.

Questi parametri sono stati implementati nelle primissime fasi della modellazione; i valori precisi di ciascuna grandezza insieme ad altri parametri fondamentali per la definizione della risposta idraulica dei sottobacini verranno discussi nel paragrafo successivo.

Per quanto concerne il metodo di infiltrazione del terreno, nel presente modello idraulico è stato applicato il metodo di Horton, il cui funzionamento viene espresso risolvendo la seguente equazione

$$f = f_c + (f_0 - f_c) * e^{-kt}$$

dove:

- f_0 è l'infiltrazione massima che si verifica nel tempo $t=0$ (mm/h);
- f_c è il valore di infiltrazione raggiunto asintoticamente ad un tempo infinito (mm/h);
- k è la costante di decadimento della curva (1/h).

I parametri sopra elencati sono strettamente dipendenti dalla tipologia del terreno considerato; in base all'analisi del terreno e tramite la consultazione degli shape file desunti dal sito della Regione Veneto in merito alla litologia, il territorio comunale) è caratterizzato dalla presenza dei seguenti litotipi:

- terreni caratterizzati da potenzialità di deflusso moderatamente bassa: comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione (**CLASSE B**);
- terreni caratterizzati da potenzialità di deflusso moderatamente alta: comprende suoli sottili contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D; il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione (**CLASSE C**)

Per comprendere al meglio le aree caratterizzate dai terreni precedentemente descritti viene di seguito riportata una mappa esplicativa:

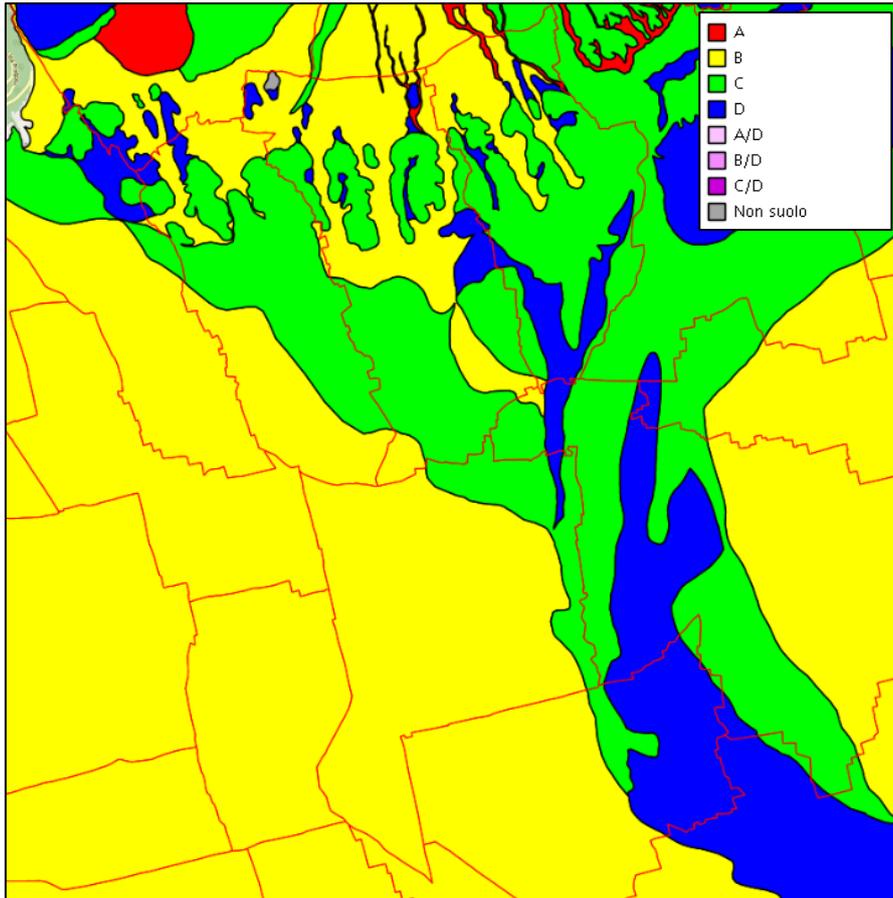


Figura 68 Mappa delle classi del suolo dell'area di Loria e dintorni

Rispettivamente alle classi terreno sopra descritte, i valori dei parametri di filtrazioni assunti nel modello sono:

CLASSE B	CLASSE C
$f_0 = 200$	$f_0 = 125$
$f_c = 12,7$	$f_c = 6,3$
$k = 2$	$k = 2$

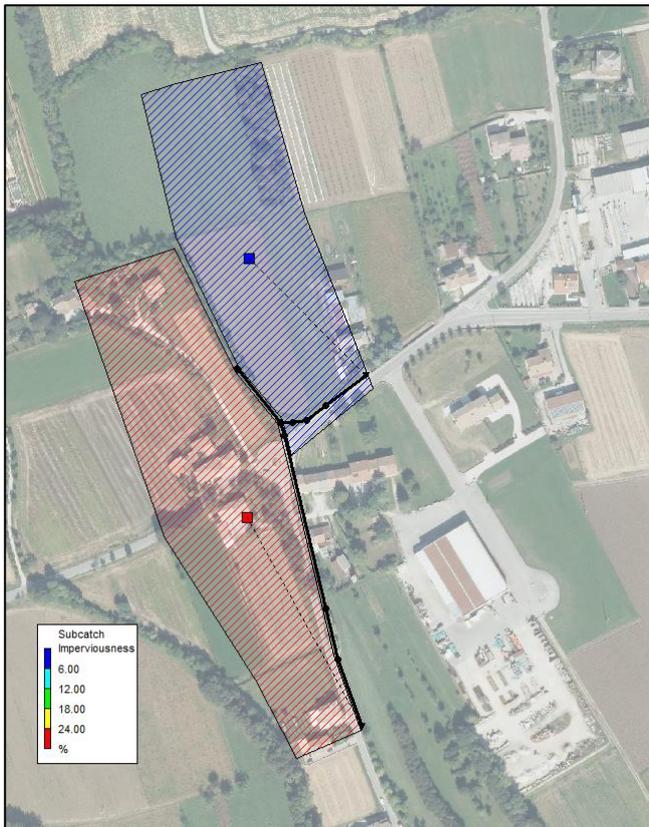
Tabella 2 Tabella riassuntiva dei valori utilizzati nel metodo di Horton per tipologia di classe del terreno

E le classi utilizzate per ogni modello sviluppato con EPA-SWMM sono:

CODICE NODO	CLASSE
1.1 – Nodo Vollone	CLASSE C
1.2 – Nodo Pedemontana	CLASSE C
1.3 – Modello Viazza	CLASSE C/ CLASSE B
1.4 – Modello Loria	CLASSE B
1.5 – Modello Ramon	CLASSE B
2.1 – Modello Bessica	CLASSE B

Tabella 3 Tabella in cui viene esplicitato la classe di terreno utilizzata per ogni modello sviluppato

6.2.2.1 Sottobacini del modello del nodo idraulico via Vollone (San Zenone degli Ezzelini)



Il semplice modello idraulico del nodo in via Vollone a San Zenone degli Ezzelini, oggetto della modellazione è stato discretizzato in 2 sottobacini data la dimensione ridotta dell'area.

Si ricorda che l'evento di pioggia considerato in questa area nel software EPA-SWMM, ma anche all'interno dei HEC-HMS è relativo al pluviometro di Crespano del Grappa con un tempo di ritorno di 20 e 50 anni.

Figura 69 Suddivisione in sottobacini dell'area del nodo in via Vollone (San Zenone degli Ezzelini) discretizzati per grado di Impermeabilità

6.2.2.2 Sottobacini del modello del nodo idraulico sfioratore della Pedemontana



Il modello idraulico del nodo dello sfioratore della Pedemontana, oggetto della modellazione è stato discretizzato in 6 sottobacini data la dimensione ridotta dell'area.

Si ricorda che l'evento di pioggia considerato in questa area nel software EPA-SWMM, è relativo al pluviometro di Crespano del Grappa con un tempo di ritorno di 20 e 50 anni.

Figura 70 Suddivisione in sottobacini dell'area del nodo dello sfioratore della Pedemontana discretizzati per grado di Impermeabilità

6.2.2.3 Sottobacini del modello Viazza

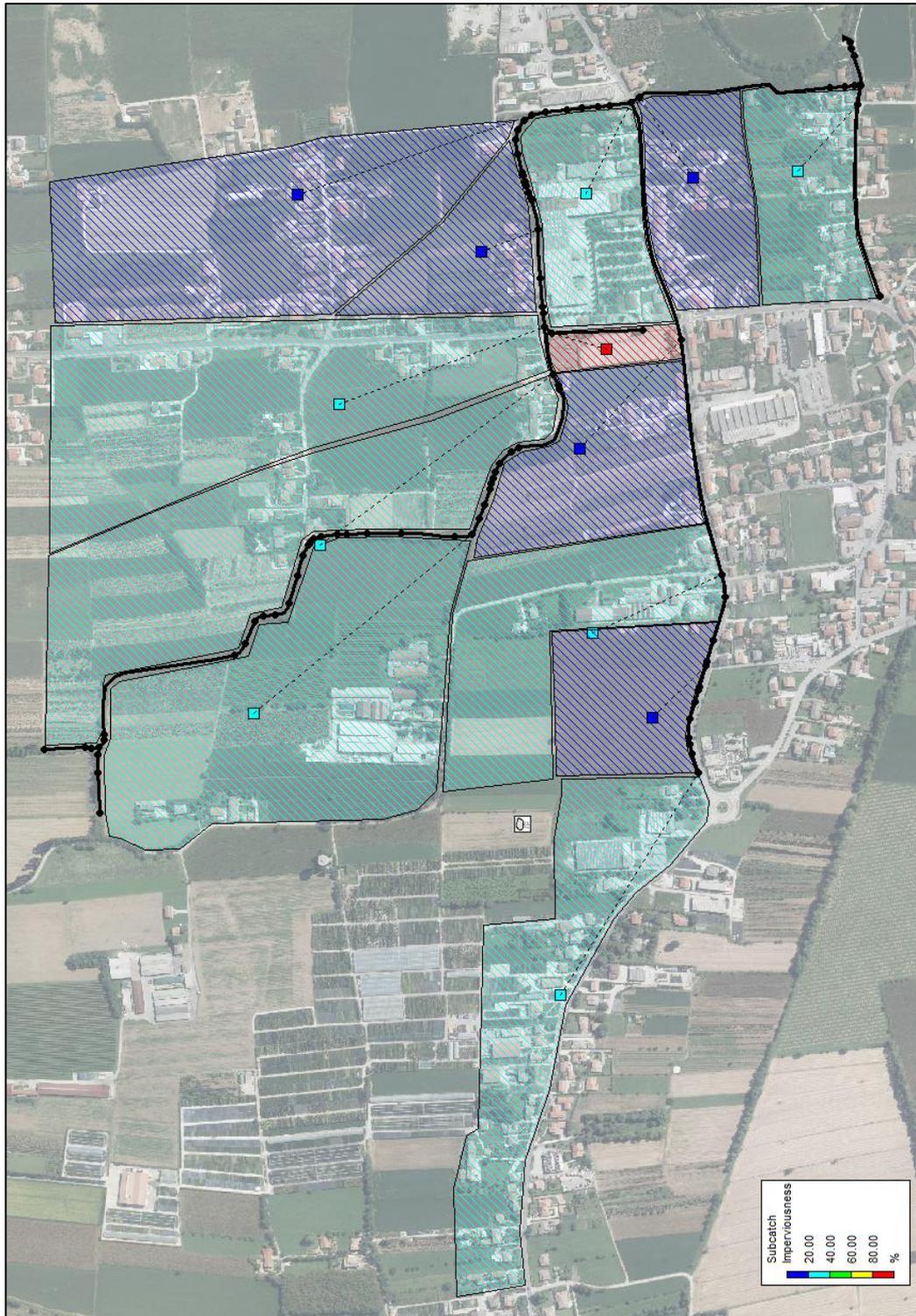


Figura 71 Suddivisione in sottobacini dell'area del modello idraulico del Viazza discretizzati per grado di Impermeabilità

Il modello idraulico del Viazza, oggetto della modellazione, è stato discretizzato in 12 sottobacini.

