



UNIVERSITÀ POLITECNICA DELLE MARCHE

FACOLTÀ DI INGEGNERIA

Corso di Laurea Triennale in Ingegneria Civile e Ambientale

**Impatti qualitativi e quantitativi dei sovralfussi di piena:
caratterizzazioni chimico-fisiche e calibrazioni modellistiche.**

**Qualitative and quantitative impacts of flood overflows:
chemical-physical characterizations and modeling calibrations.**

Relatore:
Prof.ssa Ing. Anna Laura Eusebi

Tesi di Laurea di:
Luana Smarrelli

Correlatori
Prof. Ing. Francesco Fatone
Prof.ssa Ing. Giovanna Darvini

Anno Accademico 2019/2020

INDICE

Introduzione	2
Capitolo 1: Normativa e stato dell'arte.....	5
1.1 Normativa di riferimento	5
1.1.1 Normativa comunitaria.....	5
1.1.2 Normativa nazionale.....	6
1.1.3 Normativa regionale.....	7
Capitolo 2: Materiali e metodi.....	10
2.1 Campionamenti.....	10
2.2 Controlli analitici.....	15
2.3 Analisi contributi di portata.....	25
Capitolo 3: Risultati.....	30
3.1 Caratterizzazione chimico-fisica dell'influente e dei punti della rete fognaria	30
3.2 Bilancio di massa della rete.....	39
Conclusioni.....	44
Bibliografia e Sitografia.....	45
Ringraziamenti.....	46

INTRODUZIONE

L'obiettivo di questa tesi è la trattazione della problematica derivante dalla raccolta delle acque provenienti dagli scarichi domestici, oltre che all'acqua piovana che scorre successivamente ad un evento meteorico. Questa raccolta avviene attraverso un sistema ben costruito che raccoglie e convoglia acque reflue, e a volte l'acqua piovana, in un impianto di trattamento. Alcuni sistemi distinguono le acque meteoriche dalle acque reflue (rete separata) altri sistemi, invece, le combinano (rete mista).

Uno degli argomenti, che viene anche trattato da questa tesi, riguarda principalmente le reti miste, in quanto, in tempo di pioggia possono comportare un brusco ed imponente aumento delle portate, da qui, infatti, si introduce la necessità di "scolmare" nel corso d'acqua ricevente le portate in eccesso (combined sewer overflow - CSO).

Gli scarichi dei CSO a volte hanno un impatto negativo sullo stato dei corpi idrici, questo perché una grande quantità di inquinanti, seppur contenuti in una portata abbastanza diluita, raggiunge i fiumi senza alcun trattamento, anche dove esiste un depuratore funzionante e sufficiente per il carico medio.

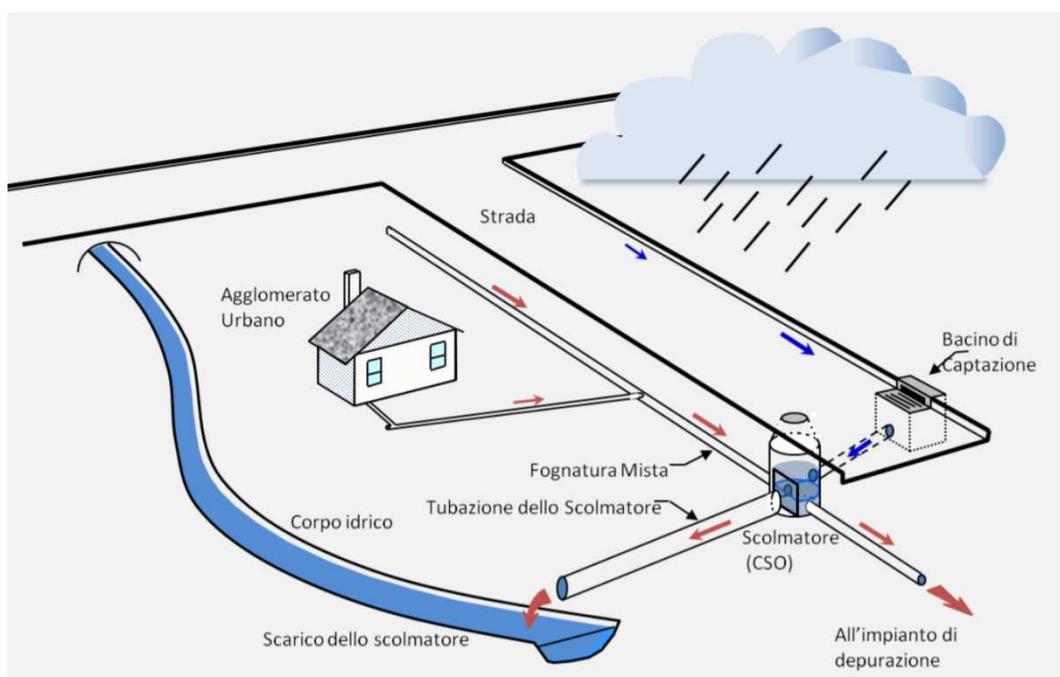


Figura 1: Funzionamento di un CSO

Come sistema fognario di riferimento, è stato preso in esame la rete di Grottammare, nello specifico sono stati effettuati dei prelievi all'ingresso del depuratore San Leonardo e lungo i tre contributi della rete, convogliati nel depuratore stesso (IS1, IS4 e IS3).

Partendo da uno studio a livello normativo, per poi passare ad un'analisi quali-quantitativa dei vari flussi che transitano nella rete, lo scopo finale è stato quello di ottenere i parametri necessari per la costruzione di un modello idraulico, da utilizzare in determinati programmi di modellazione.

CAPITOLO 1

NORMATIVA E STATO DELL'ARTE

1.1 Normativa di riferimento

L'attivazione degli scaricatori di piena rappresenta un problema per la qualità delle acque, con ripercussioni negative sulla balneabilità nelle zone costiere. Questa tematica viene trattata a livello comunitario, nazionale e regionale.

1.1.1 Normativa comunitaria

A livello comunitario ci si può riferire alla federazione europea delle associazioni nazionali, chiamata Eureau (European Federation of National Associations of Water Services). Questa, com'è facile intuire riguarda l'unione di associazioni nazionali di servizi idrici.

L' Eureau ha affrontato la tematica relativa ai CSO facenti parte dei normali sistemi di fognatura combinata, identificando le direttive europee che fanno riferimento a questi ultimi:

- Urban Waste Water Treatment Directive 91/271/ECC (UWWTD): l'obiettivo durante la progettazione, costruzione e gestione del sistema di collettamento è quello di limitare l'inquinamento nei corpi idrici a a seguito della messa in opera degli scolmatori. In oltre, è compito degli stati membri stabilire i limiti degli scaricatori, basandosi o su rapporti di diluizione oppure sulla frequenza degli sfiori annuali.
- Water Framework Directive 2000/60/EC (WFD): direttiva quadro, il cui obiettivo prevedeva di arrivare al 2015 con uno stato di qualità delle acque buono.
- Bathing Water Directive 2006/7/EC (BWD): riguarda le acque di balneazione dicendo che esse sono influenzate dai CSO che provocano eventi di inquinamento di circa 72 ore.

1.1.2 Normativa nazionale

A livello nazionale, per quanto riguarda la normativa, possiamo riferirci all'ARERA (Autorità di Regolazione per Energia, Reti e Ambiente). Questa, risulta essere un' autorità amministrativa indipendente della Repubblica Italiana con il compito di favorire lo sviluppo di mercati concorrenziali, precedentemente solo per filiere elettriche e del gas naturale, successivamente esteso, nel 2017, anche alle acque potabili. L'ARERA venne istituito con la legge del 14 novembre 1995, n. 481 e le delibere emanate da questo organismo hanno fornito e forniscono ad oggi, i principi guida sui quali si basano i PTA delle varie regioni.

Per la fognatura è stato individuato, facendo riferimento al documento 562/2017/R/IDR, un indicatore per la tutela dell'ambiente, chiamato "Adeguatezza normativa degli scaricatori di piena" e indicato con la sigla M4, dovuto all'impatto sull'ambiente del mancato adeguamento degli scaricatori di piena, suggerendo l'implementazione nel breve termine, con percorsi di miglioramento annuali.

L'allegato A, della delibera 917/2017/R/IDR specifica invece, che l'adeguatezza normativa dello scolmatore deve rispettare le disposizioni dei Piani di Tutela delle Acque oppure degli specifici regolamenti regionali. L'adeguatezza stessa è determinata dall'incidenza degli scolmatori che "non risultano proporzionati per attivarsi esclusivamente in corrispondenza di una portata di inizio sfioro superiore alla portata di acqua nera diluita, da trattare nel depuratore" e "non risultano dotati delle predisposizioni necessarie a trattenere i solidi sospesi, ove previsto".

1.1.3 Normativa regionale

Nell'ambito regionale per quanto riguarda la normativa, possiamo riferirci al PTA, o meglio, Piano di Tutela delle Acque. Il PTA, non è altro che uno strumento di pianificazione, appunto a livello regionale, con lo scopo di prevedere gli interventi sul territorio. Il fine è quello di conseguire gli interventi di qualità dei corpi idrici e la tutela quali-quantitativa della risorsa idrica, garantendo un approvvigionamento idrico sostenibile nel lungo periodo. Gli obiettivi sono perseguiti attraverso misure ed interventi adottati e previsti per ogni ciclo di pianificazione (sessennale).

PTA- Regione Marche

L'Assemblea legislativa regionale delle Marche ha approvato il Piano di Tutela delle Acque (PTA) con delibera DACR n.145 del 26/01/2010. La pubblicazione è avvenuta con il supplemento n. 1 al B.U.R. n. 20 del 26/02/2010. Tra i documenti appartenenti al PTA possiamo individuare una parte definita "Relazione di Piano", divisa in diverse sezioni.

La sezione di nostro interesse risulta essere infatti la "D", riguardante le "Norme Tecniche di Attuazione" che negli anni hanno subito degli aggiornamenti. Le NTA sono suddivise in sette capi, ma l'analisi normativa riguardante gli scaricatori di piena si focalizza sul Capo IV, il quale tratta principalmente le misure di tutela qualitativa.

All'interno del Capo IV possiamo trovare degli articoli correlati alla tematica degli scaricatori di piena, come:

- **Art.36: Scarichi in 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"*.

Nel caso questo non si possa verificare, ci si riferisce al Comma 2 che cita *“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”*.

Se l'autorità competente rilascia l'autorizzazione, lo scarico si può effettuare anche a distanze inferiori a causa *“dell'impossibilità tecnica o dell'eccessiva onerosità”*.

- **Art. 41: Reti fognarie**

Questo articolo tratta principalmente le diverse tipologie di fognature, nel caso queste fossero di tipo misto, nel Comma 4 viene dichiarato che *“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”*.

Nel caso, invece, di fognatura separata, interviene il Comma 5 che cita *“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”*.

Per quanto riguarda invece le fognature esistenti impossibili da separare, interviene il Comma 6 *“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**

Questo articolo tratta l'argomento delle destinazioni finali che queste acque devono avere, infatti ad esempio, al Comma 1 viene dichiarato che le *“acque di lavaggio delle aree esterne adibite ad attività produttive o di servizi”* vanno trattate in impianti idonei.

Viene previsto un collettamento anche per le acque meteoriche di dilavamento, ma in particolare *“la loro frazione di prima pioggia deve anche essere opportunamente trattata in idonei impianti”*. Entrambe le acque sia

di dilavamento che meteoriche *“sono sottoposte alla disciplina delle acque reflue industriali.”*

Per le acque di prima pioggia che non rientrano nella casistica del Comma 1, viene affermato nel Comma 6 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.”*

- **Art. 43: Reti fognarie miste, acque di prima pioggia e sfioratori di piena delle reti fognarie miste**

Gli scaricatori di piena devono essere autorizzati allo scarico, così come riportato al Comma 1, *“previa la necessaria verifica degli standard costruttivi e delle condizioni di funzionamento”*

Le indicazioni per la realizzazione di nuovi scolmatori, invece, vengono descritte dal Comma 5, al quale si può fare riferimento e che cita *“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.”*

Al Comma 6 si afferma che per le reti fognarie miste esistenti, gli scaricatori devono essere adeguati alle norme del d.p.c.m. 4 marzo 1996 *“Disposizioni in materia di risorse idriche”*.

