



COMUNE DI TEOLO

VIA EUGANEA TREPONTI, 34 - 35037 TREPONTI DI TEOLO
Tel.: 0499998511 - Fax 0499900264
E-Mail: protocollo@comune.teolo.pd.it - P.E.C.: teolo.pd@cert.ip-veneto.net



Consorzio di Bonifica Bacchiglione

VIA VESCOVADO, 11 - 35141 PADOVA
Tel.: 0498751133 - Fax 049655991
E-Mail: info@consorziobacchiglione.it - P.E.C.: bonifica@pec.consorziobacchiglione.it



Consorzio di Bonifica Adige Euganeo

VIA AUGUSTEA, 25 - 35042 ESTE (PD)
Tel.: 0429601563 - Fax 042950054 - Rep.3497592294
E-Mail: protocollo@adigeuganeo.it - P.E.C.: adigeuganeo@pec.it

PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO

N. Elaborato			Titolo elaborato		
<h1>R02</h1>			<h2>RELAZIONE IDRAULICA</h2>		
-					
			3-		
			2-		
			1-		
-	-	-	0-	23.01.2017	Consegna post aggiornamento 16.01.2016
Redatto	Controllato	Approvato	Rev.	data	Codice file

<p>CONSORZIO DI BONIFICA BACCHIGLIONE</p> <p>DIRETTORE: Ing. Francesco Veronese</p> <p>DIRETTORE AREA AGRARIA E MANUTENZIONE: Dott. Mario Breda</p> <p>CAPO UFFICIO AMBIENTE E SORVEGLIANZA: Ing. Nazzareno Paganizza</p> <p>.....</p>	<p>CONSORZIO DI BONIFICA ADIGE EUGANEO</p> <p>DIRETTORE GENERALE: Dott. Stefano Vettorello</p> <p>DIRIGENTE AREA TECNICA AMBIENTALE GESTIONE OO.PP.: Ing. Lamberto Cogo</p> <p>CAPO SETTORE GESTIONE OO.PP. TERRITORIO OCC.: Ing. Matteo Paccagnella</p> <p>.....</p>	<p><u>Service tecnico:</u></p> <p>IDEVA INGEGNERIA SO. Via Rialto 16/10 30020 Noventa di P. (Ve) SL. Viale Udine 42 - 30026 Portogruaro (Ve) T. 0421.658926 F. 041.8840113 info@idevaingegneria.it</p> <p>Ing. Federico Valerio Ing. Andrea Destro</p> <p>.....</p>
--	---	---

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

1.	PREMESSE.....	2
2.	DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA	3
2.1	Inquadramento geografico e idrografia principale	3
2.2	Descrizione dei bacini e della rete idrografica consortile	4
2.3	I bacini idraulici.....	4
2.4	La rete fognaria	5
3.	VERIFICA DELLA RETE SCOLANTE	8
3.1	Descrizione della modellazione idraulica	8
3.2	Individuazione dell’evento pluviometrico di progetto.....	9
4.	IL MODELLO IDRAULICO	11
4.1	La schematizzazione matematica.....	11
4.2	Individuazione dei bacini imbriferi	12
4.3	Parametri idraulici di simulazione	14
4.4	Risultati delle simulazioni allo stato di fatto	14
5.	LE CRITICITA’ IDRAULICHE DEL TERRITORIO.....	17
6.	GLI INTERVENTI DI PIANO.....	18
6.1	Risultati delle simulazioni allo stato di progetto.....	21
7.	APPENDICE 1 - MODELLO DI CALCOLO EPA SWMM	22
7.1	Generalità	22
7.2	Descrizione matematica del modello di calcolo.....	23
7.3	Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi	26

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

1. PREMESSE

Il Piano delle Acque costituisce uno strumento di indirizzi e normative, finalizzate ad una pianificazione territoriale che fornisca prescrizioni specifiche sui progetti e sulle azioni che comportano una qualunque trasformazione del territorio.

Nell'ambito della stesura del Piano delle Acque del Comune di Teolo (PD), sono stati analizzati con particolare attenzione gli aspetti idraulici riguardanti la rete idrografica gestita dai Consorzi di Bonifica Bacchiglione (Padova) ed Adige Euganeo (Este) e le problematiche relative al deflusso idrico nelle reti di fognatura bianca.

Particolare attenzione è stata riposta alle aree maggiormente problematiche sotto tale aspetto, ovvero l'abitato di Tombelle e il nucleo urbano del capoluogo. Per tale scopo è stato implementato un modello di simulazione idrologica ed idraulica che ha consentito la definizione:

- delle criticità dei collettori consortili allo stato attuale;
- delle criticità sulle reti di fognatura bianca;
- degli interventi di piano per l'eliminazione delle criticità riscontrate.

Per una completezza della simulazione idraulica si sono inoltre modellati alcuni fossati, aventi primaria importanza, anche se non gestiti direttamente dal Consorzio di Bonifica.

La presente Relazione Idrologica e Idraulica tratta gli aspetti tecnici riguardanti le ipotesi assunte, i parametri idrologici di riferimento, la descrizione del programma di calcolo utilizzato per la modellazione ed i risultati delle elaborazioni compiute.