Si ricorda che l'evento di pioggia considerato in questa area nel software EPA-SWMM, è relativo al pluviometro di Castelfranco Veneto con un tempo di ritorno di 20 anni.

6.2.2.4 Sottobacini del modello della rete del centro urbano di Loria

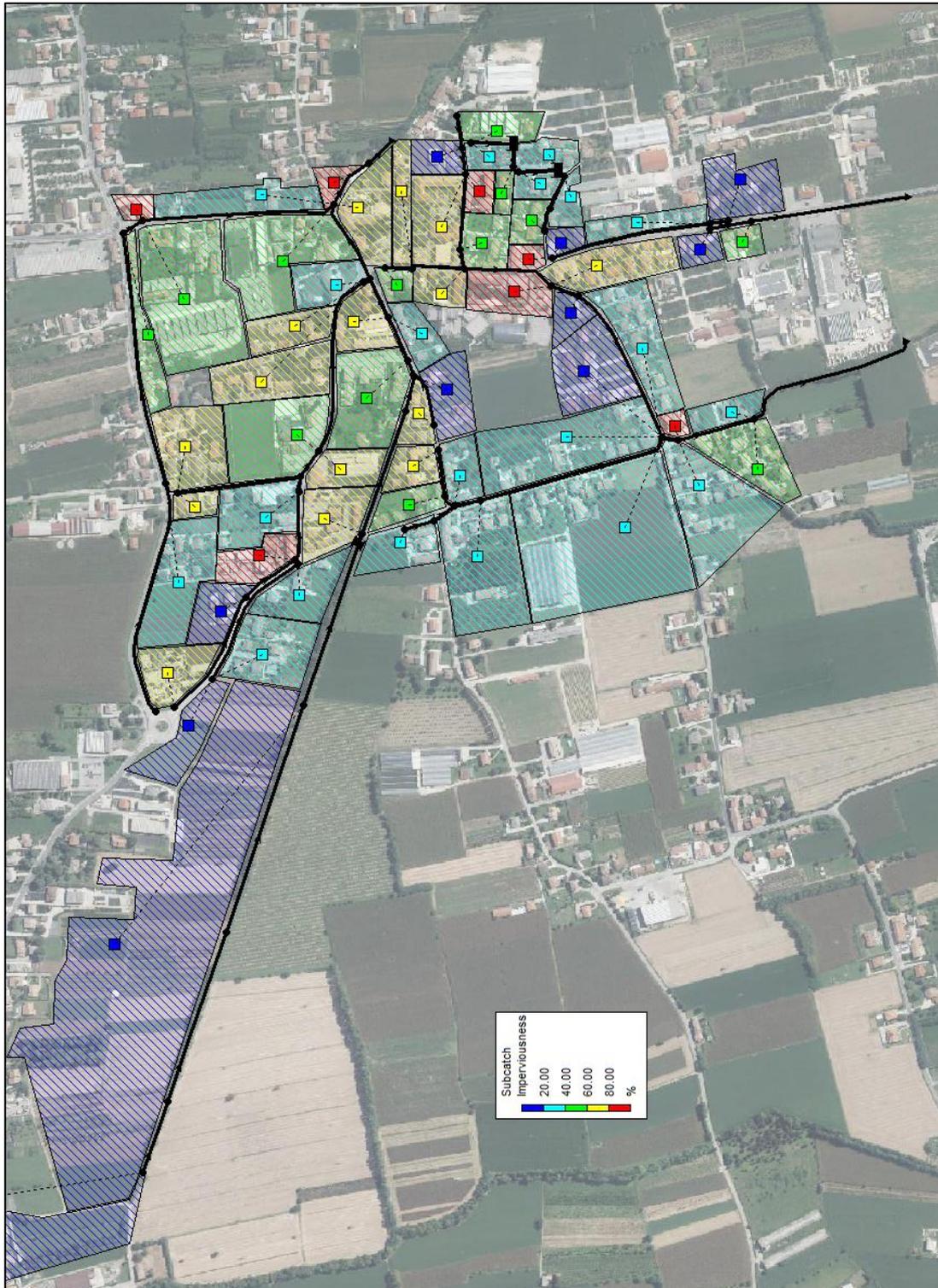


Figura 72 Suddivisione in sottobacini dell'area del modello idraulico del centro urbano di Loria discretizzati per grado di Impermeabilità

Il modello idraulico del centro urbano di Loria, oggetto della modellazione, è stato discretizzato in 70 sottobacini.

Si ricorda che l'evento di pioggia considerato in questa area nel software EPA-SWMM, è relativo al pluviometro di Castelfranco Veneto con un tempo di ritorno di 20 anni.

6.2.2.5 Sottobacini del modello della rete del centro urbano di Ramon

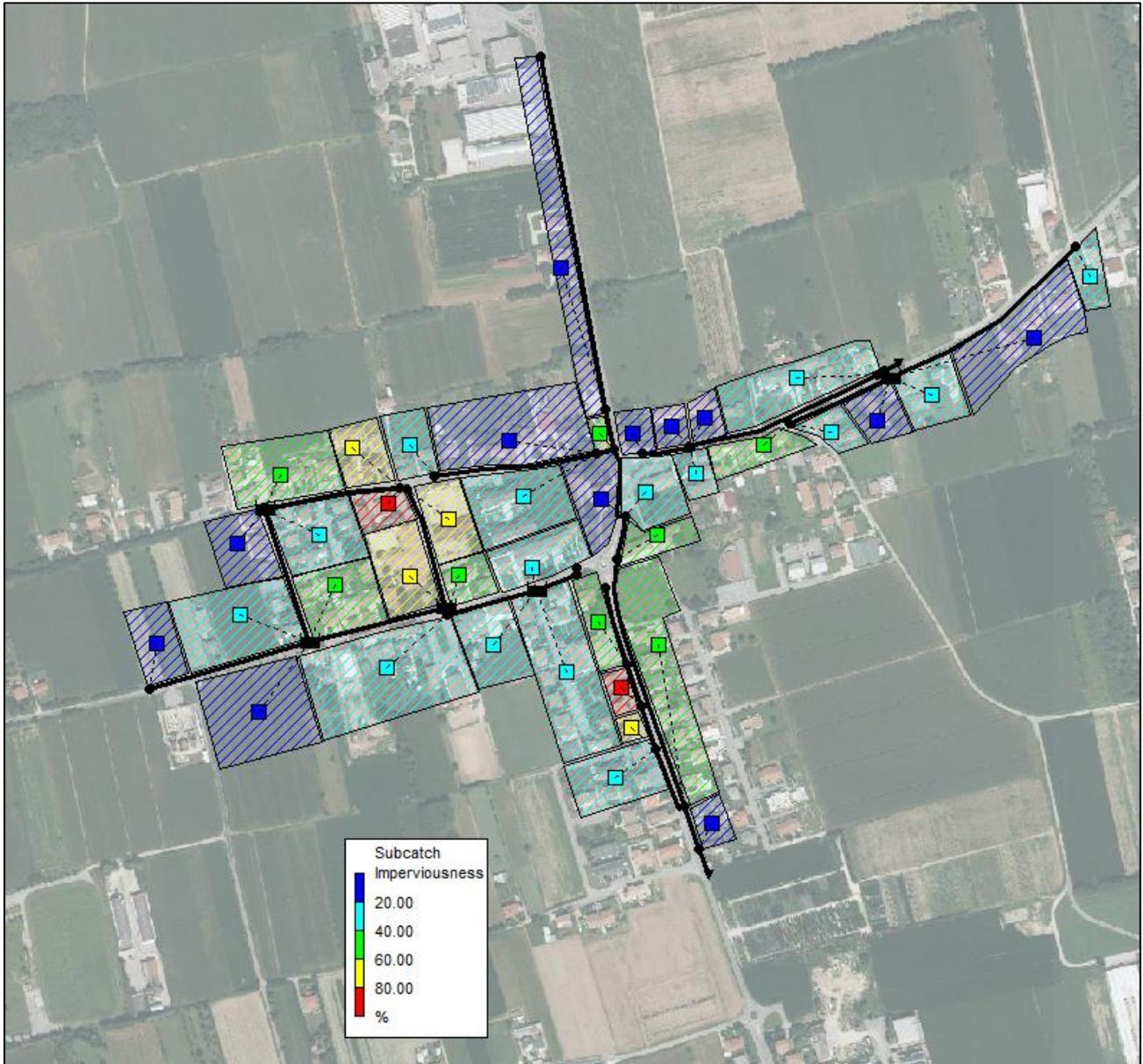


Figura 73 Suddivisione in sottobacini dell'area del modello idraulico del centro urbano di Ramon discretizzati per grado di Impermeabilità

Il modello idraulico del centro urbano di Ramon, oggetto della modellazione, è stato discretizzato in 41 sottobacini.

Si ricorda che l'evento di pioggia considerato in questa area nel software EPA-SWMM, è relativo al pluviometro di Castelfranco Veneto con un tempo di ritorno di 20 anni.