CAPITOLO 2

MATERIALI E METODI

2.1 Campionamenti

L'analisi qualitativa dei flussi che transitano in rete è stata svolta grazie a campionamenti effettuati lungo la rete fognaria. Il numero di campioni prelevati per volta è stato pari a sei, con una frequenza mensile, più elevata nel periodo estivo per individuare le variazioni dovute alla stagione turistica:

GROTTAMMARE					
	28/07/2020	04/08/2020	27/08/2020	01/10/2020	03/11/2020
ISTANTANEO	X	X	X	X	X
MEDIO 24H	X	X	X	X	X
V193	X	X	X	X	X
V81	X	X	X	X	X
S4	X	X	X	X	X
S2	X	X	X	X	X

Figura 2: date campionamenti

I campioni di acqua reflua sono stati prelevati con appositi contenitori:

- Contenitori sterili di vetro da 1 litro per la raccolta di campioni sui quali effettuare i macroinquinanti di interesse.
- Contenitori in plastica sterili da 500 ml per analisi specifiche degli escherichia coli

La scelta dei punti dove effettuare i prelievi è stata fatta principalmente sulla base dei punti nei quali arriva un numero maggiore di AE e in modo da considerare tutti i contributi in arrivo all'impianto di depurazione.

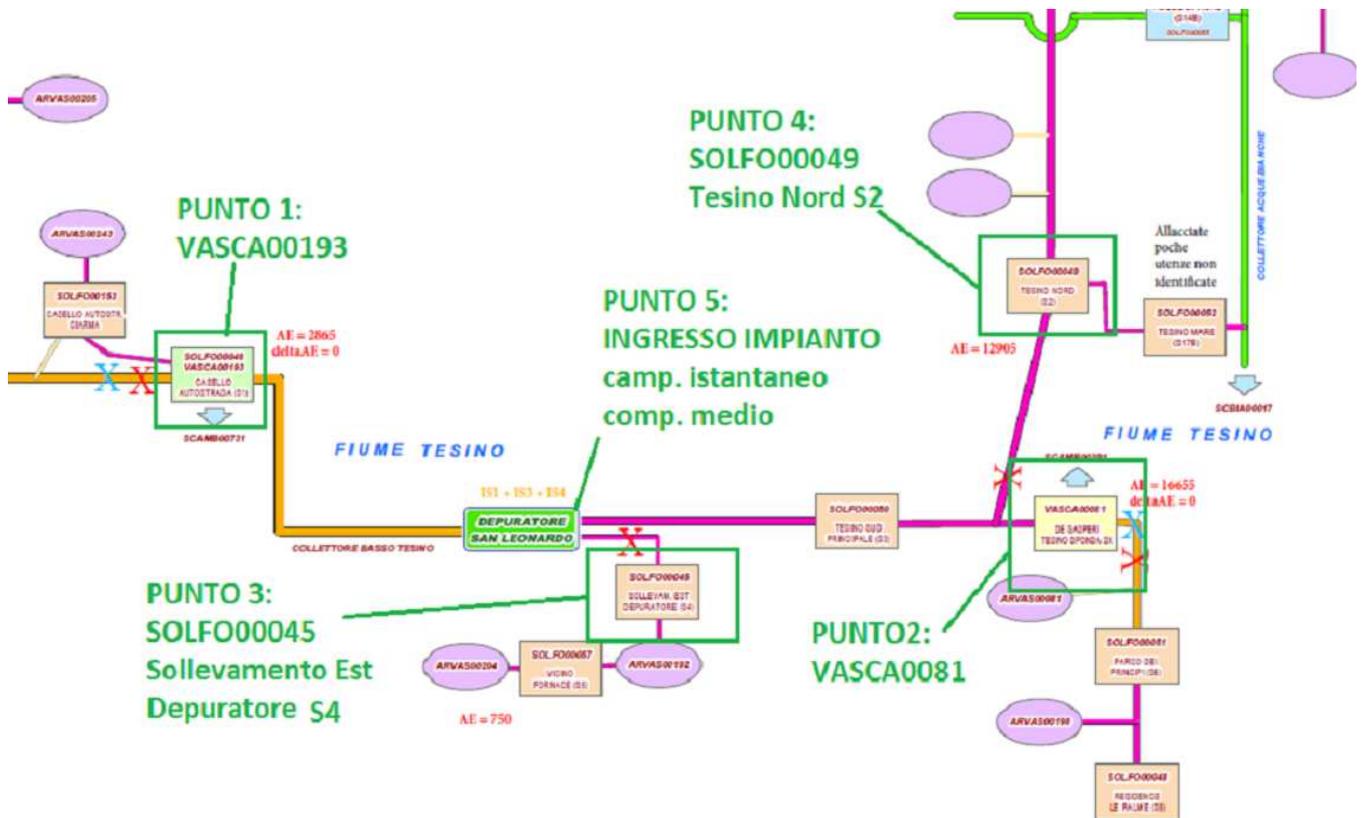


Figura 3: Schema rete Grottammare

Sono state individuate 5 vasche utili al campionamento, quali:

PUNTO 1 (VASCA00193): denominata come “Casello autostrada”. In arrivo in questa vasca contiamo un numero di AE pari a 2865 sulla base delle utenze allacciate.



Figura 4: Foto interno VASCA00193

PUNTO 2 (VASCA0081): A questa, arriva un apporto più elevato di abitanti equivalenti pari a 16655 AE.



Figura 5: Foto del campionamento nella VASCA0081



Figura 6: Foto interna della VASCA0081

PUNTO 3 (SOLFO00045) : chiamato “Sollevamento Est Depuratore (S4)”, questa vasca a differenza delle altre serve un quantitativo di abitanti equivalenti abbastanza ridotto rispetto alle altre, pari a 750 AE.



Figura 7: Foto interna del pozzetto

PUNTO 4 (SOLFO00049): chiamata “Tesino Nord (S2)”, questa vasca presenta una particolarità: IS2 pur essendo una condotta separata da IS9, quando quest’ultima va in pressione finisce su IS2 ed entrambe convogliano verso IS3. Qui si registra un contributo di 12905 AE.



Figura 8: foto interna del pozzetto

PUNTO 5 (INGRESSO IMPIANTO): In ingresso al depuratore San Leonardo di Grottammare sono state svolte altre due tipologie di campionamento: “Campionamento Istantaneo” e “Campione medio a 24 ore”. In ingresso al depuratore arrivano tutti e tre i contributi di IS1 (da Ovest), IS4 (da Est) e IS3 (da Sud)

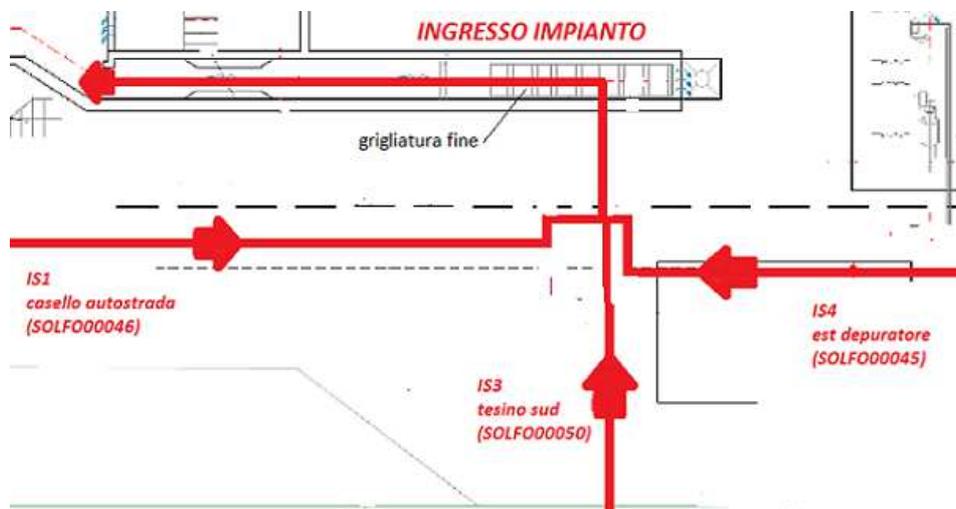


Figura 9: schema ingresso impianto

2.2 Controlli analitici

L'analisi qualitativa delle acque reflue è stata svolta all'interno del laboratorio di Ingegneria Chimica Ambientale e Sanitaria del Dipartimento SIMAU dell'Università Politecnica delle Marche. Si riportano le varie tipologie di analisi effettuate:

pH (Potential of Hydrogen) : è definito come una scala di misura utilizzata per esprimere il carattere acido o basico delle soluzioni:

- un pH uguale a 7 ($\text{pH} = 7$) indica una soluzione neutra
- un pH inferiore a 7 ($\text{pH} < 7$) indica una soluzione acida
- un pH superiore a 7 ($\text{pH} > 7$) indica una soluzione basica

Inoltre rappresenta anche la concentrazione di ioni H^+ presenti nella soluzione e viene definita come:

$$\text{pH} = - \log_{10} [\text{H}^+]$$

La misurazione di questo parametro è stata fatta attraverso l'utilizzo di uno strumento chiamato "Titrino".

Per l'analisi è stato preparato un provino con 50ml di campione versati all'interno di una beuta piccola con un magnete piccolo. Dopodiché il tutto è stato portato al titrino, dove, tramite uno elettrodo di vetro immerso nel liquido e il movimento all'interno del liquido stesso provocato dalle ripetute rotazioni del magnete avrò sul display il valore, una volta che si sarà stabilizzato, del ph.

Alcalinità totale: Con l'alcalinità intendiamo la determinazione di tutte le basi deboli presenti nel refluo, come idrossidi, carbonati e bicarbonati di elementi come calcio, magnesio, sodio, potassio.

Per l'analisi è stata prelevata una quantità di 50 ml di campione e versata in una beuta piccola con magnete piccolo. Dato che l'alcalinità rappresenta la capacità dell'acqua di "resistere" ai cambiamenti indotti del suo pH la sua misurazione è stata effettuata tramite una titolazione con lo stesso strumento utilizzato per il ph, ovvero il titrino.

Lo strumento esegue automaticamente la titolazione del campione dosando una soluzione standard di acido cloridrico (HCl). Una volta noto il volume di HCl impiegato per la titolazione, questo si inserisce nei fogli di calcolo utilizzati, ottenendo così l'alcalinità espressa come mgCaCO_3/l .

Ammoniacca L'azoto ammoniacale è una delle forme presenti nel refluo che vanno a comporre l'azoto totale che insieme al fosforo totale rappresenta il nutriente di maggiore importanza per la crescita biologica.

L'analisi della concentrazione di azoto ammoniacale presente nel refluo è stata effettuata tramite l'utilizzo del distillatore. Come prima cosa è stato versato all'interno di una beuta a bocca larga con magnete grande una quantità di 25 ml di acido bórico e posizionato sotto il tubicino di raccolta del liquido distillato, dopodiché, prelevata una quantità di 50 ml di refluo dal campione, e versata all'interno dei provettoni, questi sono stati posizionati nel vano di distillazione coperto da una protezione in plexiglass.

Programmato il distillatore in modo tale che si dosino 30 ml di soluzione di NaOH e si compia un ciclo di distillazione di 7 minuti, si aziona. Al termine del ciclo, nella beuta di raccolta del distillato, avremo acido bórico e ammoniacca, la quale è stata poi portata, anch'essa sul titrino. Avviando un programma per la titolazione dell'ammoniacca lo strumento esegue automaticamente la titolazione del campione dosando una soluzione standard di acido cloridrico. In base al volume di HCl dosato è possibile ricavare la concentrazione di ammoniacca.



Figura 10 : Foto strumento “Titrino”

TSS (Solidi sospesi totali): definiti come la misura delle particelle di solidi che sono sospese all’interno del liquame, ma anche come, quella parte dei solidi totali (TS) trattenuti da una filtrazione a $0.45\ \mu\text{m}$. Solitamente la maggior parte dei solidi sospesi è costituita da materiali inorganici, sebbene anche alcuni batteri ed alghe possano contribuire alla concentrazione totale, questi solidi includono qualsiasi cosa fluttuante o galleggiante nell’acqua, come sedimenti, limo, sabbia, plancton e alghe. Possono essere presenti, anche, particelle organiche derivanti da materiali in decomposizione che possono andare a contribuire alla concentrazione di TSS.

L’analisi effettuata in laboratorio per questo tipo di concentrazione si svolge attraverso delle fasi: per prima cosa si prende un filtro da $0.45\ \mu\text{m}$, lo si essicca in forno a 105°C e dopo averlo fatto raffreddare in essiccatore per qualche minuto, lo si pesa per la lettura della “tara”. Successivamente, Si

prelevano 50ml di liquido dal campione che si faranno passare all'interno del sistema di filtrazione.

