

ANALISI DELLE PORTATE SFIORATE PRESSO GLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE IN SISTEMI FOGNARI DI TIPO MISTO: CASO STUDIO E NORMATIVE REGIONALI DI RIFERIMENTO

Roberto Perin^{1*}, Loredana Braidotti², Valentina Cabbai², Paolo Dreossi², Elisa Prodorutti², Gabriele Sandri², Alessandro Patriarca², Daniele Goi¹

¹ Dipartimento Politecnico di Ingegneria e Architettura – Università degli Studi di Udine.

² Acquedotto Poiana S.p.a. – Cividale del Friuli (UD).

Sommario – Obiettivo del presente studio è quello di effettuare, in presenza di sistemi fognari di tipo unitario, un'analisi relativa ai volumi ed alle portate sfiorate (e quindi direttamente immesse nel corpo idrico ricettore) presso gli scaricatori di piena a servizio degli impianti di depurazione, sulla base del rapporto che regola la portata massima di origine meteorica da inviare ai trattamenti rispetto la portata media giornaliera in tempo secco. Nello specifico, sono stati esaminati i casi studio relativi ai sistemi fognari del comune di Remanzacco e di Lauzacco in Provincia di Udine. Le analisi sono state eseguite mediante l'impiego del codice di calcolo EPA – SWMM (Storm Water Management Model) che ha consentito di simulare in continuo per il decennio 2009 – 2018 gli idrogrammi delle portate di piena in ingresso agli impianti di depurazione delle reti fognarie oggetto di studio. Contestualmente sono state elaborare statistiche relative alle portate in ingresso e direttamente sfiorate nel corpo idrico ricettore, confrontandole con le prescrizioni riportate nelle Norme di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA) della Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia. A premessa e complemento delle simulazioni effettuate è stata effettuata una ricerca relativa alle normative in materia vigenti nelle regioni italiane, che regolamentano il dimensionamento degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, ovvero il rapporto tra le portate da inviare ai trattamenti e le portate da sfiorare direttamente nel corpo idrico ricettore.

Parole chiave: EPA – SWMM, fognature di tipo unitario, modellazione numerica reti fognarie, normative regionali scaricatori di piena, portate in ingresso agli impianti di depurazione.

ANALYSIS OF THE SPILL FLOW DISCHARGE IN WASTEWATER TREATMENT PLANT COMBINED SEWER SYSTEMS: A CASE STUDY AND REGIONAL REGULATIONS OF REFERENCE

Abstract – The aim of this study is to carry out, for unitary sewage systems, a quantitative analysis of volumes and flow rates directly introduced into the water body through wastewater treatment plant spillways. The study utilizes the ratio regulating the maximum runoff flow rate sent to treatment when

compared to the average daily flow in dry weather. Specifically, the case study examined the sewer systems of the municipality of Remanzacco and Lauzacco in the province of Udine. EPA – SWMM (Storm Water Management Model) software was used to simulate flood hydrographs for the flows entering the wastewater treatment plant between 2009 and 2018. Concurrently, statistics were calculated on the flows both entering the different treatments and those directly spilled into the receiving water body as per the requirements set out in the Regional Water Protection Plan (PRTA) of the Friuli – Venezia Giulia Region. As a complement to these simulations, research was undertaken into the regional regulations relating to urban wastewater treatment plants sizing, i.e. the ratio between the flow rates sent and the flow rates spilled directly into the receiving water body.

Keywords: EPA – SWMM, combined sewer systems, sewer numerical modeling, regional waste water discharge regulations, waste water treatment plant flows.

Ricevuto il 9-7-2021. Modifiche sostanziali richieste il 15-9-2021. Accettazione il 3-11-2021.

1. INTRODUZIONE

Il controllo quali – quantitativo dei deflussi in aree urbane rappresenta oggi un problema di assoluto rilievo, come recepito da alcune recenti normative comunitarie, nazionali e regionali atte a prevenire il deterioramento qualitativo e quantitativo delle acque al fine di assicurare un loro utilizzo sostenibile. In particolare, il 23 ottobre del 2000 il Parlamento e il Consiglio d'Europa hanno presentato la Direttiva 2000/60/CE (Direttiva Quadro sulle Acque) che istituisce un quadro per l'azione comunitaria in materia di acque e che si prefigge come obiettivo il raggiungimento del buono stato delle acque superficiali e sotterranee. La direttiva comunitaria è stata recepita in Italia attraverso il decreto legislativo del 3 aprile 2006 numero 152. Il decreto ha suddiviso il territorio nazionale in sette distretti idrografici, prevedendo per ognuno di essi un piano di gestione redatto dalle Autorità di distretto idrografico. Ogni distretto idrografico ha

* Per info: roberto.perin@uniud.it

l'obbligo di adottare un piano di gestione, ovvero lo strumento mediante il quale le regioni individuano e mettono in atto gli interventi che hanno come scopo quello di garantire la tutela delle risorse idriche e la sostenibilità del loro sfruttamento per il conseguimento degli obiettivi fissati dalla direttiva europea sopracitata. Il decreto impone alle regioni l'obbligo di redigere un piano di tutela per il proprio territorio, che costituisce uno specifico piano di settore.

Il Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA) ha lo scopo sia di descrivere lo stato di qualità delle acque all'interno del territorio regionale, sia definire le misure e gli interventi atti al raggiungimento dei livelli di qualità delle acque previsti dalla comunità europea (Direttiva 2000/60/CE). I Piani Regionali di Tutela delle Acque (PRTA) prevedono infatti misure di salvaguardia della risorsa idrica con particolare attenzione alla disciplina degli scarichi e quindi implicitamente anche alla definizione del minimo rapporto consentito fra le portate meteoriche da convogliare all'impianto di depurazione e le portate medie giornaliere in tempo secco in presenza di reti fognarie di tipo unitario (misto).

Obiettivo del presente studio è quello di fornire sia una rassegna delle differenti normative regionali che disciplinano il dimensionamento degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane sulla base del rapporto tra le portate da inviare ai trattamenti e le portate da sfiorare direttamente nel corpo idrico ricettore in presenza di fognature di tipo unitario (misto), sia riportare i risultati ottenuti da un caso studio che ha riguardato la simulazione in continuo (periodo: 2009 – 2018), per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM, dei volumi di acque reflue inviate ai pretrattamenti – trattamenti primari e delle portate sfiorate (e quindi direttamente immesse nel corpo idrico ricettore) presso i manufatti di sfioro a servizio degli impianti di depurazione del comune di Remanzacco (UD) e di Lauzacco, frazione del comune di Pavia di Udine (UD), sulla base delle indicazioni fornite dalle Norme di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA) della Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia.

1.1. Normative relative agli scaricatori di piena degli impianti di depurazione a servizio di reti fognarie di tipo unitario (misto)

A livello nazionale, una norma che disciplina la portata che deve essere effettivamente trattata dall'impianto di depurazione durante periodi caratte-

rizzati dalla presenza di precipitazioni, ovvero il valore oltre il quale è concesso lo sfioro nel corpo idrico ricettore presso l'impianto di depurazione, è quella riportata all'articolo 8.3.1. del D.P.C.M. 4 marzo 1996 (Disposizioni in materia di risorse idriche) il quale recita: *«Nel caso di fognature miste l'obbligo è esteso agli scarichi delle acque meteoriche fino al limite di diluizione stabilito in convenzione, espresso come multiplo della portata media di tempo asciutto, che consente il rispetto dei limiti normativi. Tale limite, in assenza di diverse e puntuali indicazioni, non può essere inferiore a tre volte la portata media di tempo asciutto».*

Dalla norma si evince come sia consentito sfiorare presso l'impianto di depurazione portate il cui valore risulta essere maggiore uguale a tre volte il valore della portata media in tempo asciutto.

I riferimenti normativi si estendono poi a livello regionale, in quanto anche le regioni hanno proposto leggi, regolamenti tecnici e piani relativi alla disciplina. Nel prosieguo saranno riportate in rassegna le norme previste dalle regioni italiane che regolano esplicitamente tale importante aspetto legato al controllo quali – quantitativo degli scaricatori di piena a servizio degli impianti di depurazione.

Abruzzo (Piano di Tutela delle Acque, art. 3.4.5 – Disposizioni inerenti reti fognarie e relativi scarichi): *«Le portate di supero da recapitare nei ricettori sono definite in base alle esigenze idrauliche ed ambientali del recettore, tenendo conto degli obiettivi di qualità dei corpi idrici definiti dal PTA. Fermo restando che nella progettazione di detti interventi i parametri di riferimento, per quanto possibile, dovranno essere validati da studi specifici, la normale prassi progettuale e le normative del settore prevedono generalmente che le portate nere diluite siano commisurate a 3-5 volte le portate nere medie; ne consegue che nell'impianto saranno convogliate portate di pioggia pari a 2-4 volte le portate nere medie».*

Basilicata (Piano Regionale di Tutela delle Acque, art. 33 – Sfioratori di piena delle reti fognarie miste): *«Per gli sfioratori di piena di reti fognarie miste, il rapporto minimo consentito tra la portata di punta in tempo di pioggia e la portata media in tempo di secco nelle ventiquattrore (Q_m) deve essere pari a sette. Tale rapporto può ridursi a cinque per l'ultimo sfioro in prossimità dell'impianto di depurazione. Alla sezione biologica dell'impianto di depurazione deve comunque pervenire la portata non inferiore a $3Q_m$ ».*

Bolzano, Provincia Autonoma: la normativa provinciale non prevede alcuna indicazione specifica

riguardo gli scaricatori di piena a servizio delle reti fognarie di tipo unitario e le prescrizioni vengono stabilite direttamente con l'autorizzazione.

