

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI NAPOLI

FEDERICO II



FACOLTA' DI INGEGNERIA

CORSO DI LAUREA IN

INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL TERRITORIO

TESI DI LAUREA IN INGEGNERIA SANITARIA AMBIENTALE

**Problematiche di qualità nelle reti fognarie: Il caso di Gori
S.p.a.**

Comune di Massa Lubrense (NA)- Italia

RELATORE

Prof. Ing Massimiliano Fabbricino

CORRELATORE

Ing. Marianna Panico

CANDIDATO

Francesca Ruggiero

Matr. N49/000123

ANNO ACCADEMICO 2014/2015

*Diceva: "Il regno di Dio è come un uomo che getta il seme nella terra;
dorma o vegli, di notte o di giorno, il seme germoglia e cresce;
come, egli stesso non lo sa.*

Poiché la terra produce spontaneamente, prima lo stelo, poi la spiga, poi il chicco pieno nella spiga.

Quando il frutto è pronto, subito si mette mano alla falce, perché è venuta la mietitura"

Sommario

INDICE TABELLE	4
INDICE FIGURE	5
1. Introduzione (Abstract).....	6
2. Problematiche di Qualità nelle reti fognarie.....	7
2.1 Generalità	7
2.2 Inquadramento Normativo	8
2.3 Problematiche di gestione dei sistemi fognari.....	9
2.4 Controlli del Gestore di un infrastruttura fognaria	12
3. Caso applicativo alla Gori S.p.a.: il progetto S.I.MON.A	14
3.1 Descrizione e partenariato del progetto S.I.MON.A.....	14
3.2 Obiettivi del progetto S.I.MON.A.....	15
3.3 Sito pilota	16
3.4 Rete dei sensori.....	17
3.4.1 Sensori Commerciali	18
3.4.2 Sensori prototipali.....	20
3.4 Centro Servizi ed Interfaccia Utenti di SIMONA	23
4 Verifica ed Analisi dei dati della sperimentazione	25
4.1 Filtraggio quantitativo dei Dati	25
4.2 Filtraggio qualitativo per singolo parametro	29
4.2.1 Conducibilità.....	29
4.2.2 Temperatura	29
4.2.3 pH	30
4.2.4 Ammoniaca	30
4.2.5 COD	30
4.2.6 SST	31
4.2.7 Portata	31
4.2.8 Livello	32
4.2.9 Dati Pluviometrici	32
4.3 Analisi dei Dati.....	33
4.3.1 Calcolo medie.....	34
4.3.2 Considerazioni sulle medie mensili e settimanali.....	36
4.3.3 Considerazioni sulle medie giornaliere	37
4.3.4 Considerazioni sulle medie orarie.....	37
5 Conclusioni.....	53
6 Riferimenti Bibliografici.....	55

INDICE TABELLE

Tabella 1 - Parametri usati per caratterizzare un'acqua reflua	10
Tabella 2 – Il Partenariato industriale del progetto SIMONA	14
Tabella 3 - Organismi di ricerca consulenti del progetto SIMONA	15
Tabella 4 -Tipologia e consistenza del sistema fognario di Massa Lubrense (Na)	17
Tabella 5– Distribuzione dettagliata per punto di installazione dei sensori commerciali.....	18
Tabella 6 – Elenco Sensori commerciali e caratteristiche di misura.....	19
Tabella 7– Riepilogo delle Medie calcolate.....	35
Tabella 8 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dall'1 al 4 ottobre 2015	38
Tabella 9 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dal 5 al 12 ottobre 2015	39
Tabella 10 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dal 13 al 16 ottobre 2016.	40
Tabella 11 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dal 17 al 31 ottobre 2015.	41
Tabella 12-Precipitazioni giornaliere del mese di ottobre 2015 fornite dalla protezione Civile Centro funzionale Regione Campania.....	42
Tabella 13- Misure di SST e COD fornite dal Laboratorio di Massa Centro dal mese di luglio 2015 al mese di gennaio2016.....	43
Tabella 14- Analisi dati dall'1al 11 ottobre.....	46

INDICE FIGURE

Figura 1-Scarichi anomali derivanti dalla lavorazione delle olive	11
Figura 2- Forte presenza di olii in fognatura di origine sconosciuta	11
Figura 3-Scarichi anomali derivanti probabilmente da un caseificio (presenza di siero proveniente dalla lavorazione del latte)	11
Figura 4 - Effetti nefasti sui corpi idrici ricettori degli scarichi anomali	11
Figura 5- Sensore non a contatto di specie organiche in acque reflue: il Loadmon ®	20
Figura 6 – Schermata di interfaccia del sensore prototipale LOADMON	21
Figura 7 – sensore multiparametrico ENEA anche detto naso elettronico	22
Figura 8- Installazione naso elettronico in fognatura	22
Figura 9 – Sensore prototipale ENEA presenza /assenza	23
Figura 10 –Installazione sensore presenza/assenza in fognatura	23
Figura 11 – Schermata dell’interfaccia utente del sistema SIMONA	24
Figura 12 - Viewer con indicazione in tempo reale dello stato dei nodi sensoriali con lettura dei parametri principali.....	24
Figura 13 - funzione SE per filtraggio dati.....	25
Figura 14 – filtraggio dati nulli	26
Figura 15 – filtraggio dati negativi.....	26
Figura 16 – filtraggio dati fuori range.....	27
Figura 17 – filtraggio dati inattendibili	28
Figura 18 –Grafico rappresentativo delle Medie Settimanali di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH.	36
Figura 19 –Grafico rappresentativo delle Medie Giornaliere di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ ,pH.	37
Figura 20 – Foto sorgente in Via Rivo a Casa con sfioro in fognatura e recapito a Depuratore Massa Centro	45
Figura 21 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 1 ottobre 2015.....	47
Figura 22- Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 2 ottobre 2015	48
Figura 23 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 3 ottobre 2015	48
Figura 24 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 4 ottobre 2015	49
Figura 25 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 5 ottobre 2015.....	49
Figura 26- Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ ,	50
Figura 27 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH ₄ , pH nel giorno 11 ottobre 2015	50
Figura 28 – Grafico delle medie orarie dell’Ammoniacca nei giorni 1-11 ottobre 2015	52
Figura 29 – Grafico delle medie orarie della Conducibilità nei giorni 1-11 ottobre 2015	52

1. Introduzione (Abstract)

Il presente lavoro di tesi è incentrato sulle “Problematiche di qualità in reti fognarie”, associato alla qualità degli scarichi urbani dei reflui nei corpi idrici ricettori e al loro controllo. Poiché l’insieme delle sostanze che inquinano le acque urbane rappresentano un carico ambientale che pone un problema di “Ammissibilità”, disciplinato dalla Normativa vigente che fissa dei limiti alle caratteristiche degli scarichi delle acque reflue, non sempre i controlli che applica il Gestore del sistema fognario sono efficaci ad evitare scarichi anomali e fraudolenti di sostanze inammissibili.

La G.O.R.I. S.p.A., Gestore del Servizio idrico integrato (S.I.I.) nell’ A.T.O. n.3 Campania, ha partecipato, insieme ad altre imprese partner ad un progetto sperimentale per lo sviluppo di un Sistema Integrato di Monitoraggio Ambientale (acronimo: S.I.MON.A.), con lo scopo quindi di individuare sostanze nocive o in concentrazioni non conformi ai limiti di legge, con l’obiettivo di minimizzare i danni causati dagli scarichi anomali alla gestione del S.I.I.; e per fare ciò si è avvalsa di un Dimostratore prototipale in campo costituito da sensori commerciali e prototipali, diffusi su un tratto fognario della rete di Massa Lubrense (Na), connessi ad un Centro Servizi attraverso un sistema di trasmissione dati GSM.

Il lavoro di Tesi che ho svolto è stato incentrato sulla verifica ed analisi dei dati estratti dal sistema SIMONA per il mese di Ottobre 2015. In particolare, il lavoro che ho svolto sul set di Dati forniti dal Centro di Elaborazione Dati (centro servizi CESCO di ENEA - Portici) è stato quello di eseguire in primo luogo una verifica di attendibilità sia quantitativa dei dati, sia qualitativa per singolo parametro secondo i *range* di scheda tecnica dei sensori installati. Da ciò è emerso un elevato numero di valori atipici che sono andati ad eliminare perché indicatori di un funzionamento non sempre regolare sia del sistema di trasmissione dati sia delle sonde installate che nel tempo hanno “deviato”. Successivamente alla verifica, mi sono occupata dell’Analisi dei dati per determinare il funzionamento del sistema fognario e individuare gli eventuali scarichi inammissibili.

La presente Tesi è strutturata con tre capitoli principali:

- L’inquadramento normativo e gestionale delle problematiche di qualità nelle reti fognarie;
- La descrizione del progetto SIMONA;
- La verifica e Analisi del set di dati fornito dal centro Servizi di SIMONA per il mese di Ottobre 2015.

2. Problematiche di Qualità nelle reti fognarie

2.1 Generalità

Tradizionalmente, con il termine “fognature” si intende il sistema di impianti destinato all’allontanamento delle *acque reflue*¹ e *meteoriche* dal centro abitato; oggi tale termine viene sostituito dalla denominazione “sistema di drenaggio urbano”, sottintendendo un insieme di impianti destinati sia all’allontanamento delle acque, sia al controllo dell’inquinamento sull’ambiente.

Gli elementi di un sistema di drenaggio urbano sono:

- Opere di raccolta delle acque meteoriche (caditoie e pluviali) e reflue (scarichi antropici attraverso allacci fognari);
- Reti di collettori stradali;
- Opere per il controllo idraulico ed ambientale (vasche di prima pioggia, scaricatori di piena, vasche volano, impianti di sollevamento);
- Impianti per il trattamento e lo scarico nel corpo ricettore dei reflui (depuratori).

I sistemi di drenaggio urbano possono essere classificati a seconda del loro funzionamento in:

- **Sistemi fognari misti:** costituito da una sola rete di collettori che raccoglie e trasporta sia i reflui urbani che le acque meteoriche. Sono dotati in genere di uno o più scaricatori di piena (o scolmatori, o sfioratori, o derivatori) che, in occasione di eventi meteorici di una certa importanza, separano una parte delle acque e le convogliano direttamente al ricettore, mentre le acque nere diluite (più cariche di inquinanti) proseguono verso il depuratore.
- **Sistemi fognari separati:** costituiti da due reti separate, una per la raccolta ed il trasporto dei soli reflui urbani al depuratore, l'altra per le acque meteoriche. La seconda rete è generalmente dotata di derivatori delle prime acque di pioggia che inviano la parte più inquinata delle acque meteoriche nelle canalizzazioni delle acque nere per essere trattate con esse dal depuratore. Le portate meteoriche non derivate vengono scaricate direttamente nel ricettore.

¹ Le acque reflue o acque di scarico sono definite come tutte quelle acque la cui qualità è stata alterata dall'azione antropica dopo il loro utilizzo in attività domestiche, industriali e agricole, diventando quindi inidonee ad un uso potabile e ad uno scarico diretto in ambiente tal quali.

Le acque reflue, infatti, in base all'attività che le ha originate possono essere contaminate da diverse tipologie di sostanze organiche ed inorganiche che possono risultare pericolose per la salute e pregiudicare l'equilibrio e la capacità di auto-depurazione dell'ambiente.

Un sistema di drenaggio urbano deve quindi garantire da un lato una efficace difesa idraulica del centro abitato, dall'altro un controllo sulla qualità degli scarichi dei reflui nei corpi idrici.

2.2 Inquadramento Normativo

Il D.Lgs. n.152/06 e ss. mm. e ii., detto anche T.U. Ambientale o Codice dell'Ambiente, costituisce la base normativa più recente per la disciplina delle caratteristiche delle acque reflue.

Il Decreto, in particolare, stabilisce dei valori limite dei parametri caratteristici delle acque reflue urbane e/o industriali per il convogliamento e l'immissione delle stesse nei corpi naturali recettori.

Secondo il D. Lgs. n. 152/06 e ss.mm.ii. (art.74) le acque reflue vengono classificate nel seguente modo:

1. **acque reflue domestiche:** acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche (quali alberghi, scuole, caserme, uffici pubblici e privati, impianti sportivi e ricreativi, negozi al dettaglio ed all'ingrosso e bar); le sostanze provenienti dalle deiezioni umane contengono essenzialmente cellulosa, lipidi, sostanze proteiche, urea, acido urico e glucidi;
2. **acque reflue industriali:** qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni (anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione), differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche e da quelle meteoriche di dilavamento, intendendosi per tali anche quelle venute in contatto con sostanze o materiali, anche inquinanti, non connessi con le attività esercitate nello stabilimento; le caratteristiche di tali reflui sono variabili in base al tipo di attività industriale. In base a quanto stabilito dall'all.5 parte III del D.lgs n. 152/06, in base alla loro pericolosità per l'ambiente le acque industriali si distinguono in:
 - pericolose;
 - non pericolose;
3. **acque reflue urbane:** il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle cosiddette di ruscellamento (meteoriche di dilavamento, acque di lavaggio delle strade, ecc.) convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.; le acque di ruscellamento contengono varie sostanze microinquinanti, quali idrocarburi, pesticidi, detergenti, detriti di gomma.

Il decreto inoltre all'art.101 comma 7 definisce inoltre:

4. **acque reflue industriali assimilabili alle domestiche:** acque reflue provenienti da installazioni commerciali o produttive che per legge oppure per particolari requisiti qualitativi e quantitativi, possono essere considerate come acque reflue domestiche.

La classificazione delle acque è importantissima perché essa definisce le caratteristiche qualitative delle acque reflue e stabilisce il regime di scarico e di conseguenza l'ammissibilità o meno in relazione ai valori limite disciplinati dalla stessa normativa.

Sempre con riferimento al D. Lgs. n. 152/06 nell'allegato 5 parte III del decreto, vengono stabilite delle tabelle di valori limite di emissione, che, a seconda del tipo di acqua reflua e del corpo ricettore, lo scarico dovrà rispettare per poter essere rilasciato. Per esempio, la tabella 3 del suddetto allegato 5, riporta limiti di emissione differenti a seconda che lo scarico sia in fognatura o in ambiente, per quest'ultimo sono molto più restrittivi e si raggiungono mediante appositi *trattamenti di depurazione*.

2.3 Problematiche di gestione dei sistemi fognari

Come ho illustrato nei paragrafi precedenti, le reti fognarie hanno il compito di allontanare le acque reflue di risulta dall'abitato urbano. Queste acque sono evidentemente inquinate dall'uso antropico e/o del dilavamento urbano, e presentano una contaminazione a carico della presenza di sostanze che possiamo definire estranee alla natura sostanziale dell'acqua e che si possono così suddividere:

- **Sostanze galleggianti** sono oli, grassi, schiume e, in generale, i composti insolubili più leggeri dell'acqua.
- **Sostanze sospese** sono quelle insolubili di densità uguale o superiore a quella dell'acqua, mantenute in sospensione dalla turbolenza. Tali sostanze si suddividono in:
 - sedimentabili;
 - non sedimentabili.
- **Sostanze colloidali** costituite da particelle di dimensioni tali (10^{-7} - 10^{-5} cm) da non poter essere separati dall'acqua con alcun trattamento meccanico.
- **Sostanze disciolte:** sostanze omogeneamente disperse allo stato molecolare o ionico nell'acqua.
- **Materiali biologici** sono rappresentati dagli organismi animali e vegetali presenti nell'acqua.

Come è facile immaginare però è impossibile individuare tutti i tipi di sostanze presenti in un'acqua reflua, così tali acque sono caratterizzate analiticamente attraverso la determinazione di una serie di parametri fisici, chimici e microbiologici, molti dei quali sono comuni in acque reflue di origine civile e industriale, mentre alcuni sono presenti soltanto in acque reflue di origine industriale. Nella tabella 1 sono indicati dei parametri chimico-fisici e microbiologici usati per caratterizzare le acque reflue.

Parametri caratterizzanti un acqua reflua	
Parametri fisici	• Temperatura • Conducibilità elettrica • Solidi • Colore • Odore
Parametri chimici	• pH • Alcalinità • Richiesta di O_2: Domanda chimica di ossigeno (COD), Domanda biochimica di ossigeno (BOD), Total oxygen demand (TOD) • Total organic carbon (TOC) • Azoto: Ammoniacale, Organico, Nitriti, Nitrati • Fosforo: Ortofosfati, Polifosfati, Organico • Oli e grassi • Oli minerali • Metalli • Tensioattivi • Sostanze tossiche • Ossigeno disciolto
Parametri microbiologici	• Coliformi totali • Coliformi fecali • Streptococchi fecali • Escherichia coli • Salmonelle

Tabella 1 - Parametri usati per caratterizzare un'acqua reflua



Figura 1-Scarichi anomali derivanti dalla lavorazione delle olive



Figura 3-Scarichi anomali derivanti probabilmente da un caseificio (presenza di siero proveniente dalla lavorazione del latte)



Figura 2- Forte presenza di olii in fognatura di origine sconosciuta

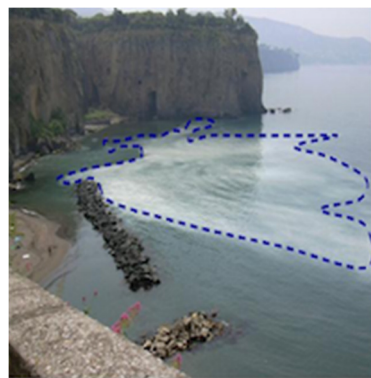


Figura 4 - Effetti nefasti sui corpi idrici ricettori degli scarichi anomali

L'insieme delle sostanze che inquinano le acque, rappresentano un carico ambientale che pone un problema di "ammissibilità", che abbiamo già visto nel paragrafo precedente, la normativa vigente, tenendo conto delle problematiche ambientali e di gestione tecnica del sistema fognario, disciplina ponendo dei limiti alle caratteristiche delle acque reflue.

Ovviamente questi limiti sono funzionali alla corretta gestione delle reti fognarie e degli impianti di depurazione.

Va da sé che è inammissibile scaricare in fognatura carcasse di animali o tronchi di alberi, così com'è inammissibile scaricare rifiuti tossici come solventi, vernici, piuttosto che composti radioattivi, che non potendo essere adeguatamente trattati dal sistema "fognatura-depurazione" causerebbero grossi danni all'ambiente e alla salute dell'uomo.

Allo stesso modo, sia la rete fognaria che gli impianti di depurazione, sono progettati sulla base di un dimensionamento che tiene conto sia delle portate da trasportare (Q , v), sia degli abitanti da servire in termini di carico organico (COD, SST).

Valori molto superiori possono mandare in crisi il sistema con rotture e/o lesioni che comportano, oltre all'emergenza del mancato esercizio, anche danni economici al gestore, il quale dovrà effettuare riparazioni e riqualificazioni ad impianti e condutture con aggravio dei costi sostenuti.

Quindi le problematiche di gestione del sistema fognario si sintetizzano nel controllo dell'ammissibilità o meno di scarichi fognari in termini di portata (quantità) e di caratteristiche entro i valori limiti normativi (qualità).

2.4 Controlli del Gestore di un infrastruttura fognaria

I controlli del Gestore si estrinsecano essenzialmente nell'attività di verifica ed ammissibilità o meno di scarichi in pubblica fognatura.

Questi controlli sono effettuati in base alla normativa vigente ed utilizzano dei Regolamenti di utenza.

In particolare il T.U. Ambientale stabilisce all'articolo 124 che tutti gli scarichi devono essere preventivamente autorizzati.

E per poter essere autorizzati essi devono rispettare valori limiti di emissione previsti dalla normativa vigente e prescrizioni tecniche fornite dal gestore per l'allaccio a regola d'arte e lo scarico con portate congruenti all'esercizio in sicurezza dell'infrastruttura.

Dei valori limite, nonché della classificazione per l'ammissibilità delle acque reflue, abbiamo parlato nel paragrafo 2.2 del relativo Inquadramento Normativo.

E' evidente che quest'attività puntuale di controllo da parte del gestore, legata all'utenza nel momento dell'autorizzazione, non è efficace per il monitoraggio ambientale del sistema fognario, in quanto essa si esaurisce nella procedura di autorizzazione che si rinnova ogni 4 anni e nell'autocontrollo annuale da parte dell'utente.

Le problematiche del Gestore, invece, sono quotidiane.

Il gestore a norma dei Regolamenti, durante il suo esercizio, ha un piano di controllo delle utenze produttive e degli scarichi assimilati a domestici, che si svolge senza preavviso all'utenza, ma per quanto possa essere un deterrente

per scarichi fuori limite da parte dei titolari degli scarichi, non è efficace contro gli scarichi anomali e fraudolenti che si verificano attraverso caditoie e/o tombini stradali, in zone scarsamente o per nulla frequentate, in ore notturne o durante gli eventi pluviometrici che nascondono l'immissione illecita.

Pertanto lo “sforzo” del Gestore è di infittire il controllo ambientale attraverso l'ideazione di un sistema di monitoraggio ambientale che può declinarsi in un vero e proprio telecontrollo della rete fognaria.

In questo “sforzo” si configura la GORI S.p.a partecipando come stakeholder del progetto SIMONA oggetto di studio ed analisi della presente Tesi.

GORI è una società mista a prevalente capitale pubblico, la cui maggioranza (51%) è detenuta dall'Ente d'Ambito che è il consorzio obbligatorio dei 76 comuni ricadenti nell'A.T.O. n.3² Campania, situati nel territorio della Penisola Sorrentina e Isola di Capri, nell'area del Vesuvio (interno e costiero), nell'area dei Monti Lattari e nel bacino idrografico del fiume Sarno.

² Ambito Territoriale Ottimale Sarnese-Vesuviano individuato con Legge regionale n°14 del 1997, che ha suddiviso l'intero territorio della Regione Campania in 4 Ambiti Territoriali Ottimali in attuazione della ex Legge galli n.36/94. Le competenze sono state affidate al relativo Ente d'Ambito, che ha avuto compito (gli ente d'Ambito del SII sono stati poi aboliti dal governo Monti) di organizzare la gestione, definire il Piano d'Ambito e il sistema tariffario unico del S.I.I. nei comuni ricadenti nell'ambito. In particolare, l'Ente d'Ambito Sarnese Vesuviano nel 2002 ha individuato in GORI S.p.A. il soggetto gestore del Servizio Idrico Integrato.

3. Caso applicativo alla Gori S.p.a.: il progetto S.I.MON.A

3.1 Descrizione e partenariato del progetto S.I.MON.A

Il Progetto S.I.Mon.A. (Sistema Integrato di competenze per il MONitoraggio, la protezione ed il controllo delle infrastrutture idriche, fognarie ed Ambientali), finanziato nell'ambito del Bando "Campus dell'Innovazione" POR FESR 2007-2013 della Regione Campania sviluppa l'idea sperimentale di un monitoraggio pervasivo permanente delle infrastrutture fognarie. In particolare si pone l'obiettivo di mettere a punto un Sistema Integrato che consenta il monitoraggio diffuso delle infrastrutture idriche e fognarie, nonché il monitoraggio ambientale attraverso l'utilizzo di nodi multisensoriali eterogenei di derivazione commerciale o sperimentale/prototipali con un budget totale pari a circa 4.8 milioni di euro di cui il 52% finanziato dalla Regione Campania.