Il complesso sistema di filtrazione prevede l'utilizzo di una beuta, nella quale viene convogliato il liquido filtrato, sopra di essa viene posto un sistema con una pietra porosa, dove, al di sopra di questo viene adagiato il filtro e un cilindro per evitare la dispersione del liquido durante la filtrazione. Infine, il tutto viene collegato ad una macchina aspirante che tramite la decompressione accelera il processo di filtrazione.

A fine filtrazione, tutto il sistema viene smontato, viene recuperato il filtro con sopra il trattenuto, facendo attenzione a non perturbarlo, dopodiché viene posto in forno ad essiccare a 105°C per 2 ore, al termine delle quali verrà recuperato, fatto raffreddare nell'essiccatore e successivamente pesato ottenendo il "lordo".

A questo punto svolgendo una semplice sottrazione si riesce a valutare i mgTSS (Plordo-Ptara) che se rapportati al volume di campione analizzato e moltiplicati per 1000 darà la concentrazione di TSS [mg TSS/l].



Figura 11: Foto sistema filtrante

COD (Chemical Oxygen Demand): riguarda la quantità di ossigeno necessaria per la completa ossidazione per via chimica dei composti organici ed inorganici presenti in un campione di acqua. Oltre ad essere un indice per la misura di sostanze organiche ossidabili chimicamente riguarda anche le sostanze organiche ossidabili biologicamente, infatti per questo viene diviso in:

- COD biodegradabile (bCOD)
- COD non biodegradabile (nbCOD).

Il COD biodegradabile (bCOD) può essere ulteriormente suddiviso in:

- COD rapidamente biodegradabile (rbCOD): tale materia organica può essere direttamente metabolizzata dai batteri aerobi
- COD lentamente biodegradabile (sbCOD): dovuta alla presenza di composti organici non di immediata utilizzazione da parte dei batteri

L'analisi del COD è stata eseguita sul campione tal quale, più precisamente su 10 ml di campione prelevati precedentemente con una pipetta e versati nei provettoni appositi per il COD. Successivamente i provettoni con all'interno l'aliquota di campione da analizzare sono stati portati sotto cappa e sono stati dosati i vari reagenti, quali:

- 1 puntina di argento solfato (Ag_2SO_4) come catalizzatore
- 1/3 di spatola di mercurio solfato (HgSO_4) per bloccare l'ossidazione dei cloruri che altrimenti interferiscono nella misura
- 10 ml di bicromato di potassio ($\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) con concentrazione 0,1 N per ossidare la sostanza organica
- 25 ml di acido solforico (H_2SO_4)

Dosati tutti i reagenti i provettoni sono stati posizionati all'interno del digestore e coperti con dei condensatori per il recupero dei liquidi evaporati. Si è quindi avviato il programma di riscaldamento a 150°C per 2 ore.

Al termine della digestione, i campioni sono stati fatti raffreddare fino a temperatura ambiente per poi procedere con l'aggiunta di 3 gocce di ferroina come indicatore, che farà assumere una colorazione blu-verde del nostro composto. In fine, è stata svolta la titolazione dell'eccesso di bicromato con

soluzione standard di solfato ferroso ammonico $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2 (\text{SO}_4)_2$ 0,125 N, fino a viraggio del colore da blu-verde a marrone-rossastro.

Noti i ml di solfato ferroso necessari per la titolazione si è potuta ricavare la concentrazione di COD, inserendo i valori ottenuti dei fogli di calcolo.

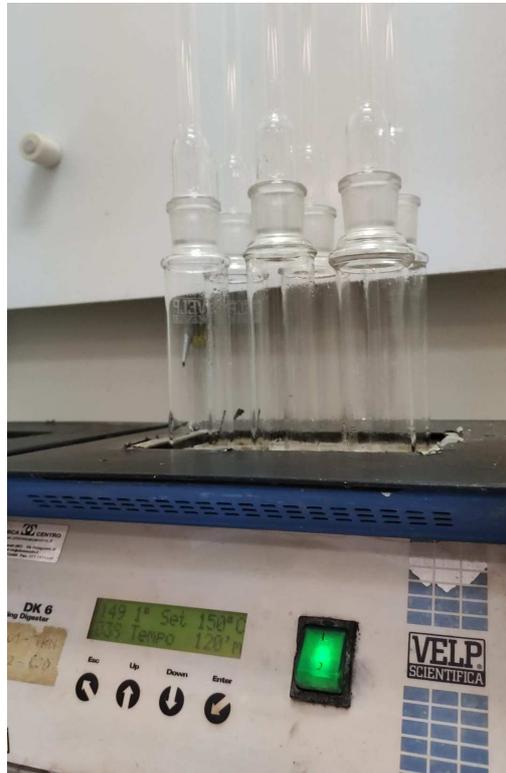


Figura 12: Foto provettoni COD posti all'interno del digestore

BOD5 (Biochemical Oxygen Demand): Riguarda la quantità di O_2 che viene utilizzata in 5 giorni dai microorganismi aerobi per decomporre (ossidare) al buio e alla temperatura di 20°C le sostanze organiche presenti nella soluzione acquosa. Questa richiesta di ossigeno è dovuta generalmente a “composti organici” e “composti ossidabili dell’azoto” (attraverso meccanismi biochimici), e all’ossidazione di “sostanze inorganiche” (attraverso processi chimici).

L’analisi del BOD si esegue su campioni tal quale e consiste principalmente nel dosare nelle apposite bottiglie un volume di campione in base al valore

atteso di BOD, che può essere stimato determinando il valore di COD del campione stesso e moltiplicandolo per 0.5. Nelle nostre analisi sono stati utilizzati 150 ml di campione.

Successivamente, dopo aver inserito all'interno lo stirrer, si dosa ATU al 5% (50 mg in 100 ml di acqua distillata) per inibire l'ammonificazione.

Avendo versato nelle bottiglie una quantità pari a 150 ml di campione, il nostro valore di ATU da dosare risulta essere 0.5 ml.

Sulla bottiglia viene posto un "cap" nero all'interno del quale vengono inserite circa 15 scaglie di KOH 85% w/w, fino a riempire metà cap, dopodiché si attendono 20 minuti, lasciando le bottiglie a 20° C nel frigo termostato. Successivamente, si settano i sensori elettronici con i dati relativi alle concentrazioni di BOD attese, come da tabella precedente, e si dà inizio alla misurazione. Quest'ultima avrà una durata di 5 giorni solari e consentirà di determinare digitalmente il valore di concentrazione del BOD espresso in mgO₂/l.



Figura 13 : Foto bottiglie con sopra sensori elettronici per la lettura del BOD5

TKN (Azoto totale di Kjeldahl): rappresenta a misura complessiva dell'azoto organico e dell'azoto ammoniacale.

L'analisi è stata svolta su 50 ml di campione da versare all'interno dei provettoni del distillatore. Successivamente sottocappa, sono stati inseriti dei reagenti quali:

- 1 cucchiaio di potassio solfato (K_2SO_4) come coadiuvante per innalzare il punto di ebollizione dell'acido solforico
- 1 puntina di spatola di ossido di mercurio (HgO) come catalizzatore
- 10 ml di Acido solforico (H_2SO_4) puro al 96%, necessario per l'idrolisi acida, da aggiungere anch'esso sotto cappa.

I provettoni sono stati inseriti nel digestore e coperti in modo tale che i vapori acidi prodotti possano essere catturati e convogliati in una tanica tramite l'impiego di una pompa aspirante.

Una volta assicurati che la cappa aspirante fosse in funzione è stato avviato il programma di digestione della durata di 7 ore che permette la trasformazione dell'azoto organico in solfato di ammonio ($(NH_4)_2SO_4$). Al termine del programma, il campione mineralizzato è stato lasciato raffreddare per poi procedere con la distillazione con lo stesso procedimento dell'ammoniaca ma, con un dosaggio di 60 ml NaOH.

Al termine del ciclo, così come per l'ammoniaca, è stata fatta la titolazione dalla quale sono stati ricavati i ml di HCl dosato per avere un pH 4,5 ottenendo così, tramite fogli di calcolo, la concentrazione di TKN.

Fosforo: Il fosforo è una delle due sostanze nutrienti principali che contribuiscono all'eutrofizzazione dei laghi e delle acque naturali. La sua presenza causa molti problemi di qualità dell'acqua compreso l'aumento dei costi di depurazione e la conservazione di un corpo idrico.

Il fosforo è costituito da diverse frazioni più o meno solubili, di cui l'ortofosfato, che è la forma più solubile, e presente in quantità maggiore nel totale, e il fosforo organico, che invece ne costituisce una minima parte

L'analisi della concentrazione di fosforo all'interno dei nostri campioni è stata effettuata tramite l'uso dello spettrofotometro, seguendo una procedura ben accurata.

Come prima cosa sono stati prelevati 50 ml di refluo dal campione, e versati all'interno delle beute piccole. La cosa importante è che oltre alle beute per i diversi campioni, è stata prevista anche una beuta aggiuntiva riempita con 50 ml di acqua distillata per la formazione del "bianco" per il riferimento durante la misurazione allo spettrofotometro.

Nei provini, sotto cappa, sono stati dosati alcuni reagenti, come :

- 4 ml di acido nitrico (HNO_3)
- 2 ml di acido solforico (H_2SO_4)

Successivamente sfruttando l'utilizzo di una piastra riscaldante, i nostri provini, sono stati sottoposti a bollitura ad una temperatura di 200-250°C in modo tale da ottenere la solubilizzazione di diverse frazioni di fosforo in orto fosfati fino ad arrivare ad una quantità di campione di circa 1-2 ml. Al termine di questa fase i provini sono stati tolti dalla piastra e lasciati raffreddare, in modo tale da poter versare i millilitri di refluo nei matracci da 25 ml nei quali è stata aggiunta acqua distillata per portare a volume il campione.

I matracci sono stati poi chiusi con dei tappi e agitati per ottenere una completa miscelazione del campione all'interno. Dopodiché, prelevato un 1 ml del contenuto, questo è stato versato all'interno di matracci da 50 ml.

Nella fase successiva è stata prevista l'aggiunta di diversi reagenti chimici, come:

- 2 gocce di fenoftaleina $\text{C}_{20}\text{H}_{14}\text{O}_4$, con la funzione di tracciante;
- Si dosano delle gocce di NaOH fino ad ottenere una colorazione fucsia;
- Gocce di H_2SO_4 fino a trasparenza

Ottenuto il composto dosato, questo è stato diluito aggiungendo acqua distillata fino al raggiungimento dei 50 ml. Si conclude il dosaggio con l'aggiunta ulteriore di:

- 2 ml di reattivo molibdico, ottenuto sciogliendo in acqua molibdato di ammonio e nitrato di ammonio NH_4NO_3 , per poi acidificare con acido nitrico HNO_3 ;
- 3 gocce di cloruro stannoso in glicerina SnCl_2

Il matraccio da 50 ml è stato chiuso con un tappo ed agitato ulteriormente per aiutare la miscelazione, attendendo un lasso di tempo in cui il composto assumerà una colorazione blu che sarà tanto maggiore quanto maggiore è la concentrazione di fosforo nel campione analizzato.

Successivamente si è passati alla lettura dell'adsorbanza allo spettrofotometro ONDA mod.UV-20, all'interno del quale, viene dapprima inserito il campione ottenuto con acqua distillata, che manterrà la sua trasparenza; dopodiché sono stati inseriti tutti gli altri campioni e letti i valori di adsorbanza ad una lunghezza d'onda di 690 nm.

Escherichia Coli e Enterococchi: sono una specie di microrganismi, presenti nelle acque, definiti come "indicatori di contaminazione fecale" che possono comportare delle conseguenze sulla salute umana.

Per l'analisi di questi microrganismi, è stato effettuato un esame microbiologico delle acque che fornirà come risultato la loro concentrazione espressa come UFC/100 ml (Unità Formanti Colonie su 100 ml di soluzione).

Il campione di refluo per l'analisi è stato prelevato e versato in apposite bottiglie conservate, durante il trasporto, al riparo dalla luce e ad una temperatura compresa tra $+4^\circ$ e $+10^\circ$ usando appositi frigoriferi portatili. Particolare attenzione è stata posta al tempo che intercorre tra il momento del prelievo e l'esecuzione delle analisi microbiologiche che può variare tra un minimo di 8 ore a 24 ore.