Calabria (Legge 3 ottobre 1997, n. 10, art. 24 – Scarichi delle pubbliche fognature a sistema misto nei corsi d'acqua naturali ed artificiali, nelle acque di transizione e nel mare): «*Lo scarico delle pubbliche fognature a sistema misto nei corsi d'acqua naturali ed artificiali, nelle acque di transizione e nel mare può essere autorizzato nel rispetto di quanto prescritto nei precedenti articoli 22 e 23 ed a condizione che gli scaricatori di piena siano dimensionati in modo tale da impedire, in caso di eventi meteorici, il versamento diretto, nei corpi ricettori, delle acque pluviali sino ad un volume pari a tre volte la portata media oraria di tempo secco. Tale volume d'acqua è sottoposto, prima dello scarico, al trattamento previsto per i liquami nei medesimi corpi ricettori, in assenza di eventi meteorici*».

Campania: (Commissariato straordinario per le acque e le bonifiche della Regione Campania, 2000): «*(... omissis...) dovrà essere afferita agli impianti di depurazione la totalità dei reflui civili e industriali gravitanti sulle reti degli agglomerati urbani superiori o uguali a 2000 abitanti, con la possibilità, per i sistemi unitari, di collettare in tempo di pioggia sino a cinque volte la portata nera di tempo secco*».

Emilia Romagna (Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne, Protocollo n. SSR/05/10895, art. 6.1 – Forme di controllo): «*Tenuto conto che in tempo di pioggia l'impianto di trattamento delle acque reflue, in ingresso, di norma, può accettare portate, normalmente definite nere diluite, pari a 3 volte la portata media di tempo asciutto (Q_m); la portata eccedente detto valore deve essere scaricata direttamente nei corpi idrici ricettori attraverso appositi manufatti. I manufatti adibiti a tale scopo, denominati scolmatori o scaricatori di piena, sono realizzati lungo la rete quando sia possibile lo scarico in un idoneo ricettore (scaricatori di alleggerimento) o comunque all'ingresso dell'impianto di trattamento delle acque reflue urbane (scaricatore di testa impianto)*».

Friuli – Venezia Giulia (Norme di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque, art. 21, comma 4 – Scaricatori di piena): «*Per gli impianti di depurazione a servizio di reti fognarie miste, il dimensionamento delle fasi di pretrattamento e trattamento primario, se presenti, è idoneo a consentire il trattamento di portate pari a 4 volte la*

portata media giornaliera in tempo di secco. Il dimensionamento delle eventuali fasi biologiche deve consentire il trattamento di portate pari almeno a 2,5 volte la portata media giornaliera in tempo di secco».

Lazio (Norme Tecniche di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque, art. 32, comma 2, lettera a, b, c, d, e – Dimensionamento degli impianti di trattamento di acque reflue urbane): «*a) Nel caso di impianti di depurazione superiori ai 2000 A.E., che verranno realizzati o ampliati o modificati strutturalmente dopo l'entrata in vigore della presente disposizione, cui affluiscono reti di fognatura nera il dimensionamento delle fasi di trattamento è di norma effettuato tenendo conto delle portate medie e di punta afferenti all'impianto. b) Nel caso di impianti di depurazione superiori ai 2000 A.E., che vengono realizzati o ampliati o modificati strutturalmente dopo l'entrata in vigore della presente disposizione, cui affluiscono reti di fognatura unitaria mista deve essere previsto, a monte dell'impianto, un manufatto sfioratore di piena dimensionato in modo che lo sfioro abbia inizio ad una portata pari almeno cinque volte la portata media giornaliera in tempo secco. c) Nel caso di impianti di depurazione superiore ai 2000 A.E., che verranno realizzati o ampliati o modificati strutturalmente dopo l'entrata in vigore della presente disposizione, cui affluiscono reti di fognatura unitaria mista si dovrà garantire una grigliatura per la portata derivata dallo sfioratore in testa all'impianto, ossia pari a 5 volte la portata media giornaliera di tempo secco; un trattamento secondario e/o terziario per una portata pari almeno a 2 volte la portata media giornaliera di tempo secco; mentre la restante parte (pari al più a 3 volte la portata media giornaliera di tempo secco) si dovrà prevedere un trattamento primario e di disinfezione. d) Nel caso di impianti di depurazione superiori ai 2000 A.E., e non oggetto di ampliamento e/o modifica strutturale, cui affluiscono reti di fognatura unitaria mista si dovrà garantire un trattamento secondario e/o terziario per una portata pari almeno 2 volte la portata media giornaliera di tempo secco; mentre per la restante parte si dovrà prevedere un trattamento meccanico (grigliatura) da installarsi entro cinque anni dall'entrata in vigore della presente disposizione e un trattamento di disinfezione ove tecnicamente possibile. e) Nel caso di impianti di potenzialità inferiore a 2000 A.E. o a servizi di agglomerati a forte fluttuazione stagionale o di agglomerati serviti da rete in parte unitaria mista e in parte separata,*

si possono adottare diversi e motivati criteri di dimensionamento».

Liguria (Legge regionale 16 agosto 1995, n. 43, Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento, art. 24, comma 1 – Scarichi delle pubbliche fognature a sistema misto nei corsi d'acqua naturali ed artificiali, nelle acque di transizione e nel mare): «Lo scarico delle pubbliche fognature a sistema misto nei corsi d'acqua naturali ed artificiali, nelle acque di transizione e nel mare può essere autorizzato nel rispetto di quanto prescritto negli articoli 22 e 23 ed a condizione che gli scaricatori di piena siano dimensionati in modo tale da impedire, in caso di eventi meteorici, il versamento diretto, nei corpi ricettori, delle acque pluviali sino ad un volume pari a tre volte la portata media oraria di tempo secco. Tale volume d'acqua è sottoposto, prima dello scarico, al trattamento previsto per i liquami nei medesimi corpi ricettori, in assenza di eventi meteorici».

Lombardia (Regolamento Regionale 29 marzo 2019, Allegato E, Sezione 1.1 – Criteri realizzativi per sfioratori e reti fognarie unitarie): «In caso di fognature unitarie la portata da avviare a depurazione è stabilita pari al massimo tra: a) Il valore corrispondente a un rapporto di 750 L/AE giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore, determinando in termini idraulici, ossia in base al rapporto tra il consumo giornaliero medio industriale accertato e la dotazione idrica giornaliera della popolazione residente, assunta pari a 200 L/abitante al giorno, gli AE degli scarichi di acque reflue industriali non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili. Il valore 750 è elevato a 1000 L/AE giorno per gli sfioratori le cui acque eccedenti siano recapitate in laghi ovvero su suolo o negli strati superficiali del sottosuolo; b) Il valore ottenuto assumendo un rapporto di diluizione pari a 2 rispetto alla portata nera, calcolata come media giornaliera del giorno di massimo consumo per gli apporti civili e come media su 12 ore per quelli industriali, salvo presenza di significativi complessi che lavorino su più turni giornalieri; il rapporto di diluizione incrementato a 2,5 nel caso gli apporti industriali in termini di abitanti equivalenti, calcolati con il criterio di cui alla lettera a), superino il 50% del totale. La portata di soglia degli sfioratori di piena delle reti fognarie (...omissis...) deve comunque essere sempre maggiore o uguale a 20 L/sec, al fine di ridurre il rischio di occlusione».

Marche (Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque, Sezione D, art. 43, comma 5

– Reti fognarie miste, acque di prima pioggia e sfioratori di piena delle reti fognarie miste): «Per gli scolmatori (sfioratori) di piena di reti fognarie miste di nuova realizzazione, per i quali le procedure per l'aggiudicazione dell'appaltato non siano iniziate alla data di entrata in vigore delle presenti NTA, il rapporto minimo consentito tra la portata di punta in tempo di pioggia e la portata media in tempo di secco nelle ventiquattro ore (Q_m) deve essere pari a quattro. Tale rapporto può ridursi a 2,5 per l'ultimo sfioro in prossimità dell'impianto di depurazione».

Molise (Norme Tecniche del Piano di Tutela delle Acque, art. 21, comma 2, 3, 4 – Disciplina degli scaricatori di piena a servizio delle reti fognarie miste): «2) Nella progettazione delle reti fognarie miste i parametri di riferimento, per quanto possibile, dovranno essere validati da studi specifici. In via generale le portate nere diluite devono essere commisurate a 3-5 volte le portate nere medie; ne consegue che nell'impianto di trattamento saranno convogliate portate di pioggia pari a 2÷4 volte le portate nere medie. 3) Al fine di evitare lo sfioro degli scolmatori delle reti unitarie in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30% della portata massima. 4) Le portate di soglia devono essere definite avendo a riferimento i seguenti coefficienti: a. maggiore o uguale a 3 per gli scaricatori/scolmatori posizionati lungo la rete fognaria; b. compreso nell'intervallo 2-4 per gli scaricatori ubicati in testa agli impianti di trattamento».

Piemonte (Decreto Presidente Giunta Regionale del 16 dicembre 2008 n. 17/R, Allegato B, art. 4, comma b – Linee guida di riferimento sulle dotazioni degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane e sulle modalità di trattamento): «Nel caso di impianti cui affluiscono esclusivamente reti di fognatura unitaria deve essere previsto a monte dell'ingresso un manufatto sfioratore di piena dimensionato in modo che lo sfioro abbia inizio ad una portata pari almeno cinque volte la portata media giornaliera in tempo secco e che garantisca, con strutture statiche o dinamiche, l'eliminazione dei solidi grossolani dal relativo scarico nei casi di fermo dell'impianto; fatte salve particolari modalità di gestione in linea generale tale portata dovrà essere avviata al trattamento primario mentre al trattamento secondario dovrà pervenire una quota non inferiore a due volte la portata media giornaliera di tempo secco; nel caso di impianto senza trattamento primario dovrà essere avviata

al trattamento secondario, previo pretrattamento, una quota pari a tre volte la portata media giornaliera in tempo secco».