6.2.2.6 Sottobacini del modello della rete del centro urbano di Bessica

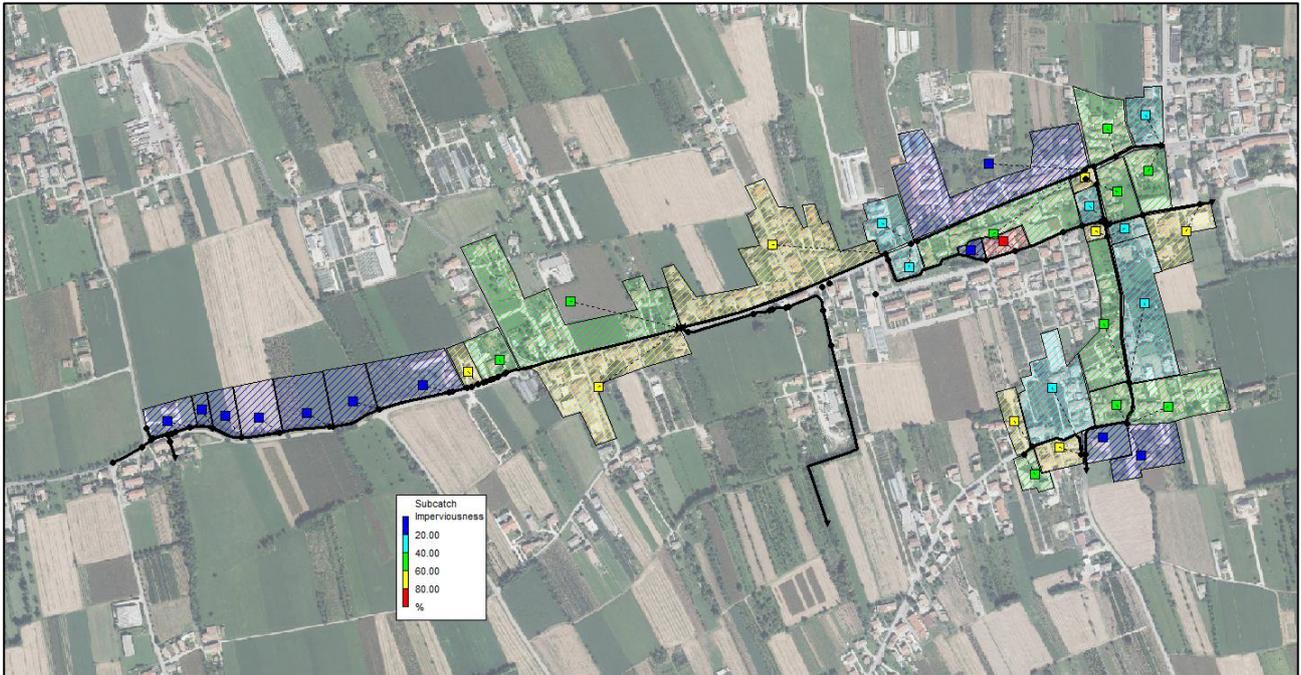


Figura 74 Suddivisione in sottobacini dell'area del modello idraulico del centro urbano di Bessica discretizzati per grado di Impermeabilità

Il modello idraulico del centro urbano di Bessica, oggetto della modellazione, è stato discretizzato in 37 sottobacini.

Come si può evincere dalle planimetrie di figura 74, la percentuale di area impermeabile aumenta in corrispondenza delle aree urbanizzate; di conseguenza ci si aspetta una risposta in termini di deflusso superficiale decisamente maggiore in queste aree.

6.2.3 Definizione delle condizioni al contorno

EPA SWMM utilizza delle sigle per indicare diversi stati del moto assunti come condizioni al contorno per i punti di scarico considerati.

Quelli assunti in fase di modellazione sono:

- **FIXED:** ossia viene fissato un livello del tirante idrico costante per tutta la durata dell'evento meteorico;
- **NORMAL:** con tale sigla viene indicata la condizione di moto uniforme;
- **FREE:** con tale dicitura viene indicato stato di passaggio da corrente veloce a corrente lenta, indicando quindi la condizione critica del moto.



6.2.4 Parametri idraulici valutati

In base alla definizione della geometria di ogni singolo elemento della rete modellata, è stata effettuata una valutazione dei valori significativi che caratterizzano i sottobacini imbriferi analizzati al paragrafo 6.2.2.

In particolare, l'analisi di sensitività, che analizza la bontà del modello idraulico, è stata effettuata andando a calibrare soprattutto i seguenti parametri caratteristici dell'entità *Subcatchment*:

- **Dstore** per area impermeabile: è un parametro che tiene conto degli invasi superficiali, corrispondenti al contributo offerto dal velo superficiale e dai piccoli invasi (caditoie, pozzetti, ecc.) in aree pavimentate impermeabili;
- **Dstore** per area permeabile: è un parametro che tiene conto degli invasi superficiali, delle aree permeabili, quindi aree verdi e agricole;
- **%Zero-Imperv**: percentuale di area impermeabile che non è caratterizzata dalla presenza di invasi superficiali.

Apportando delle modifiche sui parametri sopracitati, oltre che ad altri dati caratteristici per la definizione dei sottobacini, e della conseguente risposta idraulica lungo la rete di drenaggio, come in alcuni casi la *Width*, sono stati definiti i parametri caratteristici dei *Subcatchments*, che vengono riportati di seguito:

- **Slope (%)**: pendenza, valore medio assunto sulla totalità del singolo sottobacino idrografico considerato, ponendo particolare attenzione a valori che avessero effettivamente valore fisicamente basato;
- **Width (m)**: approssimabile alla lunghezza dell'asta principale di ogni singolo sottobacino, ponendo particolare attenzione a valori che avessero effettivamente valore fisicamente basato;
- **Coefficiente di Manning** per la scabrezza delle aree permeabili pari a 0,05 s/m^{1/3};
- **Coefficiente di Manning** per la scabrezza delle aree impermeabili pari a 0,011 s/m^{1/3};
- **Dstore** per aree permeabili: 5 mm, corrispondente a 50 m³/ha, come contributo degli invasi superficiali derivati dalle caditoie e dai pozzetti;
- **Dstore** per aree permeabili: 10 mm per aree permeabili agricole;
- **%Zero-Imperv** pari al 90%.



Per quanto riguarda i parametri di modellazione della geometria delle condotte, dei canali e dei fossati, sono stati assunti i seguenti valori:

- **Coefficiente di Manning** per la scabrezza dei canali: valori compresi tra 0,02 e 0,04 $s/m^{1/3}$, pari ad un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler pari a 25-50 $m^{1/3}/s$, a seconda del grado di pulizia del canale e della vegetazione presente;
- **Coefficiente di Manning** per la scabrezza delle tubazioni di calcestruzzo: valori compresi tra 0,0125 e 0,015 $s/m^{1/3}$, pari ad un coefficiente di scabrezza secondo Gauckler-Strickler di pari a 67-80 $m^{1/3}/s$, a seconda della condizione della condotta (circolare o scatolare).



7. SIMULAZIONE DELLO STATO DI FATTO

Nel presente capitolo vengono riportate le principali criticità idrauliche riscontrate sulla rete di drenaggio del nodo Viazza e dei sottobacini dei diversi centri urbani, sia per quanto concerne la rete di fognatura delle acque meteoriche e che per l'insieme di canali e fossi che costituiscono l'idrografia minore comunale.

In tutti i modelli, discussi precedentemente, sono stati mantenuti i parametri idraulici discussi nel capitolo precedente, e sono state inserite le opportune Condizioni al Contorno per la parte urbana.

Per simulare le criticità dello stato di fatto è stato considerato un evento di precipitazione sostenuto con durata pari a 2 ore, elaborato con il Metodo Chicago (descritto al Capitolo 3), inizialmente per un evento con Tempo di Ritorno di 20 anni. Successivamente il procedimento è stato nuovamente implementato per un $T_r=50$ anni.

Le criticità riscontrate sono state analizzate da un punto di vista puntuale (eventuale fuoriuscita di volumi d'acqua da pozzetti e/o caditoie, da punti di cambio della sezione di un corso d'acqua) e lineare (eventuale straripamento lungo canali e/o fossati); nelle pagine seguenti vengono riportati i profili idrici caratteristici della rete di drenaggio comunale e dei tratti soggetti a problematiche di natura idraulica.

Per un più semplice riconoscimento delle criticità idrauliche, sono stati adottati dei codici identificativi: **C.P.** per criticità puntuale e **C.L.** per criticità lineare; tali codici, riportati nelle didascalie dei profili longitudinali, si ritrovano nella "Carta delle Criticità Modellate" dettagliate per ogni centro urbano una più facile identificazione e localizzazione.

7.1 Risultati del modello Viazza

I dati di pioggia elaborati con lo ietogramma di Chicago per $Tr = 20$ anni e di 50 anni, sono stati inseriti all'interno del modello idraulico. Di seguito vengono riportati i profili longitudinali dei tratti interessati da problematiche a livello idraulico (Fig.); le singole criticità vengono riportate nei seguenti profili in arancione, indicando con un cerchio le criticità puntuali (CP) e con una linea le criticità lineari (CL) laddove si verificano fenomeni di straripamento di fossi, canali oppure condotte.

L'unica condizione al contorno posta allo sbocco del Viazza nel Muson è stata imposta su FIXED fissando una quota di tirante del Muson ipotizzando una condizione di piena.

Questa scelta è stata effettuata considerando che il comportamento idraulico del Viazza risente in maniera significativa dal livello del Muson.

Lo scopo delle due simulazioni fatte è quello di verificare se il Viazza vada in crisi generando così possibili importati disagi al centro urbano.

Dalle simulazioni effettuate, sia per tempi di ritorno pari a 20 anni che per tempi di ritorno pari a 50 anni **non è stata riscontrata alcuna criticità idraulica** lungo tutto il tratto del Viazza, a garanzia che gli ultimi interventi di rizezionamento e ripristino delle sezioni effettuate negli scorsi anni garantiscono la sicurezza del tratto in corrispondenza del centro urbano di Loria.

Sbocco Roggia Balbi a cielo aperto (CL 1 – CP 1):

La simulazione evidenzia che a seguito dell'evento di modellazione, in corrispondenza del passaggio da tratto tombinato a cielo aperto lungo via Balbi si presenta una criticità puntuale a causa dell'insufficienza della sezione di sbocco. Inoltre, lungo tutto il tratto, il tirante risulta essere particolarmente elevato non rispettando il franco di sicurezza rispetto al piano campagna.