2.3 Analisi dei contributi di portata

L'analisi delle portate è stata effettuata per determinare quanto valgono in termini percentuali i contributi in arrivo all'impianto di depurazione. All'interno del depuratore arrivano i tre contributi di condotte in pressione rispettivamente da IS1, IS4 e IS3.

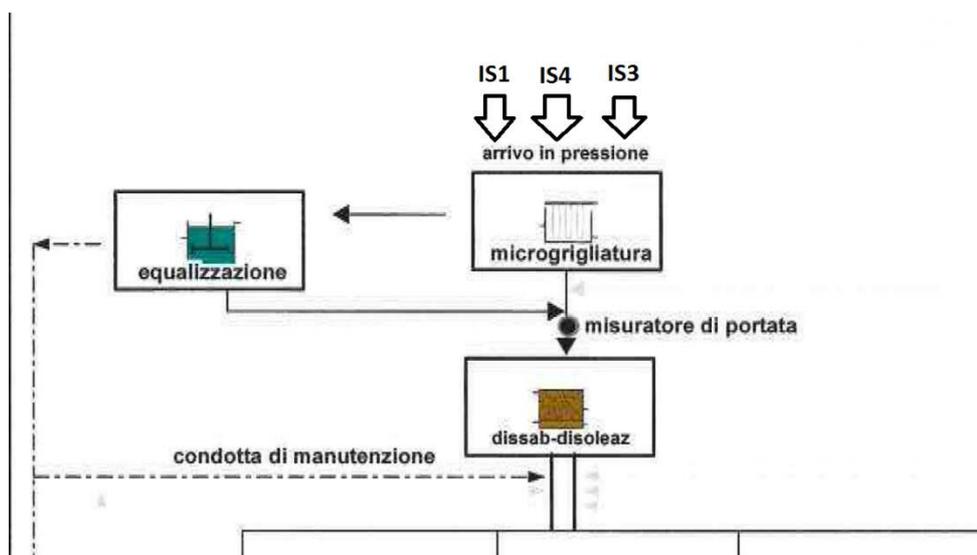


Figura 14: schema ingresso impianto

Su queste condotte sono installati dei totalizzatori che misurano la portata passante nella condotta. I m³ totalizzati dallo strumento sono stati registrati manualmente dall'operatore dell'impianto in giornate differenti ma allo stesso orario così da identificare la portata giornaliera. Questi dati, insieme a quelli estrapolati dal telecontrollo ci sono stati forniti dalla CIIP (Cicli Integrati Impianti Primari) gestore del Servizio Idrico Integrato.

- SCEME00053-SOLFO00045 : Denominato "Sollevamento Est Depuratore (S4), questo è ubicato nel terreno confinante ad est nei pressi del depuratore ed è costituito da un pozzo ad anelli circolari in cls dotato di n°1+1 pompe sommerse

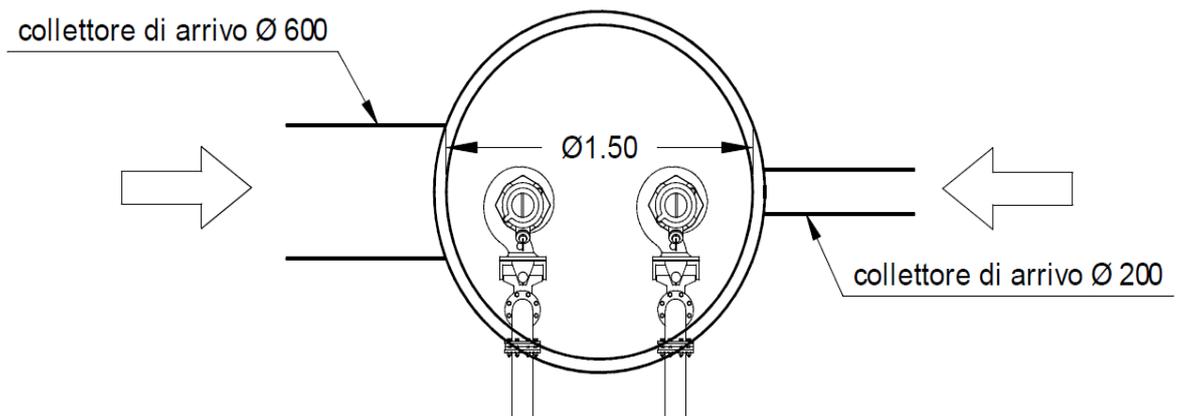


Figura 15: Pianta del pozzo con all'interno le 2 pompe

- VASCA00193- SOLFO00046: Denominato "sollevamento Casello Autostrada (S1) situato ad ovest dell'impianto, la vasca al suo interno presenta n° 1+1+1 pompe

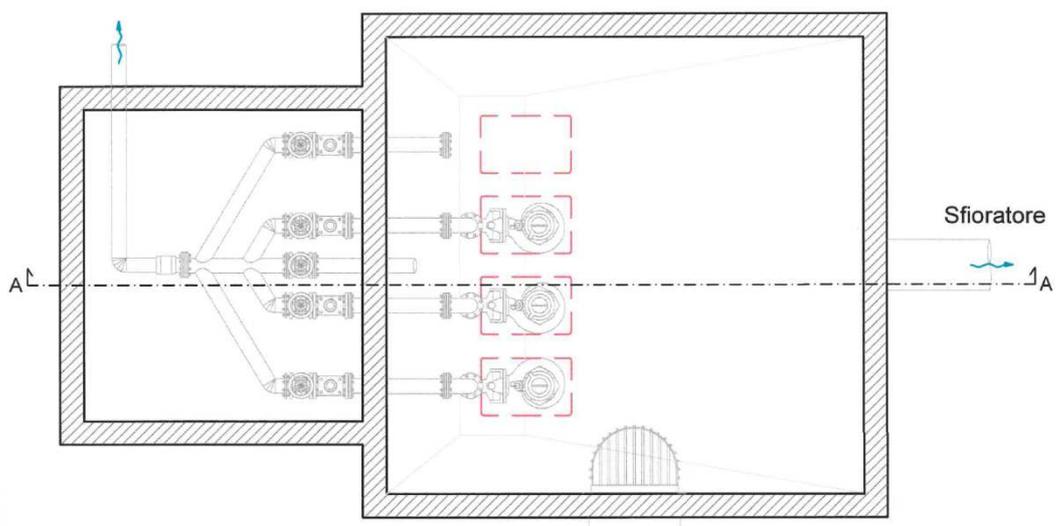


Figura 16: Pianta VASCA00193 con all'interno le 3 pompe

- SCEME00050 – SOLFO00050: Denominato "Tesino Sud-Principale (S3), ubicato a sud-ovest del ponte sul fiume Tesino, è costituito da una vasca interrata a pianta rettangolare, all'interno di un manufatto in c.a. dotata di n° 1+1+1+1+1 pompe sommerse

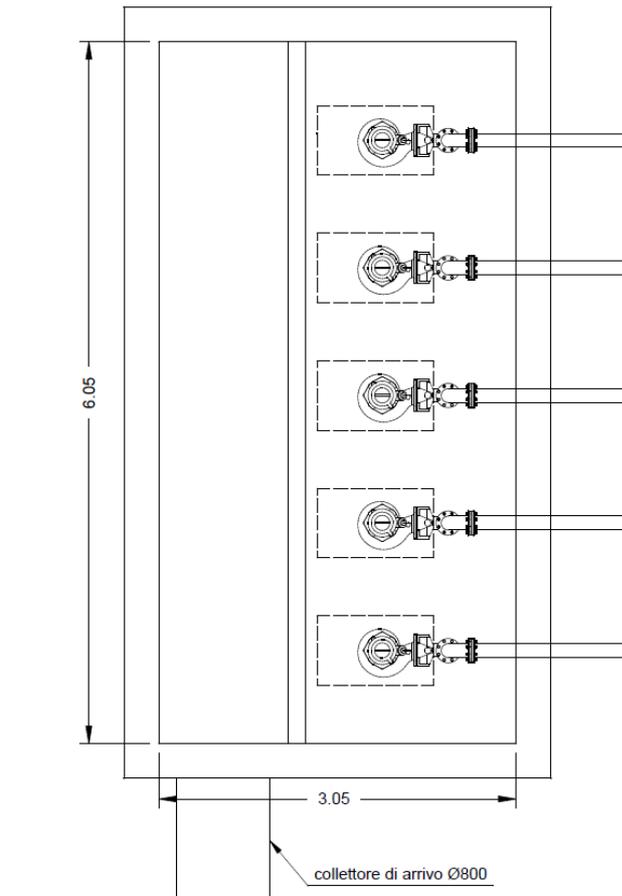


Figura 17: pianta SOLFO00050

Sono state eseguite due tipologie di elaborazioni: per IS1 e IS4 sono stati utilizzati i dati forniti dagli ON/OFF (accensione e spegnimento pompe), mentre per IS3 i dati forniti dal telecontrollo

Per quanto riguarda gli IS3, per effettuare il calcolo della portata media giornaliera, come prima cosa sono stati calcolati, per differenza, gli intervalli di tempo (dt), tra due successivi orari forniti. Una volta ottenuti questi intervalli si è andati avanti determinando i m³ come il prodotto di ogni "dt" per la portata relativa a quell'ora espressa in m³/h. Infine, è stata quindi calcolata la portata media giornaliera come la somma dei contributi volumetrici relativi agli intervalli di tempo.

Data/ora		m3/h	dt	m3		media	somma
22/06/2020	06:28:18	242.38	59	3.972339	media giornaliera	m3/d	m3/d
22/06/2020	06:29:17	237.8	61	4.029389	22/06/2020	5384	3352
...
22/06/2020	23:59:15	176.43	59	2.891492
...
18/12/2020	23:58:28	168	60	2.8	17/12/2020	4561	3873
					18/12/2020	4032	

Figura 18: elaborazione IS3

Per le elaborazioni di IS1 e IS4 sono state, invece, utilizzate le portate misurate tramite il totalizzatore e l'orario in cui è stata effettuata quella lettura, oltre che i dati di accensione e spegnimento delle pompe. Dai dati forniti degli ON/OFF delle pompe (n° 1+1 per IS4 e n°1+1+1 per IS1), si è determinato il quantitativo di minuti di funzionamento di ogni singola pompa, di ogni sollevamento. Successivamente si è passati a valutare la portata sollevata in (l/s), come prodotto tra la portata riferita in m³/d per la somma dei minuti di funzionamento delle pompe (due se di IS4 e tre se di IS1).

TOTALIZZATORE		IS4		funzionamento L01	funzionamento L02	Sollevamento
DATA	ORA	m3	m3/d	minuti	minuti	l/s
03/08/2020	10:30	17834				
04/08/2020	09:40	17994	160	87	85	16
05/08/2020	10:00	18071	77	111	106	6
...
...
...
29/09/2020	10:00	21520	48	93	90	4
30/09/2020	10:00	21574	54	95	66	6
01/10/2020	10:30	21630	56	85	83	6

Figura 19: elaborazione IS4

TOTALIZZATORE		IS1		funzion. L01	funzion. L02	funzion. L04	Sollevam.
DATA	ORA	m3	m3/d	minuti	minuti	minuti	l/s
03/08/2020	10:30	275140					
04/08/2020	09:40	275609	469	140	0	0	56
05/08/2020	10:00	276230	621	213	0	6	47
...
...
29/09/2020	10:00	331840	2000	233	8	0	138
30/09/2020	10:00	333349	1509	202	9	0	119
01/10/2020	10:30	334558	1209	264	11	0	73

Figura 20: elaborazione IS1

Conoscendo quindi le concentrazioni nei vari punti della rete, rilevate tramite le analisi svolte in laboratorio e le portate relative ai tre influenti nell'impianto (IS1, IS4, IS3) è possibile così andare ad effettuare un bilancio di massa nella rete fognaria per i principali macroinquinanti.

Per effettuare, questo bilancio di massa, è stato necessario andare a calcolare un parametro definito come "carico di massa" (L), o meglio, il risultato di una semplice operazione di moltiplicazione tra le concentrazioni degli inquinanti (mg/l) e i valori delle portate (m3/d), espresso in Kg/d:

$$L = C * Q = \left[\frac{mg}{l} \right] * \left[\frac{m3}{d} \right] / 1000 = \frac{kg}{d}$$

Questi carichi di massa di ogni singolo inquinante, lungo tutta la rete, oltre a permetterci una descrizione più dettagliata di tutti e tre i contributi che arrivano in ingresso impianto, ci permettono un confronto con i valori in ingresso impianto, sempre in termini di carichi di massa.