Puglia (Disposizioni in materia di reti di fognatura, di impianti di depurazione delle acque reflue urbane e dei loro scarichi a servizio degli agglomerati urbani, Allegato B – Linee guida per la progettazione e gestione degli impianti di depurazione, Punto B 3.4, lettera b): «In relazione alla tipologia delle reti fognarie dell'agglomerato influente, il dimensionamento degli impianti di depurazione dovrà essere effettuato con le seguenti modalità: b) Nel caso di impianti cui affluiscono reti di fognatura unitaria deve essere previsto, a monte dell'impianto, un manufatto sfioratore di piena dimensionato in modo che lo sfioro – scarico di emergenza abbia inizio ad una portata pari almeno cinque volte la portata media giornaliera in tempo secco e che garantisca, con strutture statiche o dinamiche, l'eliminazione dei solidi grossolani dal relativo scarico; fatte salve particolari modalità di gestione, in linea generale si dovrà garantire un trattamento primario per una portata pari a 5 volte la portata media giornaliera in tempo secco; mentre al trattamento secondario e/o terziario dovrà pervenire una quota non inferiore a 2,5 volte la portata media giornaliera di tempo secco».

Sardegna (Direttiva regionale disciplina degli scarichi, Allegato 5, art. 6, art. 13 – Dimensionamento scaricatori di piena): «Art. 6) Il manufatto deve essere dimensionato in modo da lasciare direttamente defluire all'impianto di trattamento delle acque reflue urbane la portata nera diluita (di seguito portata di riferimento) corrispondente al valore calcolato ipotizzando una dotazione pro capite di 1200 litri per abitante equivalente al giorno, considerati uniformemente distribuiti nelle 24 ore. Per gli scarichi di acque reflue industriali nel sistema di raccolta di acque reflue urbane, non caratterizzabili in base all'apporto di sostanze biodegradabili, gli abitanti equivalenti vengono determinati rapportando il consumo idrico giornaliero medio industriale accertato con una dotazione idrica pari a $200 \text{ l/ab} \times \text{g}$. Al fine di evitare lo sfioro degli scaricatori di piena delle reti miste in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30% della portata massima di tempo secco. L'aliquota eccedente il valore della portata di riferimento così calcolato deve essere sfiorata verso idoneo recapito finale senza che tale operazione possa arrecare danno alla funzionalità di strutture ed infrastrutture circostanti il manufatto. Art. 13) All'impianto di

depurazione giungerà pertanto la portata derivante dalla somma di tutte le portate di riferimento dei singoli rami del sistema di collettamento. L'impianto dovrà garantire il trattamento dell'intera portata di riferimento in tutte le sezioni di trattamento sino alla sedimentazione primaria, se prevista; le successive sezioni di trattamento dovranno essere dimensionate per il trattamento di una portata pari ai $3/5$ della portata di riferimento, le portate eccedenti i $3/5$ potranno essere convogliate direttamente allo scarico previa disinfezione».

Sicilia (Legge regionale n. 27 del 15/05/1986, Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature e modifiche alla legge regionale 18 giugno 1977, n. 39 e successive modificazioni ed integrazioni, art. 13 – Scaricatori di piena di pubbliche fognature miste): «Nel caso in cui le pubbliche fognature convogliano congiuntamente acque nere ed acque bianche, gli scaricatori di piena dovranno essere realizzati in modo da smaltire la portata eccedente il valore calcolato da tre a cinque volte la portata del giorno di massimo consumo. Valori inferiori possono essere autorizzati, in casi particolari, dall'Assessorato regionale del territorio e dell'ambiente in sede di approvazione del programma di attuazione della rete fognaria di cui all'art. 3».

Toscana (Legge regionale 31 maggio 2006, n. 20, Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento, art. 16, comma 1, 2, 3, 4 – Caratteristiche degli scaricatori di piena): «1) Gli scaricatori di piena, in considerazione delle caratteristiche del corpo ricettore e degli usi a cui è destinato, sono dimensionati in relazione alla funzionalità idraulica complessiva della rete fognaria e del depuratore, al fine di adeguare il sistema con accorgimenti necessari al raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientale o per specifica destinazione di cui al piano di tutela delle acque. 2) Gli scaricatori di piena di nuova realizzazione di classe A2 e B1 garantiscono di norma valori di diluizione di almeno tre volte la portata media nera in tempo secco calcolato nelle ventiquattro ore e comunque valori di diluizione utili al raggiungimento e mantenimento degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione previsti dai piani di tutela per i corpi idrici recettori prossimali o distali. 3) Gli scaricatori di piena di classe B2 di nuova realizzazione garantiscono valori di diluizione di almeno cinque volte la portata media nera in tempo secco calcolato nelle ventiquattro ore, e comunque valori di diluizione utili al raggiungimento e mante-

nimento degli obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione previsti dai piani di tutela per i corpi idrici recettori prossimali o distali tenuto conto anche del livello delle sostanze pericolose di cui alle tabelle 1A e 1B dell'allegato 1 alla parte III del decreto legislativo, veicolate dalla rete fognaria in condizioni di tempo secco. 4) Al fine di proteggere la funzionalità degli impianti di depurazione a servizio di fognature miste i gestori adottano gli accorgimenti impiantistici o gestionali tali da garantire la corretta gestione degli afflussi di acque meteoriche, secondo quanto previsto dalla normativa vigente».

Trento, Provincia Autonoma (Deliberazione Giunta Provinciale 12 giugno 1987, n. 5460, art. 4 – Scaricatori di piena): «Nel caso di pubbliche fognature nelle quali scorrono acque di rifiuto insieme ad acque meteoriche è ammesso lo sversamento delle portate di supero direttamente in corpi d'acqua superficiali tramite apposito manufatto scolmatore. In tal caso le nuove strutture di sfioro, di convogliamento e depurazione dovranno essere idraulicamente dimensionate per portate pari ad almeno tre volte la portata media di acque nere prevista in sede di progettazione sulle ventiquattro ore».

Umbria (Direttiva Tecnica in materia di scarichi acque reflue – approvazione e pubblicazione, art. 18, comma 2, 3, 4 – Scaricatori di piena a servizio delle reti fognarie miste): «2) Nella progettazione delle reti fognarie miste i parametri di riferimento, per quanto possibile, dovranno essere validati da studi specifici. In via generale le portate nere diluite devono essere commisurate a 3-5 volte le portate nere medie; ne consegue che all'impianto di trattamento saranno convogliate portate di pioggia pari a 2-4 volte le portate nere medie. 3) Al fine di evitare lo sfioro degli scolmatori delle reti unitarie in condizioni di tempo secco, il valore della portata di sfioro dovrà comunque essere maggiore almeno del 30% della portata massima. 4) Le portate di soglia devono essere definite avendo a riferimento i seguenti coefficienti: a) maggiore o uguale a 3 per gli scaricatori/scolmatori posizionati lungo la rete fognaria; b) compreso nell'intervallo 2-4 per gli scaricatori ubicati in testa agli impianti di trattamento».

Valle d'Aosta: ad oggi non risultano essere state emanate specifiche norme in materia.

Veneto (Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque, art. 33, comma 1, 2 – Sfiatori di piena delle reti fognarie miste): «1) Per gli sfiatori di piena di reti fognarie miste, il rapporto minimo consentito tra la portata di punta in tempo di

pioggia e la portata media in tempo di secco nelle ventiquattrore (Q_m) deve essere pari a cinque. Tale rapporto può ridursi a tre per l'ultimo sfioro in prossimità dell'impianto di depurazione. 2) Alla sezione biologica dell'impianto di depurazione deve comunque pervenire la portata non inferiore a $2Q_m$ ».

Dall'analisi delle differenti normative regionali si evince come la quasi totalità delle regioni italiane fornisca esplicitamente il valore numerico del rapporto di diluizione, ovvero il rapporto tra portata massima ammissibile in ingresso ai processi depurativi e la portata media in tempo secco (Q_m); tale valore varia da un minimo di due ad un massimo di cinque, anche se è necessario sottolineare come all'interno di questo intervallo la maggioranza delle normative specifici la ripartizione tra portate da inviare alla sezione biologica oppure ai pretrattamenti – trattamenti di tipo primario.

In definitiva molte e varie sono le soluzioni proposte, ma in pochi casi si è fatto riferimento a studi quali – quantitativi dei casi specifici, che sarebbero importanti per quantificare la quantità e qualità dell'acqua sfiorata rapportandole all'impegno economico delle strutture a servizio. In particolare, mancano esempi di valutazione e previsione dei comportamenti dinamici dell'effluente sfiorato, utili a confrontare l'impegno economico e la tutela dall'inquinamento sui corpi idrici ricettori.

In questo lavoro prendendo spunto da casi di reti fognarie di piccola dimensione nella Provincia di Udine, si sono effettuate simulazioni quantitative a servizio di scelte progettuali imposte dalla normativa vigente, per proporre un metodo di valutazione più aderente alle realtà territoriali. L'ulteriore scopo è stato quello di incoraggiare l'uso di modelli che permettono anche una implementazione sui parametri qualitativi, per ottenere una più robusta visione nelle decisioni amministrative finali relative agli investimenti strutturali in ambito territoriale.

2. MATERIALI E METODI

2.1. Il codice di calcolo EPA – SWMM

La modellazione numerica delle reti fognarie oggetto di studio è stata effettuata con l'ausilio del codice di calcolo EPA – SWMM (versione 5.1.013), di dominio pubblico e distribuito dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente Statunitense (EPA – Environmental Protection Agency). Il codice di calcolo SWMM I (Storm Water Management Model) nella sua prima versione è stato concepito nel periodo 1969 – 1971 (Metcalf

& Eddy Inc., Water Resources Engineers, University of Florida) e nel corso dei decenni ha subito un continuo e progressivo sviluppo da parte di diversi enti ed istituzioni, tant'è vero che ad oggi risulta essere a livello mondiale probabilmente il più noto ed utilizzato strumento di modellazione numerica per la verifica ed ausilio alla progettazione di sistemi di drenaggio in ambito urbano (Huber e Roesner, 2013).

Il codice di calcolo EPA – SWMM appartiene alla categoria dei modelli numerici di tipo idrologico – idraulico in grado di simulare sia i processi di trasformazione afflussi – deflussi (ovvero la trasformazione delle piogge in deflussi superficiali) a scala di bacino urbano sia la relativa propagazione delle portate all'interno di un sistema di drenaggio urbano che preveda anche la commistione di canali artificiali e/o naturali di qualsivoglia sezione e geometria.