I soggetti partecipanti sono costituiti dal raggruppamento delle **6 imprese** per il **Partenariato industriale** e dall'**Organismo di Ricerca**³, tutti con sedi operative ubicate in Campania. Il partenariato industriale è costituito da 2 Grandi Imprese e 4 PMI come meglio specificato in tabella 2. Le Grandi Imprese, sono le società A.G.S. Scarl e GORI Spa che collaborano strettamente nell'ambito dei servizi e delle tecnologie a disposizione del comparto idrico integrato, tra l'altro GORI SpA possiede il 40% del capitale di A.G.S. Scarl. Le PMI sono Microlab srl, TEATEK srl, l'RDR srl, New Electra srl,

Tabella 2 – Il Partenariato industriale del progetto SIMONA

N.	IMPRESE	DIMENSIONE	% DI PARTECIPAZIONE AL PROGETTO
1	 ACEAGORI SERVIZI SCARL	Grande Impresa	21,86
2	 GORI SPA	Grande Impresa	5,19

³ L'ENEA è l'Agenzia nazionale per le nuove tecnologie, l'energia e lo sviluppo economico sostenibile che prende parte al progetto come organismo di ricerca. La sua attività, come definito dall'articolo 37 della Legge n. 99 del 23 luglio 2009, è finalizzata alla ricerca e all'innovazione tecnologica nonché alla prestazione di servizi avanzati nei settori dell'energia, con particolare riguardo al settore nucleare, e dello sviluppo economico sostenibile.

3		MICROLAB SRL	Piccola Impresa	4,14
4		NEW ELECTRA SRL	Piccola Impresa	4,14
5		RDR SRL	Media impresa	20,27
6		TEA TEK SRL	Piccola Impresa	8,28

Il raggruppamento di S.I.Mon.A., altresì si avvale della consulenza scientifica dei due **enti di ricerca specialisti nel settore Ambiente e Gestione delle acque** in possesso del Know how settoriale specifico indispensabile per la qualità della ricerca che si vuole sviluppare, necessarie a garantire il risultato. Elenco degli organismi di ricerca con subcontratto è in tabella 3.

Tabella 3 - Organismi di ricerca consulenti del progetto SIMONA

Link	Denominazione	Descrizione	Tipologia Ente
	Università degli Studi di Cassino e del Lazio Meridionale - "Dipartimento di Ingegneria Civile e Meccanica".	Università degli Studi	Pubblico
	WRc Water Research Centre (UK).	Centro di Ricerca	Privato

3.2 Obiettivi del progetto S.I.MON.A

S.I.MON.A. è un sistema di monitoraggio ambientale per la rapida individuazione di sostanze nocive o in concentrazioni non conformi ai limiti di legge, in fognatura e nei corpi idrici, con l'obiettivo di minimizzare i danni causati dagli scarichi anomali alla gestione del servizio idrico integrato. Il

perseguimento dei predetti obiettivi è complicato dal fatto che gli scarichi non autorizzati e/o non conformi hanno, di norma, carattere temporaneo.

Poiché è impossibile sorvegliare “manualmente” tutti i possibili punti di immissione, il progetto SIMONA vuole implementare una rete di sistemi di controllo e misura innovativi ed estremamente diffusa sul sistema fognario, in maniera tale da minimizzare il tempo necessario ad individuare una contaminazione.

Negli obiettivi del progetto SIMONA c'è stata, pertanto, la realizzazione di un Dimostratore prototipale in campo così costituito:

- Sistema di monitoraggio della qualità e della quantità costituito da sensori diffusi sul tratto di rete fognaria prescelto (vedi paragrafo 3.4);
- Sistema di trasmissione dei dati dai sensori al Centro di Elaborazione dei Dati dimensionato in funzione della scala del Dimostratore. E' stato utilizzato il sistema GSM con SIM su operatore VODAFONE, l'unico che garantiva una buona copertura di rete;
- Centro di Elaborazione dei Dati, nel quale confluiscono le misure dei sensori, attrezzato mediante hardware e software per la modellazione del sistema fognario e la soluzione del problema inverso volto alla localizzazione del punto di immissione di un contaminante, installato presso il centro di calcolo CESCO di ENEA - Portici

Ovviamente anche il Centro di Elaborazione dei Dati è stato dimensionato in funzione della scala del Dimostratore, esso potrà essere opportunamente potenziato in futuro per la realizzazione del monitoraggio di altri tratti di rete fognaria.

In particolare, lo sviluppo del Dimostratore SIMONA, si è avvalso della disponibilità degli impianti del S.I.I. della GORI SpA ed è stato installato su di un tratto del sistema fognario del Comune di Massa Lubrense (NA) che ha definito il sito pilota.

3.3 Sito pilota

Il sito su cui è stato installato il Dimostratore è stato individuato tenendo conto di alcune condizioni peculiari, in particolare:

- alto valore ambientale e paesaggistico;
- garantire la protezione del sistema da installare in modo da assicurare il corretto svolgimento delle attività di sperimentazione ed evitare il danneggiamento dello stesso;
- individuare i parametri di qualità e quantità dei reflui per la chiara vocazione economica e tipologica territoriale al fine di permettere di

caratterizzare lo standard del refluo atteso e di avere le condizioni per rilevare le anomalie e gli scostamenti non autorizzati;

- presenza di collettori che recapitano in un depuratore gestito da GORI tali da agevolare l'installazione del dimostratore nonché facilitare l'accesso ai punti oggetto di monitoraggio per il controllo del funzionamento e per l'acquisizione diretta dei risultati.

Sulla base di tutte queste considerazioni, è stato allestito il Dimostratore del Progetto S.I.Mon.A. su un tratto di sistema fognario nel Comune di Massa Lubrense. Il comune di Massa Lubrense conta poco più di 14.087 abitanti (censimento 2103), è situato agli estremi della Penisola Sorrentina, protesa verso l'isola di Capri ed è classificato morfologicamente come collinare. La sua estensione territoriale è di 19,71 Km² con una altezza sul livello del mare di 121 mt.

L'intera rete fognaria di Massa Lubrense risulta essere pari a 74,31 km e la sua consistenza può essere così sintetizzata:

Tabella 4 - Tipologia e consistenza del sistema fognario di Massa Lubrense (Na)

Rete Fognaria	Unità di misura	Totale
Rete nera	km	4,10
Rete mista	km	61,60
Canali fognari (rete mista)	km	1,97
Condotte di rilancio	km	6,64
scaricatori di piena con recapito in ambiente	n.	10
scaricatori di piena con recapito in condotta	n.	5
impianti di sollevamento attivi	n.	16
Depuratori	n.	2
Pozzetti censiti su rete fognaria gestita	n.	2341

I reflui prodotti dal comune di Massa Lubrense recapitano per il 90% presso i due depuratori, ubicati entro il territorio comunale:

1. Massa Centro, che raccoglie il 90% dei reflui convogliati, ed è situato sul versante nord;
2. Marina del Cantone, sul versante sud, che raccoglie il restante 10%;

mentre il restante 10% dei reflui prodotti dalla popolazione recapita nella rete fognaria del confinante comune di Sorrento.

3.4 Rete dei sensori

Tale sito è stato equipaggiato sia con sensoristica commerciale sia con strumentazione di misura prototipale, appositamente sviluppata nell'ambito del progetto.

3.4.1 Sensori Commerciali

L'implementazione in campo di un sistema pilota su piccola scala del sistema di monitoraggio, ha reso necessario l'approvvigionamento di sonde multiparametriche ed altra strumentazione convenzionale, idonei all'impiego anche con reflui fognari, da affiancare alle sonde prototipali affinché venga validato il monitoraggio dei principali parametri caratteristici, essenziali per l'identificazione di eventuali anomalie del refluo stesso.

Le centraline, comprensive di modem di trasmissione dati, ubicate nei siti identificati come CM1=CM1.3, CM2=CM2.1, CM3=CM3.1, CM4=CM4.1 rispettivamente: impianto di depurazione Massa Centro, impianto di sollevamento Torca Sant'Agata, impianto di sollevamento Gesiglione e impianto di sollevamento Marina della Lobra Alto, sono dettagliate nella tabella 5.

Tabella 5- Distribuzione dettagliata per punto di installazione dei sensori commerciali

ID di progetto SIMONA	Ubicazione	Sonda multiparametrica MP						Sensore Q	Sensore L	Sensore P
		pH	Conducibilità	Temp.	Solidi sospesi	COD	NH4	portata	Livello	Pluviometro
CM1	Depuratore di MASSA CENTRO	X	X	X	X	X	X	X	X	X
CM2	Sollevamento TORCA SANT'AGATA	X	X	X	X	X	X			X
CM3	Sollevamento GESIGLIONE	X	X	X	X	X	X			
CM4	Sollevamento MARINA della LOBRA ALTO	X	X	X	X	X	X	X	X	

La tipologia di sonde e i *range* di misura, per ciascun nodo sensoriale sono descritti nella seguente tabella 6.

Tabella 6 – Elenco Sensori commerciali e caratteristiche di misura

Sito	Sonda	Parametri	Unità di misura	Range
Massa Centro	Sonda Condu Lyser II pro	temperatura	°C	(-5-75)
		Conducibilità	μS/cm	0-2000
	Ammo Lyser II pro	Ammoniaca (NH4)	ppm	0-1000
		PH	-	0 - 14
	Carbo Lyser	COD	mg/l	0-3750
	NIVUS OCM-FM	Portata	l/s	(in base alle impostazioni e secondo le dimensioni del canale di installazione)
	NIVUS KDO-KP	Livello	cm	0-200
	HD2013R	Pluviometro	Impulso	Fornisce un impulso ogni 0,1 mm di pioggia
Marina della Lobra	Sonda Condu Lyser II pro	temperatura	°C	(-5-75)
		Conducibilità	μS/cm	0-2000
	Ammo Lyser II pro	Ammoniaca (NH4)	ppm	0-1000
		PH	-	0 - 14
	Carbo Lyser	COD	mg/l	0-3750
		Solidi Sospesi (TSS)	mg/l	0-2500
Pozzetto Marina Lobra	NIVUS OCM-FM	Portata	l/s	(in base alle impostazioni e secondo le dimensioni del canale di installazione)
	NIVUS KDO-KP	Livello	cm	0-200
Gesigione	Sonda Condu Lyser II pro	temperatura	°C	(-5-75)
		Conducibilità	μS/cm	0-2000
	Ammo Lyser II pro	Ammoniaca (NH4)	ppm	0-1000
		PH	-	0 - 14
	Carbo Lyser	COD	mg/l	0-3750
		Solidi Sospesi (TSS)	mg/l	0-2500
Torca	Sonda Condu Lyser II pro	temperatura	°C	(-5-75)
		Conducibilità	μS/cm	0-2000
	Ammo Lyser II pro	Ammoniaca (NH4)	ppm	0-1000
		PH	-	0 - 14
	Carbo Lyser	COD	mg/l	0-3750
		Solidi Sospesi (TSS)	mg/l	0-2500
	HD2013R	Pluviometro	Impulso	Fornisce un impulso ogni 0,1 mm di pioggia

3.4.2 Sensori prototipali

Il progetto SIMONA ha testato diverse tipologie di sensori prototipali:

- 4.1 Sensore ottico non a contatto di specie organiche in acque reflue
LOADMON ® (NON-CONTACT ORGANIC LOAD MONITOR) fornito con licenza d'uso da WRc plc (Water Research Centre -UK). L'attuale prototipo del Loadmon è installato sopra un canale presso il depuratore di Massa Centro a Massa Lubrense (vedi figura 5) ad una distanza di circa 1 metro dal pelo dell'acqua e acquisisce le informazioni attraverso 2 misurazioni ottiche separate, uno nell'infrarosso (IR) a 1300 nm e l'altra nell'ultravioletto (UV) a 275 nm da cui ricava le concentrazioni dei *solidi sospesi (SS)* e del carico organico come *domanda chimica di ossigeno (COD)*. In pratica il prototipo misura il modulo di luce diffusa dal campione e l'interferenza della concentrazione. La luce diffusa dalla superficie viene raccolta da lenti e focalizzata sui detector per l'IR e per l'UV. I fasci di luce e i detector sono disposti per prevenire la riflessione speculare ai detector (effetto specchio).

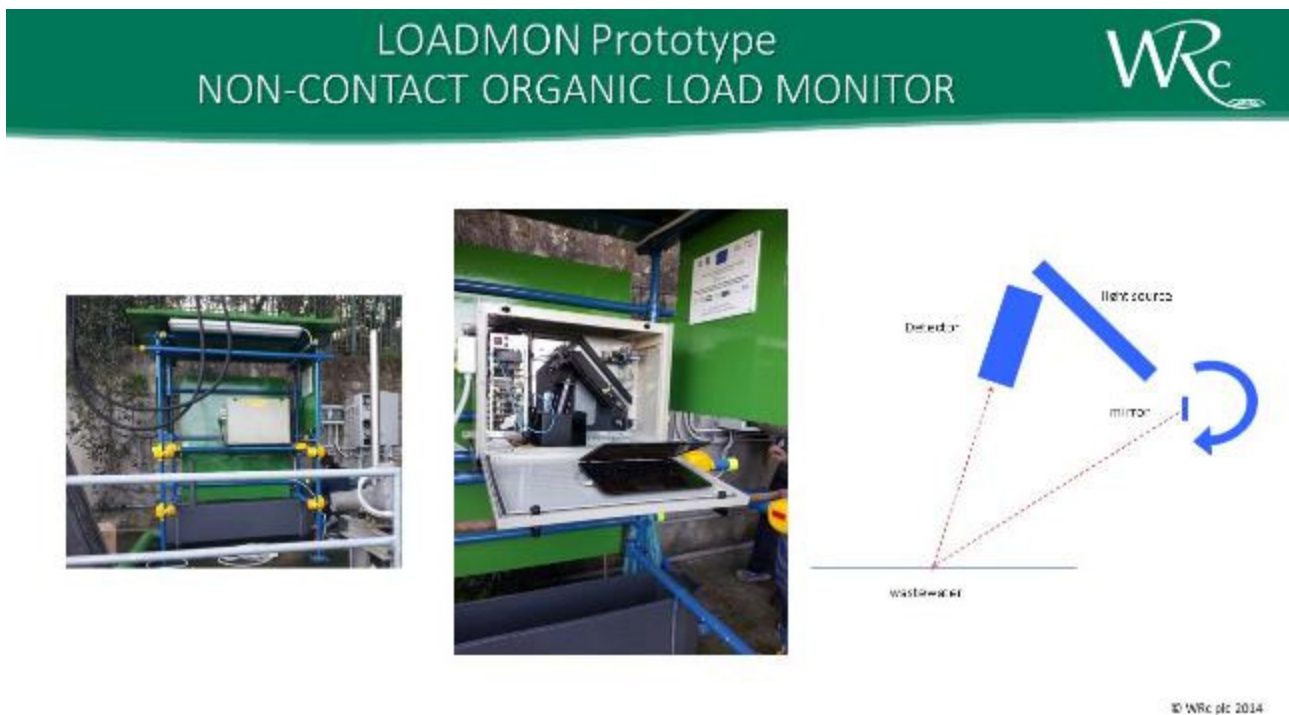


Figura 5- Sensore non a contatto di specie organiche in acque reflue: il Loadmon ®

Per l'interfaccia è usato il MATLAB la cui schermata è mostrata in figura 6. L'output del prototipo mostra i valori di luce diffusa nell'UV e nell'IR (dati in basso). Queste sono convertite nei trend di Solidi Sospesi SST e del carico organico come COD con apposite tabelle (lookup table) sviluppate da WRc in laboratorio su un numero molto elevato di osservazioni sperimentali di risposte di UV e IR di miscele

opportunamente costituite a differenti valori di carico organico e solidi sospesi che simulavano in laboratorio i reflui urbani.

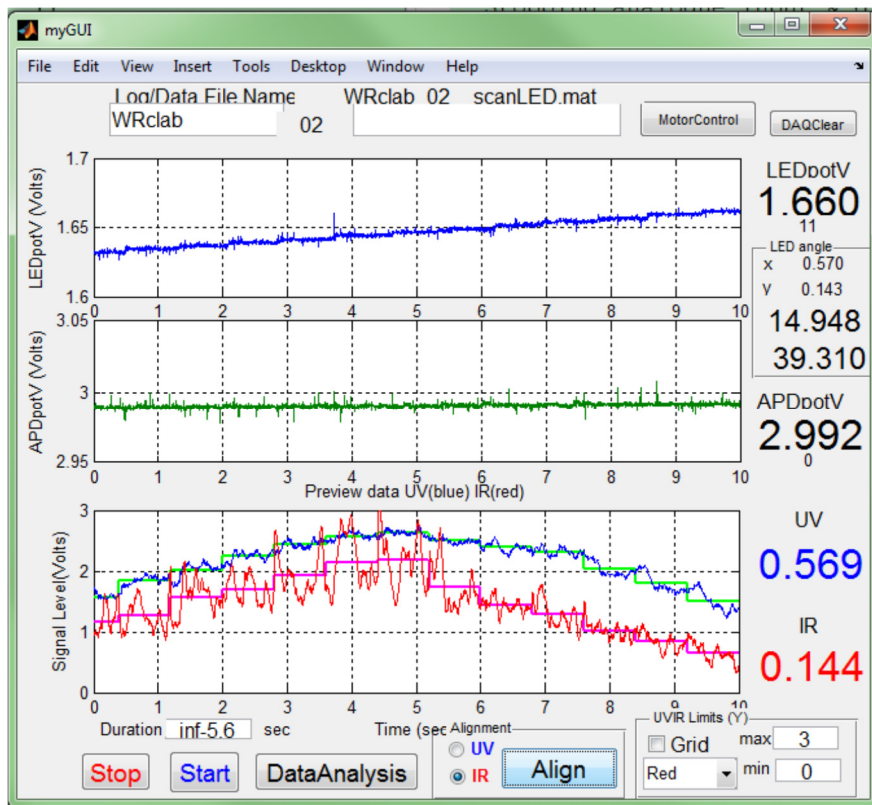


Figura 6 – Schermata di interfaccia del sensore prototipale LOADMON

- 4.1 Nodi multisensoriali intelligenti per il monitoraggio pervasivo sviluppati dal centro ENEA di Portici detti anche “nasi elettronici”. Questi sensori non sono a contatto e individuano lo scaricano anomalo dal cambiamento di stato dei “vapori” della fognatura, in particolare individuano valori di soglia di acido solfidrico (H_2S), temperatura (Tem.IR), la coppia temperatura e umidità (DHT11). Essi sono stati realizzati in modo che siano autonomi e a basso costo integrando piattaforme a microcontrollore industriali già sviluppate di derivazione open source (St-Nucleo) e sensori base low cost. Il sensore multi-parametrico naso elettronico è costituito da due parti, una costituita da una alloggiamento per sensori, l'altra per un alloggiamento del sistema e della scheda di trasmissione. Nella foto 7 si evidenziano la scatola sensori (quella più piccola), l'antenna di trasmissione (scatola più grande) e il connettore di collegamento.



Figura 7 – sensore multiparametrico ENEA anche detto naso elettronico

Nella foto 8 si vede l'installazione del naso elettronico in un tombino della fognatura.



Figura 8- Installazione naso elettronico in fognatura

- 4.2 Sensori presenza/assenza sviluppati anch'essi dal centro Enea di Portici. Tale sensoristica è del tipo ad immersione è limitata all'identificazione di presenza o meno di refluo in tratti alimentati da sfioratoi per individuare scarichi anomali in tempo asciutto dovuti a problemi di deflusso. Essa è costituita dal sensore Giavazzi collegato al sistema di trasmissione uguale a quello del naso elettronico. Il sensore Gavazzi ha mostrato caratteristiche chimico fisiche molto interessanti, infatti resiste ad ambienti acidi e basici, e ha un ottimo valore di resistenza meccanica. Tale caratteristiche sono molto importanti in fognatura, un ambiente tipicamente acido e quindi corrosivo. La sua forma a vite, come si può vedere dalla foto 9 e la spessa membrana di plastica permettono di resistere agli urti e alle sollecitazioni meccaniche.

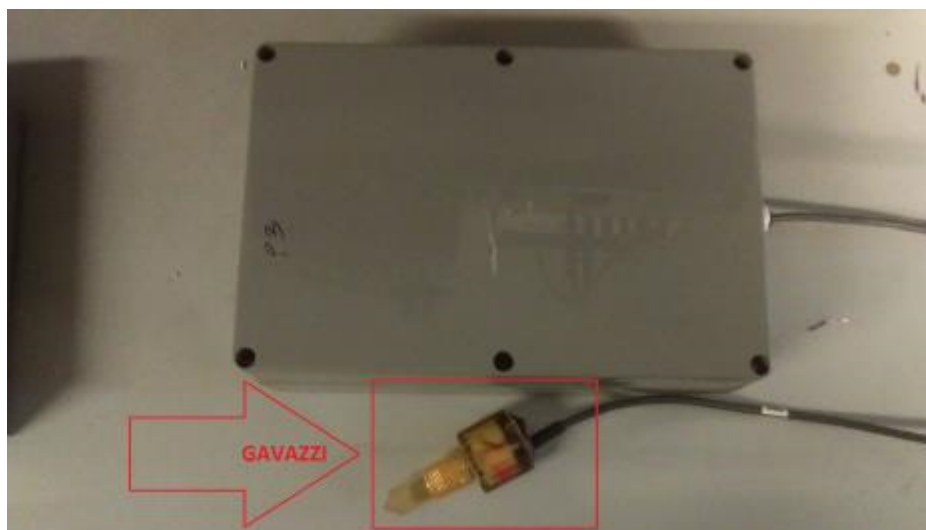


Figura 9 – Sensore prototipale ENEA presenza /assenza

Nella foto 10 si vede l’installazione del sensore presenza/assenza in un partitore della fognatura di Massa Lubrense in Via Rivo a Casa.