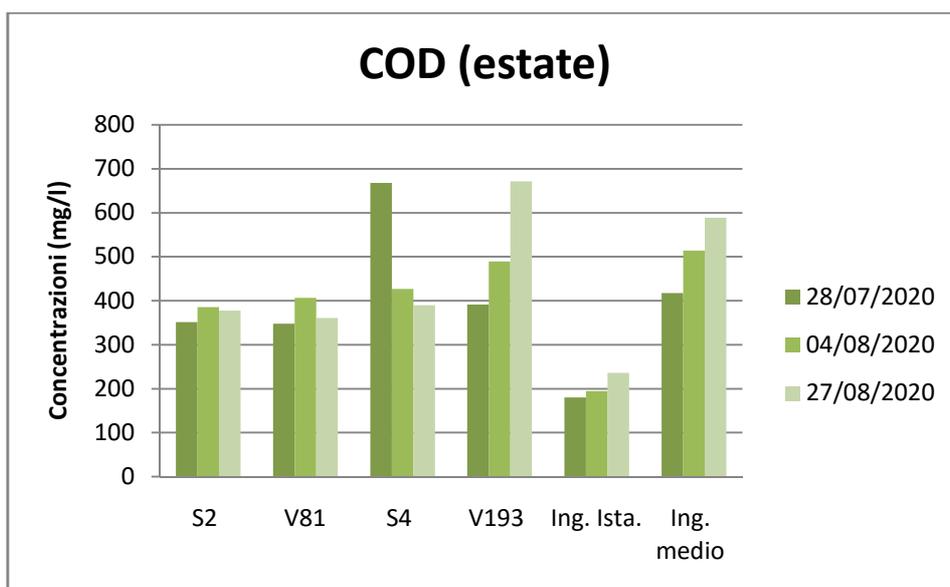
CAPITOLO 3

RISULTATI

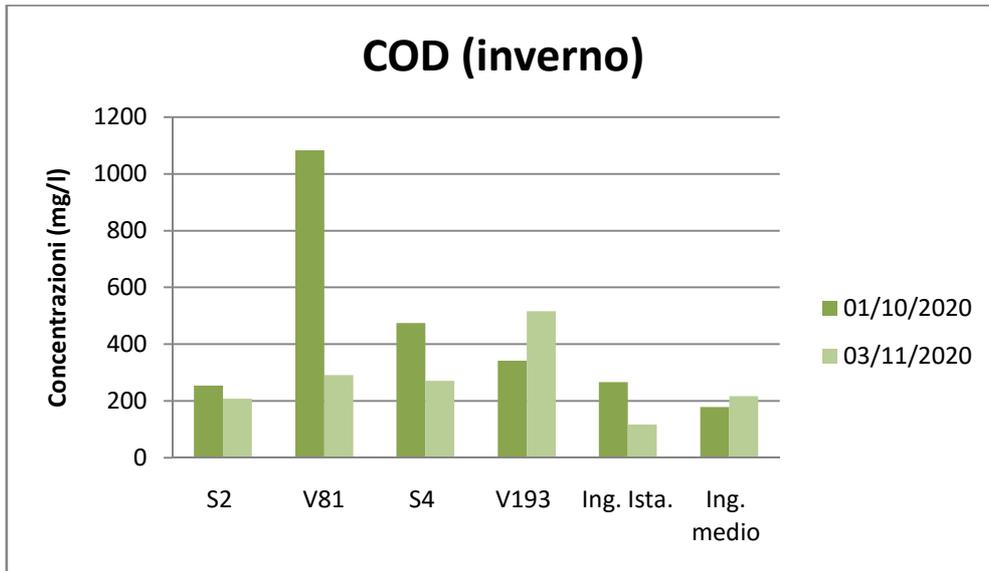
3.1 Caratterizzazione chimico-fisica dell'influyente e dei punti della rete fognaria .

I campionamenti sono stati effettuati partendo dal 28 Luglio 2020 ripetendosi con una frequenza mensile fino al 3 Novembre 2020. Per avere una più corretta osservazione degli andamenti nei due periodi estate e inverno di può fare un confronto in termini di concentrazioni di questi due periodi.

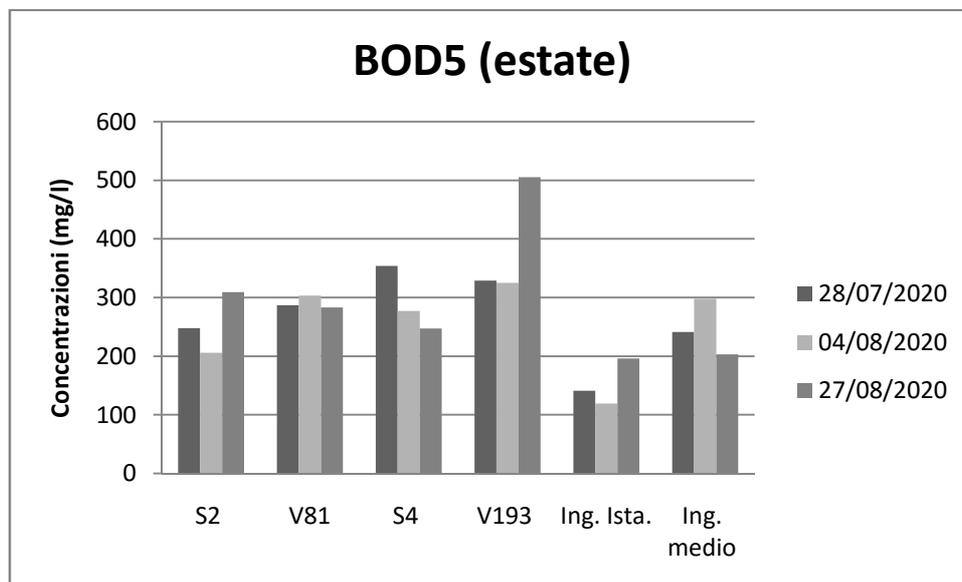
Come possiamo vedere dal grafico sottostante il COD nel periodo estivo presenta dei valori abbastanza consistenti nei campionamenti effettuati nelle vasche S4 e V193 oltre che in quello medio in ingresso impianto, con valori che variano in un range compreso tra 380 e 671 mg/l. Mentre un range più basso viene rappresentato dai risultati nelle vasche S2 e V81 oltre che nel campionamento istantaneo in ingresso impianto, con valori più bassi compresi tra 180 e 400 mg/l.



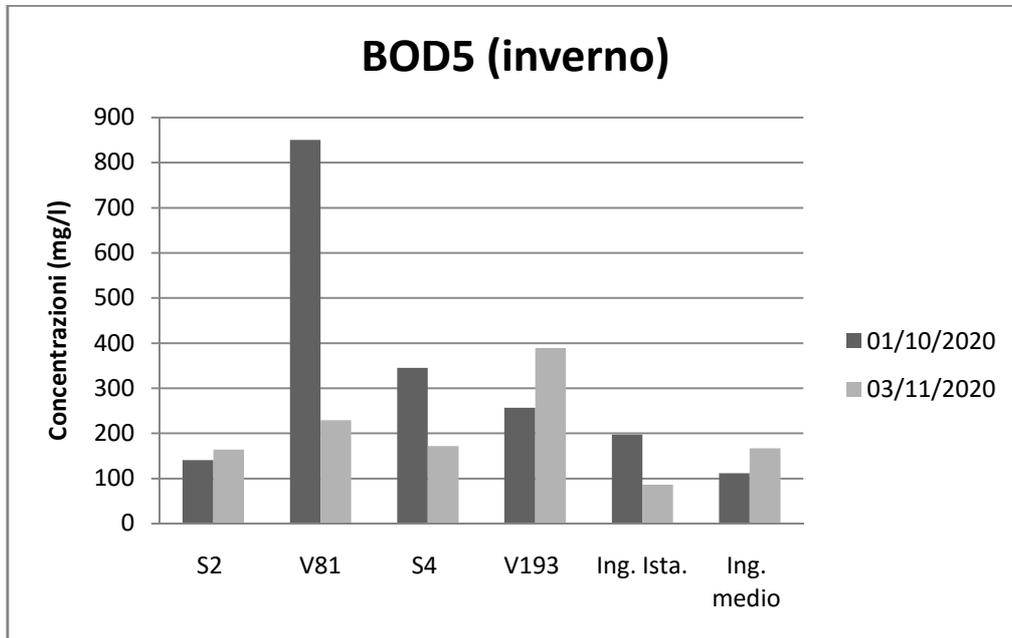
Com'è normale che sia in inverno i valori risultano più bassi rispetto al periodo estivo, grazie al fatto che in estate abbiamo un afflusso maggiore dovuto alla stagione turistica. Il range di variazioni in questo periodo risulta comunque compreso tra un minimo di 116 mg/l ed un massimo rappresentato da un picco registrato in Ottobre nella vasca V81 di 1083 mg/l.



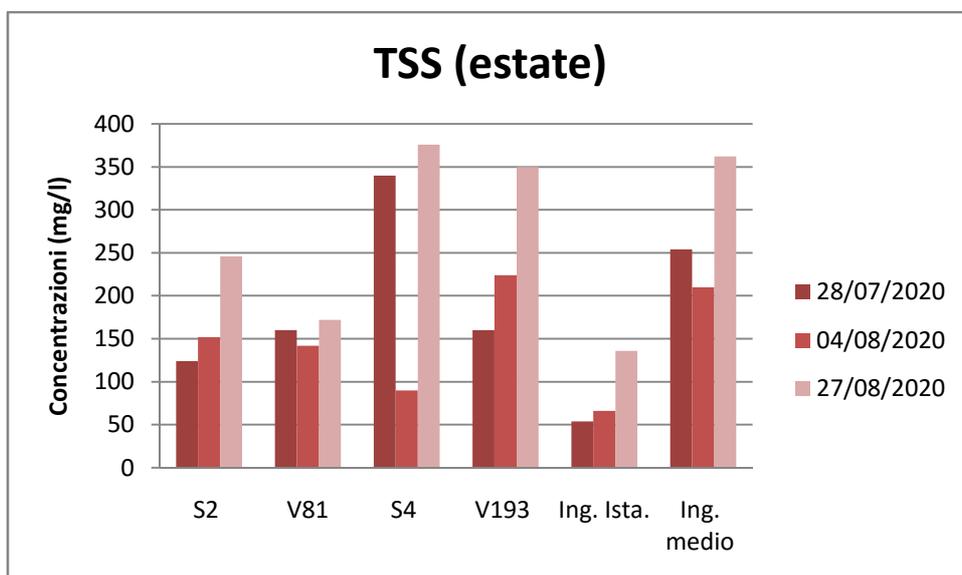
Come si può notare dal grafico del BOD5 nel periodo estivo, il quantitativo di questa concentrazione varia in un range compreso tra poco più di 100 mg/l e circa 350 mg/l, con un solo valore molto più elevato degli altri pari a circa 505 mg/l registrato nel campionamento del 27 Agosto nella vasca V193.



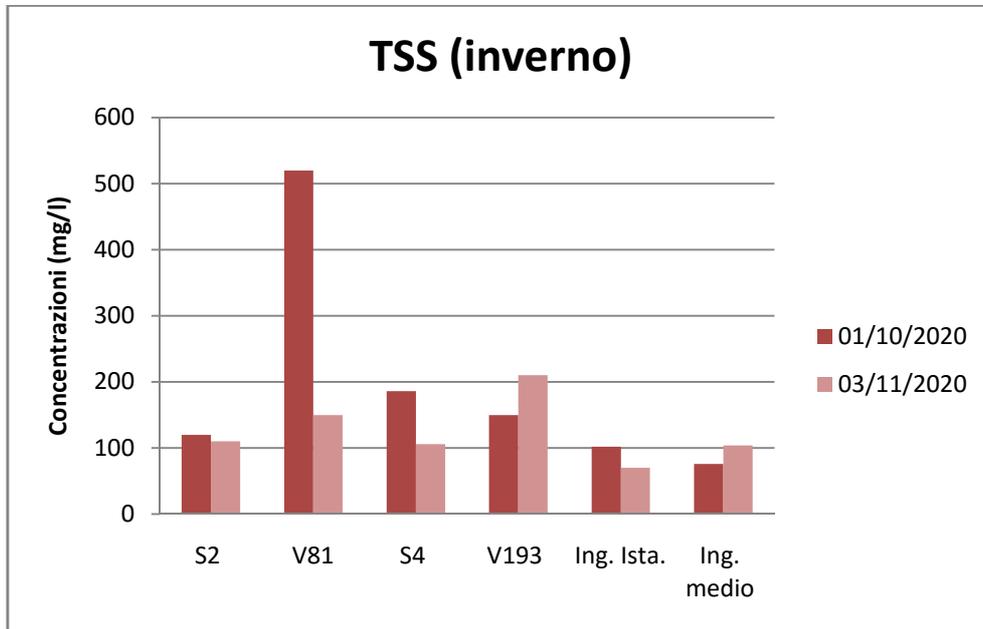
Nel periodo invernale, invece, la concentrazione di BOD5 risulta più bassa nelle vasche rispetto al periodo estivo tranne che nella vasca V81 nella quale risulta addirittura maggiore.