EPA – SWMM risulta essere composto da tre principali moduli di calcolo (accoppiati tra loro ma che possono essere utilizzati indipendentemente l'uno dall'altro):

- Modulo idrologico (ex Runoff), simula il complesso meccanismo della trasformazione afflussi – deflussi che comprende la distribuzione spazio – temporale delle precipitazioni (schematizzando ogni area che compone il generico bacino/sottobacino come un serbatoio non lineare, vale a dire accoppiando l'equazione di continuità con l'equazione di Manning), i processi di infiltrazione al suolo (metodo di Horton, metodo di Green – Ampt, metodo CN – SCS), di evapotraspirazione, di ritenzione nelle depressioni superficiali del terreno, di ruscellamento superficiale e relativo ingresso dei deflussi nelle canalizzazioni della rete (ed opzionalmente anche i processi di accumulo – scioglimento neve e di interazione falda freatica – rete di drenaggio).
- Modulo idrodinamico (ex Extran), simula sia la propagazione dei deflussi di piena all'interno dei collettori a sezione chiusa e/o aperta (attraverso le equazioni in forma completa di Saint Venant) sia il funzionamento di dispositivi idraulici come ad esempio impianti di pompaggio, vasche volano/laminazione, organi di regolazione delle portate, scaricatori di piena del tipo trasversale e/o frontale, luci sotto battente.
- Modulo qualitativo, simula i processi di accumulo (buildup) durante i periodi di tempo asciutto e dilavamento operato dalle precipitazioni (washoff) delle sostanze inquinanti che si depositano al suolo.

L'accoppiamento di tali moduli di calcolo consente di simulare l'evoluzione dinamica di qualsivoglia evento meteorico riproducendo ad esempio l'andamento temporale dei livelli idrometrici, delle velocità, delle portate, delle concentrazioni di sostanze inquinanti nelle diverse sezioni del sistema di drenaggio urbano che si intende modellare. Il codice di calcolo EPA – SWMM necessita di un unico file ASCII di input (estensione *.inp) che contiene la descrizione completa del sistema da analizzare (bacini scolanti, nodi idraulici, collettori, dispositivi di invaso e/o di controllo e regolazione delle portate) e delle forzanti in ingresso (sotto forma di ietogrammi di precipitazione), nonché tutta una serie di opzioni propriamente modellistiche e relative alla durata della simulazione, al time step di calcolo necessari per soddisfare criteri di stabilità numerica, alla tipologia di salvataggio dati.

2.1.1. La modellazione numerica delle reti fognarie di Remanzacco e Lauzacco

Remanzacco è un comune di 6116 abitanti (censiti al 31/03/2019) della provincia di Udine, sito ad un'altitudine media di 112 m s.l.m.m. in un contesto territoriale di tipo prevalentemente pianeggiante. Lauzacco è una frazione di 1122 abitanti (censiti al 31/12/2010) del comune di Pavia di Udine, sita ad un'altitudine media di 59 m s.l.m.m. ed inserita in un contesto territoriale di tipo pianeggiante caratterizzato dalla presenza di numerose zone destinate ad uso agricolo.

La Figura 1 illustra la schematizzazione e la modellazione effettuata per mezzo di EPA – SWMM della rete fognaria di Remanzacco.



Figura 1 – Modellazione per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM della rete fognaria del comune di Remanzacco (UD) e localizzazione del relativo impianto di depurazione (WWTP)

Tabella 1 – Dati relativi al numero di elementi principali che costituiscono i modelli numerici delle reti fognarie oggetto di studio realizzati per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM

Elemento	Remanzacco	Lauzacco
Nodo	753	280
Condotta	767	288
Scaricatore di piena	8	3
Sottobacino	869	220

Propedeutico alla realizzazione dei modelli numerici è risultato essere il rilievo piano – altimetrico delle reti fognarie di Remanzacco e Lauzacco, comprensivo delle monografie delle condotte, dei nodi idraulici e dei manufatti di sfioro. In Tabella 1 si riportano i dati relativi al numero di elementi che costituiscono i modelli numerici delle reti fognarie di Remanzacco e Lauzacco.

2.2. Campagna di misure delle portate in ingresso agli impianti di depurazione

Contestualmente alla realizzazione dei modelli numerici delle reti fognarie è stata eseguita anche una campagna di misura delle portate (periodo: dicembre 2019 – aprile 2020) presso le sezioni di chiusura dei relativi bacini urbani, ovvero in coincidenza dei manufatti di sfioro a servizio dei depuratori di Remanzacco e Lauzacco, con l’obiettivo di ottenere dati sperimentali funzionali sia alla calibrazione e validazione dei modelli numerici realizzati, sia alla stima dei valori delle portate nere in

tempo asciutto (le cosiddette Q_m). Tali misure risultano fondamentali per le valutazioni relative alle portate di progetto in ingresso agli impianti di depurazione, in base al rapporto di diluizione imposto dalle differenti normative regionali. In particolare, la campagna di misura delle portate effettuate ha consentito di stimare il valore medio giornaliero in tempo secco di portata in ingresso all’impianto di depurazione di Lauzacco ($Q_m = 2,5$ l/s) e di Remanzacco ($Q_m = 6$ l/s). Considerando che l’obiettivo era quello di effettuare simulazioni sul lungo periodo (2009 – 2018), caratterizzato dall’alternanza di periodi piovosi a lunghi periodi di tempo secco, la campagna di misure di portata effettuata ha consentito di estrapolare dei coefficienti (i cosiddetti time pattern orari), i quali permettono al codice di calcolo EPA – SWMM di simulare l’andamento orario medio delle portate in tempo secco in ingresso agli impianti di depurazione. Tali coefficienti (Figura 2), moltiplicati per il valore medio giornaliero della portata in tempo secco (Q_m), consentono di ottenere il valore della portata media oraria in ingresso agli impianti di depurazione in assenza di precipitazioni.

Per la misura delle portate sono stati utilizzati gli strumenti KAPTOR_{MULTI} accoppiati a moduli OCM KAPTOR (Figura 3). In particolare, KAPTOR_{MULTI} è un datalogger multifunzione (dotato di batterie per l’alimentazione, tastierino alfanumerico per la programmazione dello strumento, modem GSM/GPRS per la trasmissione dei dati acquisiti) la cui funzione è quella di elaborare, registrare ed inviare ad un portale web i dati rilevati dal modulo OCM KAPTOR il quale risulta essere co-

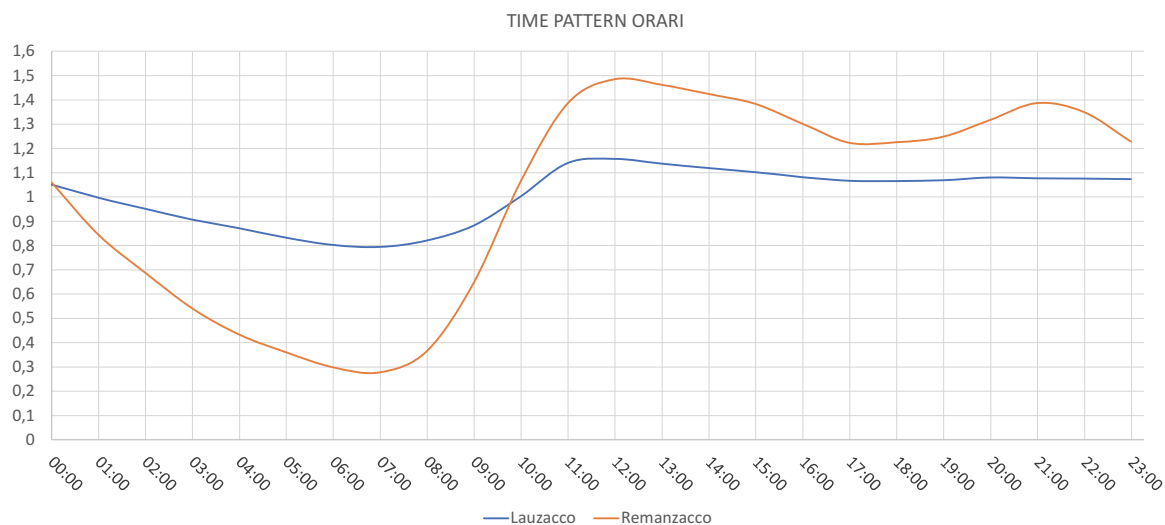


Figura 2 – Confronto time pattern orari relativi all’andamento delle portate medie orarie in ingresso ai depuratori di Remanzacco e Lauzacco (tempo secco)



Figura 3 – KAPTOR *MULTI* e modulo OCM KAPTOR dotato di sensore a scarpetta

stituito essenzialmente da un sensore a scarpetta (da posizionare sul fondo della tubazione) in grado di misurare la velocità della corrente transitante in condotta fognaria ed il relativo tirante idraulico. La conoscenza congiunta del valore di velocità e tirante idraulico associato consente quindi di determinare la portata. Il principio di misura della velocità del fluido è basato sulla riflessione degli ultrasuoni (emessi dalla scarpetta) da parte di particelle in sospensione. Assolutamente necessario che nell'acqua siano presenti delle particelle che riflettano gli ultrasuoni verso il sensore. Per la misura del tirante idrico all'interno delle condotte, la scarpetta è dotata di un sensore di pressione piezoresistivo che opera secondo il principio di pressione relativa per cui la pressione della colonna d'acqua sopra il sensore è direttamente proporzionale al livello di riempimento della condotta fognaria.