Figura 10 –Installazione sensore presenza/assenza in fognatura

3.4 Centro Servizi ed Interfaccia Utenti di SIMONA

Il dimostratore SIMONA è completato dal centro elaborazione dati che con la sua interfaccia utente (vedi foto 11) rappresenta il punto di integrazione dell’informazione prodotta dai nodi sensoriali e dell’analisi del flusso dati. Progettata secondo i più recenti standard di presentazione del dato geo-referenziato è basate su tecnologie GIS aperte e standard Sensor Web. L’ integrazione del dato sensoristico con modelli open source permette la predizione della qualità e della quantità del refluo in arrivo nei nodi della rete e al depuratore con opportuno anticipo permettendo all’ utenza di implementare azioni di mitigazione a protezione dell’impianto. Opportuni allarmi segnalano situazioni anomale basate sia sulle letture sensoriali che

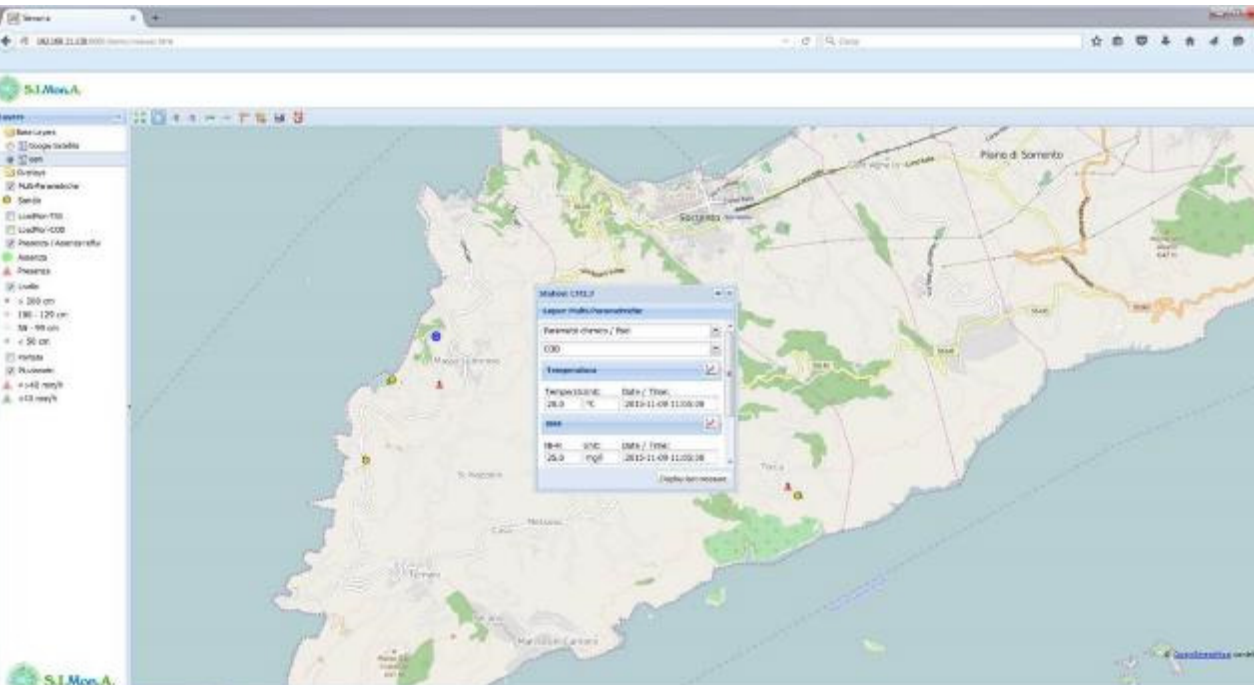


Figura 11 – Schermata dell'interfaccia utente del sistema SIMONA

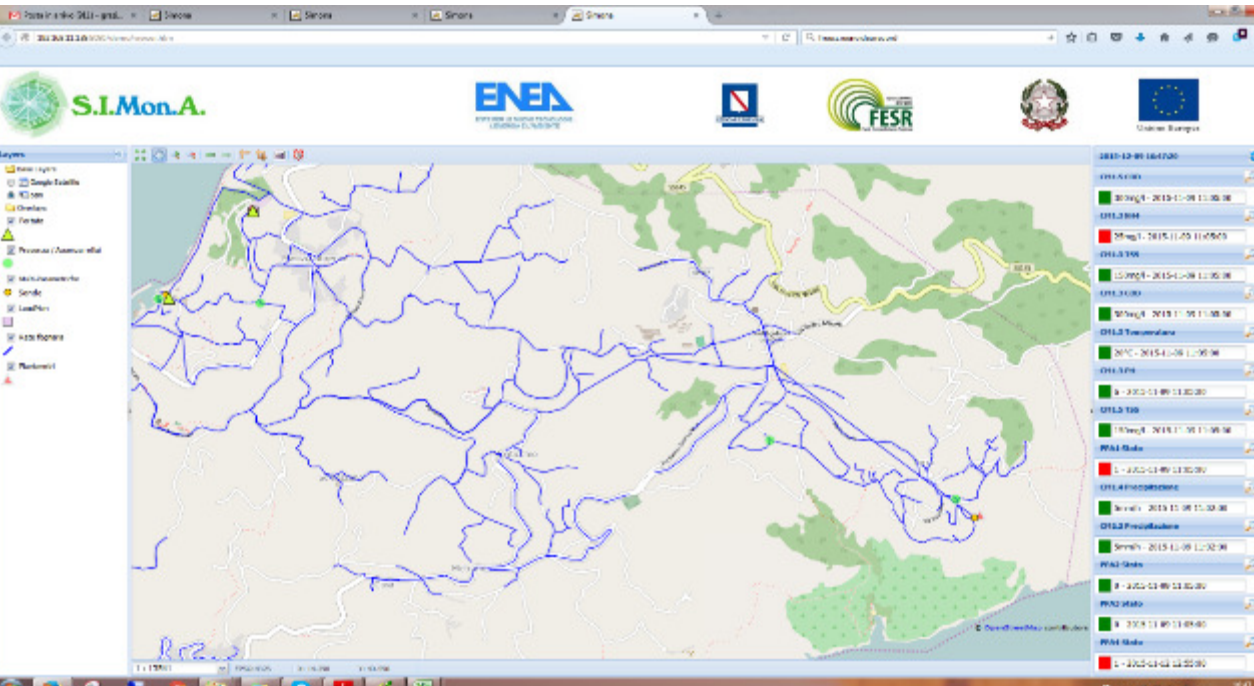


Figura 12 - Viewer con indicazione in tempo reale dello stato dei nodi sensoriali con lettura dei parametri principali.

4 Verifica ed Analisi dei dati della sperimentazione

Il presente lavoro di tesi si è concentrato sui soli dati estratti per il mese di Ottobre 2015, dalle sonde commerciali e, per gli scopi prefissati, mi sono limitata successivamente all'analisi dei dati di un solo nodo sensoriale, il CM1.3, installato al depuratore di Massa Centro.

4.1 Filtraggio quantitativo dei Dati

La prima operazione che ho eseguito, ugualmente per tutte le centraline, è stata quella di eliminare valori che si ripetono per lo stesso minuto, poiché la centralina è tarata per rilevare dati al minuto, è evidente che tali valori ripetuti indicano uno stallo della trasmissione e l'invio ripetuto dello stesso pacchetto dati.

Per correggere ciò, ho utilizzato, in Excel, la funzione SE, così da individuare i dati ripetuti allo stesso minuto e successivamente filtrarli per eliminarli.

The screenshot shows an Excel spreadsheet with the following columns: data, timestamp, latitudine, longitudine, CONDUCIBILITA' [microSiemens/cm], and TEMPERATURA [°C]. The formula bar displays the formula `=SE(C9740=C9741;"ELIMINA";0)`. A red circle highlights a row with a duplicate timestamp.

The screenshot shows a filtered version of the Excel spreadsheet. The formula bar displays the formula `=SE(C9740=C9741;"ELIMINA";0)`. A red circle highlights a row with a duplicate timestamp.

	B	C	D	E	F	G
1	data	timestamp	latitudine	longitudine	CONDUCIBILITA'	TEMPERATURA
2					[microSiemens/cm]	[°C]
9800	11/10/2015	16:46:48	14.341.146		4.063.357	681.9
9801	11/10/2015	16:47:48	14.341.146		4.063.357	685.9
9802	11/10/2015	16:48:48	14.341.146		4.063.357	685.9
9803	11/10/2015	16:49:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9804	11/10/2015	16:50:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9805	11/10/2015	16:51:48	14.341.146		4.063.357	681.9
9806	11/10/2015	16:52:48	14.341.146		4.063.357	689.9
9807	11/10/2015	16:53:48	14.341.146		4.063.357	685.9
9808	11/10/2015	16:54:48	14.341.146		4.063.357	685.9
9809	11/10/2015	16:55:48	14.341.146		4.063.357	681.9
9810	11/10/2015	16:56:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9811	11/10/2015	16:57:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9812	11/10/2015	16:58:48	14.341.146		4.063.357	673.9
9813	11/10/2015	16:59:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9814	11/10/2015	16:59:48	14.341.146		4.063.357	677.9
9815	11/10/2015	17:00:48	14.341.146		4.063.357	685.9
9816	11/10/2015	17:01:48	14.341.146		4.063.357	685.9

Figura 13 - funzione SE per filtraggio dati

Successivamente, si è proceduto ad una valutazione intrinseca della qualità del dato, tenendo conto sia dei range di funzionamento dei sensori installati e quindi dei valori di soglia (vedi tab.5), sia del valore “misurato” del parametro in esame se coerente o meno con i valori caratteristici di un acqua reflua urbana.

In particolare, abbiamo eliminato tutti:

- **valori nulli** perché non ammissibili per acque reflue e quindi da attribuire ad un mal funzionamento del sensore;

The screenshot shows the Microsoft Excel interface with the file 'CENTRALINI_COMMERCIALI_dati_ordinati'. The data table has columns: date, times, latitud, longitu, CONDUCTIBILITA', AMMONIACA (ione ammonio), TEMPER, and AMMONIACA. A red rectangular box highlights the 'AMMONIACA (ione ammonio)' column, indicating the selection of null values for filtering.

Figura 14 – filtraggio dati nulli

- **valori negativi** poiché li ho considerati “non misure” per cui ho considerato che il sensore ha segnalato una “non rilevazione” del dato e quindi indicatori di un mal funzionamento del sensore o del sistema di trasmissione dati;

The top screenshot shows the same Excel file with a black rectangular box highlighting the 'AMMONIACA (ione ammonio)' column, indicating the selection of negative values for filtering. An arrow points from this box to the bottom screenshot.

The bottom screenshot shows the filtered data table. The columns are: date, times, latitud, longitu, CONDUCTIBILITA', TEMPER, and AMMONIACA. The data rows are filtered to show only non-negative values for the 'AMMONIACA (ione ammonio)' column.

	A	B	C	D	E	F	G	H
	date	times	latitud	longitu	CONDUCTIBILITA'	TEMPER	AMMONIACA	
1379	01/10/2015	22:41:34	14.341146	4.063357	-214748364.8	22.3	125.6	
11761	12/10/2015	15:00:33	14.341146	4.063357	-214748364.8	20.9	64.1	
18681	16/10/2015	22:10:28	14.341146	4.063357	-214748364.8	20.8	109.6	
24972	30/10/2015	21:52:56	14.341146	4.063357	-214748364.8	18.1	35	

Figura 15 – filtraggio dati negativi

- **valori con cifre significative elevate** con ordini di grandezza molto superiori ai limiti di soglia di rilevazione delle sonde e comunque definibili “dati non attendibili” per le caratteristiche di un’acqua reflua (per esempio: è palesemente un dato da scartare un valore “misurato” di 200191,9 $\mu\text{S}/\text{cm}$ per la conducibilità sia perché fuori *range* della sonda, sia perché impossibile da attribuire a un’acqua reflua);

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
		date	times	latitud	longitud	CONDUCIBILITA'	TEMPER	AMMONIACA (ione ammonio)	pH	COD	SOLIDI SOSPE	PORTAT	VELOCITA'	PLUVIOM	LIVELLO
952	CM1.3,"01/10/15"	01/10/2015	15:48:25	14.341146	4.063.35	5039.9	21.9	98.1	8.1	1242.1	354.5	74.9	164.1	0	0
13214	CM1.3,"13/10/15"	13/10/2015	10:21:58	14.341146	4.063.35	200191.9	19.5	107.6	8.5	1730.1	641	69.5	137.2	9	0
13215	CM1.3,"13/10/15"	13/10/2015	10:22:58	14.341146	4.063.35	198143.9	20	81.1	7.2	1714.1	629	75.7	147.2	9	0
17908	CM1.3,"16/10/15"	16/10/2015	09:17:51	14.341146	4.063.35	205311.9	18.8	218.2	7	1650.1	508.5	88.6	148.2	81	0
21864	CM1.3,"24/10/15"	24/10/2015	17:06:27	14.341146	4.063.35	11359.9	19.5	32.8	7.3	2308.3	1138.1	69.7	137.3	410	0
24294	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:22:43	14.341146	4.063.35	13215.9	18.8	29.1	7.6	2068.3	641	12.3	64.3	480	0
24295	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:23:43	14.341146	4.063.35	15199.9	18.8	27.5	7.6	2068.3	657	83.3	158.2	480	0
24296	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:24:43	14.341146	4.063.35	11295.9	18.6	26.7	7.6	1962.1	561	65.9	162	480	0

	A	B	C	D	E	F	G	H
		date	times	latitud	longitud	CONDUCIBILITA'	TEMPER	AMMONIACA (ione ammonio)
952	CM1.3,"01/10/15"	01/10/2015	15:48:25	14.341146	4.063.35	5039.9	21.9	98.1
13214	CM1.3,"13/10/15"	13/10/2015	10:21:58	14.341146	4.063.35	200191.9	19.5	107.6
13215	CM1.3,"13/10/15"	13/10/2015	10:22:58	14.341146	4.063.35	198143.9	20	81.1
17908	CM1.3,"16/10/15"	16/10/2015	09:17:51	14.341146	4.063.35	205311.9	18.8	218.2
21864	CM1.3,"24/10/15"	24/10/2015	17:06:27	14.341146	4.063.35	11359.9	19.5	32.8
24294	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:22:43	14.341146	4.063.35	13215.9	18.8	29.1
24295	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:23:43	14.341146	4.063.35	15199.9	18.8	27.5
24296	CM1.3,"30/10/15"	30/10/2015	11:24:43	14.341146	4.063.35	11295.9	18.6	26.7

Figura 16 – filtraggio dati fuori range

- **valori inattendibili** cioè i valori rilevati vicini ai valori soglia, che ho eliminato perché, analizzando l'intero pacchetto dati, per minuto e per ciascun sito in esame, si è evinto il malfunzionamento dell'intero sistema installato, compresa la trasmissione dati (per esempio, ho scartato dati di

conducibilità superiori a 3000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ in corrispondenza di minuti vuoti di dati di SST e COD).

The screenshot shows a Microsoft Excel spreadsheet with a large table of data. A red rectangle highlights a specific column of data, and an arrow points from it to a zoomed-in view of that column below.

E	F	G	H	I	J	K
	CONDUCIBILITA'	TEMPERATURA	AMMONIACA (ione ammonio)	PH	COD	SOLIDI SOSPE
	4.063.35	1091.9	21.1	59	6	
	4.063.35	1099.9	21.1	58.3	6	
	4.063.35	641.9	20.5	55.6	6.2	
	4.063.35	937.9	22	105.1	5.5	
	4.063.35	932.9	22	104.6	5.5	
	4.063.35	793.9	21.6	151.2	5.4	
	4.063.35	1323.9	22.1	49	6.6	
	4.063.35	1331.9	22	49	6.6	
	4.063.35	1187.9	22	50.3	6.6	
	4.063.35	1187.9	22.1	50.8	6.6	
	4.063.35	1459.9	22.8	118.1	6.5	
	4.063.35	1459.9	22.8	118.1	6.5	
	4.063.35	1467.9	22.5	126.6	6.6	
	4.063.35	1467.9	22.5	127.1	6.6	
	4.063.35	310.9	22	32.8	6.2	
	4.063.35	354.9	21.6	38	6.4	
	4.063.35	354.9	21.6	38	6.4	
	4.063.35	354.9	21.6	38	6.4	
	4.063.35	354.9	21.6	38	6.4	
	4.063.35	653.9	20.1	93.6	7.3	
	4.063.35	805.9	22	97.6	6.5	
	4.063.35	793.9	22	102.6	6.1	
	4.063.35	793.9	22	96.1	6.1	
	4.063.35	769.9	21.5	71.6	7.1	
	4.063.35	517.9	19.8	49	6.5	
	4.063.35	513.9	19.8	48.8	6.5	
	4.063.35	557.9	20	38.5	7.1	
	4.063.35	649.9	21	47.5	7	
	4.063.35	557.9	20.8	105.1	6.1	
	4.063.35	1059.9	20.5	79.1	6.5	
	4.063.35	1323.9	19.4	44.5	7.3	
	4.063.35	717.9	19	65.1	6.6	
	4.063.35	709.9	18.1	30.5	7.1	
	4.063.35	733.9	18.1	30.5	7.1	

Figura 17 – filtraggio dati inattendibili

Tali valori inattendibili trovano motivazione nel fatto che bisogna tener conto delle eventuali interferenze esterne al funzionamento sia dei sensori che della connettività (condizioni meteo e/o carichi di materiali grossolani che ostruirebbero gli strumenti). Infatti una condizione iniziale per l'analisi dell'intero sistema installato è che le sonde fossero immerse nei reflui da monitorare (sonde a contatto).

4.2 Filtraggio qualitativo per singolo parametro

Successivamente, per ogni singolo parametro, si è preventivamente definiti, dei criteri di pulizia ed attendibilità dei dati relativi ai parametri presi in esame.

Poiché negli impianti di depurazione biologica, è evidente che ogni fattore che può influenzare la crescita microbica si ripercuote sugli effetti di questa crescita e cioè la depurazione, è importante conoscere le condizioni ambientali adatte ai microrganismi saprofitici e i fattori qualitativi che li influenzano negativamente: **conducibilità, temperatura, pH, ammoniaca, COD, SST** e i fattori di tipo qualitativo: **portata, livello, precipitazioni**.

Quindi, per ciascun parametro caratteristico della depurazione, rilevato dalle centraline commerciali, ho proceduto ad individuare tutti i valori anomali.

4.2.1 Conducibilità

La conducibilità è un buon indicatore del grado di impurità nelle acque correnti, dove per impurità si intendono i Sali disciolti che rendono l'acqua capace di condurre elettricità.

Può essere considerata in un *range* fino a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, valore limite di scheda tecnica del sensore installato:

- in **CM1.3(Massa)** varia da 100 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$, tenendo conto che in fase di pulizia ho riscontrato *valori inattendibili, valori negativi, e valori con cifre significative elevate*;
- in **CM2.1(Torca)** varia da 2 a circa 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- in **CM3.1 (Gesiglione)** varia da 300 a circa 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$;
- in **CM4.1 (Lobra)** varia da 200 a circa 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Si segnala che per gli ultimi tre siti in esame, in fase di pulizia, non ho riscontrato alcun tipo di valore atipico (i.e. nulli, negativi, con cifre significative elevate, inattendibili, etc.).

4.2.2 Temperatura

È noto che la temperatura influenza tutte le reazioni chimiche e biologiche: per quanto riguarda la grande maggioranza dei batteri eterotrofi l'optimum di temperatura in un impianto di depurazione si aggira attorno ai 30°C mentre il campo di massima variabilità oscilla dai 4 ai 40°C.

Nel caso in esame, secondo scheda tecnica e capacità sensoristica della sonda di trasmissione, può essere considerata in un *range* variabile tra - 5 e 75 °C, e nei siti in esame, in accordo anche con le medie stagionali, è risultata sempre entro *range* senza alcun tipo di valore atipico.

- in **CM1.3** varia tra 12 e 30°C
- in **CM2.1** varia tra 13 e 24°C
- in **CM3.1** varia tra 18 e 25°C
- in **CM4.1** varia tra 17 e 21°C

4.2.3 pH

Il pH è la misura del contenuto acido dell'acqua in base al quale è possibile definire un'acqua pura quando presenta reazione neutra ($\text{pH}=0$, cioè quando contiene la stessa quantità di acidi e di basi. L'acidità è data dalla quantità di ioni H^+ liberi, presenti in soluzione, che influenzano i processi biologici in termini di velocità di reazioni enzimatiche, questo perché ogni enzima ha un suo optimum di attività o un determinato pH al di fuori del quale la velocità della reazione diminuisce.

Il campo di massima variabilità entro il quale possono operare i sistemi biologici varia da $\text{pH}=5$ a $\text{pH}=9$ con un optimum compreso tra 6 e 8.

Nel caso in esame, il range di scheda tecnica e capacità sensoristica, è variabile tra 0 -14, ed in ciascun sito ho rilevato che il pH varia:

- in **CM1.3** tra 5 e 7 di cui l'unico valore atipico rilevato è stato un *valore nullo*;
- in **CM2.1** tra 0.7 e 11;
- in **CM3.1** tra 6 e 9;
- in **CM4.1** tra 6 e 8.

4.2.4 Ammoniaca

Per Ammoniaca si intende la concentrazione di ione ammonio (NH_4^+) che comporta la “nitrificazione” delle acque reflue che è un processo di ossidazione biologica dei composti inorganici dell'azoto allo stato ridotto. Tale processo viene svolto da batteri autotrofi in grado cioè di utilizzare, per la sintesi cellulare, il Carbonio inorganico (CO_2) e di trarre l'energia necessaria alla crescita e al metabolismo, a partire dall'ossidazione dell'ammoniaca e poi dei nitriti.

Osservando l'ammoniaca, nel range di scheda tecnica e capacità sensoristica, rientra tra 0-1000 mg/l, che ho rilevato essere nei vari siti variabile

- in **CM1.3** tra 12 e circa 300 mg/l in cui ho rilevato alcuni *valori nulli*;
- in **CM2.1** varia tra 0.1 a quasi 2000 mg/l in cui si rilevano alcuni *valori inattendibili* nella pulizia dei dati;
- in **CM3.1** varia tra 25 e quasi 2000 mg/l, in cui ho rilevato alcuni *valori nulli*;
- in **CM4.1** varia tra 5 e circa 70 mg/l che risulta essere l'unico sito in cui *non ho rilevato* valori anomali.

4.2.5 COD

Il COD sta per “Chemical Oxygen Demand” cioè domanda chimica di ossigeno e rappresenta la quantità di Ossigeno necessaria per la completa

ossidazione dei composti organici ed inorganici presenti in un campione d'acqua reflua. Rappresenta quindi un indice che misura il grado di inquinamento dell'acqua da parte di sostanze ossidabili principalmente organiche.

Secondo scheda tecnica e capacità sensoristica esso rientra in un range di 0-3750 mg/l, ma nei siti in esame è risultato variabile:

- in **CM1.3** tra 300 e i 2500 mg/l, in cui ho rilevato solo *valori nulli*;
- in **CM2.1** tra 300 e circa 2000mg/l, in cui ho individuato *valori negativi, valori con cifre significative elevate, valori nulli*;
- in **CM3.1** tra circa 500 e circa 2000 mg/l; in cui ho rilevato solo *valori nulli*
- in **CM4.1** tra 100 e circa 500mg/l; in cui ho rilevato solo *valori nulli*.

4.2.6 SST

Per SST si intendono i “Solidi Sospesi totali”, cioè tutte le sostanze disciolte e in sospensione in un' acqua naturale o di scarico, il cui contenuto può variare a causa di fenomeni naturali o in seguito allo scarico di reflui.

Dalla differenza tra il valore dei Solidi Totali (ST) e quello dei Solidi Totali Disciolti è possibile valutare il contenuto dei Solidi Sospesi Totali.

Essi dovrebbero trovarsi in un range di scheda tecnica compresi tra 0-2500 mg/l, ma per i siti in esame variano:

- in **CM1.3** tra 80 e 4000 mg/l, in cui sono andata ad eliminare i *valori nulli* e con *cifre significative elevate*;
- in **CM2.1** tra 300 e circa 2000 mg/l, in cui ho rilevato solo *valori nulli* di SST che per questo sito coincidono con gli stessi valori nulli di COD;
- in **CM3.1** tra 400 e 3000 mg/l, i cui sono andata a scartare i *valori nulli* trovati.

Posso notare come per i siti **CM1.3** e **CM3.1** i valori rientrano in un range leggermente superiore al limite imposto dal range di scheda tecnica, ma nella piena capacità sensoristica della centralina:

- in **CM4.1** tra 200 e circa 400 mg/l, considerando che ho dovuto eliminare i *valori nulli*.

In questo sito anche per gli SST, così come nel caso del COD, nella pulizia dei dati non sono emersi *valori negativi, con cifre significative elevate e inattendibili*; quindi posso dire che le sonde hanno funzionato regolarmente.

