



UNIVERSITA' POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTA' DI INGEGNERIA

Corso di Laurea triennale in Ingegneria Civile-Ambientale

**ANALISI IDRAULICA A SUPPORTO DELLO STUDIO DELL'IMPATTO DI SCOLMATORI
DI FOGNATURA MISTA DELL'AGGLOMERATO DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO (AP)**

**Hydraulic analysis in support of the study of the impact of combined sewer
overflows in San Benedetto del Tronto**

Relatore: Chiar.ma

Prof. **Darvini Giovanna**

Correlatore: Chiar.ma

Prof. **Eusebi Anna Laura**

Tesi di Laurea di:

Palmisano Andrea

A.A. 2021 / 2022

SOMMARIO

Capitolo 1: Introduzione.....	4
Capitolo 2: Stato dell'arte.....	6
2.1 Inquadramento normativo.....	6
2.2 Software di modellazione SWMM.....	11
Capitolo 3: Materiali e metodi.....	13
3.1 Agglomerato di San Benedetto del Tronto.....	13
3.2 Misuratori di portata Kaptor.....	16
3.3 Elaborazione dati telecontrollo.....	21
3.4 Costruzione del modello idraulico.....	24
3.4.1 Definizione dei sottobacini.....	25
3.4.2 Definizione degli eventi di pioggia.....	28
3.4.2.1 Costruzione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica mediante l'applicazione del metodo dei casi critici e l'elaborazione statistica secondo Gumbel.....	30
3.4.2.2 Precipitazioni in continuo dell'Anno Tipico.....	35
3.4.3 Definizione dei pozzetti.....	37
3.4.4 Definizione delle condotte.....	40
3.4.5 Definizione degli scolmatori.....	43
Capitolo 4: Risultati e discussione.....	51
4.1 Kaptor.....	51
4.2 Telecontrollo.....	54
4.3 Sottobacini.....	61
4.4 Eventi meteorici – Elaborazione statistica di Gumbel.....	62
4.4.1 Stazione di San Benedetto del Tronto.....	62

4.4.2 Stazione di Grottammare.....	65
4.4.3 Metodo delle distanze inverse.....	67
4.5 Pozzetti.....	68
4.6 Condotte.....	72
4.7 Vasche.....	76
Conclusioni.....	78
Appendice.....	80
Bibliografia.....	84
Sitografia.....	85
Indice figure.....	86
Indice grafici.....	87
Indice tabelle.....	87

Capitolo 1: Introduzione

Per rete fognaria si intende il complesso di canalizzazioni necessarie per raccogliere ed allontanare da insediamenti civili e/o produttivi le acque “bianche” superficiali e quelle reflue “nere”, che provengono dal metabolismo umano e dalle attività industriali. Le reti di fognatura possono essere a sistema separato, dove le acque bianche e le acque nere sono raccolte in sistemi di condotte differenti, o a sistema unitario, configurazione più diffusa.

In quest’ultimo caso è necessaria la presenza degli scolmatori di portata, manufatti che garantiscono il corretto funzionamento della rete ed evitano fenomeni di allagamento, in particolar modo durante eventi meteorici intensi. La loro funzione è quella di scaricare in un corpo idrico ricevente un’aliquota della portata raccolta in tempo di pioggia, che risulti in eccesso rispetto alla massima portata che può essere inviata all’impianto di trattamento. Ciascun manufatto è caratterizzato da un coefficiente di diluizione “c” di progetto, usualmente definito come il rapporto tra la portata ammessa nell’impianto di depurazione (data dalla somma della portata media di tempo asciutto e quella di pioggia) e quella media di tempo asciutto. Quindi gli scolmatori, anche detti CSO (Combined Sewer Overflows), entrano in funzione per ogni portata che supera questo fattore. Il coefficiente di diluizione è solitamente compreso tra 4 e 6 nel caso di centri medio-piccoli e tra 2.5 e 3 nel caso di grandi centri urbani. Nonostante ciascun manufatto venga dimensionato come parte unitaria della rete fognaria, i valori di diluizione sono influenzati dalle particolarità della rete e dalle caratteristiche del territorio, come le attività produttive e commerciali e gli insediamenti civili presenti a monte del punto di scolmo. I valori di diluizione minimi vengono solitamente normati da regolamenti locali e/o da leggi o appositi piani regionali, solitamente ripresi nel Piano di Tutela delle Acque. È ovviamente necessario che il fattore di diluizione adottato sia superiore al coefficiente di punta delle sole acque nere onde evitare lo scarico di acque reflue non trattate e non diluite.

Particolare attenzione deve essere posta alle acque di prima pioggia, ovvero l’acqua che viene raccolta immediatamente a seguito dell’inizio dell’evento meteorico, poiché possono risultare ricche di inquinanti soprattutto dopo periodi prolungati di tempo secco. È opportuno quindi che i dispositivi di sfioro siano in grado di trattenere le acque di prima pioggia per poi scaricare quelle che giungono in un secondo momento.

Invece, nel caso di sistemi fognari separati è vietato avere scolmatori; tutta la portata nera deve arrivare ed essere trattata in un impianto di depurazione.

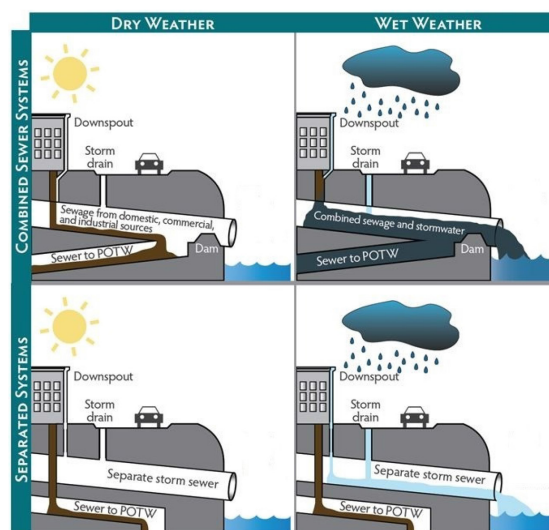


Figura 1 - Schematizzazione del sistema di fognatura misto (sopra) e separato (sotto) in tempo asciutto e di pioggia

Nel presente elaborato di tesi si studiano dal punto di vista delle portate idrauliche gli scolmatori ricadenti nel bacino idrografico del comune di San Benedetto del Tronto, in provincia di Ascoli Piceno, i quali scolmano la portata in eccesso in diversi corpi idrici superficiali (Torrente Albula, Fosso della Fornace, Fosso dell'Acquachiara, Torrente Ragnola e Fosso collettore) che confluiscono nel Mar Adriatico.

Questa analisi nasce a seguito della necessità da parte di CIIP spa - Cicli Integrati Impianti Primari, gestore del servizio idrico integrato della zona considerata, di studiare, anche dopo specifici accordi con l'ente competente (Provincia di Ascoli Piceno) gli effettivi impatti ambientali prodotti da questi manufatti, anche in termini di balneabilità o di qualità delle acque superficiali.

Infatti, i CSO rappresentano un grave problema ambientale per i corpi idrici superficiali interessati, in quanto i flussi scaricati dagli scolmatori sono estremamente impattanti definendo tali eventi come "inquinamento breve", dal momento che le acque scolmate, nonostante siano diluite, contengono al loro interno inquinanti convenzionali (nutrienti, solidi in sospensione, sostanza organica, microrganismi patogeni), ma soprattutto sostanze, seppur presenti in piccola quantità, che hanno elevata tossicità come ad esempio i metalli pesanti e gli idrocarburi depositati sulle superfici impermeabili a causa del traffico motorizzato e trasportati poi dalle acque di dilavamento. Il contributo di tali sovrarafflussi in termini di inquinanti, risulta estremamente variabile ed è lecito attendersi un incremento di questa variabilità a causa di una maggiore irregolarità ed intensità delle precipitazioni poiché la loro concentrazione dipende non solo dal carico proveniente dalle acque reflue scaricate in fognatura e dalle acque di prima pioggia, ma anche dall'intensità e durata dell'evento di pioggia e dal tempo trascorso tra due eventi successivi.

Negli ultimi decenni si è verificata una maggiore frequenza degli eventi meteorici intensi per cui risulta fondamentale controllare il funzionamento di tali manufatti. Gli impatti ambientali ed igienico-sanitari determinati da questi flussi scolmati risultano più o meno rilevanti in funzione anche del corpo d'acqua superficiale, di recapito intermedio e finale, in cui vengono sversati. Alla luce di tutto ciò risulta fondamentale considerare non soltanto la portata idraulica sversata, ma anche la qualità delle acque di sfioro, quest'ultima non analizzata nel seguente studio.

Capitolo 2: Stato dell'arte

2.1 Inquadramento normativo

L'impatto che gli scolmatori di piena hanno sui corpi idrici ricettori è ben noto a livello comunitario, nazionale e regionale dove si concentrano la maggior parte di normative e regolamenti poiché risulta necessaria una conoscenza approfondita delle caratteristiche idrogeologiche del territorio.

A livello nazionale l'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia Reti e Ambiente), organismo indipendente, svolge attività di regolazione e controllo nei settori dell'energia elettrica, del gas naturale, dei servizi idrici, del ciclo dei rifiuti e del telecalore.

In particolare, per il servizio di fognatura, l'obiettivo delle misure adottate (individuazione di un macro-indicatore M4 denominato "Adeguatezza del sistema fognario") è quello di minimizzare l'impatto ambientale derivante dal convogliamento delle acque reflue andando a coniugare elementi di adeguatezza normativa con quelli operativi/strutturali.

(<https://www.arera.it>)

Le delibere emanate dall'ARERA, in materia di servizio idrico integrato, forniscono i principi guida sui quali si basano i PTA (Piani di Tutela delle Acque) di ciascuna regione, i quali hanno lo scopo di raggiungere gli obiettivi di qualità dei corpi idrici e tutelare a livello quali-quantitativo la risorsa idrica, garantendo un approvvigionamento idrico sostenibile nel lungo periodo.

Il PTA della Regione Marche è stato approvato dall'assemblea legislativa regionale con delibera DACR n.145 del 26/01/2010 e rappresenta il mezzo tramite il quale la Regione individua gli strumenti per la protezione e la conservazione della risorsa idrica.

Gli obiettivi di questi strumenti di pianificazione regionale sono perseguiti attraverso misure ed interventi adottati e previsti per ogni ciclo di pianificazione (sessennale).

La sezione di interesse è la sezione D, ovvero quella relativa alle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) che sono distinte in sette capi, di cui si considera il Capo IV riguardante le misure di tutela qualitativa. In particolare, si evidenziano gli articoli correlati agli scolmatori.

(<https://www.regione.marche.it>)

Art. 36 – SCARICHI A MARE DI ACQUE REFLUE URBANE

Il Comma 1 dichiara che *"Gli scarichi in mare di acque reflue urbane, provenienti da impianti di depurazione o da reti fognarie, inclusi quelli degli sfioratori di piena delle reti fognarie, devono avvenire al largo delle opere di difesa costiera parallele alla costa e oltre l'estremità delle opere marittime perpendicolari alla costa (moli, pennelli, ecc)."*

Nell'eventualità che ciò non si possa verificare, il Comma 2 afferma che *"Gli scarichi di cui al comma 1 possono avvenire anche in battigia, qualora non vi siano opere di difesa perpendicolari alla costa a distanza minore di 400 m."* Inoltre aggiunge che *"potranno essere tenute anche distanze inferiori, previa valutazione dell'autorità competente al rilascio dell'autorizzazione allo scarico, dell'impossibilità tecnica o dell'eccessiva onerosità, a fronte dei benefici ambientali conseguibili a recapitare in mare e acquisizione del parere igienico sanitario dell'ASUR territorialmente competente."*

Quindi gli scarichi in mare di acque reflue urbane, compresi gli scolmatori, devono avvenire al largo delle opere di difesa costiera o in battigia solo in particolari condizioni.

Art. 41 – RETI FOGNARIE

L'articolo disciplina le tipologie di fognature, nel dettaglio il Comma 4 afferma che *“le reti miste esistenti devono essere progressivamente separate, fatte salve le situazioni particolari ove non vi sia la possibilità tecnica di separazione a costi sostenibili e nel rispetto delle condizioni di sicurezza, a seguito di una valutazione costi benefici, che consideri anche gli oneri degli utenti per l'adeguamento degli scarichi interni ai lotti.”*

Il Comma 5 riguarda le reti separate e dichiara che *“è vietato scaricare nella fognatura nera qualsiasi acqua priva di carico inquinante o che, prima dell'immissione in rete, rispetti i limiti di emissione per lo scarico in acque superficiali”*. Poi, aggiunge che *“tali scarichi sono ammissibili, purché non pregiudichino la funzionalità dell'impianto di trattamento finale, qualora lo scarico diretto in acque superficiali risulti troppo oneroso.”*

Le disposizioni del Comma 5 vengono applicate anche al Comma 6 che riguarda le reti esistenti che non è possibile separare dichiarando che *“per esse deve essere prevista la progressiva eliminazione dell'immissione di acque non inquinate o che rispettano i limiti di emissione per lo scarico in corpo ricettore diverso dalla pubblica fognatura.”*

Art. 42 – ACQUE METEORICHE DI DILAVAMENTO, ACQUE DI LAVAGGIO, ACQUE DI PRIMA PIOGGIA

L'articolo fornisce informazioni a riguardo della gestione e del trattamento delle acque meteoriche. In particolare, come si può vedere dai seguenti Commi, le acque meteoriche derivanti da aree industriali o produttive devono essere trattate in impianti idonei, mentre per quelle di prima pioggia che non derivano da queste aree risulta necessaria la realizzazione di serbatoi per non scaricarle nel momento di massimo afflusso e successivamente trattarle in impianto di depurazione oppure deve essere previsto l'inserimento di un apposito trattamento delle acque stoccate.

Il Comma 1 afferma che le *“acque di lavaggio delle aree esterne adibite ad attività produttive o di servizi devono essere convogliate ed opportunamente trattate in idonei impianti.”* Inoltre pure le *“acque meteoriche di dilavamento delle medesime aree esterne devono essere convogliate e la loro frazione di prima pioggia deve anche essere opportunamente trattata in idonei impianti.”* Queste acque meteoriche di dilavamento di prima pioggia *“sono sottoposte alla disciplina delle acque reflue industriali.”* Non sono soggette a questa disciplina le acque meteoriche di dilavamento di seconda pioggia.

Nei Commi 2 e 3 sono elencate le attività produttive soggette alle specifiche del Comma 1.

Per le acque di prima pioggia diverse da quelle considerate nel Comma 1, il Comma 6 dichiara che *“è necessaria la realizzazione di serbatoi, ovvero di aree allagabili di stoccaggio, ovvero di qualsivoglia altro idoneo sistema, atti a trattenerle per il tempo sufficiente affinché non siano scaricate nel momento di massimo afflusso, quando i recettori, inclusa la pubblica fognatura, sono nell'incapacità di drenare efficacemente i volumi in arrivo, e anche per destinarle a trattamento, compatibilmente con le caratteristiche funzionali degli impianti di depurazione. In mancanza di impianto di depurazione disponibile, esse devono essere opportunamente pretrattate al fine di rimuovere, tramite sistemi di sedimentazione accelerata, o sistemi equivalenti per efficacia, la maggior parte possibile degli inquinanti presenti in forma solida o sospesa.”*

Il Comma 7 identifica, con lo scopo ultimo di calcolare i volumi di acqua da trattenerne ovvero da pretrattare o mandare in impianto, le acque di prima pioggia come quelle *“corrispondenti ad un'altezza di pioggia di 5mm.”* Viene anche aggiunto che per calcolare il volume, i coefficienti di

afflusso da assumere sono pari a 1 per le superfici impermeabili e 0.3 per quelle permeabili, escludendo dal calcolo le aree verdi e quelle coltivate.

Art. 43 – RETI FOGNARIE MISTE, ACQUE DI PRIMA PIOGGIA E SFIORATORI DI PIENA DELLE RETI FOGNARIE MISTE

Il Comma 1 dichiara che gli scaricatori di piena devono essere autorizzati allo scarico *“previa la necessaria verifica degli standard costruttivi e delle condizioni di funzionamento.”*

Il Comma 5 disciplina gli scolmatori di nuova realizzazione per i quali *“il rapporto minimo consentito tra la portata di punta in tempo di pioggia e la portata media in tempo di secco nelle ventiquattro ore (Qms) deve essere pari a quattro. Tale rapporto può ridursi a 2,5 per l'ultimo sfioro in prossimità dell'impianto di depurazione.”*

Gli scolmatori delle reti fognarie miste esistenti devono, secondo il Comma 6, essere adeguati alle norme del DPCM 4 marzo 1996 *“Disposizioni in materia di risorse idriche”*.

Il Comma 9 dichiara l'importanza, ai fini del raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale, della realizzazione e dell'adeguamento delle vasche di prima pioggia in prossimità degli scarichi di fognatura mista ubicati:

“- nei seguenti corsi d'acqua, nel tratto di 10 km dallo sbocco in mare: Tavollo, Foglia, Misa, Musone, Potenza, Tenna, Ete Vivo, Tesino;

- negli altri corsi d'acqua nel tratto di 5 km dallo sbocco in mare;

- direttamente in mare e nei laghi adibiti alla balneazione;

- negli emissari dei laghi adibiti alla balneazione e al prelievo idropotabile nel tratto di 10 km a monte del punto di immissione;

- nei corsi d'acqua superficiali nel tratto di 10 km a monte delle captazioni idropotabili;

- nei corpi idrici superficiali, aventi classi di qualità 4 e 5 delle acque superficiali, che accolgono scarichi provenienti da agglomerati superiori a 10.000 abitanti equivalenti.”

Infine, il Comma 10 afferma che *“la Giunta regionale può stabilire linee tecniche di indirizzo per la realizzazione dei sistemi di accumulo delle acque meteoriche e può definire altresì le modalità di funzionamento e di adeguamento degli scolmatori (sfioratori) di piena esistenti per garantire la corretta funzionalità in relazione agli obiettivi di tutela dei corpi recettori.”*

(PTA Regione Marche, 2010)

Inoltre, di fondamentale importanza è la Legge Galli n.36/94 che ha posto l'attenzione sul ciclo dell'acqua a partire dalla sua captazione per differenti usi, fino alla restituzione ai corpi ricettori in condizioni compatibili con la protezione e il rispetto di questi ultimi.

Viene definito il Sistema Idrico Integrato (SII) come *“l'insieme dei servizi pubblici di captazione, adduzione e distribuzione di acqua ad usi civili, di fognatura e di depurazione delle acque reflue”*, il quale va organizzato nell'ambito di un territorio omogeneo indicato come Ambito Territoriale Ottimale (ATO), superando in questo modo la frammentazione della gestione delle risorse idriche.

Alle Regioni è stato affidato l'incarico di individuare gli ATO e nel caso specifico della Regione Marche, con la Legge Regionale n.18/1998, si sono definiti 5 Ambiti Territoriali Ottimali:

- ATO 1, Marche Nord – Pesaro e Urbino;
- ATO 2, Marche Centro – Ancona;
- ATO 3, Marche Centro – Macerata;
- ATO 4, Marche Centro Sud – Alto Piceno Maceratese;

- ATO 5, Marche Sud – Ascoli Piceno.

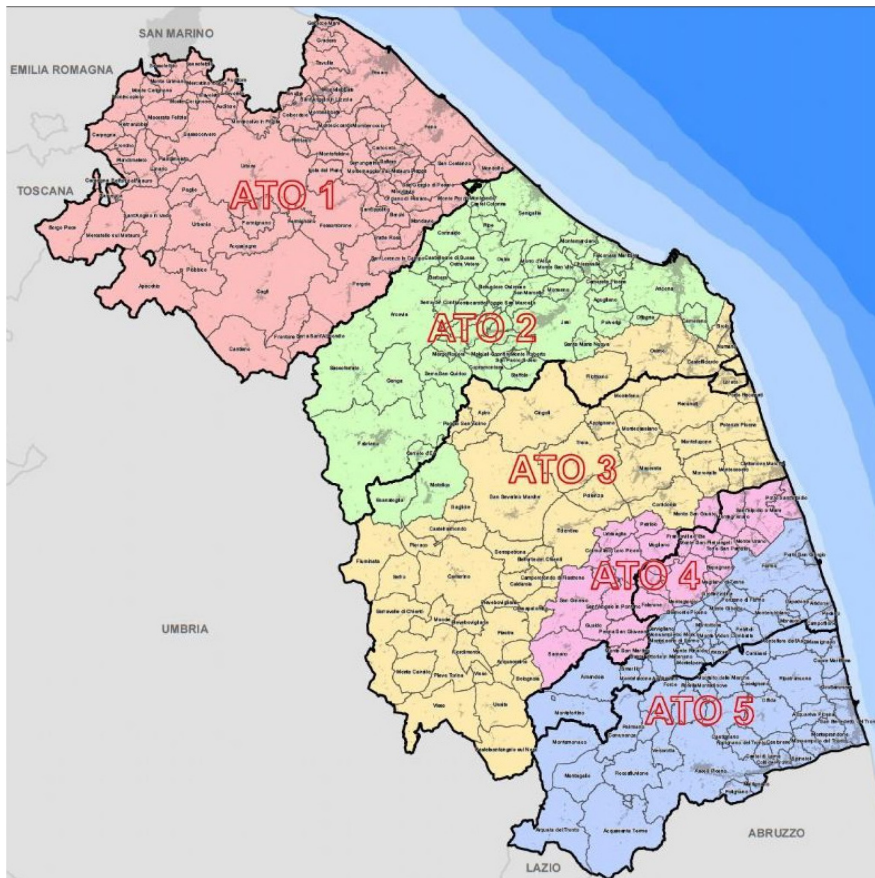


Figura 2 - Suddivisione ATO - Regione Marche

Il presente studio effettuato nel comune di San Benedetto del Tronto ricade nell'ATO n.5 che comprende 59 comuni, di cui la CIIP spa è il gestore unico del Servizio Idrico Integrato. (<https://www.regione.marche.it>; <https://www.ciip.it>)

La conoscenza dello stato di qualità dei corpi idrici superficiali è di fondamentale importanza al fine tutelare le risorse idriche e adottare misure finalizzate al risanamento del patrimonio idrico. Per conto della Regione Marche, l'ARPAM (Agenzia Regionale per la Protezione Ambientale delle Marche) effettua il monitoraggio dei corpi idrici fluviali presenti nel territorio e delle acque di balneazione.

Per quanto riguarda i corpi idrici superficiali, l'ARPAM monitora e valuta lo stato di qualità e lo stato ecologico e chimico dei corsi d'acqua attraverso campagne d'indagini triennali. Per la definizione dello stato ecologico (distinto in cinque classi: elevato, buono, sufficiente, scarso, cattivo) si analizzano gli indicatori biologici e i parametri chimico fisici; mentre quello chimico viene definito sulla base del rispetto dei limiti stabiliti in tabella 1/A del D.Lgs.152/2006. I risultati dell'ultimo ciclo triennale di monitoraggio sono presentati nella "Relazione Triennale 2018-2020 sulla qualità dei corpi idrici fluviali della Regione Marche", pubblicata nell'ottobre 2021. I risultati di questo report indicanti lo stato ecologico e lo stato chimico del Torrente Albula e del Torrente Ragnola, di interesse in questo elaborato di tesi, sono riportati in *Tabella 1*. Nella relazione vengono anche indicate le "pressioni" per ogni corso d'acqua, ovvero le fonti d'inquinamento responsabili dello stato dei corsi

d'acqua. Nella tabella successiva si riportano solo quelle "pressioni" riconducibili a un sistema fognario misto.

RELAZIONI TRIENNALI SULLA QUALITA' DEI CORPI IDRICI FLUVIALI DELLA REGIONE MARCHE							
CORSO D'ACQUA	STATO ECOLOGICO		STATO CHIMICO		PRESSIONI		
	2015-2017	2018-2020	2015-2018	2018-2021	SCARICHI URBANI	SFIORATORI	DILAVAMENTO URBANO
TORRENTE ALBULA	SCARSO	SUFFICIENTE	NON BUONO	BUONO	NO	SI	SI
TORRENTE RAGNOLA	SCARSO	SCARSO	BUONO	BUONO	SI	SI	SI

Tabella 1 - Stato ecologico e chimico dei corsi d'acqua nel Comune di San Benedetto del Tronto

L'ARPAM effettua anche attività di controllo sulla classe di qualità delle acque di balneazione (espresse in: eccellente, buona, sufficiente, scarsa), in base ai valori degli Escherichia coli e Enterococchi considerando, secondo quanto previsto dalla normativa, i risultati delle analisi degli ultimi quattro anni. Dai risultati delle attività di monitoraggio svolte durante le stagioni balneari 2020-2021, per il comune di San Benedetto del Tronto, in tutti i punti di analisi, è sempre risultato uno stato di qualità eccellente.

2.2 Software di modellazione SWMM

Il programma utilizzato per realizzare il modello idraulico della rete in questione è lo SWMM (Storm Water Management Model), sviluppato dal Water Supply and Water Resources Division dell'United States Environmental Protection Agency (US-EPA), che consente di creare un modello, adatto primariamente allo studio di aree urbane, per un'analisi dinamica degli afflussi-deflussi sia di un singolo evento che per un evento continuo e prolungato nel tempo.

Esso opera considerando un insieme di sottobacini idrografici che raccolgono le precipitazioni meteoriche, dai quali si generano deflussi idrici e carichi inquinanti, successivamente convogliati nel sistema di condotte, vasche di raccolta, pompe e regolatori di flusso che compongono il modello.

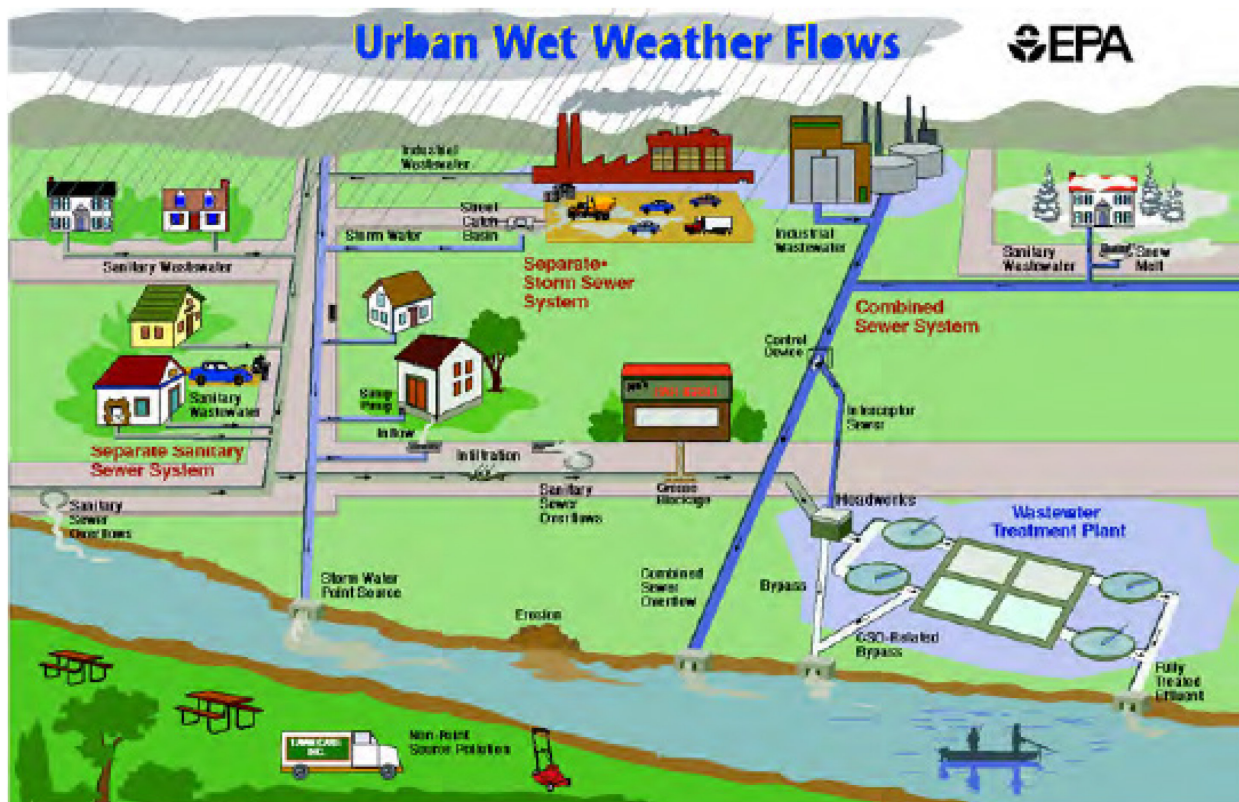


Figura 3 - Elementi di un tipico sistema fognario urbano

In particolare, lo SWMM concettualizza il sistema di drenaggio come una serie di flussi idraulici e di sostanze tra diverse suddivisioni ambientali:

- **Atmosfera**, genera precipitazioni introdotte nel modello attraverso i *Rain Gage*. Questi elementi descrivono l'evento meteorico sia da punto di vista quantitativo che temporale.
- **Terreno superficiale**, raccoglie le precipitazioni atmosferiche che saranno suddivise in infiltrazioni verso il sottosuolo e in deflusso superficiale verso la rete di drenaggio. Nel modello è rappresentato da uno o più *Subcatchments*.
- **Sottosuolo**, riceve le acque di infiltrazione e ne trasferisce una parte alla rete di drenaggio.
- **Rete di drenaggio**, composta dalla rete di elementi che trasportano e raccolgono le acque reflue provenienti dai deflussi superficiali e sotterranei e dagli scarichi urbani. Nel modello è rappresentata attraverso due categorie di elementi:

- I *Nodes*, ovvero punti che rappresentano semplici connessioni, nei quali possono scambiarsi i flussi idraulici in entrata e in uscita. Di questo gruppo fanno parte:
 - *Junctions*, elementi puntuali quali i pozzetti.
 - *Outfalls*, scolmatori di portata.
 - *Storage Units*, vasche di raccolta e vasche di sollevamento.
- I *Links*, ovvero il sistema di tubazioni e condotte che collegano fra loro gli elementi precedentemente menzionati. Si compongono di:
 - *Conduits*, condotte tra i pozzetti
 - *Pumps*, condotte in pressione ovvero la mandata di una stazione di sollevamento
 - *Orificies*
 - *Weirs*

Il comportamento fisico delle varie unità viene assegnato mediante gruppi di dati chiamati *Curves*, *Time Series* e *Time Pattern*.

Nella *Figura 3* si può osservare come lo SWMM organizza gli elementi del sistema di drenaggio urbano in determinati oggetti di modellazione, anche se ne non tutti verranno utilizzati nella seguente trattazione. Tutti i vari elementi utilizzati nel modello oggetto di studio vengono descritti in modo dettagliato nel capitolo successivo.

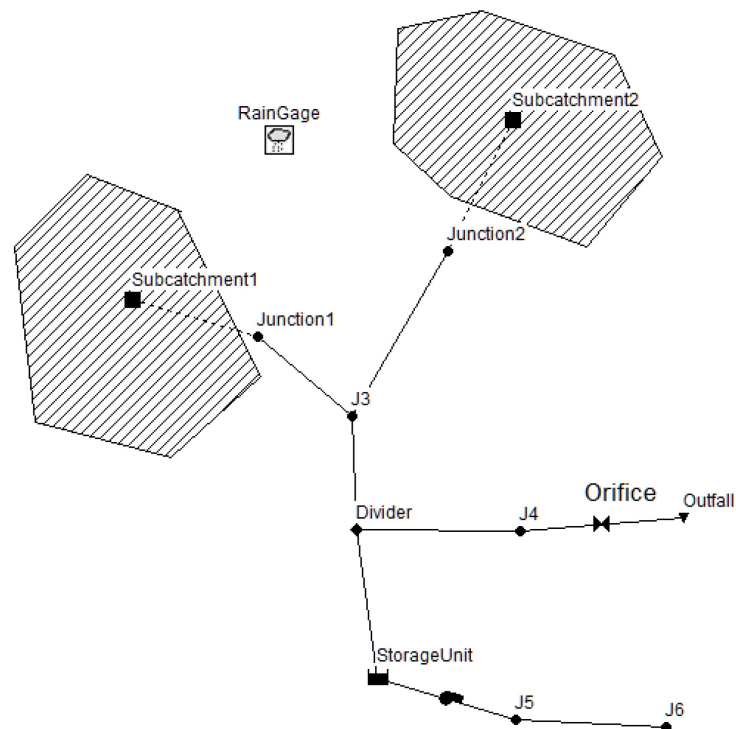


Figura 4 - Esempio concettuale del sistema di drenaggio utilizzato nello SWMM

Capitolo 3: Materiali e metodi

3.1 Agglomerato di San Benedetto del Tronto

Nel seguente elaborato verrà analizzata la rete fognaria afferente al depuratore "Brodolini" che è situato nell'omonima via del Comune di San Benedetto del Tronto e che raccoglie i contributi fognari anche dei Comuni di Colli del Tronto, Spinetoli, Monsampolo del Tronto e di Montepandone, tutti in provincia di Ascoli Piceno. L'impianto di depurazione serve un'area afferente di 46 km², per un totale di 69461 Abitanti Equivalenti (dati ISTAT aggiornati al 01/01/2018), e vi si contano 64 scolmatori di piena.