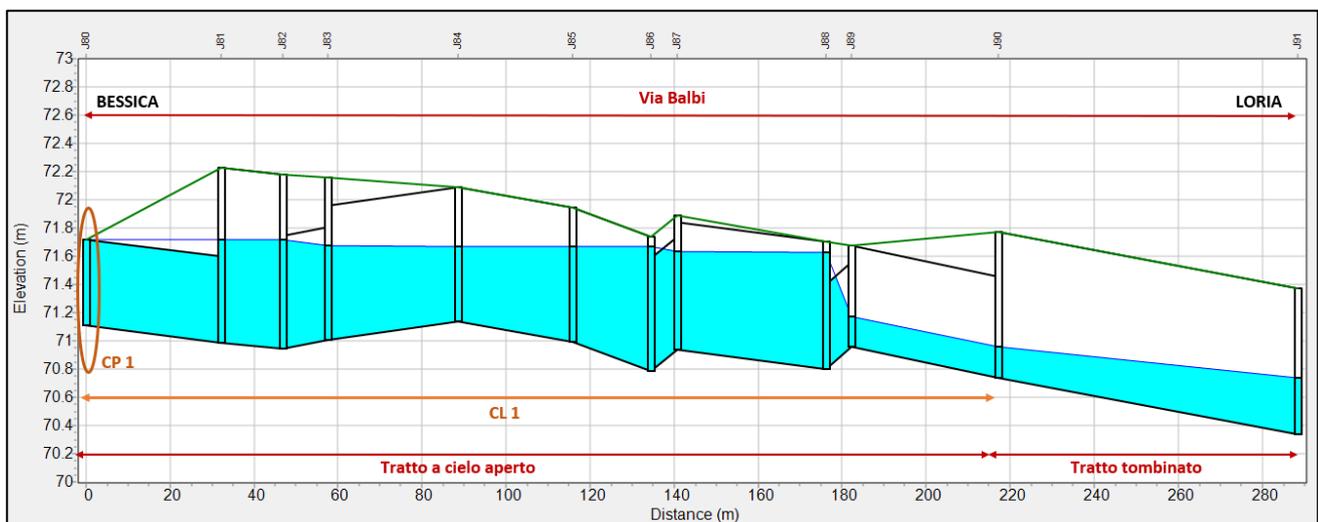


Figura 75 STATO DI FATTO: ramo Balbi a cielo aperto in direzione Loria centro [RIF. CP1 – CL1]



Ramo scolmatore Vollone (CL 2 – CP 2):

La simulazione evidenzia che a seguito dell'evento di modellazione e l'inserimento al nodo dell'idrogramma di piena stimata in prossimità dello scolmatore Vollone, si presenta una criticità puntuale a causa dell'insufficienza della sezione dello scolmatore causando in questo modo possibili esondazioni del tratto.

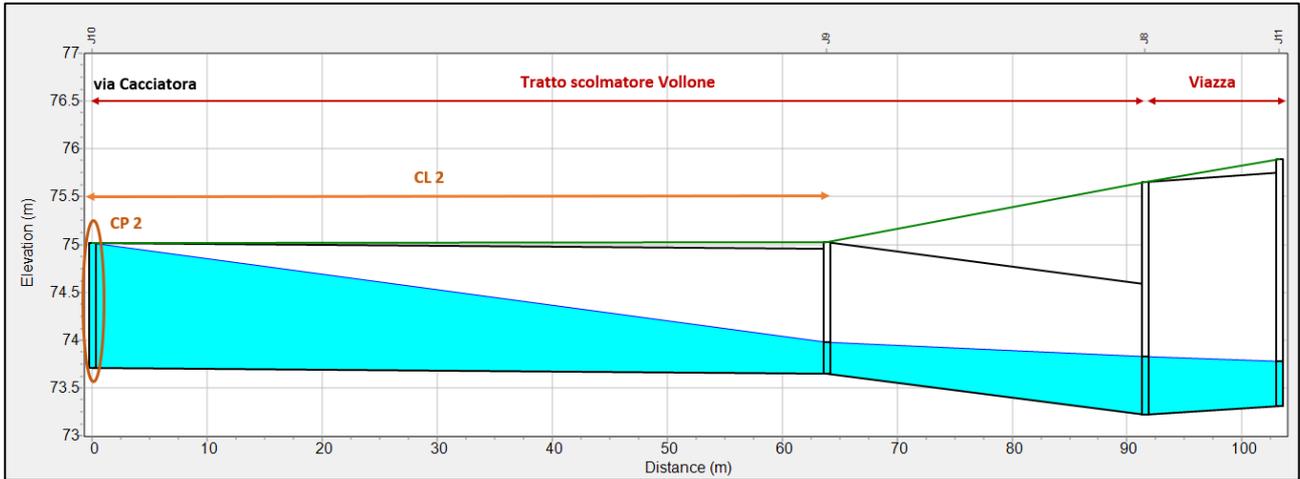


Figura 76 STATO DI FATTO: ramo scolmatore Vollone a cielo aperto in direzione Viazza [RIF. CP2 – CL2]

7.2 Risultati del modello della rete del centro urbano di Loria

Di seguito vengono riportati i profili longitudinali dei tratti interessati da problematiche a livello idraulico per l'area urbana di Loria; analogamente, le singole criticità vengono riportate nei seguenti profili in arancione, indicando con un cerchio le criticità puntuali (CP) e con una linea le criticità lineari (CL) laddove si verificano fenomeni di straripamento di fossi, canali oppure condotte.

Nel caso di Loria sono state considerate 2 diverse condizioni al contorno tante quante gli outfall definiti all'interno del modello tra cui:

- 1) OUTFALL 1: condizione **NORMAL** in prossimità dello sbocco sul Musonello;
- 2) OUTFALL 2: condizione **NORMAL** in prossimità del fosso a cielo aperto di scarico della fognatura bianca nell'area industriale di Loria al termine di via delle Fosse.

7.2.1 Area residenziale Via 2 Giugno / Via Fratelli Pinarello / Via Pino

L'area residenziale di Loria che si estende tra via Pino e via 2 Giugno è caratterizzata da una rete che non presenta uno scarico esterno ma, come evidenziato nelle due immagini sotto riportate, scaricano all'interno di due pozzi perdenti di cui uno di profondità significativa. Per questo motivo, avendo simulato un evento di pioggia intenso e con tempo di ritorno pari a 20 anni gran parte della rete risulta essere in crisi sia puntuale che lineare.

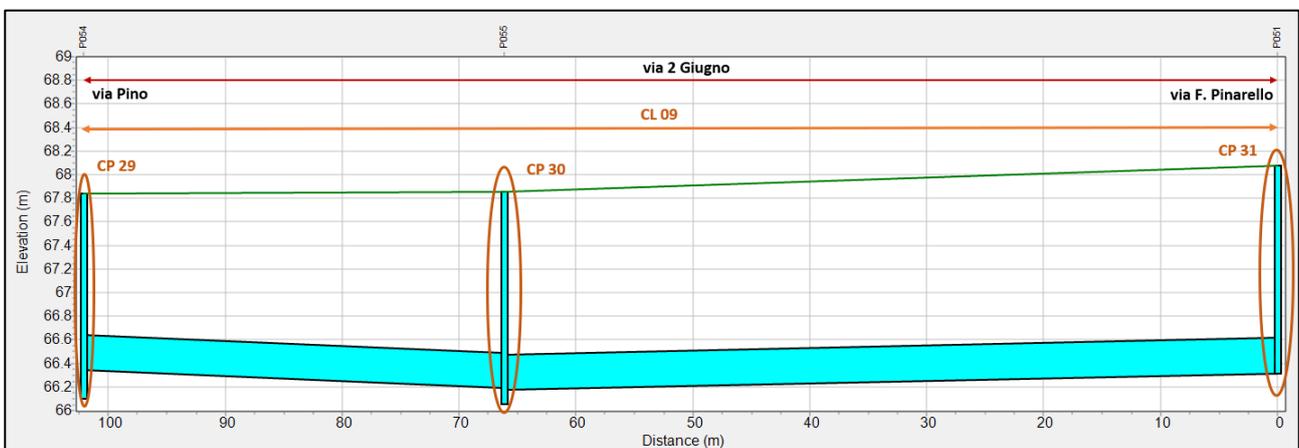


Figura 77 STATO DI FATTO: fognatura bianca via 2 Giugno [RIF. CP29 – CP30 -CP31 – CL09]

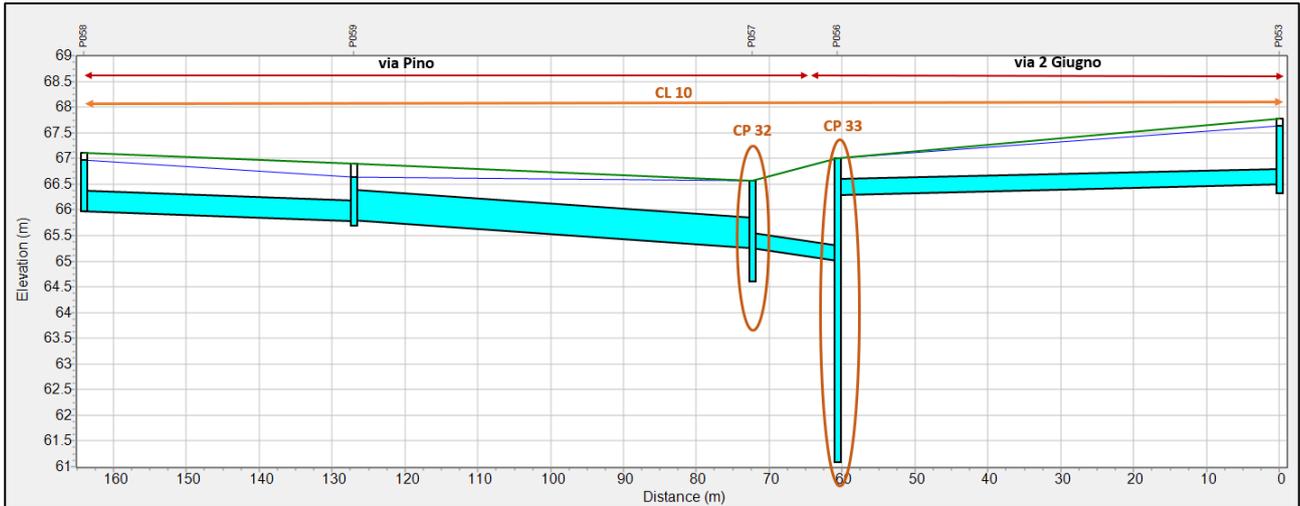


Figura 78 STATO DI FATTO: fognatura bianca via 2 Giugno e via Pino [RIF. CP 32 – CP33 – CL10]

Anche lungo via Pinarello, a causa della ridotta dimensione delle condotte e la contropendenza rispetto alla dorsale principale, si riscontra la crisi della linea al termine di via Pinarello e a cavallo con via John Fitzgerald Kennedy.