4.2.7 Portata

La portata di liquame è misurata in litri al secondo ed è ovviamente legata alla dotazione idrica cioè a quella quantità di acqua potabile fornita agli utenti, che in parte verrà utilizzata ed in parte dispersa, dopo di che

un'aliquota considerevole di essa raggiungerà l'impianto fognario in termini di *portata media nera* $Q_{m,n}$. In sistemi fognari misti, in cui le acque piovane scorrono insieme ai liquami, durante gli eventi piovosi, la portata può arrivare fino a 100 la $Q_{m,n}$; per cui in questi casi entrano in azione i partitori che deviano gran parte dei liquami direttamente verso il corpo idrico ricettore (essendo i liquami a contatto con acque piovane estremamente diluiti) così che a valle del collettore e quindi all'ingresso dell'impianto di depurazione arrivi una portata pari circa a 5-6 volte la $Q_{m,n}$. Diventa quindi importante controllare l'andamento della portata circolante nella rete fognaria. Nel progetto SIMONA sono stati installati due misuratori di portata in CM1.3 e CM4.1, il primo nel canale di arrivo al depuratore di Massa Centro ed il secondo nel canale di arrivo al sollevamento Marina della Lobra. Sono sonde dello stesso tipo, in particolare sono sonde di velocità complete di livello a battente idrostatico, e nel dettaglio hanno misurato portate:

- in **CM1.3** variabili tra 0,1 e quasi 200 l/s alla **velocità** compresa tra 50 e circa 600 cm/s, in cui sono andata a pulire il dato rendendo vuota la cella in cui il sensore mi registrava un *valore nullo* di portata perché non può essere tale visto che le sonde sono immerse;
- in **CM4.1** variabili tra 0 e 25 l/s alla velocità compresa tra 0.1 e 100 cm/s, in cui il refluo ha presentato dei *valori negativi*.

4.2.8 Livello

Per livello si intende il battente (altezza idrica o differenza di quota tra il punto più alto della luce e il pelo libero a valle) del canale e/o condotta fognaria e secondo il *range* di scheda tecnica del sensore installato può essere misurata se contenuta tra 0-200 cm; nei siti in esame ho rilevato che:

- in **CM1.3** il sensore è stato installato nel canale di arrivo al depuratore che funziona a sezione quasi piena, il dato rilevato, si mantiene costante su un valore di 0 cm ed in pratica per non ha mai trasmesso alcun dato, quindi non ha mai funzionato;
- in **CM4.1** varia tra 0 e 100 cm, ed ho rilevato la presenza di *valori negativi*.

4.2.9 Dati Pluviometrici

I pluviometri sono stati installati, nella prima settimana di ottobre 2015 solo nei due siti di Massa Centro e Torca che rappresentano anche i due versanti della penisola e quindi due diverse condizioni meteo. Il livello delle precipitazioni registrate nei siti in esame risulta essere un dato variabile

- in **CM1.3** varia tra a 0 e 500 mm
- in **CM2.1** varia tra 8 e circa 100 mm

Essendo i pluviometri installati, del tipo a vaschetta basculante, con area di raccolta 400 cmq, e dimensioni della vaschetta di raccolta H350xD224 mm, molti dati rilevati al sito CM1.3 sono fuori *range* e pertanto inattendibili.

4.3 Analisi dei Dati

Per gli scopi del presente lavoro di tesi, mi sono concentrata sul solo sito CM1.3 relativo al depuratore di Massa Centro, punto terminale dell'intero sistema fognario di Massa Lubrense.

I dati raccolti dal nodo sensoriale **CM1.3** sono disponibili solo per **19 giorni** sui 31 del mese di ottobre ed in particolare nei giorni:

1, 2, 3, 4, 5, 6, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 23, 24, 29, 30, 31

Nel dettaglio, la trasmissione dati è attiva

-Dall'1 al 5 ottobre , dall'11 al 13 ottobre , dal 15 al 17ottobre, e dal 30 al 31 ottobre per 24 ore

-il giorno 6 ottobre per 20 ore e cioè dalle 00:00 alle 19:00

-Il giorno 10 ottobre per sole 3 ore cioè dalle 21.00 alle 23.00

-il giorno 14 ottobre per 23 ore poiché salta la trasmissione dati alle 21.00

-il giorno 23ottobre per 14 ore cioè dalle 9.00 alle 23.00

-il giorno 24ottobre per 11 ore cioè dalle 00.00 alle 03.00 per poi riprendere la trasmissione dalle 13.00 alle 19.00

-il giorno 29 ottobre per 16 ore cioè dalle 07.00 alle 22.00

Per un totale di **399 ore** su **744 ore** del mese di ottobre 2015.

Quindi diremo che, la percentuale di funzionamento del sistema di trasmissione dati, è del **54%** che può essere considerata una buona % se teniamo conto del carattere sperimentale del dimostratore SIMONA, ma troppo bassa per obiettivi di monitoraggio continuo di una rete fognaria oggetto di sversamento da parte di illeciti.

I dati sono stati elaborati ottenendo:

- medie MENSILI
- medie SETTIMANALI
- medie GIORNALIERE
- medie ORARIE
- varianze di ogni singolo parametro
- covarianze delle coppie di parametri:

- (pH, ammoniaca)
- (conducibilità, temperatura)
- (cod; sst)
- correlazioni tra parametri.

All'esito delle mie elaborazioni, è emerso che la grande variabilità dei dati, dovuta soprattutto al malfunzionamento delle sonde che si sono andate progressivamente "sporcando" nel tempo, e alla fragilità della connessione dati, non mi rendeva possibile una reale ed esaustiva interpretazione dei dati. Pertanto, il presente lavoro si è incentrato in particolare sull'osservazione delle medie.

4.3.1 Calcolo medie

Per Media ho inteso e calcolato, il valore $E[X]$ intermedio della variabile X (dato trasmesso) tra i valori estremi, inferiore e superiore, misurati in un dato intervallo. Purtroppo, per ciascun intervallo investigato, orario, giornaliero, settimanale e mensile, non abbiamo tutti i dati al minuto. Infatti per quanto i sensori fossero tarati per fornire misurazioni al minuto, il pacchetto dati analizzato è incompleto perché funzione di sia una trasmissione dati soggetta a grosse problematiche di connettività (operatore TIM con scarsa copertura e stabilità del segnale, poi sostituito con VODAFONE, condizioni meteo variabili, etc.) sia di problematiche di misura legate allo stato dei sensori, per esempio, in alcuni casi hanno misurato incrostazioni della sonda stessa e/o materiali grossolani che ostruivano temporaneamente la strumentazione.

- Le medie orarie sono state calcolate facendo la media aritmetica tra i dati disponibili dalle 00:00:25 alle 00:59:25 di ciascuna ora.
- Le medie giornaliere sono state calcolate come media aritmetica tra i dati trasmessi dalle 00:00:25 alle 23:29:25 di ciascun giorno.
- Analogamente le medie settimanali sono state calcolate come media aritmetica dei dati dalle 00:00:25 del lunedì alle 23:59:25 della domenica.
- Le medie mensili sono invece state calcolate come media aritmetica di tutti i dati verificati (circa 24.000 valori) trasmessi dalle singole sonde per ciascun parametro monitorato.

Ho escluso dalle elaborazioni

- il "livello", risultato nullo in ciascuna sua misurazione temporale
- le "precipitazioni" misurate al pluviometro, considerando solo il dato avvenuta pioggia.

I dati elaborati sono riportati nella tabella 7.

		CONDUCIBILITA'	TEMPERATURA	AMMONIACA	PH	COD	SST	PORTATA	VELOCITA'	PIOGGIA
		[microSiemens/cm]	[°C]	[mg/l]		[mg/l]	[mg/l]	[l/s]	[cm/s]	
media mensile	ott-15	905.83	20.71	82.55	6.67	1567.13	579.47	63.84	167.63	
media settimanale	01/10/2015-04/10/2015	981.00	21.69	112.86	6.08	1096.59	320.97	60.73	160.66	
	05/10/2015-11/10/2015	1130.54	21.98	95.41	6.64	1351.66	530.80	68.98	198.45	
	12/10/2015-18/10/2015	789.64	20.53	74.98	6.82	1665.46	641.96	62.35	152.08	
	19/10/2015-25/10/2015	1075.63	18.96	43.17	7.21	2276.43	1110.42	60.70	132.47	
	26/10/2015-31/10/2015	760.28	18.64	48.69	7.15	2042.77	663.46	66.44	180.56	
media giornaliera	01/10/2015	918.85	21.34	91.11	6.11	1060.36	437.75	65.94	254.33	SI
	02/10/2015	962.54	21.68	141.54	5.48	1012.53	225.08	59.51	139.21	SI
	03/10/2015	1033.02	21.94	132.47	6.28	1132.96	303.85	66.21	138.75	NO
	04/10/2015	1008.85	21.82	84.87	6.46	1184.45	319.81	51.62	110.11	SI
	05/10/2015	1393.33	22.59	132.49	6.50	1278.84	368.43	65.41	153.67	SI
	06/10/2015	1528.29	22.15	91.37	6.85	1263.32	354.27	52.80	127.18	NO
	10/10/2015	282.16	21.45	54.67	5.98	1201.32	375.43	38.86	545.91	SI
	11/10/2015	685.58	21.40	72.36	6.67	1506.10	835.55	87.42	252.55	SI
	12/10/2015	919.19	19.82	71.97	6.99	1387.19	353.17	51.98	119.70	NO
	13/10/2015	858.18	20.54	62.06	6.91	1617.19	550.71	63.13	139.08	NO
	14/10/2015	855.93	20.82	56.84	7.10	1804.03	770.68	57.66	140.28	SI
	15/10/2015	501.40	21.29	61.54	6.66	1578.61	739.63	75.69	220.87	SI
	16/10/2015	905.77	20.51	131.28	6.52	1656.00	551.38	59.87	122.70	NO
	17/10/2015	691.16	20.29	71.26	6.68	2006.13	934.29	66.64	171.63	SI
	23/10/2015	1082.40	18.71	37.26	7.32	2251.96	1068.95	59.52	130.39	NO
	24/10/2015	1065.46	19.31	51.92	7.06	2312.80	1171.98	62.45	135.55	NO
	29/10/2015	880.58	18.71	53.92	7.14	2114.55	760.91	77.55	239.90	SI
	30/10/2015	790.73	18.61	44.43	7.17	1994.59	607.02	64.20	181.67	SI
	31/10/2015	626.27	18.63	48.97	7.13	2035.12	643.31	59.56	129.43	SI

Tabella 7– Riepilogo delle Medie calcolate

4.3.2 Considerazioni sulle medie mensili e settimanali

Se proviamo a fare dei grafici con le medie possiamo “vedere” il funzionamento della fognatura di Massa Lubrense nel mese di ottobre 2015.

Pertanto, sono andata a raffigurare graficamente tali medie orarie su un piano in cui in asse orizzontale c'è il tempo, nelle sue diverse aggregazioni temporali (settimane, giorni ed ore), mentre sul doppio asse verticale ho rappresentato, da un lato Conducibilità, COD, SST e, dall'altro, Temperatura, Ammoniaca, pH; così da riuscire a seguire gli andamenti di ciascun parametro.

Nel grafico di figura 18 delle medie settimanali i valori di COD e SST vanno aumentando raggiungendo un inspiegabile picco nella quarta settimana. Se guardiamo ai dati di pluviometro i giorni di pioggia sono distribuiti lungo tutto l'arco del mese e non c'è una settimana più piovosa, o successiva ad un periodo relativamente più asciutto, quindi non possiamo associare all'incremento di carico organico e/o di solidi sospesi legato al dilavamento pluviometrico urbano.

Analogamente, l'andamento decrescente dell'ammoniaca non trova spiegazione, non essendo stati rilevati nella quarta settimana particolari fenomeni di diluizione meteorica.

Anche l'andamento sinusoidale della conducibilità che cresce e decresce a settimane alterne non trova piena spiegazione, essendo incongruente con l'andamento medio delle portate nere urbane.

Il pH non ha grosse escursioni durante tutto il mese, mentre vediamo che la temperatura scende in accordo con le medie mensili che vanno abbassandosi con il sopraggiungere dell'inverno.

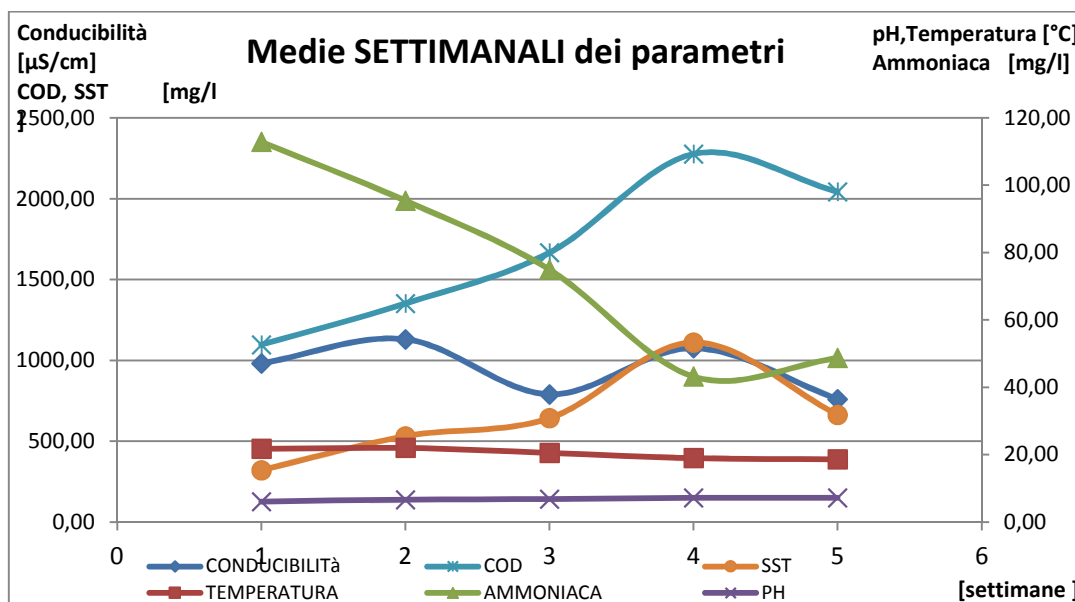


Figura 18 –Grafico rappresentativo delle Medie Settimanali di Conducibilità, COD, SST, T, NH₄, pH.

4.3.3 Considerazioni sulle medie giornaliere

Nel grafico di figura 19 sono invece rappresentate le medie giornaliere del mese di ottobre 2015 e notiamo, in accordo alle medie settimanali, una progressiva crescita del COD e degli SST, con diversi picchi in corrispondenza dei giorni di pioggia, ed un picco più elevato il 24/10 in corrispondenza però di un giorno asciutto, che potrei spiegare come l'effetto ritardato del dilavamento dato che la fognatura di Massa Lubrense, è interessata da 16 sollevamenti che in qualche modo fungono da bacini volano prima del rilancio al depuratore di Massa Centro.

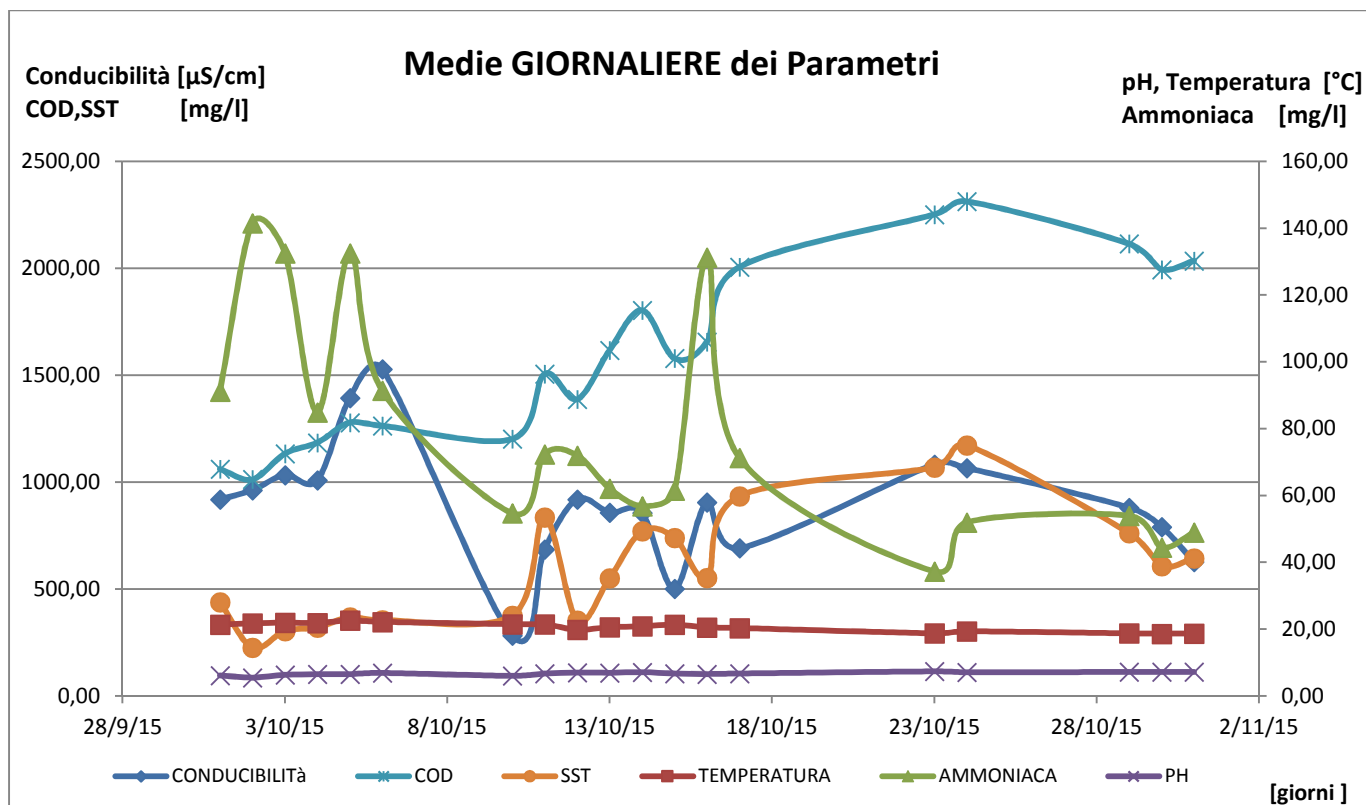


Figura 19 –Grafico rappresentativo delle Medie Giornaliere di Conducibilità, COD, SST, T, NH_4 , pH.

4.3.4 Considerazioni sulle medie orarie

Per poter procedere con un'analisi mirata all'individuazione di eventuali inquinanti e/o sversamenti illeciti, magari in ore notturne o durante eventi pluviometrici (che ben nascondono l'immissione illecita) ho dovuto necessariamente procedere con il calcolo delle medie Orarie dei 19 giorni in cui la trasmissione dati si è mostrata attiva che riporto nelle tabelle da 8 a 11.