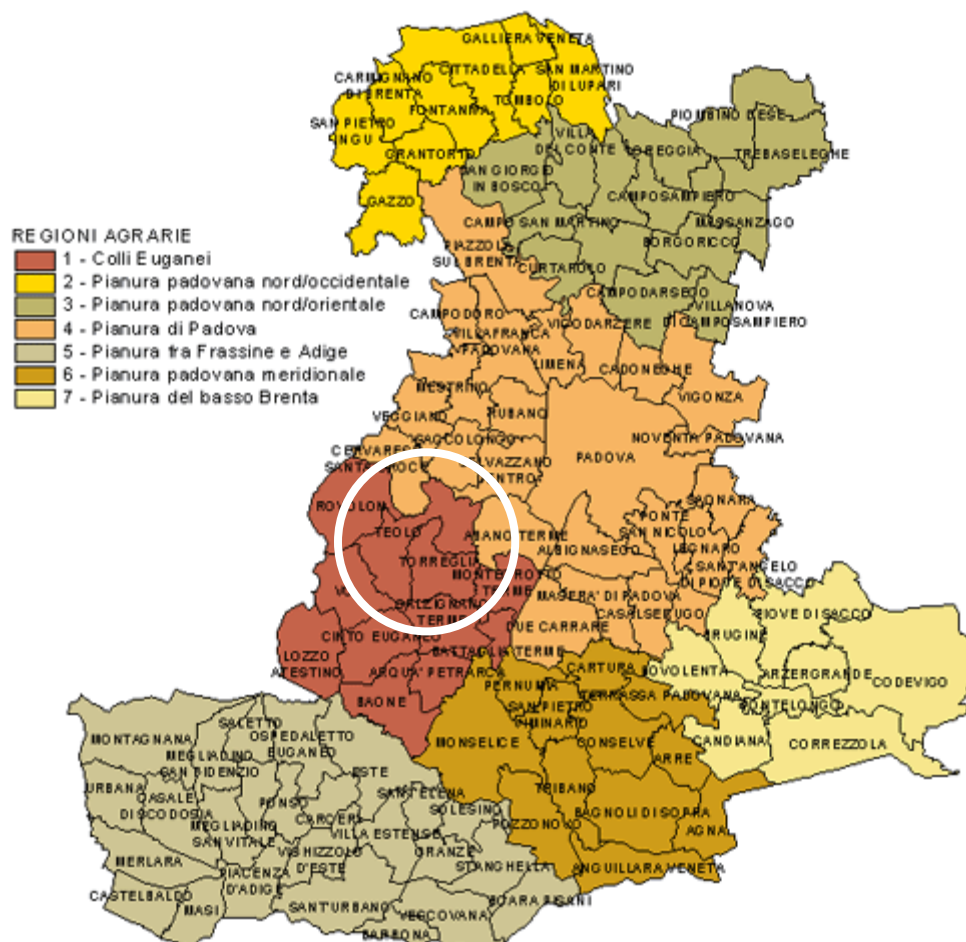
2. DESCRIZIONE DELLA RETE IDROGRAFICA

2.1 Inquadramento geografico e idrografia principale

Il territorio del comune di Teolo, sito in provincia di Padova, si colloca circa 15 km a sud ovest del capoluogo provinciale, in parte all'interno del Parco regionale dei Colli Euganei. Un buona parte del territorio, circa il 30%, si situa infatti in zona collinare. Il comune, suddiviso nelle principali frazioni principali di Teolo alto, Villa di Teolo, Treponti, San Biagio, Feriole, La Croce, Monteortone e Tramonte confina con i comuni di Selvazzano Dentro, Abano Terme, Torreglia, Rovolon, Vò, Galzignano Terme e Cervarese Santa Croce.

L'estensione territoriale è di 31 km² e nel comune vi risiedono complessivamente 9.034 abitanti (dato al 2015), con una densità pari a 290 ab./km². La parte di pianura del territorio presenta quota altimetriche variabili tra 8÷15 m s.l.m. mentre nella zona collinare si supera quota 500 m s.l.m.

Dal punto di vista idraulico il territorio ricade quasi interamente entro i limiti consortili del Consorzio di Bonifica Bacchiglione di Padova, che ne gestisce le acque irrigue e di scolo superficiale. Solo una porzione limitata, di circa 6 km², e corrispondente al versante occidentale dell'area collinare, ricade all'interno del comprensorio del Consorzio di Bonifica Adige Euganeo di Este (Padova).



IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

2.2 Descrizione dei bacini e della rete idrografica consortile

Di seguito si descrive la rete idrografica caratterizzante il territorio comunale di Teolo, di competenza consortile, rimandando all'elaborato allegato T02 per la rappresentazione grafica. Il territorio è attraversato da numerosi corsi d'acqua, di cui si segnalano i seguenti principali, differenziandoli tra la parte a monte e quella posata a valle del nodo idraulico di Treponti.

a monte del nodo di Treponti:	a valle del nodo di Treponti:
- Scolo Degora	- Scolo Rialto
- Scolo Russarolo	- Scolo Poggese
- Scolo Montan	- Scolo Pozzacale
- Scolo Rialtello dei molini	- Scolo Praglia
- Scolo Calto delle Vecchie	- Scolo Rialtello del Piano
- Scolo Cologna	- Scolo Spinasetta
- Scolo Colognetta	- Scolo Fossalunga
- Scolo Palù	

Il ricettore principale di tutti questi corsi d'acqua è costituito dallo scolo Rialto, il quale scorre nella parte valliva del territorio comunale per circa 6,50 km, sottendendo un bacino imbrifero di oltre 45 km².

Nel territorio comunale di Teolo è presente un unico impianto di sollevamento, quello di Treponti in vicolo Cologna, a servizio di un bacino di circa 190 ha che funziona a deflusso meccanico alternato e che scarica nello scolo Rialto.

Oltre alla rete consortile è presente una fitta rete di piccoli scoli e canali di competenza del Servizio Forestale Regionale (ora *Dipartimento Difesa del suolo e foreste - Sezione Bacino idrografico Brenta Bacchiglione*) che interessa la parte collinare del territorio.

2.3 I bacini idraulici

Per quanto sopra descritto e rappresentato in cartografia, nel territorio comunale si riconosce una fitta rete di canali e di scoli in parte tubati e in parte a cielo aperto gestiti dai Consorzi di Bonifica. Oltre agli scoli consortili, la rete idrografica superficiale è formata da una serie di corsi d'acqua minori che, a seconda della loro ubicazione, sono gestiti e mantenuti in efficienza idraulica dal Comune (fossi lungo le strade comunali), dalla Provincia (fossi lungo le strade provinciali) e dai privati (fossi a confine tra proprietà private).

Il territorio comunale di Teolo è quasi interamente ricadente all'interno del bacino scolante dei Colli Euganei, fatta eccezione per la porzione del versante occidentale che ricade in territorio comunale di Teolo.

BACINO COLLI EUGANEI:

Il bacino scolante dei Colli Euganei si estende per 11.804 ha, di cui 2.658 collinari, limitato a nord dal fiume Bacchiglione, ad est dal Canale Battaglia, ad ovest e a sud dalle pendici dei Colli Euganei. Parte del bacino,

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

nella sua zona sud-orientale, rientra nel Parco Regionale dei Colli Euganei (circa 4.982 ha), area soggetta a protezione speciale dalla Regione Veneto e di importanza comunitaria.

Dal punto di vista idrografico va evidenziato che tutte le acque piovane del bacino vengono raccolte e convogliate allo scolo principale Rialto dalla rete di scolo costituita dagli scoli Degora, Degoretta, Fossa Lunga, Spinosetta, Rialtello, Poggese, Bolzan e Menona. Le acque convogliate al ricettore principale sono quindi scaricate, tramite la botte a sifone “del Pigozzo”, all’esterno del comprensorio consorziale nel canale di Sottobattaglia, affluente del fiume Bacchiglione. Il bacino comprende 11 comuni fra i Colli Euganei (Abano Terme, Battaglia Terme, Cervarese S.Croce, Montegrotto Terme, Rovolon, Saccolongo, Selvazzano Dentro, Teolo, Torreggia e Veggiano) e la città di Padova ed ha una caratteristica configurazione territoriale costituita da abitati estensivi, piccole aree industriali ed aziende agricole distribuite in modo uniforme nell’area. Vi è inoltre una presenza consistente di alberghi e strutture termali e turistiche nei centri di Abano e Montegrotto.