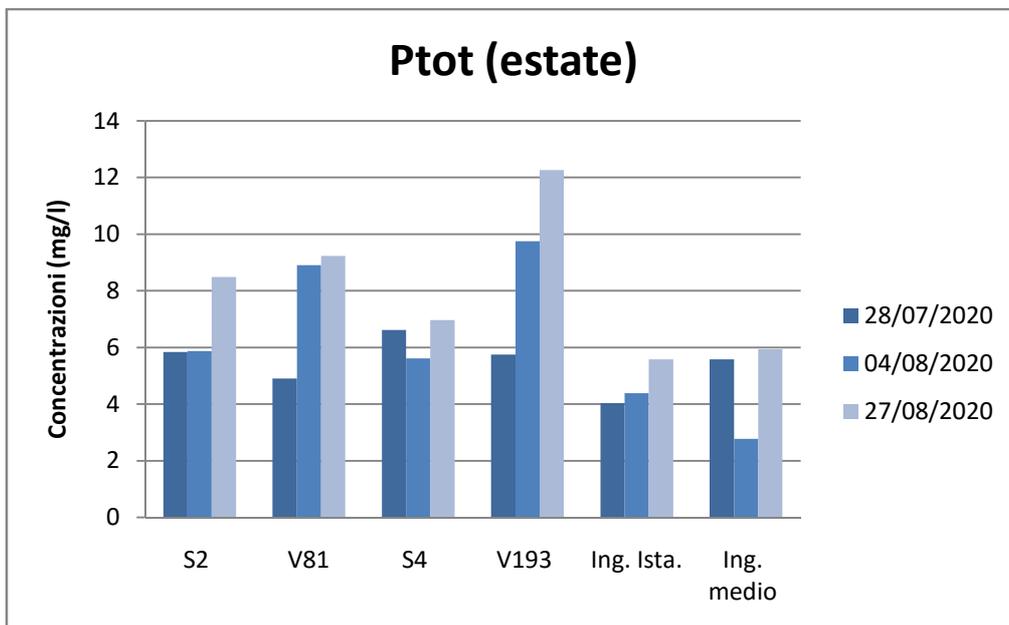
Passando ora al voler analizzare l'andamento della concentrazione di TSS nel periodo d'analisi, possiamo notare come nel periodo estivo sia presente una forte variabilità nei risultati con valori compresi tra 54 mg/l e circa 380 mg/l dove anche qui i valori più alti sono presenti nelle vasche S4, V193 e nel campionamento medio in ingresso impianto.



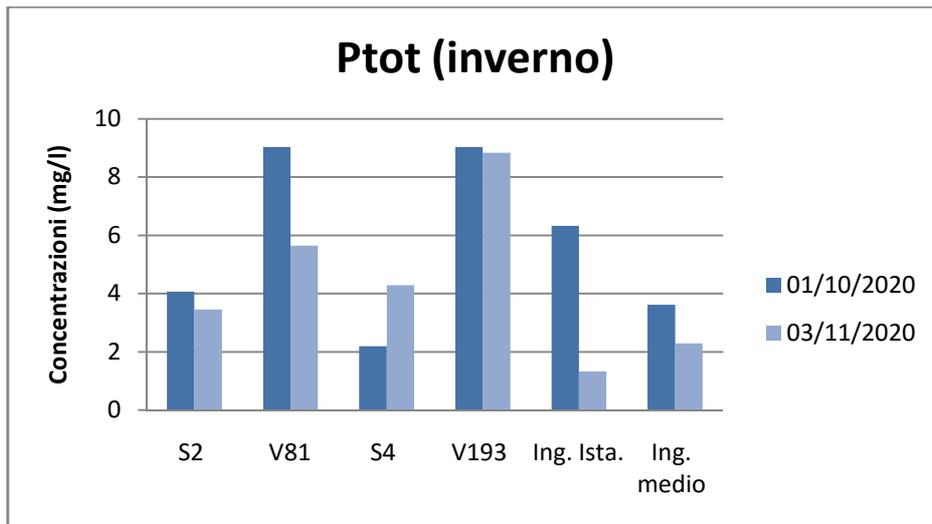
Anche qui i valori ottenuti nel periodo invernale presentano numeri più bassi all'incirca compresi tra 50 e poco più di 200 mg/l con un solo picco registrato in Ottobre nella vasca V81



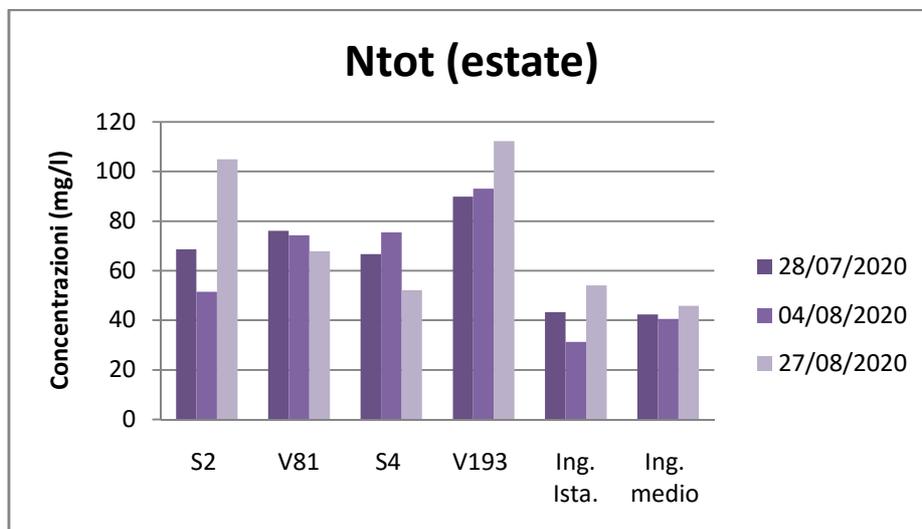
Nel periodo estivo il fosforo totale risulta avere concentrazioni leggermente più elevate nel campionamento effettuato il 27 Agosto, con un picco registrato soprattutto nella vasca V193 pari a 12.3 mg/l. In questo periodo comunque presente un range di variazione dei dati compreso tra 2.8 e 12.3 mg/l.



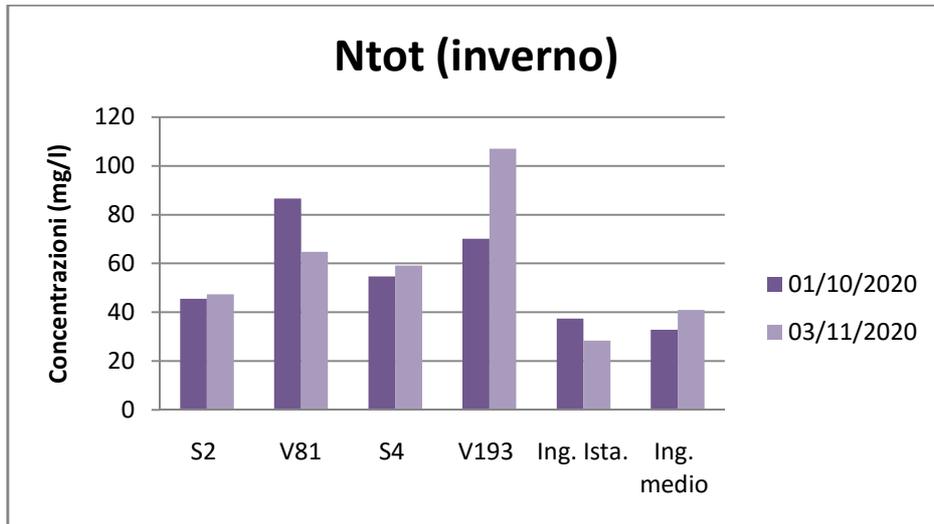
Valori più alti, nel periodo invernale, sono stati rilevati nella vasca V193 che sia nel campionamento effettuato in Ottobre che quello effettuato a Novembre, presentano valori all'incirca pari a 9 mg/l. Nelle altre vasche, invece, sono stati rilevati valori maggiori nei risultati delle analisi del campionamento effettuato in Ottobre, rispetto a quelli rilevati nel campionamento di Novembre.



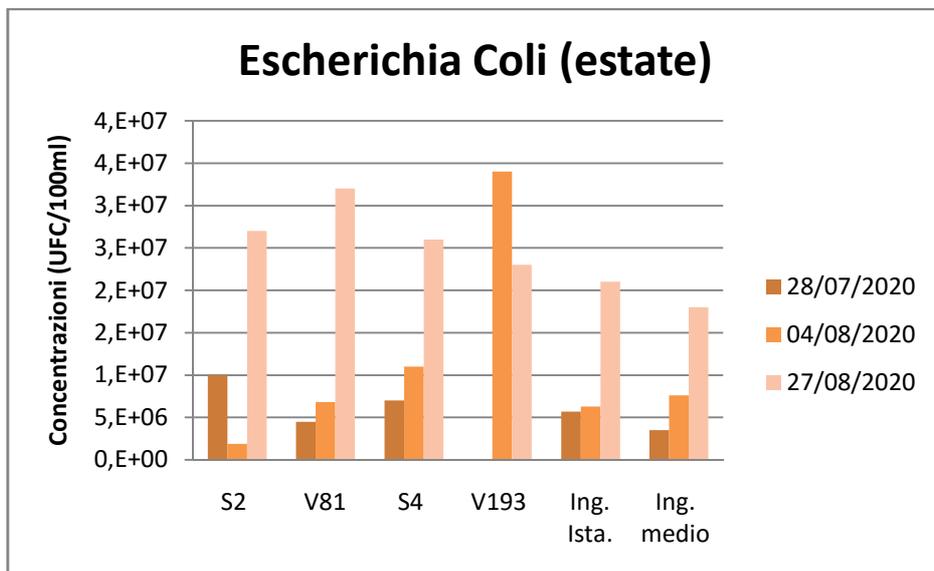
Per le concentrazioni di azoto totale riportate nel periodo estivo possiamo vedere che la vasca che presenta valori maggiori in tutti e tre i campionamenti è la vasca V193, la quale nel campionamento effettuato il 27 Agosto presenta anche il valore più alto misurato nel periodo estivo. Nel complesso, in estate, la concentrazione di azoto totale risulta variare tra un valore minimo di circa 31.2 mg/l e un valore massimo di 112 mg/l



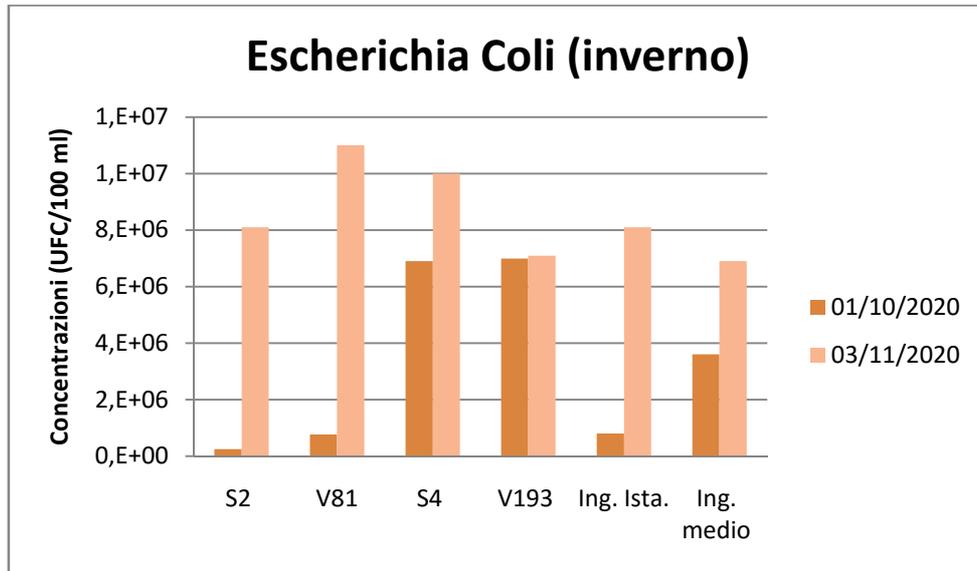
Nel periodo invernale la concentrazione di azoto totale risulta comunque essere minore rispetto a quella riportata nel periodo estivo tranne che nel campionamento effettuati il 3 Novembre nel quale la concentrazione presente nella vasca V193 risulta molto simile a quella presente nel periodo estivo nella stessa vasca.