medie ORARIE	CONDUCIBILITA' [microSiemens/cm]	TEMPERATURA [°C]	AMMONIACA [mg/l]	PH	COD [mg/l]	SST [mg/l]	PORTATA		VELOCITA' [cm/s]
							[l/s]		
01/10/2015-1	1048.14	22.19	90.02	6.74	887.21	194.57	30.89		97.13
01/10/2015-2	1122.43	22.12	80.37	6.83	919.27	211.66	30.55		97.42
01/10/2015-3	1118.73	21.70	69.40	6.81	838.84	211.56	30.10		82.77
01/10/2015-4	1056.37	21.61	65.25	6.55	807.29	220.65	30.10		80.95
01/10/2015-5	1029.66	21.31	67.78	6.14	845.03	194.91	30.10		76.12
01/10/2015-6	957.93	21.06	64.50	5.85	877.31	230.79	30.10		111.39
01/10/2015-7	772.10	20.18	66.79	6.05	1110.57	313.15	31.41		510.14
01/10/2015-8	418.21	19.46	58.14	6.12	978.36	249.13	20.90		580.44
01/10/2015-9	336.16	19.05	54.74	6.10	893.71	212.55	52.64		582.51
01/10/2015-10	403.14	19.70	59.24	6.10	891.83	211.90	97.38		567.40
01/10/2015-11	727.23	20.75	72.49	6.18	999.85	254.77	81.36		455.54
01/10/2015-12	703.63	20.83	87.97	6.19	952.17	222.80			484.48
01/10/2015-13	794.65	21.35	101.46	6.10	1931.93	2442.38	89.76		242.61
01/10/2015-14	937.83	21.64	102.76	6.11	1718.55	1738.59	89.76		229.86
01/10/2015-15	1203.17	21.59	100.69	6.10	1319.52	776.52	87.04		200.28
01/10/2015-16	1815.21	21.78	100.12	6.10	1230.57	538.23	91.48		210.55
01/10/2015-17	974.75	21.84	101.51	5.96	1128.69	399.15	77.61		190.34
01/10/2015-18	915.19	21.83	104.24	5.98	1036.37	312.33	82.75		194.74
01/10/2015-19	921.23	21.95	106.48	5.90	962.70	226.52	80.25		183.53
01/10/2015-20	936.97	21.97	116.10	5.96	949.69	201.81	79.32		180.84
01/10/2015-21	985.30	22.08	123.17	5.85	1015.31	267.68	84.49		187.41
01/10/2015-22	1034.73	22.07	123.85	5.67	1198.72	541.17	83.54		193.10
01/10/2015-23	1018.78	22.07	127.15	5.60	1015.39	220.17	87.24		188.08
01/10/2015-24	941.06	22.08	137.62	5.61	962.49	194.16	74.28		162.51
02/10/2015-1	859.43	21.94	138.89	5.74	949.96	184.50	74.71		158.83
02/10/2015-2	788.10	21.71	129.62	5.70	981.80	205.79	68.05		145.98
02/10/2015-3	853.62	21.58	128.91	5.70	956.23	187.75	57.21		126.85
02/10/2015-4	939.04	21.46	128.25	5.61	833.38	143.81	28.40		77.51
02/10/2015-5	1087.21	21.10	122.21	5.61	742.70	133.74	21.63		70.13
02/10/2015-6	906.48	21.56	129.49	5.67	891.98	170.68	49.70		115.32
02/10/2015-7	796.48	21.52	146.52	5.40	1019.76	224.50	66.47		146.13
02/10/2015-8	846.93	21.71	137.33	5.39	1021.53	223.35	72.96		155.45
02/10/2015-9	1340.60	21.79	148.63	5.36	1038.30	222.52	62.75		135.83
02/10/2015-10	1180.41	21.86	153.49	5.31	1063.55	230.62	53.62		111.89
02/10/2015-17	992.65	21.99	159.15	5.22	1034.55	220.38	50.54		102.42
02/10/2015-18	963.10	22.15	165.52	5.20	1046.96	231.04	55.43		113.38
02/10/2015-19	988.58	21.95	175.07	5.17	1033.51	222.59	53.99		109.29
02/10/2015-20	979.68	22.12	168.47	5.28	1032.60	223.99	54.98		115.77
02/10/2015-21	946.49	22.20	153.77	5.43	1033.24	221.91	57.63		114.70
02/10/2015-22	1005.83	22.15	175.45	5.45	1150.05	317.00	59.25		121.03
02/10/2015-23	1053.35	22.31	161.55	5.49	1105.71	260.37	61.76		123.82
02/10/2015-24	1041.52	22.32	158.20	5.50	1077.02	238.53	54.23		112.42
03/10/2015-1	1012.10	22.23	161.40	5.45	977.02	192.68	33.22		82.17
03/10/2015-2	970.30	21.96	169.88	5.35	966.55	187.39	27.05		74.62
03/10/2015-3	940.90	21.64	169.90	5.31	951.53	208.18	26.21		78.33
03/10/2015-4	938.98	21.75	157.98	5.32	965.37	300.80	22.72		72.95
03/10/2015-5	964.39	21.78	161.17	5.25	918.64	314.35	15.96		63.93
03/10/2015-6	929.03	21.54	160.47	5.21	864.72	274.99	13.41		64.35
03/10/2015-7	903.37	21.50	171.35	5.20	973.38	255.32	17.04		67.34
03/10/2015-8	959.17	21.54	178.31	5.11	1050.00	232.14	40.60		95.09
03/10/2015-9	1336.23	21.62	160.72	6.30	1338.76	417.95	105.45		209.00
03/10/2015-10	1741.57	21.84	140.62	7.07	1283.17	372.95	97.00		220.26
03/10/2015-11	1536.63	21.83	140.23	7.08	1213.04	314.16	89.81		192.46
03/10/2015-12	1181.27	22.03	130.24	7.00	1213.68	320.58	98.42		189.53
03/10/2015-13	1373.87	22.08	111.23	6.94	1168.20	290.82	83.25		150.04
03/10/2015-14	1343.17	22.09	110.27	6.80	1192.37	298.41	90.98		171.03
03/10/2015-15	871.10	22.14	113.61	6.85	1221.30	319.97	92.88		187.15
03/10/2015-16	802.41	22.19	105.80	6.87	1173.15	300.56	93.10		170.30
03/10/2015-17	819.80	22.18	102.44	6.88	1139.15	284.53	90.56		174.24
03/10/2015-18	794.63	22.08	101.75	6.89	1141.83	291.20	89.90		159.49
03/10/2015-19	830.67	21.99	104.04	6.92	1164.55	304.54	86.64		175.98
03/10/2015-20	887.01	21.95	104.05	6.86	1166.84	307.95	84.39		167.37
03/10/2015-21	1046.92	22.14	101.93	6.55	1335.74	411.24	79.75		150.52
03/10/2015-22	950.10	22.28	110.12	6.61	1253.30	354.67	68.30		137.28
03/10/2015-23	924.10	22.21	107.55	6.34	1348.78	427.64	72.89		143.05
03/10/2015-24	883.70	22.02	113.23	6.53	1170.63	309.20	65.42		131.26
04/10/2015-1	912.70	22.10	109.88	6.27	1217.97	333.83	75.14		137.88
04/10/2015-2	909.43	21.85	120.25	6.33	1203.30	333.01	55.27		109.57
04/10/2015-3	888.17	21.68	99.23	6.30	1023.45	240.21	25.58		75.88
04/10/2015-4	871.17	21.35	89.60	6.29	1119.52	390.11	23.02		71.28
04/10/2015-5	901.93	21.45	81.40	6.18	948.70	249.41	22.80		71.55
04/10/2015-6	865.37	21.01	77.08	6.42	985.77	349.18	25.19		71.75
04/10/2015-7	973.83	21.06	86.75	6.53	1041.71	328.56	27.74		75.94
04/10/2015-8	827.23	21.30	98.95	6.60	1080.42	258.72	37.01		83.81
04/10/2015-9	843.10	21.29	151.13	6.64	1198.90	307.87	51.88		105.36
04/10/2015-10	919.23	21.49	171.78	6.62	1402.90	425.73	72.09		142.34
04/10/2015-11	895.57	21.75	144.03	6.58	1285.17	346.67	77.50		156.43
04/10/2015-12	904.73	21.82	127.21	6.34	1260.07	345.75	68.87		139.67
04/10/2015-13	1035.80	21.86	105.27	6.40	1260.23	347.30	58.48		114.47
04/10/2015-14	2202.37	22.00	60.13	6.61	1253.83	335.40	72.93		146.82
04/10/2015-15	1365.63	21.94	49.91	6.63	1253.10	315.46	55.51		110.51
04/10/2015-16	1092.73	22.01	53.50	6.51	1275.75	328.88	60.76		126.56
04/10/2015-17	1026.83	22.06	50.29	6.50	1296.37	338.33	54.88		114.19
04/10/2015-18	1013.64	22.24	48.91	6.50	1191.91	295.66	53.03		116.90
04/10/2015-19	1000.39	22.26	50.04	6.50	1200.69	299.13	50.77		106.87
04/10/2015-20	973.58	22.13	49.58	6.55	1265.72	347.01	60.47		124.56
04/10/2015-21	952.61	21.87	48.75	6.56	1220.94	321.60	57.56		116.85
04/10/2015-22	944.48	22.15	52.52	6.49	1130.40	274.04	55.11		116.10
04/10/2015-23	946.77	22.38	58.43	6.40	1131.43	271.66	51.51		109.45
04/10/2015-24	978.97	22.50	62.47	6.40	1165.97	287.30	46.84		99.27

Tabella 8 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dall’1 al 4 ottobre 2015

medie ORARIE	CONDUCIBILITA' [microSiemens/cm]	TEMPERATURA [°C]	AMMONIACA [mg/l]	PH	COD [mg/l]	SST [mg/l]	PORTATA [l/s]	VELOCITA' [cm/s]
05/10/2015- 1	996.13	22.58	79.31	6.32	1137.44	277.92	45.14	104.34
05/10/2015- 2	987.57	22.67	133.56	6.09	1077.36	247.86	20.87	70.26
05/10/2015- 3	1091.93	22.85	143.62	6.00	967.60	197.83	12.68	59.84
05/10/2015- 4	1170.83	22.80	144.77	5.94	977.74	249.02	13.43	60.35
05/10/2015- 5	1175.29	22.96	141.27	5.80	1023.24	246.47	13.15	60.83
05/10/2015- 6	1199.77	22.84	139.45	5.70	993.59	247.67	16.89	67.88
05/10/2015- 7	1068.58	23.56	138.06	5.66	1151.07	277.62	31.53	84.15
05/10/2015- 8	1115.50	23.66	133.54	5.60	1242.37	326.00	47.66	102.01
05/10/2015- 9	1279.33	22.63	146.44	5.88	1541.78	525.74	79.87	183.56
05/10/2015- 10	1635.10	21.67	189.52	6.86	1555.51	563.59	97.64	229.38
05/10/2015- 11	1580.57	21.84	155.85	6.82	1402.10	436.88	88.90	183.46
05/10/2015- 12	1476.97	21.88	141.81	6.95	1372.63	410.60	86.41	185.72
05/10/2015- 13	1345.32	21.92	127.10	7.05	1321.29	382.94	86.41	176.15
05/10/2015- 14	2623.82	21.99	105.82	7.05	1347.83	402.90	89.39	174.09
05/10/2015- 15	1561.90	22.06	110.90	6.99	1403.30	438.64	91.18	202.56
05/10/2015- 16	1449.23	22.31	106.23	6.98	1373.97	404.03	84.62	192.76
05/10/2015- 17	1463.43	22.87	119.32	6.89	1353.68	395.58	84.69	193.40
05/10/2015- 18	1469.37	23.45	132.69	6.81	1332.77	395.31	80.51	176.21
05/10/2015- 19	1478.97	23.18	138.08	6.80	1389.57	442.10	86.43	234.45
05/10/2015- 20	1483.63	22.80	130.70	6.80	1376.10	429.00	91.18	220.88
05/10/2015- 21	1489.19	22.43	131.31	6.80	1330.78	384.11	78.91	186.83
05/10/2015- 22	1496.97	22.09	129.56	6.80	1320.10	379.28	86.30	205.22
05/10/2015- 23	1507.10	22.13	127.94	6.75	1356.77	401.50	83.30	179.44
05/10/2015- 24	1488.97	22.98	132.92	6.60	1335.30	374.17	72.40	153.82
6/10/2015 - 1	1464.24	22.64	127.96	6.60	1266.10	339.45	74.84	155.53
6/10/2015 - 2	1479.50	22.35	120.76	6.80	1245.03	326.80	54.91	111.28
6/10/2015 - 3	1477.37	22.95	115.78	6.90	1130.39	317.23	29.54	78.20
6/10/2015 - 4	1484.70	22.93	113.64	6.90	1099.90	455.22	21.85	71.81
6/10/2015 - 5	1482.41	22.47	110.58	6.90	1074.17	383.62	15.11	66.84
6/10/2015 - 6	1485.90	22.06	102.05	6.90	1175.58	437.25	19.50	73.04
6/10/2015 - 7	1486.57	21.73	96.42	6.90	1102.15	279.78	20.82	72.17
6/10/2015 - 8	1489.90	22.10	99.45	6.88	1257.43	321.67	44.76	99.20
6/10/2015 - 9	1523.22	22.53	101.58	6.72	1367.79	373.69	59.96	126.31
6/10/2015 - 10	1641.23	21.89	86.68	6.20	1394.37	392.35	48.11	105.49
6/10/2015 - 11	1650.70	22.02	83.33	6.38	1348.63	377.63	72.14	153.34
6/10/2015 - 12	1525.37	21.91	85.21	7.16	1295.03	340.33	64.46	138.30
6/10/2015 - 13	1383.50	21.86	74.17	7.15	1245.30	318.13	58.68	135.01
6/10/2015 - 14	1549.03	21.72	74.93	7.07	1255.83	320.97	57.98	136.21
6/10/2015 - 15	3076.76	22.07	60.97	7.09	1311.97	349.37	63.53	155.92
6/10/2015 - 16	1443.83	22.02	77.16	6.99	1328.63	346.37	60.66	161.26
6/10/2015 - 17	1371.36	22.10	79.13	6.80	1277.76	330.84	59.07	145.69
6/10/2015 - 18	1302.47	22.00	79.14	6.82	1225.35	309.67	54.96	151.33
6/10/2015 - 19	1346.70	22.05	82.87	6.84	1302.50	363.53	66.92	168.79
6/10/2015 - 20	1371.63	22.10	87.04	6.72	1360.88	401.12	69.83	165.86
10/10/2015- 22	301.52	21.41	64.69	6.00	1144.50	281.52	58.95	586.72
10/10/2015- 23	287.79	21.44	61.24	5.97	1165.88	283.86	10.67	565.65
10/10/2015- 24	259.57	21.48	39.44	5.98	1287.62	553.69	39.25	490.15
11/10/2015 - 1	285.75	21.79	46.70	5.99	1571.27	1218.20	66.46	395.64
11/10/2015 - 2	320.20	22.03	46.46	6.11	1101.57	227.00	88.99	522.83
11/10/2015 - 3	353.24	22.22	46.88	6.20	1208.27	452.74	86.48	449.63
11/10/2015 - 4	333.95	22.30	43.91	6.20	1039.54	188.15	83.71	491.45
11/10/2015 - 5	321.00	22.30	37.51	6.24	1967.89	2256.30	91.53	264.19
11/10/2015 - 6	310.37	21.96	32.87	6.30	2516.03	3612.82	87.13	201.22
11/10/2015 - 7	314.73	21.54	32.76	6.34	2085.66	2508.80	91.56	221.93
11/10/2015 - 8	355.60	21.60	38.48	6.43	2030.88	2124.03	87.40	207.57
11/10/2015 - 9	423.55	21.40	53.71	6.65	1973.32	2032.98	93.00	243.96
11/10/2015 - 10	762.08	20.34	91.91	7.28	1522.72	865.35	100.68	259.68
11/10/2015 - 11	1359.55	20.59	85.45	7.22	1317.97	373.20	96.56	262.90
11/10/2015 - 12	667.63	20.75	95.94	7.22	1266.58	264.15	94.79	255.17
11/10/2015 - 13	667.72	20.75	87.94	7.11	1447.43	538.58	107.77	244.81
11/10/2015 - 14	697.16	20.96	89.08	6.72	1457.15	445.82	93.85	231.54
11/10/2015 - 15	744.36	20.95	86.40	6.65	1378.10	301.37	98.63	278.81
11/10/2015 - 16	697.16	20.96	89.08	6.72	1457.15	445.82	93.85	231.54
11/10/2015 - 17	686.17	21.03	86.07	6.80	1354.65	315.48	83.64	193.32
11/10/2015 - 18	686.63	21.03	88.78	6.74	1351.30	339.38	77.03	177.01
11/10/2015 - 19	1116.53	21.28	76.67	6.71	1671.56	885.99	88.37	204.56
11/10/2015 - 20	1504.70	21.50	79.53	6.77	1412.19	466.63	77.18	167.78
11/10/2015 - 21	989.90	21.44	88.31	6.74	1322.31	304.28	79.81	187.94
11/10/2015 - 22	863.65	21.47	89.59	6.79	1328.75	308.58	84.12	190.43
11/10/2015 - 23	816.37	21.69	93.19	6.79	1436.10	500.55	81.19	174.64
11/10/2015 - 24	805.75	22.03	94.90	6.90	1348.87	319.06	72.72	167.17
12/10/2015 - 1	795	22	99	7	1271	257	54	124
12/10/2015 - 2	772	22	100	7	1283	282	39	95
12/10/2015 - 3	758	21	100	7	1204	243	31	83
12/10/2015 - 4	754	20	100	7	1226	242	25	78
12/10/2015 - 5	761	18	109	7	1165	222	21	75
12/10/2015 - 6	765	17	88	7	1189	229	19	73
12/10/2015 - 7	769	16	66	7	1239	251	35	93
12/10/2015 - 8	767	16	62	7	1368	331	48	106
12/10/2015 - 9	943	16	67	7	1499	407	61	137
12/10/2015 - 10	1415	20	81	8	1600	586	75	171
12/10/2015 - 11	1153	20	69	7	1511	433	70	155
12/10/2015 - 12	983	20	63	7	1489	406	63	139
12/10/2015 - 13	1000	21	58	7	1474	414	66	141
12/10/2015 - 14	988	21	56	7	1455	396	62	140
12/10/2015 - 15	1166	21	54	7	1436	371	57	136
12/10/2015 - 16	1126	21	55	7	1482	407	62	137
12/10/2015 - 17	1076	21	58	7	1507	432	63	149
12/10/2015 - 18	1686	21	55	7	1484	461	58	128
12/10/2015 - 19	1877	21	53	7	1443	382	59	132
12/10/2015 - 20	712	21	66	7	1464	402	63	134
12/10/2015 - 21	728	21	72	7	1463	386	67	135
12/10/2015 - 22	654	21	71	7	1459	386	65	135
12/10/2015 - 23	661	21	72	7	1447	376	65	123
12/10/2015 - 24	988	21	56	7	1455	396	62	140

Tabella 9 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dal 5 al 12 ottobre 2015

medie ORARIE	CONDUCIBILITA'		TEMPERATURA		AMMONIACA		PH		COD		SST	
	[microSiemens/cm]		[°C]		[mg/l]				[mg/l]		[mg/l]	
13/10/2015 -1	593.0		20.8		67.0		6.7		1373.0		363.1	
13/10/2015 -2	545.8		20.6		64.7		6.7		1412.8		392.7	
13/10/2015 -3	527.8		20.4		60.5		6.4		1342.8		355.4	
13/10/2015 -4	511.0		20.2		59.5		6.3		1341.6		355.6	
13/10/2015 -5	512.2		19.9		53.0		6.5		1323.6		354.7	
13/10/2015 -6	503.8		20.0		46.8		6.6		1363.3		387.0	
13/10/2015 -7	803.4		19.9		40.1		6.6		1520.1		483.3	
13/10/2015 -8	617.2		20.2		51.3		6.6		1622.0		551.2	
13/10/2015 -9	586.0		20.2		83.5		6.6		1726.6		601.2	
13/10/2015 -10	623.2		19.9		107.3		6.2		1676.9		568.6	
13/10/2015 -11	1140.8		20.1		89.5		6.9		1642.6		549.8	
13/10/2015 -12	1384.1		20.4		63.7		7.2		1717.5		610.0	
13/10/2015 -13	1198.5		20.6		55.9		7.2		1704.2		608.6	
13/10/2015 -14	1215.4		20.6		55.1		7.3		1783.7		732.9	
13/10/2015 -15	1158.1		20.6		44.4		7.4		1661.8		566.6	
13/10/2015 -16	1188.8		20.7		47.1		7.3		1696.8		573.9	
13/10/2015 -17	1789.8		20.9		44.8		7.3		1683.0		572.8	
13/10/2015 -18	1045.5		20.8		55.8		7.3		1729.4		648.7	
13/10/2015 -19	867.6		20.8		59.3		7.3		1736.8		664.8	
13/10/2015 -20	825.1		20.9		62.2		7.2		1713.3		628.2	
13/10/2015 -21	823.8		21.0		66.7		7.2		1713.6		636.1	
13/10/2015 -22	741.3		21.1		68.4		7.1		1730.0		635.9	
13/10/2015 -23	728.0		21.1		69.9		7.2		1754.0		676.1	
13/10/2015 -24	693.8		21.0		73.3		7.0		1710.0		631.3	
14/10/2015 - 1	618.77		20.83		71.17		7.14		1689.97		622.73	
14/10/2015 - 2	647.77		20.66		74.63		7.16		1711.57		649.87	
14/10/2015 - 3	666.97		20.64		71.31		7.12		1672.90		628.27	
14/10/2015 - 4	723.03		20.86		69.98		7.17		1681.03		642.47	
14/10/2015 - 5	813.56		20.51		61.77		7.18		1640.07		618.63	
14/10/2015 - 6	632.90		20.38		45.95		7.05		1557.30		557.29	
14/10/2015 - 7	702.43		20.05		43.83		7.10		1588.00		569.94	
14/10/2015 - 8	708.30		20.32		71.02		7.06		1747.03		686.07	
14/10/2015 - 9	724.34		20.34		95.29		7.30		1777.96		669.88	
14/10/2015 - 10	1081.48		20.56		86.31		7.41		1800.77		706.67	
14/10/2015 - 11	1231.37		20.66		63.26		7.34		1823.76		725.53	
14/10/2015 - 12	1086.30		20.73		52.72		7.37		1823.57		713.67	
14/10/2015 - 13	957.83		20.82		49.84		7.19		1841.96		725.88	
14/10/2015 - 14	891.69		20.87		45.69		7.18		1823.07		732.24	
14/10/2015 - 15	766.37		20.94		45.16		7.22		1835.43		726.80	
14/10/2015 - 16	677.75		20.91		40.00		7.27		1834.72		731.62	
14/10/2015 - 17	1927.63		21.07		39.27		7.24		1868.54		776.20	
14/10/2015 - 18	859.17		21.13		42.14		7.18		1902.47		801.54	
14/10/2015 - 19	690.03		21.22		52.90		6.53		2031.04		989.39	
14/10/2015 - 20	571.98		21.31		55.10		6.74		1965.91		886.60	
14/10/2015 - 21	581.07		21.32		52.17		6.50		2002.98		911.37	
14/10/2015 - 23	345.70		21.60		46.84		6.30		1754.10		568.20	
14/10/2015 - 24	316.53		21.77		41.97		6.28		2094.04		1968.01	
15/10/2015 - 1	307.93		22.14		40.13		6.40		2489.05		3598.24	
15/10/2015 - 2	318.40		22.87		43.70		6.49		2328.05		3041.39	
15/10/2015 - 3	363.70		23.10		53.28		6.59		2200.40		2075.66	
15/10/2015 - 4	473.28		21.40		56.23		7.05		1939.87		1701.87	
15/10/2015 - 5	404.90		20.97		42.88		7.07		1831.31		1239.89	
15/10/2015 - 6	349.30		20.47		27.17		6.91		1354.67		344.20	
15/10/2015 - 7	332.67		20.50		26.30		6.80		1332.37		285.81	
15/10/2015 - 8	356.03		20.56		48.12		7.10		1391.43		312.83	
15/10/2015 - 9	622.23		20.60		81.95		7.44		1505.57		364.17	
15/10/2015 - 10	579.03		20.76		94.71		7.22		1478.50		347.13	
15/10/2015 - 11	570.57		20.97		99.83		6.66		1479.43		357.60	
15/10/2015 - 12	577.57		21.34		77.99		6.53		1496.50		372.13	
15/10/2015 - 13	571.73		21.58		64.94		6.63		1477.49		389.06	
15/10/2015 - 14	496.65		22.06		64.60		6.46		1364.10		326.63	
15/10/2015 - 15	430.27		22.69		60.55		6.40		1425.17		372.03	
15/10/2015 - 16	418.37		22.50		54.05		6.31		1435.43		349.40	
15/10/2015 - 17	540.48		20.87		57.55		6.36		1492.54		370.81	
15/10/2015 - 18	529.33		20.87		65.37		6.40		1414.37		329.17	
15/10/2015 - 19	541.97		20.87		62.86		6.40		1396.37		323.40	
15/10/2015 - 20	536.38		20.85		63.31		6.43		1394.86		322.50	
15/10/2015 - 21	599.59		20.89		65.00		6.50		1421.79		342.85	
15/10/2015 - 22	624.77		20.93		66.25		6.47		1444.37		352.77	
15/10/2015 - 23	634.97		21.00		67.42		6.51		1449.30		353.00	
15/10/2015 - 24	579.83		20.85		65.62		6.34		1447.70		362.43	
16/10/ 2015 - 1	574.17		20.77		66.43		6.20		1448.50		363.90	
16/10/ 2015 - 2	571.63		20.74		80.98		6.16		1509.83		432.51	
16/10/ 2015 - 3	556.57		20.65		102.77		6.10		1478.57		400.03	
16/10/ 2015 - 4	513.30		20.56		115.55		6.08		1457.30		399.71	
16/10/ 2015 - 5	602.17		20.49		145.43		6.11		1461.97		411.00	
16/10/ 2015 - 6	555.57		20.39		164.42		6.08		1487.17		437.98	
16/10/ 2015 - 7	692.63		20.16		154.30		6.19		1461.03		418.37	
16/10/ 2015 - 8	610.63		20.17		233.56		6.10		1597.17		478.43	
16/10/ 2015 - 9	584.63		20.28		285.57		6.05		1688.63		519.31	
16/10/ 2015 - 10	1025.29		20.19		234.06		6.67		1666.50		511.53	
16/10/ 2015 - 11	1451.50		20.34		183.97		6.71		1684.37		525.45	
16/10/ 2015 - 12	1182.63		20.36		136.98		6.85		1635.43		513.16	
16/10/ 2015 - 13	1840.20		20.45		94.88		6.91		1675.30		552.48	
16/10/ 2015 - 14	1779.23		20.40		95.53		6.90		1669.97		546.48	
16/10/ 2015 - 15	1135.03		20.46		103.04		6.85		1741.83		607.07	
16/10/ 2015 - 16	901.76		20.52		96.24		6.84		1740.00		611.17	
16/10/ 2015 - 17	922.31		20.60		92.78		6.81		1727.48		617.69	
16/10/ 2015 - 18	975.10		20.59		108.43		6.90		1797.30		683.73	
16/10/ 2015 - 19	922.33		20.68		95.43		6.80		1842.80		776.14	
16/10/ 2015 - 20	975.63		20.67		90.94		6.77		1811.57		709.40	
16/10/ 2015 - 21	983.26		20.64		109.86		6.70		1834.78		723.64	
16/10/ 2015 - 22	943.13		20.68		107.43		6.65		1844.10		731.20	
16/10/ 2015 - 23	723.26		20.72		126.25		6.63		1765.97		659.13	
16/10/ 2015 - 24	782.37		20.73		128.00		6.50		1754.37		633.00	