Come rappresentato nella allegata tavola grafica T03, si possono pertanto individuare n.6 distinti sottobacini:

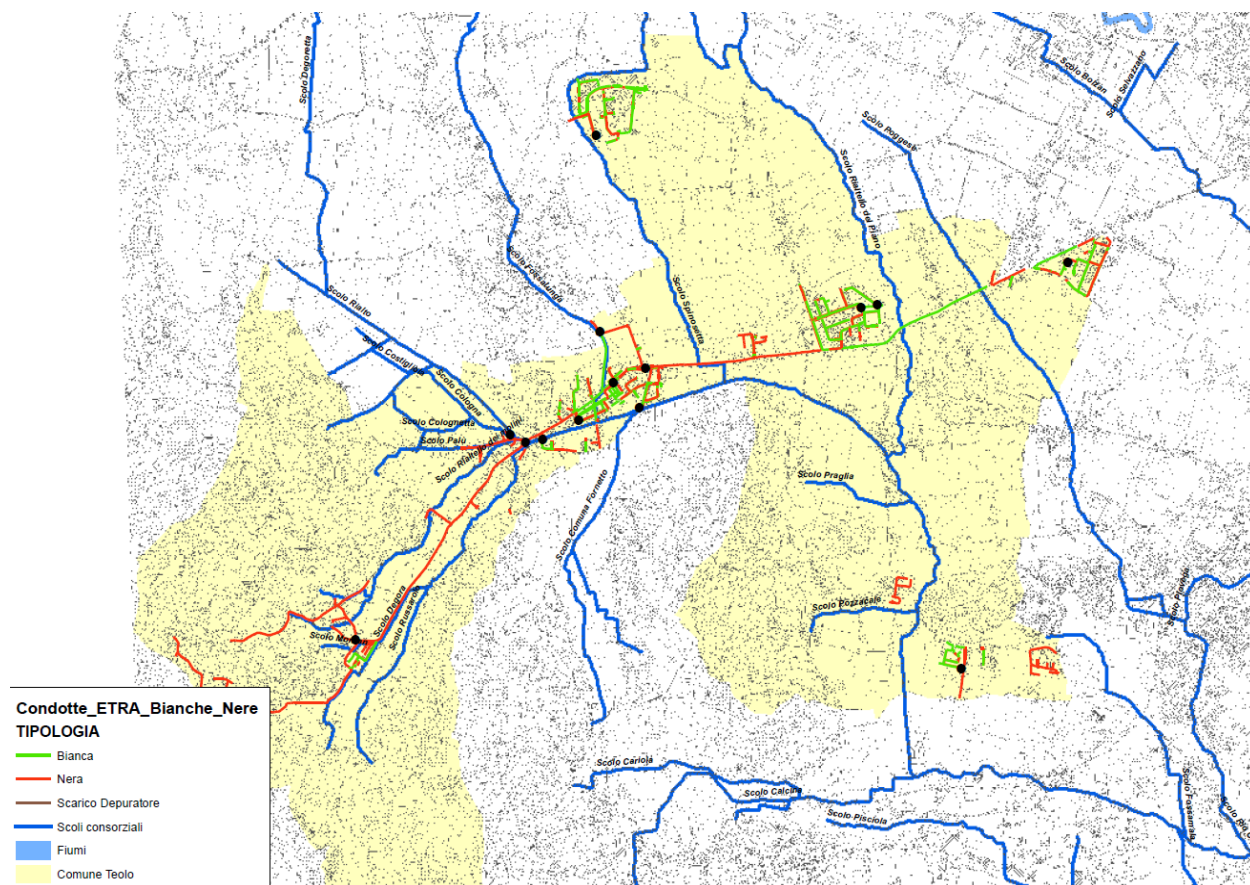
BACINO	DEN.	SUP. [ettari]	TIP. DEFLUSSO
CONSORZIO BACCHIGLIONE			
B1	DESTRA RIALTO ALTO	1.213.18	NATURALE
B2	SINISTRA RIALTO ALTO	977.10	NATURALE
B3	TREPONTI	189.00	MECCANICO ALTERNATO
B4	SINISTRA RIALTO MEDIO	157.09	NATURALE
CONSORZIO ADIGE EUGANEO			
B5	RIO ZOVON	543.75	NATURALE
B6	ZONA COLLINARE CARBONARA	34.22	NATURALE

2.4 La rete fognaria

Il territorio comunale è per gran parte dotato di reti fognarie separate, con distinzione tra le linee di acque bianche di origine meteorica e le acque reflue nere di origine civile. Nelle zone in cui non sono presenti le linee di raccolta delle acque reflue esiste un sistema di fognatura mista con impianti di modulazione e di sfioro delle portate di piena verso la rete idrografica superficiale. Le acque nere reflue, gestite dalla Azienda ETRA S.p.A., vengono addotte dalla rete fognaria all’impianto di depurazione di Cervarese, mediante vari impianti di sollevamento.

Per una ricognizione e verifica del sistema tombinato di smaltimento delle acque meteoriche si è quindi provveduto alla effettuazione di molteplici sopralluoghi mirati alla definizione delle caratteristiche geometriche delle principali dorsali della rete, con rilievo dei diametri, delle quote e dei versi di scorrimento, dei principali manufatti e dei punti di recapito.

Le tavole grafiche allegate al Piano (T08, T09, T10, T11 e T12) sintetizzano i risultati di quanto emerso dai sopralluoghi e dai rilievi della rete urbana di fognatura, per gli abitati principali di Treponti, San Biagio, Feriole e della Zona produttiva industriale. Come dato di partenza per il rilievo della rete fognaria si è partiti dalle carte in possesso alla Azienda gestrice il Servizio Idrico Integrato, ETRA S.p.a.



Treponti - Bresso

Il nucleo abitato di Treponti e Bresso rappresenta il più esteso conglomerato urbano sito in comune di Teolo. Si sviluppa nella parte pianeggiante del territorio, lungo l'importante asse viario costituito dalla S.P. n.89 dei Colli Euganei. E' percorso dallo scolo consortile Rialto, il cui attraversamento con la S.P. denomina il nodo idraulico di Treponti, confluenza della parte collinare-montana con quella pianeggiante ed a deflusso meccanico alternato del bacino scolante.

Le acque meteoriche che interessano questo abitato sversano nello scolo Rialto, attraverso un fitta rete di condotte specie nella zona posta a nord dello scolo, tra questo e la S.P. n.89.

Si riscontra in particolare la presenza della condotta di tombamento del Fossalunga, scolo consortile che dalla caserma dei Carabinieri, dopo aver attraversato la provinciale, prosegue lungo via Sant'Antonio con condotta circolare Ø150 cm fino a sfociare in Rialto. A nord ed a sud della S.P. sono presenti diversi tombinamenti con condotte circolari in calcestruzzo diametro interno variabile da 400 a 600 mm.

Lungo lo scolo Rialto, oltre all'immissione principale dello scolo Fossalunga tombinato, esistono un paio di condotte di scarico delle acque meteoriche che provengono dalle aree urbanizzate interposte tra lo scolo e la strada provinciale.