Per semplicità si è suddiviso l'agglomerato e la rete afferente in oggetto in due tronconi principali: un primo tratto "costiero", adiacente alla linea di costa del Mare Adriatico nel centro abitato di San Benedetto del Tronto e nella frazione di Porto d'Ascoli, e un secondo tratto che affianca il Fiume Tronto, raccoglie le acque di scarico dei restanti Comuni e indicato come "basso Tronto".

La rete fognaria oggetto di studio in questo elaborato di tesi è esclusivamente quella appartenente al tratto costiero, che serve un bacino di 23.50 km² e un totale di 46596 AE. Si sviluppa per 209.35 km, di cui 145.80 km di rete mista, 45.93 km di rete bianca e i restanti 12.71 km di rete nera. Sono qui collocati 25 scolmatori di piena, divisi fra 14 scolmatori di linea e 11 scolmatori associati ai sollevamenti, e 7 ulteriori scarichi di emergenza relativi a stazioni di sollevamento non associate a scolmatori.

In *Figura 5* è riportata in azzurro l'area afferente del tratto costiero, così come viene rappresentata nel QGIS. La posizione dell'impianto di depurazione "Brodolini" si può riconoscere da un'area rosa, in basso a destra e in prossimità della foce del Fiume Tronto.

Tutte le informazioni relative alla rete sono state ricavate dalle schede tecniche dei vari elementi costituenti la rete, fornite da CIIP che ha messo a disposizione anche i file GIS.

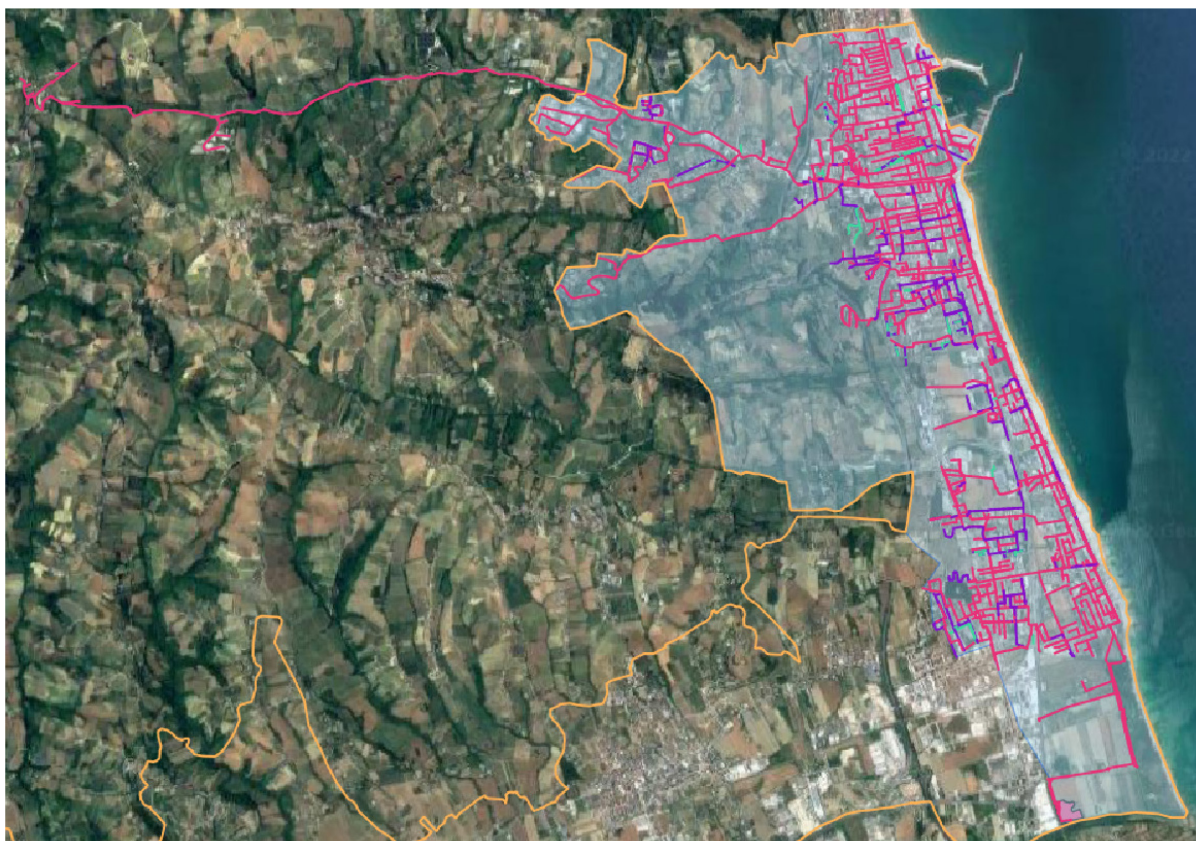


Figura 5 - Planimetria generale della rete afferente all'impianto di depurazione "Brodolini"

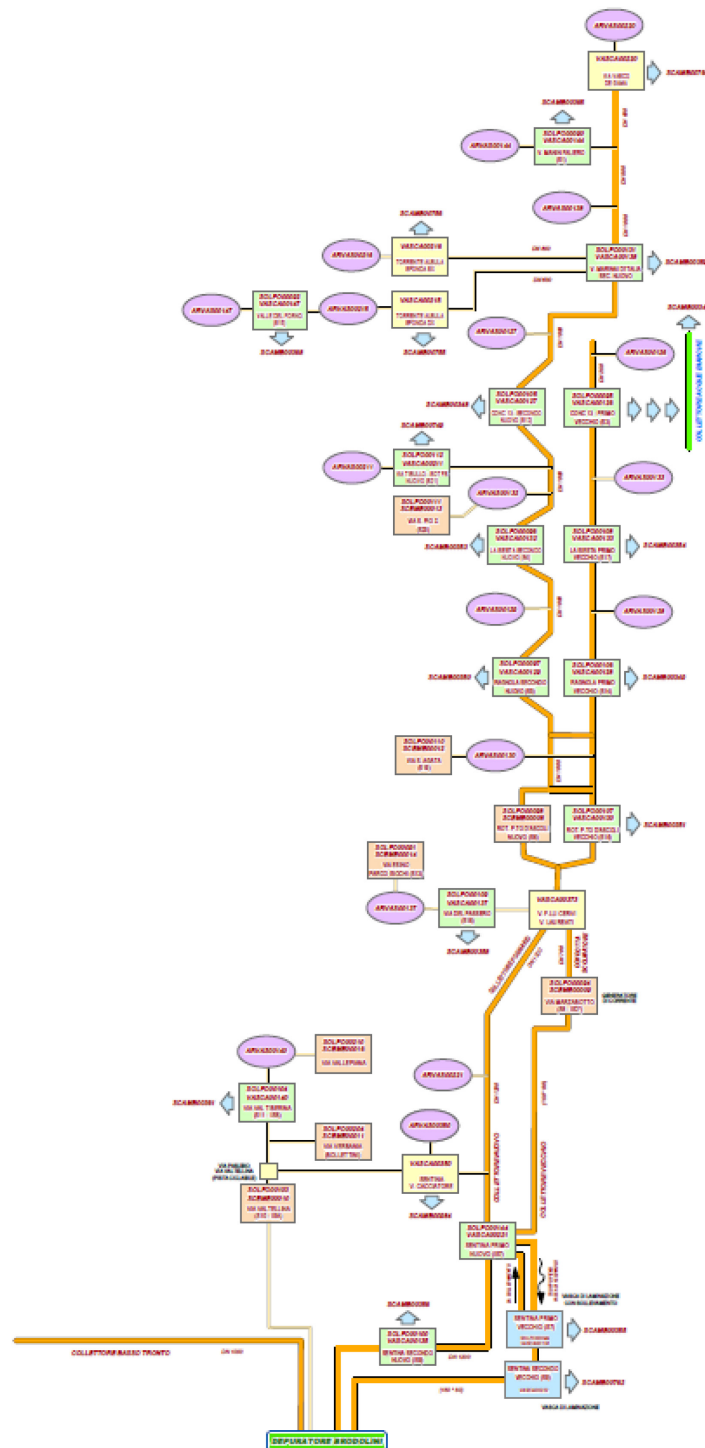


Figura 6 - Schema della rete, tratto costiero

Ai fini di uno studio idraulico più semplice e lineare si è deciso di semplificare la rete originale del tratto “costiero” preso in esame. Attraverso un’analisi visiva della rete attraverso il software GIS e attraverso i dati forniti da CIIP, sotto forma di schede tecniche di pozzetti, vasche e scolmatori, si sono prima individuati e poi modellati solo i manufatti e le condotte appartenenti ai rami principali della rete fognaria.

Questo approccio è stato introdotto sia a causa di una mancanza di dati prevalentemente relativi ai pozzetti, evitando così di compiere calcoli e considerazioni compensatorie che possono rivelarsi

errate e riducendo l'incertezza e la probabilità di errore dei risultati, sia per evitare di avere un sovraccarico di dati della rete stessa.



Figura 7 - Planimetria della rete semplificata del tratto costiero

3.2 Misuratori di portata Kaptor

Al fine di monitorare la portata che effettivamente transita all'interno della rete fognaria oggetto di studio, CIIP ha provveduto ad installare quattro misuratori Kaptor Mini lungo la rete, in particolare in corrispondenza dei seguenti punti:

- ALBULA DX;
- V138 (IS2);
- V132 (IS4);
- V221 (IS7);

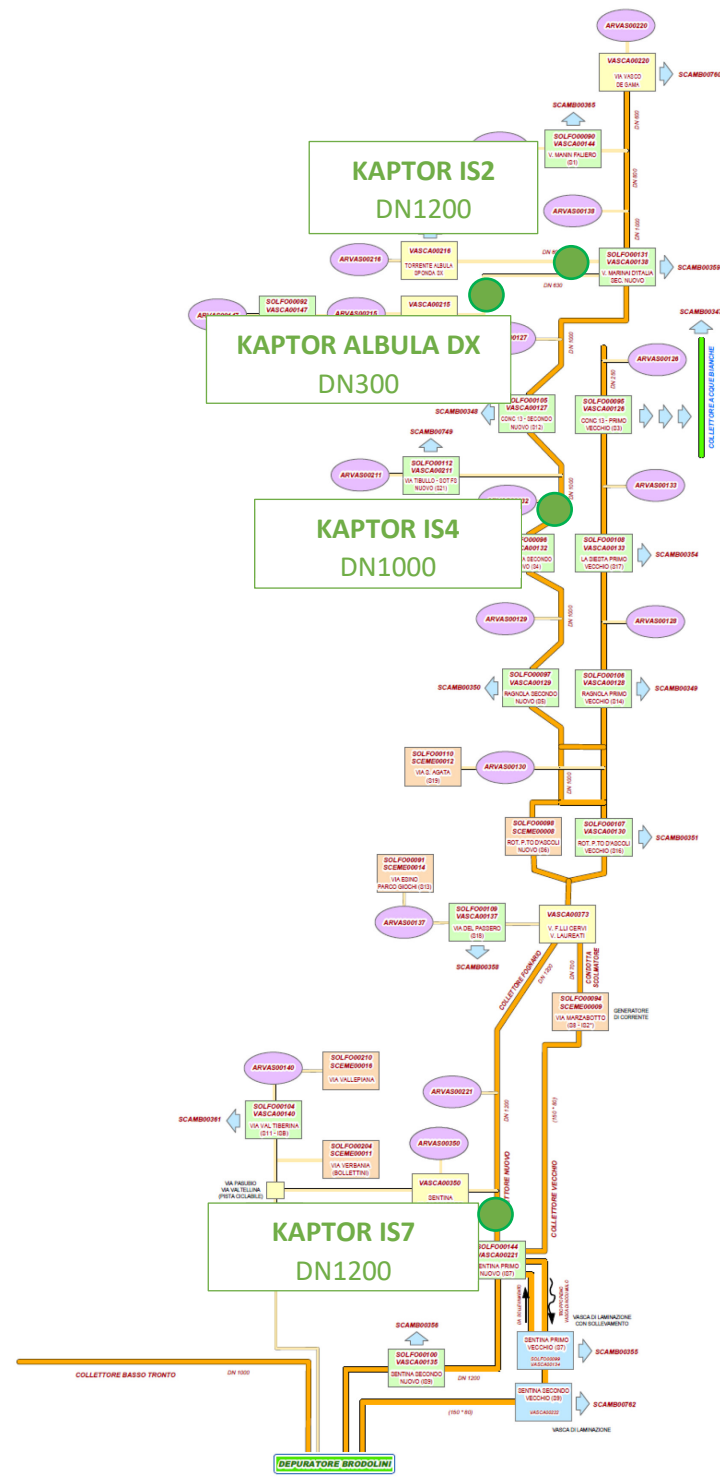


Figura 8 - Posizione dei misuratori Kaptor

Si tratta di misuratori di portata elettromagnetici, sviluppati e realizzati da B.M. Tecnologie Industriali, i cui dati misurati vengono trasmessi al sistema di telecontrollo gestito da CIIP.

KAPTOR MINI

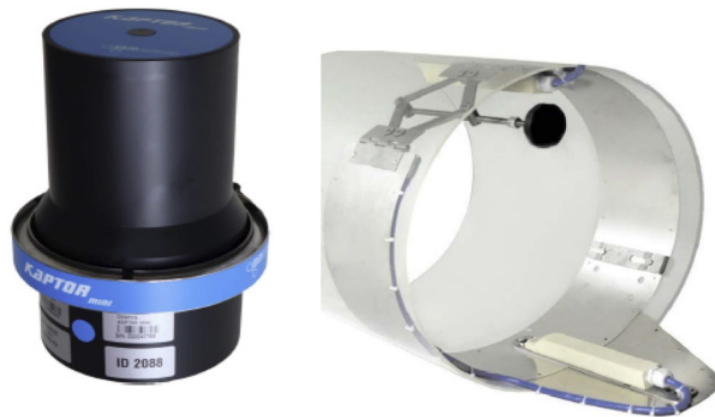


Figura 9 - Kaptor Mini, a sinistra il trasmettitore e a destra il misuratore

Infatti, il modem integrato consente l'invio dei dati memorizzati a un server remoto, con una frequenza di invio da 1 ora a 24 ore al fine di monitorare lo stato dello strumento e dei valori letti. Inoltre, il Kaptor Mini ha la possibilità di gestire allarmi su ogni variabile attraverso la memorizzazione dell'evento, l'invio al server remoto, e l'invio di SMS a una lista di utenti. È possibile anche programmare dei cicli di pulizia per i sensori collegati allo strumento. Il ciclo di pulizia consiste nell'attivare una uscita relè per un tempo impostato, attendere un tempo post-pulizia e loggare le variabili sensore. Questa funzione è particolarmente utile considerando la qualità dell'acqua in cui è immerso lo strumento.

I trasmettitori sono installati sulle pareti dei pozzetti, in prossimità dell'unità di misurazione, attraverso un sistema di fissaggio a staffa.

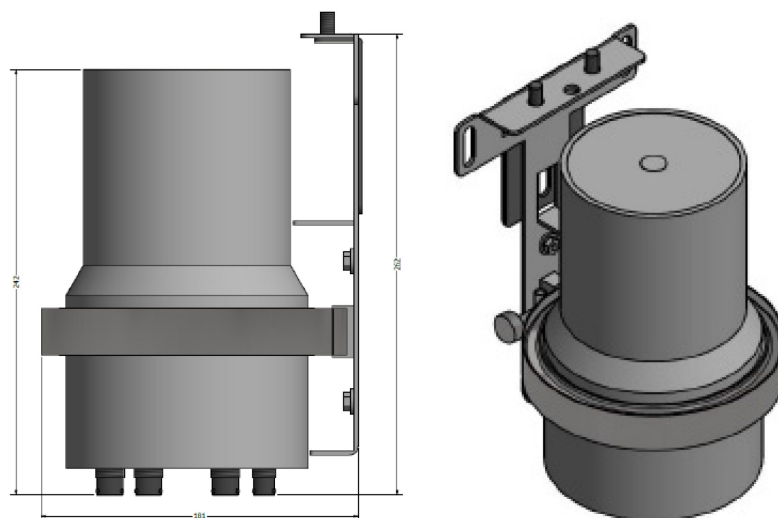


Figura 10 - Sistema di fissaggio del trasmettitore

Invece i misuratori, definiti "a scarpetta", sono installati sul fondo della condotta attraverso una piastra di base. Inoltre, è richiesto il posizionamento del misuratore al centro della condotta e in corrispondenza di punti di calma idraulica, ovvero:

- ad una distanza superiore a 5 volte il diametro nominale della condotta se il misuratore è posto nella sezione d'ingresso,
- ad una distanza superiore a 2 volte il diametro nominale se posto nella sezione d'uscita;
- evitare l'installazione in prossimità di variazioni di pendenza.



Figura 11 - Installazione del Kaptor Mini sulla piastra di base

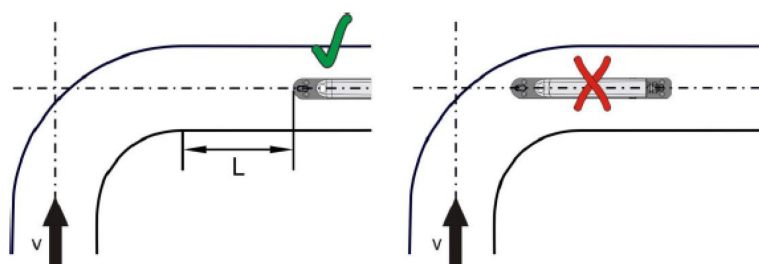


Figura 12 - Corretto posizionamento del misuratore Kaptor Mini



Figura 13 - Esempio di installazione - Kaptor "ALBULA DX"

I parametri misurati dallo strumento e i rispettivi sensori sono:

- Livello del fluido [m], tramite sensore di pressione relativa piezoresistivo;
- Velocità del fluido [m/s], attraverso sensore area velocity ad effetto doppler per la misura in tubazioni chiuse e canali aperti;
- Portata del fluido [l/s], misurata indirettamente in funzione della velocità del fluido rilevata;
- Temperatura del fluido [°C];
- Qualità del sensore [%].

Inoltre, si evidenziano tre aspetti fondamentali riguardo il funzionamento del Kaptor:

- la qualità del segnale è rappresentata da percentuali che variano da 0.00 a 99.99. Un valore di 0.00 indica segnale pessimo, mentre 99.99 indica un segnale ottimo. In condizioni normali il valore della qualità dovrebbe essere superiore a 60.00;
- la misura della portata volumetrica è indiretta ed è calcolata in funzione della velocità del fluido rilevata. Quindi, nel caso in cui il sensore a ultrasuoni misuratore della velocità dovesse sporcarsi, è facile leggere valori errati;
- il dispositivo non è in grado di misurare la velocità del fluido se il livello all'interno della condotta è inferiore ai 40 mm.

Nel presente studio si è provveduto all'elaborazione dei dati registrati dai Kaptor installati lungo la rete e trasmessi da CIIP spa. Si tratta di fogli di calcolo Excel contenenti i valori di velocità (in m/s), portata (in l/s), livello (in m) e temperatura (°C), registrati minuto per minuto.

A causa del frequente problema di sporcamento legato alla presenza di stracci in rete, si è reso necessario filtrare i dati registrati dai Kaptor in modo tale che fossero il più possibile rappresentativi delle condizioni reali in rete.

In particolare, si sono presi in considerazione solo quei dati che soddisfano le seguenti condizioni:

- livello compreso fra 40 mm (limite inferiore di misurazione della velocità da parte dello strumento) e il diametro nominale della condotta in cui sono installati i Kaptor;
- valori di velocità strettamente positivi escludendo quindi i dati di portata e livello che corrispondono a velocità negative e nulle.

Lo studio dei dati selezionati si è svolto nel seguente modo:

- Calcolo dell'angolo al centro e dell'area bagnata con le seguenti formule trigonometriche;

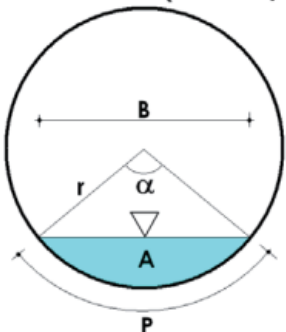
Tipo di sezione CIRCOLARE	Area bagnata A
$\alpha = 2 \arccos(1 - 2 \cdot h/D)$ 	$\frac{D^2}{8}(\alpha - \text{sen}\alpha)$

Tabella 2 – Area in funzione del tirante idrico in sezioni circolari

- Calcolo della portata minuto per minuto, come prodotto fra velocità del fluido misurata dal Kaptor e area bagnata calcolata al punto precedente. Dal momento che non si ha mai una condizione di moto uniforme, non si calcola la velocità del fluido con la formula di Gauckler-Strickler:

$$v = k_s * R_H^{\frac{2}{3}} * \sqrt{i},$$

dove:

- k_s , coefficiente di scabrezza della condotta

- R_H , raggio idraulico
 - i , pendenza media
-
- Calcolo della media giornaliera di portata e livello del fluido;
 - Individuazione dei giorni di pioggia SI/NO in modo da considerare solo il contributo di portata secca;
 - Calcolo della portata media secca con distinzione tra periodo invernale (1° settembre – 31 maggio) e periodo estivo (1° giugno – 31 agosto).

3.3 Elaborazione dati del telecontrollo

In aggiunta ai misuratori Kaptor Mini, in alcune stazioni di sollevamento posizionate lungo la rete fognaria è presente il sistema di telecontrollo che consente di monitorare da remoto l'andamento dei livelli in vasca e dei cicli di accensione e spegnimento delle pompe.

Come si può vedere in *Figura 14*, le vasche provviste di telecontrollo nel tratto costiero sono le seguenti:

- V138 (IS2);
- V127 (IS3);
- V126 (S12);
- V132 (IS4);
- V133 (IS17);
- V221 (IS7);
- V135 (IS9);
- IMP (IS10).

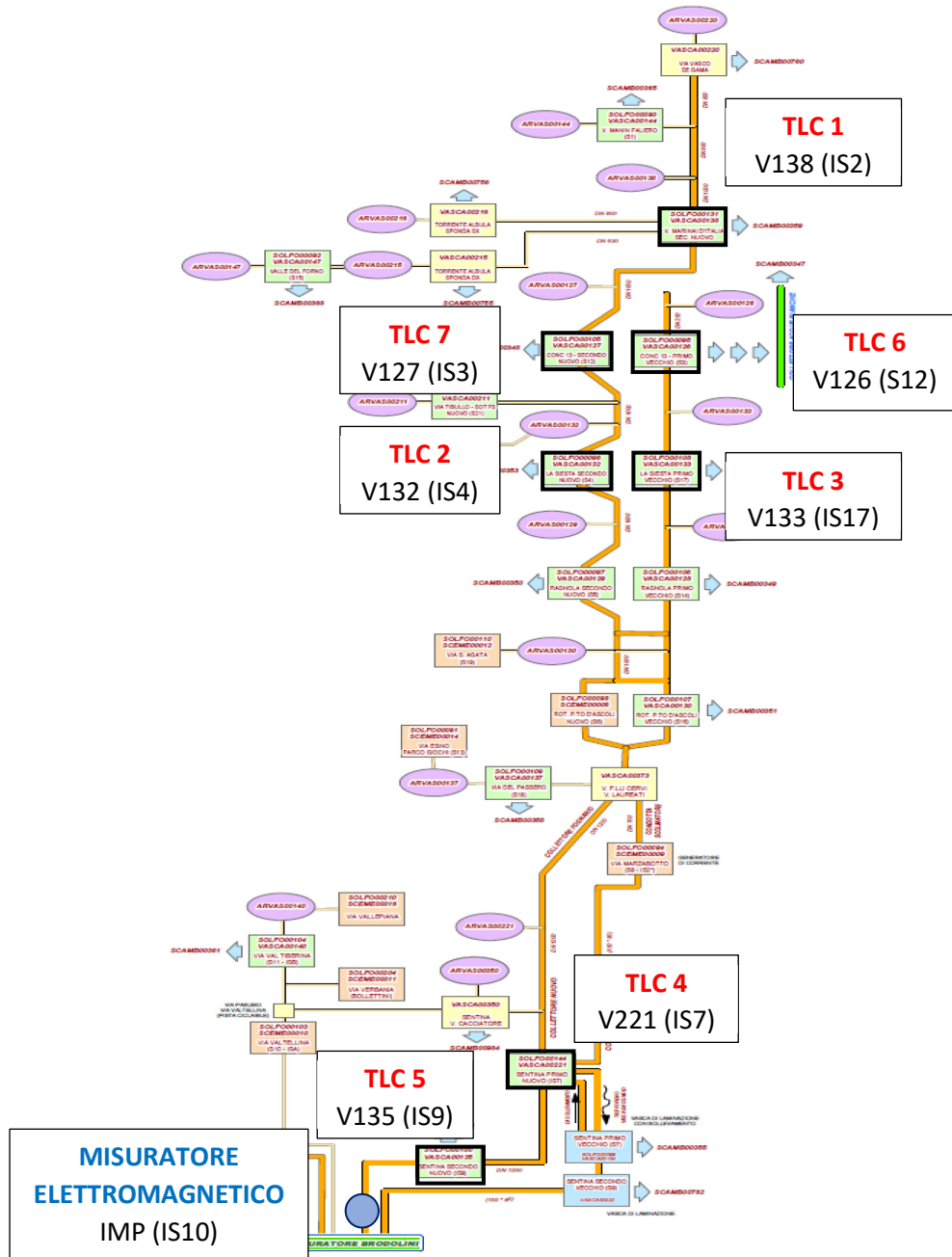


Figura 14 – Individuazione delle vasche telecontrollate nella rete fognaria

Nel presente studio si è dunque provveduto anche all'elaborazione dei dati del telecontrollo trasmessi da CIIP attraverso fogli di calcolo Excel contenenti il valore del livello in vasca minuto per minuto e l'orario di accensione e di spegnimento di tutte le pompe presenti nella vasca. Per alcune stazioni di sollevamento è stato possibile verificare anche la portata effettivamente sollevata grazie all'elaborazione dei livelli presenti in vasca e degli on-off delle pompe, forniti sempre da CIIP con la stessa modalità.

Il processo di calcolo svolto è il seguente:

- In seguito alla costruzione degli andamenti orari dei livelli su diversi giorni, si sono individuati i picchi corrispondenti alle singole pompe e di questi si sono considerati solo i picchi simmetrici.
- Si sono ricavati i volumi in ingresso e sollevati in $[m^3]$, come prodotto tra la differenza dei livelli misurati e la superficie della vasca.
- Si è calcolata la portata in ingresso nella vasca Q_{IN} $[m^3/h]$ come rapporto fra il volume in ingresso durante il riempimento della vasca e il tempo stesso di riempimento.
- Si è calcolata la portata in uscita dalla vasca, ovvero quella sollevata dalle pompe Q_{OUT} $[m^3/h]$, come somma fra la portata in ingresso Q_{IN} e il prodotto fra il volume sollevato e il tempo di svuotamento.
- Si è ricavata la media della portata sollevata da ogni pompa per un singolo giorno.
- Si sono confrontati i risultati ottenuti con le curve di funzionamento delle vasche fornite da CIIP spa.

Inoltre, quando possibile, si sono costruiti dei grafici al fine di mettere a confronto il livello della vasca oggetto di studio con quello della vasca immediatamente a monte e i rispettivi on-off delle pompe. Si è potuta svolgere così l'elaborazione dei soli picchi immediatamente successivi allo spegnimento delle pompe a monte in modo tale da avere garanzia che la portata in ingresso Q_{IN} nella vasca oggetto di analisi sia costante.

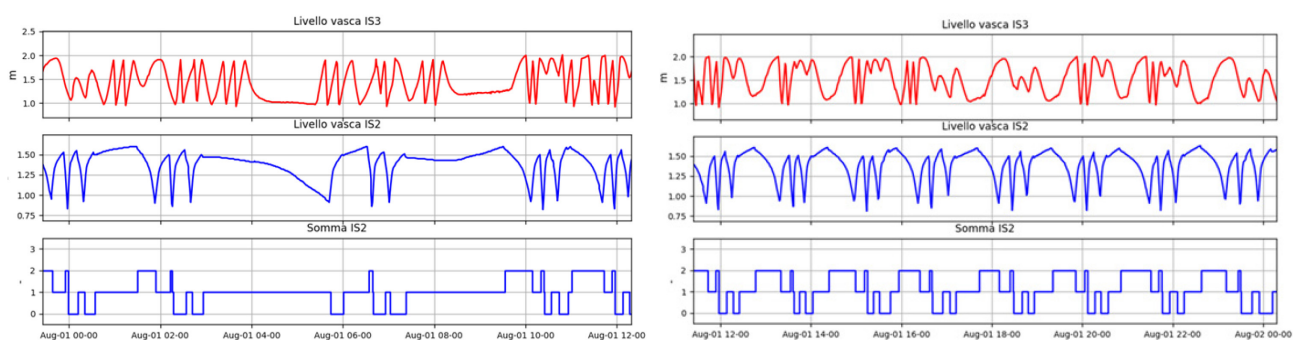


Figura 15 - Confronto accensione e spegnimento delle pompe nelle vasche V138 e V127

Nelle figure seguenti invece si può osservare una successione di picchi simmetrici presenti nella vasca V132 - IS4 e la relativa analisi numerica, e la differenza grafica fra picco simmetrico (P2) e non simmetrico (P1).

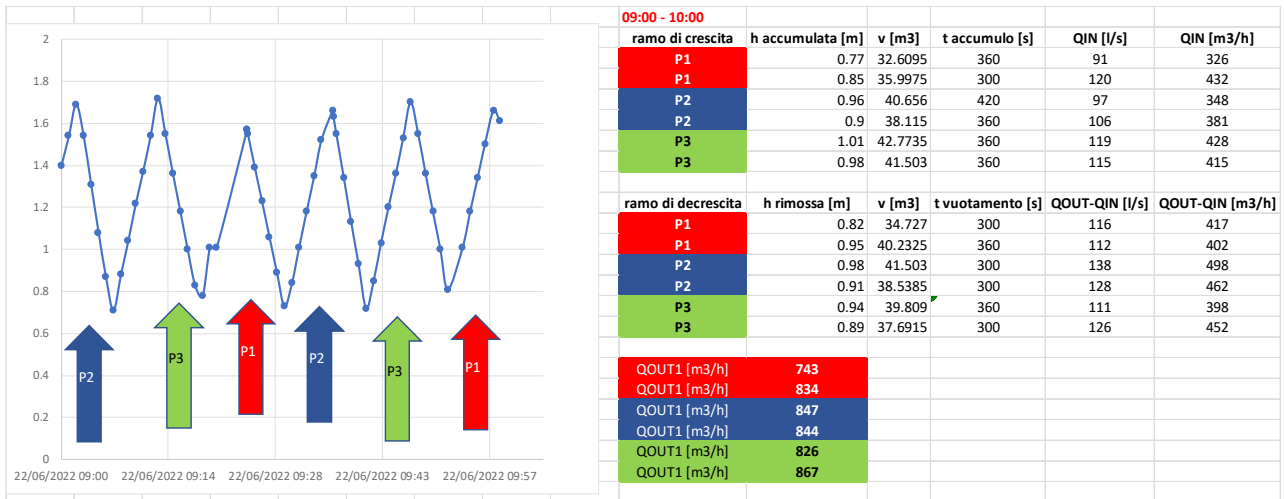


Figura 16 - Analisi dei livelli delle vasche, esempio di picco simmetrico ed elaborazione numerica delle portate sollevate.

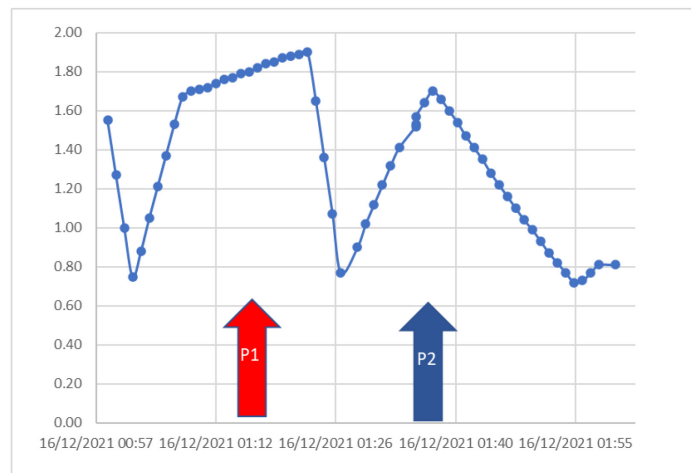


Figura 17 - Analisi dei livelli delle vasche, esempio di picco non simmetrico

3.4 Costruzione del modello idraulico

Come già espresso nel paragrafo 2.2, il programma utilizzato per realizzare il modello idraulico della rete in questione è lo SWMM. Questo programma consente di creare un modello per un'analisi dinamica degli afflussi-deflussi sia di un singolo evento che per un evento continuo e prolungato nel tempo.