Tabella 10 – Riepilogo delle Medie orarie per giorni dal 13 al 16 ottobre 2016

medie ORARIE	CONDUCIBILITA' [microSiemens/cm]	TEMPERATURA		AMMONIACA		PH	COD	SST [mg/l]	PORTATA		VELOCITA' [cm/s]
		[°C]		[mg/l]					[l/s]		
17/10/2015 - 1	880.57	20.39		52.21	6.94		1721.43	631.13	42.84		98.50
17/10/2015 - 2	824.57	20.42		49.16	7.05		1704.10	619.20	33.07		89.57
17/10/2015 - 3	613.63	20.23		42.00	6.81		1739.97	646.00	27.31		79.73
17/10/2015 - 4	588.28	19.96		36.97	6.96		1701.43	632.07	14.14		69.78
17/10/2015 - 5	627.17	20.03		35.90	7.05		1701.97	619.13	17.15		68.86
17/10/2015 - 6	531.50	19.70		32.38	6.98		1723.83	632.80	18.74		72.49
17/10/2015 - 7	731.03	19.93		38.63	6.87		1782.17	683.90	19.91		74.07
17/10/2015 - 8	730.70	19.87		54.93	7.25		1906.90	773.40	52.20		116.36
17/10/2015 - 9	750.90	19.88		77.01	7.28		1951.51	784.80	66.06		232.90
17/10/2015 - 10	577.97	19.65		92.43	6.67		2146.31	1200.38	83.58		365.86
17/10/2015 - 11	615.50	19.72		81.81	6.10		2108.57	1123.61	89.67		317.09
17/10/2015 - 12	649.30	19.38		81.66	6.11		2138.34	1145.00	98.15		239.29
17/10/2015 - 13	739.90	20.28		93.48	6.00		2104.37	1038.82	85.52		204.01
17/10/2015 - 14	755.63	20.41		96.37	6.35		2140.43	1147.08	86.38		219.57
17/10/2015 - 15	762.70	20.50		81.54	6.80		2119.84	1045.21	83.60		195.29
17/10/2015 - 16	768.10	20.56		77.70	6.84		2170.09	1053.08	93.22		221.46
17/10/2015 - 17	732.17	20.71		83.66	6.38		2196.30	1258.41	82.28		199.53
17/10/2015 - 18	694.03	20.67		83.74	6.33		2169.37	1142.89	76.80		169.26
17/10/2015 - 19	685.37	20.69		82.83	6.39		2211.50	1207.90	81.41		165.55
17/10/2015 - 20	675.50	20.72		80.72	6.60		2121.32	1010.77	89.30		181.38
17/10/2015 - 21	687.57	20.80		74.63	6.85		2133.10	1022.25	90.83		197.98
17/10/2015 - 22	652.90	20.79		83.85	6.74		2111.29	966.77	82.97		176.82
17/10/2015 - 23	657.17	20.83		89.33	6.53		2078.53	929.87	80.81		168.24
17/10/2015 - 24	646.28	20.59		86.74	6.60		2060.39	889.53	72.86		148.06
23/10/2015 - 10	2528.79	12.04		30.26	7.10		2429.19	1616.32	46.71		139.63
23/10/2015 - 11	2016.50	14.54		34.02	7.27		2320.83	1218.41	73.58		156.67
23/10/2015 - 12	1319.50	17.34		43.05	7.22		2270.97	1101.40	66.17		147.93
23/10/2015 - 14	974.68	19.14		32.24	7.52		2265.93	1105.84	57.97		138.16
23/10/2015 - 15	878.30	19.12		31.67	7.49		2254.17	1075.56	64.39		138.98
23/10/2015 - 16	783.17	19.22		30.17	7.41		2255.50	1044.18	56.47		123.95
23/10/2015 - 17	767.03	19.43		31.59	7.44		2235.77	1032.74	62.21		123.18
23/10/2015 - 18	1307.90	19.39		28.32	7.46		2217.37	1010.30	54.86		117.55
23/10/2015 - 19	1180.57	19.47		32.15	7.45		2243.23	1109.63	59.30		129.35
23/10/2015 - 20	1036.87	19.39		39.61	7.24		2235.77	1023.37	58.55		124.90
23/10/2015 - 21	988.33	19.52		45.30	7.12		2224.30	1030.06	54.90		121.45
23/10/2015 - 22	950.97	19.61		47.96	7.08		2216.83	969.98	57.17		125.52
23/10/2015 - 23	857.90	19.51		44.91	7.05		2236.30	1020.03	45.84		112.51
23/10/2015 - 24	777.57	19.42		50.10	7.19		2235.50	1013.70	50.32		112.33
24/10/2015 - 1	751.83	19.19		52.31	6.87		2329.10	1261.80	75.91		148.29
24/10/2015 - 2	727.37	19.20		57.79	6.90		2368.30	1358.63	70.07		135.05
24/10/2015 - 3	746.03	19.11		57.37	7.10		2342.97	1303.83	60.85		118.34
24/10/2015 - 4	740.03	19.03		56.24	7.15		2350.97	1325.97	66.85		134.59
24/10/2015 - 14	831.97	19.26		79.48	6.60		2312.74	1090.30	56.80		130.80
24/10/2015 - 15	898.34	19.43		70.07	6.63		2303.77	1096.28	63.34		143.96
24/10/2015 - 16	1411.10	19.35		43.62	7.26		2286.61	1060.15	60.30		140.21
24/10/2015 - 17	2312.03	19.47		35.56	7.37		2301.30	1104.34	60.75		131.16
24/10/2015 - 18	1234.48	19.53		35.02	7.29		2273.05	1080.85	53.61		129.04
24/10/2015 - 19	812.97	19.40		40.83	7.24		2273.37	1058.93	53.32		128.49
24/10/2015 - 20	753.90	19.65		49.76	7.20		2285.30	1096.10	65.26		164.18
29/10/2015 - 8	596.3	18.5		61.8	7.3		2394.7	1285.3	15.7		58.9
29/10/2015 - 9	554.4	18.4		90.0	7.0		2405.6	1294.9	54.8		278.2
29/10/2015 - 10	355.0	17.7		59.2	6.7		2287.5	986.9	107.5		578.7
29/10/2015 - 11	720.7	18.3		58.5	6.9		2188.0	831.1	82.3		383.0
29/10/2015 - 12	959.2	18.4		50.0	7.3		2200.3	868.3	80.6		310.5
29/10/2015 - 13	1119.1	18.8		36.8	7.3		2211.5	878.7	86.7		216.7
29/10/2015 - 14	1170.5	19.0		43.0	7.4		2167.8	813.9	78.5		171.4
29/10/2015 - 15	1176.2	19.1		41.3	7.5		2149.4	795.0	67.7		165.2
29/10/2015 - 16	1136.5	19.2		45.6	7.4		2150.7	786.5	75.1		164.5
29/10/2015 - 17	1097.7	19.2		61.9	7.2		2155.9	785.5	75.0		174.8
29/10/2015 - 18	936.3	18.9		61.6	7.2		2124.9	760.4	81.0		306.6
29/10/2015 - 19	497.6	17.8		33.2	6.8		2024.6	632.7	100.5		557.5
29/10/2015 - 20	740.6	18.4		35.4	7.0		1982.9	609.2	66.6		211.8
29/10/2015 - 21	846.0	18.7		60.5	7.1		2012.0	629.8	68.8		136.2
29/10/2015 - 22	872.0	18.8		62.8	7.1		2012.5	618.5	80.7		164.7
29/10/2015 - 23	894.0	18.9		66.8	7.0		2011.3	611.3	75.8		169.8
30/10/2015 - 1	705	19		54	7		1998	600	77		160
30/10/2015 - 2	721	19		60	7		2054	665	73		140
30/10/2015 - 3	687	19		58	7		1972	583	57		118
30/10/2015 - 4	615	19		53	7		1962	573	51		111
30/10/2015 - 5	719	19		48	7		1984	599	46		96
30/10/2015 - 6	689	19		49	7		1977	594	52		104
30/10/2015 - 7	760	19		45	7		1977	596	38		90
30/10/2015 - 8	671	18		40	7		1963	574	30		85
30/10/2015 - 9	748	19		64	8		2037	610	51		113
30/10/2015 - 10	842	19		76	8		2061	618	59		136
30/10/2015 - 11	1025	19		65	7		2036	617	48		113
30/10/2015 - 12	1727	19		35	8		2018	592	55		126
30/10/2015 - 13	1355	19		45	7		2013	589	61		131
30/10/2015 - 14	1029	19		37	7		1977	575	60		126
30/10/2015 - 15	817	18		32	7		1993	593	78		186
30/10/2015 - 16	821	19		33	7		2012	618	84		194
30/10/2015 - 17	834	19		34	7		2019	624	70		153
30/10/2015 - 18	656	19		33	7		2004	628	93		327
30/10/2015 - 19	1237	19		27	7		1986	636	94		340
30/10/2015 - 20	676	18		29	7		2002	651	86		532
30/10/2015 - 21	424	18		29	7		1993	648	85		515
30/10/2015 - 22	455	18		31	7		1952	608	92		394
30/10/2015 - 23	602	19		36	7		1962	609	85		213
30/10/2015 - 24	628	19		39	7		1982	618	82		173
31/10/2015 - 1	611.6	18.6		43.3	6.7		1980.0	615.9	85.4		180.5
31/10/2015 - 2	622.9	18.5		42.7	7.0		1953.3	638.0	81.9		175.9
31/10/2015 - 3	635.4	18.5		44.0	7.0		1972.6	618.2	85.5		161.2
31/10/2015 - 4	668.0	18.4		39.5	7.0		1984.1	625.2	80.0		154.3
31/10/2015 - 5	611.8	18.4		37.2	6.9		1984.3	635.0	66.9		125.0
31/10/2015 - 6	524.2	18.4		32.9	7.1		1985.4	642.4	63.8		131.6
31/10/2015 - 7	613.4	18.3		31.3	7.1		2002.5	660.7	63.2		127.3
31/10/2015 - 8	536.9	18.3		35.3	7.2		2003.6	647.1	71.2		138.5
31/10/2015 - 9	629.5	18.4		49.1	7.3		2051.8	665.1	75.3		154.0
31/10/2015 - 10	687.0	18.4		65.9	7.4		2070.2	653.9	64.1		139.3
31/10/2015 - 11	742.8	18.5		73.4	7.4		2078.1	652.5	65.0		145.7
31/10/2015 - 12	701.2	18.6		73.4	7.2		2062.8	633.1	65.6		136.2
31/10/2015 - 13	755.6	18.6		62.0	7.2		2045.1	631.2	63.2		139.5
31/10/2015 - 14	686.4	18.6		54.1	7.3		2046.9	623.9	61.6		128.3
31/10/2015 - 15	632.2	18.7		46.7	7.3		2027.5	608.3	48.9		116.8
31/10/2015 - 16	628.2	18.8		46.2	7.2		2078.3	649.0	64.3		140.4
31/10/2015 - 17	616.4	18.8		46.7	7.2		2068.8	648.3	47.3		108.7
31/10/2015 - 18	613.9	19.0		50.2	7.2		2082.7	658.5	55.7		124.3
31/1											

Prima di procedere alla rappresentazione del dato per giorno, ho preso in considerazione i dati di Ottobre 2015 forniti dal “*Centro funzionale Regione Campania e Monitoraggio Rischi e l’allertamento*” e ho fatto il riporto in tabella 12 evidenziando in giallo i dati del sistema SIMONA.

DATA	PIOGGIA CUMULATA GIORNO (mm)
01/10/2015	17,2
02/10/2015	2,6
03/10/2015	0
04/10/2015	0,2
05/10/2015	1,2
06/10/2015	0
07/10/2015	4,4
08/10/2015	0
09/10/2015	5,4
10/10/2015	67,2
11/10/2015	4,8
12/10/2015	0
13/10/2015	0
14/10/2015	5
15/10/2015	8,2
16/10/2015	0
17/10/2015	2,2
18/10/2015	0,2
19/10/2015	1,6
20/10/2015	64
21/10/2015	5,8
22/10/2015	5,4
23/10/2015	0
24/10/2015	0
25/10/2015	0
26/10/2015	0
27/10/2015	0
28/10/2015	0,4
29/10/2015	10,6
30/10/2015	7,6
31/10/2015	0,2
TOTALE	214,2

*Tabella 12-Precipitazioni giornaliere del mese di Ottobre 2015
Centro funzionale Regione Campania*

Da un punto di vista meteorico, il mese di Ottobre è un mese anomalo in quanto il totale delle precipitazioni è più alto della media mensile calcolata sugli ultime 30 anni pari a 70 mm⁴, caratterizzato da pochi giorni con eventi intensi, in cui è concentrata più della metà della pioggia caduta nel mese.

Allo stesso modo, prima di procedere all'analisi delle medie orarie, avendo già osservato l'andamento strano del COD e degli SST evidente nei grafici 18 e 19, dovuti agli evidenti errori di misurazione delle sonde, ho preso in considerazione, i valori dei controlli mensili al depuratore di Massa Centro che il Gestore effettua sia per gli autocontrolli dettati dalla legge che per le attività ordinarie di conduzione del depuratore.

In particolare GORI mi ha fornito i valori dei campionamenti puntuali di COD e SST dei liquami in arrivo dal mese di luglio 2015 al mese di gennaio 2016 (tabella 13). Ho potuto così verificare che i valori di SIMONA si discostano molto dai valori di campionamento, che invece mi danno un'idea dell'ordine di grandezza dei dati in arrivo al depuratore in un arco temporale piuttosto esteso rispetto al mese di analisi da me preso in esame.

Data prelievo	Ora	Laboratorio analisi (AGS, Massa C.)	Solidi sospesi totali (mg/L)	COD (mg/L)
01/07/15	11:00	Massa C.	176	448
01/07/15	11:00	Risultato Ags	198	249
06/07/15	11:10	Massa C.	384	460
13/07/15	12:30	Massa C.	384	675
20/07/15	11:00	Massa C.		525
03/08/15	12:00	Massa C.	286	569
03/08/15	12:00	Risultato Ags	256	657
24/08/15	12:30	Massa C.		401
02/09/15	13:00	Massa C.	150	341
02/09/15	13:00	Risultato Ags	118	325
10/09/15	9:00	Massa C.	280	712
14/09/15	11:00	Massa C.	170	631
28/09/15	11:00	Massa C.	177	365
08/10/15	10:00	Massa C.	130	299
08/10/15	10:00	Risultato Ags	110	356
12/10/15	12:00	Massa C.	120	395
02/11/15	10:30	Risultato Ags	242	763
02/11/15	10:30	Massa C.	236	747
11/11/15	12:10	Massa C.		457
23/11/15	12:00	Massa C.	156	340
02/12/15	13:00	Risultato Ags	162	672
14/12/15	12:30	Massa C.	170	350
21/01/16	10:30	Massa C.		680
27/01/16	12:00	Massa C.		370

Tabella 13- Misure di SST e COD fornite dal Laboratorio di Massa Centro dal mese di luglio 2015 al mese di gennaio 2016

⁴ Fonte www.ilmeteo.it/archivio

Infatti, i valori di COD ed SST misurati alle ore 12.00 del giorno 12/10/2015 sono circa un terzo dei valori rilevati dal sistema SIMONA nello stesso giorno alla stessa ora; per cui, e questo scostamento è evidente per tutte le altre misurazioni di SIMONA fino al 31/10/2015.

Quindi potremmo dire che, dal giorno 11 ottobre in poi, la sonda ha iniziato a “sporcarsi” e per tale il sistema di monitoraggio ha iniziato a misurare in maniera non più attendibile di COD ed SST riportando dati fuori norma.

Mettendo insieme le informazioni desunte dall’andamento meteo del mese di Ottobre e dai valori caratteristici dei liquami in arrivo al depuratore di Massa Centro ho scartato tutti i giorni dal 12 ottobre in poi.

Per la lettura di tali grafici, inoltre ho osservato:

- se si manifestano anomalie nelle ore che ricadono negli intervalli di punta dell’andamento delle portate nere civili della giornata, quali (5.00-9.00, 12.00-16.00, 20.00-23.00);
- se si verificano picchi estremi in ore fuori gli intervalli di punta sopraindicati;
- se i parametri sono correlati;
- come si comportano i parametri in concomitanza di un evento pluviometrico, che come abbiamo detto sono eventi che ben nascondono l’immissione illecita in quanto diluiscono la concentrazione dell’inquinante presente in un’acqua reflua.

Nell’analizzare i dati nell’arco temporale che va dall’1 al 11 ottobre, ho aggiunto una colonna contenente il rapporto COD/SST che mi fornisce una stima di quanto sono correlati i due parametri, di fatti se tale rapporto risulta essere inferiore a 2 può essere un indicatore di anomalie, dato che è una singolarità che i due parametri abbiano quasi lo stesso valore.

Questa situazione si verifica in corrispondenza delle ore 13,14,15 del giorno 1 ottobre e delle ore 1 e 5-6-7-8-9-10 e 19 del giorno 11 ottobre (vedi tabella 14) che come si evidenzia nei grafici associati mostrano colpi di carichi di solidi sospesi all’impianto di depurazione.

A completamento dell’analisi, relativamente all’andamento della conducibilità e dell’ammoniaca, ho chiesto a GORI, se potevano esserci apporti diversi dalle acque reflue e ho potuto verificare che la fognatura di Massa Lubrense è interessata da ulteriori apporti di acque sorgive (vedi foto 20), di falda e di acque del cuneo salino che si infiltrano nei giunti delle condotte fognarie e nei sollevamenti ubicati nell’area costiera di Massa Lubrense, in particolare in zona Marina della Lobra.

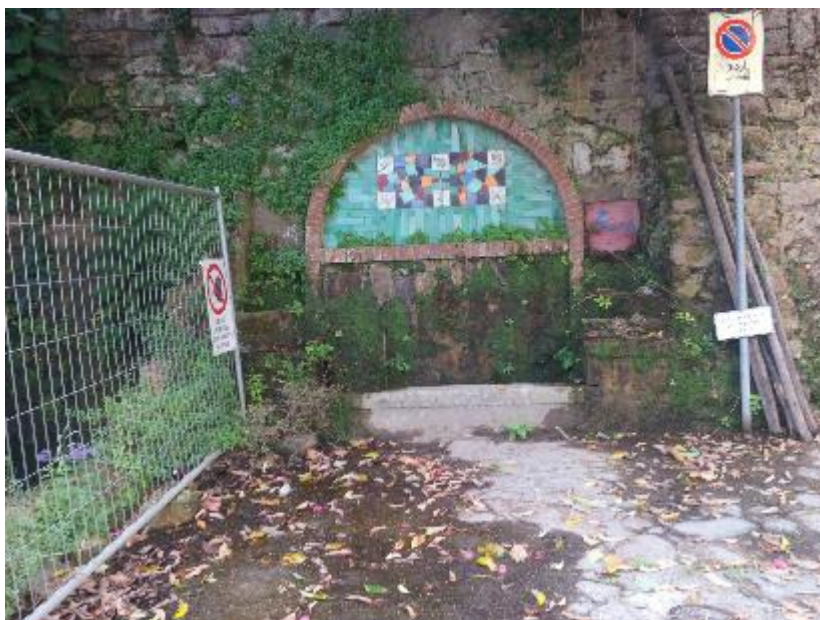


Figura 20 – Foto sorgente in Via Rivo a Casa con sfioro in fognatura e recapito a Depuratore Massa Centro