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

San Biagio

La frazione di San Biagio rappresenta il nucleo abitato che più si è sviluppato negli ultimi decenni con il completamento di nuove aree residenziali. L'urbanizzazione, di estesa pari a circa 25 ettari, è sita interamente a nord della S.P. n.89 dei Colli. Come gran parte del territorio comunale le acque meteoriche sversano nel ricettore scolo Rialto, attraverso due principali recapiti: lo scolo Rialtello del piano e il capofosso del cimitero che dalla S.P. (via Euganea San Biagio) scarica direttamente sul Rialto in prossimità del Camposanto comunale. Nell'area urbanizzata è presente una fitta rete di condotte di acque bianche, prevalentemente in calcestruzzo di diametro interno variabile da 400 a 800 mm. Di principale importanza si rilevano:

- l'attraversamento della S.P. n.89 in via Euganea San Biagio che riceve gran parte delle acque provenienti dall'ambito urbanizzato;
- lo scarico verso il Rialtello del Piano, in attraversamento a vicolo Speronetto, delle linee fognaria di via Oliveros e via Carmignoto.

Feriole

Feriole è una frazione urbana che solo in parte ricade all'interno del confine amministrativo di Teolo, precisamente nella porzione posta a sud della S.P. n.89 dei Colli. La parte a nord della Provinciale ricade in territorio di Selvazzano Dentro. Tutte le acque meteoriche sversano in direzione dello scolo Poggese, corso d'acqua consortile che attraversa la S.P. n.89 tra l'abitato e il colle di Monterosso, affluente dello scolo Rialto in comune di Montegrotto Terme.

L'area presenta una rete fognaria costituita da baffi e linee realizzati in periodi successivi e scaricanti sui capofossi e sulle scoline principali presenti.

Zona produttiva artigianale (...)

La Zona industriale di Teolo si colloca ai limiti settentrionali del comune, al confine con il territorio di Cervarese Santa Croce. Appartiene al bacino scolante denominato Sinistra Rialto Alto, più precisamente al sottobacino dello scolo Spinasetta che perimetra il limite dell'area produttiva ed il confine con Cervarese. L'ambito produttivo è caratterizzato da una rete di condotte in calcestruzzo poste in corrispondenza alla principale viabilità, di diametro nominale interno variabile da 400 a 800 mm. Lo scarico avviene principalmente in direzione dello scolo Spinasetta, ed in parte attraverso la fitta rete di scoline e capofossi che drena il territorio, ancora prevalentemente agricolo, interposto tra l'area produttiva e Bresseo.

Altre frazioni isolate

Si riscontrano infine, a seguito della presenza di molte altre frazioni all'interno del territorio comunale, altre linee fognarie bianche isolate, a servizio delle piccole frazioni urbane asservite.

3. VERIFICA DELLA RETE SCOLANTE

La verifica della rete scolante, di tipo a cielo aperto e tombinata, è stata condotta mediante l'implementazione di un modello matematico di simulazione che prende avvio dalla descrizione delle caratteristiche geometriche del territorio sulla base delle indagini conoscitive e dei rilievi topografici effettuati in sito.

Tale modellazione consente di individuare le aree di criticità idraulica e le cause che le generano, allo stato di fatto e per scenari futuri nei quali si prevede (e si simula) la realizzazione di adeguati interventi per la messa in sicurezza del territorio.

3.1 Descrizione della modellazione idraulica

Per la simulazione idraulica delle reti si è utilizzato il modello EPA SWMM 5.1.010, che risolvendo le equazioni di *De Saint Venant* a moto vario, consente di verificare il comportamento dei canali e delle condotte a seguito di un evento pluviometrico di progetto. A tal scopo la rete è stata schematizzata come una sequenza di nodi e tronchi.

Le caratteristiche geometriche dei canali sono state ricavate dai sopralluoghi e dai rilievi topografici compiuti in campagna mediante strumento GPS. Gli stessi hanno permesso di assegnare quote e sezioni trasversali medie agli elementi della schematizzazione matematica.

I bacini imbriferi afferenti ai diversi tronchi e nodi della rete sono stati anch'essi schematizzati, caratterizzandoli in base alla forma, alle dimensioni, alla percentuale di territorio urbanizzato ed alla tipologia del suolo.

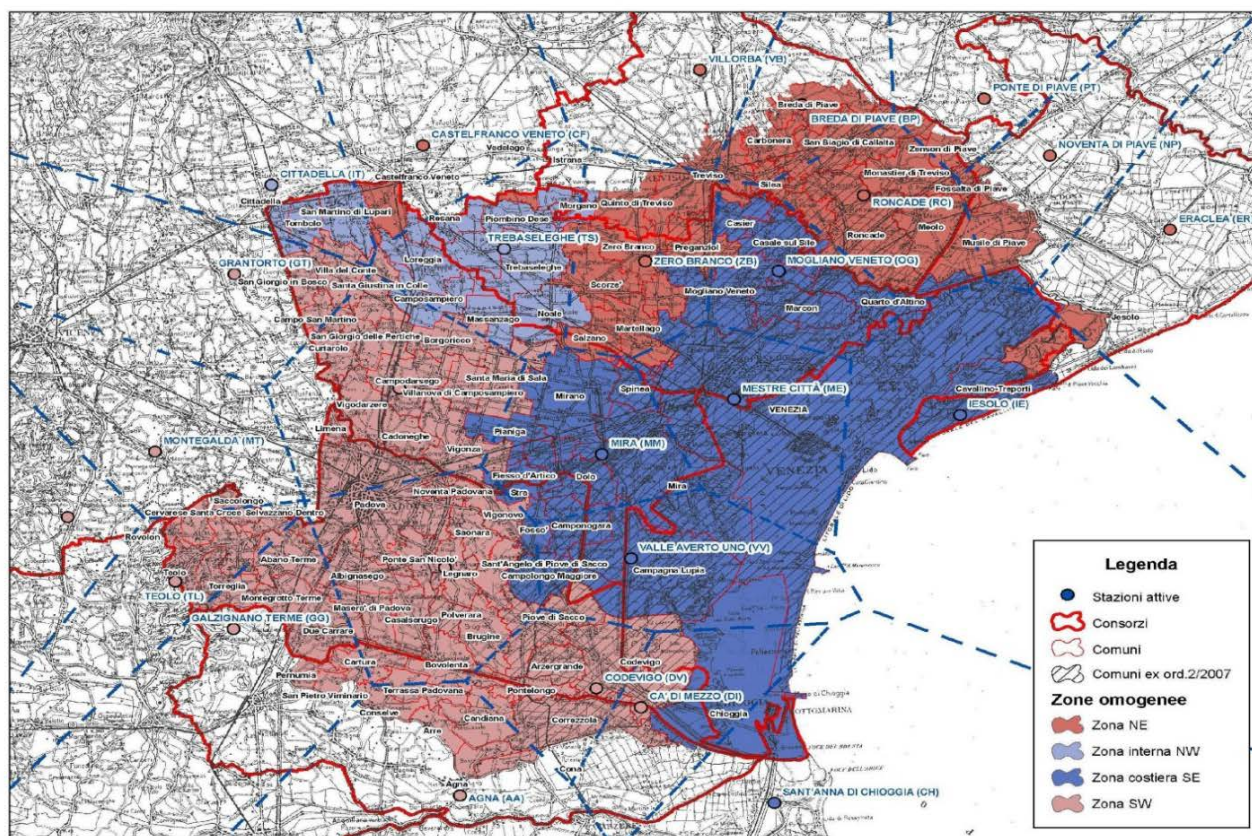
Per la trattazione teorica del modello utilizzato si rimanda in appendice alla presente relazione.