2.3. Calibrazione e validazione dei modelli numerici realizzati

Per potersi adattare a qualsivoglia scenario i modelli di tipo idrologico – idraulico (così come in linea di principio qualsivoglia modello numerico di simulazione) sono dotati di numerosi parametri atti alla modellazione di un determinato processo fisico (come ad esempio l'infiltrazione, ruscellamento superficiale, propagazione delle portate di piena all'interno dei collettori) la cui stima dei valori ricopre un ruolo fondamentale al fine di ottenere una modellazione che descriva realmente il comportamento del sistema che si intende analizzare. Il processo attraverso il quale si stima il valore da associare a ciascun parametro al fine di migliorare l'ac-

curatezza dei risultati ottenuti dal modello, minimizzando lo scarto fra valori simulati e valori realmente misurati, si chiama calibrazione (taratura). In alcuni casi i valori più appropriati per i parametri del modello possono essere determinati tramite indagini in situ (nel caso di parametri fisicamente basati e direttamente misurabili) oppure per mezzo della consultazione di tabelle presenti in letteratura tecnico – scientifica, anche se in molte altre situazioni tali parametri sono solo rappresentazioni concettuali di caratteristiche astratte del bacino e pertanto devono essere determinati attraverso un processo di tipo trial and error (ossia modificando di volta in volta il valore dei parametri fino ad ottenere una sostanziale coincidenza tra dati simulati e misurati sperimentalmente). Nel caso specifico, utilizzando una procedura del tipo trial and error è stato possibile effettuare la calibrazione dei modelli di simulazione numerica; aggiustando dunque i valori relativi ai parametri di scabrezza delle condotte e delle superfici scolanti dei sottobacini, della larghezza caratteristica dei sottobacini e del volume dei cosiddetti piccoli invasi, è stato possibile calibrare i modelli fino ad ottenere una sostanziale corrispondenza tra i valori delle portate misurati in sito e quelli forniti dalle simulazioni. Al fine di verificare l'effettivo grado di attendibilità ed accuratezza fornito dal modello numerico, risulta necessario effettuare il procedimento di validazione. Tale procedura consiste essenzialmente nell'utilizzare il modello numerico calibrato e simulare un evento differente da quello utilizzato in fase di calibrazione in modo tale da verificare se il modello risulti essere in grado di riprodurre adeguatamente il reale funzionamento del sistema oggetto di analisi. L'obiettivo della valida-

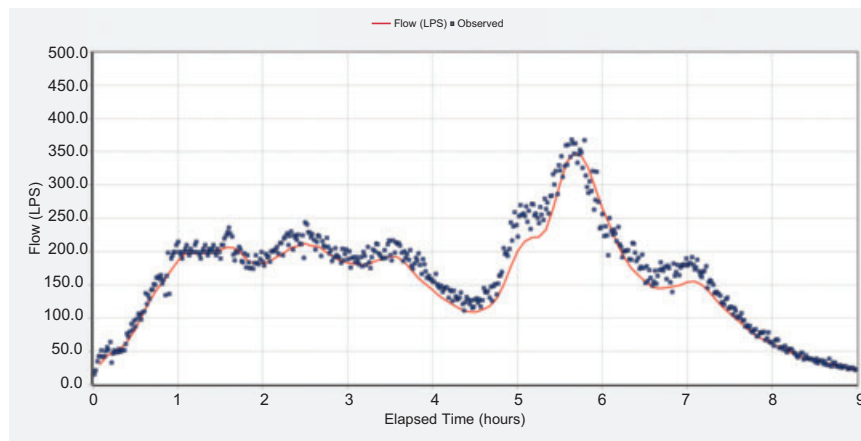


Figura 4 – Confronto relativo alle portate simulate (linea rossa) e misurate sperimentalmente (punti blu) durante la fase di validazione del modello numerico della rete fognaria di Lauzacco (periodo: 12 dicembre 2019)

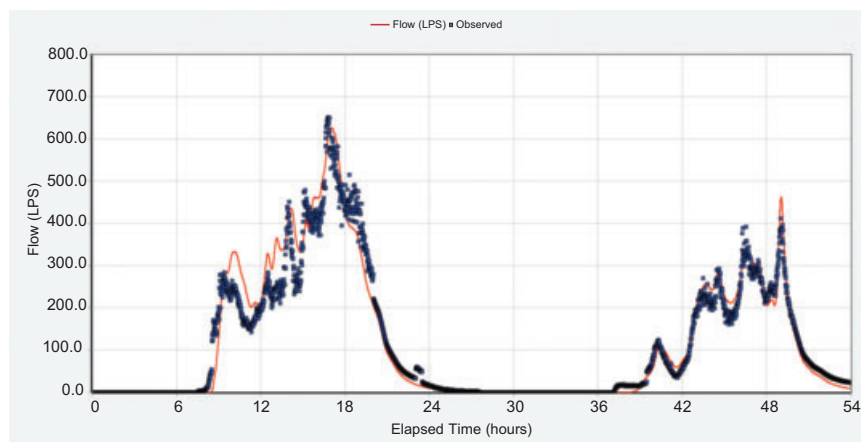


Figura 5 – Confronto relativo alle portate simulate (linea rossa) e misurate sperimentalmente (punti blu) durante la fase di validazione del modello numerico della rete fognaria di Lauzacco (periodo: 1 – 3 marzo 2020)

zione è pertanto quello di trovare delle eventuali distorsioni nella stima dei valori assegnati ai parametri in quanto non è infrequente che il modello approssimi bene il set di dati in calibrazione ma non quello in validazione (il cosiddetto fenomeno della divergenza del modello); se questo avviene la calibrazione deve essere rivista partendo dall'analisi degli elementi che possono avere compromesso il risultato. A dimostrazione dell'affidabilità dei modelli numerici realizzati si riporta a titolo di esempi le immagini del confronto tra portate simulate e misurate, ottenute in fase di validazione presso la sezione di chiusura del bacino di Lauzacco, relative sia al giorno 13 dicembre 2019 (Figura 4) sia al periodo 1 – 3 marzo 2020 (Figura 5).

2.4. Scenari oggetto di simulazione

Per ognuna delle reti fognarie oggetto di analisi è stata effettuata una simulazione di tipo idrologico – idraulico in continuo sul lungo periodo (dal

01/01/2009 al 31/12/2018) al fine di ottenere l'andamento delle portate (Q_{sim}), ovvero gli idrogrammi delle portate in ingresso ai rispettivi impianti di depurazione (Figura 6, a pagina seguente).

Per il bacino urbano di Lauzacco sono stati utilizzati i dati pluviometrici della stazione meteorologica di Pavia di Udine (situata a 2,82 km a nord – est del depuratore di Lauzacco) per il periodo dal 01/01/2009 al 31/12/2018 (frequenza acquisizione dato pluviometrico ogni 30 minuti), mentre per il bacino di Remanzacco sono stati utilizzati i dati pluviometrici della stazione meteorologica di Cerneglons (situata a 1,75 km a sud dal depuratore di Remanzacco) per il periodo dal 01/01/2009 al 31/12/2018 (frequenza acquisizione dato pluviometrico ogni 30 minuti). In Figura 7 (a pagina seguente) si riportano i valori di precipitazione cumulata annua (mm) registrati presso le stazioni meteo di Pavia di Udine e di Cerneglons nel decennio 2009 – 2018.

Considerando il periodo di simulazione particolarmente esteso, il tempo computazionale è risultato

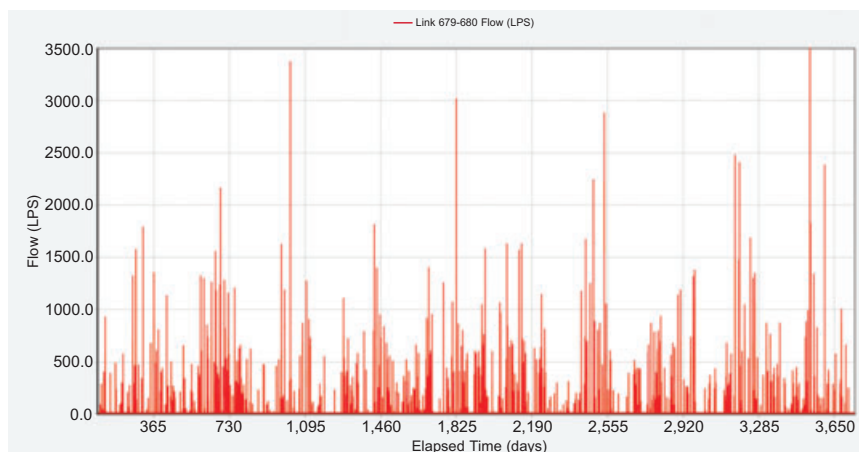


Figura 6 – Idrogramma delle portate simulate (Q_{sim}) per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM presso la sezione di chiusura della rete fognaria a servizio della frazione di Lauzacco per il periodo dal 01/01/2009 al 31/12/2018 (in ascissa sono riportati i giorni progressivi di simulazione ed in ordinata i valori di portata simulati)

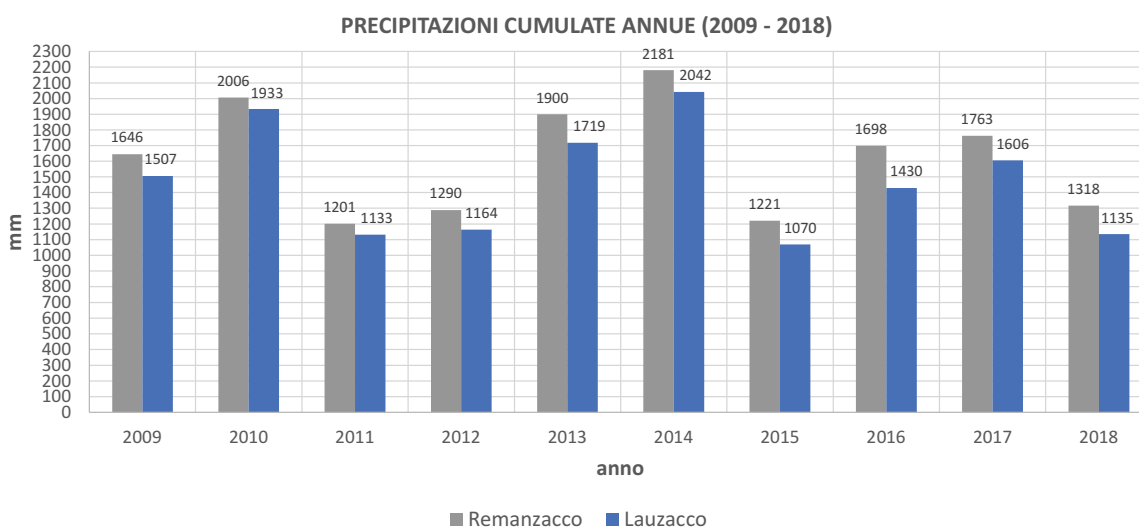


Figura 7 – Valori di precipitazione cumulata annua (mm) relativi al bacino di Remanzacco (pluviometro di riferimento: stazione meteo di Cerneglons) e di Lauzacco (pluviometro di riferimento: stazione meteo di Pavia di Udine) per il decennio 2009 – 2018

essere elevato (20 ore per il modello numerico relativo alla rete fognaria di Lauzacco e 50 ore per quello di Remanzacco, utilizzando l’opzione di calcolo di tipo parallelo ed un processore Quad – Core a 1,8 Ghz).