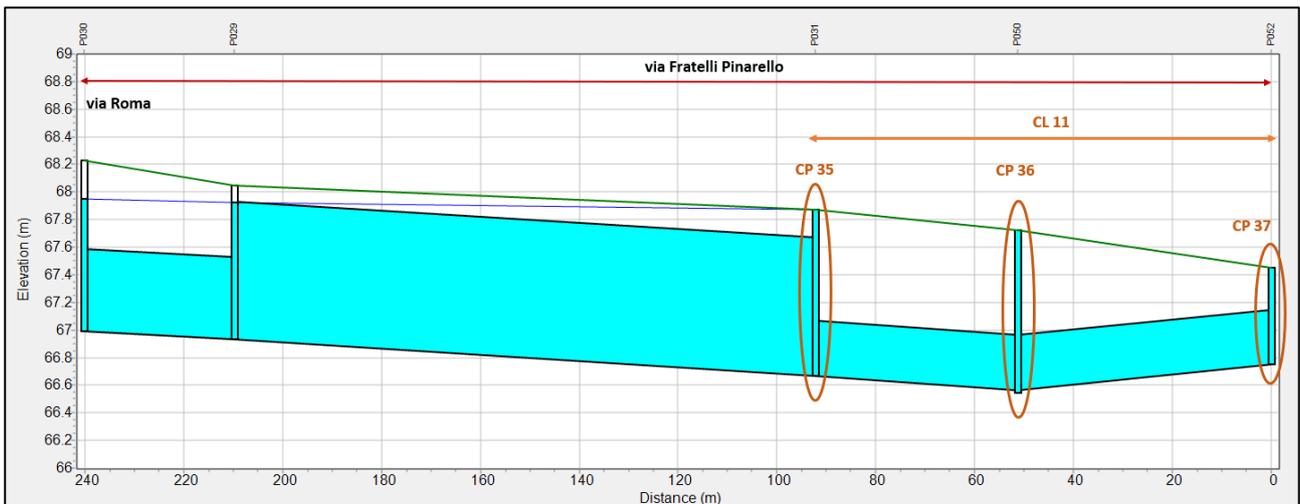


Figura 79 STATO DI FATTO: fognatura bianca via F. Pinarello [RIF. CP 35 – CP36 - CP37 – CL11]

7.2.2 Area residenziale Via Volon / via S. Pio X / via J.F. Kennedy e via Chiesa

Il tratto oggetto di studio che si estende tra via Volon e via S. Pio X è caratterizzata da una rete che prende in input le portate del Vollone ramo-1 che scorre interamente tombinato per tutto il centro di Loria. Si presentano specialmente in via Volon delle grandi criticità in prossimità del tratto di imbocco del Vollone nella fognatura bianca mettendo in crisi l'intera tratta come segnalato nel successivo profilo longitudinale:

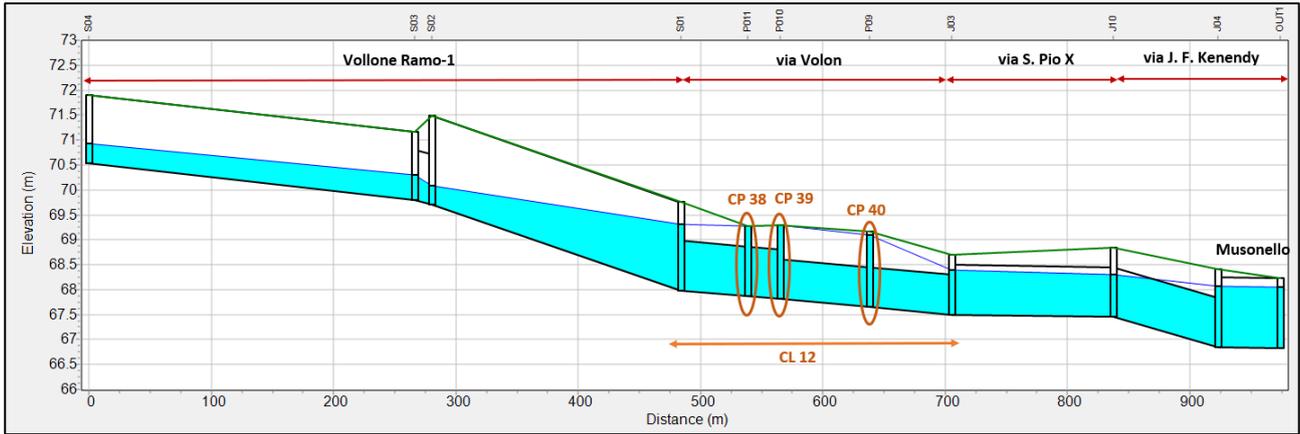


Figura 80 STATO DI FATTO: fognatura bianca via Volon e via S. Pio X e di un tratto del Vollone [RIF. CP 38 – CP39 – CP40 – CL12]

La crisi di questo ramo di fognatura che costituisce una delle dorsali principali della rete di Loria mette conseguentemente in crisi anche tutte le reti afferenti a quest'ultima tra cui quella lungo via Chiesa di cui vengono riportate le criticità principali:

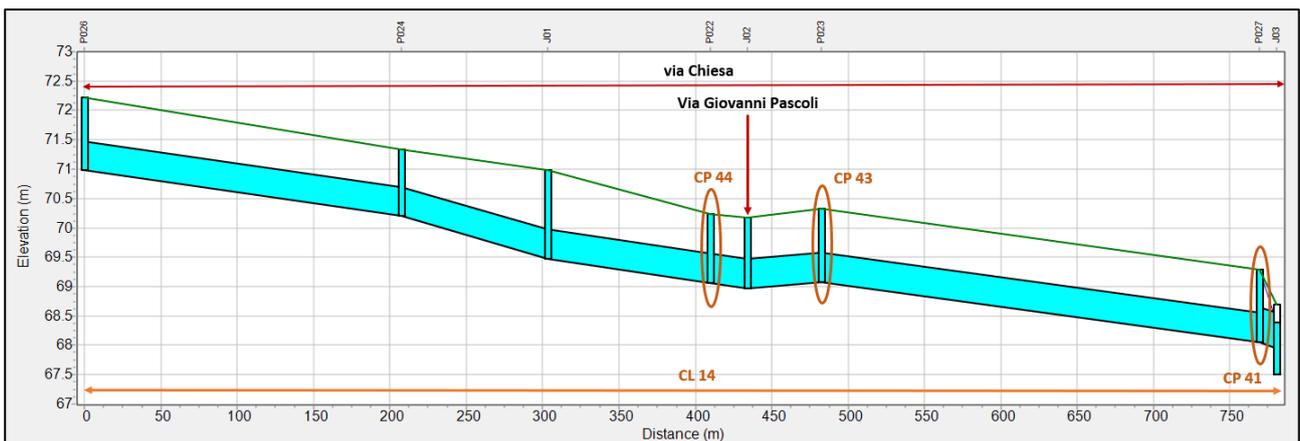


Figura 81 STATO DI FATTO: fognatura bianca via Chiesa [RIF. CP 44 – CP43 – CP41 – CL14]

e un piccolo tratto secondario di via Volon:

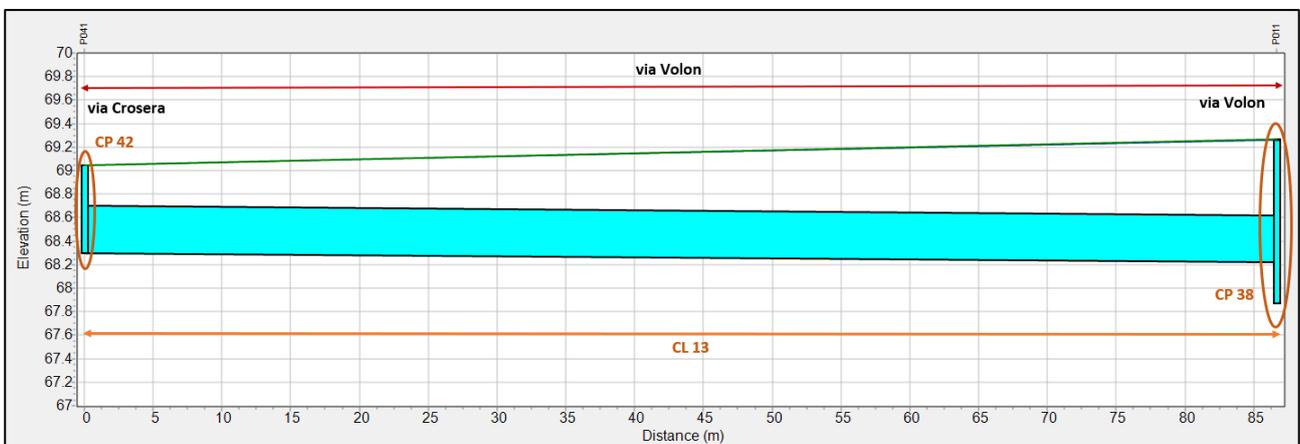


Figura 82 STATO DI FATTO: fognatura bianca secondaria via Volon [RIF. CP 38 – CP42 – CL13]

7.2.3 Area residenziale Via Roma / via Capitello / via delle Fosse (CP46 / CP47)

Il tratto oggetto di studio che si estende tra via Roma (rotonda in centro a Loria), via Capitello e via delle Fosse costituisce la seconda dorsale principale della rete di Loria. Si presentano delle criticità puntuali lungo via Capitello non solo per l'andamento delle pendenze della fognatura bianca e per il fatto che il pozzetto denominato come P037 riceve i contributi di via Crosera, ma anche per l'insufficienza della rete a cielo aperto al termine di via delle Fosse:

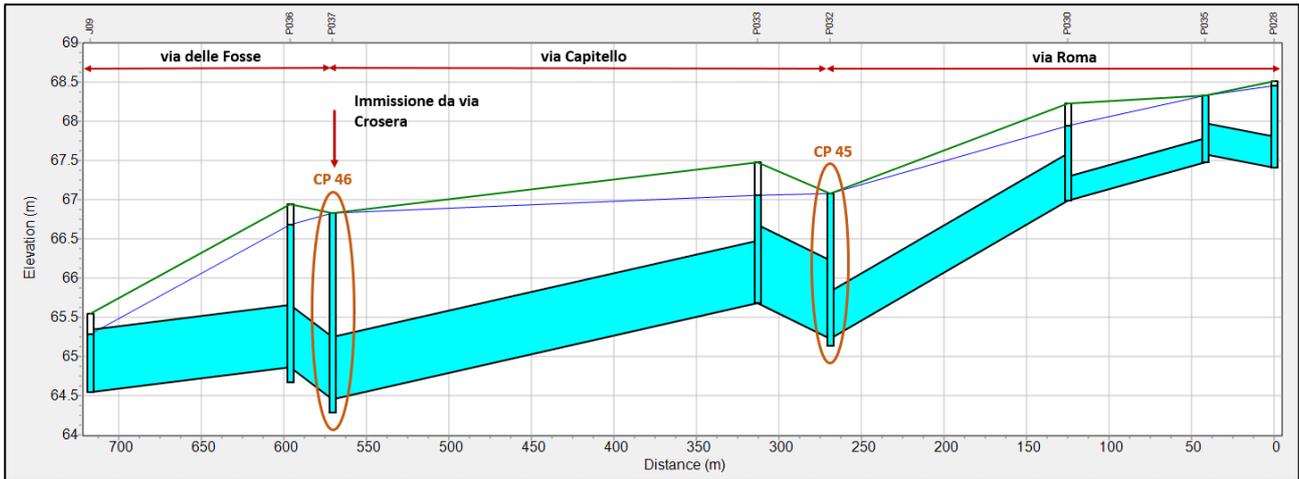


Figura 83 STATO DI FATTO: fognatura bianca via Roma, via Capitello e via delle Fosse [RIF. CP 46 – CP45]

7.2.4 Area residenziale Via Crosera / via delle Fosse (CP47 / CP46)

Il tratto oggetto di studio che si estende in via Crosera presenta delle criticità puntuali lungo prevalentemente a causa del rapido riempimento del pozzetto denominato P037 che rende difficoltoso lo scarico delle acque meteoriche lungo via delle Fosse:

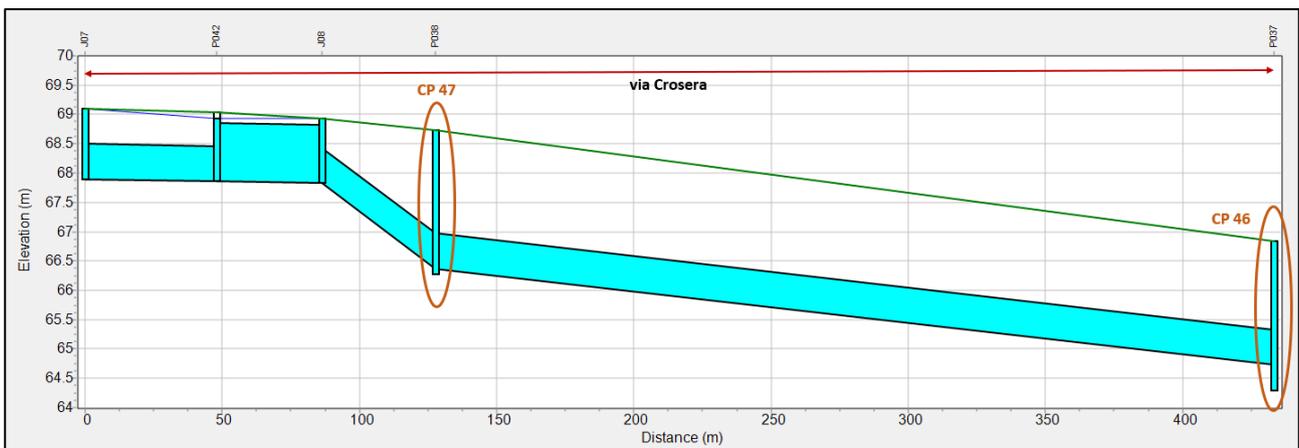


Figura 84 STATO DI FATTO: fognatura bianca via Crosera [RIF. CP 47– CP46]

7.3 Risultati del modello della rete del centro urbano di Ramon

Di seguito vengono riportati i profili longitudinali dei tratti interessati da problematiche a livello idraulico per l'area urbana di Ramon; analogamente ai casi precedenti le singole criticità vengono riportate nei seguenti profili in arancione, indicando con un cerchio le criticità puntuali (CP) e con una linea le criticità lineari (CL) laddove si verificano fenomeni di straripamento di fossi, canali oppure condotte.

Nel caso di Ramon sono state considerate 2 diverse condizioni al contorno tante quante gli outfall definiti all'interno del modello tra cui:

- 3) OUTFALL 1: condizione **NORMAL** in prossimità del fosso a cielo aperto in via Poggiana;
- 4) OUTFALL 2: condizione **NORMAL** in prossimità del fosso a cielo aperto in via Castellana.

7.3.1 Area residenziale Via S. Pancrazio / Via Bertina / Via Adige

L'area residenziale di Ramon che si estende tra via S. Pancrazio, via Bertina e via Castellana è caratterizzata da una rete che non presenta uno scarico esterno, generando conseguentemente una rete chiusa. Per questo motivo, avendo simulato un evento di pioggia intenso e con tempo di ritorno pari a 20 anni gran parte della rete risulta essere in crisi sia puntuale che lineare come riportato nelle successive immagini.

Fognatura bianca lungo via S. Pancrazio e Via A. Marchesan (CL 03) (CP 3/CP4/CP5)

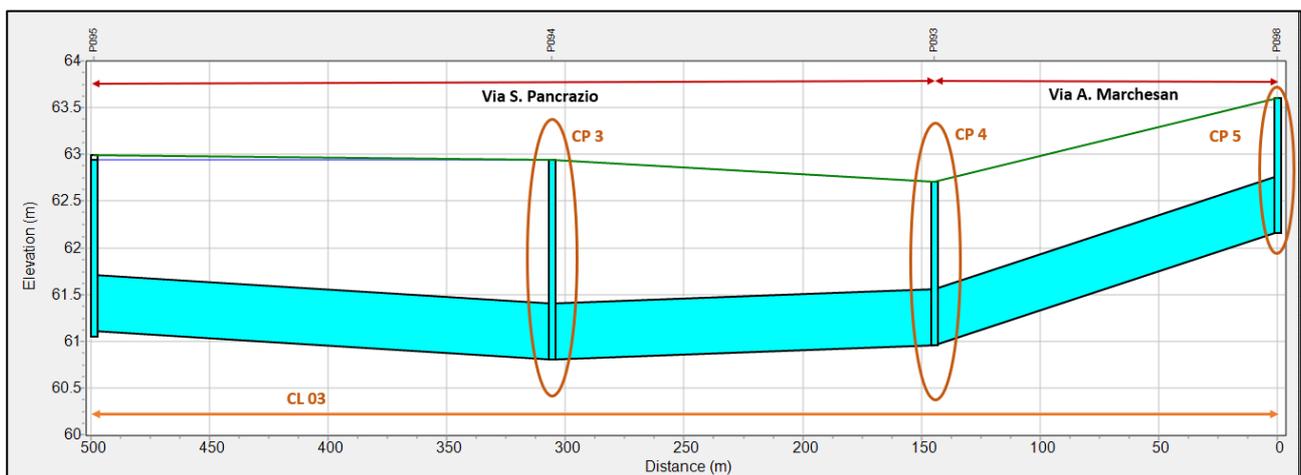


Figura 85 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via S. Pancrazio [RIF. CP3 – CP4 – CP5 – CL03]

Fognatura bianca lungo via S. Pancrazio (CL 04) (CP 7/ CP 6)

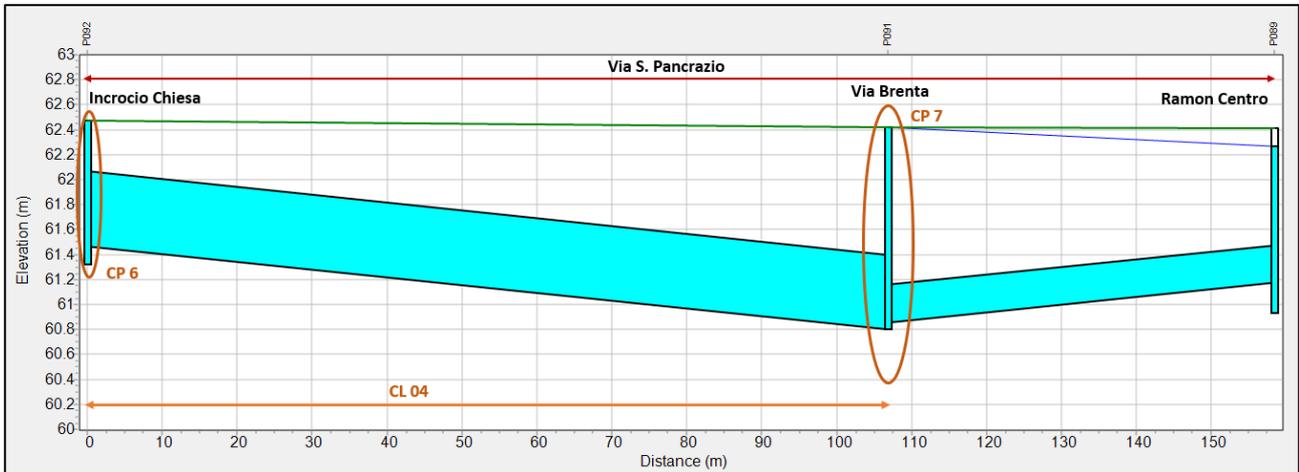


Figura 86 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via S. Pancrazio [RIF. CP6 – CP7 – CL04]

Fognatura bianca lungo via Bertina e via Adige (CL 05) (CP 8/ CP 9)

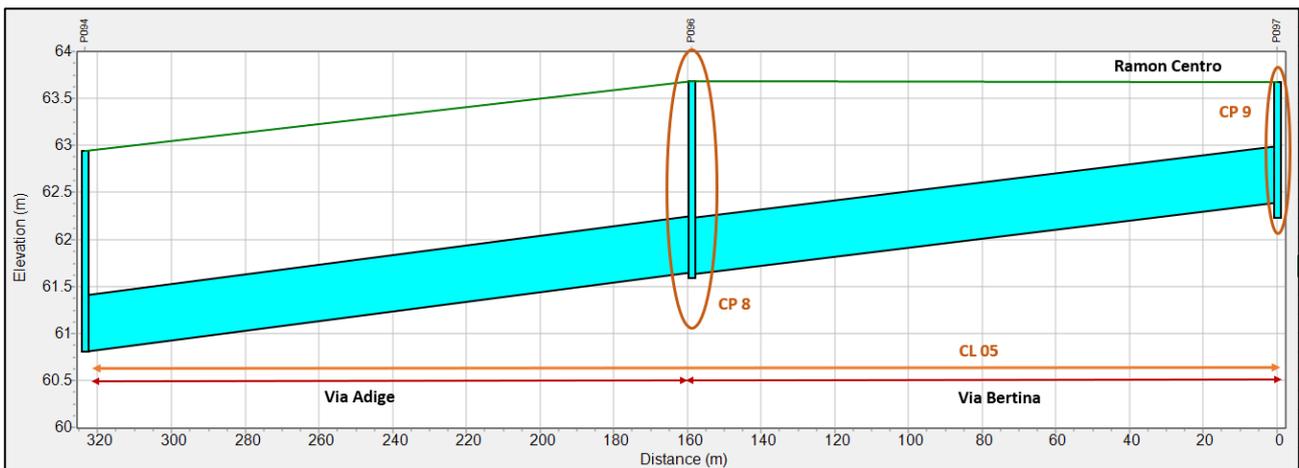


Figura 87 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via S. Pancrazio e via Adige [RIF. CP8 – CP9 – CL05]

7.3.2 Area residenziale Via Bertina / Via Castellana

La dorsale di via Castellana raccoglie gran parte dei contributi delle acque meteoriche partendo dalla zona industriale di Loria attraversando tutto il centro di Ramon in direzione Castello di Godego.

Questo tratto raccoglie anche un ramo laterale di via Bertina e via Castellana che contribuisce a mettere in crisi la rete sia per insufficienza delle condotte, sia per il fossato di sbocco non sufficiente.