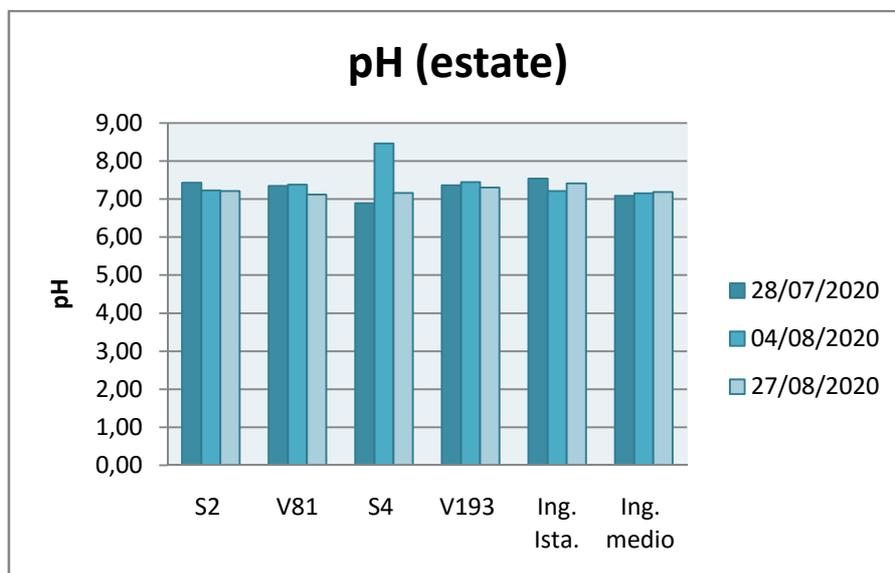
E' stata rilevata anche la quantità di escherichia coli presente nei vari punti della rete, anche qui facendo la distinzione tra periodo estivo e periodo invernale, abbiamo che: nel periodo estivo il campionamento che ha fatto rilevare una maggiore presenza di escherichia coli, come possiamo vedere dal grafico, è quello del 27 Agosto, anche se, come si può notare, il valore più alto è stato registrato nella vasca V193 nel campionamento del 4 Agosto.

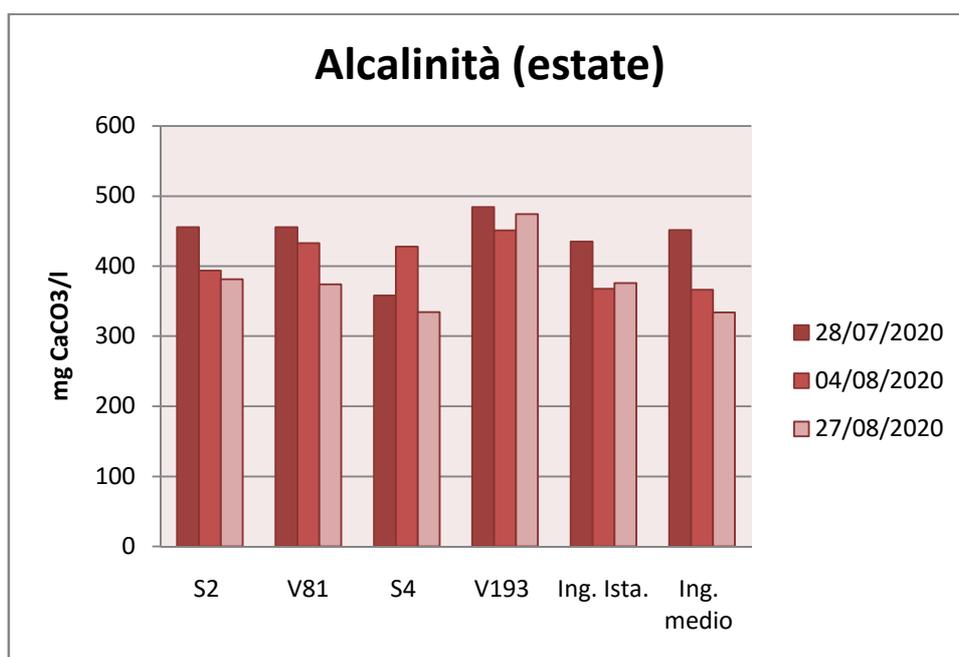


In inverno, invece, risulta che il quantitativo maggiore di escherichia coli è stato registrato nel campionamento effettuato il 3 Novembre. Mettendo a confronto i due grafici possiamo comunque dire che, la variazione maggiore in termini di valori viene registrata d'estate con un range più ampio rispetto al periodo invernale.

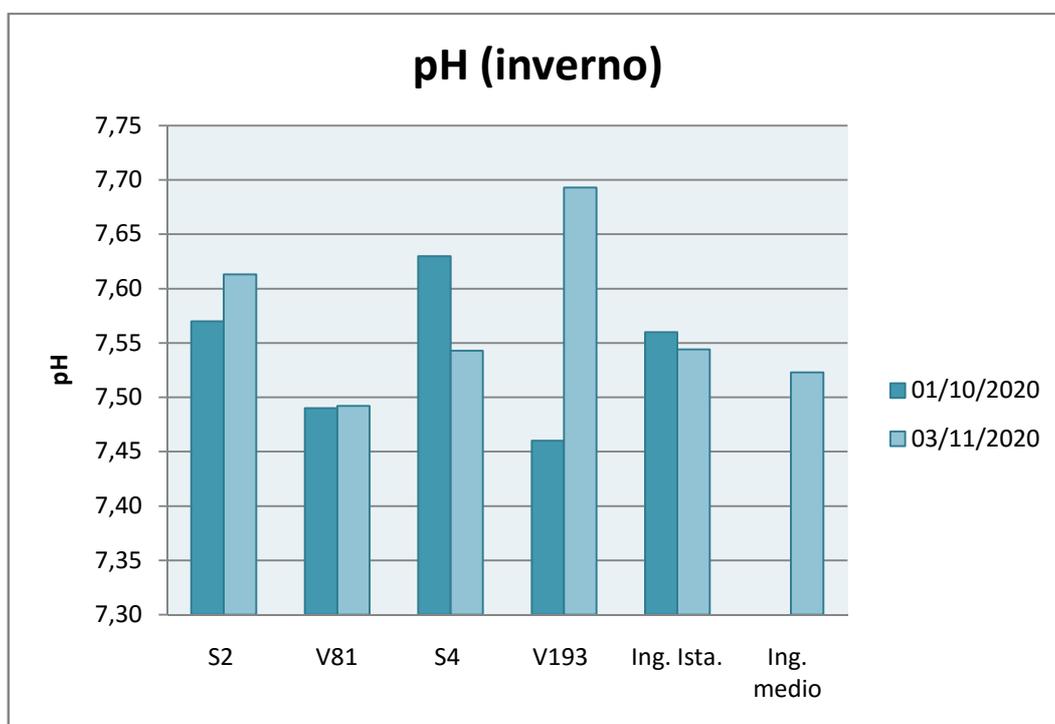


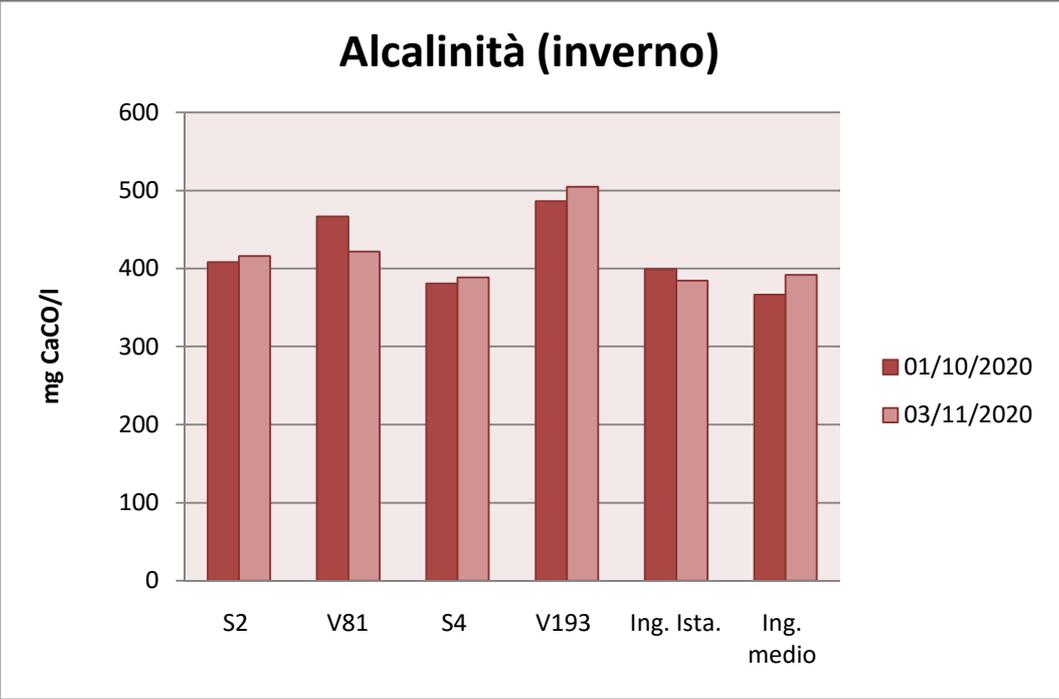
Sia il pH che l'alcalinità misurati nel periodo estivo, non presentano una forte variazione, anche se tra i valori riguardanti il pH possiamo notare come questo, presenta un valore più tendente ad un pH basico nel campionamento effettuato il 4 Agosto nella vasca S4. L'alcalinità nel periodo estivo tende a variare tra un valore prossimo a 300 mgCaCO₃/l e uno prossimo a 500 mgCaCO₃/l





I valori ottenuti nel periodo invernale presentano anche loro delle variazioni ma non eccessive, con un pH che varia tra 7.45 e 7.69 e con un'alcalinità che invece varia anche qui tra 300 e 500 mgCaCO₃/l.





3.2 Bilancio di massa della rete

Una volta note le portate e le concentrazioni dei macroinquinanti, sia in ingresso impianto sia lungo la rete, è stato possibile andare ad effettuare un bilancio di massa, andando a determinare i valori dei carichi di massa “L” [kg/d] come prodotto tra portate e concentrazioni.