3. RISULTATI OTTENUTI DALLE SIMULAZIONI NUMERICHE

Per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM è stato possibile simulare in continuo per il decennio 2009 – 2018 gli idrogrammi delle portate in ingresso agli impianti di depurazione delle reti fognarie di Lauzacco e Remanzacco ed ottenere la base di dati necessaria per elaborare statistiche re-

lative sia alla persistenza in termini temporali di valori di portata compresi in un determinato intervallo, sia ai volumi direttamente immessi nel corpo idrico ricettore in funzione delle soglie di sfioro che regolano l’ingresso ai differenti comparti depurativi sulla base delle prescrizioni riportate nelle Norme di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA) della Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia. In particolare, sulla scorta di quanto prescritto nell’Art. 21, comma 4 (cfr. Paragrafo 1.1) è stata effettuata un’analisi sulla significatività, in termini di ore di funzionamento e di volumi trattati, di un pretrattamento – trattamento primario delle acque reflue in ingresso agli impianti di depurazione per valori di portata com-

Tabella 2 – Valori espressi in ore/anno ed in percentuale relativi al funzionamento dei pretrattamenti – trattamenti primari, ovvero numero di ore/anno (e relativa percentuale sul numero di ore totali annue) in cui il valore di portata Q_{sim} alla sezione di chiusura dei sistemi fognari modellati sono comprese tra $2,5Q_m$ e $4Q_m$ (valori ottenuti dal rapporto tra le ore in cui le portate Q_{sim} alla sezione di chiusura del sistema fognario modellato sono comprese tra $2,5Q_m$ e $4Q_m$ e le ore complessive presenti in un anno, ovvero il tempo di simulazione di ciascuna delle annualità considerate)

Anno	Lauzacco		Remanzacco	
	ore	%	ore	%
2009	123 ore	1,4%	193 ore	2,2%
2010	160 ore	1,8%	232 ore	2,6%
2011	87 ore	1,0%	125 ore	1,4%
2012	102 ore	1,2%	167 ore	1,9%
2013	162 ore	1,9%	234 ore	2,6%
2014	177 ore	2,0%	246 ore	2,8%
2015	103 ore	1,2%	154 ore	1,7%
2016	142 ore	1,6%	216 ore	2,5%
2017	124 ore	1,4%	170 ore	1,9%
2018	156 ore	1,8%	220 ore	2,5%
Media	133 ore	1,5%	196 ore	2,2%

presi tra 2,5 e 4 volte la portata media in tempo secco (Q_m). Rapportando per ogni anno la somma degli intervalli temporali durante i quali le portate simulate (Q_{sim}) sono comprese nell'intervallo di portate di interesse ($2,5Q_m < Q_{sim} < 4Q_m$) al tempo di riferimento considerato (l'anno), è stato possibile determinare su base annua la percentuale di ore di funzionamento dei pretrattamenti – trattamenti primari esclusivamente per l'intervallo di portata $2,5Q_m < Q_{sim} < 4Q_m$, ovvero non considerando i casi in cui le portate risultano essere maggiori $4Q_m$ (poiché da questo valore in poi si iniziano a sfiorare direttamente nel copro idrico ricettore acque reflue non trattate). Nel prosieguo si riporta un esempio numerico relativo alla simulazione delle portate in ingresso all'impianto di depurazione di Lauzacco (Q_{sim}) per l'anno 2010 (periodo: 01/01/2010 – 31/12/2010) in modo tale da esplicitare quanto sopra esposto.

- Numero di ore presenti in un anno (tempo di simulazione complessivo in riferimento al periodo considerato): 8760 ore.
- Numero di ore di funzionamento dell'eventuale pretrattamento – trattamento primario (ovvero ore in cui le portate Q_{sim} alla sezione di chiusura del sistema fognario modellato sono comprese tra il valore $2,5Q_m$ e $4Q_m$): 160 ore.

Tabella 3 – Valori percentuali in termini di volume dei reflui inviati al pretrattamento – trattamento primario, ottenuti dal rapporto tra i volumi annui relativi alle portate Q_{sim} comprese tra il valore $2,5Q_m$ e $4Q_m$ ed i volumi totali annui generati dai due bacini urbani oggetto di studio

Anno	Lauzacco	Remanzacco
2009	0,9%	1,2%
2010	1,0%	1,2%
2011	0,8%	1,0%
2012	1,0%	1,3%
2013	1,1%	1,3%
2014	1,1%	1,2%
2015	1,0%	1,2%
2016	1,1%	1,3%
2017	0,9%	1,0%
2018	1,6%	1,7%
Media	1,1%	1,2%

- Rapporto ore funzionamento rispetto le ore presenti in un anno: $160/8760 = 0,018 = 1,8\%$.

Questo procedimento è stato applicato per entrambi i sistemi fognari oggetto di studio per il periodo 2009 – 2018 ed i risultati sono riassunti in Tabella 2.

In analogia con la metodologia precedentemente esposta, è stato calcolato il rapporto tra il volume annuo di refluo sottoposto esclusivamente ai pretrattamenti – trattamenti (ovvero il volume generato dai valori di portata Q_{sim} compresi tra $2,5Q_m$ e $4Q_m$) ed il volume annuo totale transitante presso la sezione di chiusura delle reti fognarie in esame, in modo tale da valutare la significatività anche in termini di volume dei pretrattamenti – trattamenti primari. Analogamente a quanto effettuato in precedenza, si riporta un esempio numerico relativo al sistema fognario di Lauzacco per l'anno 2010 (periodo: 01/01/2010 – 31/12/2010).

- Volume totale transitante in un anno alla sezione di chiusura del sistema fognario a servizio della frazione di Lauzacco: 457803 m^3 .
- Volume trattato dall'eventuale pretrattamento – trattamento primario (ovvero volumi compresi tra il valore $2,5Q_m$ e $4Q_m$): 4566 m^3 .
- Rapporto volume trattato e volume totale: $4566/457803 = 0,0099 \approx 1,0\%$.

Questo procedimento è stato applicato per entrambi i sistemi fognari oggetto di studio per il periodo 2009 – 2018 ed i risultati sono riassunti in Tabella 3.

Le analisi precedentemente esposte hanno rapportato in termini di tempo e di volume l'intervallo di

Tabella 4 – Valori in termini di m³/anno dei deflussi simulati sfiorati presso lo scaricatore di piena a servizio del depuratore della rete fognaria della frazione di Lauzacco nel caso in cui le portate di sfioro risultino essere rispettivamente maggiori di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m e relativo aumento dei volumi sfiorati (ΔV_{x-x})

Anno	Q _{sfioro} > 2Q _m	Q _{sfioro} > 2,5Q _m	Q _{sfioro} > 3Q _m	Q _{sfioro} > 4Q _m	ΔV _{2,3}	ΔV _{2,5-4}
2009	298739 m ³	297228 m ³	295977 m ³	293725 m ³	2761 m ³ (+0,9%)	3503 m ³ (+1,2%)
2010	388070 m ³	386201 m ³	384579 m ³	381634 m ³	3491 m ³ (+0,9%)	4567 m ³ (+1,2%)
2011	223750 m ³	222805 m ³	221897 m ³	220341 m ³	1853 m ³ (+0,8%)	2464 m ³ (+1,1%)
2012	223488 m ³	222272 m ³	221227 m ³	219373 m ³	2261 m ³ (+1,0%)	2899 m ³ (+1,3%)
2013	334978 m ³	332963 m ³	331353 m ³	328327 m ³	3625 m ³ (+1,1%)	4636 m ³ (+1,4%)
2014	409884 m ³	407942 m ³	406085 m ³	402899 m ³	3799 m ³ (+0,9%)	5043 m ³ (+1,3%)
2015	203947 m ³	202706 m ³	201571 m ³	199811 m ³	2375 m ³ (+1,2%)	2895 m ³ (+1,4%)
2016	279269 m ³	277676 m ³	276164 m ³	273665 m ³	3105 m ³ (+1,1%)	4011 m ³ (+1,5%)
2017	327912 m ³	326545 m ³	325298 m ³	323015 m ³	2614 m ³ (+0,8%)	3529 m ³ (+1,1%)
2018	201334 m ³	199623 m ³	197924 m ³	195222 m ³	3410 m ³ (+1,7%)	4401 m ³ (+2,3%)
Media					+1,1%	+1,4%