Fognatura bianca lungo via Bertina (CL 06) (CP 10/ CP 11/ CP 12)

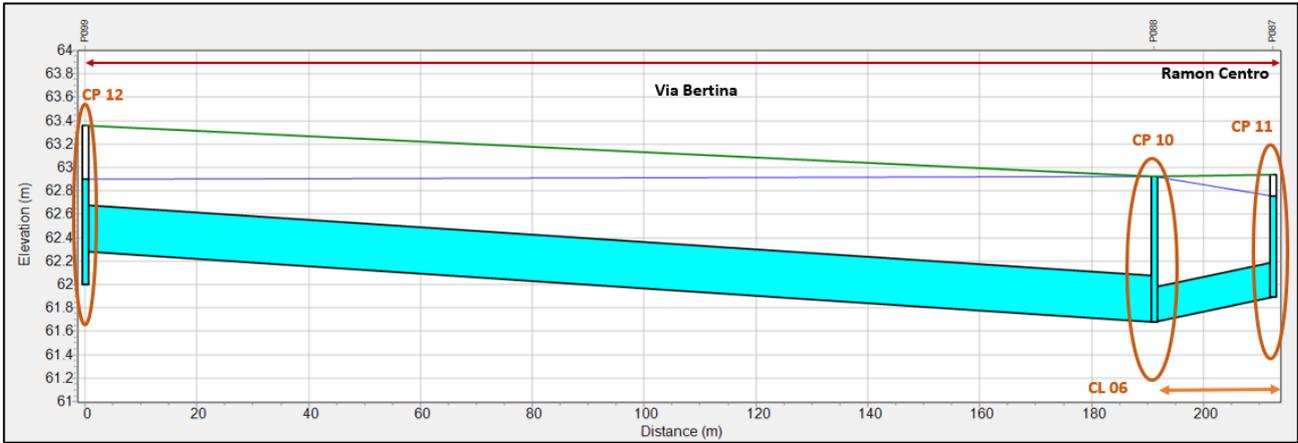


Figura 88 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Bertina [RIF. CP10– CP11 – CP12 – CL06]

Si nota in questo tratto l'insufficienza del tratto denominato CL 06 in contropendenza rispetto alla linea principale lungo via Bertina.

Fognatura bianca lungo via Castellana dorsale sinistra in direzione Casello di Godego (CL 07) (CP 14)

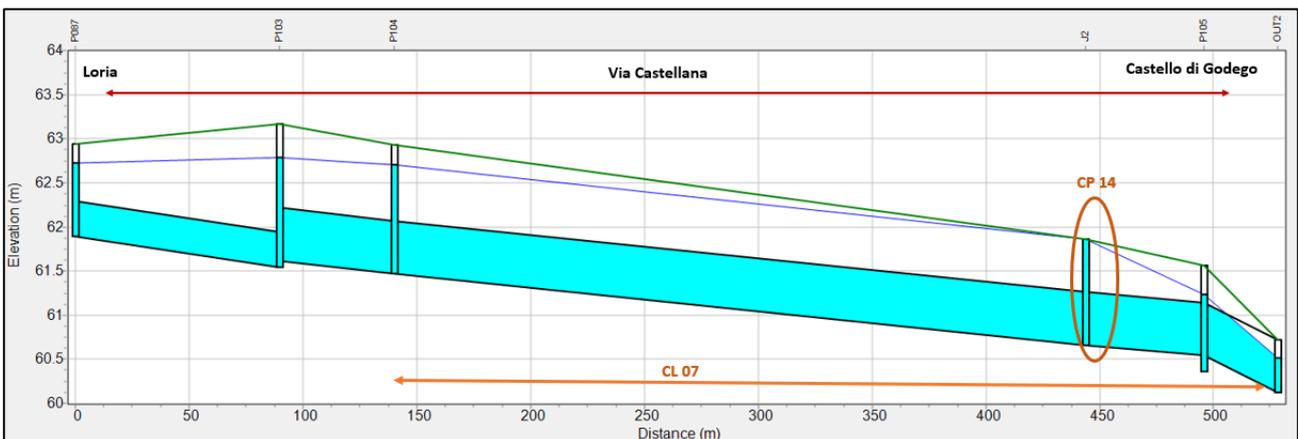


Figura 89 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Castellana [RIF. CP14 – CL07]



Fognatura bianca lungo via Castellana dorsale destra in direzione Casello di Godego (CP 15/CP 14)

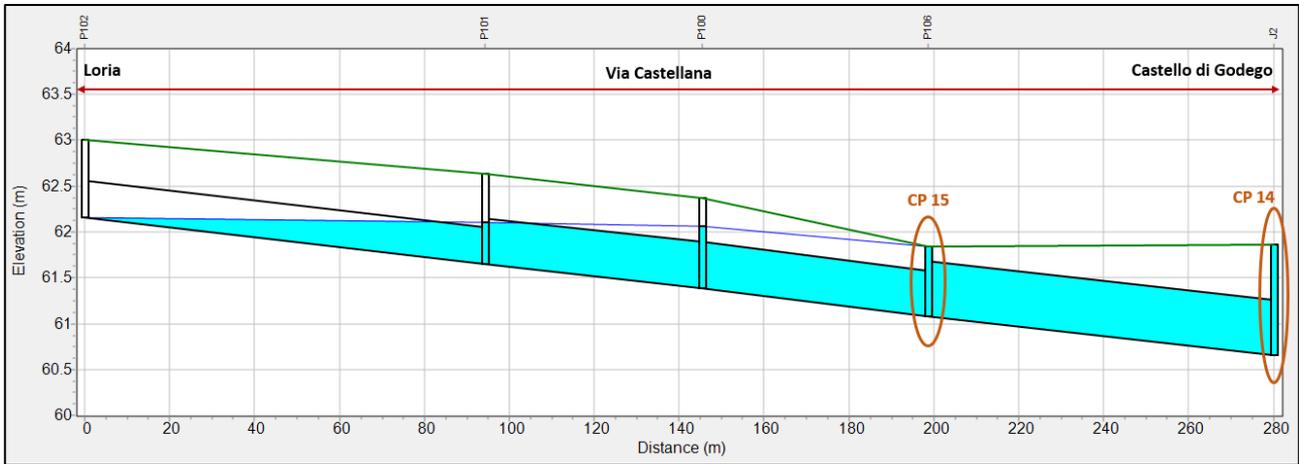


Figura 90 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Castellana [RIF. CP14– CP15]

7.3.2 Area residenziale Via Poggiana

Anche la dorsale di via Poggiana risulta in crisi a causa della difficoltà di scarico dei pozzetti all'interno del reticolo idrografico minore.

Fognatura bianca lungo via Poggiana dorsale destra in direzione Casello di Godego (CP 16/CP 17)

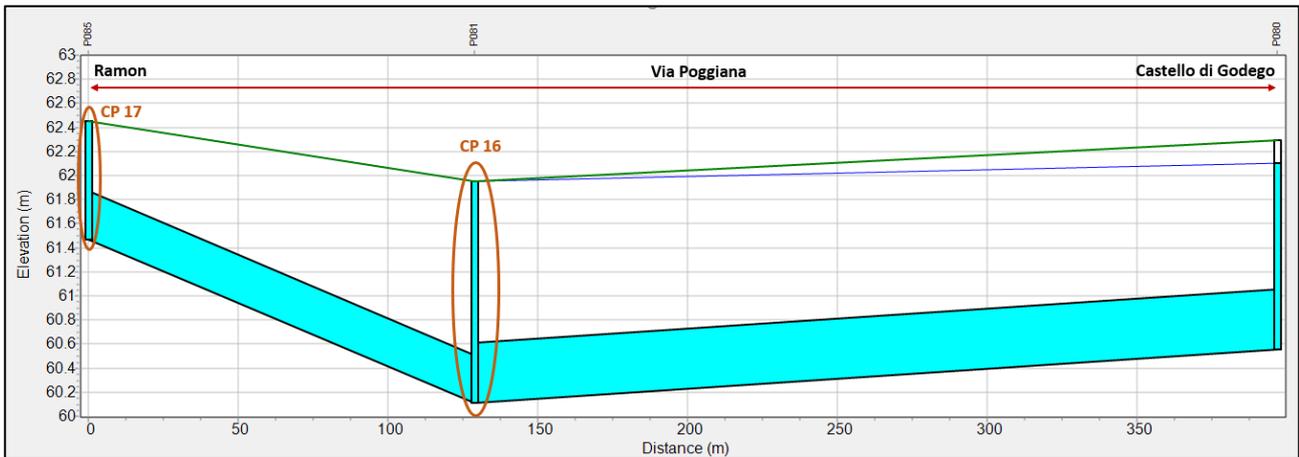


Figura 91 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Poggiana [RIF. CP17– CP16]



Fognatura bianca lungo via Poggiana dorsale sinistra in direzione Casello di Godego (CP 16/CP 17)

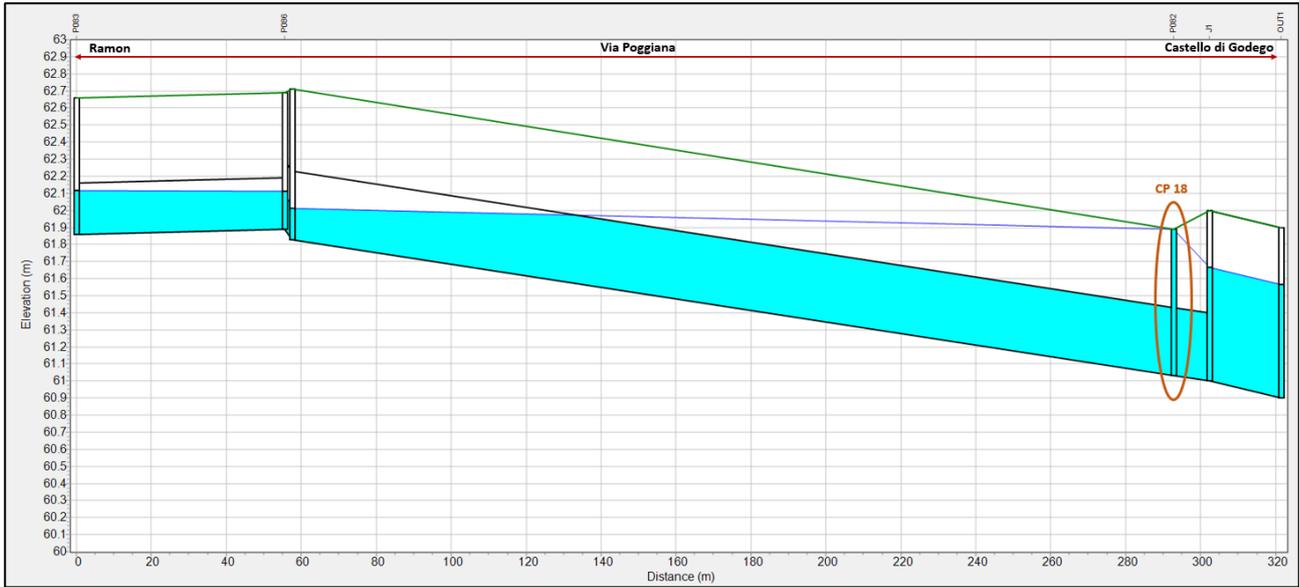


Figura 92 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Poggiana [RIF. CP18]

7.4 Risultati del modello della rete del centro urbano di Bessica

Di seguito vengono riportati i profili longitudinali dei tratti interessati da problematiche a livello idraulico per l'area urbana di Bessica; analogamente ai casi precedenti le singole criticità vengono riportate nei seguenti profili in arancione, indicando con un cerchio le criticità puntuali (CP) e con una linea le criticità lineari (CL) laddove si verificano fenomeni di straripamento di fossi, canali oppure condotte.