Si ricorda che la rete di drenaggio richiesta dallo SWMM è rappresentata attraverso due categorie di elementi:

- I *Nodes*, ovvero punti che rappresentano semplici connessioni, come i *Junctions*, gli *Outfalls* e gli *Storage Units*.
- I *Links*, ovvero il sistema di tubazioni e condotte che collegano fra loro gli elementi precedentemente menzionati e si compongono di *Conduits*, *Pumps*, *Orificies* e *Weirs*.

Tutti i vari elementi utilizzati nel modello oggetto di studio vengono descritti in modo dettagliato nei paragrafi successivi.

Infine, di seguito si può osservare la rappresentazione completa della rete oggetto di studio schematizzata attraverso lo SWMM.

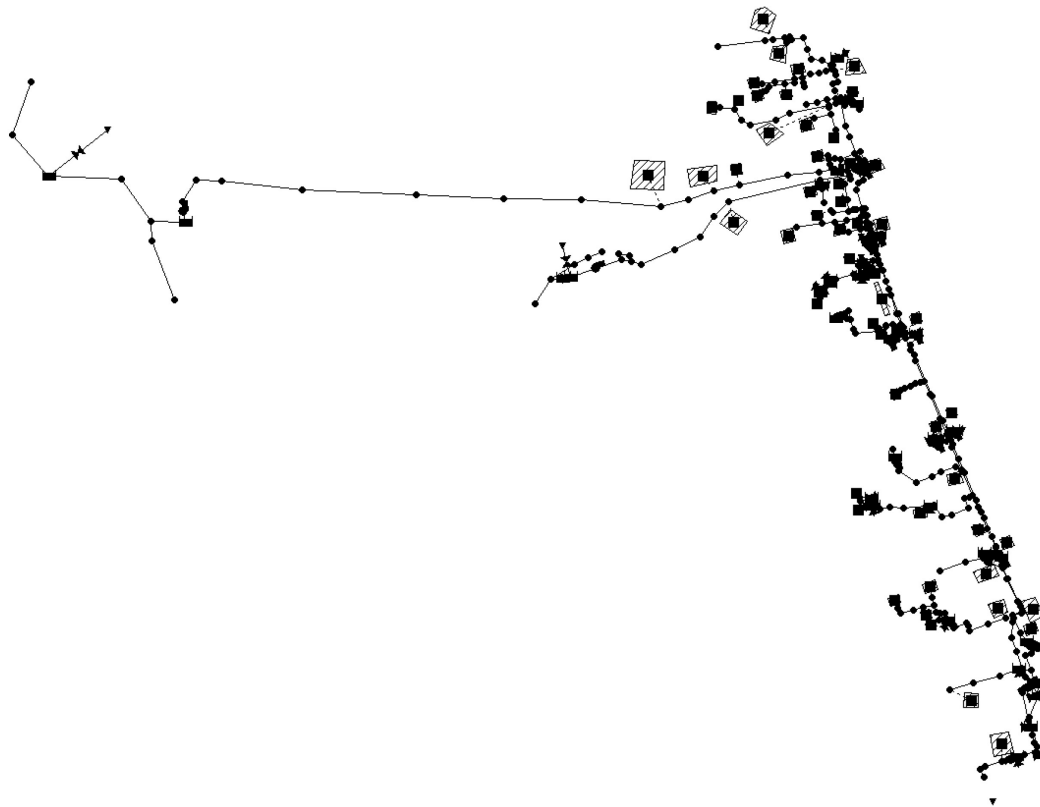


Figura 18 – Schematizzazione della rete fognaria nello SWMM

Elemento	SWMM	Numero
Eventi di pioggia	Raingages	1
Sottobacini	Subcatchments	55
Pozzetti	Junction Nodes	311
Scarichi	Outfall Nodes	25
Vasche	Storage Nodes	44
Condotte	Conduit Links	330
Sollevamenti	Pump Links	19
Sfiori	Orifice Links	43

Tabella 3 - Elementi riportati nel modello SWMM

3.4.1 Definizione dei sottobacini

I sottobacini sono delle aree aventi il compito di raccogliere l'afflusso meteorico per poi trasformarlo in deflusso da convogliare in determinati pozzetti.

Per poterli identificare, si è innanzitutto individuato il limite del bacino idrografico e a tale scopo, si sono scaricate dal sito della Regione Marche i file in formato DWG delle Carte Tecniche Regionali (CTR) in scala 1:10000 relative al quadro d'unione del Comune di San Benedetto del Tronto e delle zone limitrofe, in cui sono riportate informazioni relative all'altimetria, all'idrografia (acque correnti, canali, opere idrauliche e costa), vegetazione, viabilità, edifici e costruzioni.

Successivamente le carte CTR scaricate si sono unite in un unico file DWG, a cui si è sovrapposta l'area servita dal depuratore Brodolini fornita da CIIP spa in formato PDF al fine di poter tracciare manualmente i limiti del bacino, rappresentati in arancio nella figura seguente.

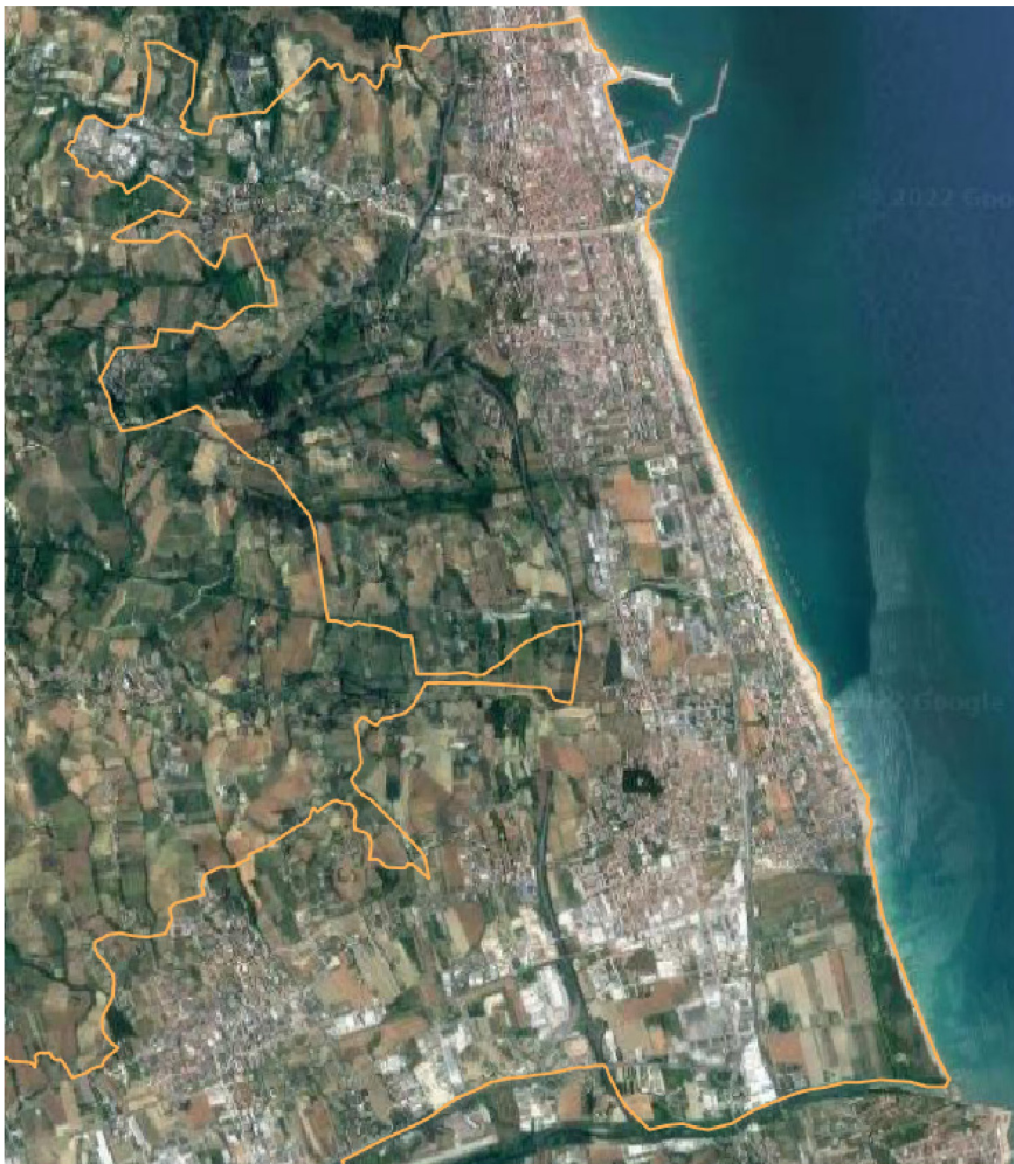


Figura 19 - Bacino afferente al depuratore "Brodolini", zona tratto "costiero"

A questo punto, una volta caricato in QGIS, si sono potuti definire i sottobacini osservando l'andamento altimetrico del terreno in modo da individuare la direzione di deflusso delle acque. Si sono considerate solamente le zone servite da reti fognarie miste poiché nelle aree di nuova costruzione le precipitazioni vengono raccolte e scaricate direttamente nel corpo idrico superficiale

dalla rete bianca senza essere inviate all'impianto di depurazione. In questo modo si sono individuati 55 sottobacini, riportati nella figura seguente.

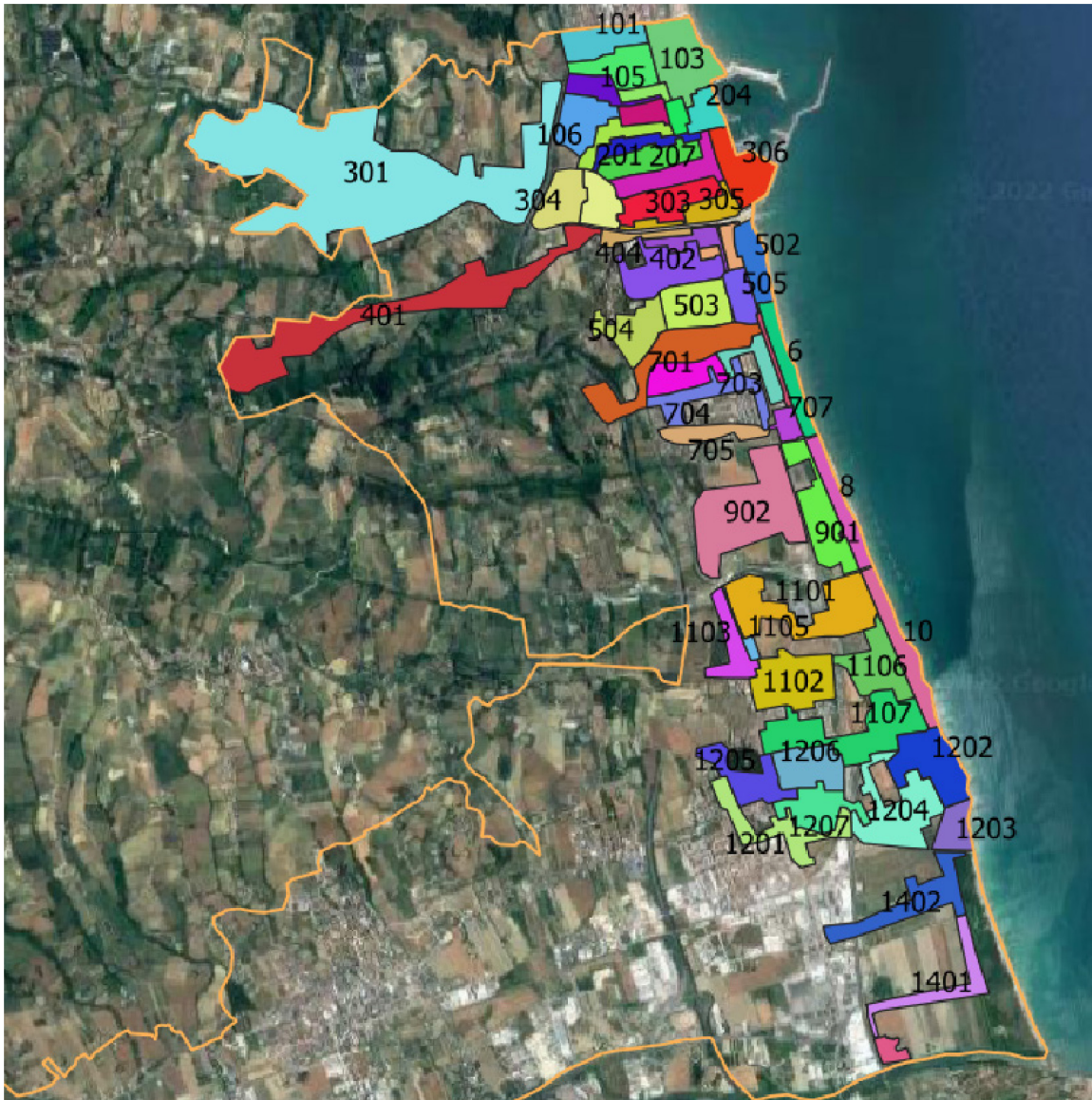


Figura 20 - Sottobacini inseriti nel modello idraulico

Per ogni sottobacino si sono poi individuati i seguenti parametri:

- Area totale (ha), ricavata da QGIS;
- Area impermeabile/urbanizzata a partire dalla Carta d'Uso del Suolo;
- Area permeabile (ha) ottenuta per differenza;
- % impervious (runoff);

$$\varphi_{\text{medio}} = \frac{S_{\text{perm}} * \varphi_{\text{perm}} + S_{\text{imper}} * \varphi_{\text{imper}}}{S_{\text{perm}} + S_{\text{imper}}}$$

- Width (m), perpendicolare alla direzione di deflusso (determinata su QGIS);
- Slope (%), ricavata dividendo la differenza di quota lungo la direzione di deflusso (definita con le curve di livello) e la lunghezza del sottobacino;

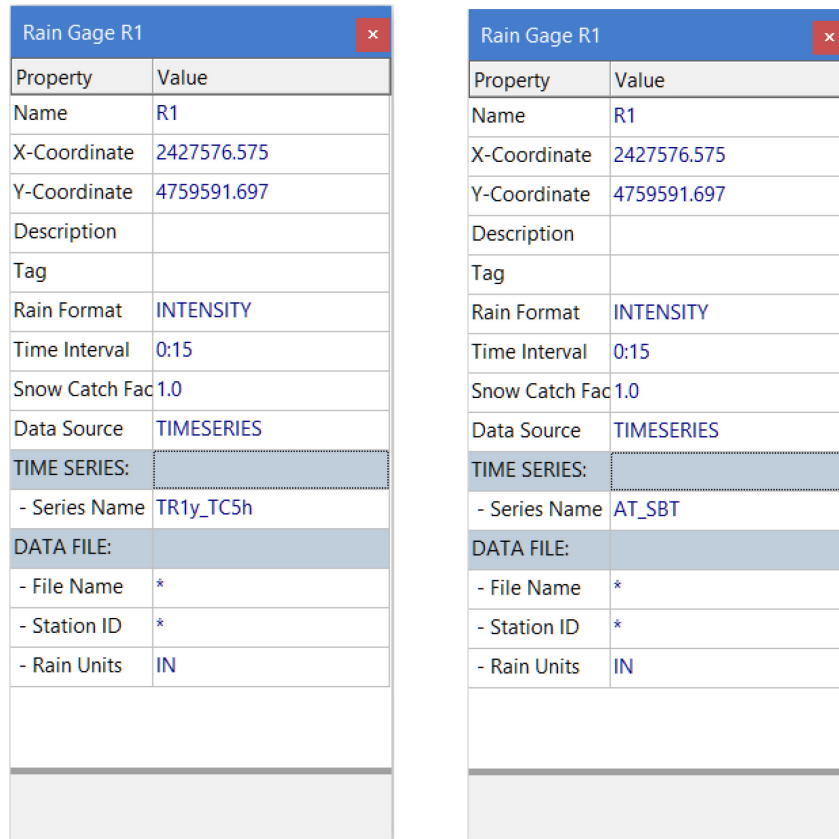
Ai fini della modellizzazione idraulica lo SWMM richiede che, oltre alle caratteristiche sopra definite, venga indicato anche il *Rain Gage*, ovvero l'evento meteorico di riferimento per ogni sottobacino, e l'*Outlet*, cioè il pozzetto nel quale viene convogliato l'afflusso meteorico. I restanti parametri richiesti sono stati assegnati di default. Per maggiori approfondimenti si rimanda all'appendice sulla filtrazione.

Property	Value
Name	6
X-Coordinate	2429754.182
Y-Coordinate	4754397.325
Description	
Tag	
Rain Gage	R1
Outlet	0239
Area	35666
Width	107
% Slope	0
% Imperv	0.3
N-Imperv	0.01
N-Perv	0.1
Dstore-Imperv	0.05
Dstore-Perv	0.05
%Zero-Imperv	25
Subarea Routing	OUTLET
User-assigned name of subcatchment	

Figura 21 - Schermata di definizione del *Subcatchment*

3.4.2 Definizione degli eventi di pioggia

Le precipitazioni meteoriche sono inserite nel modello idraulico attraverso i *Rain Gage* che contengono tutte le informazioni caratteristiche; in particolare viene scelto il tipo di formato di pioggia (volume di pioggia sversato in un determinato periodo di tempo ad intervalli regolari o intensità di pioggia), l'intervallo di registrazione dei dati (ad esempio ogni 15 minuti) e la fonte dati introdotta con i *Time Series*.



Property	Value
Name	R1
X-Coordinate	2427576.575
Y-Coordinate	4759591.697
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	0:15
Snow Catch Fac	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	TR1y_TC5h
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN

Property	Value
Name	R1
X-Coordinate	2427576.575
Y-Coordinate	4759591.697
Description	
Tag	
Rain Format	INTENSITY
Time Interval	0:15
Snow Catch Fac	1.0
Data Source	TIMESERIES
TIME SERIES:	
- Series Name	AT_SBT
DATA FILE:	
- File Name	*
- Station ID	*
- Rain Units	IN

Figura 22 - Schermata di definizione del *Rain Gage*

Attraverso la finestra di comando del *Time Series* è possibile inserire i valori di precipitazione espressi in [mm] e ad intervalli di tempo regolari, mediante la compilazione manuale di una tabella o con il caricamento di un file di testo esterno.

Si creano tanti *Time Series* quanti sono gli eventi di pioggia che si vogliono simulare.

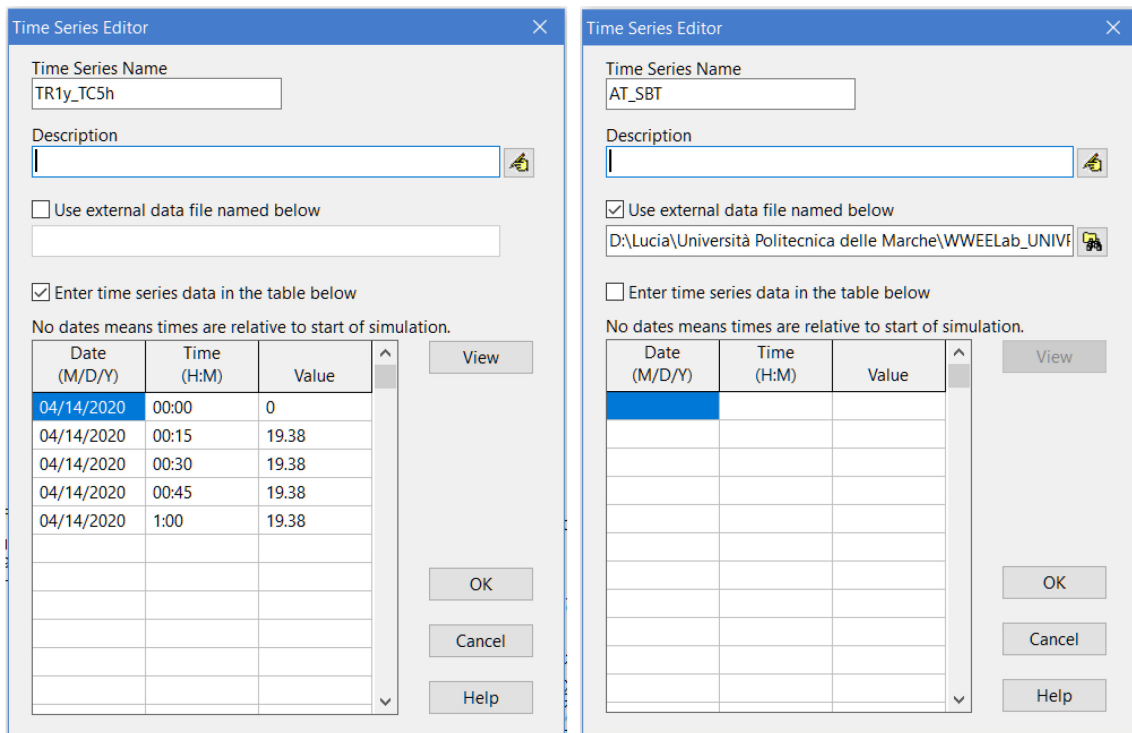


Figura 23 - Schermata di definizione dei Time Series

I valori di precipitazione inseriti nel modello derivano dall'elaborazione delle piogge.

A tale scopo, per prima cosa sono state individuate le stazioni pluviometriche più adatte per la raccolta e l'elaborazione dei dati in base alla vicinanza al baricentro del bacino idrografico determinato precedentemente.

L'analisi delle precipitazioni nel tratto "costiero" è stata svolta raccogliendo i dati dei pluviografi del comune di San Benedetto del Tronto e del comune limitrofo di Grottammare dal Dataset del Centro Funzionale per la Meteorologia, l'Idrologia e la Sismologia della Regione Marche e scaricabili dal Sistema Informativo Regionale Meteo-Idro-Pluviometrico (SIRMIP) della Protezione Civile Regionale.

Si evidenzia che si è reso necessario prendere in considerazione anche la stazione pluviometrica del comune di Grottammare nonostante sia esterno all'area afferente al depuratore Brodolini, al fine di ottenere una serie di dati più rappresentativa, dal momento che i pluviografi "San Benedetto" e "Ragnola", del Comune di San Benedetto del Tronto e interni all'area del depuratore, hanno a disposizione rispettivamente 14 e 2 anni di dati di precipitazione.

Per entrambe le stazioni pluviometriche considerate si è determinata la curva di possibilità pluviometrica (elaborazione di statistica di Gumbel) i cui risultati sono stati poi correlati attraverso il metodo delle distanze inverse; mentre l'anno tipo è stato costruito solo per la stazione di San Benedetto del Tronto.



Figura 24 - Posizioni delle stazioni pluviometriche rispetto all'area afferente al depuratore Brodolini

3.4.2.1 Costruzione delle curve segnalatrici di possibilità pluviometrica mediante l'applicazione del metodo dei casi critici e l'elaborazione statistica secondo Gumbel

Per poter determinare il valore di altezza di pioggia associato a un determinato tempo di ritorno è stato necessario analizzare gli eventi meteorici storici del territorio, ricavabili dal portale SIRMIP online della Protezione Civile della Regione Marche.

Nel caso specifico si sono elaborate le altezze di precipitazione della stazione di San Benedetto del Tronto e di Grottammare al fine di avere un risultato il più possibile attendibile, considerato che entrambe le stazioni hanno a disposizione un numero di anni di dati limitato, pari a 15 (minimo necessario per poter eseguire questo tipo di elaborazione).

STAZIONE DI SAN BENEDETTO DEL TRONTO

Gli Annali Idrologici, raccolta di dati pubblicati con cadenza annuale, sono composti da una Parte Prima divisa in due sezioni (A, B) relative rispettivamente alla Termometria e Pluviometria e una Parte Seconda costituita da tre sezioni (A, B, C) associate rispettivamente all'Afflusso meteorico, all'Idrometria e alle Portate e Bilanci idrologici.

Per la seguente trattazione è di interesse la Parte Prima, Sezione B, Tab. III che riporta i dati relativi ai valori più elevati delle precipitazioni registrate nell'anno, espresse in [mm], per 1, 3, 6, 12 e 24 ore consecutive appartenenti o no allo stesso giorno, per tutte le stazioni dotate di pluviografo.

La stazione di San Benedetto del Tronto è dotata di un pluviografo attivo dal 2003, ma con dati registrati a partire dal 2008. Nella tabella seguente si riporta la raccolta dati delle precipitazioni di massima intensità registrate ai pluviografi nei diversi anni di osservazione (2008-2021) per la stazione di San Benedetto del Tronto, utilizzati nella trattazione.

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
2008	42.40	42.60	42.80	43.20	59.80
2009	32.20	42.00	53.20	78.80	130.20
2010	34.80	49.40	51.20	58.60	59.80
2011	26.00	27.60	27.80	42.80	72.40
2012	48.20	85.60	121.60	127.20	127.60
2013	22.40	26.60	34.80	49.40	72.40
2014	23.80	35.00	62.20	84.40	90.80
2015	18.00	44.40	53.00	72.00	87.80
2016	23.20	28.00	47.60	65.00	67.80
2017	35.80	36.00	36.20	50.80	80.40
2018	31.60	34.60	37.00	37.60	47.00
2019	19.20	28.40	32.60	40.20	40.80
2020	25.80	31.80	32.00	48.60	79.60
2021	10.80	21.00	34.00	40.00	45.00

Tabella 4 - Precipitazioni di massima intensità 1h, 3h, 6h, 12h, 24h – Stazione di San Benedetto del Tronto

L'obiettivo di questa elaborazione consiste nell'andare a ricavare la curva di possibilità pluviometrica per un determinato tempo di ritorno (che misura la rarità dell'evento), ovvero costruire la legge esponenziale:

$$h = a \cdot t^n$$

dove:

- h rappresenta l'altezza di pioggia, espressa in [mm];
- a è una costante, funzione del tempo di ritorno, caratteristica della stazione considerata;
- t indica la durata della pioggia considerata, espressa in [h];
- n è una costante caratteristica della stazione considerata

In primo luogo, è stata determinata la curva segnalatrice di possibilità pluviometrica con il metodo dei casi critici:

- Si organizzano in ordine decrescente i valori presenti in Tab. III degli Annali Idrologici per le varie durate. Si ottiene così una matrice con un numero di colonne pari a quello delle durate considerate e un numero di righe uguale a quello degli anni di osservazione.
- Si rappresentano nel piano cartesiano ($\log(h)$, $\log(t)$) gli elementi del primo anno critico (corrispondente alla prima riga della matrice).
- Si inviluppano le coppie ordinate di punti con una retta che rappresenta la curva di possibilità pluviometrica in forma logaritmica:

$$\log(h) = \log(a) + n \cdot \log(t).$$

Si ricavano i coefficienti a ed n rispettivamente come termine noto (intersezione della retta con l'asse delle ordinate) e coefficiente angolare della retta.

- Si ripete il procedimento con gli elementi dei successivi casi critici.

I casi critici non permettono però di valutare la ricorrenza media del verificarsi di un evento e non consentono di allargare il campo delle previsioni oltre il periodo di osservazione; per cui si è svolta anche l'elaborazione statistica di Gumbel per tempi di ritorno pari a 5 e 10 anni.

Secondo tale metodo alle precipitazioni massime di data durata, intese come eventi estremi che costituiscono una serie di elementi tra loro indipendenti, si può applicare la seguente descrizione statistica:

$$X(T_R) = \bar{X} + F \cdot S_X$$

dove:

- $X(T_R)$ rappresenta il valore dell'evento che viene eguagliato o superato mediamente ogni T_R anni.
- \bar{X} è il valore medio degli eventi considerati.
- F rappresenta il fattore di frequenza.
- S_X è lo scarto quadratico medio della variabile in esame.

Il fattore di frequenza F è in funzione del tempo di ritorno T_R considerato, secondo l'espressione:

$$F = \frac{Y(T_R) - \bar{Y}_N}{S_N}$$

con:

- $Y(T_R)$ variabile ridotta, pari a:

$$Y(T_R) = -\ln\left(-\ln\frac{T_R - 1}{T_R}\right)$$

- \bar{Y}_N media della variabile ridotta
- S_N scarto quadratico medio della variabile ridotta

Sia la media \bar{Y}_N che lo scarto quadratico medio S_N della variabile ridotta sono tabulati in funzione del numero di osservazioni N , nel caso specifico pari a 14.

media ridotta \bar{Y}_N										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	0.4952	0.4996	0.5035	0.5070	0.5100	0.5128	0.5154	0.5177	0.5198	0.5217
20	0.5236	0.5252	0.5268	0.5282	0.5296	0.5309	0.5321	0.5332	0.5343	0.5353
30	0.5362	0.5371	0.5380	0.5388	0.5396	0.5403	0.5411	0.5417	0.5424	0.5430
40	0.5436	0.5442	0.5448	0.5453	0.5458	0.5463	0.5468	0.5472	0.5477	0.5481
50	0.5485	0.5489	0.5493	0.5497	0.5501	0.5504	0.5508	0.5511	0.5515	0.5518
60	0.5521	0.5524	0.5527	0.5530	0.5532	0.5535	0.5538	0.5540	0.5543	0.5545
deviazione standard ridotta S_N										
N	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	1.0010	1.0148	1.0270	1.0378	1.0476	1.0564	1.0644	1.0717	1.0785	1.0847
20	1.0904	1.0958	1.1008	1.1055	1.1098	1.1140	1.1178	1.1215	1.1250	1.1283
30	1.1314	1.1344	1.1372	1.1399	1.1425	1.1449	1.1473	1.1496	1.1518	1.1538
40	1.1559	1.1578	1.1597	1.1614	1.1632	1.1649	1.1665	1.1680	1.1696	1.1710
50	1.1724	1.1738	1.1752	1.1765	1.1777	1.1789	1.1801	1.1813	1.1824	1.1835
60	1.1846	1.1856	1.1866	1.1876	1.1886	1.1895	1.1904	1.1913	1.1922	1.1931

Tabella 5 - Valori dei parametri Y_N e S_N secondo Gumbel

Infine, dato che, l'intensità media ragguagliata di pioggia (media sull'estensione della superficie) si riduce all'aumentare dell'area del bacino considerato, i coefficienti "a" e "n" sono stati corretti

mediante l'applicazione delle relazioni di Colombo, che richiedono tempi di precipitazione inferiori alle 10 ore e superfici inferiori ai 5000 ha.

$$\alpha' = \alpha \left[1 - 0.06 \left(\frac{s}{100} \right)^{0.4} \right] \quad n' = n + 0.003 \left(\frac{s}{100} \right)^{0.6}$$

Dall'applicazione di queste equazioni, si sono ottenuti i seguenti valori di "h" corretti. L'obiettivo finale di questa elaborazione consiste nel determinare le portate massime, per cui si rende necessario considerare le precipitazioni con durate dell'ordine del tempo di corrivazione, ovvero l'intervallo di tempo necessario affinché l'insieme dei contributi provenienti da tutte le parti del bacino giungano nella sezione di chiusura, in tal caso il depuratore "Brodolini". A tale scopo si è misurata la distanza tra il punto più lontano della rete fognaria mista e l'impianto di depurazione pari a 15.5 km e si è considerato che la velocità di flusso all'interno dei collettori sia pari a 0.9 m/s: dal rapporto di queste due grandezze è risultato un tempo di corrivazione pari a 4.78 h per cui ne deriva che dei valori di altezza di precipitazione ricavati, quelli di interesse, inseriti nello SWMM, sono quelli calcolati con un tempo "t" pari a 5h. Si specifica che per la determinazione della velocità in rete, si è innanzitutto determinata la pendenza media della rete fognaria "i" sulla base dei dati a disposizione dei pozzetti pari allo 0.4% e successivamente si è applicata la formula di Gauckler-Strickler:

$$v = k_s R_H^{2/3} \sqrt{i}$$

dove il raggio idraulico R_H è stato assunto pari al 75 % (grado di riempimento tipico delle reti fognare) e k_s pari a 75 $m^{1/3}/s$.

STAZIONE DI GROTTAMMARE

La stazione pluviometrica di Grottammare invece fornisce dati a partire dal 2006. Si considera anche questa stazione nonostante sia esterna all'area afferente al depuratore di San Benedetto del Tronto in quanto il numero di anni a disposizione risulta essere inferiore a 15 anni richiesti per l'elaborazione statistica di Gumbel, al fine di ottenere un risultato più affidabile. Dunque, anche per la stazione pluviometrica di Grottammare si è svolta la medesima elaborazione effettuata per la stazione di San Benedetto, come spiegato precedentemente. Nel capitolo 4 si riportano direttamente i risultati ottenuti per i diversi tempi di ritorno.