3.2 Individuazione dell'evento pluviometrico di progetto

In merito alla valutazione degli eventi pluviometrici estremi, a seguito della precipitazione calamitosa del 26.09.2007, il Commissario Delegato per l'Emergenza concernente gli eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto (OPCM n. 3621 del 18.10.2007), ha definito le nuove curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento nel territorio.

Il territorio oggetto di studio, per ciò che attiene alla pluviometria, è ricompreso all'interno di una unica zona omogenea dal punto di vista delle precipitazioni:

Zona Sud-Occidentale (SW): comuni di Abano Terme, Montegrotto, Rovolon, Saccolongo, Selvazzano Dentro, Teolo, Torreglia.



Si riportano di seguito le curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento per la zona SW, alla quale appartiene il territorio del Comune di Teolo.

Curva di possibilità pluviometrica a 3 parametri:

$$h = \frac{a}{(t+b)^c} t \quad (\text{con } t \text{ in minuti})$$

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

Tr	a	b	c
2	20.6	10.8	0.842
5	27.4	12.1	0.839
10	31.6	12.9	0.834
20	35.2	13.6	0.827
30	37.1	14.0	0.823
50	39.5	14.5	0.817
100	42.4	15.2	0.808

Per la definizione del rischio idraulico del territorio si sono indagati due eventi meteorologici correlati ad un tempo di ritorno di 20 anni e durata di 1 e 3 ore.

La precipitazione di 1 ora risulta infatti critica per i sistemi tubati ed i sottobacini di piccole dimensioni mentre la precipitazione intermedia di 3 ore risulta critica per i bacini di media estensione. Non sono indagate precipitazioni di durata maggiore in quanto i territori non contribuirebbero in modo significativo alla formazione di portate considerevoli e dannose per la rete.

Utilizzando le curve di possibilità pluviometrica estrapolate dagli studi statistici eseguiti dal Commissario Delegato per l’Emergenza concernente gli eventi meteorologici che hanno colpito parte del territorio della Regione Veneto nel Settembre 2007, si ottengono i seguenti valori:

parametri (Tr 20aa)	Tp 1 ora	Tp 3 ore
Altezza di pioggia (mm)	73.74	81.39
Intensità di pioggia (mm/h)	60.37	27.13

Infine si è assegnata una precipitazione pari a 1 mm/ora per le 3 ore precedenti l’evento in modo da simulare una condizione di saturazione del terreno prima del verificarsi della precipitazione critica.

4. IL MODELLO IDRAULICO

4.1 La schematizzazione matematica

Ai fini della modellazione matematica della rete idrografica che interessa il territorio comunale è stato implementato un unico modello idraulico rappresentativo delle aste dei seguenti scoli consortili: il Rialto, il Rialtello del Piano, il Fossalunga, il Rialtello dei Molini, il Degora, il Cologna, il Colognetta. Il modello è stato quindi completato con la schematizzazione della rete di collettori per la raccolta delle acque bianche (segnatamente per l'abitato di Treponti, San Biagio e la Zona industriale) e dei principali fossi privati. Inoltre è stato modellato il comportamento del bacino a deflusso meccanico alternato asservito alla idrovora di Treponti (800 l/s).

La rete idrografica è stata complessivamente schematizzata mediante n.489 nodi, n.488 tronchi e n.1 scarichi, come di seguito rappresentato dal modello in figura.



IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

4.2 Individuazione dei bacini imbriferi

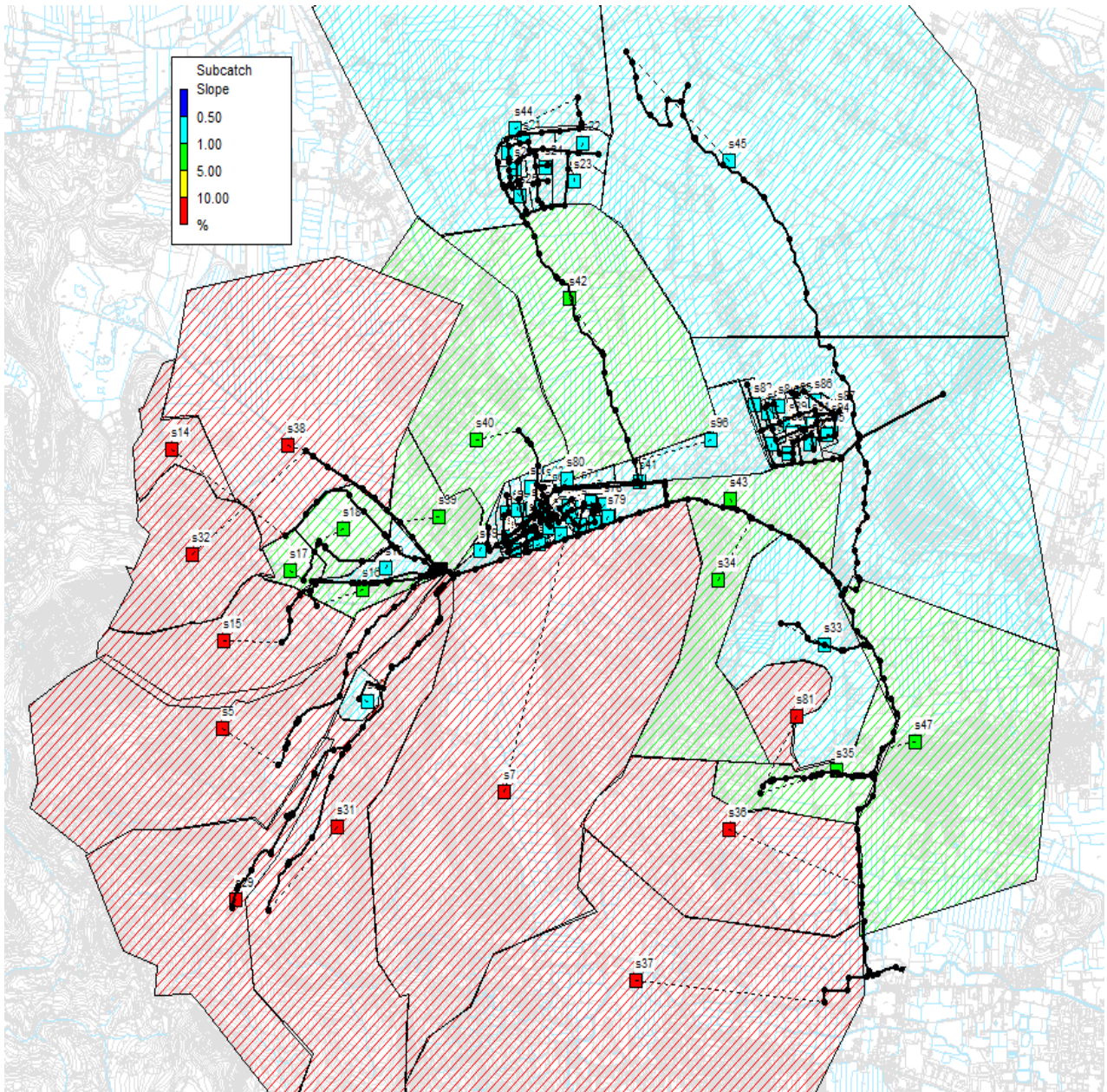
Si definisce bacino idrografico o bacino tributario apparente, l'entità geografica costituita dalla superficie scolante sottesa ad una sezione trasversale di un corso d'acqua. Nel linguaggio tecnico dell'idraulica fluviale la corrispondenza biunivoca che esiste tra sezione trasversale e bacino idrografico si esprime affermando che la sezione "sottende" il bacino, mentre il bacino idrografico "è sotteso" alla sezione. L'aggettivo "apparente" si riferisce alla circostanza che il bacino viene determinato individuando, sulla superficie terrestre, lo spartiacque superficiale senza tenere conto che particolari formazioni geologiche potrebbero provocare in profondità il passaggio di volumi idrici da un bacino all'altro.