Nel caso di Bessica sono state considerate 4 diverse condizioni al contorno tante quante gli outfall definiti all'interno del modello tra cui:

- 1) OUTFALL 1: condizione **NORMAL** in prossimità di via Maria Fontana;
- 2) OUTFALL 2: condizione **NORMAL** nel punto di chiusura dello scarico Balbi parallelo a via Enego
- 3) OUTFALL 3: condizione **NORMAL** in prossimità della canaletta dello scarico Balbi che butta nel Brenton;
- 4) OUTFALL 4: condizione **NORMAL** in prossimità della canaletta del nodo idraulico al conine con il comune di Cassola.

7.4.1 Area residenziale Via D. Alighieri / Via Baroni

La dorsale lungo la SP 81 (via Dante Alighieri e via Baroni) raccoglie gran parte dei contributi delle acque meteoriche dell'area nord del centro abitato di Bessica.

Questo tratto risulta in crisi in quanto a causa del occlusione del pozzetto con codice identificativo P060 il tratto non ha la possibilità di scaricare direttamente all'interno del corso d'acqua Brenton.

Fognatura bianca lungo via D. Alighieri e via Baroni (CP 19/ CP 20 / CP 21)

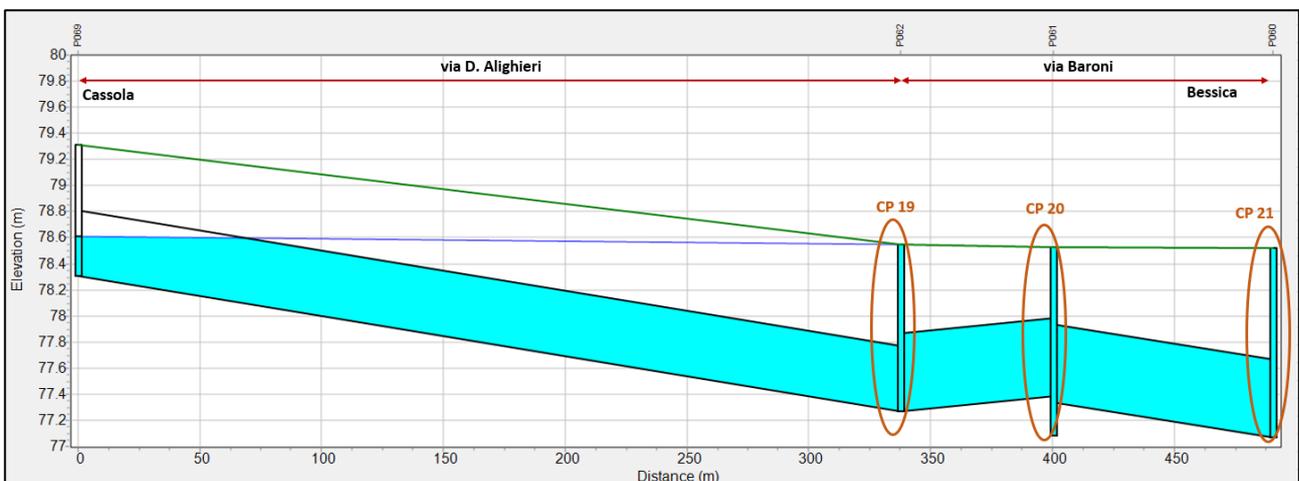


Figura 93 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo SP 81 [RIF. CP19 – CP20 – CP21]



7.4.2 Area residenziale Via Cantoni di Sotto

La dorsale lungo via Cantoni di Sotto raccoglie gran parte dei contributi delle acque meteoriche dell'area sud del centro abitato di Bessica in direzione di via Maria Fontana.

Questo tratto risulta in crisi in diversi punti:

Fognatura bianca lungo via Cantoni di Sotto (CP 22)

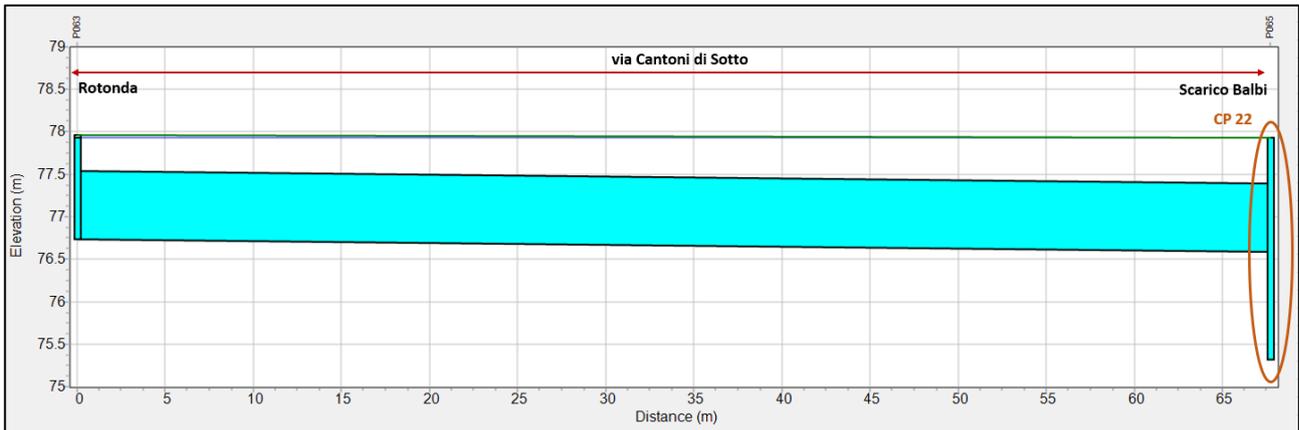


Figura 94 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Cantoni di Sotto [RIF. CP22]

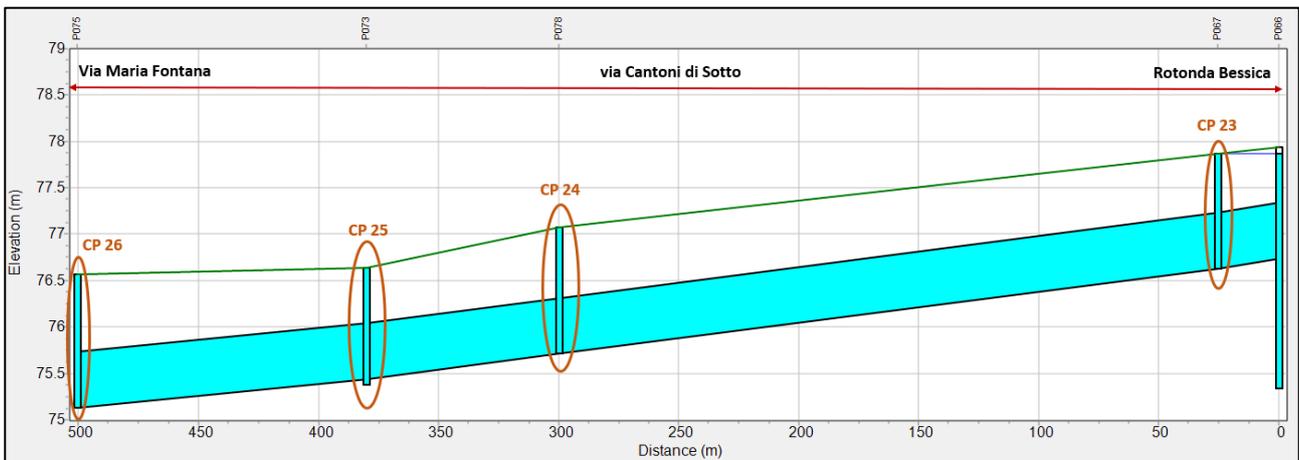


Figura 95 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Cantoni di Sotto [RIF. CP23 – CP 24 – CP25 – CP 26]

In questo caso il problema è legato principalmente all'insufficienza del fossato di sbocco di scaricare le portate provenienti dal centro di Bessica e della dorsale, facendo risentire anche parte della fognatura lungo via Cappuccini.

7.4.3 Scarico Balbi

Sono state riscontrate delle criticità relative allo scarico Balbi in prossimità del centro abitato di Bessica e, più precisamente lungo via Asiago e via Cantoni di Sotto, in prossimità del sottopassaggio stradale dello scarico consortile.

Queste problematiche sono prevalentemente correlate a sezioni non sufficienti del tratto.

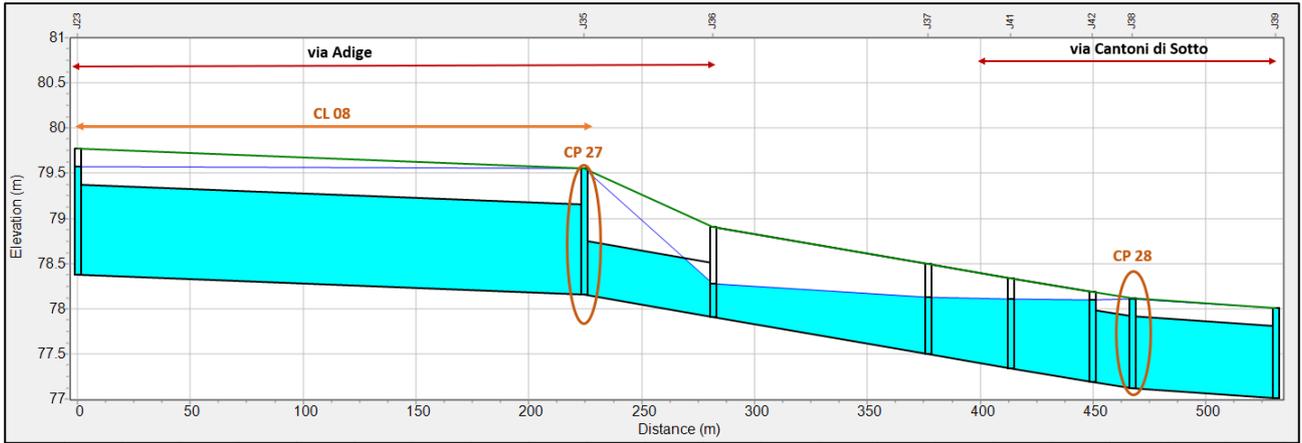


Figura 96 STATO DI FATTO: ramo fognatura bianca lungo via Cantoni di Sotto [RIF. CP28 – CP 27 – CL08]



8 CONCLUSIONI

A seguito della modellazione idraulica elaborata, sono state riscontrate le maggiori criticità idrauliche a livello puntuale (caditoie e pozzetti) e lineari (straripamenti di fossi e canali, e condotte in pressione).

Sarà oggetto della “Relazione degli interventi” l’individuazione delle soluzioni tecniche, che si tradurranno in un programma concreto di interventi atti a sanare le problematiche riscontrate nella presente fase.

Ponte di Piave, li 04/02/2022

Studio S.IN.TE.SI.

Ing. Stefano Zorba