METODO DELLE DISTANZE INVERSE

Il metodo delle distanze inverse viene utilizzato nel caso in cui più stazioni pluviografiche ricadono nello stesso bacino per ragguagliare l'altezza di pioggia relativa all'intero bacino, considerando i contributi di tutte le stazioni, in tal caso quella di San Benedetto del Tronto e Grottammare.



Figura 25 - Posizione delle stazioni pluviometriche rispetto al baricentro del bacino

Con riferimento alle distanze tra il baricentro G del bacino e le stazioni di Grottammare ($d_G=5.8\text{km}$) e San Benedetto del Tronto ($d_{SBT}=0.9\text{km}$) si sono calcolati:

- Il peso w_i di ogni stazione

$$w_i = \frac{\frac{1}{d_i^2}}{\frac{1}{d_G^2} + \frac{1}{d_{SBT}^2}}$$

- L'altezza di pioggia ragguagliata

$$\bar{h} = w_G h_G + w_{SBT} h_{SBT}$$

Per i risultati si rimanda al capitolo 4.

3.4.2.2 Precipitazioni in continuo dell'Anno Tipico

Per avere un possibile scenario di pioggia costituito da dati in continuo si è costruito il cosiddetto Anno Tipo utilizzando i valori di precipitazione, espressi in [mm] ed estratti dal portale SIRMIP online della Protezione Civile della Regione Marche, di tutti i giorni dell'anno considerato e misurati con un intervallo di tempo regolare pari a 15 minuti.

Questa elaborazione è stata effettuata per la sola stazione di San Benedetto del Tronto che dispone di una serie di dati di pioggia in continuo dal 2003 al 2021. Nella tabella seguente si riporta, per una maggiore comprensione, uno stralcio di valori ricavabili dal portale SIRMIP online.

Codice sensore	Data: Anno	Mese	Giorno	Ora	Minuto	Precipitazione [mm]	Neve [0/1]	Codice stazione
1569	2008	1	1	0	15	0	0	140
1569	2008	1	1	0	30	0	0	140
1569	2008	1	1	0	45	0	0	140
1569	2008	1	1	1	0	0	0	140
1569	2008	1	1	1	15	0	0	140
1569	2008	1	1	1	30	0	0	140
1569	2008	1	1	1	45	0	0	140
1569	2008	1	1	2	0	0	0	140
1569	2008	1	1	2	15	0	0	140
1569	2008	1	1	2	30	0	0	140
1569	2008	1	1	2	45	0	0	140
1569	2008	1	1	3	0	0	0	140
1569	2008	1	1	3	15	0	0	140
1569	2008	1	1	3	30	0	0	140
1569	2008	1	1	3	45	0	0	140
1569	2008	1	1	4	0	0	0	140
1569	2008	1	1	4	15	0	0	140
1569	2008	1	1	4	30	0	0	140
1569	2008	1	1	4	45	0	0	140
1569	2008	1	1	5	0	0	0	140

Tabella 6 - Stralcio dei dati di precipitazione misurati ogni 15 minuti ricavabili dal portale SIRMIP online per la stazione di San Benedetto del Tronto, anno 2008

Una volta estratti tutti i dati, si sono raggruppati per ogni mese i valori di precipitazione di tutti gli anni oggetto di studio, scartando gli anni con un numero di dati inferiore a 1/3 dei giorni del mese considerato. Per chiarezza si riporta un piccolo stralcio di tabella ottenuta per il mese di gennaio, analoga a quella degli altri mesi.

Mese	Giorno	Ora	Minuto	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
1	1	0	0																			
1	1	0	15						0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	30		1.2	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	0	45						0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	0		0.4	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	15						0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	30		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	1	45						0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	0		0.2	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	1	2	15						0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	2	30		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	2	45						0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	3	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	3	15						0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	3	30		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	3	45						0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0
1	1	4	0		0	0	0	0	0	0		0	0	0	0	0	0			0	0	0

Tabella 7 - Esempio di dati raggruppati per il mese di Gennaio – stazione di San Benedetto del Tronto

Per determinare le precipitazioni di ogni mese dell'Anno Tipo si sono calcolate, in primo luogo, le medie di ogni riga della tabella soprastante, per poi sottrarre al valore medio ricavato, il dato puntuale relativo sempre allo stesso giorno, ora e minuto per ogni anno. Sommando i risultati delle differenze tra media e valore puntuale è stato possibile valutare l'anno caratterizzato dal minor scarto rispetto alla media identificando in tal modo il mese tipo, più vicino all'andamento medio. Questo procedimento si è svolto per tutti i mesi.

Successivamente, al fine di inserire l'Anno Tipo nello SWMM direttamente caricandolo come file esterno, è stato trasformato in un determinato file di testo. Queste operazioni si sono svolte anche considerando separatamente i mesi estivi (Giugno – Settembre) e quelli invernali (Ottobre – Maggio).

Infine, si è costruito anche l'Anno Tipo "Ridotto", nel quale si considerano unici due eventi meteorici successivi con distanza inferiore a 1.5 h. In quest'analisi i valori di precipitazione dell'Anno Tipo sono stati corretti moltiplicandoli per il fattore di riduzione di Moisello e Papiri (1986):

$$r = 1 - e^{-2.472 \cdot S^{-0.242} \cdot \theta^{0.6 - e^{-0.643 \cdot S^{0.235}}}}$$

dove:

- S, area del bacino in [km²]
- θ , durata delle precipitazioni in [h].

DATA	ORA	Precipitazioni [mm]	Durata θ [h]	r	Precip. Ridotte [m]
8/16/2006	08:45	0		0.00	0.00
8/16/2006	09:00	0.4	1.5	0.73	0.29
8/16/2006	09:15	0	1.5	0.73	0.00
8/16/2006	09:30	0.4	1.5	0.73	0.29
8/16/2006	09:45	2.8	1.5	0.73	2.05
8/16/2006	10:00	1.4	1.5	0.73	1.03
8/16/2006	10:15	0.4	1.5	0.73	0.29
8/16/2006	10:30	0.6	1.5	0.73	0.44
8/16/2006	10:45	0		0.00	0.00
8/16/2006	11:00	0		0.00	0.00
8/16/2006	11:15	0		0.00	0.00
8/16/2006	11:30	0		0.00	0.00
8/16/2006	11:45	0		0.00	0.00
8/16/2006	12:00	0		0.00	0.00
8/16/2006	12:15	0.2	2.75	0.80	0.16
8/16/2006	12:30	0.4	2.75	0.80	0.32
8/16/2006	12:45	0	2.75	0.80	0.00
8/16/2006	13:00	0.2	2.75	0.80	0.16
8/16/2006	13:15	0	2.75	0.80	0.00
8/16/2006	13:30	0	2.75	0.80	0.00
8/16/2006	13:45	2.8	2.75	0.80	2.25
8/16/2006	14:00	8.6	2.75	0.80	6.91
8/16/2006	14:15	2.4	2.75	0.80	1.93
8/16/2006	14:30	0.8	2.75	0.80	0.64
8/16/2006	14:45	0.6	2.75	0.80	0.48
8/16/2006	15:00	0.2	2.75	0.80	0.16
8/16/2006	15:15	0		0.00	0.00

Tabella 8 - Esempio dell'elaborazione dell'Anno Tipo Ridotto

3.4.3 Definizione dei pozzetti

I pozzetti presenti lungo la rete fognaria analizzata sono rappresentati nello SWMM da elementi puntuali, quindi senza dimensioni e senza un determinato volume di invaso, e definiti come *Junctions*.

In particolare, il modello richiede che vengano inserite le seguenti caratteristiche:

- *Invert Elevation* [m], rappresenta la quota altimetrica del fondo del pozzetto;
- *Max Depth* [m], rappresenta la profondità del pozzetto;

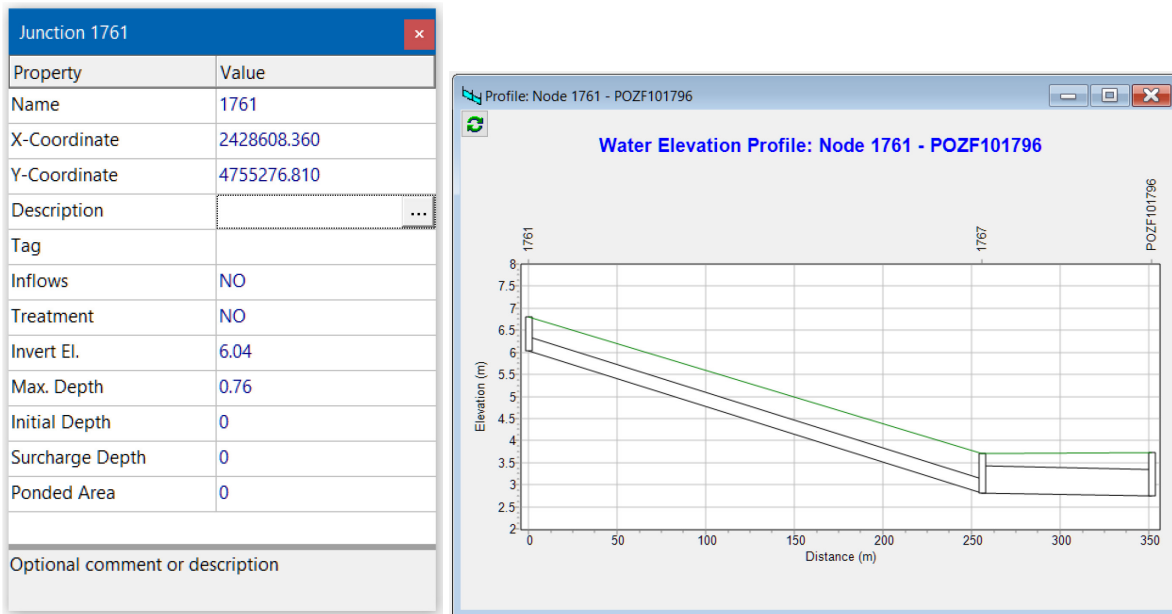


Figura 26 - Schermata di definizione dei Junction nello SWMM e profilo esempio

I dati relativi alle caratteristiche plano-altimetriche e geometriche dei pozzetti sono stati forniti da CIIP, attraverso due modalità differenti: i dati relativi alle quote dei chiusini, fondamentali per il calcolo della *Invert Elevation*, sono state ricavate dal software GIS, mentre le informazioni planimetriche e geometriche sono state ricavate dalle schede di ricognizione dei pozzetti fognari, in cui vengono descritte le caratteristiche generali, quelle del chiusino, del pozzetto e delle condotte in ingresso e in uscita.

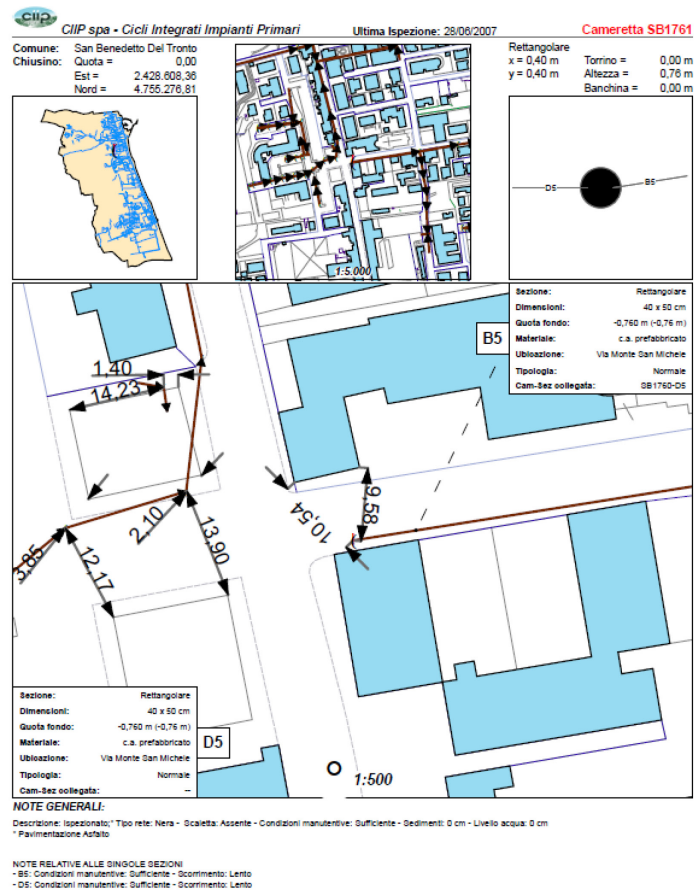


Figura 27 - Esempio di scheda di ricognizione dei pozzetti.

Tuttavia, queste schede non descrivono tutti i pozzetti presenti nella rete.

Data la mancanza di informazioni di questi elementi e la necessità di semplificare la rete, si sono inseriti nel modello idraulico:

- i pozzetti di cui è presente la relazione tecnica, denominati “pozzetti principali” e indicati sul software GIS in rosso (vedi Figure 28 e 29);
- i pozzetti che separano una serie di condotte con almeno una caratteristica differente fra loro, denominati “pozzetti secondari”, presenti nel software GIS e indicati in blu, ma di cui non si conoscono le caratteristiche di *Max Depth* e *Invert Elevation*;
- i pozzetti il cui ruolo è distinguere le condotte in pressione da quelle a gravità a seguito di una stazione di sollevamento, denominati “pozzetti ausiliari” dal momento che non sono presenti in GIS.

Si ricorda che la semplificazione della rete è stata adottata per ottenere uno studio idraulico più semplice, ma anche per ridurre l’incertezza e la probabilità di errore nei risultati e un sovraccarico di dati.

Le caratteristiche dei pozzetti di cui non è prevista la scheda tecnica sono state calcolate facendo riferimento al pozzetto principale provvisto di scheda tecnica, collocato subito a monte o a valle, alla lunghezza della condotta che li unisce e fissando un valore di pendenza compresa tra lo 0.1% e lo 0.4%. Il primo valore di pendenza rappresenta il valore minimo per il progetto di nuove condotte, mentre il secondo invece è stato adottato in quanto media della pendenza delle condotte comprese fra i pozzetti descritti dalle schede tecniche, considerando i valori di *Outlet Offset* e *Inlet Offset* relativi.

Infine, durante l'inserimento dei pozzetti nel modello SWMM si è riscontrata un'ulteriore criticità relativa ai dati dei rilievi: alcune delle condotte che presentano come nodi i pozzetti con rilievo sono risultate essere in contropendenza, come mostra il profilo altimetrico dei tratti interessati, per cui si è reso necessario modificare i dati di *Max Depth* e *Invert Elevation* dei pozzetti interessati al fine di risolvere tale problematica. Dal calcolo della media precedente si sono escluse le condotte in contropendenza e quelle con pendenze fuori scala, pari all'11%.

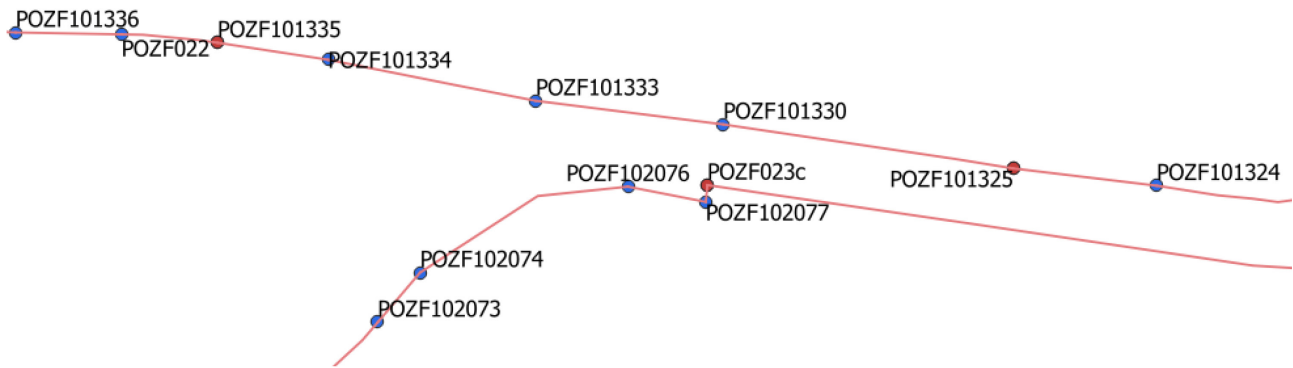


Figura 28 - Dettaglio della rete fognaria originale sul software GIS

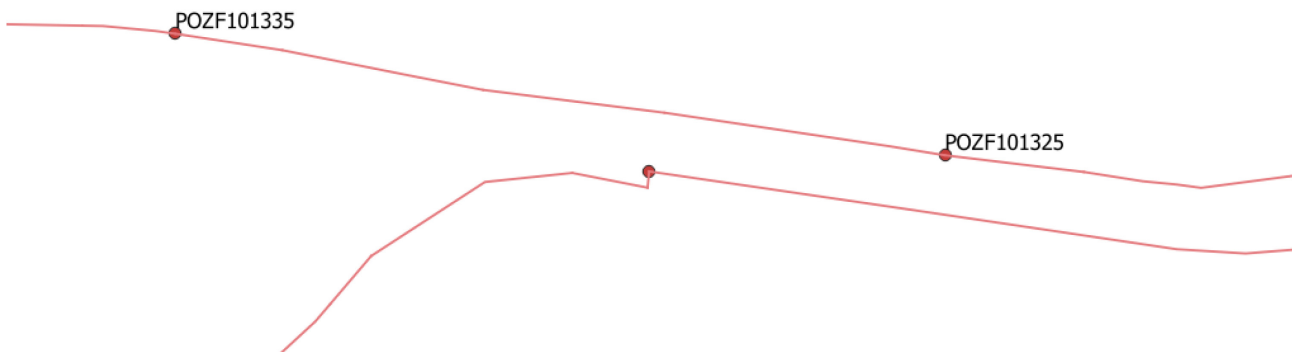


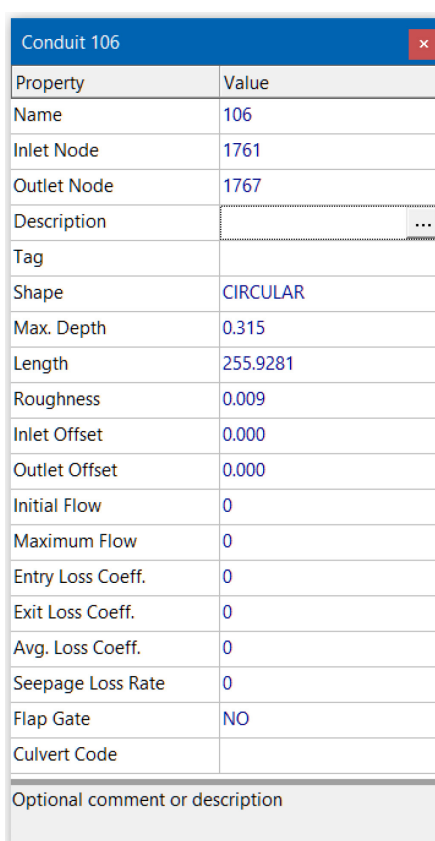
Figura 29 - Schema della rete fognaria semplificata nel software GIS

3.4.4 Definizione delle condotte

Le condotte sono tubazioni o canali che convogliano le acque reflue tra i diversi elementi della rete di drenaggio, e definite come *Conduits*.

Per la descrizione delle condotte, il modello richiede che vengano inserite le seguenti caratteristiche:

- *Inlet* e *Outlet Node*, rispettivamente il pozzetto dal quale si dirama la condotta e quello verso cui si dirige.
- *Shape* e *Max Depth*, rispettivamente geometria della sezione trasversale, selezionabile tra un elenco predefinito, e dimensioni della stessa.
- *Length*, lunghezza in metri.
- *Roughness*, indica la scabrezza del materiale della condotta attraverso il coefficiente di Manning.
- *Inlet* e *Outlet Offset*, rispettivamente la quota di allaccio della condotta nel pozzetto di monte e di valle.



Property	Value
Name	106
Inlet Node	1761
Outlet Node	1767
Description	...
Tag	
Shape	CIRCULAR
Max. Depth	0.315
Length	255.9281
Roughness	0.009
Inlet Offset	0.000
Outlet Offset	0.000
Initial Flow	0
Maximum Flow	0
Entry Loss Coeff.	0
Exit Loss Coeff.	0
Avg. Loss Coeff.	0
Seepage Loss Rate	0
Flap Gate	NO
Culvert Code	
Optional comment or description	

Figura 30 - Schermata di definizione delle *Conduit* nello SWMM

In particolare, per quanto riguarda le geometrie della sezione trasversale, la maggior parte delle condotte in esame presenta forma circolare o rettangolare e quadrata, mentre una minima parte risulta essere a sezione ellittica. Inoltre, le suddette caratteristiche insieme a quelle del materiale utilizzato e di lunghezza delle condotte sono state estratte dal software GIS messo a disposizione da CIIP spa.

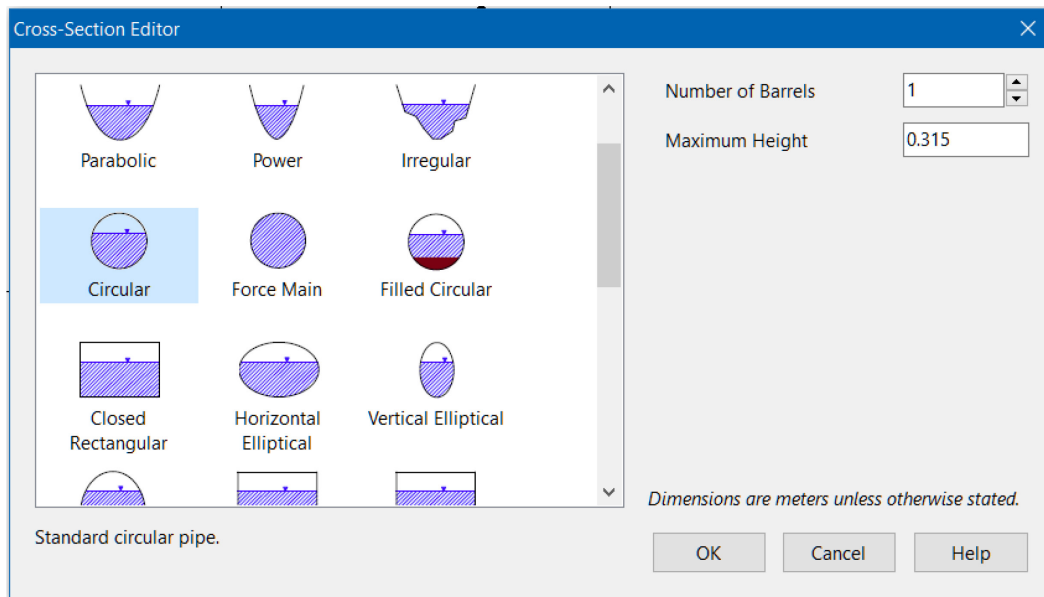


Figura 31 - Editor della sezione trasversale della condotta

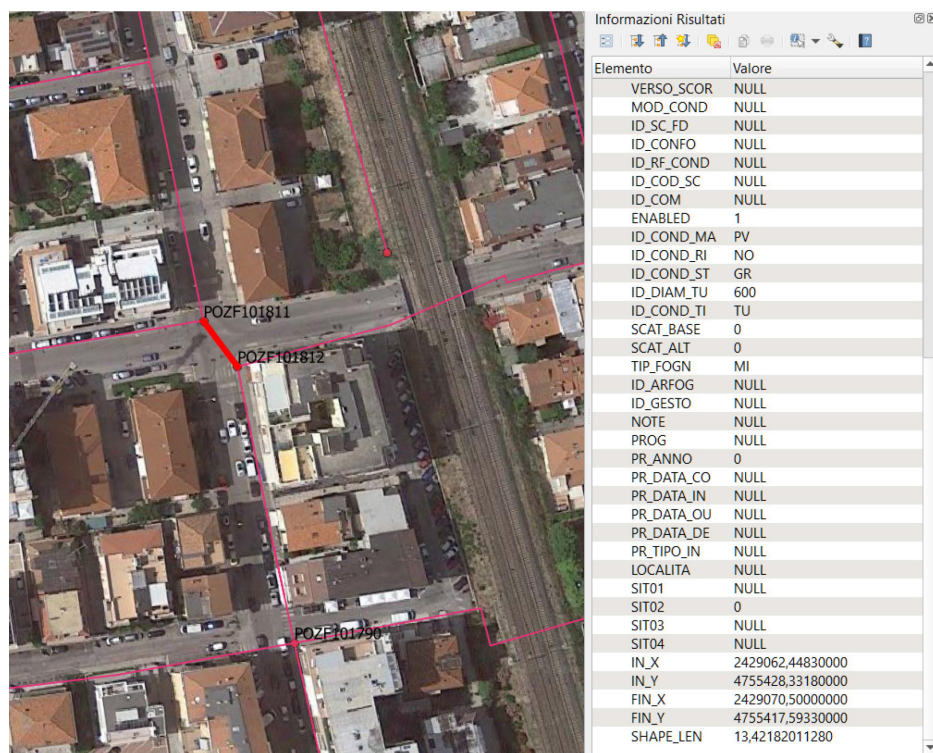


Figura 32 - Schermata di visualizzazione delle caratteristiche delle condotte nel software GIS

Per quanto riguarda il materiale con il quale sono realizzate le condotte, si sono definiti i seguenti coefficienti di scabrezza di Manning, espressi in $[s/m^{1/3}]$.

	Materiale	Coeff. di Manning
AC	Acciaio	0.012
CL	Calcestruzzo	0.013
CD	Corrugato doppia parete (liscio interno)	0.009
FC	Fibro-cemento	0.013
P1	Polietilene AD PN 10	0.009
P2	Polietilene AD PN 16	0.009
P3	Polietilene AD PN 25	0.009
PV	PVC (Polivinilcloruro)	0.009
LT	Laterizio	0.013
VR	Vetroresina	0.009
C8	PPL SN 8	0.009
CC	PPL SN 16	0.009

Tabella 9 - Valori del coefficiente di Manning utilizzati

Infine, in sintonia con la scelta di individuare e modellare una rete semplificata, si è deciso di unificare un insieme di condotte consecutive con caratteristiche di forma, dimensioni e scabrezza uguali fra loro in un'unica condotta. Quindi i pozzetti della rete originale che risultano intermedi a una condotta unificata sono stati esclusi dall'analisi idraulica.

Di seguito è riportato un esempio delle caratteristiche delle condotte, facente riferimento al tratto di rete mostrato nelle *Figure 28 e 29*. La prima tabella indica un insieme di condotte consecutive che compongono la rete originale e le loro caratteristiche estratte dal software GIS, la seconda riporta la condotta equivalente inserita nel modello SWMM.

INLET NODE	OUTLET NODE	LENGHT	ROUGHNESS	SHAPE	MAX DEPTH
POZF101335	POZF101334	37.4252	0.013	RECT_CLOSED	B=1m, H=0.85m
POZF101334	POZF101333	70.8728	0.013	RECT_CLOSED	B=1m, H=0.85m
POZF101333	POZF101330	63.2566	0.013	RECT_CLOSED	B=1m, H=0.85m
POZF101330	POZF101325	98.0572	0.013	RECT_CLOSED	B=1m, H=0.85m

Tabella 10 - Dati delle condotte della rete originale estrapolati dal software GIS

NAME	INLET NODE	OUTLET NODE	LENGHT	ROUGHNESS	SHAPE	MAX DEPTH
6	POZF101335	POZF101325	269.6118	0.013	RECT_CLOSED	B=1m, H=0.85m

Tabella 11 - Caratteristiche delle condotte della rete semplificata inserite nel modello SWMM

3.4.5 Definizione degli scolmatori

Gli scolmatori di portata rappresentano una categoria di elementi terminali della rete di fognatura mista in quanto la loro funzione è scaricare direttamente in ambiente le portate eccedenti un determinato limite di progetto, il quale assicura il corretto funzionamento a gravità della rete fognaria.

Nel modello SWMM gli scolmatori di portata sono definiti attraverso l'*Outfall* e sono vincolati ad altri elementi di modellizzazione. Infatti l'*Outfall* deve essere sempre collegato idraulicamente da una condotta definita *Orifice* ad un elemento che simuli un volume di raccolta, definito generalmente da uno *Storage Unit*.

Le informazioni degli scolmatori presenti lungo la rete si sono ricavate dalle schede fornite da CIIP spa in cui vengono descritti tali manufatti.

Queste schede riportano le caratteristiche dello scolmatore e dello scarico in ambiente, come i codici ID degli stessi (con riferimento al software GIS), la loro localizzazione (in coordinate Gauss-Boaga), la tipologia dello scolmatore (su sollevamento o di linea), il corpo idrico recettore e la natura dei reflui.

Sono riportati anche ulteriori dati ovvero dati generali sulla rete fognaria, dati gestionali e di progetto, come la stima delle utenze idriche domestiche allacciate alla pubblica fognatura a monte dello scolmatore, gli abitanti equivalenti derivanti dagli scarichi industriali, la dotazione idrica pro-capite, i coefficienti di afflusso in rete e di infiltrazione e il rapporto di diluizione delle acque sfioranti. Si evidenzia che nelle schede tecniche vengono riportati anche gli schemi quotati dei manufatti, elementi tecnici necessari per la ricostruzione degli scolmatori nel modello SWMM.



Figura 33 - Esempio di una scheda tecnica riepilogativa (VASCA00216)

La definizione delle vasche avviene nel modello SWMM attraverso le *Storage Unit* e, così come per gli altri elementi appartenenti alla categoria dei *Nodes*, si richiede l'inserimento delle caratteristiche di *Invert Elevation* e di *Max Depth*.

Viene richiesto inoltre di definire il volume delle singole vasche per rappresentare la capacità di raccolta e stoccaggio delle acque reflue in ingresso. Per fare ciò si utilizzano le *Storage Curve*, ovvero le curve di riempimento delle vasche, e possono essere inserite nel modello SWMM in due modi differenti:

- Attraverso un *Functional Curve*: si definiscono in funzione della profondità un coefficiente, un esponente e una costante caratteristici di una funzione lineare
- Attraverso un *Tabular Curve*, ovvero una tabella in cui si inseriscono i valori della superficie bagnata al variare della profondità della vasca.

Nella ricostruzione in esame è stato utilizzato il secondo metodo, con il quale è anche possibile verificare che il modello SWMM traduca in modo corretto i valori inseriti. Infatti nella finestra dell'editor dello *Storage Curve* sarà sufficiente attivare il comando *View* per visualizzare la geometria della vasca.

Lo stesso procedimento è stato applicato a tutte le tipologie di vasche, che siano vasche di linea o stazioni di sollevamento.

Property	Value
Name	V216
X-Coordinate	2428987.164
Y-Coordinate	4755819.078
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	3.4
Max. Depth	2.06
Initial Depth	0
Surcharge Depth	0
Evap. Factor	0
Seepage Loss	NO
Storage Curve	TABULAR
Functional Curve	
Coefficient	1000
Exponent	0
Constant	0
Tabular Curve	
Curve Name	V216
Optional category or classification	

Figura 34 – Schermata di definizione dello *Storage Unit* nel modello SWMM

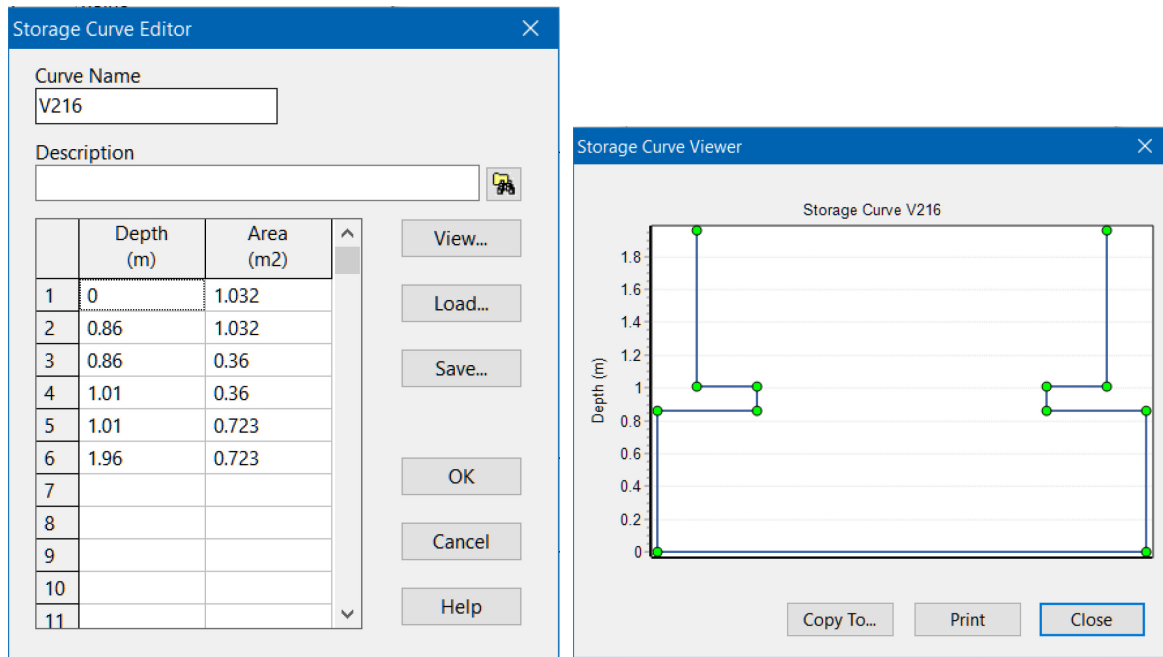


Figura 35 – Editor e visualizzatore dello Storage Curve

L'Orifice invece è definito come la condotta posta a scolare la portata in eccesso e, come gli altri elementi appartenenti alla categoria delle *Conduits*, viene definito assegnando forma (circolare o scatolare), dimensioni, tipologia e *Inlet Offset*. Le ultime due caratteristiche indicano rispettivamente la posizione della condotta rispetto alla vasca, se posta lateralmente, come per tutte le vasche oggetto di studio, o sul fondo, e l'altezza della stessa rispetto al fondo della vasca, altezza che risulta essere direttamente proporzionale alla frequenza di uno scarico esterno alla rete.