Il bacino idrografico può essere definito [Puglisi] *"come il luogo dei punti da cui le acque superficiali di provenienza meteorica ruscellano verso il medesimo collettore"*. In altri termini il bacino idrografico è l'unità fisiografica che raccoglie i deflussi superficiali, originati dalle precipitazioni che si abbattano sul bacino stesso, che trovano recapito nel corso d'acqua naturale e nei suoi diversi affluenti.

A ciascun bacino è stato associato un grado di impermeabilità legato alla configurazione del territorio e alla presenza o meno di zone impermeabili quali strade, piazzali dipendenti dal locale uso del suolo.

In generale la porzione di territorio in esame presenta delle urbanizzazioni sparse, concentrate in corrispondenza al capoluogo, alla zona artigianale ed alle frazioni principali di Tombelle e Celeseo. In queste aree si riscontrano delle impermeabilizzazioni variabili tra il 30 e 70%. La restante parte del territorio è prettamente a carattere agricolo e quindi presenta delle ridotte percentuali di impermeabilizzazione (variabili tra il 10 e il 20%).

Il bacino di pertinenza è stato suddiviso in n.82 sottobacini elementari, come di seguito riportato.



IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

4.3 Parametri idraulici di simulazione

I principali parametri di simulazione idraulica utilizzati sono i seguenti:

- scabrezza canali/fossati: $0,040 \text{ s/m}^{(1/3)}$;
- scabrezza tubazioni: $0,016 \text{ s/m}^{(1/3)}$;
- coefficiente di perdita di carico imbocco/sbocco tombinamenti: 0,5 / 1,0;
- modello di infiltrazione: SCS runoff Curve Number;
- invasi superficiali aree pavimentate: (3÷32) mm, per la maggior parte dei bacini imbriferi si è utilizzato un vaso superficiale di 3 mm;
- invasi superficiali aree permeabili: (15÷50) mm, per la maggior parte dei bacini imbriferi si è utilizzato un vaso superficiale di 25 mm;

Come condizioni al contorno si è assunto assunte:

- livello di piena dello scolo Rialto, pari a 9,40 m s.l.m. (tirante 2,5 m);
- portata massima impianto idrovoro Tre Ponti: 800 l/s;
- chiusura paratoia impianto idrovoro: 12,00 m s.l.m.;
- portata iniziale di deflusso ordinario sullo scolo Rialto $0,150 \text{ m}^3/\text{s}$.

4.4 Risultati delle simulazioni allo stato di fatto

Dall'analisi delle simulazioni matematiche condotte allo stato di fatto sono emerse diverse criticità concentrante sia in corrispondenza alle fognature dei centri abitati sia lungo alcuni tratti degli scoli a cielo aperto.

Il confronto dei risultati del modello con le aree effettivamente allagate (segnalate dal comune e dai consorzi come zone critiche) ha permesso di evidenziare una buona corrispondenza tra i valori matematici del modello e gli eventi accaduti nel passato.

In seguito si descrivono i principali risultati delle simulazioni eseguite considerando eventi di durata pari rispettivamente ad 1 ora e 3 ore ed il cui tempo di ritorno, ovvero la frequenza media di accadimento, è pari a 20 anni.

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

Simulazione con tempo di pioggia pari ad 1 ora

I risultati della simulazione condotta con un tempo di pioggia pari ad 1 ora sono riportati in allegato grafico *T13 – Carta delle simulazioni idrauliche allo stato di fatto (Tp=1 ora)*, in cui si rappresentano tutte le tratte di schematizzazione della rete con il massimo grado di riempimento registrato.

In corrispondenza ad un evento climatico di tale entità, si può osservare quanto segue:

- le reti di fognatura bianca a drenaggio dell'abitato di Treponti entrano in pressione, specie per la parte a N della S.P. n.89;
- alcune tratte della rete di fognatura bianca a servizio dell'abitato di San Biagio entrano in pressione;
- alcune tratte della rete di fognatura bianca a servizio della Zona industriale entrano in pressione;
- i livelli sullo scolo consortile Rialto e sui suoi affluenti mantengono un franco di sicurezza adeguato, raggiungendosi mediamente dei riempimenti del collettore massimi pari al 75%;
- non si riscontrano lungo la rete idrografica principale annullamenti del franco con raggiungimento delle quote del piano stradale e dei piani campagna limitrofi.

Si evidenziano quindi alcune esondazioni, con livelli idrici che superano il piano campagna, nelle solo seguenti tratte urbanizzate:

- località Treponti in via I° maggio;
- località San Biagio in via Grillo;
- Zona industriale, via Volta e via dell'Industria.

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

Simulazione con tempo di pioggia pari a 3 ore

I risultati della simulazione condotta allo stato di fatto con un tempo di pioggia pari a 3 ore sono interamente riportati in allegato grafico elaborato *T14 – Carta delle simulazioni idrauliche allo stato di fatto (Tp=3 ore)*, in cui si rappresentano tutte le tratte di schematizzazione della rete con il massimo grado di riempimento registrato.

In corrispondenza ad un evento climatico di tale portata, si osserva il manifestarsi dei medesimi fenomeni registrabili per un tempo di pioggia inferiore, con un incremento delle situazioni di criticità in corrispondenza agli scoli a causa dei maggiori afflussi che con questo evento possono defluire nella rete.

In aggiunta alle criticità evidenziate per un tempo di pioggia di 1 ora, si osserva che il massimo grado di riempimento dei collettori viene raggiunto nelle seguenti tratte:

- le reti fognarie a servizio di Treponti, Bresseo, San Biagio e della Zona industriale entrano in pressione per gran parte del loro sviluppo;
- lo scolo Rialto, nella tratta inferiore in corrispondenza dell'abitato di Tramonte e fino oltre il confine comunale con Torreglia;
- lo scolo Rialto nel tratto superiore posto a monte dell'impianto idrovoro di Treponti a confine comunale con Cervarese;
- lo scolo Degora nel tratto a monte della confluenza con lo scolo Rialto in prossimità di Treponti.