Per ottenere una visione più dettagliata dei carichi di massa, sono stati determinati i valori medi sia delle portate che delle concentrazioni. Per quest’ultime sono stati presi di riferimento i tre macroinquinanti più caratteristici, ovvero BOD5, COD e TKN:

Campione	Data campione	Orario	BOD5 (ist)	BOD5 (medio)	COD (ist)	COD (medio)	TKN (ist)	TKN (medio)
			mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l	mg/l
Ingresso istantaneo	28/07/2020	09:15	141.00	129.45	180.22	165.46	43.28	39.73
	04/08/2020	09:30	119.00	107.76	194.82	176.42	31.16	28.22
	27/08/2020	09:45	196.00	175.09	236.27	211.07	53.73	48.00
	01/10/2020	10:30	197.58	169.22	266.67	228.39	37.29	31.94
	03/11/2020	09:10	86.44	78.00	116.67	105.27	28.31	25.55
Ingresso medio	28/07/2020		241.00	241.00	417.58	417.58	42.33	42.33
	04/08/2020		297.84	297.84	513.99	513.99	40.49	40.49
	27/08/2020		203.00	203.00	588.60	588.60	45.74	45.74
	01/10/2020		112.00	112.00	179.17	179.17	32.80	32.80
	03/11/2020		167.00	167.00	216.67	216.67	40.92	40.92
S2	28/07/2020	10:00	248.00	221.55	351.65	314.14	68.57	61.26
	04/08/2020	10:10	206.00	184.03	385.49	344.37	51.51	46.01
	27/08/2020	11:05	309.00	277.39	377.20	338.61	104.77	94.05
	01/10/2020	10:55	141.00	119.87	254.17	216.09	45.58	38.75
	03/11/2020	10:05	164.00	141.50	208.33	179.75	47.25	40.77

S4	28/07/2020	09:00	354.00	325.01	668.13	613.41	66.64	61.19
	04/08/2020	09:45	277.00	247.45	426.94	381.40	75.43	67.38
	27/08/2020	10:20	247.41	221.02	389.64	348.08	52.07	46.52
	01/10/2020	10:45	345.00	293.31	475.00	403.83	54.58	46.40
	03/11/2020	09:40	171.97	148.38	270.83	233.68	59.07	50.97
V81	28/07/2020	10:15	287.00	256.39	347.99	310.87	76.09	67.97
	04/08/2020	10:15	303.00	270.68	406.22	362.89	74.27	66.35
	27/08/2020	11:15	283.21	254.23	360.62	323.73	67.85	60.91
	01/10/2020	11:05	850.77	723.30	1'083.33	921.02	86.67	73.68
	03/11/2020	10:15	229.05	197.63	291.67	251.65	64.52	55.67
V193	29/07/2020	11:00	329.00	295.34	391.21	351.19	89.76	80.58
	04/08/2020	10:00	325.00	290.33	489.12	436.95	93.12	83.18
	27/08/2020	10:35	505.45	452.64	671.50	601.34	112.15	100.44
	01/10/2020	09:30	257.18	226.86	341.67	301.39	70.06	63.21
	03/11/2020	09:50	388.91	335.55	516.67	445.78	105.03	90.62

Figura 21: Elaborazione delle concentrazioni medie

Le concentrazioni medie riportate in grassetto, sono state calcolate tramite il rapporto tra le concentrazioni risultate dalle analisi, diviso il fattore di picco, ottenuto tramite l'elaborazione dell'andamento della variazione 0-24 di portata, facendo riferimento al periodo estivo e al periodo invernale.

Con l'analisi delle portate, è stato possibile ricavare i m³ totali giornalieri in ingresso impianto e quelli relativi anche ai tre contributi di IS1, IS4 e IS3. Grazie alla differenza tra i m³ di portata passanti per IS3, e quelli ottenuti tramite misuratore posto nella vasca V81, è stato possibile ricavare il contributo volumetrico lungo IS2. Il misuratore a cui si fa riferimento si trova nella vasca V81 posta prima dell'allaccio tra IS3 e IS2.

ESTATE		per differenza					IS3-V81
		IS1+IS3+IS4 (IMPIANTO)	IS1 (TOTALE-IS3-IS4)	IS4	IS3	V81	IS2-IS9
		Easygest	m3/d	m3/d	m3/d	m3/d	m3/d
	01/07/2020	5330	467	69	4794	2665	1866
	02/07/2020	5101	213	66	4822	2550	1785

NO	11/09/2020	4054	544	58	3452	2058	1394
NO	12/09/2020	4171	527	49	3595	2151	1444
NO	13/09/2020	4301	784	55	3461	1993	1469

Figura 22: elaborazione portate periodo estivo

INVERNO		per differenza					IS3-V81
		IS1+IS3+IS4	IS1 (TOTALE-IS3- IS4)	IS4	IS3	V81	IS2-IS9
		Easygest	m3/d	m3/d	m3/d	m3/d	m3/d
NO	14/09/2020	3776	408	54	3313	2016	1298
NO	15/09/2020	2929	-358	56	3231	1799	1431
...
...
...
SI	10/12/2020	5540	946	64	4530	1902	2628
NO	11/12/2020	5153	772	60	4321	1235	3086

Figura 23: elaborazione portate periodo invernale

Sono state così valutate le medie delle portate giornaliere presenti lungo la rete, in tempo secco, escludendo, quindi, le portate relative ai giorni di pioggia (in tabella evidenziate con il NO).

Dai valori medi delle portate e delle concentrazioni in ogni vasca è stato possibile determinare i carichi di massa, tramite il prodotto tra le concentrazioni medie e i valori medi delle portate relative ad ogni vasca. Conoscendo i carichi di massa (L), e sapendo che questi ultimi sono il prodotto tra gli abitanti equivalenti (AE) e il “fattore di carico unitario” [g/AEd], è stato possibile determinare il valore degli AE in riferimento al singolo inquinante e alla singola vasca.

Infine, sono state calcolate le portate specifiche sversate, come rapporto tra le portate e gli AE, facendo riferimento sia al periodo estivo che al periodo invernale.

		ESTATE				
		IMPIANTO	V193	S4	V81	S2
	Q (m3/d)	5004	467	60	2634	1844
Concentrazioni	BOD5 (mg/l)	192	346	264	260	201
	COD (mg/l)	346	463	448	332	332
	NTOT (mg/l)	44	82	58	65	54
Carichi di massa	LBOD5 (kg/d)	963	161	16	686	370
	LCOD (kg/d)	1729	216	27	876	613
	LNTOT (kg/d)	221	38	4	171	99
Abitanti equivalenti	AE BOD5	16044	2691	265	11431	6169
	AE COD	14409	1801	224	7297	5108
	AE NTOT	18407	3184	292	14282	8243
Portate specifiche sversate	Qs BOD5 (l/AE/d)	312	173	227	230	299
	Qs COD (l/AE/d)	347	259	268	361	361
	Qs NTOT (l/AE/d)	272	147	206	184	224

Figura 24: Elaborazioni periodo estivo

		INVERNO				
		IMPIANTO	V193	S4	V81	S2
	Q (m3/d)	4073	692	58	1733	1589
Concentrazioni	BOD5 (mg/l)	132	227	221	198	131
	COD (mg/l)	182	301	319	252	198
	NTOT (mg/l)	35	63	49	56	40
Carichi di massa	LBOD5 (kg/d)	536	157	13	343	208
	LCOD (kg/d)	743	209	19	436	315
	LNTOT (kg/d)	142	44	3	96	63
Abitanti equivalenti	AE BOD5	8930	2618	214	5709	3461
	AE COD	6190	1739	155	3635	2621
	AE NTOT	11822	3647	236	8041	5266
Portate specifiche sversate	Qs BOD5 (l/AE/d)	456	264	272	304	459
	Qs COD (l/AE/d)	658	398	376	477	606
	Qs NTOT (l/AE/d)	345	190	246	216	302

Figura 25: Elaborazioni periodo invernale

Mettendo a confronto gli abitanti equivalenti corrispondenti all'impianto e la sommatoria di quelli che sversano nella rete, è stato possibile calcolare le percentuali di errore come:

$$\text{Errore\%} = \frac{AE_{\text{impianto}} - AE_{\text{rete}}}{AE_{\text{impianto}}} * 100$$

ESTATE	IMPIANTO (AE)	V193+S4+V81+S2 (AE)	Errore%
BOD5	16044	20556	-28.1
COD	14409	14430	-0.1
NTOT	18407	26000	-41.3

INVERNO	IMPIANTO (AE)	V193+S4+V81+S2 (AE)	Errore%
BOD5	8930	12003	-34.4
COD	6190	8149	-31.7
NTOT	11822	17190	-45.4

Confrontando le percentuali di errore risultate dalle due tabelle qui sopra si può notare come soprattutto in inverno queste risultano abbastanza alte.

Prendendo in esame l'errore dal punto di vista del BOD5, vediamo come tra estate e inverno, questo risulti variare in un range compreso tra -28.1% e -34.4%, mentre una piccola variazione si presenta per Ntot variando tra -41.3% e -45.4%. L'errore più corretto risulta essere quello presentato dal COD in estate, in quanto molto prossimo allo 0, anche se confrontando questo risultato con quello ottenuto nel periodo invernale, si ha un range di variazione abbastanza elevato, da -0.1% a -31.7%.

CONCLUSIONI

Il lavoro descritto è stato rivolto alla problematica degli scaricatori di piena, facendo riferimento alla rete fognaria di Grottammare, tramite una descrizione qualitativa e quantitativa dei sovrafflussi. Lo studio è stato svolto attraverso diverse fasi: una prima fase è stata concentrata sull'analisi normativa, facendo principalmente riferimento al Piano di Tutela delle Acque, che a livello regionale tratta in maniera più specifica questo ambito.

La parte centrale di questo studio è stata basata principalmente sulle analisi dei campioni prelevati tramite la campagna di campionamento, in modo tale da ottenere le concentrazioni. Successivamente si è passati all'analisi delle portate in modo tale da determinare i contributi volumetrici giornalieri lungo la rete, per poi metterli a confronto con quelli in ingresso impianto.

Ottenute le concentrazioni e le portate determinate tramite le precedenti analisi si è passati, i loro valori medi, alla determinazione dei carichi di massa. Attraverso il rapporto di questi ultimi con i vari fattori di carico unitario dei tre macroinquinanti, quali BOD5, COD e Ntot, sono stati ottenuti i valori degli AE

Come fase finale è stato possibile ricavare i valori delle "portate specifiche sversate", utili per la realizzazione di modelli idraulici della rete, da poter inserire in software come SWMM (Storm Water Management Model), in grado di riprodurre il funzionamento di un qualsiasi sistema fognario, dei fenomeni di flusso e di circolazione dell'acqua.

BIBLIOGRAFIA E SITOGRAFIA

- Eureau. (2016). Overflows from collecting systems.
- ARERA. (2017a). Regolazione della qualità tecnica del servizio idrico integrato 562/2017/R/IDR .
- ARERA. (2017c). Regolazione della qualità tecnica del servizio idrico integrato ovvero di ciascuno dei singoli servizi che lo compongono 917/2017/R/IDR Allegato A.
- PTA; Regione Marche. (2010). Piano di Tutela della Regione Marche DACR n.145 26/01/2010.
- METODICHE ANALISI & SOLUZIONI STANDARD: Dispense laboratorio
- Slide e dispense del corso di Ingegneria Sanitaria e Ambientale

RINGRAZIAMENTI

I miei primi ringraziamenti vanno alla mia relattrice Ing. Anna Laura Eusebi e i correlatori Ing. Francesco Fatone e Ing. Giovanna Darvini, per l'opportunità che mi hanno dato; inoltre ringrazio il dottorando Paolo per avermi aiutata durante i mesi di tirocinio e nella stesura della presente tesi.

Ringrazio i miei genitori, che con i loro sacrifici mi hanno permesso di affrontare questo percorso senza pressioni e preoccupazioni, rassicurandomi sempre con "fa' quello che ti senti, il percorso è tuo, al resto ci pensiamo noi". Per questo li ringrazio, per il loro sostegno e per le loro parole, grazie di tutto.

Un'altra grande fetta dei miei ringraziamenti va a mio cognato Lino che insieme a mia sorella, durante questo mio percorso, oltre al grande sostegno mi hanno regalato una gioia indescrivibile che ha reso questi anni ancora più belli: il mio nipotino Alessandro.

Ringrazio tutti i miei amici di vecchia data per i fine settimana spensierati. Ringrazio Andrea per avermi sostenuto, nei momenti difficili, con la classica frase "non ci pensare, quando torni beviamo" e ringrazio Stefano e Daniela sempre pronti per dei consigli e soprattutto le mille risate;

Alle mie coinquiline Giulia, Sofia e Chiara per le risate, le interminabili partite a briscola, le urla, ma soprattutto per reggere il mio stress e i miei bronci nei giorni prima degli esami.

Ringrazio per tutte le cose condivise in questi anni come ansie, risate e paure i miei compagni di corso, Vittorio, Marco e Silvia, alla quale va un ulteriore enorme ringraziamento per avermi aiutata a scrivere questi ringraziamenti.

Per ultimo, ma non meno importante, voglio dedicare questo fondamentale traguardo della mia vita a mia sorella Sara. In questi anni, durante i momenti di sconforto la mia ammirazione è sempre stata catturata dalla forza con la quale ha affrontato il suo percorso di vita. Ad oggi mi sento di dire che è riuscita a realizzare ciò che nei ringraziamenti della sua tesi espresse come desiderio << Spero che sarò sempre un esempio per te >>, perché lo è sempre

stata ed io continuerò ad ammirarla, con la speranza che un giorno potrò essere per Alessandro ciò che lei è stata per me.