The figure shows a 'Property Value' window for 'Orifice OR216'. It lists various parameters and their values. The parameters are: Name (OR216), Inlet Node (V216), Outlet Node (OUT756), Description, Tag, Type (SIDE), Shape (RECT_CLOSED), Height (0.85), Width (1.2), Inlet Offset (1.37), Discharge Coeff (0.65), Flap Gate (NO), Time to Open/C0, and a field for 'User-assigned name of orifice'.

Property	Value
Name	OR216
Inlet Node	V216
Outlet Node	OUT756
Description	
Tag	
Type	SIDE
Shape	RECT_CLOSED
Height	0.85
Width	1.2
Inlet Offset	1.37
Discharge Coeff	0.65
Flap Gate	NO
Time to Open/C0	
User-assigned name of orifice	

Figura 36 – Schermata di definizione dell'Orifice nel modello SWMM

Per la simulazione degli scolmatori di portata lo SWMM mette a disposizione anche un elemento definito *Weir* che risulta più adatto a simulare scolmatori che si estendono in lunghezza, come ad esempio quelli a stramazzo laterale. Tuttavia questo elemento non è mai stato utilizzato nella presente modellizzazione.

L'ultimo elemento utilizzato per rappresentare gli scolmatori di portata è l'*Outfall* e viene definito inserendo solamente il dato di *Invert Elevation*, in modo tale che si trovi a una quota inferiore o

uguale rispetto a quella dell'*Orifice*. Non è necessario specificare le altre caratteristiche richieste in quanto questo elemento serve esclusivamente al modello per convogliare l'acqua scolmata dall'*Orifice*.

Outfall OUT756	
Property	Value
Name	OUT756
X-Coordinate	2429037.177
Y-Coordinate	4755860.261
Description	
Tag	
Inflows	NO
Treatment	NO
Invert El.	5.5
Tide Gate	NO
Route To	
Type	FREE
Fixed Outfall	
Fixed Stage	0
Tidal Outfall	
Curve Name	*
Time Series Out	
Series Name	*
User-assigned name of outfall	

Figura 37 - Schermata di definizione dell'*Outfall* nel modello SWMM

Nel tratto costiero della rete fognaria di San Benedetto sono presenti in totale 25 scolmatori di portata, riportati nella tabella seguente.

ID SCOLMATORE	ID VASCA	ID SOLLEVAMENTO	TIPOLOGIA VASCA
SCAMB00749	VASCA00211		LINEA
SCAMB00755	VASCA00215		LINEA
SCAMB00756	VASCA00216		LINEA
SCAMB00984	VASCA00350		LINEA
SCAMB01003	VASCA00374		LINEA
SCAMB01018	VASCA00390		LINEA
SCAMB01096	VASCA00490		LINEA
SCAMB01097	VASCA00491		LINEA
SCAMB01098	VASCA00492		LINEA
SCAMB01115	VASCA00508		LINEA
SCAMB01116	VASCA00509		LINEA
SCAMB01130	VASCA00525		LINEA
SCAMB00760	VASCA00220		LINEA
SCAMB00762	VASCA00222		LINEA
SCAMB00347	VASCA00126	SOLFO00095	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00348	VASCA00127	SOLFO00105	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00349	VASCA00128	SOLFO00106	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00350	VASCA00129	SOLFO00097	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00353	VASCA00132	SOLFO00096	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00354	VASCA00133	SOLFO000108	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00355	VASCA00221	SOLFO00144	SOLLEVAMENTO con CSO
	VASCA00134	SOLFO00099	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00356	VASCA00135	SOLFO00100	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00358	VASCA00137	SOLFO00109	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00359	VASCA00138	SOLFO00131	SOLLEVAMENTO con CSO
SCAMB00368	VASCA00147	SOLFO00092	SOLLEVAMENTO con CSO
	VASCA00130	SOLFO000107	SOLLEVAMENTO
	VASCA00131	SOLFO00098	SOLLEVAMENTO
	VASCA00145	SOLFO00094	SOLLEVAMENTO
	VASCA00143	SOLFO00110	SOLLEVAMENTO
	VASCA00210	SOLFO00111	SOLLEVAMENTO
	VASCA_SOLFO00225	SOLFO00225	SOLLEVAMENTO
	VASCA00144	SOLFO00090	SOLLEVAMENTO ACQUE NERE

Tabella 12 - Elenco degli scolmatori presenti lungo la rete fognaria

Durante il processo di costruzione del modello idraulico gli scolmatori di linea e le relative vasche sono stati modellati in maniera differente rispetto agli scolmatori delle stazioni di sollevamento. Di seguito è riportato un esempio di modellazione di uno scolmatore di linea, facente riferimento alla precedente scheda tecnica riepilogativa (Figura 32).

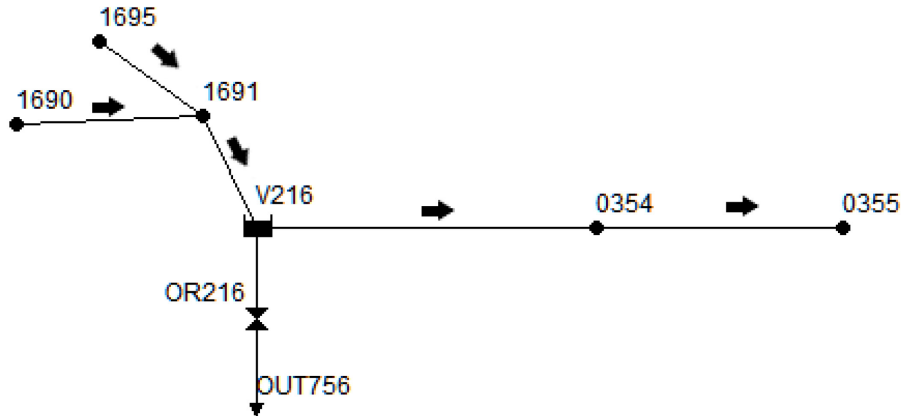


Figura 38 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore di linea (VASCA00216)

Invece, gli scolmatori su sollevamento si sono modellati in maniera differente, anche a seconda della geometria della vasca riportata nelle schede tecniche. Si possono distinguere due casi:

1. Le unità che contengono nello stesso volume sia le pompe che la condotta di sfioro sono state modellate con un unico *Storage Unit*, collegato allo *Outfall* e alle relative pompe.

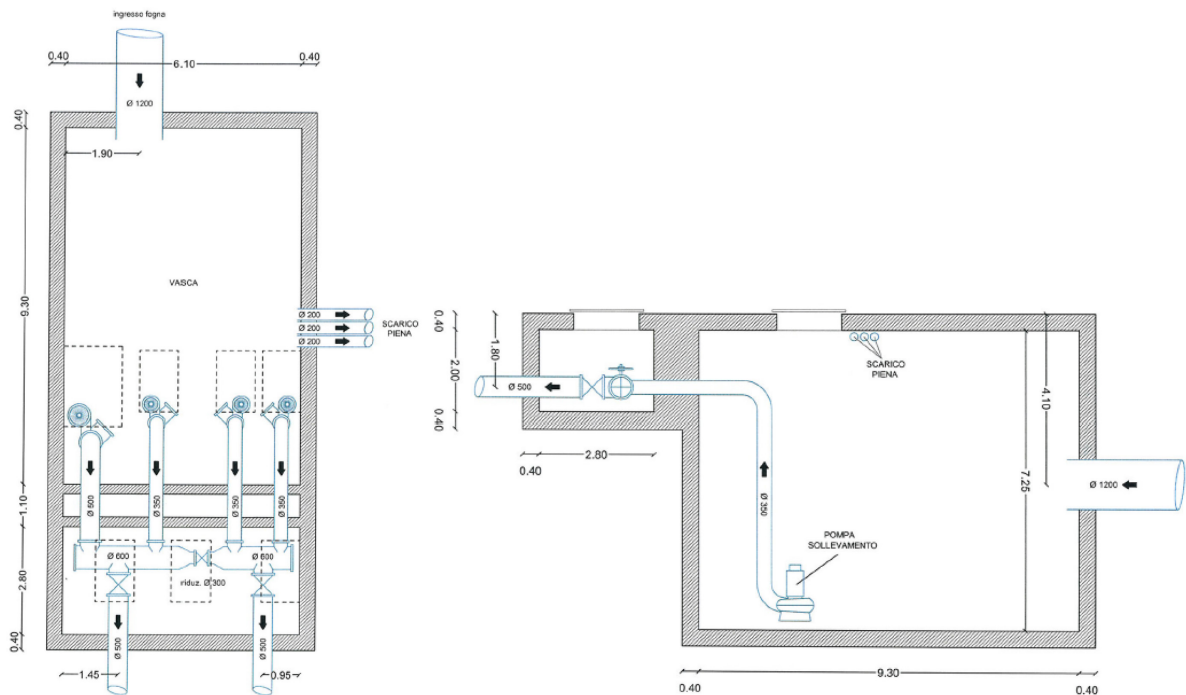


Figura 39 - Schema quotato di uno scolmatore su sollevamento con vasca unica (VASCA00135)

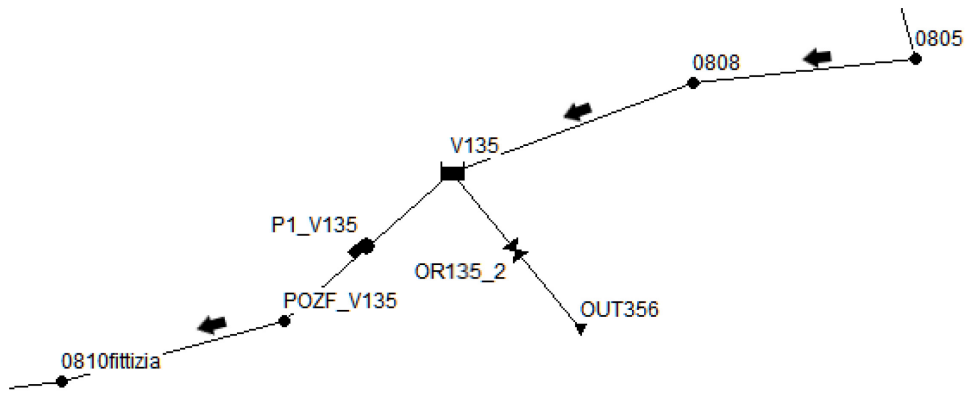


Figura 40 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore su sollevamento con vasca unica (VASCA00135)

2. Le unità che presentano due vasche, di cui una contenente lo scolmatore e l'altra le pompe per il sollevamento, sono state modellate con due differenti *Storage Unit*, rispettivamente collegate allo *Outfall* e alle pompe, e unite idraulicamente fra loro attraverso un secondo *Orifice*.

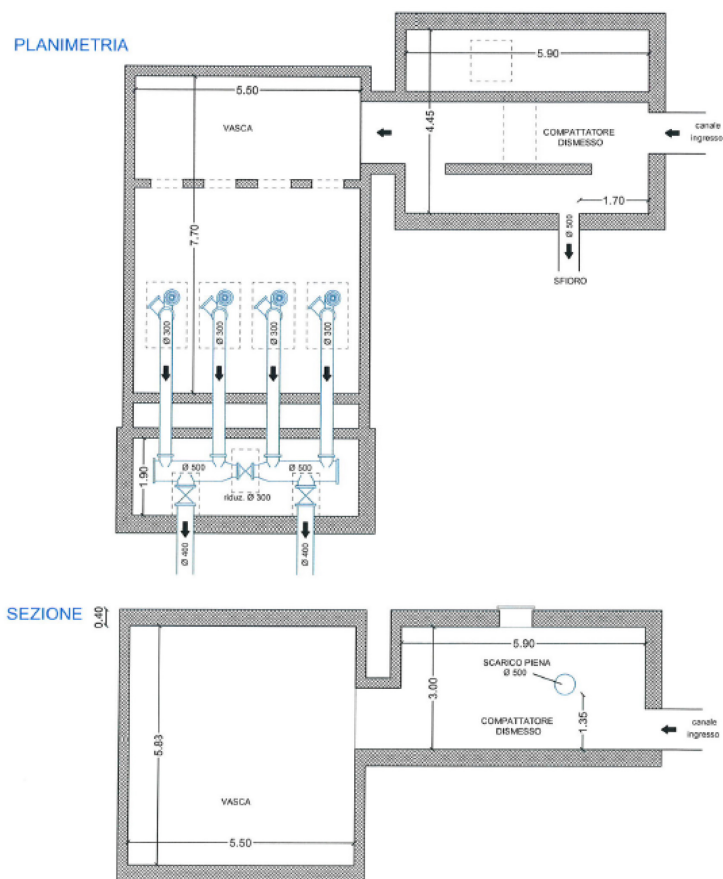


Figura 41 - Esempio schema quotato di uno scolmatore su sollevamento con vasche separate (VASCA00132)

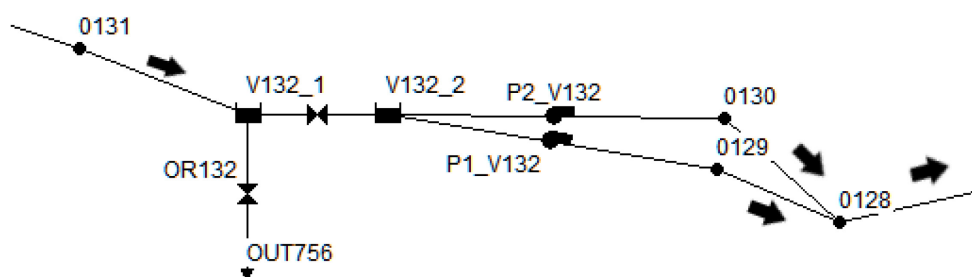


Figura 42 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore su sollevamento con vasche separate (VASCA00132)

Oltre a questi elementi, nel caso di scolmatori su sollevamenti, si sono inserite anche le pompe il cui funzionamento è stato descritto mediante la creazione di *Pump Curve*, una per ogni tipologia di pompa. Queste curve di funzionamento, riportate nel modello mediante la compilazione della tabella nella finestra di comando del *Pump Curve*, sono state fornite da CIIP spa.

Per verificare che lo SWMM traduca in modo corretto i valori inseriti, è possibile visualizzare il grafico prevalenza (H)-portata (LPS) mediante il comando *View*.

Pump SOLFO00100	
Property	Value
Name	SOLFO00100
Inlet Node	V135
Outlet Node	POZF_SOLFO00100
Description	
Tag	
Pump Curve	SOLFO00100
Initial Status	ON
Startup Depth	0
Shutoff Depth	0
Name of pump curve (or * for ideal pump). After specifying a curve, you can double-click to edit it)	

Figura 43 - Schermata di definizione del *Pump* nel modello SWMM

Pump Curve Editor

Curve Name: SOLFO00100 Pump Type: TYPE3

Description:

	Head (m)	Flow (LPS)
1	6	400
2	10	300
3	12	263
4	14	200
5	18	100
6	22	50
7		
8		
9		
10		
11		

View... Load... Save... OK Cancel Help

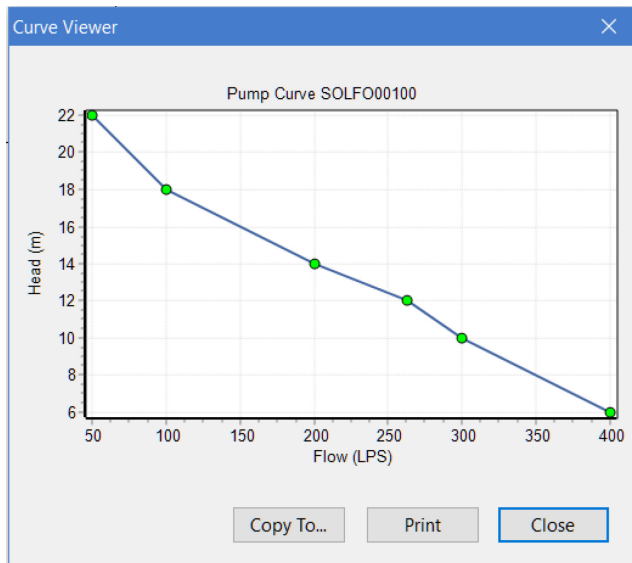


Figura 44 - Editor e visualizzatore del Pump Curve

Capitolo 4: Risultati e discussione

In questo paragrafo, si riportano i risultati dell'elaborazione dei misuratori di portata Kaptor e dei telecontrolli oltre a tutte le caratteristiche degli elementi formanti il modello idraulico, costituito da *Subcatchment, Rain Gage, Junction, Conduit, Storage Unit, Orifice e Outfall*, descritti nel capitolo precedente.

4.1 Kaptor

Di seguito si riportano i risultati delle elaborazioni dei dati registrati e trasmessi dai misuratori Kaptor.

Kaptor ALBULA DX

	Q [m3/h]	Q [m3/d]	Q [m3/h]	Q [m3/d]
ESTATE	17	400	13	307
INVERNO	54	1285	17	400
	dopo 11/04/2022			

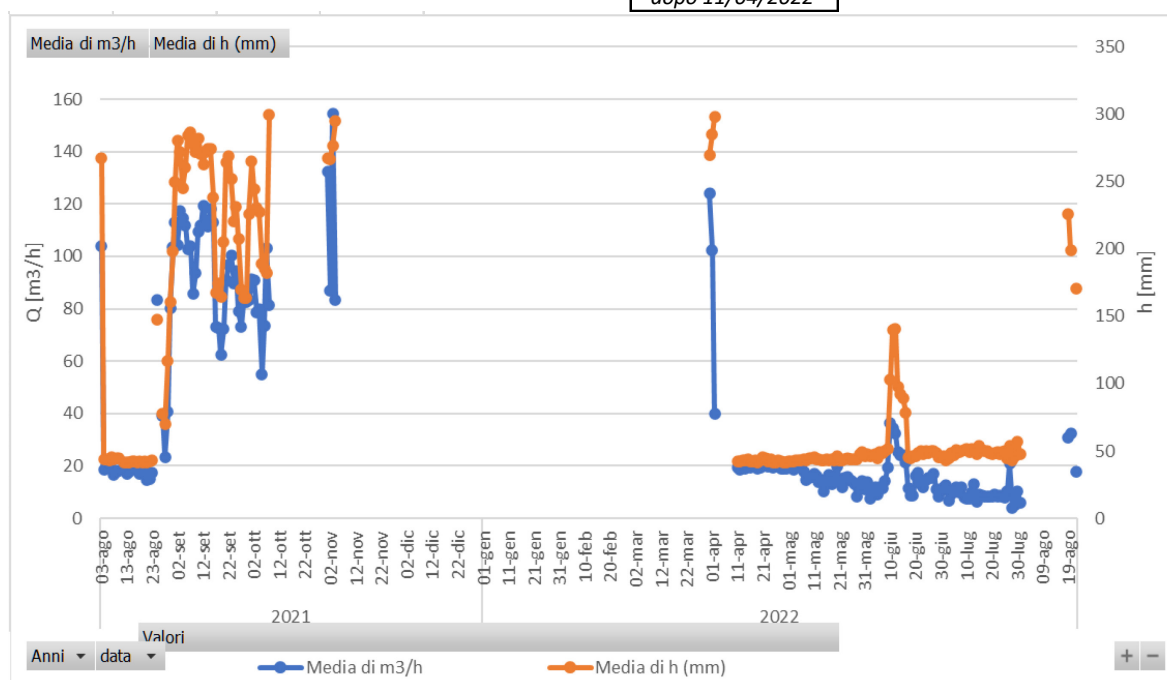


Figura 45 - Elaborazione Kaptor ALBULA DX

Si evidenzia che nel giorno del 11/04/2022 si è resa necessaria la sostituzione del sensore dal momento che questo non riusciva più a misurare valori accettabili di velocità e conseguentemente di portata a partire da novembre 2021, come si può osservare nel grafico soprastante. Quindi ai fini del calcolo del bilancio idrico si farà riferimento ai soli valori calcolati dopo la sostituzione.

Inoltre, si sottolinea che si rende necessaria l'implementazione dell'elaborazione in quanto, al momento, la portata media in tempo di secca transitata nel periodo estivo risulta inferiore a quella del periodo invernale, dato non accettabile. Questo aspetto potrebbe essere dovuto al frequente sporcamento del misuratore a scarpetta che influenza sicuramente i dati misurati. Perciò a seguito di questa prima analisi si approfondirà il problema, che viene riscontrato anche per gli altri Kaptor installati lungo la rete.

Kaptor IS2

	Q [m3/h]	Q [m3/d]
ESTATE	73	1741
INVERNO	94	2263

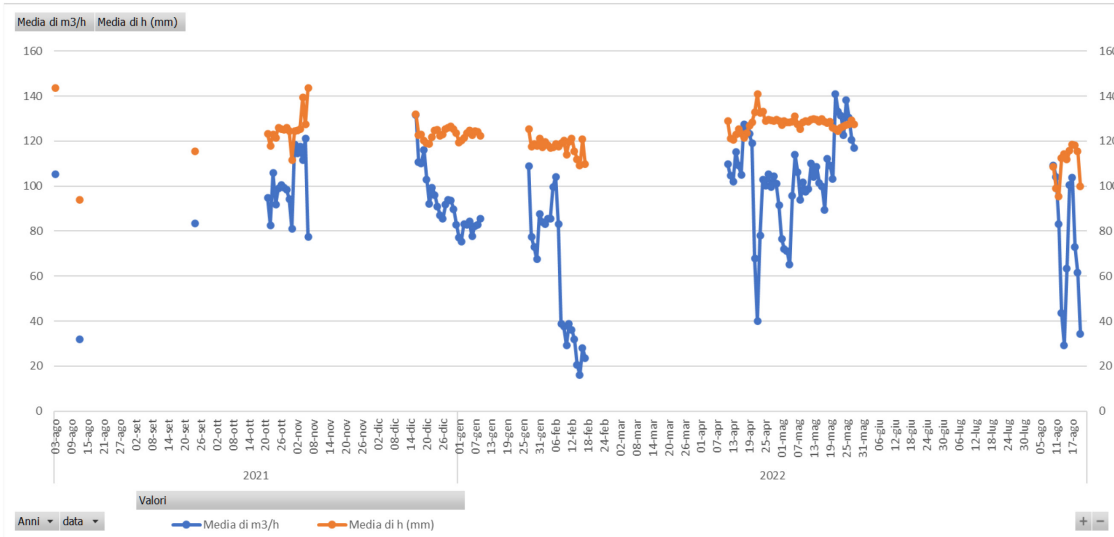


Figura 46 - Elaborazione Kaptor IS2

Kaptor IS4

	m3/h	m3/d
ESTATE	338	8118
INVERNO	301	7227

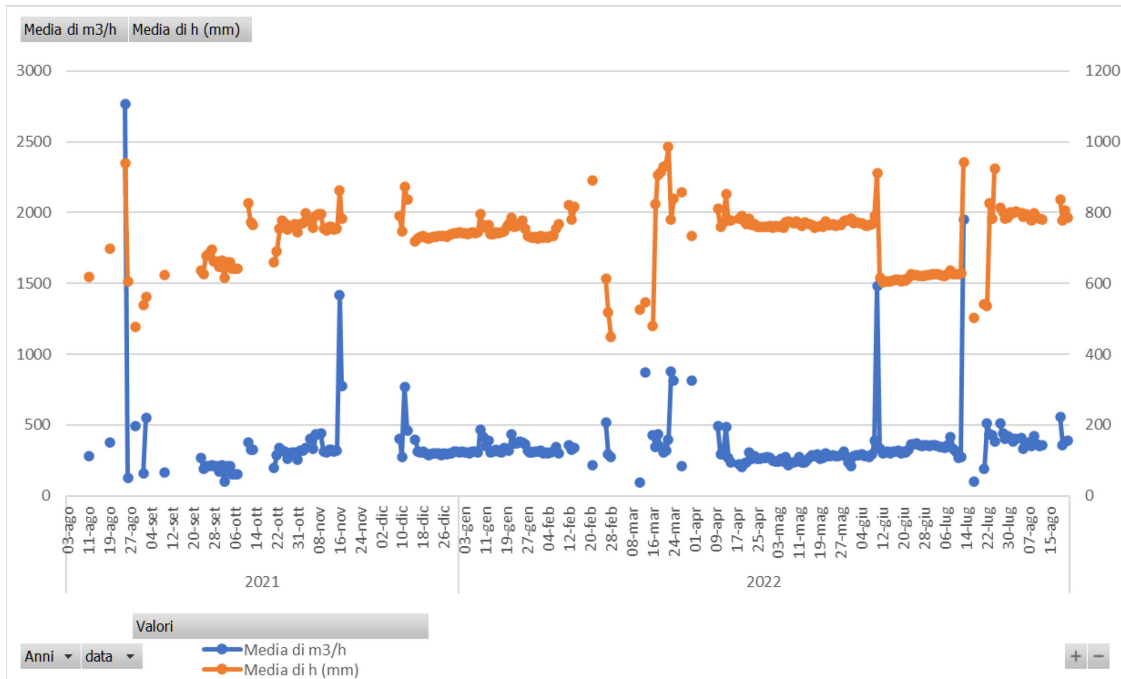


Figura 47 - Elaborazione Kaptor IS4

Kaptor IS7

	Q [m3/h]	Q [m3/d]	Q [m3/h]	Q [m3/d]
ESTATE	384.0762	9217.83	384.076	9217.83
INVERNO	444.4964	10667.91	304.297	7303.12
	<i>dopo 11/04/2022</i>			

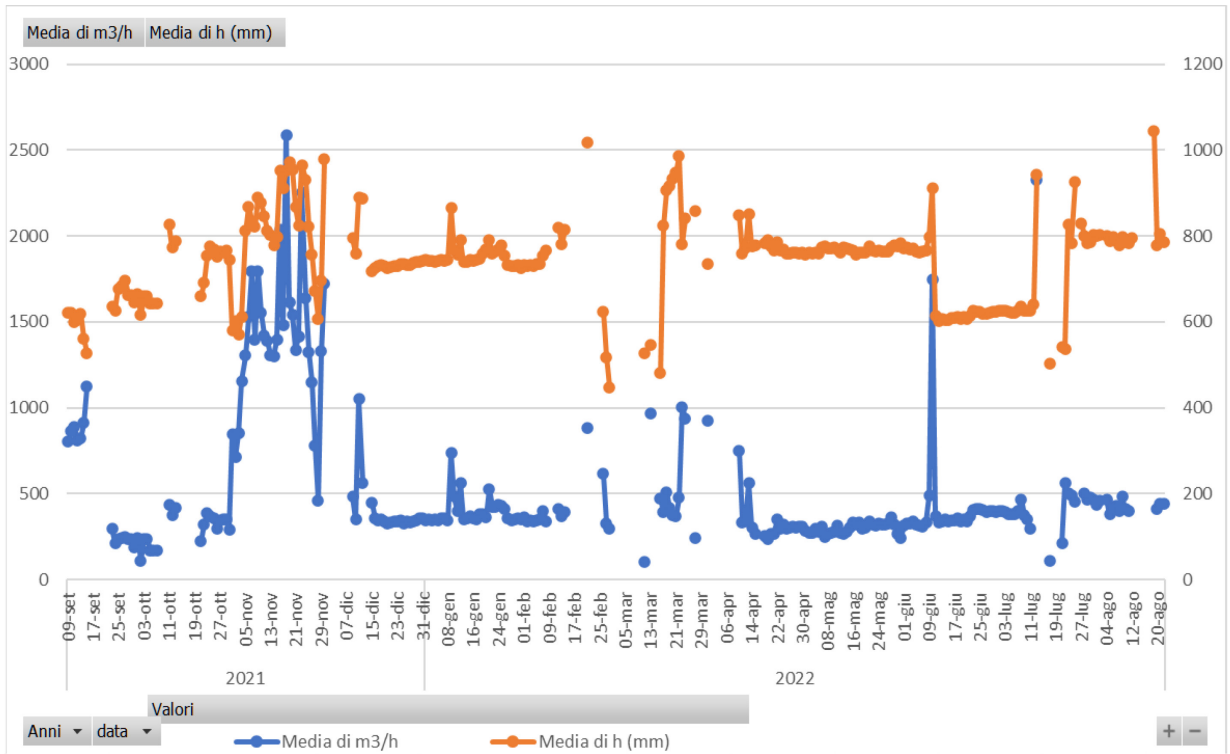


Figura 48 - Elaborazione Kaptor IS7

4.2 Telecontrollo

V138 – IS2

Per la vasca IS2 si è svolta l'elaborazione dei picchi per 5 giorni, come spiegato al *Cap. 3.3*, ma si sono ottenuti dei risultati solo per le pompe P3 e P4 come si può osservare nella tabella successiva.

	Q sollevata [l/s]				tempo accensione [s]			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
07/07/2021			102	104			3323	6018
01/08/2021				70				6179
14/11/2021								
16/12/2021								
22/06/2022				93				1859
MEDIA	-	-	102	89	-	-	3323	4685
tempo medio d'accensione	-	-	41%	59%				

Figura 49 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS2

Infatti, per le altre pompe i picchi analizzati, non presentano un andamento sufficientemente affidabile per l'applicazione del metodo.

Inoltre, a differenza delle vasche successive, si evidenzia che in questo caso non è stato possibile fare un confronto con l'accensione e lo spegnimento della vasca a monte, per cui si è ritenuto più corretto considerare direttamente i valori di portata sollevata indicati nella scheda tecnica trasmessa da CIIP.

H (m)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)
11.5	75	150
10.7	100	200
9.5	150	300
8.2	200	400
7.8	225	450
6.5	250	500
5	300	600
3.2	350	700
1.5	400	800

H geodetico (m)
1.8 0

1 pompa	225 l/s
2 pompe	260 l/s

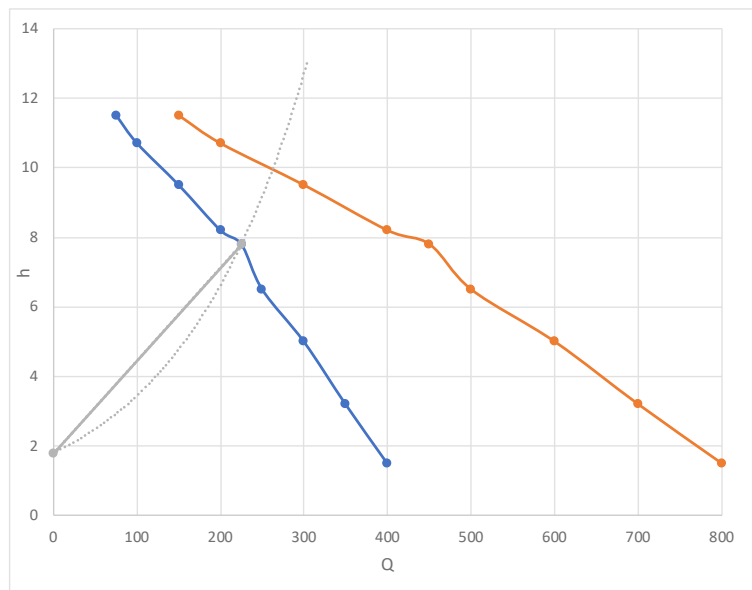
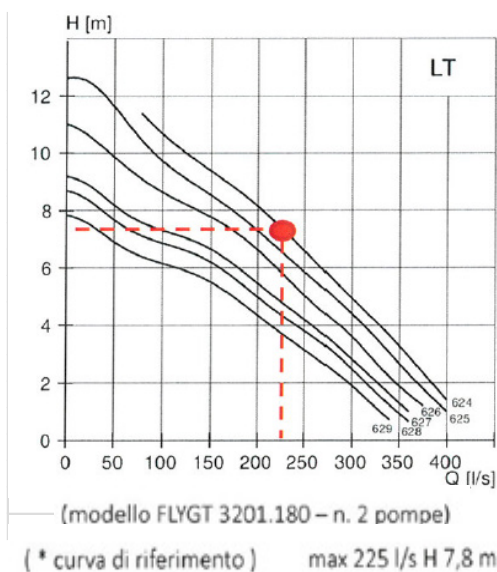


Figura 50 - Analisi vasca V138 - IS2

V127 – IS3

Per la stazione di sollevamento in questione non è presente la curva della pompa nelle schede tecniche trasmesse da CIIP.