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

5. LE CRITICITA' IDRAULICHE DEL TERRITORIO

La precedente fase analitica di Piano ha consentito di individuare le tratte della rete idrografica comunale, a cielo aperto e tombinata, che in occasione ad eventi climatici estremi presentano delle situazioni di sofferenza e criticità idraulica.

Nella maggior parte dei casi, nei limiti della modellazione, si è potuta verificare la buona rispondenza tra i risultati della modellazione e le registrazioni storiche delle aree e degli ambiti che hanno manifestato delle situazioni di sofferenza idraulica. Ovviamente tali limiti non hanno consentito di discretizzare tutto il territorio, essendoci degli ambiti e delle tratte di collettori che, per loro natura e/o ubicazione, non possono essere integrati significativamente nel modello.

Pertanto, ai fini della individuazione delle aree soggette ad esondazione, allagamento ed a difficoltà puntuali di deflusso, in generale aree a criticità del territorio, si sono prese in considerazione:

- le risultanze della modellazione idraulica della rete e dei tombinamenti;
- le registrazioni storiche di allagamenti e criticità.

La tabella di seguito riportata elenca le dieci criticità evidenziate nel territorio comunale (codice e ubicazione), con la descrizione del fenomeno di sofferenza idraulica che le caratterizza.

Si rimanda quindi all'allegato *T07 – Carta delle criticità e degli allagamenti registrati* per una rappresentazione grafica delle aree individuate e all'allegato *R01 – Relazione generale* per le Schede riassuntive di ogni criticità individuata.

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

6. GLI INTERVENTI DI PIANO

Per la risoluzione delle criticità evidenziate si rende necessaria la realizzazione di alcuni interventi di riqualifica del sistema idrografico e delle reti tubate, in parte attualmente insufficiente a garantire la sicurezza idraulica già in occasione ad eventi climatici caratterizzati da un tempo di ritorno di 20 anni.

In generale si evidenzia come l'insufficienza dei collettori sia sostanzialmente un fenomeno correlato alla crescente impermeabilizzazione dei suoli che ha diminuito la capacità drenante del terreno e di conseguenza incrementato le portate afferenti alla rete, la quale a sua volta non è stata nel tempo adeguata, mediante ricalibrature, alle nuove esigenze di smaltimento delle acque meteoriche.

Di seguito si riporta la descrizione degli interventi di piano e le simulazioni idrauliche condotte per il loro dimensionamento. Si sottolinea che tutte le simulazioni nella configurazione di progetto hanno previsto, per quanto riguarda parte della rete tubata dei centri abitati, la condizione di condotte esistenti pulite da depositi (es. dopo interventi di idropulizia).

INTERV.	DENOMINAZIONE
P.01	Villa di Teolo – via Euganea Villa
	<i>Criticità presente: C.01 Pulizia ed espurgo dello scolo Montan nel tratto interposto tra l'attraversamento di via Euganea Villa e l'immissione in Degora per 250 m circa. Rifacimento degli attraversamenti insufficienti con adeguata sezione e ricalibrazione della sezione utile di deflusso.</i>
P.02	Costigliola – via Costigliola Monticello
	<i>Criticità presente: C.02 Pulizia ed espurgo dello scolo Calto Marise e della rete di scoline nella porzione compresa tra via Molinrotto e via Valli per circa 700 m circa, con ricalibrazione della sezione utile di deflusso. Verifica della funzionalità degli attraversamenti insufficienti di via Valli con eventuale rifacimento.</i>
P.03	Treponti – via Padre Kolbe
	<i>Criticità presente: C.03 Rialzo arginale in sponda sinistra allo scolo Degora per una estesa di circa 150 m a valle di via Padre Kolbe. Pulizia ed espurgo del tratto terminale dello scolo Degora a monte</i>

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

dell'immissione in Rialto per una estesa di complessivi 400 m. Pulizia e sistemazione dell'attraversamento di via Vallarega.

P.04 Tre Ponti – via I° maggio

Criticità presente: C.04

Risezionamento del capofosso N per lo scarico in scolo Fossalunga per una estesa di 450 m. Realizzazione di un nuovo bacino di invaso per laminazione delle piene di $S=12.000 \text{ m}^2$. Installazione di una porta a vento antireflusso in corrispondenza allo scarico in scolo Fossalunga. Realizzazione di nuovo impianto di sollevamento da 500 l/s per attuare un deflusso meccanico alternato verso lo scolo ricettore Fossalunga.

P.05 San Biagio – via Euganea Praglia (S.P. n.89)

Criticità presente: C.05

Pulizia ed espurgo dei fossati di scarico dalla S.P. n.89 verso lo scolo Rialto per uno sviluppo complessivo di 1.350 m. Pulizia dei tombinamenti presenti lungo la S.P. n.89. Realizzazione di nuovo attraversamento della S.P. n.89 con condotta di diametro minimo 800mm.

P.06 San Biagio – via Carmignoto

Criticità presente: C.06

Intercettazione della linea fognaria e nuova condotta di scarico diametro 800mm in scolo Rialtello. Installazione di una porta a vento antiriflusso allo scarico in Rialtello. Pulizia mediante canal-jet dell'attraversamento esistente della S.P. n.89. Risezionamento del capofosso del cimitero dalla S.P. n.89 alla S.P. n.60 per una estesa di 650 m. Pulizia ed espurgo del fondo del fossato di guardia della S.P. n.89 e lungo via Abbazia di Praglia per 750 m.

P.07 Feriole – via Diego Valeri

Criticità presente: C.07

Risezionamento dei capofossi di scarico verso S in direzione dello scolo Poggese per una estesa complessiva di 1.250 m. Rifacimento dell'attraversamento di collegamento e scarico della linea meteorica di via Valeri. Pulizia, espurgo e risezionamento dei fossati rimasti lungo via Valeri.

P.08 Tramonte – via Boscalbò

Criticità presente: C.08

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

Pulizia, espurgo e risezionamento delle scoline esistenti nell'area critica per una estesa di circa 800 m. Verifica della funzionalità e idropulizia dei tombinamenti esistenti per il collegamento dell'area allo scolo consortile Pozzacale.

P.09 Tramonte – via dei Salici

Criticità presente: C.09

*Pulizia, espurgo delle scoline esistenti nell'area critica per una estesa di circa 400 m.
Risezionamento della scolina di scarico in scolo Rialto per una estesa di circa 500 m.*

P.10 Monteortone – via San Daniele

Criticità presente: C.10

*Pulizia, espurgo delle scoline esistenti nell'area critica per una estesa di circa 200 m.
Risezionamento della scolina di scarico in scolo Rialto per una estesa di circa 450 m fino al confine comunale con Torreglia. Verifica della funzionalità ed idropulizia del tombinamento esistente in attraversamento a via San Daniele.*

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

6.1 Risultati delle simulazioni allo stato di progetto

Partendo dalle schematizzazioni in precedenza descritte allo stato di fatto sono stati implementati nel modello i seguenti Interventi di Piano:

- P.03 – Rialzo arginale dello scolo Degora in sponda sinistra;
- P.04 – Nuovo fossato, bacino di laminazione e impianto di sollevamento;
- P.06 – Nuova condotta di scarico in Rialtello e risezionamento capofosso del cimitero.