	CONDUCIBILITA'	TEMPERATURA	AMMONIACA	PH	COD	SST	PORTATA	VELOCITA'	COD/SST
	[microSiemens/cm]	[°C]	[mg/l]			[mg/l]	[l/s]	[cm/s]	
01/10/2015-1	1048.14	22.19	90.02	6.74	887.21	194.57	30.89	97.13	4.56
01/10/2015-2	1122.43	22.12	80.37	6.83	919.27	211.66	30.55	97.42	4.34
01/10/2015-3	1118.73	21.70	69.40	6.81	838.84	211.56	30.10	82.77	3.97
01/10/2015-4	1056.37	21.61	65.25	6.55	807.29	220.65	30.10	80.95	3.66
01/10/2015-5	1029.66	21.31	67.78	6.14	845.03	194.51	30.10	76.12	4.34
01/10/2015-6	957.93	21.06	64.50	5.85	877.31	230.79	30.10	111.39	3.80
01/10/2015-7	772.10	20.18	66.79	6.05	1110.57	313.15	31.41	510.14	3.55
01/10/2015-8	418.21	19.46	58.14	6.12	978.36	249.13	20.90	580.44	3.93
01/10/2015-9	336.16	19.05	54.74	6.10	893.71	212.55	52.64	582.51	4.20
01/10/2015-10	403.14	19.70	59.24	6.10	891.83	211.90	97.38	567.40	4.21
01/10/2015-11	727.23	20.75	72.49	6.18	999.85	254.77	81.36	455.54	3.92
01/10/2015-12	703.63	20.83	87.57	6.19	952.17	222.80		484.88	4.27
01/10/2015-13	794.65	21.35	101.46	6.10	1931.93	2442.38	89.76	242.61	0.79
01/10/2015-14	937.83	21.64	102.76	6.11	1718.55	1738.59	89.76	229.86	0.99
01/10/2015-15	1203.17	21.59	100.69	6.10	1319.52	776.52	87.04	200.28	1.70
01/10/2015-16	1815.21	21.78	100.12	6.10	1230.57	538.23	91.48	210.55	2.29
01/10/2015-17	974.75	21.84	101.51	5.96	1128.69	399.15	77.61	190.34	2.83
01/10/2015-18	915.19	21.83	104.24	5.98	1036.37	312.33	82.75	194.74	3.32
01/10/2015-19	921.23	21.95	106.48	5.90	962.70	226.52	80.25	183.53	4.25
01/10/2015-20	936.97	21.97	116.10	5.96	949.69	201.81	79.32	180.84	4.71
01/10/2015-21	985.30	22.08	123.17	5.85	1015.31	267.68	84.49	187.41	3.79
01/10/2015-22	1034.73	22.07	123.85	5.67	1198.72	541.17	83.54	193.10	2.22
01/10/2015-23	1018.78	22.07	127.15	5.60	1015.39	220.17	87.24	188.08	4.61
01/10/2015-24	941.06	22.08	137.62	5.61	962.49	194.16	74.28	162.51	4.96
02/10/2015-1	859.43	21.94	138.89	5.74	949.96	184.50	74.71	158.83	5.15
02/10/2015-2	788.10	21.71	129.62	5.70	981.80	205.79	68.05	145.98	4.77
02/10/2015-3	853.62	21.58	128.91	5.70	956.23	187.75	57.21	126.85	5.09
02/10/2015-4	939.04	21.46	128.25	5.61	833.38	143.81	28.40	77.51	5.80
02/10/2015-5	1087.21	21.10	122.21	5.61	742.70	133.74	21.63	70.13	5.55
02/10/2015-6	906.48	21.56	129.48	5.67	891.98	170.68	49.70	115.32	5.23
02/10/2015-7	1119.53	21.02	113.39	5.73	930.14	186.55	33.10	85.08	4.99
02/10/2015-8	1076.00	21.24	114.55	5.61	1069.93	254.21	69.02	189.91	4.21
02/10/2015-9	884.31	20.89	110.20	5.54	1157.79	323.23	87.15	312.01	3.58
02/10/2015-10	802.08	21.31	120.46	5.47	1052.61	240.48	82.24	203.38	4.38
02/10/2015-11	785.58	21.28	134.70	5.43	1042.16	253.95	91.71	243.10	4.10
02/10/2015-12	779.17	21.47	142.50	5.41	1023.76	227.21	79.16	174.11	4.51
02/10/2015-13	796.48	21.52	146.52	5.40	1019.76	224.50	66.47	146.13	4.54
02/10/2015-14	846.93	21.71	137.33	5.39	1021.53	223.35	72.96	155.45	4.57
02/10/2015-15	1340.60	21.79	148.63	5.36	1038.30	222.52	62.75	135.83	4.67
02/10/2015-16	1180.41	21.86	153.49	5.31	1063.55	230.62	53.62	111.89	4.61
02/10/2015-17	992.65	21.99	159.15	5.22	1034.55	220.38	50.54	102.42	4.69
02/10/2015-18	963.10	22.15	165.52	5.20	1046.96	231.04	55.43	113.38	4.53
02/10/2015-19	988.58	21.95	175.07	5.17	1033.51	222.59	53.99	109.29	4.64
02/10/2015-20	979.68	22.12	168.47	5.28	1032.60	223.99	54.98	115.77	4.61
02/10/2015-21	946.49	22.20	153.77	5.43	1033.24	221.91	57.63	114.70	4.66
02/10/2015-22	1005.83	22.15	175.45	5.45	1150.05	317.00	39.25	121.03	3.63
02/10/2015-23	1053.35	22.31	161.55	5.49	1105.71	260.37	61.76	123.82	4.25
02/10/2015-24	1041.52	22.32	158.20	5.50	1077.02	238.53	54.23	112.42	4.52
03/10/2015-1	1012.10	22.23	161.40	5.45	977.02	192.68	33.22	82.17	5.07
03/10/2015-2	970.30	21.96	169.88	5.35	966.55	187.39	27.05	74.62	5.16
03/10/2015-3	940.90	21.64	169.90	5.31	951.53	208.18	26.21	78.33	4.57
03/10/2015-4	938.98	21.75	157.98	5.32	965.37	300.80	22.72	72.95	3.21
03/10/2015-5	964.39	21.78	161.17	5.25	918.64	314.35	15.96	63.93	2.92
03/10/2015-6	929.03	21.54	160.47	5.21	864.72	274.99	13.41	64.35	3.14
03/10/2015-7	903.37	21.50	171.35	5.20	973.38	255.32	17.04	67.34	3.81
03/10/2015-8	959.17	21.54	178.31	5.11	1050.00	232.14	40.60	95.09	4.52
03/10/2015-9	1336.23	21.62	160.72	6.30	1338.76	417.95	105.45	209.00	3.20
03/10/2015-10	1741.57	21.84	140.62	7.07	1283.17	372.95	97.00	220.26	3.44
03/10/2015-11	1536.63	21.83	140.23	7.08	1213.04	314.16	89.81	192.46	3.86
03/10/2015-12	1181.27	22.03	130.24	7.00	1213.68	320.58	98.42	189.53	3.79
03/10/2015-13	1373.87	22.08	111.23	6.94	1168.20	290.82	83.25	150.04	4.02
03/10/2015-14	1343.17	22.09	110.27	6.80	1192.37	298.41	90.98	171.03	4.00
03/10/2015-15	871.10	22.14	113.61	6.85	1221.30	319.97	92.88	187.15	3.82
03/10/2015-16	802.41	22.19	105.80	6.87	1173.15	300.56	93.10	170.30	3.90
03/10/2015-17	819.80	22.18	102.44	6.88	1139.15	284.53	90.56	174.24	4.00
03/10/2015-18	794.63	22.08	101.75	6.89	1141.83	291.20	89.90	159.49	3.92
03/10/2015-19	830.67	21.99	104.04	6.92	1164.55	304.54	86.64	175.98	3.82
03/10/2015-20	887.01	21.95	104.05	6.86	1166.84	307.95	84.39	167.37	3.79
03/10/2015-21	1046.92	22.14	101.93	6.55	1335.74	411.24	79.75	150.52	3.25
03/10/2015-22	950.10	22.28	110.12	6.61	1253.30	354.67	68.30	137.28	3.53
03/10/2015-23	924.10	22.21	107.55	6.34	1348.78	427.64	72.89	143.05	3.15
03/10/2015-24	883.70	22.02	113.23	6.53	1170.63	309.20	65.42	131.26	3.79
04/10/2015-1	912.70	22.10	109.88	6.27	1217.97	333.83	75.14	137.88	3.65
04/10/2015-2	909.43	21.85	120.25	6.33	1203.30	333.01	55.27	109.57	3.61
04/10/2015-3	888.17	21.68	99.23	6.30	1023.45	240.21	25.58	75.88	4.26
04/10/2015-4	871.17	21.35	89.60	6.29	1119.52	390.11	23.02	71.28	2.87
04/10/2015-5	901.93	21.45	81.40	6.18	948.70	249.41	22.80	71.55	3.80
04/10/2015-6	865.37	21.01	77.08	6.42	985.77	349.18	25.19	71.75	2.82
04/10/2015-7	973.86	21.06	86.75	6.53	1041.71	328.56	27.74	75.94	3.17
04/10/2015-8	827.23	21.30	98.95	6.60	1080.42	258.72	37.01	83.81	4.18
04/10/2015-9	843.10	21.29	151.13	6.64	1198.90	307.87	51.88	105.36	3.89
04/10/2015-10	919.23	21.49	171.78	6.62	1402.90	435.73	72.09	142.34	3.30
04/10/2015-11	895.57	21.75	144.03	6.58	1285.17	346.67	77.50	156.43	3.71
04/10/2015-12	904.73	21.82	127.21	6.34	1260.07	345.75	68.87	139.67	3.64
04/10/2015-13	1035.80	21.86	105.27	6.40	1260.23	347.30	58.48	114.47	3.63
04/10/2015-14	2202.37	22.00	60.13	6.61	1253.83	335.40	72.93	146.82	3.74
04/10/2015-15	1365.63	21.94	49.91	6.63	1253.10	315.46	55.51	110.51	3.97
04/10/2015-16	1092.73	22.01	53.50	6.51	1275.75	328.88	60.76	126.56	3.88
04/10/2015-17	1026.83	22.06	50.29	6.50	1296.37	338.33	54.88	114.19	3.83
04/10/2015-18	1013.64	22.24	48.91	6.50	1191.91	295.66	53.03	116.90	4.03
04/10/2015-19	1000.39	22.26	50.04	6.50	1200.69	299.13	50.77	106.87	4.01
04/10/2015-20	973.58	22.13	49.58	6.55	1265.72	347.01	60.47	124.56	3.65
04/10/2015-21	952.61	21.87	48.75	6.56	1220.94	321.60	57.56	116.85	3.80
04/10/2015-22	944.48	22.15	52.52	6.49	1130.40	274.04	55.11	116.10	4.12
04/10/2015-23	946.77	22.38	58.43	6.40	1131.43	271.66	51.51	109.45	4.16
04/10/2015-24	978.97	22.50	62.47	6.40	1165.97	287.30	46.84	99.27	4.06
05/10/2015-1	996.13	22.58	79.31	6.32	1137.44	277.92	45.14	104.34	4.09
05/10/2015-2	987.57	22.67	133.56	6.09	1077.36	247.86	20.87	70.26	4.35
05/10/2015-3	1091.93	22.85	143.62	6.00	967.60	197.83	12.68	59.84	4.89
05/10/2015-4	1170.83	22.87	144.77	5.94	977.74	249.02	13.43	60.35	3.93
05/10/2015-5	1175.29	22.96	141.27	5.80	1023.24	246.47	13.15	60.83	4.15
05/10/2015-6	1199.77	22.84	139.45	5.70	993.59	247.67	16.89	67.88	4.01
05/10/2015-7	1068.58	23.56	138.06	5.66	1151.07	277.62	31.53	84.15	4.15
05/10/2015-8	1115.50	23.66	133.54	5.60	1242.37	326.00	47.66	102.01	3.81
05/10/2015-9	1279.33	22.63	146.44	5.88	1541.78	525.74	79.87	183.56	2.93
05/10/2015-10	1635.10	21.67	189.52	6.86	1555.51	563.59	97.64	229.38	2.76
05/10/2015-11	1								

Osservando l'andamento dei parametri nel grafico rappresentativo del giorno 01/10/2015 si evidenzia un picco degli SST superiore al COD intorno alle ore 12:00 che rappresenta un colpo di carico di solidi in arrivo all'impianto associato certamente all'evento pluviometrico in atto nella stessa giornata. Infatti, il giorno 1 ottobre è il primo giorno di pioggia dopo un periodo, quello di settembre, molto secco per cui il dilavamento meteorico urbano ha trascinato tutti materiali accumulatosi. Questo può essere configurato come uno scarico "anomalo", ma essendo "naturale" nulla si può fare risalendo all'origine.

Relativamente invece all'andamento delle portate nere, a parte il picco degli SST alle ore 12:00, non si manifestano anomalie negli andamenti del COD e degli SST durante l'arco della giornata mostrando picchi negli intervalli 5.00-9.00, 12.00-16.00, 20.00-23.00.

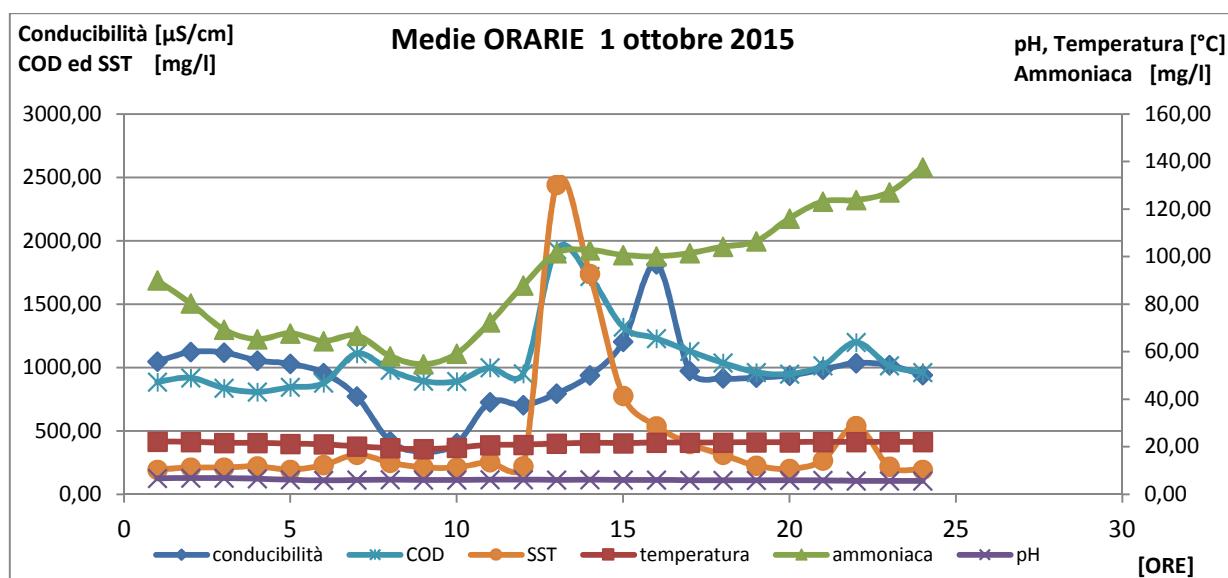


Figura 21 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conduttività, COD, SST, T, NH₄, pH nel giorno 1 ottobre 2015

Il giorno 02 ottobre le piogge si sono ridotte di intensità e non si registrano picchi di SST legati a colpi di carico essendosi esauriti evidentemente il giorno prima, per cui il dilavamento meteorico urbano è più "pulito". Gli andamenti di COD e SST risultano coerenti con le attività domestiche negli orari di punta.

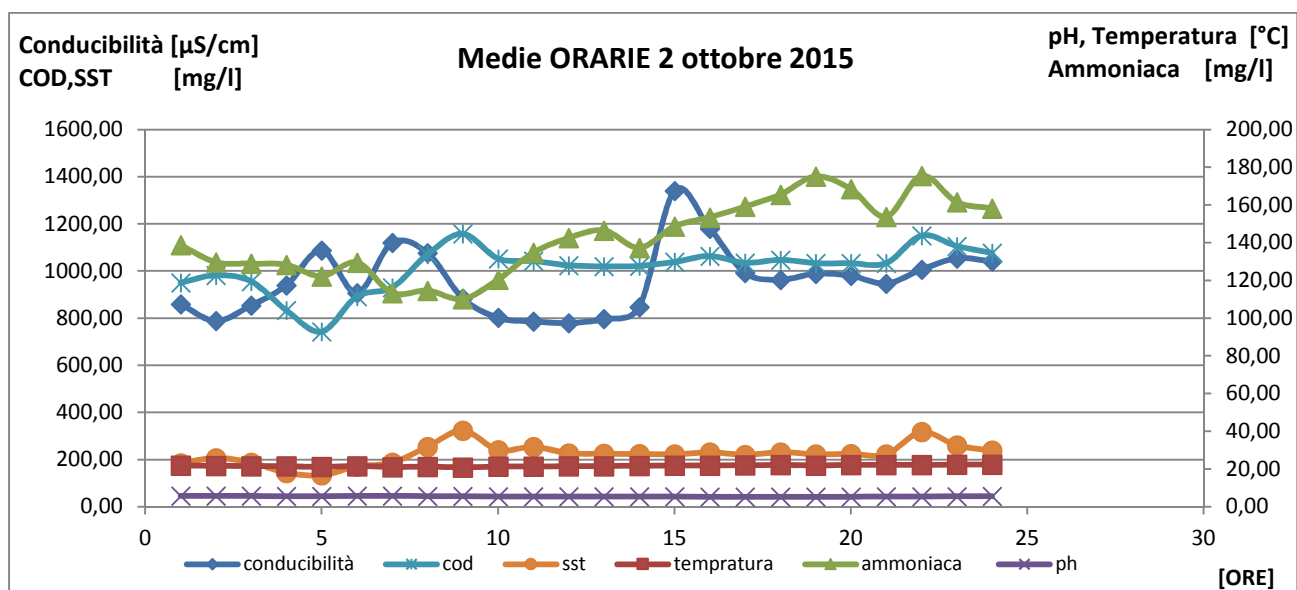


Figura 22- Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH_4 , pH nel giorno 2 ottobre 2015

Il giorno 03 ottobre si registra un doppio picco di COD ed SST, alle 20 e alle 22 che potrebbero evidenziare uno scarico anomalo, ed infatti, da calendario, è un sabato, per cui, più che uno scarico anomalo in realtà si può spiegare come incremento di attività produttiva essendo il contesto del Comune di Massa Lubrense a vocazione ristorativa. Gli andamenti di COD e SST pertanto risultano coerenti con le attività domestiche negli orari di punta.

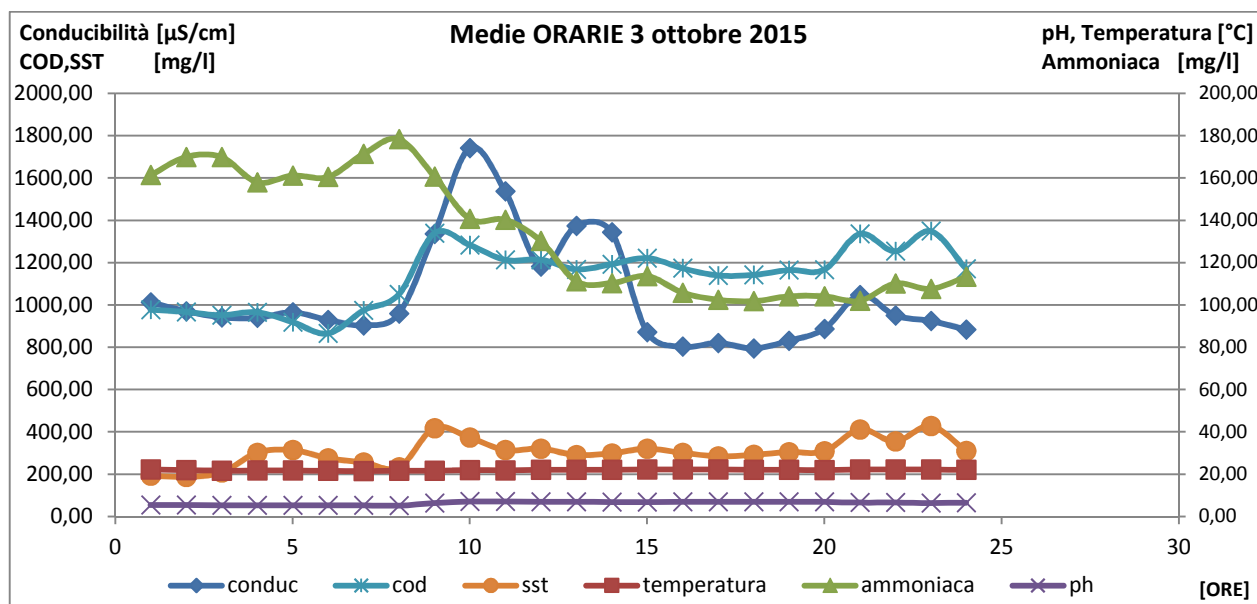


Figura 23 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH_4 , pH nel giorno 3 ottobre 2015

Dal 4 ottobre al 6 ottobre gli andamenti di COD e SST pertanto risultano coerenti con le attività domestiche negli orari di punta.

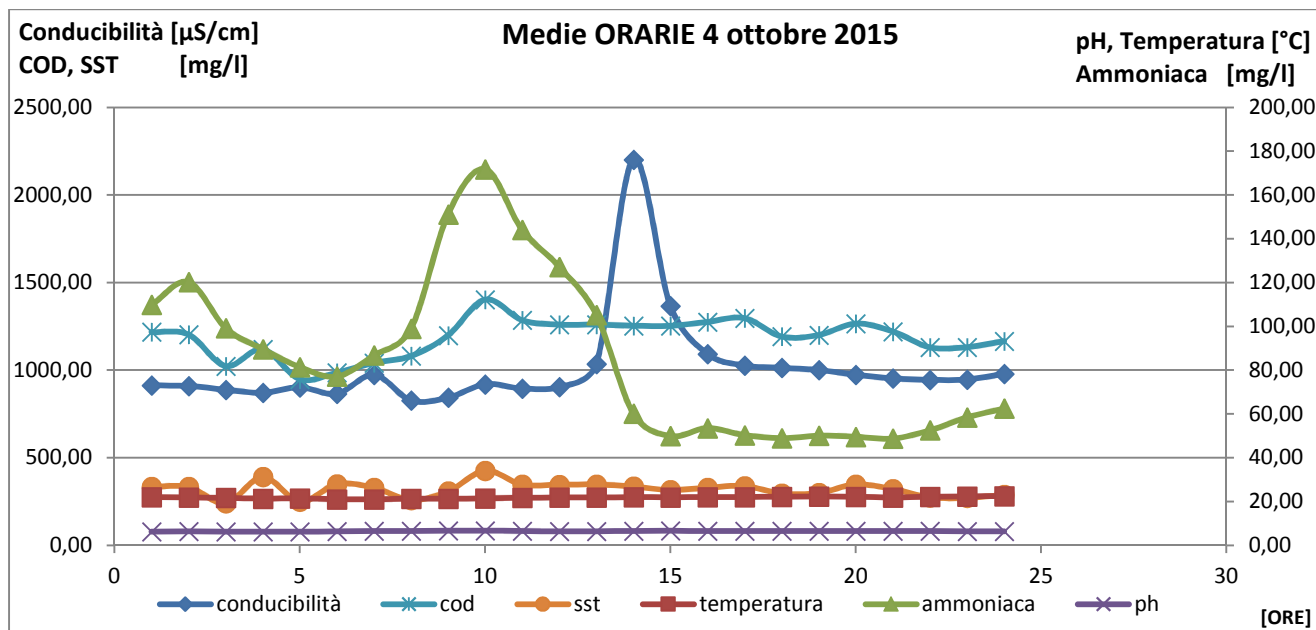


Figura 24 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH_4 , pH nel giorno 4 ottobre 2015

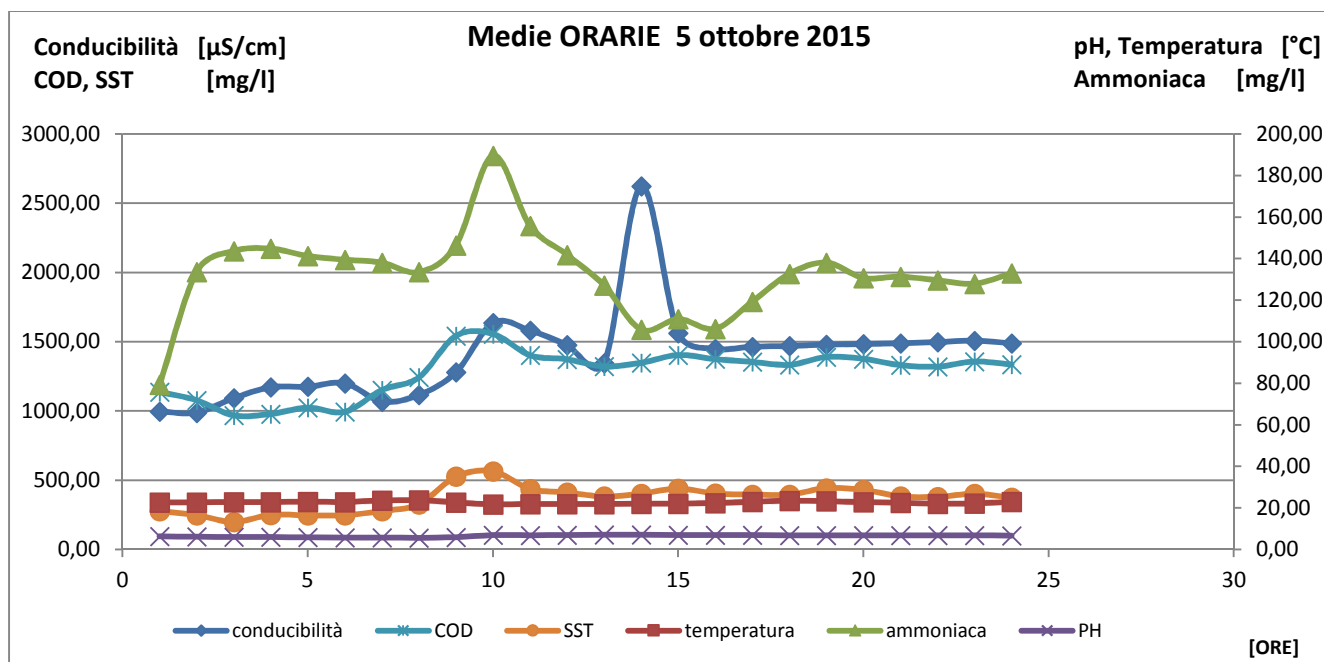


Figura 25 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH_4 , pH nel giorno 5 ottobre 2015