Si è fatta quindi l'elaborazione dei picchi per 5 giorni differenti, i cui risultati sono riportati nella tabella seguente.

Si evidenzia che si rende necessario considerare altri giorni in aggiunta a quelli già analizzati, in modo da avere un numero maggiore di dati di portata al fine di ridurre l'incertezza nel risultato finale.

	Qsollevata [l/s]				tempo accensione [s]			
	P1	P2	P3	P4	P1	P2	P3	P4
07/07/2021	274	0	-	139	5233	0	4630	43249
01/08/2021	268	0	-	-	3777	0	2480	49565
14/11/2021	-	0	-	-	5463	0	4679	25199
16/12/2021	-	0	-	-	6130	0	4080	36779
22/06/2022	162	0	180	-	3239	0	2867	41282
MEDIA	235	0	180	139	4768	0	3747	39215
tempo medio d'accensione	10%	0%	8%	82%				

Figura 51 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS2

Si riporta anche il confronto dell'accensione delle pompe tra la precedente vasca V138 – IS2 e la vasca V127 – IS3, utilizzato al fine di considerare solo i picchi immediatamente a valle dello spegnimento delle pompe della vasca IS2.

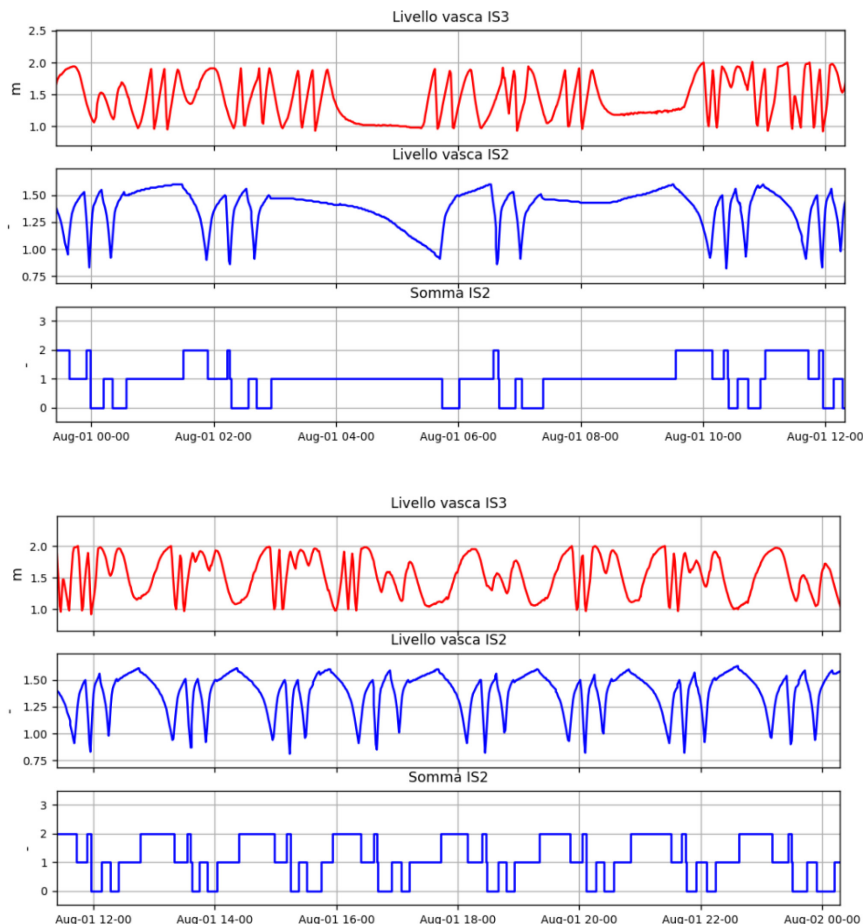


Figura 52 - Confronto accensioni V138/V127

V132 – IS4

Di seguito si riporta la tabella con indicazione della portata sollevata ottenuta per le diverse pompe per i diversi giorni analizzati.

	Q sollevata [l/s]			
	P1	P2	P3	P4
07/07/2021	211	100	229	-
01/08/2021	128	119	235	-
14/11/2021	121	105	147	105
16/12/2021	175	104	147	-
22/06/2022	228	233	229	-
MEDIA	173	132	197	105
INVERNO	148	104	147	105
ESTATE	189	150	231	-
Δ	41	46	84	-
Q sollevata media [l/s]				145

	tempo accensione [s]			
	P1	P2	P3	P4
07/07/2021	4055	49641	3265	0
01/08/2021	14340	38150	3675	0
14/11/2021	6219	23444	5519	22072
16/12/2021	7140	21641	7385	0
22/06/2022	10997	9927	10194	0
MEDIA	8550	28561	6008	4414
tempo medio d'accensione	18%	60%	13%	9%

Figura 53 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS4

Dal momento che nella scheda tecnica della seguente vasca risulta che le pompe installate sono le stesse, per ridurre l'indice di errore si è calcolata la portata sollevata calcolando la media ponderata sui tempi di accensione delle singole pompe.

Infine sulla base dei risultati ottenuti e considerando la curva della pompa fornita da CIIP si è costruita la curva di funzionamento della pompa, considerando anche il caso di accensione contemporanea di due pompe.

H (m)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)
11.5	75	150
10.7	100	200
9.7	145	290
9.5	150	300
8.2	200	400
6.5	250	500
5	300	600
3.2	350	700
1.5	400	800

H geodetico (m)	Q1 (l/s)
4.83	0
9.7	145

1 pompa	145 l/s
2 pompe	175 l/s

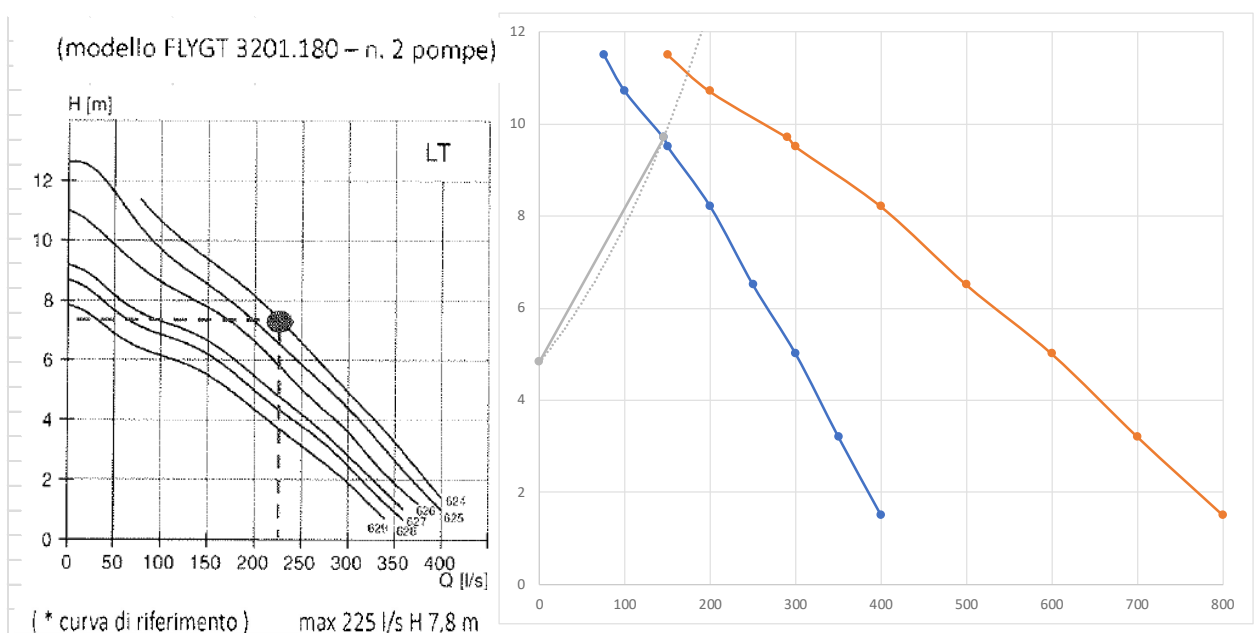


Figura 54 - Analisi vasca V132 – IS4

V133 – IS17

Per questa vasca non è stato possibile svolgere l'analisi dal momento che sui 5 giorni scelti per l'analisi si è registrata una sola accensione delle pompe. La vasca, infatti, fa parte della linea vecchia del tratto "costiero" e svolge il compito di laminare le portate in uscita linea nuova. Per tale vasca si considera solo la curva della pompa riportata nella scheda tecnica.

H (m)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)
11.7	50	100
9.7	100	200
8.5	150	300
7.3	200	400
6.5	220	440
6	250	500
4.5	300	600
2.8	350	700
1	400	800

H geodetico (m)	Q1 (l/s)
2	0
6.5	220

1 pompa	220 l/s
2 pompe	275 l/s

(modello FLYGT 3200.180 – n. 2 pompe)

(* curva di riferimento) max 220 l/s H 6,5 m

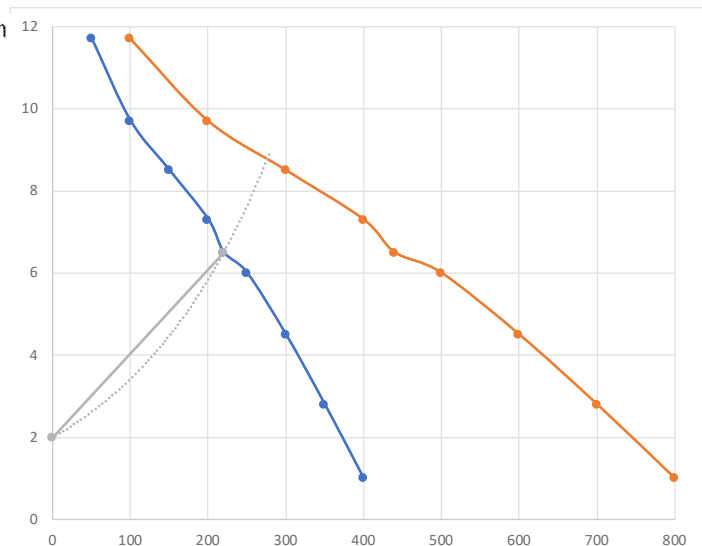
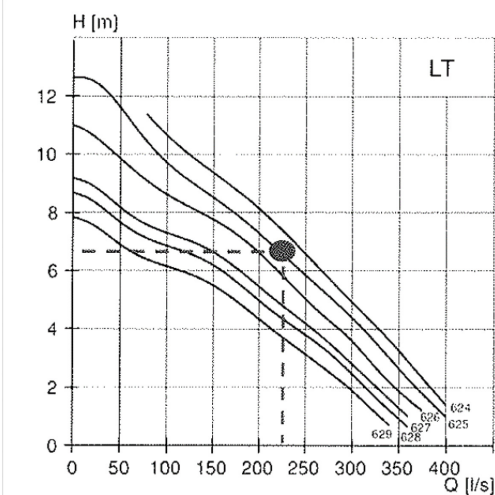


Figura 55 – Analisi vasca V133 – IS17

V221 – IS7

Di seguito si riportano i risultati ottenuti dall'elaborazione dei picchi:

	Q sollevata [l/s]			
	P1	P2	P3	P4
07/07/2021	76	66	-	87
01/08/2021	85	54	-	90
14/11/2021	83	62	-	91
16/12/2021	77	58	-	83
22/06/2022	78	64	-	89
MEDIA	80	61	-	88
INVERNO	80	60	-	87
ESTATE	79	61	-	89
Δ	1	1	-	2
Q sollevata media [l/s]				72

	tempo accensione [s]			
	P1	P2	P3	P4
07/07/2021	11520	16219	-	10474
01/08/2021	10323	21661	-	9477
14/11/2021	8640	15997	-	7260
16/12/2021	10858	21441	-	9441
22/06/2022	10981	19929	-	8640
MEDIA	10464	19049	-	9058
tempo medio d'accensione	27%	49%	-	23%

Figura 56 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS7

Nel caso di questa stazione di sollevamento si nota molta differenza fra i risultati dell'elaborazione e i valori comunicati nella scheda tecnica. Ai fini del bilancio idraulico si è considerata come portata sollevata quella indicata dalla scheda tecnica, dal momento che si ritiene che il numero di giorni analizzati non sia sufficiente per un'elaborazione affidabile. Pertanto si ritiene opportuno proseguire lo studio dei picchi considerando altri giorni.

H (m)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)
25	0	0
22	50	100
21	72	145
18.75	100	200
16.25	150	300
14.5	200	400
12.5	250	500
10	300	600
8	350	700
6	400	800
3	450	900

H geodetico (m)	Q1 (l/s)
3.7	0
21	72

1 pompa	72 l/s
2 pompe	75 l/s

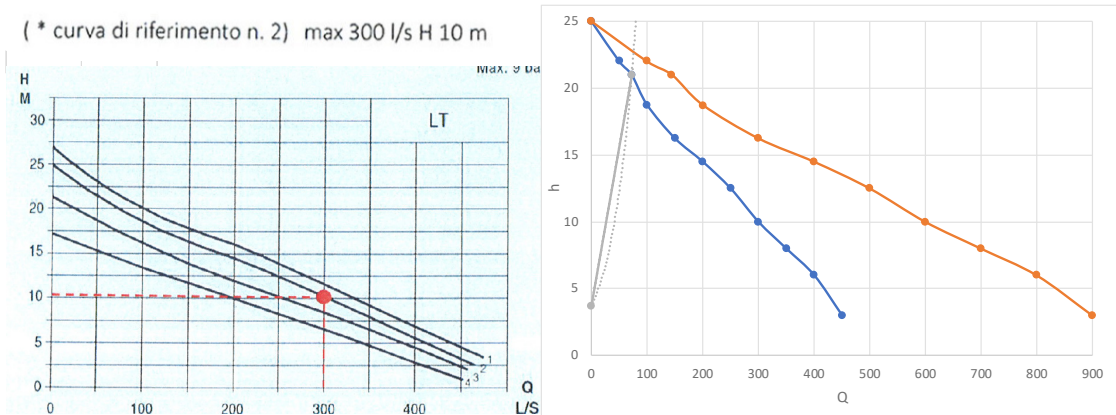


Figura 57 - Analisi vasca V221 – IS7

V135 – IS9

Differentemente dai casi precedenti, per questa stazione di sollevamento si è effettuata l'analisi di un numero maggiore di giorni in modo tale da avere un valore di portata sollevata il più verosimile possibile.

	Q sollevata [l/s]			
	P1	P2	P3	P4
10/05/2021	254			285
27/05/2021	244			299
13/06/2021	215			291
07/07/2021	230	205		297
01/08/2021	215	203		313
16/09/2021	215	227		303
20/10/2021	255	235		291
14/11/2021		289	414	307
16/12/2021		301	423	245
22/12/2021		317	427	285
22/06/2022		317	448	313
MEDIA	233	262	428	294
INVERNO	242	274	421	288
ESTATE	220	242	448	304
Δ	22	32	27	16
Q sollevata media (P1-P2-P4) [l/s]				263

Figura 58 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS9

H (m)	Q1 (l/s)	Q2 (l/s)
22	50	100
18	100	200
14	200	400
12	263	525
10	300	600
6	400	800

H geodetico (m)	Q1 (l/s)
4.85	0
12	263

1 pompa	263 l/s
2 pompe	330 l/s

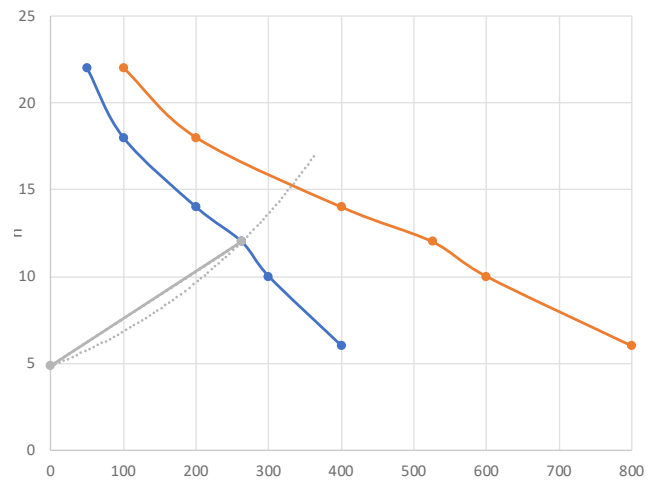
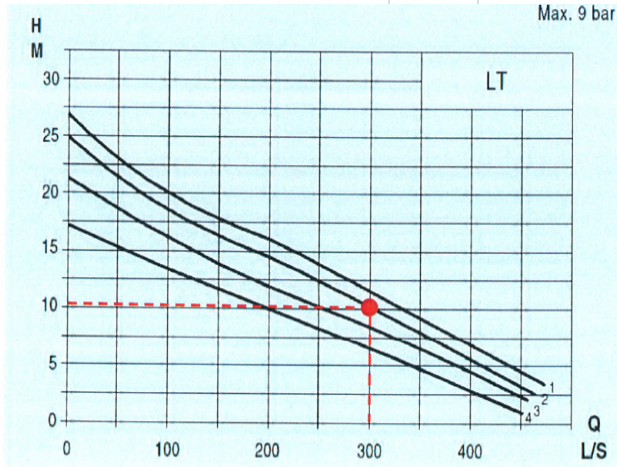


Figura 59 - Analisi vasca V135 – IS9

Dall'elaborazione, si può dedurre che le pompe P1, P2 e P4 sono presumibilmente della stessa tipologia dal momento che sollevano tutte una portata simile; c'è una minima differenza dovuta probabilmente all'invecchiamento.

Differentemente, risulta che la pompa P3 sia molto più grande delle altre.

Questo aspetto si è riscontrato anche in campo. Infatti, dalle misure effettuate nella giornata del 22 giugno 2022, i cui risultati sono riassunti nella seguente tabella, è emerso che 3 pompe lavorano circa nella stessa maniera, mentre l'ultima pompa solleva una portata molto maggiore rispetto alle altre.

VASCA 135 - IS9	
Altezza vasca [m]	7.25
Spessore soletta [m]	0.4

Valori misurati a MANO						TLC				Δ [m]
Orario	ON/OFF	Profondità da p.c. [m]	Profondità da tetto vasca [m]	hw [m]	Δh [m]	Orario	ON/OFF	hw [m]	Δh [m]	
10:06	OFF	4.642	4.242	3.008		10:06		1.97		1.0
10:08	ON (P1)	4.74	4.338	2.912	0.1	10:07	ON (P1)	2	0.0	0.9
10:22	OFF (P1)	6.068	5.668	1.582	1.3	10:21	OFF (P1)	0.63	1.4	1.0
10:27	ON (P3)	4.636	4.236	3.014	1.4	10:27	ON (P3)	1.98	1.4	1.0
10:29	OFF (P3)	5.151	4.751	2.499	0.5	10:28	OFF (P3)	1.48	0.5	1.0
10:32	ON (P4)	4.601	4.201	3.049	0.6	10:31	ON (P4)	2.09	0.6	1.0
10:35	OFF (P4)	5.178	4.778	2.472	0.6	10:34	OFF (P4)	1.53	0.6	0.9

Figura 60 - Confronto fra misure perse in campo e dati trasmessi dal TLC nel giorno 22/06/2022

IMP – IS10

La vasca in ingresso all’impianto di trattamento “Brodolini” è dotata sia di TLC che di un misuratore elettromagnetico posto sulla mandata. Tuttavia, al momento, non sono disponibili le curve delle pompe e per questo motivo si è preferito considerare direttamente i valori di portata registrati dal misuratore elettromagnetico.

Questo strumento sfrutta la legge fisica dell’induzione elettromagnetica, formulata da Michael Faraday nel 1831. Viene applicato un campo magnetico all’interno della condotta che genera una differenza di potenziale direttamente proporzionale alla velocità del fluido perpendicolare alle linee di flusso. Affinché la legge sia applicata è richiesto un fluido conducibile elettricamente, come nel caso delle acque raccolte dalle reti fognarie.



Figura 61 - Esempio di misuratore di portata elettromagnetico (©Endress+Hauser)

4.3 Sottobacini

Per quanto riguarda i *Subcatchment*, la tabella sottostante riporta la suddivisione dell'area afferente al depuratore "Brodolini" in 55 sottobacini, con le relative caratteristiche associate. Si può notare che le pendenze risultano piuttosto basse poiché la zona oggetto di studio è perlopiù pianeggiante e con piccole zone collinari allontanandosi dalla costa.

NAME	RAIN GAGE	OUTLET	AREA [ha]	WIDTH [m]	% SLOPE	% IMPERV.
6	R1	0239	3.6	106.6	0.0%	29.5%
8	R1	POZF103603	2.3	100.0	0.0%	22.6%
10	R1	0009	1.3	116.5	0.0%	15.7%
101	R1	0817	9.8	188.0	6.5%	59.0%
102	R1	POZF026n	11.6	209.5	9.6%	62.6%
103	R1	POZF100908	19.5	365.7	0.0%	62.6%
104	R1	0940	3.4	84.0	0.0%	70.0%
105	R1	POZF027b	6.3	133.3	8.6%	64.5%
106	R1	1117	10.7	272.0	14.0%	59.4%
107	R1	0992	5.4	170.5	0.0%	70.0%
201	R1	1004	7.2	112.5	4.2%	66.3%
202	R1	POZF100459	7.0	66.0	2.3%	69.9%
203	R1	1003	2.8	124.5	0.0%	59.6%
204	R1	0431	6.3	151.0	0.0%	68.3%
205	R1	1686	12.1	164.5	2.6%	70.0%
207	R1	0369	12.8	148.0	2.6%	68.7%
301	R1	1352	96.8	482.0	1.6%	48.4%
302	R1	1325	9.3	357.0	6.7%	68.8%
303	R1	1538	13.8	200.0	0.0%	66.7%
304	R1	1335	8.0	403.0	6.6%	49.8%
305	R1	0355	5.1	95.5	0.0%	44.8%
306	R1	0356fittizia	9.3	268.5	0.0%	48.5%
401	R1	POZF023c	19.2	208.5	6.7%	31.3%
402	R1	POZF023b	6.1	203.0	0.0%	70.0%
403	R1	0330	4.4	100.0	0.5%	70.0%
404	R1	0353	3.7	66.5	2.0%	59.7%
501	R1	1811	19.5	309.0	5.3%	69.7%
502	R1	0154	4.8	175.5	0.0%	38.9%
503	R1	POZF101790	15.7	321.0	0.0%	70.0%
504	R1	1761	13.4	229.0	15.2%	67.1%
505	R1	0298	7.2	402.0	0.0%	70.0%
701	R1	POZF043c	25.1	193.0	8.8%	68.0%
702	R1	POZF043b	10.9	195.0	7.0%	70.0%
703	R1	0276	8.0	276.5	0.0%	69.8%
704	R1	2499	11.7	235.0	4.7%	62.2%
705	R1	3001	6.5	93.5	3.8%	56.7%
706	R1	0139	2.1	30.0	0.0%	64.8%
707	R1	0134	3.5	244.0	0.0%	63.3%
901	R1	0602	17.2	224.0	0.0%	65.0%
902	R1	3780	22.7	569.5	2.6%	42.3%
1101	R1	0116	25.7	255.0	0.0%	61.8%
1102	R1	2689	20.4	352.5	0.0%	66.8%
1103	R1	2404	9.5	357.0	15.0%	64.9%
1105	R1	2470	1.6	43.0	0.0%	65.0%
1106	R1	0096	12.7	360.5	0.0%	56.8%
1107	R1	0001	28.9	273.4	0.0%	67.8%
1201	R1	POZF062a	12.4	285.5	0.0%	55.1%
1202	R1	0745	14.8	348.0	0.0%	55.4%
1203	R1	0764fittizia	1.4	250.5	0.0%	20.5%
1204	R1	POZF068n	22.5	384.0	0.0%	64.2%
1205	R1	3272	12.3	203.0	5.1%	63.9%
1206	R1	2983	14.2	296.0	0.0%	70.0%
1207	R1	POZF062	12.6	223.5	0.0%	66.2%
1401	R1	0810fittizia	0.8	87.0	0.0%	13.8%
1402	R1	POZF094	4.1	232.3	0.0%	23.2%

Figura 62 - Caratteristiche sottobacini

4.4 Eventi meteorici – Elaborazione statistica di Gumbel

4.4.1 Stazione di San Benedetto del Tronto

Relativamente all'elaborazione della pioggia, i cui risultati si sono inseriti nel modello attraverso la creazione dei *Time Series*, di seguito si riportano i grafici e le tabelle ottenute dall'applicazione del metodo dei casi critici e dell'elaborazione statistica di Gumbel (per $T_R = 5$ e 10 anni), realizzata per la stazione di San Benedetto del Tronto.

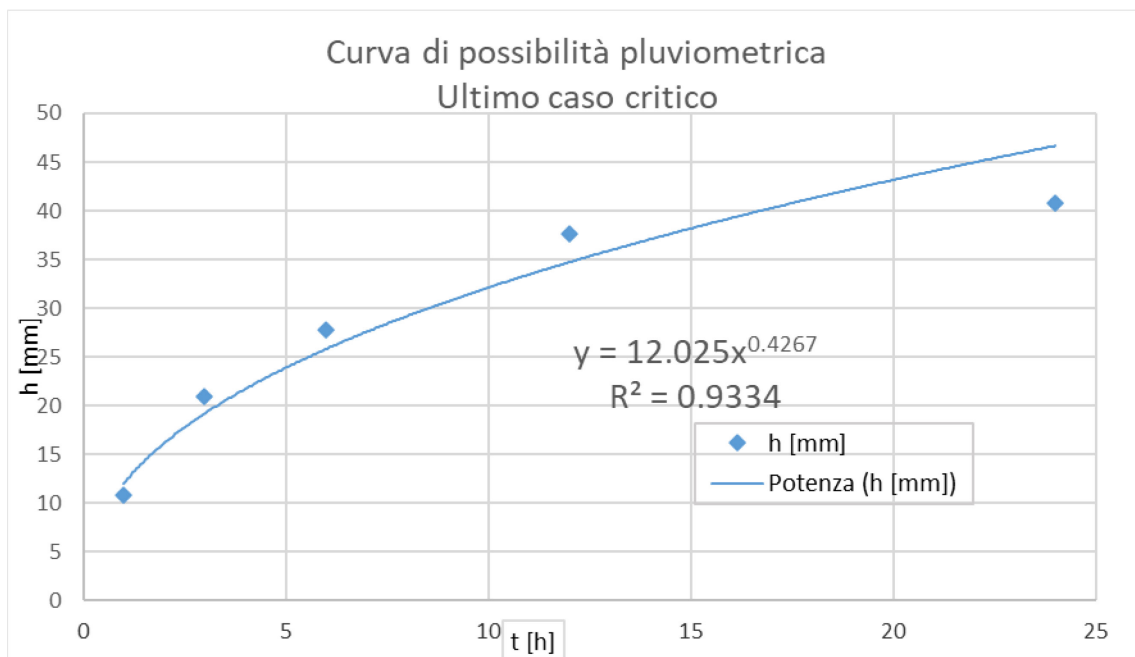


Grafico 1 – Curva di possibilità pluviometrica – Ultimo caso critico

tc [h]	5
a	12.025
n	0.4267
h [mm]	23.8966

Tabella 13 – Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico

Correzione Colombo (S<5000 ha)	
S [ha]	2350.25
a'	9.474168
n'	0.446643
h [mm]	19.44

Tabella 14 – Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico, correzione con metodo Colombo

	1h	3h	6h	12h	24h
Media X	28.15714	38.07143	47.5714286	59.9	75.81429
Sqm Sx	10.02648	15.82609	23.5946353	24.548696	27.24447
N dati	14	14	14	14	14
Yn	0.51	0.507	0.507	0.507	0.507
Sn	1.0476	1.0378	1.0378	1.0378	1.0378

Tabella 15 – Valori di media e scarto quadratico medio della variabile in esame e di quella ridotta

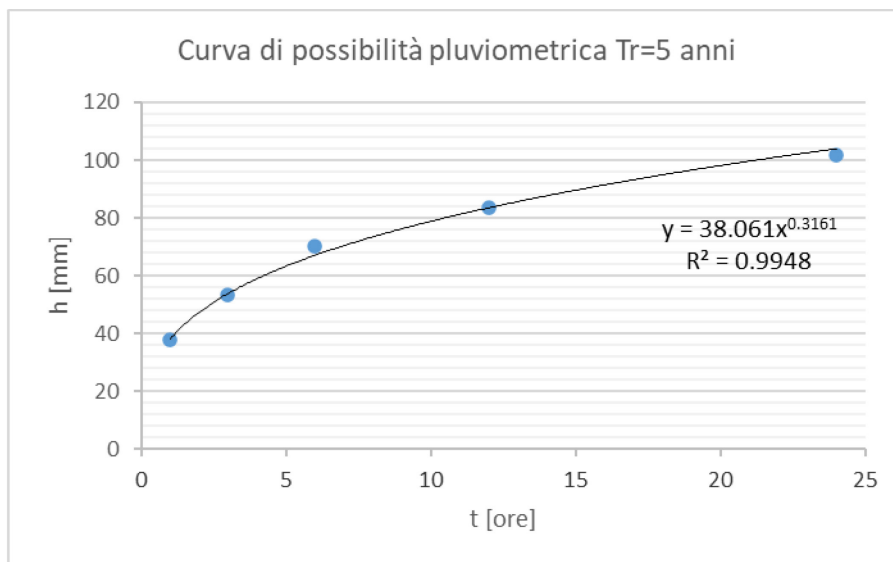


Grafico 2 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni)

Correzione A. Colombo (S<5000 ha)	
S [ha]	2350.25
a'	29.98859
n'	0.336043

t [ore]	h [mm]
1	29.99
3	43.38
5	51.50

Tabella 16 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni), correzione col metodo di Colombo

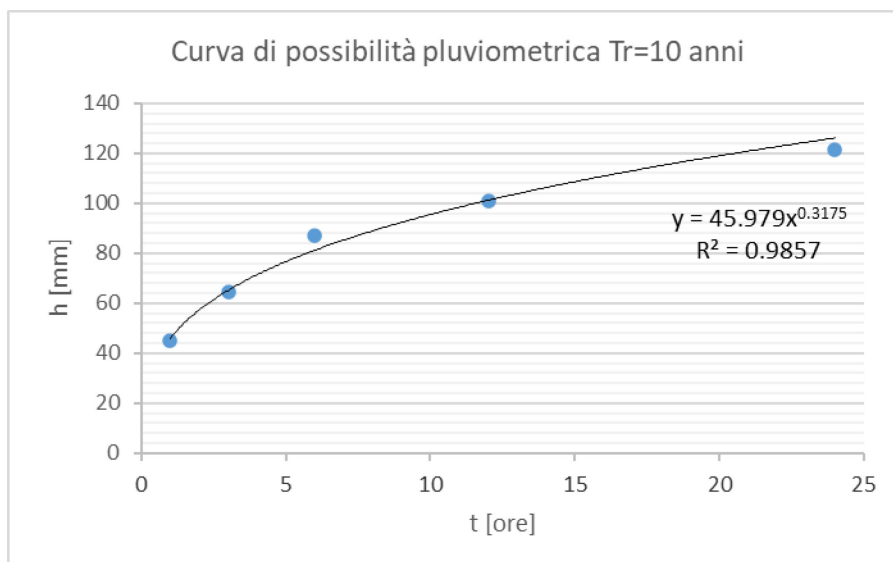


Grafico 3 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni)

Correzione A. Colombo (S<5000 ha)	
S [ha]	2350.25
a'	36.22897
n'	0.337443

t [ore]	h [mm]
1	36.23
3	52.49
5	62.36

Tabella 17 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni), correzione col metodo di Colombo

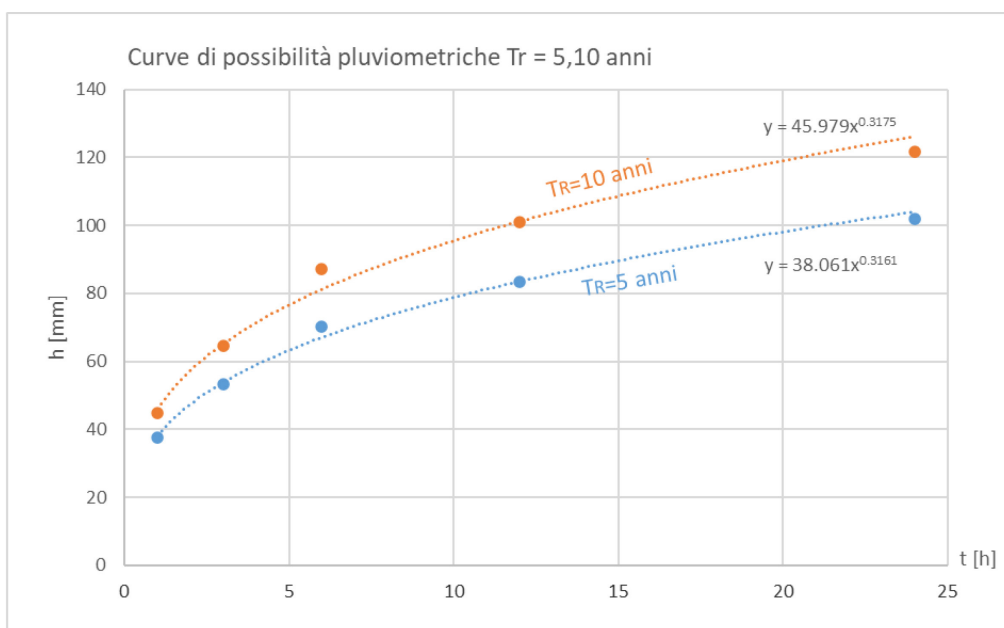


Grafico 4 – Confronto curve di possibilità pluviometrica (TR=5, 10 anni)

4.4.2 Stazione di Grottammare

L'elaborazione statistica di Gumbel è stata svolta anche per la stazione di Grottammare, per $T_R = 5$ e 10 anni). Di seguito si riportano le tabelle con i risultati dell'analisi.