Per tutti gli altri Interventi, che prevedono sostanzialmente la pulizia, l'espurgo e/o il risezionamento di scoline e capofossi esistenti, sono state adeguatamente adattate le scabrezze dei corsi d'acqua interessati.

Si rimanda ai seguenti allegati grafici per i risultati delle simulazioni:

- T15 – *Carta delle simulazioni idrauliche allo stato di progetto (Tp=1 ora);*
- T16 - *Carta delle simulazioni idrauliche allo stato di progetto (Tp=3 ore).*

Dall'analisi delle simulazioni modellistiche si evince che le previste opere consentiranno di risolvere le criticità per le quali sono state implementate. Si riportano di seguito alcuni profili nell'istante di massimo riempimento dei collettori per confronto con le tratte riportate allo stato di fatto.

In generale gli interventi di Piano consentono di contenere i livelli idrici dei collettori nelle tratte che allo stato di fatto manifestavano fenomeni di esondazione. Nonostante gli interventi previsti, specie per le reti di fognatura, si verifica ancora il funzionamento in pressione di diverse tratte, situazioni causata dalla insufficienza delle sezioni delle condotte in relazione al carico di pioggia afferente.

7. APPENDICE 1 - MODELLO DI CALCOLO EPA SWMM

7.1 Generalità

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

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

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

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

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

La variabilità spaziale di questi processi è realizzata dividendo la zona di studio in sottobacini, *subcatchment*, ognuna delle quali sarà divisa sulla base dell'area permeabile ed impermeabile. Il flusso terrestre può essere diretto fra i *subcatchments*, o nei punti di entrata di una rete di fognatura.

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

- rete di drenaggio con numero di maglie illimitato;

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

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

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

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

7.2 Descrizione matematica del modello di calcolo

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

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

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

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

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

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

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

Dove n è il coefficiente di scabrezza secondo Manning, V la velocità di flusso (pari al rapporto tra la portata Q e la sezione di area liquida trasversale A, R è il raggio idraulico della sezione di flusso, e k=1,49 nell'unità US e 1,0 nel sistema metrico. Il termine che tiene conto della normale perdita di energia hL può essere

espresso come $\frac{K \cdot V^2}{2 \cdot g \cdot L}$ dove K è il coefficiente di perdita in corrispondenza della posizione x e L la lunghezza della condotta.

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

Quando si analizza una rete di condotte, è necessario inserire una relazione aggiuntiva di continuità per i nodi che connettono due o più condotte. In SWMM la continuità del pelo libero si presume che esista tra il tirante al nodo e quello corrispondente alla condotta in ingresso e uscita (ad eccezione dei nodi a caduta libera). Il cambiamento nel pelo libero H al nodo al variare del tempo può essere espresso come segue :

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

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

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

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

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

$$\Delta Q_{gravity} = g \bar{A} \cdot (H_1 - H_2) \cdot \Delta t / L;$$

$$\Delta Q_{inertial} = 2\bar{V} \cdot (\bar{A} - A_1) + V^2 \cdot (A_2 - A_1) \cdot \Delta t / L;$$

$$\Delta Q_{friction} = \frac{g \cdot n^2 \cdot |\bar{V}| \cdot \Delta t}{k^2 \cdot \bar{R}^{4/3}};$$

$$\Delta Q_{losses} = \frac{\sum_i K_i \cdot |V_i| \cdot \Delta t}{2L};$$

dove:

\bar{A} area liquida media nella condotta;

\bar{R} Raggio idraulico medio nella condotta;

\bar{V} Velocità di flusso medio all'interno della condotta;

V_i Velocità di flusso locale alla posizione i lungo la condotta;

K_i coefficiente di perdita locale alla posizione i lungo la condotta;

H_1 livello al nodo di monte della condotta;

H_2 livello al nodo di valle nella condotta;

A_1 area trasversale all'estremità di monte della condotta;

A_2 area trasversale all'estremità di valle della condotta.

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

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

Dove ΔVol rappresenta il volume netto defluito attraverso il nodo terminato il passo temporale e dato dalla seguente relazione:

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

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

- Una prima stima del flusso in ogni condotta al tempo $t + \Delta t$ è svolta dalla soluzione dell'equazione (4) usando i livelli, le aree e le velocità trovate al tempo corrente t .

Successivamente lo stesso viene fatto per livelli mediante la valutazione dell'espressione (5) usando le portate appena compute. Queste soluzioni sono denominate come Q^{last} e H^{last} .

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

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

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

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

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

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

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

7.3 Descrizione del processo fisico di formazione dei deflussi

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

La simulazione mediante modelli matematici del processo di trasformazione delle precipitazioni in deflussi, che si verifica in un bacino idrografico, per la complessità dei fenomeni fisici coinvolti, rende

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

necessaria l'introduzione di semplificazioni che riguardano sia le leggi che governano le varie fasi del processo che la rappresentazione geomorfologica ed idrografica del bacino stesso.

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

Per meglio comprendere il modello afflussi-deflussi, occorre descrivere sinteticamente i processi che avvengono all'interno del bacino quando si verifica su di esso un evento di precipitazione di una certa entità.

Quando l'acqua meteorica raggiunge il terreno (dopo un eventuale processo di intercettazione da parte della vegetazione) parte di essa evapora e ritorna nell'atmosfera; tale processo risulta però trascurabile nel caso di precipitazioni intense di breve durata.

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

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

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

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

Aree permeabili

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

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

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

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

dove:

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

IDEVA Ingegneria www.idevaingegneria.it	PIANO DELLE ACQUE DEL COMUNE DI TEOLO (PD) Relazione idraulica	15022 Data – dicembre 2016
--	--	-------------------------------

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

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

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

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

Dai dati disponibili in letteratura e dai test di validità del modello effettuati con misure sperimentali e tramite confronto con altri modelli matematici, si può ritenere che il coefficiente k può assumersi pari 4.14 h^{-1} .

Aree impermeabili

Per le aree impermeabilizzate dagli insediamenti antropici, la pioggia netta efficace è stata ottenuta mediante la sola sottrazione della detenzione superficiale stimata, secondo valori di letteratura, pari a 1.57 mm.

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

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

La precipitazione elementare avente un volume:

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

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

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

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

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

$$V = K \cdot Q.$$

Si consideri l'equazione di continuità dei serbatoi:

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

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

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

e quindi integrando tra 0 e t si ottiene:

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

Si ottiene perciò:

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

che confrontata con l'integrale di convoluzione fornisce:

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

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

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

- K è il coefficiente di invaso;
- L è la lunghezza del bacino;
- I_{max} è l'intensità massima della pioggia netta;
- n è il coefficiente di scabrezza superficiale di Manning;
- S è la pendenza del bacino.