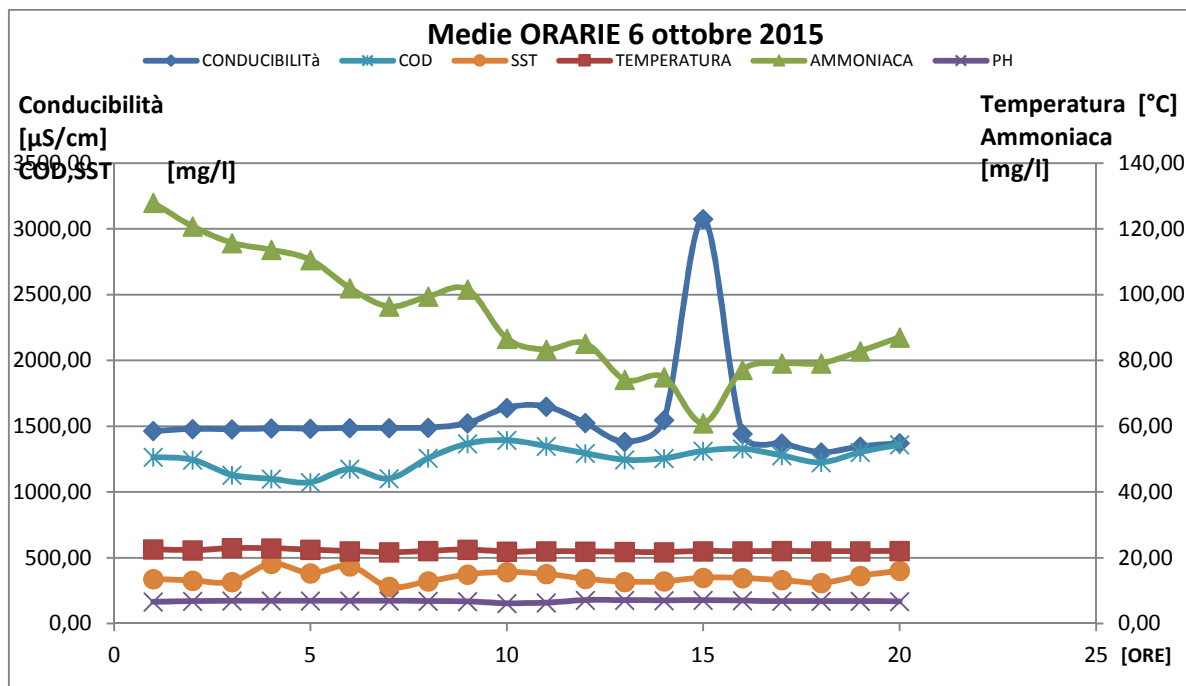


Figura 26- Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH₄, pH nel giorno 6 ottobre 2015

Mancano i dati per i giorni 07, 08, 09 e 10 ottobre per la caduta di connettività del sistema SIMONA, probabilmente da associare alle condizioni meteo del giorno 7 in cui è scoppiato un temporale e ai successivi giorni di pioggia. In particolare il 10 è caratterizzato da forti piogge ed un totale cumulato giornaliero di precipitazioni molto alto pari a 67,2 mm (vedi tabella 12). Il sistema ha ripreso a funzionare il 10/10 alle ore 21.00

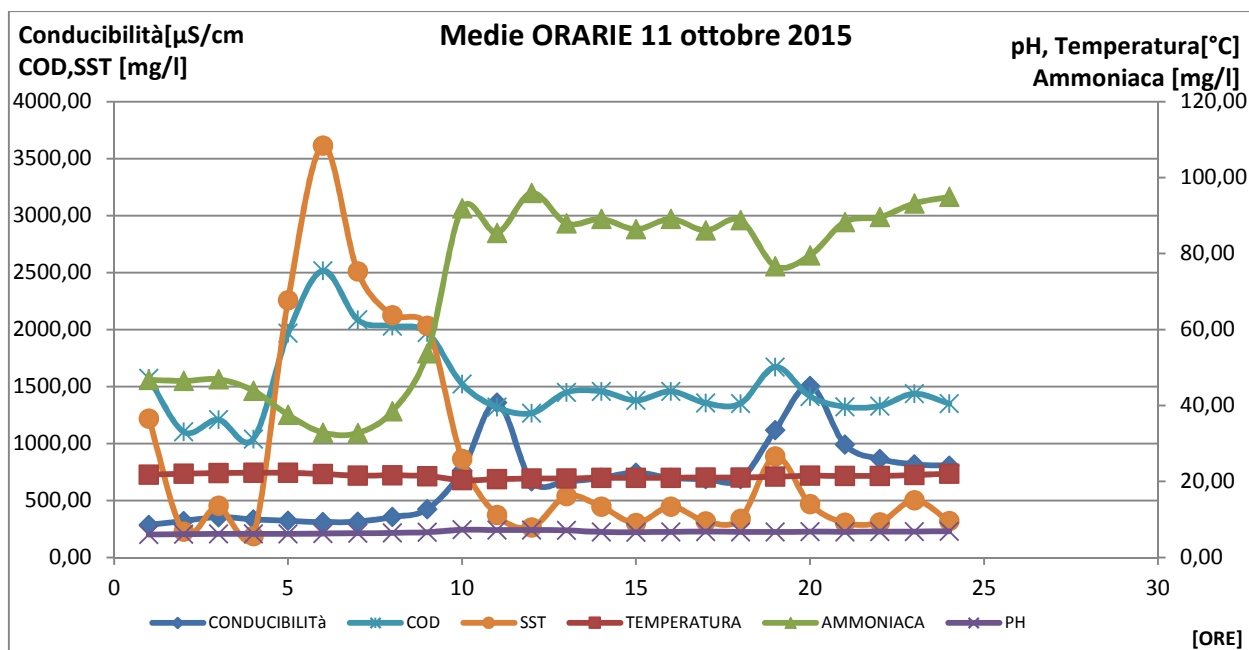


Figura 27 - Grafico rappresentativo delle Medie Orarie di Conducibilità, COD, SST, T, NH₄, pH nel giorno 11 ottobre 2015

Osserviamo che, similmente a quanto evidenziato per l'1 ottobre, nel grafico rappresentativo del giorno 11/10/2015 (vedi figura 27) si evidenzia un picco degli SST intorno alle ore 05:00 superiore al COD che rappresenta il colpo di carico di solidi in arrivo all'impianto associato alle forti piogge.

Relativamente invece all'andamento ordinario delle portate nere, essendo la fognatura mista, non è più individuabile in maniera univoca perché influenzato dagli intensi apporti meteorici. La giornata dell'11 ottobre è una giornata "ideale" per occultare scarichi illeciti.

Non riuscendo ad individuare degli andamenti coerenti con l'andamento delle portate nere che vedono delle punte di apporti in corrispondenza delle attività ordinarie domestiche, ho messo in grafici distinti gli andamenti di Ammoniac (grafico 28) e Conducibilità (grafico 29).

Normalmente l'ammoniac, corrispondente al contenuto di sostanze azotate nei reflui urbani, dovrebbe arrivare all'impianto di depurazione in ondate successive, in corrispondenza dell'attività metabolica e del lavaggio di stoviglie. Per i giorni esaminati, i grafici, con i dati estratti dal sistema SIMONA, non mostrano andamenti congruenti con l'attività residenziale domestica e sono per lo più decrescenti durante l'arco delle giornate.

Si notano valori alti, superiori a 100 mg/l, nelle prime ore del mattino, due picchi considerevoli per i giorni 4 e 5 ottobre in corrispondenza delle ore 10.00 del mattino che potrei associare alle attività metaboliche dell'inizio giornata, tenendo conto dei tempi di corrivazione all'impianto.

I giorni 01 e 11 ottobre, mostrano lo stesso andamento anche se i valori del giorno 11 sono più bassi, probabilmente per la forte diluizione dovuta alle intense piogge del giorno 10.

Nel complesso si evidenzia un andamento intermittente dell'ammoniac che posso spiegare con la composizione idraulica della fognatura di Massa Lubrense interessata da 16 sollevamenti fognari che si attivano quando hanno raggiunto la capienza dei rispettivi accumuli.

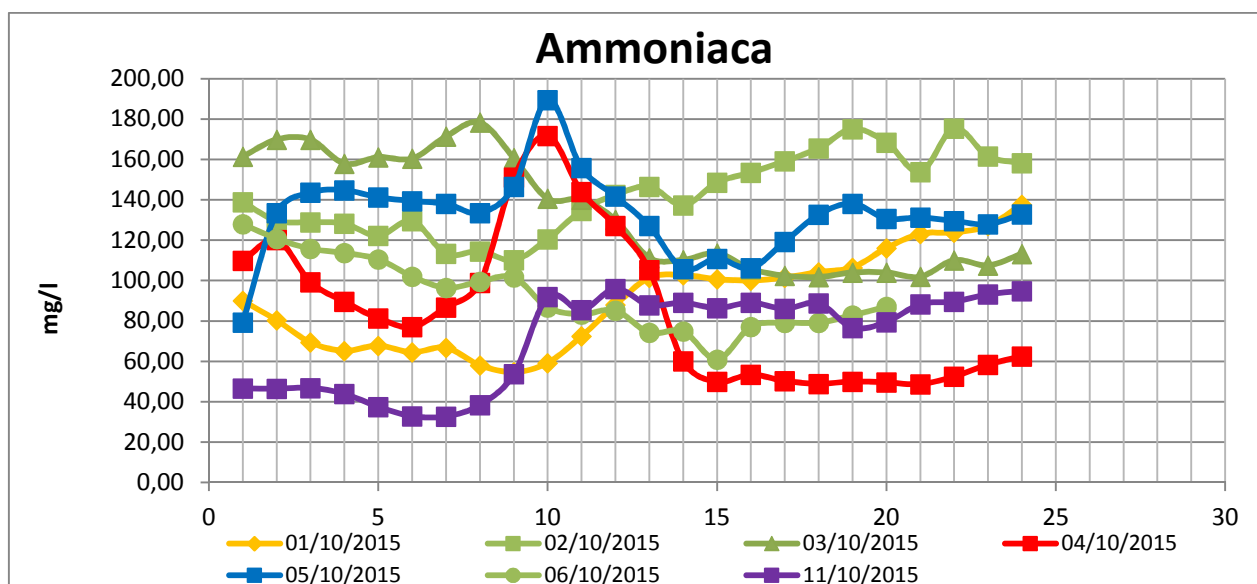


Figura 28 – Grafico delle medie orarie dell'Ammoniaca nei giorni 1-11 ottobre 2015

Relativamente alla conducibilità, il suo andamento è coerente con l'andamento della portata nera urbana, ma si vedono dei forti picchi in corrispondenza dell'intervallo 14:00 -16:00, che sono collegati agli apporti del sollevamento Marina della Lobra Alto, che ho verificato da telecontrollo GORI si attiva intorno a quelle ore apportando al depuratore di Massa Centro il contributo fognario del Bacino Marina della Lobra Basso ubicato nel porticciolo di Marina della Lobra, e di Marina della Lobra Alto, molto ricco in acque salmastre a causa della loro ubicazione.

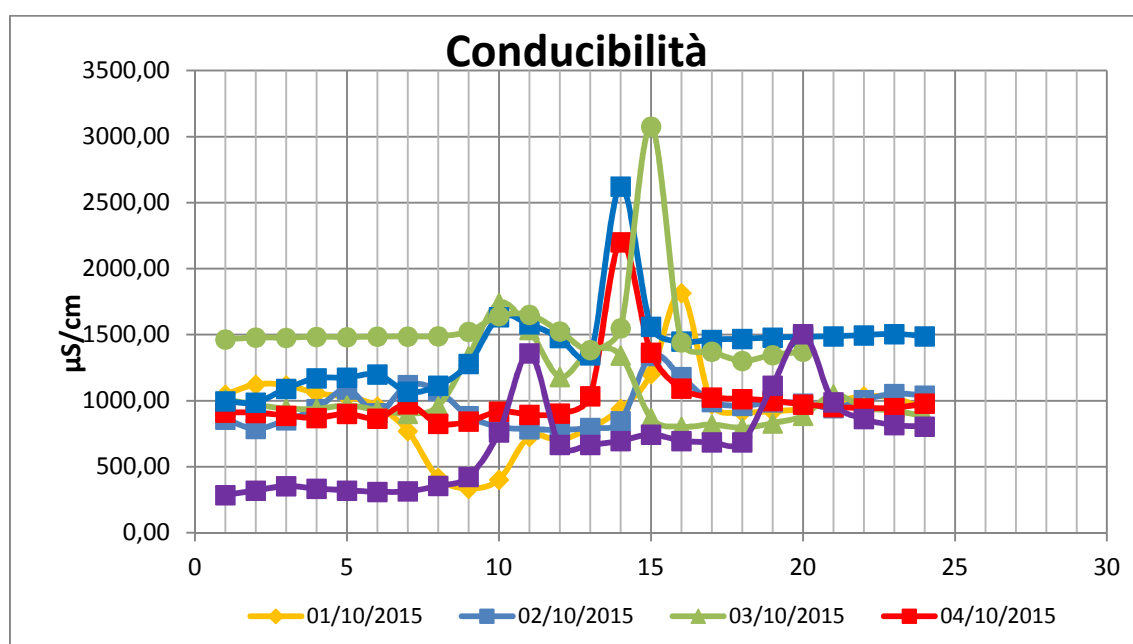


Figura 29 – Grafico delle medie orarie della Conducibilità nei giorni 1-11 ottobre 2015

5 Conclusioni

Questo lavoro di tesi ha voluto evidenziare due aspetti importanti della gestione dei sistemi fognari.

Il *primo aspetto* riguarda l'importanza di avere un approccio moderno da parte del Gestore dl S.I.I. alla risoluzione di problematiche quotidiane investendo in tecnologia innovativa e prototipale, sviluppando anche sinergie con enti e società, pubbliche e private, operanti in settori differenti e con logiche diverse. L'alto grado di novità del sistema che si vuole realizzare nell'ambito del progetto S.I.MON.A. è proprio quello di voler apportare innovazione al settore del servizio idrico integrato, del monitoraggio della risorsa idrica e della gestione e governo delle acque, allo stato attuale a basso contenuto tecnologico e poco evoluto. Infatti il progetto SIMONA per il Gestore G.O.R.I. S.p.A. è stato l'occasione di coniugare tematiche ICT (Information and Communication Technology) con le problematiche ambientali, ricercando la giusta integrazione tra perseguimento di obiettivi di qualità ambientale, l'avanzamento della ricerca scientifica nell'ICT e nelle tematiche sanitarie ed idrauliche oltre che lo sviluppo economico ed occupazionale di nuovi settori produttivi.

Il *secondo aspetto* è la difficoltà connessa alla gestione e manutenzione di un sistema di monitoraggio pervasivo in un ambiente "ostile" come la fognatura. Infatti, per il solo mese analizzato, purtroppo la maggior parte dei dati è risultata inservibile. Le sonde installate, del tipo "a contatto", a causa dei depositi e dei sedimenti hanno inviato dati "sporchi", che in pratica misuravano le incrostazioni e non le caratteristiche del refluo in cui erano immerse. Per questo motivo, dopo l'attività di filtraggio e verifica dei dati, all'atto dell'analisi ho dovuto scartare più del 50% dei dati. Inoltre, in mancanza di certezza sull'intero set di dati, ho limitato l'analisi ai soli parametri COD e SST, perché ho potuto fare il confronto con i dati misurati in laboratorio e perché sono i parametri utilizzati per la progettazione e gestione di un impianto di depurazione.

Altra *osservazione* emersa dall'analisi dei dati è la necessità di conoscere perfettamente la configurazione del sistema fognario e il suo andamento ordinario nel tempo, per poter effettuare l'installazione di un sistema di monitoraggio innovativo e tecnologicamente evoluto come auspica il progetto SIMONA. Infatti i picchi di conducibilità che potevano essere associati a delle anomalie in realtà non sono scarichi anomali, ma il contributo più salino del sollevamento di Marina della Lobra. Come anche i picchi di SST, superiori al COD, in corrispondenza di eventi pluviometrici particolarmente intensi e dopo eccezionali periodi secchi.

In particolare, le anomalie pluviometriche, rilevate al mese di Ottobre 2015, mi hanno fatto pensare in maniera concreta al "cambiamento climatico" e a

come dovremmo tenerne conto nel futuro nella progettazione di opere idrauliche in ambito urbano affinché siano resilienti e quindi in grado di sopportare eventi estremi ed imprevedibili. Sebbene non sappiamo con certezza di trovarci o meno nell'era del cambiamento, poiché manca un'unità di vedute da parte della Comunità Scientifica, non possiamo non prendere in considerazione che gli eventi meteorici estremi che continueranno a verificarsi. Essi dovranno essere monitorati e caratterizzati in quanto condizionano quello che è l'input, in termini di colpi di carico idraulico e fisico di solidi e sedimenti, ai sistemi di drenaggio urbano e trattamento dei reflui. Allo stesso modo, per la temperatura che esercita il suo effetto sulle cinetiche della biodegradazione dei carichi organici e sulla quantità dei sedimenti che si accumulano nei bacini nei tempi asciutti e che vengono poi dilavati e raccolti in tempo di pioggia, la progettazione idraulica e sanitaria, dovrà prendere in considerazione anche l'innalzamento delle medie stagionali.

6 Riferimenti Bibliografici

- Artina, G.Calenda, F.Calomino, C.Cao, G.La Loggia, C.Modica, A.Paoletti, S.Papiri, G.Rasulo, P.Veltri, “*Sistemi di fognatura*” *manuale di progettazione*, Hoepli
- Renato Vismara, “*Depurazione Biologica*” *teoria e processi*, Hoepli (2009)
- Decreto Legislativo n. 152 /2006 ss. mm. e ii.
- <http://centrofunzionale.regione.campania.it/index.php/chi-siamo/centro-funzionale>, *Dati pluviometrici mese del Ottobre 2015 Centralina di Massa Lubrense*, forniti dall’Ing. Matteo Gentilella del “Centro funzionale per la Previsione Prevenzione e Monitoraggio Rischi e l’allertamento ai fini di protezione civile”.
- <http://www.progettosimona.it>
- Report del progetto SIMONA n. D8.1 Report progettazione del sistema di simulazione correlazione eventi e supporto alle decisioni del centro servizi
- Report del progetto SIMONA n. D.8.11 – Progetto della rete di sensori dimostrativa
- Report del progetto SIMONA n. D.9.5 – Report di installazione su sito pilota

Ringraziamenti

Inizio con il ringraziare L'Ing. De Cicco per avermi dato la possibilità di realizzare questo lavoro di tesi presso la società A.G.S. Acea Gori Servizi Scarl, percorso che inizialmente sembrava non essere possibile per una tesi di Laurea triennale, ma riportando le testuali parole dette in seduta di colloquio “ A noi piacciono le sfide! “ (e ce l'abbiamo fatta!)

Il merito della riuscita è dato dall'insostituibile contributo della *mia* tutor Aziendale nonché l' Ing. Marianna Panico che, del tempo trascorso al suo fianco, ne ho fatto il dono più grande di questa esperienza.

La ringrazio per le spiegazioni e i chiarimenti, per la pazienza , per l'esperienza di “Stress Test sul progetto S.I.Mon.A ” fatta in campo, in cui ho potuto osservare per la prima volta il funzionamento di un impianto di depurazione. La ringrazio per la dedizione e la cura eseguita in ogni fase di elaborazione di questo lavoro.

Ringrazio tutti i tecnici di laboratorio ed altro personale addetto in A.G.S coinvolto nel Progetto S.I.MON.A, che hanno collaborato con noi in ogni tipo di informazione tecnica necessaria al proseguimento del lavoro.

Ringrazio Il prof. Angelo Leopardi, parte scientifica del progetto S.I.MON.A per chiarimenti e spiegazioni, soprattutto inerenti alla parte di analisi dei dati, ma prima ancora sul set di dati da lui fornito tramite il centro di calcolo CESCO di ENEA – Portici.

Ringrazio l'Ing. Matteo Gentilella del “Centro funzionale per la Previsione Prevenzione e Monitoraggio Rischi e l'allertamento ai fini di protezione civile” per averci fornito i dati di precipitazione giornaliera del mese di ottobre, dati che si sono rivelati assolutamente peculiari e caratterizzanti l'intera fase di interpretazione dei grafici elaborati nell'analisi dati e che quindi ci hanno condotto poi alle conclusioni dell'intero lavoro.

Ringrazio il *mio* relatore, Prof. Ing. Massimiliano Fabbricino per avermi appoggiata da subito in questa iniziativa “fuori-range” di tesi triennale in azienda, per aver creduto da subito che fosse possibile e soprattutto per la disponibilità mostratami in ogni ora e momento di sconforto, ansia e/o difficoltà pratica.

Ringrazio la “*Facoltà di Ingegneria Federico Secondo di Napoli*” per essermi stata da “Grande Maestra di Vita” in questo mio lungo percorso di sei anni !

Ed è proprio in riferimento a questi anni che, non posso non ringraziare i miei compagni di avventura Davide ed Antonella fratelli, amici, consiglieri e confidenti. Porterò sempre nel cuore tutte le nostre giornate, di avvillimento,

di difficoltà, di noia sui libri, ma fatte anche di piccole soddisfazioni, di confronto e conforto reciproco...insomma porterò sempre nel cuore quel nostro rapporto unico e speciale a suo modo.

Ringrazio Mia Madre, che nonostante tutto, ha SEMPRE creduto in me, come solo l'amore di una madre può fare. Ringrazio Lei perché c'è SEMPRE stata e nessuno mai quanto lei sà.

Ringrazio Mio Fratello Giovanni per l'esempio di persona che è, per il senso del dovere che (a suo modo) ha saputo trasmettermi.

Ringrazio Mio Padre per la possibilità che mi sta dando di crearmi un futuro dignitoso.

Ringrazio Raffaele il mio compagno di vita, per essere mio complice nella vita di oggi e perché ha preso parte con me ad un progetto da realizzare : LA VITA INSIEME !

Ringrazio i miei *Amici di Sempre* e cioè quelli degli anni del liceo e del dopo, che restano senza dubbio gli anni più belli per la grande spensieratezza che ci caratterizzava, ma è bello ancor di più vederci crescere ora, crescere sapendo che noi siamo ancora qui, legati, e che ci siamo gli uni per gli altri SEMPRE per tutti momenti che ci aspetteranno. Un grazie di cuore per avermi sempre ascoltata e capita và in particolare ad Anna, Alessandro e Davide Sgambati. Tra questi un grazie particolare và a Deborah per la "pazienza" che solo lei ha con me! Unica grande Confidente ! come già sapete... siete la mia "Famiglia Pazza di Amici" e grazie per tutto questo!

Ringrazio le mie fedelissime Allieve di Zumba, perché mi date la possibilità di praticare, in qualche modo, una passione nata e mai finita....la Danza !! come infatti ribadisco ad ogni fine lezione : Grazie a voi che me lo rendete possibile!

Grazie a tutte le nuove amicizie, i ragazzi del gruppo giovani della parrocchia di Brusciano, i ragazzi della FIT-EXPRESS e a tutte le persone che ad ogni modo stanno caratterizzando la mia persona, perché lasciandomi un pochetto di voi, diventa momento di crescita personale per me.