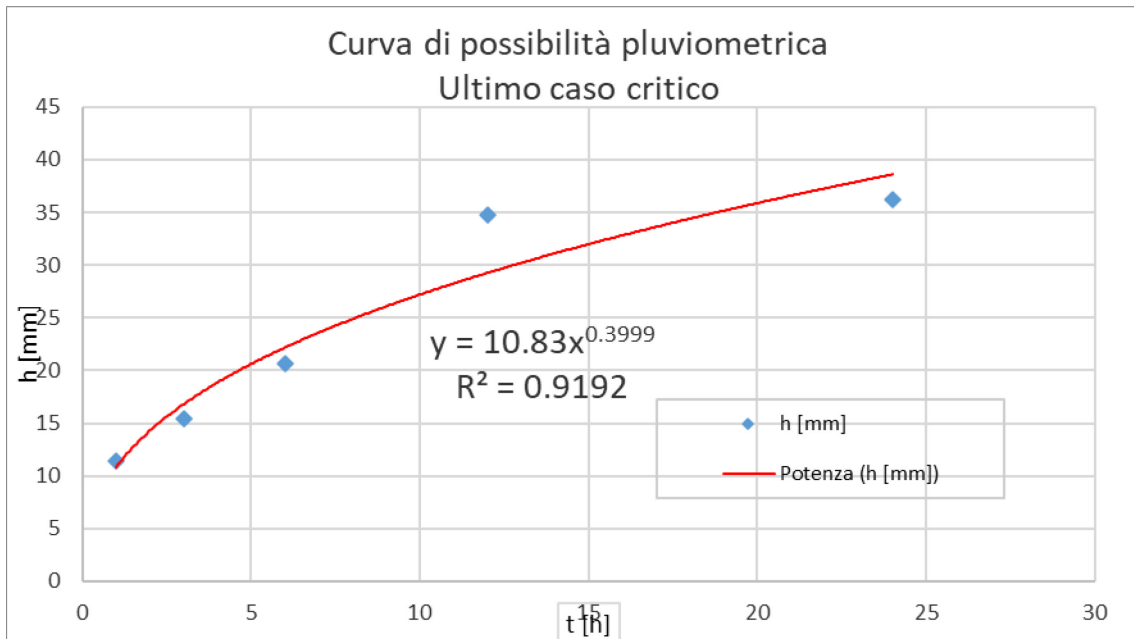


Grafico 5 - Curva di possibilità pluviometrica – Ultimo caso critico

tc [h]	5
a	10.83
n	0.3999
h [mm]	20.61325

Tabella 18 - Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico

Correzione Colombo (S < 5000 ha)	
S =	2350.25
a' =	8.53266
n' =	0.419843
h [mm] =	16.77

Tabella 19 - Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico, correzione con metodo Colombo

	1h	3h	6h	12h	24h
Media μ_x	28.53	35.93	43.57	54.09	67.43
Sqm σ_x	12.9566	16.4012	18.0529	17.3059	25.8107
N dati	14	14	14	14	14
Yn (μ_y)	0.51	0.51	0.51	0.51	0.51
Sn (σ_y)	1.0476	1.0476	1.0476	1.0476	1.0476

Tabella 20 - Valori di media e scarto quadratico medio della variabile in esame e di quella ridotta

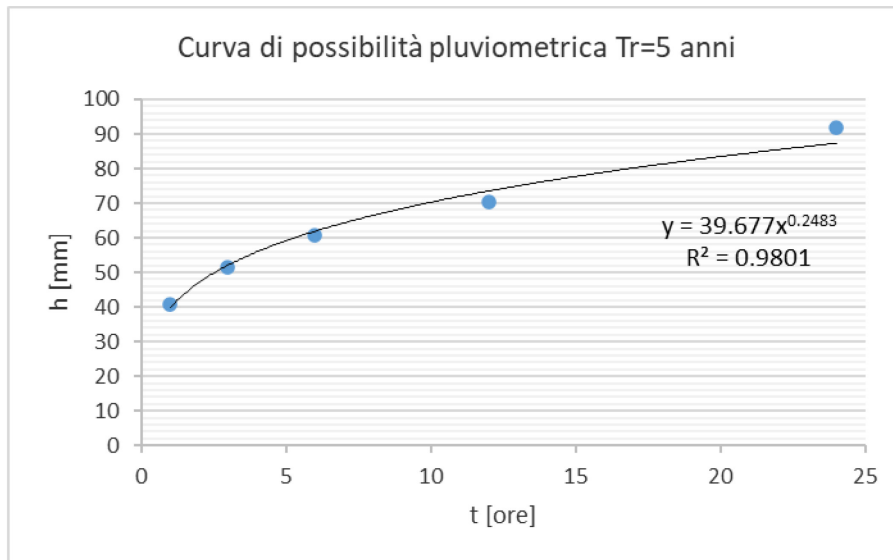


Grafico 6 - Curva di possibilità pluviometrica ($T_r=5$ anni)

Correzione A. Colombo ($S < 5000$ ha)	
S [ha]	2350.25
a'	31.25763
n'	0.268243

t [ore]	h [mm]
1	31.26
3	41.97
5	48.13

Tabella 21 - Curva di possibilità pluviometrica ($T_r=5$ anni), correzione col metodo di Colombo

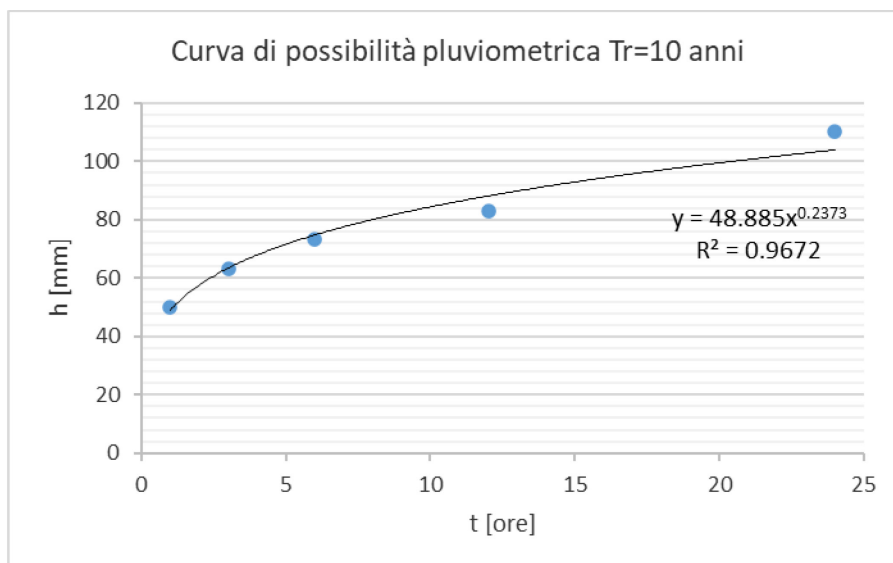


Grafico 7 - Curva di possibilità pluviometrica ($T_r=10$ anni)

Correzione A. Colombo (S<5000 ha)	
S [ha]	2350.25
a'	38.51731
n'	0.257243

t [ore]	h [mm]
1	38.52
3	51.10
5	58.27

Tabella 22 - Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni), correzione col metodo di Colombo

4.4.3 Metodo delle distanze inverse

Applicando il metodo delle distanze inverse si ottengono i seguenti risultati:

	d [km]	w	h (ultimo caso critico) [mm]	h (TR=5y) [mm]	h (TR=10y) [mm]
San Benedetto del Tronto	0.9	0.9765	19.4416	51.5039	62.3618
Grottammare	5.8	0.0235	16.7703	48.1338	58.2722
h ragguagliata			19.3788	51.4246	62.2656

Tabella 23 - Correzione col metodo delle distanze inverse

Come si può notare l'altezza di pioggia ragguagliata col metodo delle distanze inverse è molto simile ai valori calcolati per la stazione di San Benedetto del Tronto. Questa similitudine è generata dalla prossimità del pluviometro di San Benedetto del Tronto al baricentro del bacino, a differenza di quello di Grottammare.

4.5 Pozzetti

I pozzetti della rete semplificata inseriti nel modello sono in totale 311, suddivisi nelle tre tipologie indicative come espresso in tabella.

Si nota che l'*Invert Elevation* diminuisce passando dalla zona collinare più interna fino ad arrivare lungo la costa in cui la quota altimetrica è di poco al di sopra al livello del mare.

Si ricorda che per tutti i pozzetti si definiscono i valori di *Invert Elevation* e *Max Depth* in [m].

POZZETTI MODELLO SWMM	
Pozzetti "principali" con rilievo	153
Pozzetti "secondari"	135
Pozzetti "ausiliari"	23
TOTALE	311

Tabella 24 - Riassunto dei pozzetti inseriti nello SWMM

Di seguito si riportano le caratteristiche principali dei 153 pozzetti che presentano le schede tecniche fornite da CIIP spa.

NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
0001	0.2	1.8	0151	0.68	2.52	0339fittizia	0.75	0.85
0003	1.22	1.18	0153	1.06	2.54	0352	1.73	1.37
0005	0.39	1.61	0154	-0.62	3.92	0353	1	1.8
0006	-0.7	2.7	0155fittizia	-0.41	3.9	0354	-1.96	1.96
0009	-0.6	2.5	0156	-0.39	3.95	0355	1.5	1.6
0017	-0.6	2	0157	-0.35	3.63	0356fittizia	-0.33	2.73
0024	-0.5	2	0158	-0.35	3.54	0357	-0.33	2.73
0048	-0.4	2.1	0159	-0.35	3.45	0358	1.14	1.36
0057	-0.4	2.1	0160	-1.06	3.36	0359	-0.33	2.53
0067	-0.2	2.1	0168	0.77	2.23	0369	2.55	0.95
0090	-1.15	2.75	0178	1	1.7	0431	-1.2	3.2
0096	-1.55	2.85	0195	1.73	1.17	0452	-1.93	3.53
0102	-0.92	2.82	0199	1.39	1.41	0454	-1.93	2.93
0105	-1.3	2.7	0203	0.95	1.95	0465	2.4	0.9
0116	-1	2.6	0204	1.39	1.51	0549	1.4	1.1
0117	0.09	1.51	0208	1.59	1.21	0551	-0.7	2.9
0122	-0.54	2.54	0237	0.98	1.72	0562fittizia	1.35	1.45
0125	-0.46	2.26	0239	0.61	2.19	0565	0.98	1.52
0127	-0.46	2.16	0256	-1.6	1.6	0602	-1	4.6
0131	0.78	2.12	0265	1.3	1.9	0621	2.4	1.2
0132	-0.15	3.45	0276	2.5	2.5	0629	1.2	1.7
0134	-0.15	3.35	0281	5.2	0.7	0666	1.7	1.2
0135	-0.08	3.38	0296	2.5	2.6	0670	1.2	2.1
0137	-0.08	3.48	0298	1.97	1.53	0672	1.7	1.7
0139	-0.08	2.58	0309	1.86	1.54	0680	0.04	2.76
0143	-0.08	2.88	0313	3.24	0.96	0683	0.46	2.04
0145	0.34	2.76	0320	2.32	0.78	0699	-0.8	1.7
0149	0.47	2.53	0330	2.53	0.87	0715fittizia	1.9	0.5
0150	2.1	1.3	0336	0.67	2.13	0731	1.26	1.54

NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
0741	1.83	1.07	1004	3.1	0.5
0744	0.3	2.9	1117	4.47	0.93
0745	1.5	1.7	1325	10.5	2.4
0746	-0.6	2.8	1335	15.62	3.28
0747	-0.6	2.5	1352	16.9	3.1
0764fittizia	-1.2	3	1538	1.96	1.54
0796fittizia	1	0.9	1686	2.3	0.8
0798fittizia	-1	3	1690	3.4	1.6
0799fittizia	-1	3	1695	1.58	3.22
0802	-1	3	1698fittizia	1.55	2.55
0804	0.9	1	1700	1.55	2.05
0805	-1.4	3.5	1714	2.5	1.1
0808	-1.6	3.6	1761	6.04	0.76
0810fittizia	0	3	1767	2.82	0.88
0817	2.6	1.1	1811	4.1	1
0859	1.8	0.9	1812	4.1	1.2
0860	0.75	2.15	2015	100.43	1.27
0875	1.43	0.97	2021	85.6	2.3
0878	0.85	1.05	2022	86.99	2.51
0883	2.75	0.65	2028	93.49	2.11
0896	-0.61	1.81	2036	100.22	2.78
0898	-0.9	2	2049	53.92	3.38
0917	-0.44	1.64	2062	40.93	1.87
0926	1.5	1.6	2210	3.44	0.76
0940	3	1	2268	1.55	2.35
0992	3	0.7	2402fittizia	2.25	1.85
0996	3.12	0.68	2404	5.7	1
0998	3.5	1.2	2405	5.69	0.61
1003	3.1	0.9	2470	5.15	1.55
NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
2499	1.77	1.43			
2666	2.73	1.67			
2668	3.3	1.1			
2679	2.15	0.75			
2689	2.08	0.82			
2690	2	0.9			
2983	2.17	2.33			
3001	1.45	1.75			

Tabella 25 - Caratteristiche dei pozzetti principali inserite nello SWMM

Nella seguente tabella invece sono presenti le caratteristiche dei 135 pozzetti “secondari” che non presentano la scheda tecnica fornita dalla CIIP spa.

NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
POZF013	40.1	3.1	POZF030n	3.45	0.55	POZF062	0.95	2.55
POZF018	15.8	3.2	POZF035n	2.8	1.1	POZF062a	1.2	2.6
POZF022n	5	2.2	POZF036	1.45	1.65	POZF062b	0.9	2.8
POZF023a	4.2	1.4	POZF037	1.45	2.05	POZF062c	0.8	2.7
POZF023b	4.8	0.7	POZF039	1.35	1.65	POZF062d	0.7	2.7
POZF023c	12.9	1.7	POZF041	1.15	0.85	POZF062n	1.05	2.05
POZF023d	4.8	0.7	POZF043a	1	2	POZF065n	1.2	2
POZF023n	3.4	2.1	POZF043b	2.7	1.1	POZF068a	-0.05	2.05
POZF024	1.65	1.65	POZF043c	4.9	1	POZF068b	-0.15	2.55
POZF025n	37.6	0.6	POZF043d	2.6	1.5	POZF068c	-0.2	2.3
POZF026n	2.2	0.7	POZF043e	2.6	1.2	POZF068n	0.9	2.3
POZF027a	0.35	2.45	POZF046a	3.2	0.8	POZF094	1.9	2.1
POZF027b	4.15	0.55	POZF046b	2.7	1.3	POZF095a	1.6	0.5
POZF027c	3	0.7	POZF046n	2.57	1.63	POZF095b	1.3	0.8
POZF027d	0.75	1.15	POZF049a	0.15	2.55	POZF095n	-1.3	3.4
POZF027e	-1.45	2.35	POZF049b	0.8	2.1	POZF099a	-0.1	12.9
POZF027f	-1.93	3.13	POZF049c	-1.2	3.2	POZF099b	-0.1	9.1
POZF027n	1.6	1.3	POZF049n	1	1.5	POZF099n	0	9.9
POZF028	-1.2	3.2	POZF050a	0.78	2.42	POZF100004	1.2	1.2
POZF028a	-1.2	2.2	POZF050b	4.55	1.55	POZF100018	-0.5	1.6
POZF028b	4	0	POZF050c	3.6	0.8	POZF100025	-0.4	2.1
POZF028c	1	1.4	POZF050n	-0.8	3.6	POZF100074	0.5	2.1
POZF028d	0.6	1.8	POZF052a	0.7	1.5	POZF100106	-0.1	1.5
POZF028n	-1.2	2.2	POZF052n	1.31	1.5	POZF100133	-0.15	3.45
POZF029	1	1.9	POZF055n	1.35	1.05	POZF100259	1.2	2.9
POZF029a	0.3	2	POZF056n	1.05	1.3	POZF100264	1.3	1.9
POZF029b	0.3	2.3	POZF058n	3.2	0.6	POZF100277	2.2	1.2
POZF029c	0.04	3.16	POZF059n	2.75	0.65	POZF100314	1.85	1.85
POZF029d	3.95	0.95	POZF061n	1.1	1.3	POZF100342	1.35	1.25

NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH	NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
POZF100347	1.55	0.95	POZF102367	2.6	1.2
POZF100424	-0.3	2.6	POZF102369	2.6	1.5
POZF100433	0.85	1.15	POZF102677	2.25	0.75
POZF100459	0.3	1.9	POZF102999	1.3	1.8
POZF100466	2.45	1.05	POZF103	289.9	1
POZF100623	2.55	1.75	POZF103270	2.05	0.85
POZF100628	1.5	1.5	POZF103592	0.5	1.7
POZF100732	1.4	1.4	POZF103603	0.2	1.5
POZF100763	0.2	2.4	POZF103622	-0.5	3
POZF100816	1.5	1	POZF103628	-0.65	3.35
POZF100858	3.25	0.95	POZF103634	-0.65	3.15
POZF100865	3.4	0.7	POZF144	131.3	1
POZF100908	-1.2	2.2	POZF145	130.2	1.1
POZF100915	0.5	1.2	POZF146	163	1
POZF100924	0.3	1.9	POZF149	130.2	0.6
POZF100938	1.95	1.55	POZF153	130.3	1
POZF100941	3	0.7	POZF154	130.3	2
POZF101	296.2	1	POZF162	112.8	1
POZF101017	2.65	1.15	POZF246	48.8	1
POZF101119	4.45	0.95			
POZF101459	26.9	3.1			
POZF101790	2.3	2.5			
POZF101796	2.6	1.1			
POZF102032	99.6	2			
POZF102033	104.5	1.5			
POZF102034	103.1	1.5			
POZF102035	102.8	1.3			
POZF102053	47.6	2.5			
POZF102262	2.62	1.28			

Tabella 26 - Caratteristiche dei pozzetti secondari inserite nello SWMM

Infine, le caratteristiche dei 23 pozzetti “ausiliari” aggiunti nel modello SWMM rispetto al software GIS.

NAME	INV.ELEVATION	MAX DEPTH
POZF_SOLFO00090	4.6	1
POZF_SOLFO00092	102.8	1.3
POZF_SOLFO00094_1	-0.75	1.65
POZF_SOLFO00094_2	-0.75	1.65
POZF_SOLFO00094_3	-0.75	1.65
POZF_SOLFO00095	1.75	1.35
POZF_SOLFO00096	2.3	1
POZF_SOLFO00097_1	1.45	1.75
POZF_SOLFO00097_2	1.45	1.75
POZF_SOLFO00098	2.15	0.75
POZF_SOLFO00099	0.6	1.5
POZF_SOLFO00100	0.2	1.8
POZF_SOLFO00105	2.6	1
POZF_SOLFO00106_1	0.8	2.1
POZF_SOLFO00106_2	0.8	2.1
POZF_SOLFO00107_1	1.22	1.18
POZF_SOLFO00108	1	1.6
POZF_SOLFO00109	2.45	0.95
POZF_SOLFO00110	4.4	0.8
POZF_SOLFO00111	3.2	0.8
POZF_SOLFO00144	-0.4	2.4
POZF_SOLFO225	130.3	1

Tabella 27 - Caratteristiche dei pozzetti ausiliari inserite nello SWMM

4.6 Condotte

Per quanto riguarda le *Max Depth* bisogna specificare che le condotte circolari presentano un solo valore corrispondente al diametro delle tubazioni, mentre nelle condotte rettangolari i due valori rappresentano gli spigoli delle condotte.

Si evidenzia inoltre che il diametro delle condotte aumenta verso valle poiché la rete deve trasportare delle portate d'acqua sempre maggiori e inoltre, la lunghezza delle tubazioni risulta molto variabile.

Si ricorda che i valori di *Lenght* e *Max Depth* sono espressi in [m], mentre il valore di *Roughness* è in [$m^{1/3}/s$].

NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH		NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
1	436.62	0.009	0.315		30	12.85	0.013	0.400	0.300
2	1197.25	0.013	1.000		31	88.67	0.013	0.800	0.500
3	773.25	0.013	0.800	0.800	32	119.18	0.013	0.800	0.500
4	166.22	0.013	1.000	0.850	33	23.61	0.013	0.400	0.600
5	306.25	0.013	1.000	0.850	34	75.13	0.013	0.400	0.500
6	269.61	0.013	1.000	0.850	35	27.76	0.013	1.000	1.200
7	340.12	0.013	1.000	0.850	36	14.19	0.013	1.000	1.200
8	253.67	0.013	1.000	0.850	37	52.71	0.013	0.500	
9	115.20	0.013	1.000	0.850	38	38.20	0.009	0.600	
10	315.79	0.013	0.800		39	75.53	0.013	0.800	
11	38.77	0.013	0.800	0.800	40	47.43	0.013	0.800	
12	141.23	0.013	0.800	0.800	41	107.83	0.013	0.800	
13	46.43	0.013	0.600	0.600	42	70.50	0.013	0.800	
14	30.44	0.013	0.800	0.800	43	27.56	0.009	0.125	
15	31.63	0.013	1.000		44	52.71	0.009	0.400	
16	125.64	0.013	1.000		45	77.69	0.009	0.500	
17	118.60	0.013	1.000	0.600	46	9.41	0.009	0.630	
18	97.95	0.013	1.000	0.600	47	7.08	0.013	0.800	
19	129.89	0.013	1.000	0.600	48	55.00	0.013	0.300	
20	164.36	0.013	1.000	0.600	49	32.13	0.009	0.400	
21	132.33	0.013	0.400	0.300	50	13.79	0.009	0.400	
22	169.13	0.013	0.400	0.300	51	101.22	0.013	0.600	
23	6.77	0.013	0.800	0.800	52	20.31	0.009	0.600	
24	45.49	0.009	0.500		53	64.84	0.009	0.600	
25	155.26	0.013	0.400	0.300	54	156.54	0.009	0.600	
26	136.61	0.013	0.500	0.500	55	166.42	0.013	0.600	0.600
27	9.34	0.013	0.600	0.500	56	91.83	0.009	0.600	
28	43.90	0.013	0.400	0.300	57	7.60	0.013	1.200	0.800
29	37.40	0.009	0.315		58	78.45	0.013	0.600	

NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH		NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
59	11.15	0.013	0.600		89	156.99	0.009	0.300	
60	8.25	0.013	0.600		90	464.47	0.009	0.300	
61	108.42	0.009	0.315		91	825.50	0.009	0.300	
62	22.28	0.012	0.050		92	174.26	0.013	0.300	
63	120.08	0.013	0.800		93	341.00	0.013	0.600	0.850
64	221.83	0.013	0.800		94	4.50	0.013	0.600	0.850
65	258.19	0.013	0.800		96	2.51	0.009	0.200	
66	20.42	0.013	0.800		97	68.06	0.013	0.400	0.300
67	36.81	0.009	0.600		98	59.60	0.013	0.500	
68	55.25	0.009	0.800		99	176.95	0.013	0.400	0.300
69	73.79	0.009	0.800		100	102.10	0.013	0.400	0.300
70	70.27	0.009	0.400		101	13.42	0.009	0.600	
71	52.85	0.013	0.600	1.200	102	95.36	0.013	0.400	0.300
72	142.82	0.013	0.600	1.200	103	33.07	0.013	0.400	0.300
73	18.21	0.009	0.400		104	22.83	0.013	0.400	0.300
74	97.00	0.013	0.600		105	25.09	0.013	0.400	0.300
75	10.28	0.009	0.800		106	255.93	0.009	0.315	
76	46.36	0.009	0.800		107	95.50	0.013	0.600	0.350
77	2.4503	0.013	1.000	0.850	108	136.94	0.013	0.400	0.300
78	33.81	0.009	1.200		109	182.57	0.013	0.500	
79	7.80	0.013	1.000	0.850	110	32.64	0.013	0.800	0.600
80	44.07	0.009	0.500		111	66.00	0.009	0.250	
81	147.52	0.009	0.400		112	29.53	0.009	0.250	
82	163.97	0.009	0.250		113	31.72	0.009	1.000	
83	8.87	0.009	0.300		114	37.07	0.009	1.000	
85	796.39	0.012	0.100		115	66.24	0.009	1.000	
86	48.86	0.009	0.250		116	46.19	0.009	1.000	
87	568.14	0.009	0.250		117	75.84	0.009	1.000	
88	251.84	0.009	0.250		118	78.55	0.009	1.000	
NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH		NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
121	85.01	0.012	0.400		154	101.91	0.013	0.850	0.450
122	98.09	0.009	1.000		155	48.91	0.013	0.850	0.450
123	50.37	0.009	1.000		156	62.15	0.009	1.000	
127	3.72	0.013	0.800	0.800	157	51.43	0.009	1.000	
128	102.53	0.013	0.500	0.700	158	12.72	0.009	1.000	
129	2.33	0.013	0.800	0.300	159	2.53	0.013	1.000	1.000
130	45.52	0.009	0.800		160	6.06	0.013	1.000	1.000
131	4.9917	0.013	0.800	0.800	163	43.09	0.012	0.400	
132	109.4871	0.013	0.800	0.800	164	122.62	0.009	1.000	
133	2.2735	0.013	0.800	0.800	165	113.88	0.009	1.000	
134	6.5035	0.013	0.800	0.800	166	213.53	0.009	1.000	
135	75.09	0.013	0.800	0.800	167	31.70	0.009	0.800	
136	1.8193	0.013	0.800	0.800	168	69.68	0.013	0.800	0.600
137	9.0964	0.013	0.800	0.800	169	80.20	0.013	0.800	0.600
138	119.16	0.013	0.800	0.800	170	26.65	0.009	0.400	
139	83.95	0.013	0.800	0.800	171	35.37	0.009	0.400	
140	170.64	0.009	1.000		172	166.16	0.009	1.000	
141	138.77	0.009	1.000		173	222.52	0.009	1.000	
142	186.62	0.009	1.000		174	165.77	0.009	1.000	
143	105.49	0.009	1.000		175	101.80	0.009	1.000	
144	127.12	0.009	0.300		176	37.03	0.009	1.000	
146	3.03	0.009	0.200		179	94.88	0.012	0.400	
147	40.21	0.009	0.300		180	94.79	0.012	0.400	
148	24.40	0.009	0.300		181	116.05	0.009	1.000	
149	158.83	0.013	0.800	0.800	182	216.99	0.009	1.000	
150	160.10	0.013	0.800	0.500	183	23.08	0.009	0.200	
151	20.03	0.009	0.500		184	89.39	0.012	0.060	
152	53.70	0.013	1.700	1.500	185	315.69	0.013	0.800	0.800
153	3.23	0.012	0.800		186	275.65	0.013	0.600	0.800

NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH		NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
187	160.19	0.013	0.600	0.800	220	3.23	0.013	0.300	0.200
188	122.03	0.013	1.000	0.700	221	6.77	0.013	0.400	
189	61.81	0.013	1.000	0.700	222	91.43	0.009	1.000	
190	7.40	0.013	1.000	0.700	223	2.70	0.013	0.500	
191	287.46	0.009	1.000		224	31.61	0.009	1.000	
192	137.30	0.013	0.800		225	241.72	0.009	0.400	
193	41.34	0.013	0.800		226	118.01	0.009	0.800	
195	31.61	0.013	0.800		227	238.13	0.009	0.800	
196	33.81	0.013	0.800		228	111.13	0.009	1.000	
198	43.03	0.013	0.800		229	92.55	0.013	1.000	1.000
199	186.76	0.013	0.800		230	34.08	0.013	0.500	
200	67.29	0.013	1.300	0.850	231	155.88	0.013	0.500	0.400
201	215.50	0.013	1.300	0.850	232	41.12	0.013	0.500	0.400
202	19.84	0.013	1.300	0.850	233	135.20	0.013	0.600	0.400
204	12.48	0.013	0.600		234	113.64	0.013	1.000	
205	164.85	0.013	1.300	0.600	235	47.80	0.013	1.000	
206	115.05	0.013	1.300	0.600	236	29.99	0.013	1.000	1.000
207	151.88	0.013	1.300	0.600	237	89.37	0.009	0.500	
208	120.81	0.013	1.000	0.700	238	43.11	0.013	1.000	1.000
209	86.78	0.013	1.000	0.700	239	44.44	0.013	1.000	1.000
210	6.71	0.009	0.630		240	12.34	0.013	1.000	1.000
211	130.25	0.009	1.000		243	141.97	0.012	0.300	
212	227.89	0.009	1.000		244	180.60	0.013	0.300	
213	196.17	0.009	1.000		245	51.71	0.013	0.300	
214	69.87	0.009	1.000		246	21.59	0.013	1.000	1.000
215	432.60	0.013	0.500	0.400	247	222.71	0.013	0.800	
216	432.25	0.013	0.800	0.700	248	169.15	0.013	0.800	
217	43.85	0.013	1.000	0.800	249	52.84	0.013	0.800	
219	65.67	0.013	1.000	0.800	250	100.87	0.009	1.200	
NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH		NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
251	254.31	0.009	1.200		355	61.06	0.013	0.800	1.000
252	207.61	0.009	1.200		356	37.72	0.013	0.800	1.000
253	280.30	0.009	1.200		358	48.67	0.013	0.800	1.000
254	32.57	0.009	1.200		359	138.83	0.013	0.800	1.000
257	57.0042	0.009	1.200		360	455.87	0.013	0.800	1.000
258	211.19	0.009	1.200		361	322.45	0.013	0.800	1.000
259	73.4871	0.009	1.200		362	75.43	0.013	0.800	1.000
261	95.53	0.009	1.200		363	18.00	0.009	0.600	
262	96.75	0.009	1.200		366	51.54	0.012	0.350	
263	158.32	0.009	1.200		367	51.41	0.012	0.350	
264	79.91	0.009	1.200		368	13.18	0.013	1.000	1.000
268	218.33	0.009	1.200		369	138.76	0.009	1.000	
338	52.98	0.012	0.300		370	219.01	0.009	1.000	
339	117.81	0.009	1.000		371	280.67	0.009	1.000	
340	188.93	0.009	1.000		372	243.35	0.009	0.600	
341	96.70	0.009	0.250		373	29.72	0.013	0.600	
342	92.03	0.009	0.250		374	176.76	0.013	0.600	
343	17.93	0.009	0.250		375	37.74	0.009	0.630	
344	99.94	0.009	0.250		376	77.70	0.009	0.630	
345	111.90	0.013	0.600	0.500	377	9.05	0.013	0.600	0.600
346	72.26	0.013	0.500	0.400	378	11.45	0.013	0.800	
347	30.99	0.013	0.500	0.400	381	57.22	0.012	0.250	
348	60.70	0.013	0.500	0.400	382	0.80	0.013	0.800	0.600
349	13.85	0.013	0.500	0.400	383	211.73	0.013	0.600	
350	212.94	0.012	0.350		384	288.49	0.013	0.600	
351	185.83	0.013	0.800	1.000	385	48.07	0.009	1.200	
352	197.48	0.013	0.800	1.000	386	6.76	0.009	0.315	
353	217.70	0.013	0.800	1.000	387	97.85	0.009	1.200	
354	147.90	0.013	0.800	1.000	388	5.18	0.009	0.700	

NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
389	187.77	0.009	0.700	
390	141.75	0.009	0.700	
391	39.95	0.012	0.250	
392	39.91	0.012	0.250	
393	40.20	0.012	0.250	
394	139.01	0.009	0.700	
395	28.88	0.013	1.500	0.800
398	298.81	0.013	1.000	0.500
399	297.03	0.013	1.000	0.500
400	173.14	0.013	1.000	0.500
401	26.85	0.013	1.000	0.500
402	182.36	0.009	0.700	
403	90.76	0.012	0.350	
406	101.00	0.013	1.500	0.800
407	239.73	0.013	1.500	0.800
408	80.45	0.013	1.500	0.800
411	295.50	0.009	0.300	
412	701.33	0.009	0.315	
414	1560.79	0.009	0.250	
415	18.93	0.009	0.250	
416	522.41	0.013	0.400	
417	13.55	0.009	0.315	
418	0.90	0.009	0.250	
422	6.09	0.012	0.100	
424	6.41	0.009	0.250	
425	365.42	0.009	0.250	
426	3316.9099	0.009	0.315	

NAME	LENGHT	ROUGHNESS	MAX DEPTH	
428	14.39	0.013	0.800	
429	329.92	0.009	1.200	
431	4.3516	0.009	0.250	
432	35.9359	0.009	1.200	
433	6.5672	0.009	0.315	
434	175.5165	0.013	1	0.85
435	7.8022	0.013	1	0.85
436	9.46	0.009	0.080	
437	291.9776	0.009	0.250	
438	329.7681	0.009	0.250	
439	69.9267	0.009	0.250	
440	12.9281	0.009	0.250	
441	49.0233	0.009	0.250	

Tabella 28 - Caratteristiche delle condotte inserite nello SWMM

4.7 VASCHE

Il numero delle vasche inserite nel modello SWMM è differente da quello comunicato da CIIP spa, e ciò è dovuto alla necessità di modellare alcune vasche con più di una *Storage Unit* al fine di simulare nel modo migliore il loro comportamento idraulico.