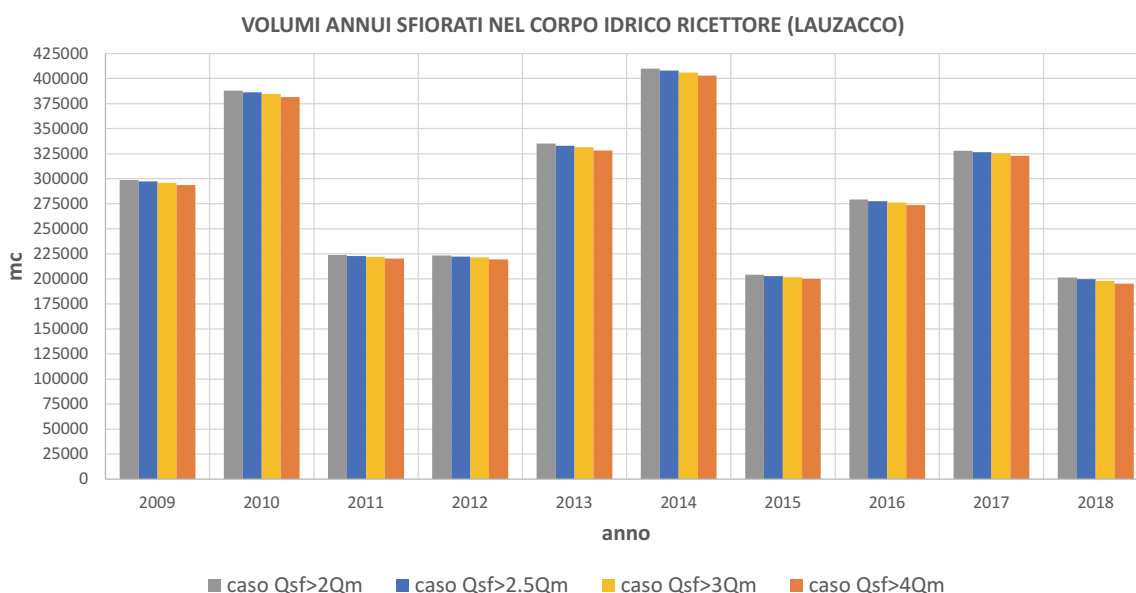


Figura 8 – Confronto relativo ai m³/anno di acque non trattate immesse nel corpo idrico ricettore in coincidenza del manufatto di sfioro a servizio dell'impianto di depurazione di Lauzacco nel caso in cui la soglia di sfioro si attivi per portate simulate in ingresso rispettivamente maggiori di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m

portata di interesse ($2,5Q_m < Q_{sim} < 4Q_m$) rispettivamente alla durata annua di ogni singola simulazione ed ai volumi totali annui dei deflussi generati da ognuno dei singoli bacini urbani. Focalizzando invece l'attenzione esclusivamente ai valori di portata superiori rispettivamente a $2,5Q_m$ e $4Q_m$, è stato possibile effettuare un confronto finalizzato alla valutazione dei volumi sfiorati presso l'ultimo scaricatore di piena a servizio dei rispettivi impianti di depurazione al fine di quantificare il maggiore quantitativo di reflujo non soggetto ad alcun pretrattamento – trattamento primario, e quindi immesso direttamente nel corpo

idrico ricettore, qualora la soglia di sfioro entri in funzione per valori di portata superiori a $2,5Q_m$ anziché $4Q_m$ (vale a dire nel caso di interruzione dei pretrattamenti – trattamenti primari per portate superiori a $2,5Q_m$). Al fine di effettuare un confronto anche con le altre normative regionali, è stata eseguita la medesima analisi utilizzando i valori prescritti dalle Norme Tecniche di Attuazione del Piano di Tutela delle Acque (art. 33 – comma 1, 2) della confinante Regione Veneto, ovvero $2Q_m$ e $3Q_m$ in luogo di $2,5Q_m$ e $4Q_m$. Tale confronto ha consentito quindi di quantificare, a parità di condizioni ovvero di bacino urbano, le differenze nei

Tabella 5 – Valori in termini di m³/anno dei deflussi simulati sfiorati presso lo scaricatore di piena a servizio del depuratore della rete fognaria di Remanzacco nel caso in cui le portate di sfioro risultino essere rispettivamente maggiori di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m e relativo aumento dei volumi sfiorati (ΔV_{x-x})

Anno	Q _{sfioro} >2Q _m	Q _{sfioro} >2,5Q _m	Q _{sfioro} >3Q _m	Q _{sfioro} >4Q _m	ΔV _{2,3}	ΔV _{2,5-4}
2009	932381 m ³	926846 m ³	922055 m ³	913640 m ³	10326 m ³ (+1,1%)	13205 m ³ (+1,4%)
2010	1134136 m ³	1127929 m ³	1122480 m ³	1112032 m ³	11656 m ³ (+1,0%)	15897 m ³ (+1,4%)
2011	671833 m ³	667803 m ³	664615 m ³	659325 m ³	7218 m ³ (+1,1%)	8478 m ³ (+1,3%)
2012	718298 m ³	713545 m ³	709398 m ³	702157 m ³	8900 m ³ (+1,2%)	11388 m ³ (+1,6%)
2013	1051094 m ³	1043820 m ³	1038066 m ³	1027851 m ³	13028 m ³ (+1,2%)	15969 m ³ (+1,5%)
2014	1228395 m ³	1221210 m ³	1215216 m ³	1204339 m ³	13179 m ³ (+1,1%)	16871 m ³ (+1,4%)
2015	671276 m ³	666527 m ³	662548 m ³	656106 m ³	8728 m ³ (+1,3%)	10421 m ³ (+1,6%)
2016	947991 m ³	942068 m ³	937084 m ³	927215 m ³	10907 m ³ (+1,2%)	14853 m ³ (+1,6%)
2017	977661 m ³	972616 m ³	968458 m ³	961044 m ³	9203 m ³ (+0,9%)	11572 m ³ (+1,2%)
2018	726292 m ³	719890 m ³	714319 m ³	704905 m ³	11974 m ³ (+1,7%)	14985 m ³ (+2,1%)
Media					+1,2%	+1,5%

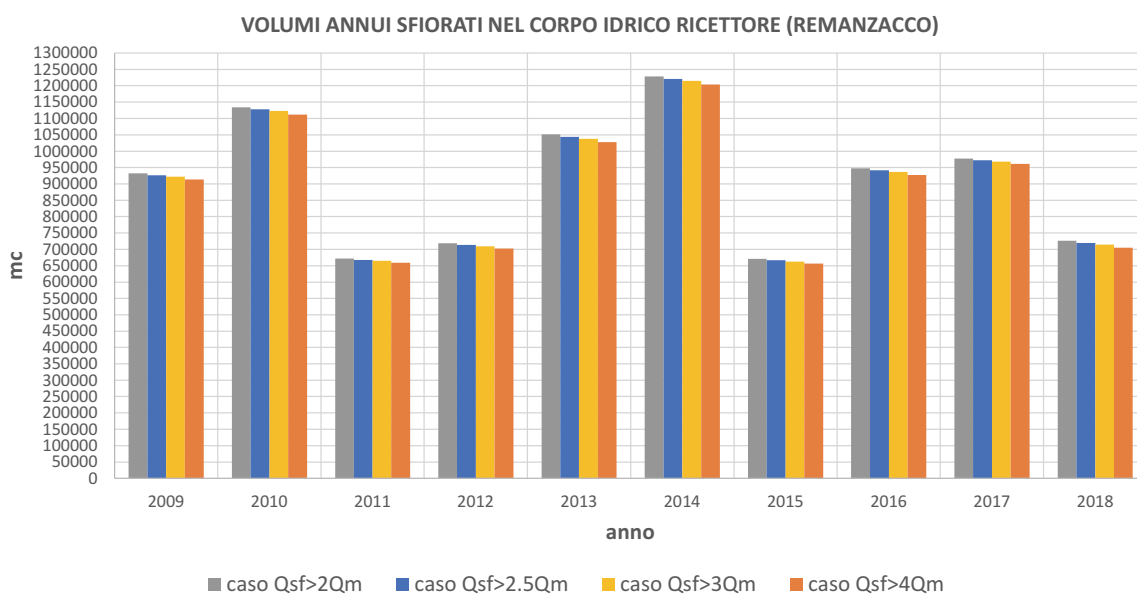


Figura 9 – Confronto relativo ai m³/anno di acque non trattate immesse nel corpo idrico ricettore in coincidenza del manufatto di sfioro a servizio dell’impianto di depurazione di Remanzacco nel caso in cui la soglia di sfioro si attivi per portate simulate in ingresso rispettivamente maggiori di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m

risultati ottenuti in funzione delle differenti normative regionali di riferimento. In Tabella 4 ed in Tabella 5 (a pagina seguente) si riportano i valori dei deflussi simulati sfiorati (m³/anno), periodo 2009 – 2018, presso lo scaricatore di piena a servizio del depuratore della rete fognaria della frazione di Lauzacco e di Remanzacco nel caso in cui le portate di inizio sfioro risultino essere rispettivamente maggiori di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m. Con la notazione ΔV_{2,5-4} è da intendersi l’aumento dei volumi sfiorati, e quindi direttamente immessi nel corpo idrico ricettore, nel caso di portate di inizio sfioro di 2,5 Q_m in luogo di 4Q_m, men-

tre con la notazione ΔV_{2,3} è da intendersi l’aumento dei volumi sfiorati, e quindi direttamente immessi nel corpo idrico ricettore, nel caso di portate di inizio sfioro di 2Q_m in luogo di 3Q_m. In Figura 8 ed in Figura 9 sono illustrati in forma di grafico i confronti relativi ai metri cubi annui simulati di acque non trattate ed immesse direttamente nel corpo idrico ricettore in coincidenza del manufatto di sfioro a servizio dell’impianto di depurazione di Lauzacco e di Remanzacco, per il periodo 2009 – 2018, nel caso in cui la soglia di sfioro si attivi per portate in ingresso rispettivamente di 2Q_m, 2,5Q_m, 3Q_m e 4Q_m.