Di seguito la tabella riporta le caratteristiche principali delle *Storage Unit* inserite nel modello SWMM.

Si può notare come le vasche aumentino di superficie passando da vasche linea a sollevamento.

È da tenere in considerazione che il valore della superficie riportato nella seguente tabella rappresenta il massimo per ogni singola vasca.

Si ricorda che i valori di *Invert Elevation* e *Max Depth* sono espressi in [m], mentre l'*Area* è espressa in [m²].

NAME	INV. ELEVATION	MAX DEPTH	AREA	NAME	INV. ELEVATION	MAX DEPTH	AREA
V211	4.9	1	0.64	V129_1	-0.35	3.9	26.26
V215	4.2	1.35	1.741	V129_2	-3.15	6.7	42.35
V216	3.4	2.06	1.032	V130	-2.35	4.2	148.86
V350	1.1	1.06	0.81	V132_1	-0.15	3.4	26.26
V374	-2.08	4.08	0.283	V132_2	-2.98	6.23	42.35
V390	235	1.7	2.89	V133	-0.9	3.5	32.195
V490	3.35	1.2	1.44	V221_1	-2	4.1	39.75
V491	1.77	2.53	4.1	V221_2	-5	7.1	55.8
V491_2	2.58	1.72	1.92	V134	-1.2	3.2	120
V492	2.05	0.85	1.445	V135	-5.65	7.65	56.73
V508	2.6	1.5	2.1	V137	0.6	2.8	89.89
V508_AUS	1.7	2.4	0.7	V138_1	-1.1	3.4	16
V509	2.6	1.2	2	V138_2	-2.7	5	29.89
V509_AUS	2	1.8	0.48	V147_1	84.9	3	2.6
V525	2.6	1.2	19	V147_2	84.6	3.3	12.5
V525_AUS	0.8	3	1.65	V131_1	-1.3	3.4	34.2
V220	-0.33	1.43	1	V131_2	-4.6	6.7	43.31
V222				V145	-5.38	6.28	29.89
V126	-1.3	4.9	44.8	V143	2.2	3	4.47
V127_1	-0.4	3.7	21.84	V210	1.8	2.2	1
V127_2	-2.7	6	30.25	VASCA_SOLFO00225	127.9	3.4	2.25
V128	-1.05	3.7	18.8	VASCA00144			

Tabella 29 - Caratteristiche delle *Storage Unit* inserite nello SWMM

ORIFICE

Anche il numero degli *Orifice*, così come quello delle *Storage Unit*, è differente fra quelli modellati nello SWMM e quelli dichiarati da CIIP spa. Si ricorda che oltre agli *Orifice* inseriti come condotte di sfioro sono presenti quegli *Orifice* che collegano i due volumi separati di una vasca. La tabella seguente riporta le informazioni principali che caratterizzano gli *Orifice*.

NAME	HEIGHT	WIDTH	INLET OFFSET	NAME	HEIGHT	WIDTH	INLET OFFSET
OR390	0.315	0	0.07	OR137	0.5	0	2
OR216	0.56	0.56	1.37	OR134_1	0.4	0	2.3
OR215	0.5	0.5	0.78	OR134_2	0.4	0	2.3
OR492	0.85	1.3	0.61	OR135_1	0.315	0	6.935
OR490	0.8	0	0.2	OR135_2	0.315	0	6.935
OR491	0.8	0	1.4	V147	0.3	0	0
OR491_2	0.25	1.6	0.6	V138	1	0.7	0
OR350	0.315	0	0.86	V127	1.45	1	0
OR374	0.6	0	3.12	V132	1.35	1.35	0
OR211_1	0.3	0	0.6	V129	1.1	1.3	0
OR211_2	0.3	0	0.6	V221	1.7	2	0
OR508_1	0.9	0.15	0.55	V131	1.6	1.75	0
OR508_2	0.9	0.15	0.55	OR147	0.3	0	1.4
OR508	1	0.7	0.2	OR138	0.5	0	2.3
OR509_1	0.7	0.5	0.45	OR127	0.5	0	1.85
OR509_2	0.7	0.5	0.45	OR132	0.5	0	1.35
OR509	0.8	0.6	0	OR129	0.5	0	1.7
OR525_1	3	0.15	0.55	OR221	0.7	0	2.6
OR525_2	3	0.15	0.55	OR131	0.5	0	2.4
OR525	1.6	0.8	0.1	OR760	0.6	0	0.8
OR133	0.5	0	2.7	OR762	0	0	0
OR128	0.4	0	3				

Tabella 30 - Caratteristiche degli Orifce inseriti in SWMM

OUTFALL

Di seguito gli *Outfall* inseriti nel modello idraulico.

Si ricorda che SWMM richiede solo la *Invert Elevation* come caratteristica.

NAME	INV. ELEVATION
OUT1018	215
OUT756	5.5
OUT755	4.95
OUT1098	5
OUT1096	3.55
OUT1097	1.57
OUT984	1.95
OUT1003	1.04
OUT749	5.5
OUT1130	0
OUT1115	0
OUT1116	0
OUT354	0.5
OUT349	0.5
OUT358	2.6
OUT355	1.1
OUT356	1
OUT368	86
OUT359	1.2
OUT348	1
OUT353	1.2
OUT350	1
OUT355	1.1
OUT760	0
OUT762	0

Tabella 31 - Caratteristiche degli *Outfall* inseriti in SWMM

CONCLUSIONI

In questo studio si è completata la costruzione della rete planimetrica di pozzetti, condotte, vasche e scolmatori di portata, ma non è stato possibile concludere la costruzione del modello SWMM a causa della mancanza di tante informazioni necessarie, come ad esempio le curve di lavoro delle pompe nelle varie stazioni di sollevamento.

Il modello, di conseguenza, risulta incompleto dal punto di vista idraulico e non è stato possibile effettuare la calibrazione. L'obiettivo di tale studio, ovvero l'individuazione degli scolmatori di portata più critici della rete fognaria di San Benedetto del Tronto, risulta insoddisfatto.

Nonostante ciò si è effettuata una prima bozza del bilancio idraulico della rete, distinguendolo nel periodo estivo e nel periodo invernale, attraverso una suddivisione della rete semplificata presa in esame in 9 tratti principali, indicati da A a H nella figura sottostante.

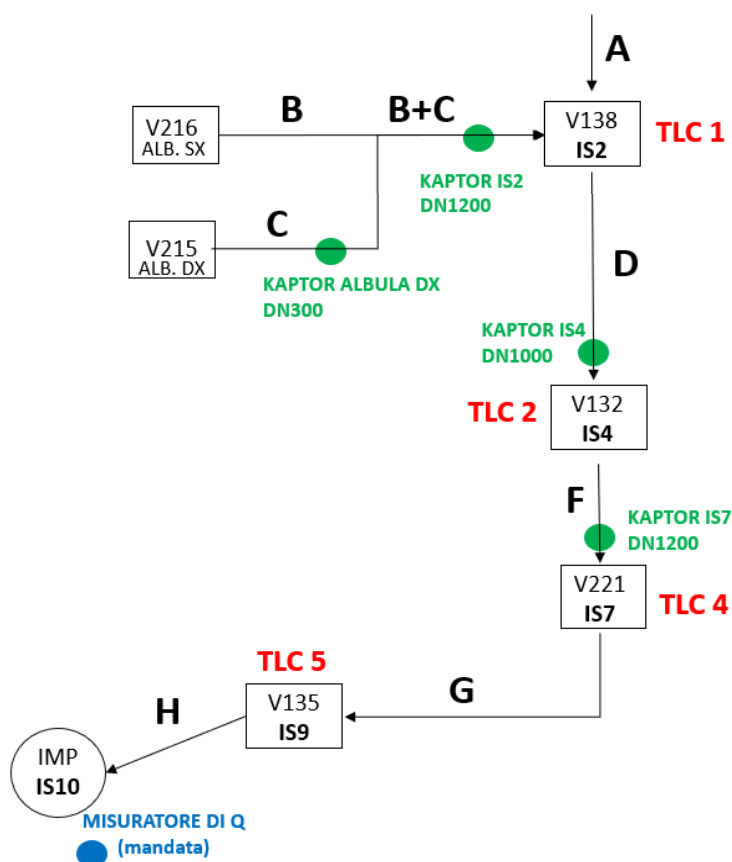


Figura 63 - Suddivisione della rete semplificata per la bozza del bilancio idraulico

In particolare, questi tratti sono stati scelti in seguito al posizionamento dei misuratori di portata Kaptor e del telecontrollo che riescono a determinare le portate idrauliche dei seguenti tratti:

- Tratto C: misurate dal Kaptor ALBULA DX;
- Tratto B+C: misurate dal Kaptor IS2;
- Tratto A+B+C: misurate dal telecontrollo nella vasca V138 – IS2.
- Tratto D: misurate dal Kaptor IS4 e dal telecontrollo nella vasca V132 – IS4, i cui risultati sono confrontabili fra loro.
- Tratto F: misurate dal telecontrollo nella vasca V221 – IS7 e dal Kaptor IS7;

- Tratto G: misurate dal telecontrollo nella vasca V135 – IS9;
- Tratto H: misurate dal sensore elettromagnetico posto nella mandata del sollevamento iniziale dell'impianto di trattamento "Brodolini".

Dal risultato dell'elaborazione delle portate misurate dai Kaptor e del telecontrollo è emerso quanto segue:

	Tratti	B	C	A+B+C	D	F	G	H
	Vasche	V216	V215	V138	V132	V221	V135	Impianto (IS10)
Abitanti equivalenti	AE	4578	2133	20692	33891	62775	62775	66131
Portate medie INVERNO	[m3/d]	1863	400	3793	7227	11128	10918	15108
Portate medie ESTATE	[m3/d]	1435	307	3674	12154	12599	12089	16216

Tabella 32 - Bozza del bilancio idraulico della rete

Sulla base dei risultati ottenuti si evidenziano alcuni aspetti:

- Si nota un aumento della portata in linea con l'aumento degli abitanti equivalenti, deducibili per ogni tratto dalle schede tecniche delle vasche. Nel tratto G non si riscontra un aumento del numero di abitanti equivalenti dato che la rete attraversa un'area naturale protetta, dove non riceve il contributo di alcun allaccio. Nel tratto H, o più precisamente nella vasca di sollevamento dell'impianto "Brodolini", la rete riceve anche il contributo di una zona più interna del tratto costiero che si unisce al contributo del tratto "Basso Tronto", non preso in considerazione in questo studio.
- Nel tratto G la portata ottenuta è inferiore a quella tratto precedente, per cui questa zona merita una maggiore attenzione.
- Rimane l'anomalia delle portate maggiori durante il periodo invernale rispetto al più turistico periodo estivo.

In conclusione, si segnala la necessità di ulteriori approfondimenti delle portate transitate in corrispondenza dei punti di misura.

APPENDICE

FILTRAZIONE

Con il termine infiltrazione si indica il processo di trasferimento dell'acqua attraverso la superficie del terreno. Questo fenomeno si innesca prevalentemente durante eventi di precipitazione meteorica, quando la porzione di precipitazione che raggiunge il terreno (P) viene in parte immagazzinata sulla superficie, una parte si infiltra (I), mentre la parte rimanente defluisce sulla superficie (R). La porzione che non defluisce superficialmente può poi rimanere immagazzinata localmente o infiltrarsi e ricaricare la falda. Si ottiene così l'espressione del bilancio idrologico, con il contributo di evapotraspirazione trascurabile. Si definisce inoltre "pioggia efficace" (P_e) il termine pari al deflusso superficiale R .

$$R = P - I$$

Il fenomeno è influenzato da numerosi fattori tra cui le caratteristiche del terreno, le condizioni di umidità del suolo all'inizio dell'evento e le modalità con cui evolve l'evento meteorico. Per la descrizione fisica del fenomeno si ricorre a modelli di trasformazione afflussi-deflussi, che si possono distinguere in:

- modelli completi: sono simulati tutti i fenomeni del ciclo idrologico compreso il moto di filtrazione dell'acqua nel terreno.
- modelli parziali di piena: sono simulati i soli deflussi superficiali, essendo gli altri contributi di entità nettamente inferiore, presenti solo nella fase di esaurimento dell'onda di piena.

Per la messa a punto dei modelli afflussi-deflussi si devono descrivere i processi che avvengono in un bacino quando si verifica un evento di precipitazione di una certa entità.

MODELLO DI HORTON

L'equazione di Horton (1933) offre una descrizione del fenomeno dell'infiltrazione basata sulle seguenti ipotesi:

- I. l'intensità di pioggia è maggiore della velocità di infiltrazione e quindi la superficie è satura ($S=1$);
- II. ogni tipologia di suolo è caratterizzata da una velocità di infiltrazione massima iniziale, f_0 , ed una minima, f_c , al cui valore tende asintoticamente la velocità di infiltrazione quando la durata dell'evento tende all'infinito;
- III. in ogni istante dell'evento la variazione dell'intensità di infiltrazione, $f(t)$, è proporzionale, tramite un coefficiente α , alla differenza tra la velocità attuale e quella finale:

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

dove k è una costante temporale che specifica i tempi nei quali si ha passaggio da f_0 a f_c .

Il seguente modello non viene utilizzato perché non si può verificare l'ipotesi I sul campo.

MODELLO GREEN-AMPT

Il modello Green-Ampt (1911) propone la rappresentazione analitica esatta di una descrizione fisica approssimata del fenomeno dell'infiltrazione. In particolare, la velocità di infiltrazione si stima

ipotizzando un profilo di umidità nel suolo di tipo semplificato.

L'analisi del contenuto idrico lungo il profilo del suolo durante il moto dell'acqua verso il basso evidenzia la presenza di un fronte di umidificazione o di bagnatura dove la variazione di contenuto idrico con la profondità è tanto elevata da dare l'impressione di una netta discontinuità tra il suolo umido e quello asciutto.

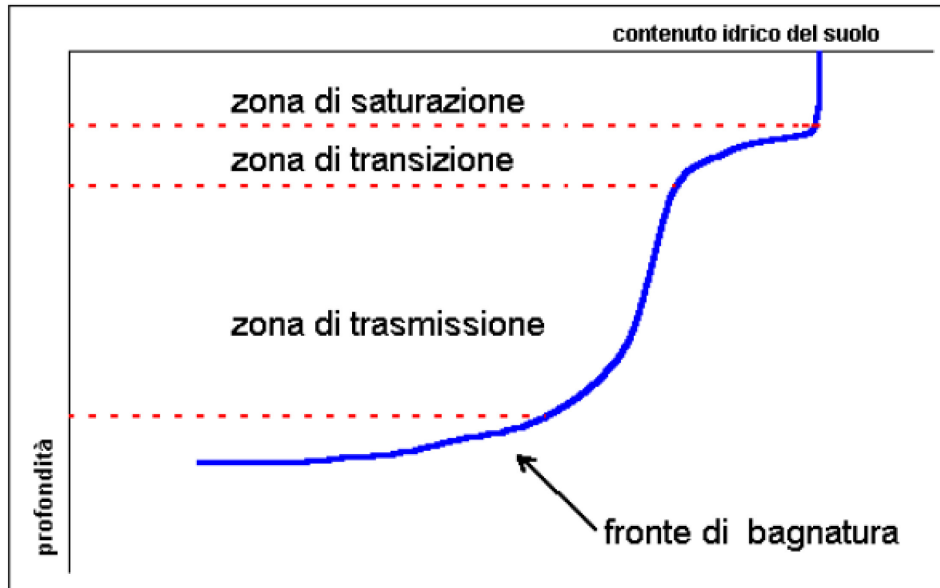


Figura 64 - Contenuto idrico lungo il profilo del suolo

METODO SCS-CN

Il metodo utilizzato nella costruzione del modello idraulico del seguente studio è quello proposto dal Soil Conservation Service (1972), noto con il termine inglese di Curve Number, il quale ipotizza che all'inizio di un evento meteorico sia richiesto un volume V_0 per saturare il terreno e che esso non partecipi al deflusso superficiale. Esaurita questa capacità, una parte della precipitazione seguente si infiltra, mentre la restante contribuisce al ruscellamento superficiale. L'impiego di tale metodo è giustificato da questa ipotesi che rende la modellizzazione dell'evento di pioggia più realistica.

Definiti V_i il volume che si infiltra dal raggiungimento della saturazione fino all'istante considerato, S il volume massimo che può infiltrarsi, P_e il volume di pioggia efficace, P la precipitazione totale, allora la relazione fondamentale del metodo è:

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

Sostituendo l'espressione di V_i nell'equazione di continuità

$$P = P_e + V_0 + V_i$$

si ottiene

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

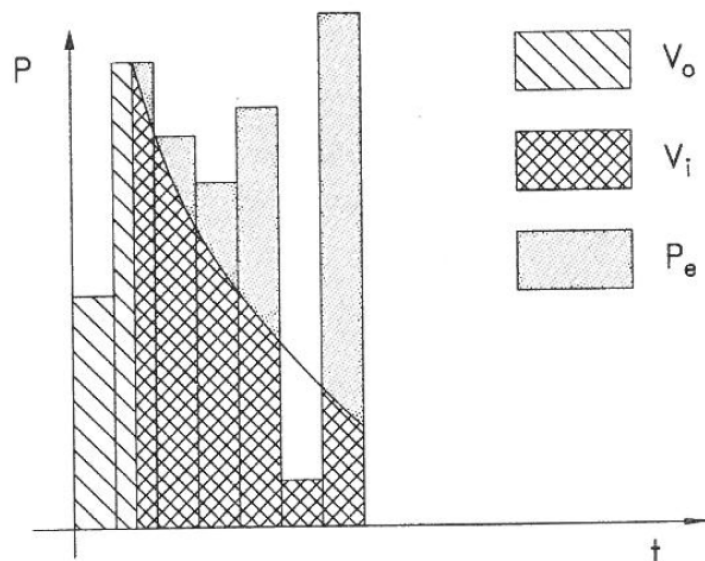


Grafico 8 – Espressione dei volumi di pioggia del metodo Curve Number nel tempo

Il parametro V_0 rappresenta le condizioni del bacino all’inizio dell’evento ed è identificato considerando lo stato del bacino, ovvero l’altezza di precipitazione nei cinque giorni precedenti. Si distinguono così tre condizioni:

Classe AMC	Stagione di riposo	Stagione di crescita
I	< 12.7 mm	<35.5 mm
II	12.7-28.0 mm	35.5-53.3 mm
III	>28.0 mm	>53.3 mm

Tabella 33 - Attribuzione della classe AMC (Antecedent Moisture Condition)

La precipitazione efficace dipende solo dalla massima capacità di infiltrazione S valutata (in mm) secondo la relazione empirica

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

dove il parametro CN (Curve Number) è fissato in base alle caratteristiche geopedologiche del bacino, alla destinazione d’uso dei terreni e alla loro condizione iniziale di umidità.

I valori nella successiva tabella fanno riferimento a una classe AMC II, ovvero di media umidità del terreno a inizio precipitazione.

Valori del parametro CN (adimensionale)	← 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 imperm. 85%)	89	92	94	95
Zone residenziali, lotti fino a 500 m ² (area imperm. 65%)	77	85	90	92
Zone residenziali, lotti di 500+1000 m ² (area imperm. 38%)	61	75	83	87
Zone residenziali, lotti di 1000+1500 m ² (area imperm. 30%)	57	72	81	86
Zone residenziali, lotti di 1500+2000 m ² (area imperm. 25%)	54	70	80	85
Zone residenziali, lotti di 2000+5000 m ² (area imperm. 20%)	51	68	79	84
Zone residenziali, lotti di 5000+10000 m ² (area imperm. 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

Tabella 34 - Valori caratteristici del parametro CN

gruppo	Caratteristiche
A	Capacità di infiltrazione: >7.5 cm/h Ghiaie e sabbie ben drenate
B	Capacità di infiltrazione: 3.8 cm/h ÷ 7.5cm/h Sabbie da moderatamente a ben drenate
C	Capacità di infiltrazione: 0.13 cm/h ÷ 3.8 cm/h Terreno fine con strato impermeabile
D	Capacità di infiltrazione: < 0.13 cm/h Argille

Tabella 35 - Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN

FONTI UTILIZZATE

BIBLIOGRAFIA

Regolazione della qualità tecnica del servizio idrico integrato 562/2017/R/IDR, ARERA, 2017

Regolazione della qualità tecnica del servizio idrico integrato 748/2017/R/IDR, ARERA, 2017

Piano di Tutela della Regione Marche DACR n.145 26/01/2010, PTA Regione Marche, 2010

Relazione triennale 2018-2020 sulla qualità dei corpi idrici fluviali della Regione Marche, ARPAM, Ottobre 2021

Relazione triennale 2018-2020 sulla qualità dei corpi idrici fluviali della Regione Marche. Bacini Menocchia Tesino Albula, ARPAM, Ottobre 2021

Relazione triennale 2018-2020 sulla qualità dei corpi idrici fluviali della Regione Marche, Bacino Tronto, ARPAM, Ottobre 2021

KAPTOR MINI – Manuale utente – V0.2, B.M. TECNOLOGIE INDUSTRIALI s.r.l.

Manuale di Istruzioni per l'Installazione di Sensori Doppler e a Correlazione, NIVUS GmbH, distribuito da B.M. TECNOLOGIE INDUSTRIALI s.r.l.

Technical Instructions of Doppler Sensors, NIVUS GmbH

Storm Water Management Model User's Manual Version 5.1, US EPA, 2015

Storm Water Management Model Reference Manual. Volume II – Hydraulics, US EPA, 2017

Corso di Costruzioni Idrauliche, Prof. Darvini Giovanna, A.A. 2020 – 2021, UNIVPM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e Architettura

Studio e validazione dell'impatto ambientale di scolmatori di fognatura mista in località costiere: il caso di Cupra Marittima, De Simoni Lucia, A.A. 2019 – 2020

Scheda didattica N°9: L'infiltrazione, Prof. Versace – UniCal

SITOGRAFIA

<https://www.arera.it>

<https://www.regione.marche.it>

<https://www.ciip.it>

<https://www.arpa.marche.it>

https://www.arpa.marche.it/images/PUBBLICAZIONI/2021RelazioneBalneazione_corretta.pdf

https://www.arpa.marche.it/images/acqua/fiumi/revisione_novembre%202021/17_TRONTO.pdf

https://www.arpa.marche.it/images/acqua/fiumi/revisione_novembre%202021/16_MENOCCHIA_TESINO_ALBULA.pdf

<https://www.arpa.marche.it>

<http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Progetti-e-Pubblicazioni/Annali-Idrologici>

<http://www.regione.marche.it/Regione-Utile/Protezione-Civile/Console-Servizi-Protezione-Civile/SIRMIP-online>

<https://www.it.endress.com/it/panoramica-strumentazione-da-campo/Misura-di-portata/Promag-10D?t.tabId=product-overview>

INDICE FIGURE

Figura 1 - Schematizzazione del sistema di fognatura misto (sopra) e separato (sotto) in tempo asciutto e di pioggia	4
Figura 2 - Suddivisione ATO - Regione Marche.....	9
Figura 3 - Elementi di un tipico sistema fognario urbano.....	11
Figura 4 - Esempio concettuale del sistema di drenaggio utilizzato nello SWMM.....	12
Figura 5 - Planimetria generale della rete afferente all'impianto di depurazione "Brodolini"	13
Figura 6 - Schema della rete, tratto costiero	14
Figura 7 - Planimetria della rete semplificata del tratto costiero.....	15
Figura 8 - Posizione dei misuratori Kaptor.....	16
Figura 9 - Kaptor Mini, a sinistra il trasmettitore e a destra il misuratore.....	17
Figura 10 - Sistema di fissaggio del trasmettitore	17
Figura 11 - Installazione del Kaptor Mini sulla piastra di base.....	18
Figura 12 - Corretto posizionamento del misuratore Kaptor Mini.....	18
Figura 13 - Esempio di installazione - Kaptor "ALBULA DX"	18
Figura 14 – Individuazione delle vasche telecontrollate nella rete fognaria.....	21
Figura 15 - Confronto accensione e spegnimento delle pompe nelle vasche V138 e V127	22
Figura 16 - Analisi dei livelli delle vasche, esempio di picco simmetrico ed elaborazione numerica delle portate sollevate.	23
Figura 17 – Analisi dei livelli delle vasche, esempio di picco non simmetrico.....	23
Figura 18 – Schematizzazione della rete fognaria nello SWMM	24
Figura 19 - Bacino afferente al depuratore "Brodolini", zona tratto "costiero"	25
Figura 20 - Sottobacini inseriti nel modello idraulico	26
Figura 21 - Schermata di definizione del Subcatchment	27
Figura 22 - Schermata di definizione del Rain Gage	28
Figura 23 - Schermata di definizione dei Time Series	29
Figura 24 - Posizioni delle stazioni pluviometriche rispetto all'area afferente al depuratore Brodolini.....	30
Figura 25 - Posizione delle stazioni pluviometriche rispetto al baricentro del bacino.....	34
Figura 26 - Schermata di definizione dei Junction nello SWMM e profilo esempio.....	37
Figura 27 - Esempio di scheda di ricognizione dei pozzetti.	38
Figura 28 - Dettaglio della rete fognaria originale sul software GIS.....	39
Figura 29 - Schema della rete fognaria semplificata nel software GIS.....	39
Figura 30 - Schermata di definizione delle Conduit nello SWMM.....	40
Figura 31 - Editor della sezione trasversale della condotta.....	41
Figura 32 - Schermata di visualizzazione delle caratteristiche delle condotte nel software GIS	41
Figura 33 - Esempio di una scheda tecnica riepilogativa (VASCA00216).....	43
Figura 34 – Schermata di definizione dello Storage Unit nel modello SWMM	44
Figura 35 – Editor e visualizzatore dello Storage Curve.....	45
Figura 36 – Schermata di definizione dell'Orifice nel modello SWMM.....	45
Figura 37 - Schermata di definizione dell'Outfall nel modello SWMM	46
Figura 38 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore di linea (VASCA00216).....	47
Figura 39 - Schema quotato di uno scolmatore su sollevamento con vasca unica (VASCA00135)....	47

Figura 40 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore su sollevamento con vasca unica (VASCA00135).....	48
Figura 41 - Esempio schema quotato di uno scolmatore su sollevamento con vasche separate (VASCA00132)	48
Figura 42 - Rappresentazione nel modello SWMM di uno scolmatore su sollevamento con vasche separate (VASCA00132)	49
Figura 43 - Schermata di definizione del Pump nel modello SWMM.....	49
Figura 44 - Editor e visualizzatore del Pump Curve	50
Figura 45 - Elaborazione Kaptor ALBULA DX.....	51
Figura 46 - Elaborazione Kaptor IS2	52
Figura 47 - Elaborazione Kaptor IS4.....	52
Figura 48 - Elaborazione Kaptor IS7	53
Figura 49 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS2	54
Figura 50 - Analisi vasca V138 - IS2	54
Figura 51 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS2	55
Figura 52 - Confronto accensioni V138/V127	55
Figura 53 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS4	56
Figura 54 - Analisi vasca V132 – IS4	56
Figura 55 – Analisi vasca V133 – IS17	57
Figura 56 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS7	57
Figura 57 - Analisi vasca V221 – IS7	58
Figura 58 - Analisi portata sollevata e tempi di accensione delle pompe IS9	58
Figura 59 - Analisi vasca V135 – IS9	59
Figura 60 - Confronto fra misure perse in campo e dati trasmessi dal TLC nel giorno 22/06/2022 .	59
Figura 61 - Esempio di misuratore di portata elettromagnetico (©Endress+Hauser)	60
Figura 62 - Caratteristiche sottobacini.....	61
Figura 63 - Suddivisione della rete semplificata per la bozza del bilancio idraulico	78
Figura 64 - Contenuto idrico lungo il profilo del suolo	81

INDICE GRAFICI

Grafico 1 – Curva di possibilità pluviometrica – Ultimo caso critico	62
Grafico 2 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni).....	63
Grafico 3 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni).....	64
Grafico 4 – Confronto curve di possibilità pluviometrica (TR=5, 10 anni).....	64
Grafico 5 - Curva di possibilità pluviometrica – Ultimo caso critico	65
Grafico 6 - Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni).....	66
Grafico 7 - Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni).....	66
Grafico 8 – Espressione dei volumi di pioggia del metodo Curve Number nel tempo.....	82

INDICE TABELLE

Tabella 1 - Stato ecologico e chimico dei corsi d’acqua nel Comune di San Benedetto del Tronto .	10
Tabella 2 – Area in funzione del tirante idrico in sezioni circolari.....	19
Tabella 3 - Elementi riportati nel modello SWMM.....	24

Tabella 4 - Precipitazioni di massima intensità 1h, 3h, 6h, 12h, 24h – Stazione di San Benedetto del Tronto.....	31
Tabella 5 - Valori dei parametri Y_N e S_N secondo Gumbel	32
Tabella 6 - Stralcio dei dati di precipitazione misurati ogni 15 minuti ricavabili dal portale SIRMIP online per la stazione di San Benedetto del Tronto, anno 2008	35
Tabella 7 - Esempio di dati raggruppati per il mese di Gennaio – stazione di San Benedetto del Tronto.....	35
Tabella 8 - Esempio dell'elaborazione dell'Anno Tipo Ridotto	36
Tabella 9 - Valori del coefficiente di Manning utilizzati.....	42
Tabella 10 - Dati delle condotte della rete originale estrapolati dal software GIS.....	42
Tabella 11 - Caratteristiche delle condotte della rete semplificata inserite nel modello SWMM	42
Tabella 12 - Elenco degli scolmatori presenti lungo la rete fognaria	46
Tabella 13 – Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico.....	62
Tabella 14 – Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico, correzione con metodo Colombo	62
Tabella 15 – Valori di media e scarto quadratico medio della variabile in esame e di quella ridotta	63
Tabella 16 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni), correzione col metodo di Colombo ...	63
Tabella 17 – Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni), correzione col metodo di Colombo..	64
Tabella 18 - Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico	65
Tabella 19 - Altezza di precipitazione – Ultimo caso critico, correzione con metodo Colombo	65
Tabella 20 - Valori di media e scarto quadratico medio della variabile in esame e di quella ridotta	65
Tabella 21 - Curva di possibilità pluviometrica (TR=5 anni), correzione col metodo di Colombo.....	66
Tabella 22 - Curva di possibilità pluviometrica (TR=10 anni), correzione col metodo di Colombo...	67
Tabella 23 - Correzione col metodo delle distanze inverse.....	67
Tabella 24 - Riassunto dei pozzetti inseriti nello SWMM	68
Tabella 25 - Caratteristiche dei pozzetti principali inserite nello SWMM	69
Tabella 26 - Caratteristiche dei pozzetti secondari inserite nello SWMM	70
Tabella 27 - Caratteristiche dei pozzetti ausiliari inserite nello SWMM.....	71
Tabella 28 - Caratteristiche delle condotte inserite nello SWMM	75
Tabella 29 - Caratteristiche delle Storage Unit inserite nello SWMM.....	76
Tabella 30 - Caratteristiche degli Orifice inseriti in SWMM	77
Tabella 31 - Caratteristiche degli Outfall inseriti in SWMM	77
Tabella 32 - Bozza del bilancio idraulico della rete.....	79
Tabella 33 - Attribuzione della classe AMC (Antecedent Moisture Condition)	82
Tabella 34 - Valori caratteristici del parametro CN	83
Tabella 35 - Classificazione dei tipi idrologici di suolo secondo il metodo SCS-CN	83