4. DISCUSSIONE DEI RISULTATI OTTENUTI

Analizzando i dati riportati in Tabella 2 si evince come nel periodo 2009 – 2018 le simulazioni eseguite per mezzo del codice di calcolo EPA – SWMM hanno stimato che la media di ore/anno in cui i valori di portata in ingresso agli impianti di depurazione di Lauzacco e Remanzacco sono compresi tra $2,5Q_m$ e $4Q_m$ ($2,5Q_m < Q_{sim} < 4Q_m$) risulta essere rispettivamente di 133 ore (1,5% delle ore totali annue) e 196 ore (2,2% delle ore totali annue). La Tabella 3 ha riportato invece il rapporto, espresso in termini percentuali, tra i volumi annui di refluo generati da valori di portata Q_{sim} compresi tra $2,5Q_m$ e $4Q_m$ ($2,5Q_m < Q_{sim} < 4Q_m$) ed il volume totale annuo transitante presso la sezione di chiusura delle reti fognarie oggetto di modellazione numerica; la media di tali valori per il periodo 2009 – 2018 si attesta a 1,1% per la rete fognaria di Lauzacco e 1,2% per la rete fognaria di Remanzacco. Dall'analisi congiunta dei dati riportati in Tabella 2 e Tabella 3 è stato dunque possibile ottenere utili informazioni relative alla significatività, in termini di volume annuo trattato e di ore funzionamento annuo, dei pretrattamenti – trattamenti primari in ingresso agli impianti di depurazione, alla luce anche dei costi necessari per la loro realizzazione e soprattutto gestione da parte dell'Ente competente.

Nella Tabella 4 e Tabella 5 si riportano i valori relativi al confronto finalizzato alla valutazione dei volumi sfiorati simulati per il periodo 2009 – 2018 presso l'ultimo scaricatore di piena a servizio dei rispettivi impianti di depurazione in modo tale da quantificare il maggiore quantitativo di refluo non soggetto ad alcun pretrattamento – trattamento primario, e quindi direttamente immesso nel corpo idrico ricettore, qualora la soglia di sfioro si attivi per valori di portata superiori rispettivamente a $2Q_m$ anziché $3Q_m$ e $2,5Q_m$ anziché $4Q_m$.

In particolare, dall'analisi della Tabella 4 e della Tabella 5 si evince come nel caso di una eventuale esclusione dei processi di pretrattamento – trattamento primario delle acque reflue in ingresso agli impianti di depurazione per valori di portata compresa tra 2,5 e 4 volte la portata media in tempo secco (Q_m), ovvero ammettendo l'attivazione dello sfioro per valori di portata $Q_{sim} > 2,5Q_m$, si assisterebbe ad un aumento medio delle acque reflue non trattate e quindi immesse direttamente nel corpo idrico ricettore, pari a circa +1,4% per il bacino urbano di Lauzac-

co e +1,5% per il bacino urbano di Remanzacco; escludendo invece dai processi di pretrattamento – trattamento primario delle acque reflue in ingresso agli impianti di depurazione valori di portata compresa tra 2 e 3 volte la portata media in tempo secco (Q_m), ovvero ammettendo l'attivazione dello sfioro per valori di portata $Q_{sim} > 2Q_m$, si otterrebbe un aumento medio delle acque reflue non trattate pari a circa il +1,1% per il bacino urbano di Lauzacco e +1,2% per il bacino urbano di Remanzacco. I valori percentuali ottenuti dal caso $2Q_m$ e $3Q_m$ risultano essere inferiori rispetto al caso $2,5Q_m$ e $4Q_m$ anche se è doveroso sottolineare come essi non debbano essere confrontati in modo assoluto ma al contrario considerati in modo indipendente ed esclusivamente per quantificare i potenziali volumi esclusi dai processi di pretrattamento – trattamento primario sulla base delle differenti soglie di sfioro prescritte dalle due normative regionali analizzate e confrontate. I dati riportati in Tabella 4 e Tabella 5 possono essere altresì utilizzati per effettuare un confronto relativo ai potenziali volumi annui di acque reflue direttamente immessi nel corpo idrico ricettore sulla base dei valori di portata di attivazione della soglia di sfioro, ovvero $2Q_m$, $2,5Q_m$, $3Q_m$ e $4Q_m$. Considerando come in occasione di eventi meteorici, anche di moderata intensità, le portate generate dai bacini urbani di Lauzacco e Remanzacco risultano essere multiple di decine di volte rispetto il valore di portata media in tempo secco (Q_m), si evince come ammettendo anche il raddoppio del valore di portata di attivazione della soglia di sfioro (ad esempio da $2Q_m$ a $4Q_m$) i volumi annui sversati nel corpo idrico ricettore evidentemente non si dimezzano ma al contrario subiscono una riduzione estremamente modesta quantificabile in qualche punto percentuale.

5. CONCLUSIONI

In questo lavoro è stato affrontato il problema della valutazione e previsione dei comportamenti dinamici dell'effluente sfiorato da fognature di tipo unitario (misto), presso le due piccole realtà territoriali di Lauzacco e Remanzacco.

L'utilizzo del codice di calcolo EPA – SWMM ha consentito di simulare per il decennio 2009 – 2018 gli idrogrammi delle portate in ingresso agli impianti di depurazione delle reti fognarie ed ottenere quindi la base di dati necessaria per elaborare statistiche relative sia alla persistenza in termini

temporali di valori di portata compresi in un determinato intervallo, sia ai volumi direttamente immessi nel corpo idrico ricettore in funzione delle soglie di sfioro che regolano l'ingresso ai differenti comparti depurativi, sulla base delle prescrizioni riportate nelle Norme di Attuazione del Piano Regionale di Tutela delle Acque (PRTA) della Regione Autonoma Friuli – Venezia Giulia. I risultati forniti dalle simulazioni numeriche hanno quindi consentito di ottenere concretamente dati, altrimenti non quantificabili direttamente, che risultano essere di notevole importanza al fine di valutare, da una parte la significatività dei pretrattamenti – trattamenti primari in ingresso agli impianti di depurazione, dall'altra l'impatto dei volumi di acque reflue direttamente immesse nel corpo idrico ricettore, in funzione delle differenti portate di attivazione della soglia di sfioro, ovvero $2Q_m$, $2,5Q_m$, $3Q_m$ e $4Q_m$.

Alla luce dell'esperienza maturata, si ritiene particolarmente utile e raccomandabile l'impiego del codice di calcolo EPA – SWMM, in quanto consente di simulare con estremo dettaglio e su orizzonte temporale pluriennale i vari processi di trasformazione afflussi – deflussi che avvengono a scala di bacino urbano, permettendo di affrontare in modo efficace i problemi progettuali e di gestione dei sistemi di drenaggio urbano. Questo modo procedurale consente anche di svincolarsi dalle tradizionali ipotesi semplificative alle quali i classici metodi di analisi sono soggetti. Lo sviluppo e l'utilizzo di modelli numerici di simulazione permette di potersi avvalere di uno strumento operativo valido, come supporto decisionale a futuri interventi strutturali e di pianificazione a scala di bacino urbano. Risulta altresì evidente che le considerazioni quantitative eseguite nel caso studio, possono essere estese, con opportune campagne di monitoraggio, alle valutazioni qualitative su uno o più parametri, al fine di garantire il complessivo controllo quali – quantitativo dei deflussi, in un'ottica di pianificazione territoriale di tipo ottimale e salvaguardia della risorsa idrica.

6. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Rossman L.A., Huber W.C. (2016) Storm Water Management Model Reference Manual Volume I – Hydrology. Office of Research and Development, National Risk Management Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati (USA).
- Rossman L.A. (2017) Storm Water Management Model Reference Manual Volume II – Hydraulics. Office of Research and Development, National Risk Management Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati (USA).
- Rossman L.A. (2017) Storm Water Management Model Reference Manual Volume III – Water Quality. Office of Research and Development, National Risk Management Laboratory, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati (USA).
- Regione Abruzzo (2010) Il Piano di Tutela delle Acque, Relazione Generale e Quadro Programmatico.
- Regione Basilicata (2018) Norme Tecniche di Attuazione – Piano Regionale di Tutela della Acque.
- Regione Calabria (1997) Legge 3 ottobre 1997, n. 10 recante: Norme in materia di valorizzazione e razionale utilizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento. Delimitazione degli ambiti territoriali ottimali (A.T.O.) per la gestione del servizio idrico integrato.
- Regione Emilia-Romagna (2005) Direttiva concernente gli indirizzi per la gestione delle acque di prima pioggia e di lavaggio da aree esterne, Protocollo n. SSR/05/10895.
- Regione Friuli – Venezia Giulia (2018) Piano Regionale di Tutela della Acque (PRTA) – Norme Tecniche di Attuazione.
- Regione Lazio (2018) Norme Tecniche di Attuazione – Piano di Tutela delle Acque (aggiornamento).
- Regione Liguria (1995) Legge regionale 16 agosto 1995, n. 43 – Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento.
- Regione Lombardia (2019) Regolamento Regionale 29 marzo 2019, n. 6.
- Regione Marche (2010) Piano di Tutela delle Acque – Norme Tecniche di Attuazione.
- Regione Molise (2019) Piano di Tutela della Acque – Norme Tecniche.
- Regione Piemonte (2008) Decreto Presidente Giunta Regionale 16 dicembre 2008 n. 17/R – Allegato B.
- Regione Puglia (2017) Deliberazione della Giunta Regionale n. 248 del 28/02/2017 – Disposizioni in materia di reti di fognatura, di impianti di depurazione delle acque reflue urbane e dei loro scarichi a servizio degli agglomerati urbani.
- Regione Sardegna (2008) Direttiva in materia di Disciplina regionale degli scarichi – Deliberazione n. 69/25 del 10/12/2008.
- Regione Sicilia (1986) Disciplina degli scarichi delle pubbliche fognature e degli scarichi degli insediamenti civili che non recapitano nelle pubbliche fognature e modifiche alla legge regionale 18 giugno 1977, n. 39 e successive modificazioni ed integrazioni.
- Regione Toscana (2006) Legge regionale 31 maggio 2006, n. 20, Norme per la tutela delle acque dall'inquinamento.
- Provincia Autonoma di Trento (1987) Deliberazione Giunta Provinciale 12 giugno 1987, n. 5460, art. 4 – Scaricatori di piena.
- Regione Umbria (2019) Deliberazione della Giunta Regionale 7 maggio 2019, n. 627 – Direttiva Tecnica in materia di scarichi acque reflue.
- Regione Veneto (2018) Norme Tecniche di Attuazione – Piano di Tutela delle Acque.



INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2021 è sostenuta da:

