

**ALMA MATER STUDIORUM – UNIVERSITA' DI BOLOGNA**

---

**FACOLTÀ DI INGEGNERIA**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED IL  
TERRITORIO**

**Tesi di Laurea Magistrale in:**

Trattamento delle Acque Reflue M

***MODELLAZIONE DEL TRATTAMENTO A FANGHI  
ATTIVI DEL DEPURATORE PONTE METAURO DI  
FANO ED INDICAZIONI GESTIONALI PER LA  
RIDUZIONE DEI CONSUMI DI ENERGIA***

**Relatore**

Prof. Maurizio Mancini

**Candidato**

Lotito Lorenzo

**Correlatrice**

Ing. Claudia Zoppi

Sessione II

Anno accademico: 2020/2021



# INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>1</b>
<b>1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>2</b>
<b>2. L'IMPIANTO PONTE METAURO DI FANO.....</b>	<b>6</b>
2.1 Ubicazione territoriale.....	6
2.2 Descrizione dell'impianto.....	7
2.3 Volumetria di processo.....	8
2.4 Schema a blocchi.....	11
2.5 Planimetria.....	12
<b>3. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO.....</b>	<b>13</b>
3.1 Introduzione.....	13
3.2 Schema del modello d'impianto.....	13
3.3 Caratterizzazione dei singoli processi.....	14
<b>4. DISCUSSIONE REFLUO IN INGRESSO.....</b>	<b>28</b>
<b>5. DISCUSSIONE SVOLGIMENTO DELLA MODELLAZIONE.....</b>	<b>32</b>
5.1 Impianto pilota.....	32
5.2 Impianto modificato con dati dell'azienda.....	38
5.3 Impianto reale.....	44
<b>6. DISCUSSIONE RISULTATI.....</b>	<b>51</b>
6.1 Dati in uscita (Output).....	51
6.2 Rendimenti.....	59
6.3 Ossigeno e biomasse attive.....	60

<b>7. CONFRONTO KLa.....</b>	<b>67</b>
7.1 Confronto tra KLa medio del modello.....	67
7.2 Confronto tra KLa medio del modello e KLa sperimentale.....	68
<b>8. INDICAZIONI GESTIONALI PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI.....</b>	<b>70</b>
<b>9. CONCLUSIONI.....</b>	<b>72</b>
<b>10. BIBLIOGRAFIA.....</b>	<b>73</b>



## **INTRODUZIONE**

Lo scopo del presente studio è quello di modellare il processo di trattamento delle acque reflue dell'impianto a fanghi attivi Ponte Metauro di Fano.

In particolare, si è posta l'attenzione sulle fasi di trattamento secondario, agendo sui parametri che regolano tali processi e simulando il funzionamento ottimale dell'impianto attraverso il programma di modellazione STOAT.

Oltre a modellare l'impianto, è stato anche fatto uno studio per cercare di risparmiare i consumi di energia e reagenti.

La prima fase quindi è stata incentrata sulla modellazione dell'impianto, soprattutto per i trattamenti secondari, con varie simulazioni per poi arrivare ad avere una rappresentazione corretta del fenomeno che avviene nella realtà.

La seconda fase invece è stata incentrata sulla ricerca di un possibile risparmio energetico per ottimizzare i consumi di energia e reagenti all'interno delle vasche.

La risorsa idrica ha assunto ormai un ruolo di fondamentale importanza nella società, il suo utilizzo è la conseguenza diretta della produzione di scarichi che, per essere reimmessi nell'ambiente, necessitano di trattamenti depurativi. Una corretta gestione delle tecnologie esistenti implica, oltre all'abbattimento di inquinamento, una possibilità nel riutilizzo delle acque depurate che può essere tradotta sia in termini di innovazione e riutilizzo della risorsa idrica, sia in termini economici come rifornimento per usi che non necessitano di acqua di alta qualità.

# 1. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Il Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 (c.d. “Testo Unico dell’Ambiente) ha lo scopo di disciplinare la tutela dell’ambiente, e in particolare nella Parte III delle acque superficiali, marine e sotterranee; gli strumenti per la tutela delle acque sono:

- a) L’individuazione di obiettivi di qualità ambientale e per specifica destinazione dei corpi idrici;
- b) La tutela integrata degli aspetti qualitativi e quantitativi nell’ambito di ciascun distretto idrografico ed un adeguato sistema di controllo e sanzioni;
- c) Il rispetto dei valori limite agli scarichi fissati dallo Stato, nonché la definizione di valori limite in relazione agli obiettivi di qualità del corpo recettore;
- d) L’adeguamento dei sistemi di fognatura, collettamento e depurazione degli scarichi idrici, nell’ambito del servizio idrico integrato;
- e) L’individuazione di misure per la prevenzione e la riduzione dell’inquinamento nelle zone vulnerabili e nelle aree sensibili;
- f) L’individuazione di misure tese alla conservazione, al risparmio, al riutilizzo ed al riciclo delle risorse idriche;
- g) L’adozione di misure per la graduale riduzione degli scarichi, delle emissioni e di ogni altra fonte di inquinamento diffuso contenente sostanze pericolose o per la graduale eliminazione degli stessi allorché contenenti sostanze pericolose prioritarie, contribuendo a raggiungere nell’ambiente marino concentrazioni vicine ai valori del fondo naturale per le sostanze presenti in natura e vicine allo zero per le sostanze sintetiche antropogeniche;
- h) L’adozione delle misure volte al controllo degli scarichi e delle emissioni nelle acque superficiali secondo un approccio combinato.

La parte più importante del decreto per la tutela delle acque è la disciplina degli scarichi. Lo scarico è definito nell'articolo 74 come qualsiasi immissione di acque reflue in acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria, indipendentemente dalla loro natura inquinante, anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione.

Gli scarichi degli impianti di trattamento di acque reflue urbane di potenzialità superiore a 2000 A.E. in acque superficiali devono rispettare i limiti specificati nella Tabella 1 Allegato 5.

<b>Tabella 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane</b>				
PARAMETRI (MEDIA GIORNALIERA) (1)	POTENZIALITÀ IMPIANTO IN A.E. (ABITANTI EQUIVALENTI)			
	2.000 – 10.000		> 10.000	
	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione
BOD <sub>5</sub> (senza nitrificazione) (2)	25	70-95 (5)	25	80
COD (3)	125	75	125	75
Solidi sospesi (4)	35 (5)	90 (5)	35	90

Figura 1. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane

Il D.Lgs. 152/2006 definisce all'art. 91 le aree sensibili al rischio di eutrofizzazione.

Nell'allegato 6 e nell'articolo 91 del decreto vengono definiti i criteri per individuare le aree sensibili, con possibilità per le Regioni di designarne altre nel proprio territorio.

Con il termine area sensibile si identifica un sistema idrico caratterizzato da almeno una delle seguenti caratteristiche: laghi naturali e acque con possibile eutrofizzazione, acque dolci superficiali destinate alla potabilizzazione con concentrazione di nitrati superiore a 50 mg/L oppure aree che necessitano di ulteriori trattamenti per gli scarichi.

Alcuni esempi di aree sensibili sono: le Valli di Comacchio, il Delta del Po, le zone umide individuate dalla convenzione Ramsar, le aree costiere dell'Adriatico nord occidentale, il lago di Garda.

Gli scarichi in corpi d'acqua superficiali, provenienti da impianti di trattamento delle acque reflue urbane che recapitano in aree sensibili devono essere conformi anche ai limiti di emissione della Tabella 2 dell'Allegato 5.

<b>Tabella 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili</b>				
PARAMETRI (MEDIA ANNUA)	POTENZIALITÀ IMPIANTO IN A.E.			
	10.000 – 100.000		> 100.000	
	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione	Concentrazione (mg/l)	% di riduzione
Fosforo totale (P) (1)	2	80	1	80
Azoto totale (N) (2)(3)	15	70-80	10	70-80

Figura 2. Limiti di emissione per gli impianti di acque reflue urbane recapitanti in aree sensibili



Infine il Decreto stabilisce i criteri per lo scarico di acque reflue industriali (sempre soggette a una procedura di autorizzazione) in acque superficiali, in reti fognarie e sul suolo; i relativi limiti sono contenuti nella tabella 3-4 dell'allegato 5.

Acque di scarico - valori limite di emissione All. 5, P. Terza, D.Lgs n. 152 del 03.04.06					
N°	PARAMETRI	Tab. 3		Tab. 4	
		SCARICO IN ACQUE SUPERFICIALI	SCARICO IN RETE FOGNARIA	SCARICO SU SUOLO	
1	pH	5,5 - 9,5	5,5 - 9,5	6 - 8	
2	Temperatura (°C)	Variabile in funzione della tipologia del recapito			
3	colore	n.p. 1:20	n.p. 1:40	/	
4	odore	no molestie	no molestie	/	
5	materiali grossolani	assenti		Assenti	
6	Solidi sospesi totali	80 mg/l	200 mg/l	25	mg/l
7	BOD <sub>5</sub> (come O <sub>2</sub> )	40 "	250 "	20	"
8	COD (come O <sub>2</sub> )	160 "	500 "	100	"
9	Alluminio	1 "	2,0 "	1	"
10	Arsenico	0,5 "	0,5 "	0,05	"
11	Bario	20 "	/	10	"
12	Boro	2 "	4 "	0,5	"
13	Cadmio	0,02 "	0,02 "	(*)	
14	Cromo totale	2 "	4 "	1	"
15	Cromo VI	0,2 "	0,20 "	(*)	
16	Ferro	2 "	4 "	2	"
17	Manganese	2 "	4 "	0,2	"
18	Mercurio	0,005 "	0,005 "	(*)	
19	Nichel	2 "	4 "	0,2	"
20	Piombo	0,2 "	0,3 "	0,1	"
21	Rame	0,1 "	0,4 "	0,1	"
22	Selenio	0,03 "	0,03 "	0,002	"
23	Stagno	10 "	/	3	"
24	Zinco	0,5 "	1,0 "	0,5	"
25	Cianuri totali (come CN)	0,5 "	1,0 "	(*)	
26	Cloro attivo libero	0,2 "	0,3 "	0,2	"
27	Solfuri (come H <sub>2</sub> S)	1 "	2 "	0,5	"
28	Solfiti (come SO <sub>3</sub> )	1 "	2 "	0,5	"
29	Solfati (come SO <sub>4</sub> )	1000 "	1000 "	500	"
30	Cloruri	1200 "	1200 "	200	"
31	Fluoruri	6 "	12 "	1	"
32	Fosforo totale (come P)	10 "	10 "	2	"
33	Azoto ammoniacale (come NH <sub>4</sub> )	15 "	30 "	(**)	
34	Azoto nitroso (come N)	0,6 "	0,6 "	(**)	

Figura 3. Valori limiti di emissione per acque reflue industriali in fognatura, in acque superficiali e sul suolo

Inoltre l'articolo 110 del decreto stabilisce la disciplina per il trattamento dei rifiuti presso impianti di trattamento delle acque reflue urbane.

Il gestore del servizio idrico integrato è autorizzato ad accettare, in impianti con caratteristiche e capacità depurative adeguate, rifiuti e materiali che rispettino i valori limite e siano provenienti dal proprio Ambito territoriale o da altro Ambito sprovvisto di impianti adeguati.

Le tipologie di rifiuti che sono ammessi trattare sono:

- Rifiuti costituiti da acque reflue che rispettino i valori limite stabiliti per lo scarico in fognatura;
- Rifiuti costituiti dal materiale proveniente dalla manutenzione ordinaria di sistemi di trattamento di acque reflue domestiche;
- Materiali derivanti dalla manutenzione ordinaria della rete fognaria nonché quelli derivanti

da altri impianti di trattamento delle acque reflue urbane, nei quali l'ulteriore trattamento dei medesimi non risulti realizzabile tecnicamente e/o economicamente.

Altre tipologie di rifiuti liquidi possono essere trattate in regime di autorizzazione, purché nel rispetto della capacità depurativa dell'impianto, siano compatibili con il processo depurativo e il loro trattamento non comprometta il possibile riutilizzo delle acque trattate e dei fanghi.

## 2. L'IMPIANTO PONTE METAURO DI FANO

### 2.1 Ubicazione territoriale

L'impianto di depurazione Ponte Metauro si trova all'interno del Comune di Fano, precisamente in via Tamerici 12, ubicato nei pressi della foce del fiume Metauro. È al servizio del nucleo abitato della città di Fano e località limitrofe (Fosso Sejore, Gimarra, Fenile, Centinarola, Rosciano, S. Orso, Vallato, Metaurilia, parte della frazione di Torrette). L'impianto ha una potenzialità di circa 60.000 abitanti equivalenti e "tratta" mediamente 12.000 mc. di liquami al giorno.



Figura 4. L'impianto di depurazione Ponte Metauro

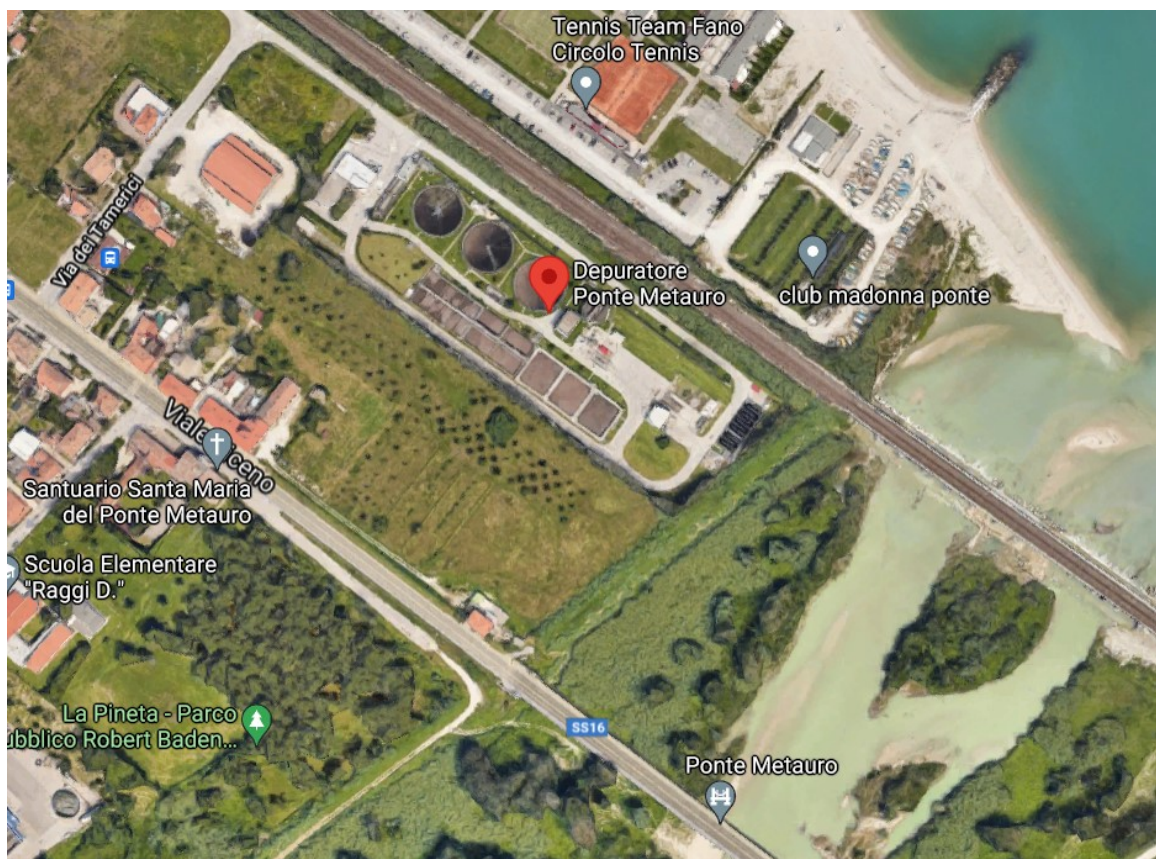


Figura 5. Vista da Google Maps dell'impianto di depurazione Ponte Metauro

## 2.2 Descrizione dell'impianto

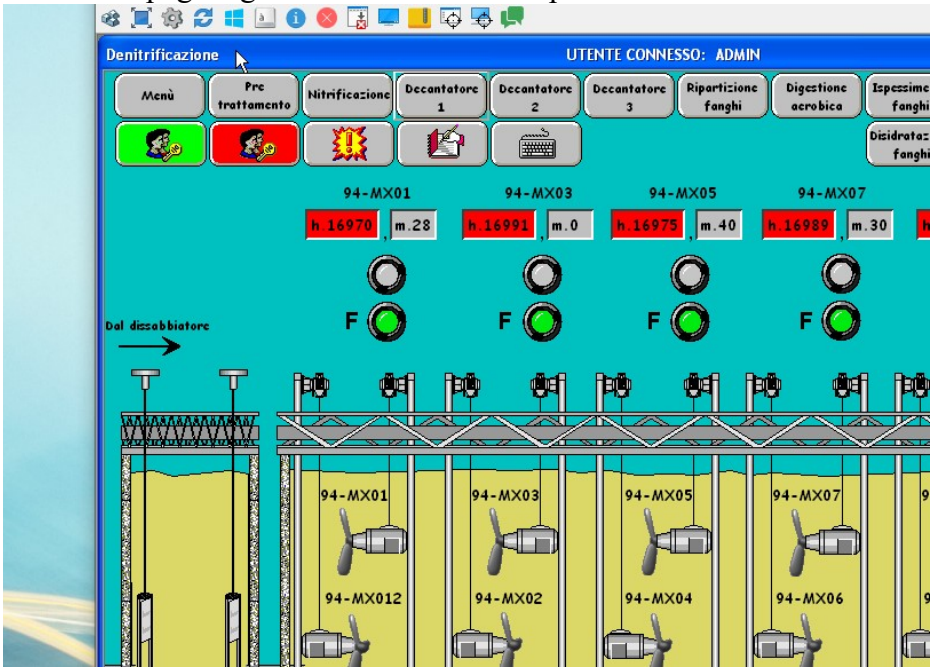
La filiera di trattamento della linea acque è composta da:

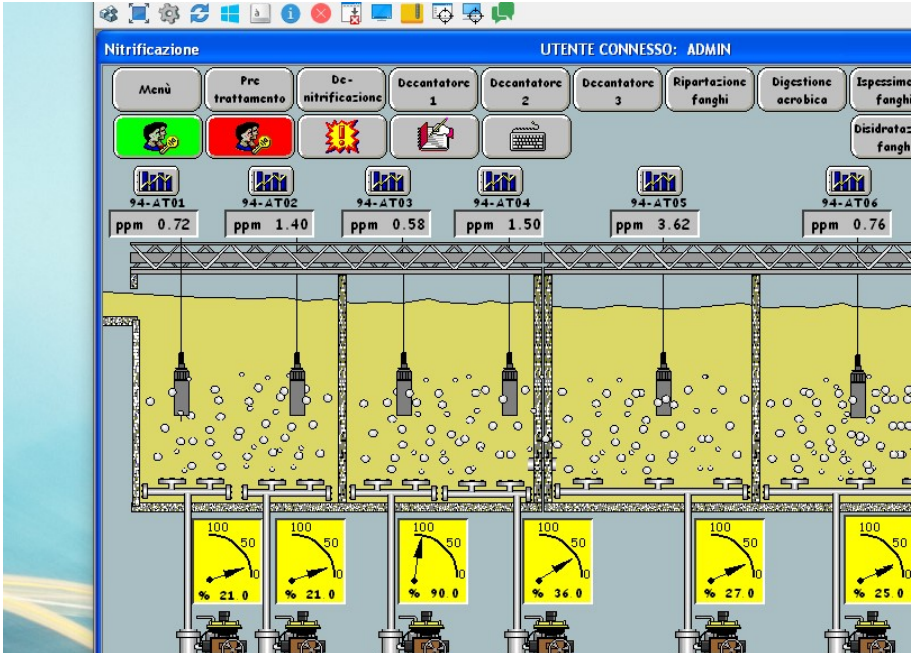
- una sezione di grigliatura fine, costituita da uno sgrigliatore a tamburo rotante con spaziatura di 1.5 mm e dotato di sistema di compattazione del materiale grigliato;
- una sezione di dissabbiatura in canale longitudinale aerato, dotato di un sistema di insufflazione dell'aria mediante diffusori a bolle medie e carroponete va e vieni per l'estrazione delle sabbie, che vengono raccolte in sacchi drenanti;
- una linea di trattamento secondario, con sezioni di trattamento biologico configurate secondo lo schema di pre-denitrificazione/nitrificazione. Il comparto di pre-denitrificazione è del tipo "a chicane" ed è equipaggiato con miscelatori sommersi per il mantenimento in sospensione della biomassa. Il comparto di ossidazione/nitrificazione è dotato di reti di diffusori a bolle fini. L'aria viene fornita da tre soffianti volumetriche a lobi installate in un locale apposito. Il comparto è dotato di pompe di ricircolo della miscelata aerata dalla nitrificazione alla pre-denitrificazione. La sedimentazione secondaria avviene in bacini a pianta circolare con carroponete raschiatore a trazione periferica e sistema di raccolta-allontanamento delle schiume galleggianti (schiuma-box). Nelle canalette di uscita dei sedimentatori viene effettuata una pre-disinfezione dell'effluente con dosaggio di soluzione acquosa di ipoclorito di sodio (titolo 15 % circa);
- un comparto di disinfezione finale con dosaggio di acido peracetico in canale a serpentina, che tratta l'effluente chiarificato. Dal comparto di disinfezione l'effluente viene convogliato nel pozzetto finale di campionamento prima dello scarico al corpo idrico ricettore (fiume Metauro). È inoltre presente una stazione di dosaggio di ipoclorito di sodio;
- una stazione di ricezione e pretrattamento dei bottini, costituita da una vasca di raccolta da cui questi vengono sollevati a trattamento meccanico di grigliatura. I rifiuti speciali non pericolosi conferiti sono prevalentemente liquami settici provenienti dallo spurgo di fosse biologiche e liquami provenienti dalla pulizia delle fognature (prevalentemente C.E.R. 200304 "fanghi delle fosse settiche", C.E.R. 200306 "rifiuti della pulizia delle fognature", altri rifiuti liquidi quantitativamente irrilevanti C.E.R. 190805). Il materiale grigliato viene raccolto in cassone per essere avviato a smaltimento, mentre la fase liquida estratta viene inviata direttamente a disidratazione;
- due letti di essiccamento utilizzati per la disidratazione di rifiuti liquidi non pericolosi;
- una stazione di aspirazione e trattamento dell'aria esausta, attualmente non in funzione.

La filiera di trattamento della linea fanghi è composta dalle seguenti unità:

- una vasca di stabilizzazione aerobica, dotata di rete di diffusori a bolle fini alimentata dalle soffianti volumetriche a lobi situata all'interno del locale compressori comuni alla linea di trattamento biologico;
- un bacino di ispessimento statico, dotato di ponte raschiatore a picchetti a trazione centrale;
- una sezione di disidratazione meccanica dei fanghi, ospitata all'interno di un edificio dedicato e costituita da due estrattori centrifughi dotati di pompe monovite di caricamento fango e di dosaggio di polielettrolita, una stazione di preparazione della soluzione di polielettrolita e due coclee di evacuazione di fanghi disidratati (una orizzontale di raccolta e una inclinata di sollevamento).

### 2.3 Volumetria di processo

<p>comparto</p> <p><b>DENITRIFICAZIONE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vol. utile (mc)= 1.866</li> <li>- Battente (m) = 3.3</li> <li>- Dimensioni utili LxBxH=30.90x18.30x3.30 m</li> <li>- 11 elettro miscelatori sommersi</li> <li>- Configurazione della vasca con setti interni a chicane</li> <li>- Schermata pagina grafica del sistema di supervisione e telecontrollo:</li> </ul> 
<p><b>NITRIFICAZIONE</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vol. utile (mc)= 1.818+2576</li> <li>- Dimensioni utili LxBxH=30.10x18.30x3.30 m e</li> </ul>

	<p>LxBxH=33.20x19.40x4.00 m</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Schermata pagina grafica del sistema di supervisione e telecontrollo:</li> </ul> 
<p><b>POZZETTO RIPARTITORE AI SECONDARI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manufatto in c.a.</li> <li>- partitore a 3 vie munita ciascuna di valvola telescopica regolabile per suddividere equamente la portata uscente dal comparto biologico ai 3 sedimentatori</li> <li>- le portate immesse ai singoli sedimentatori non si conoscono</li> </ul>
<p><b>SEDIMENTAZIONE SECONDARIA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- n. 3 vasche da 452 mq</li> <li>- vasca in c.a. a pianta circolare del diametro interno di 24,00 m con altezza variabile da 2,90 m al bordo a 3,40 m al centro</li> <li>- immissione del liquame da colonna centrale in c.a. del diametro di 1.10m</li> <li>- pozzetto centrale di raccolta del fango sedimentato, di forma tronco-conica e altezza di 1.75m</li> <li>- dotazioni: carro-ponte a trazione periferica sostenuto da colonna centrale in c.a., la sommità del muro perimetrale funge da pista di scorrimento, colonna centrale di immissione liquami dal fondo, il carro-ponte sostiene una lama raschiante di fondo a disegno parabolico per convogliare il fango sedimentato nel pozzetto centrale di raccolta e una lama raschiatrice superficiale per la raccolta del materiale flottante che viene scaricato, tramite una tramoggia di raccolta galleggiante “scum-box”, in un pozzetto in c.a. realizzato in aderenza alla vasca</li> <li>- il pozzetto di raccolta schiume è dotato di pompa di rilancio delle stesse al silos ispessitore, nonché miscelatore ed elettrovalvola per l'erogazione di acqua di servizio utili alla rottura delle schiume</li> <li>- stramazzo del refluo chiarificato con profilo thompson</li> <li>- canaletta in c.a. perimetrale esterna della sezione di 0.50 x 0.90 m per la raccolta del refluo chiarificato</li> <li>- il liquame chiarificato viene convogliato alla canaletta di raccolta che conduce alla vasca di disinfezione tramite canaletta con fondo raccordato a scivolo</li> </ul>
<p><b>POZZETTO FANGHI</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- manufatto in c.a.</li> </ul>

<b>DI RICIRCOLO E SUPERO</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- in esso confluiscono le tubazioni di estrazione del fango sedimentato di ciascun decantatore, il ricircolo è gestito tramite pompe ad avviamento diretto per cui la portata di ricircolo è fissa</li> <li>- la dotazione elettromeccanica consiste in n. 3 pompe da 350 mc/h cad.,</li> <li>- il fango di supero viene estratto dal pozzetto di ricircolo tramite pompa apposita avente portata effettiva di 60mc/h circa il cui funzionamento è regolato in automatico sulla base del volume totale da estrarre impostato dall'operatore a plc e su intervalli temporali prestabiliti</li> <li>- il fango di supero è trasferito alla vasca di stabilizzazione aerobica</li> </ul>
<b>DISINFEZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vol. utile (mc)= 575</li> <li>- vasca in c.a con setti a chicane per aumentare il tempo di contatto con l'agente disinfettante (acido peracetico)</li> <li>- dotazione di canale di by-pass della vasca</li> </ul>
<b>STAZIONE DOSAGGIO REAGENTI</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- vasca di contenimento in c.a.</li> <li>- carpenteria di sostegno della copertura</li> <li>- pompe dosatrici (1+1riserva)</li> </ul>
<b>STABILIZZAZIONE AEROBICA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Vol. utile (mc)= 1.200</li> <li>- La stabilizzazione aerobica è usata ibridamente anche come addensatore statico, prevedendo lo spegnimento della fornitura dell'aria per un tot. di ore al giorno, in questo intervallo di tempo si verifica la sedimentazione del fango stabilizzato sul fondo della vasca e la separazione del surnatante. Entrambi vengono estratti tramite pompa dedicata: il surnatante è inviato in testa alla denitro (la pompa ha una portata di 60 mc/h circa); il fango viene trasferito al silos ispessitore (la pompa ha una portata di 60 mc/h circa)</li> </ul>
<b>SILOS ISPESSITORE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Manufatto cilindrico in c.a. dotato di picchetti rotanti in cui avviene l'ispessimento del fango a gravità. L'estrazione del fango viene comandata dal comparto centrifughe al quale è avviato il fango</li> </ul>
<b>CENTRIFUGAZIONE</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- 2 macchine in parallelo per l'estrazione dell'acqua contenuta nel fango, previo condizionamento con polielettrolita che ha la funzione di facilitare e migliorare la separazione della frazione liquida. Il surnatante è inviato tramite apposita vasca di raccolta e rilancio in testa impianto, la portata non è una misura disponibile, e comunque non è un contributo significativo e continuo nelle 24 ore</li> </ul>
<b>SISTEMA DI FORNITURA DELL'ARIA</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Produzione aria: n. 3 turbosoffianti alloggiati all'interno di edificio dedicato</li> <li>- Specifiche macchine: marca HV Turbo KA2S-GK190, potenza nominale 90kW, potenza assorbita 75kW, portata max 4300 Nmc/h, prevalenza 550mbar</li> <li>- Trasferimento aria: 6 collettori di alimentazione (il numero di collettori x vasca è rappresentato nella schermata della pagina del telecontrollo più sopra) in acciaio inox, i tratti terminali poste sul fondo dei bacini di ossidazione sono costituiti da tubazioni in PVC</li> <li>- Distribuzione aria: rete di 1608 circa diffusori a membrana a bolle fini</li> </ul>

	<p>del tipo sanitair della flygt da 9”</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Regolazione del sistema di fornitura dell’aria: il sistema è a pressione costante pari a 460mBar misurata nel collettore principale a monte delle calate, il segnale delle sonde di ossigeno regola il grado di apertura di valvole modulatorie a farfalla con attuatore elettrico installate sulle tubazioni di calata (una valvola per ogni calata) per mantenere costante il set-point di concentrazione di ossigeno disciolto impostato a PLC , conseguentemente si genera una variazione della pressione nel collettore principale di mandata che viene compensata tramite regolazione della frequenza della soffiante;</li> <li>- In regime di carico normale funziona una sola soffiante, la seconda si attiva in automatico in condizione di carico organico elevato (tipicamente punte di carico del periodo estivo), la terza ha funzione di riserva</li> </ul>
<p><b>SEZIONE ENERGETICA</b></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Gruppo elettrogeno in servizio di emergenza in relativo locale di alloggiamento</li> </ul>

**2.4 Schema a blocchi**

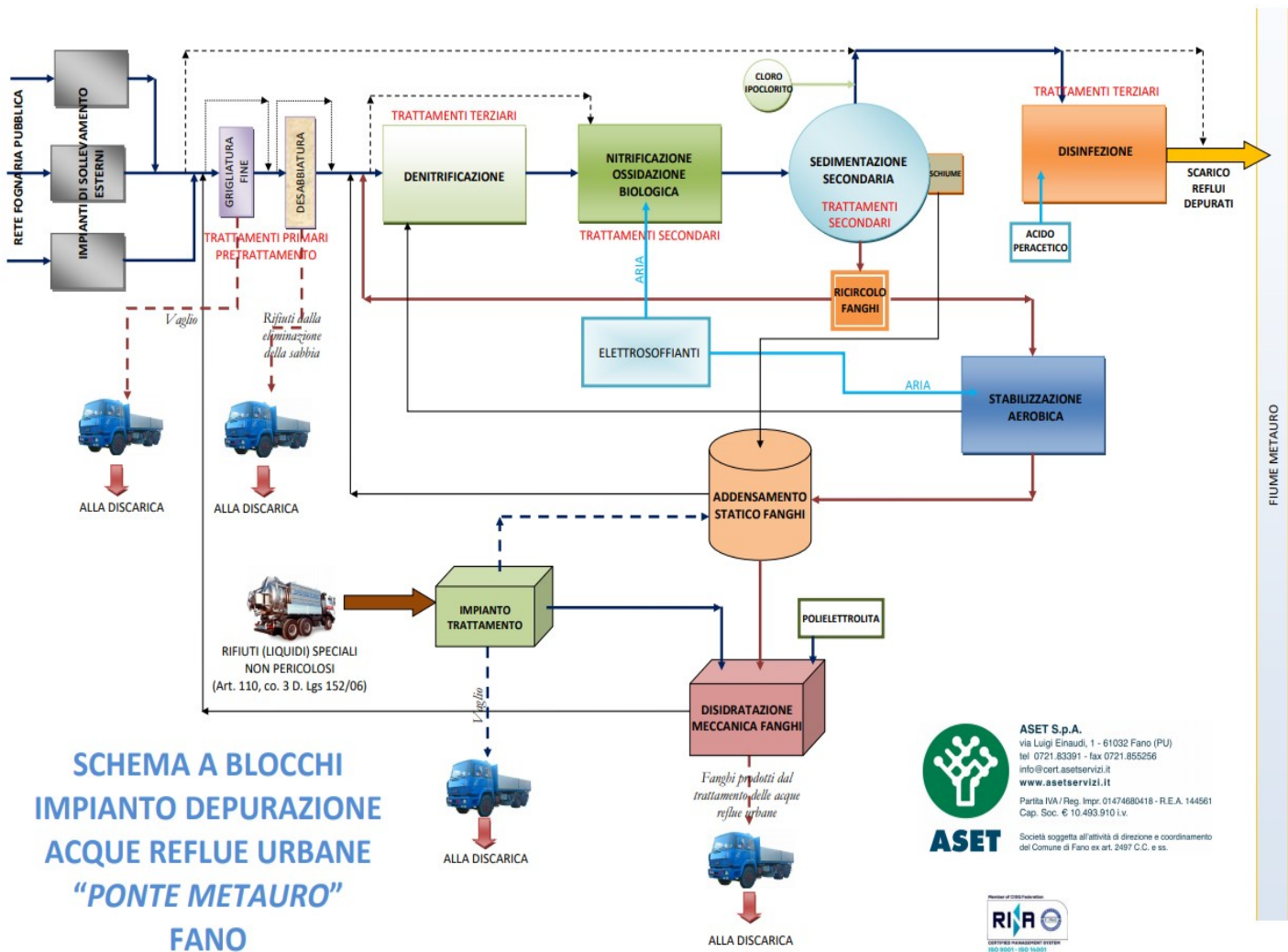


Figura 6. Schema a blocchi impianto





### 3. IMPLEMENTAZIONE DEL MODELLO

#### 1.1 Introduzione

Per poter svolgere le simulazioni del modello d'impianto è stato utilizzato un programma chiamato STOAT, un programma per la modellazione dinamica e simulazione di impianti di trattamento a fanghi attivi a lungo termine, distribuito dalla società britannica WRc Plc e disponibile come freeware. Basandosi su modelli a fanghi attivi è possibile costruire una descrizione di un impianto di depurazione definendo i processi di trattamento, il modo in cui sono collegati e gestiti per poi prevedere le prestazioni degli impianti per un certo periodo di tempo.

#### 1.2 Schema del modello d'impianto

Il primo passaggio da fare, in accordo con lo schema d'impianto reale, è stato quello della costruzione dell'impianto sul foglio di lavoro. L'inizializzazione del lavoro prevede l'inserimento dei singoli processi presenti nella barra degli strumenti con un successivo collegamento tra di essi per così definire le linee d'impianto nel seguente ordine:

- Influyente
- Bacino di aerazione (Denitrificazione)
- Bacino di aerazione (Ossidazione- Nitrificazione)
- Sedimentatore Secondario
- Fango di supero/di ricircolo
- Effluente

Si può notare come nello schema manchino i trattamenti terziari di disinfezione e filtrazione, tuttavia questa semplificazione è stata fatta in quanto ai fini dello studio è stato importante valutare il funzionamento dei comparti biologici e di sedimentazione.

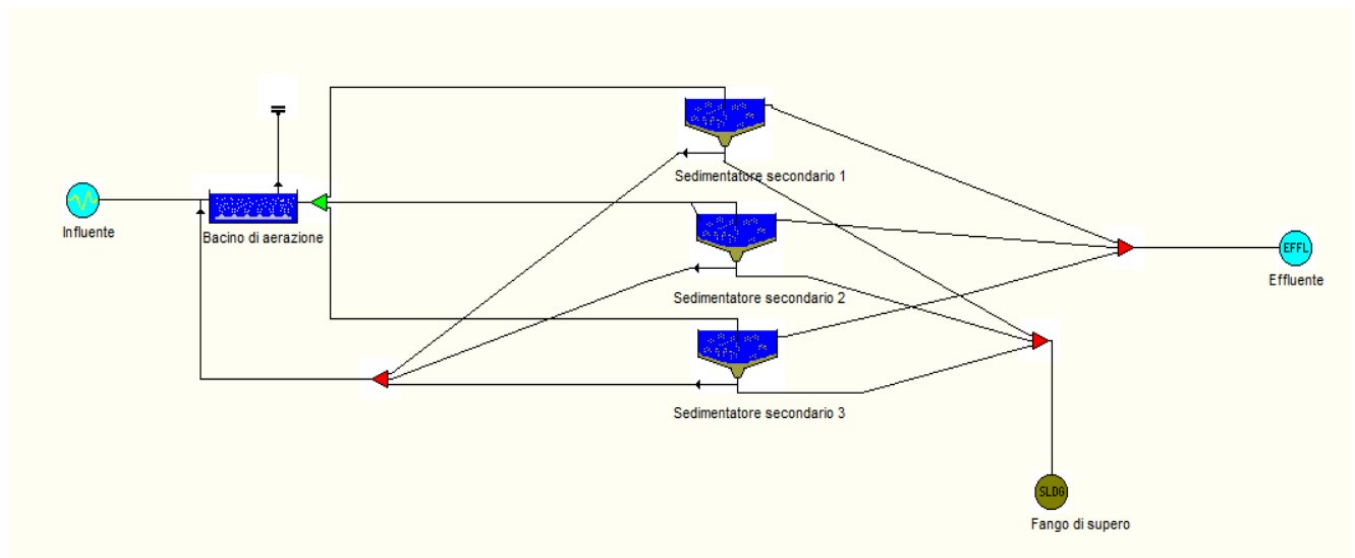


Figura 8. Schema d'impianto reale su foglio di lavoro STOAT

### 1.3 Caratterizzazione dei singoli processi

Una volta definito lo schema d’impianto, si inizializza la simulazione premendo sul tasto “New Run”, specificando il periodo della simulazione (data di inizio e fine), l’input di timestep (in ore) e la temperatura media del refluo (°C). In foto si possono vedere in valori che sono stati utilizzati:

New run (cold start) : Page 1 of 1

Name of run:

Start date and time (dd/mm/yy hh:mm):

End date and time (dd/mm/yy hh:mm):

Input timestep (h):

Output timestep (h):

Average sewage temperature (°C):

BOD removed per unit non-biomass VS removed:

BOD removed per unit biomass removed:

Figura 9. Inizializzazione simulazione “New Run”

A questo punto si inseriscono i dati in input di ogni singolo processo dello schema d’impianto:

- Influente

Innanzitutto si genera un nuovo profilo del refluo in ingresso basato sui dati di analisi delle concentrazioni in ingresso forniti dall’azienda. STOAT permette di definire tre schemi: Costante, Diurno, Sinusoidale. Nel nostro caso specifico avendo a disposizione dati medi, la scelta è ricaduta sullo schema di tipo Sinusoidale.

Per la caratterizzazione dell’influente si possono modificare molti componenti, nel nostro caso abbiamo inserito solamente quelli di cui avevamo le informazioni. In foto si può vedere un esempio dei componenti aggiunti:

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
Mean:	344.000000	15.000000	7.500000	0.000000	146.000000	34.100000	0.000000	68.200000	90.630000	68.370000	18.800000	5.000000
Phase (h):	19.000000	0.000000	0.000000	0.000000	16.000000	16.000000	0.000000	16.000000	18.000000	18.000000	18.000000	18.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	0.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000
Frequency:	0.262161	0.000000	0.000000	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Figura 10. Caratterizzazione influente

Nello specifico sono stati inseriti questi dati:

- Flow: La portata media oraria in ingresso all'impianto;
- Temperature: La temperatura media nell'impianto;
- pH;
- Soluble BOD: BOD solubile, siccome l'impianto non è dotato di sedimentatore primario, il programma in questo caso lo considera come BOD Totale e quindi comprensivo anche del BOD Particulate (particolato);
- Soluble inert COD: COD solubile inerte, è stato considerato per questo componente il 10% del COD totale;
- Particulate inert COD: COD particolato inerte, è stato considerato per questo componente il 20% del COD totale;
- Volatile Solids: Solidi Volatili, sono il 57% dei Solidi Totali TS;
- Non-Volatile Solids: Solidi Non Volatili, sono il 43% dei Solidi Totali TS;
- Ammonia: TKN totale, è la concentrazione di azoto ammoniacale sommata all'azoto organico, rappresenta la totalità dell'azoto presente nei liquami grezzi di origine domestica;
- Nitrates: Nitrati o anche detti Azoto Nitrico;
- Nitrites: Nitriti o anche detti Azoto Nitroso;
- Soluble Phosphate: Fosfato solubile;
- Soluble Degradable organic Phosphate: Fosfato solubile organico degradabile.

Il modello sinusoidale ha consentito di generare una curva sinusoidale ripetuta in cui è stato possibile specificare il valore medio orario della portata, la fase, l'ampiezza e la frequenza dei componenti:

- Fase: Influenza la tempistica del valore di picco di concentrazione rispetto agli altri componenti, si prevede che la fase sia utilizzata principalmente per spostare la posizione dei picchi l'uno rispetto all'altro, piuttosto che cercare di localizzare il picco ad un tempo assoluto. In generale, se si desidera che un picco si verifichi "h" ore prima di un altro picco, allora la fase dovrebbe essere impostata su "h" ore maggiore della fase dell'altro componente;

- Frequenza: La frequenza di una senoide è l'inverso del periodo ed è pari al numero di volte che l'onda si ripete in un certo periodo di tempo. Per impostare un ciclo di 24 ore la frequenza è stata impostata con un valore pari a  $\pi/12$ .
- Ampiezza: L'ampiezza misura la differenza massima tra il valore più alto o più basso ed il valore medio del segnale sull'asse delle ordinate. L'ampiezza considerata è del 40% in quanto si è notato ai fini della simulazione che i valori in uscita sono più coerenti con quelli delle analisi del refluo trattato.

Una volta terminato il lavoro di inserimento di tutti questi valori, si procede al salvataggio dell'influenza ed alla fine si ottiene questo risultato:

	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
1	0.000000	165.740000	15.000000	7.500000	0.000000	82.207250	22.052420	0.000000	44.104840	77.635090	58.566830	20.460290	1.200017
2	1.000000	182.018100	15.000000	7.500000	0.000000	77.238080	20.719420	0.000000	41.438840	79.490750	59.966710	20.949340	1.228700
3	2.000000	207.725300	15.000000	7.500000	0.000000	75.601070	20.280290	0.000000	40.560570	84.756310	63.938970	22.337040	1.310091
4	3.000000	241.104800	15.000000	7.500000	0.000000	77.408100	20.765030	0.000000	41.530060	93.071940	70.212170	24.528580	1.438626
5	4.000000	279.875700	15.000000	7.500000	0.000000	82.535710	22.140530	0.000000	44.281060	103.869400	78.357600	27.374190	1.605524
6	5.000000	321.388500	15.000000	7.500000	0.000000	90.633460	24.312790	0.000000	48.625570	116.410800	87.818670	30.679400	1.799379
7	6.000000	362.806500	15.000000	7.500000	0.000000	101.148000	27.133360	0.000000	54.266710	129.839200	97.948840	34.218370	2.006943
8	7.000000	401.299200	15.000000	7.500000	0.000000	113.368000	30.409500	0.000000	60.818990	143.236800	108.055800	37.749250	2.214032
9	8.000000	434.236300	15.000000	7.500000	0.000000	126.437400	33.917330	0.000000	67.834660	155.688200	117.449000	41.030750	2.406496
10	9.000000	459.969600	15.000000	7.500000	0.000000	139.484000	37.417140	0.000000	74.834290	166.342900	125.486500	43.836400	2.571181
11	10.000000	474.973900	15.000000	7.500000	0.000000	151.609200	40.669780	0.000000	81.339550	174.471700	131.619000	45.981030	2.696835
12	11.000000	479.990600	15.000000	7.500000	0.000000	161.984400	43.452960	0.000000	86.905920	179.520200	135.427500	47.311520	2.774869
13	12.000000	474.074200	15.000000	7.500000	0.000000	169.906600	45.576500	0.000000	91.153010	181.143000	136.651700	47.739200	2.799953
14	13.000000	457.829100	15.000000	7.500000	0.000000	174.816800	46.895290	0.000000	93.790580	179.229200	135.208000	47.234830	2.770371
15	14.000000	431.779000	15.000000	7.500000	0.000000	176.397000	47.319200	0.000000	94.638400	173.909600	131.194900	45.832880	2.688146
16	15.000000	398.290400	15.000000	7.500000	0.000000	174.533400	46.819270	0.000000	93.638540	165.547700	124.888900	43.629160	2.558895
17	16.000000	359.451800	15.000000	7.500000	0.000000	169.353200	45.429660	0.000000	90.859320	154.715000	116.714800	40.774260	2.391452
18	17.000000	319.917200	15.000000	7.500000	0.000000	161.210400	43.245330	0.000000	86.490650	142.151700	107.237200	37.463270	2.197259
19	18.000000	276.525900	15.000000	7.500000	0.000000	150.661500	40.415540	0.000000	80.831090	128.716300	97.101760	33.922440	1.985986
20	19.000000	238.103600	15.000000	7.500000	0.000000	138.427300	37.133680	0.000000	74.267360	115.326900	87.001010	30.393750	1.782625
21	20.000000	205.278700	15.000000	7.500000	0.000000	125.343900	33.624010	0.000000	67.248020	102.898600	77.625240	27.118330	1.590518
22	21.000000	180.293400	15.000000	7.500000	0.000000	112.305400	30.126360	0.000000	60.252720	92.280530	69.615140	24.320010	1.426394
23	22.000000	164.854900	15.000000	7.500000	0.000000	100.202600	26.879760	0.000000	53.759510	84.198390	63.518090	22.190010	1.301467
24	23.000000	160.018400	15.000000	7.500000	0.000000	89.862790	24.106050	0.000000	48.212100	79.204450	59.750720	20.873880	1.224275

Figura 11. Risultato della caratterizzazione dell'influenza

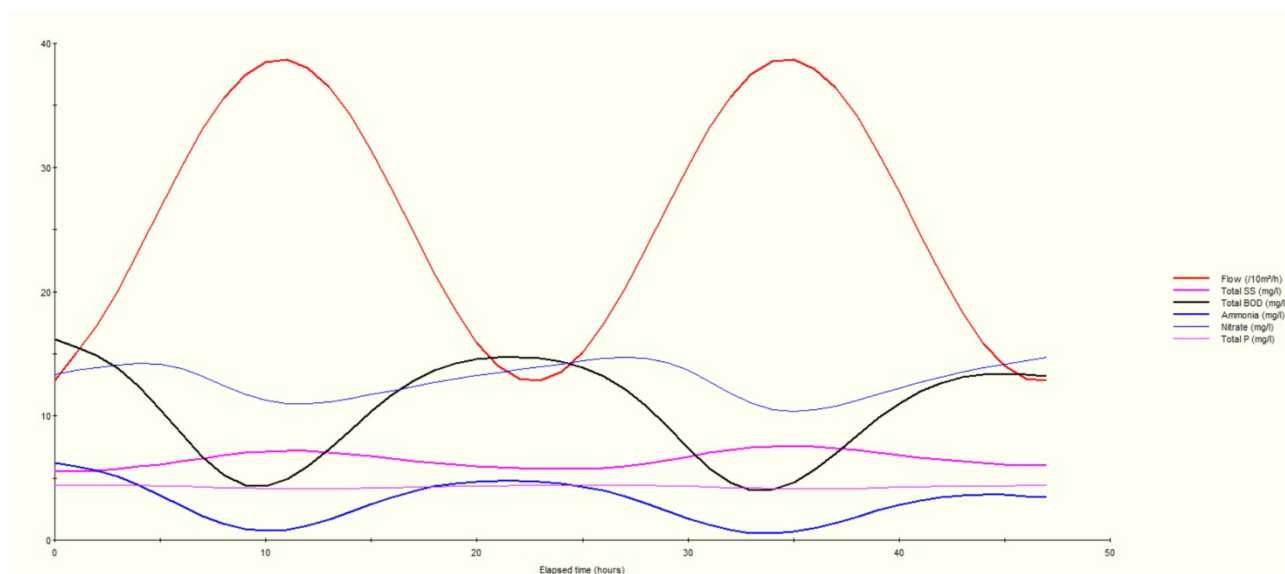


Figura 12. Esempio curva sinusoidale dell'influenza

- Bacino di Aerazione

La prima vasca da settare è quella relativa ai trattamenti ossidativi biologici, in cui i microrganismi biodegradano le sostanze organiche. L'impianto Ponte Metauro di Fano, come descritto precedentemente, nella vasca di aerazione ha un comparto di Denitrificazione che precede il comparto di Ossidazione-Nitrificazione. I comparti differiscono tra di loro per geometrie e condizioni interne, infatti il primo prevede una vasca anossica (in cui non vi è la presenza di ossigeno) dove viene immesso il fango di ricircolo che proviene dal sedimentatore II ed il ricircolo della miscela aerata proveniente dal comparto di ossido-nitrificazione, il secondo invece è aerato ed ossigenato attraverso l'insufflaggio di aria ed è in condizioni aerobiche.

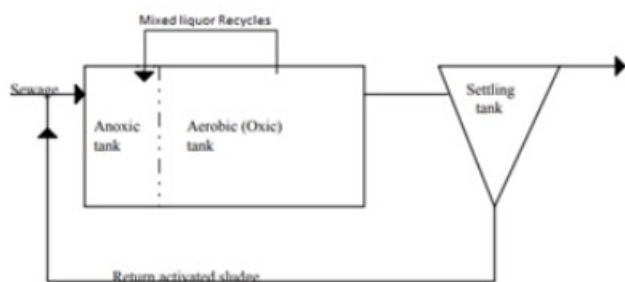


Figura 13. Schema di processo del bacino di aerazione ASAL3A

Questa configurazione è definita nel programma attraverso l'utilizzo di un algoritmo chiamato ASAL3A che permette di avere modelli simultanei di ossido-nitrificazione/denitrificazione, inoltre ha accesso a tutti i parametri cinetici. In questo modello si utilizzano, a differenza degli altri, le equazioni differenziali e questo consente una maggiore precisione nel calcolo delle cinetiche di riferimento.

Per l'inserimento dei settaggi relativi al bacino di aerazione si inizia impostando le seguenti geometrie:

- Volume del bacino di aerazione: In questo caso si inserisce il volume totale e quindi comprensivo di vasca di denitro e nitro-ox;
- Numero di stages: Il numero di sezioni presenti all'interno del bacino di aerazione come abbiamo specificato in precedenza sono due: denitrificazione ed ossidazione-nitrificazione;
- Numero di ricircoli della miscela aerata: Un singolo ricircolo della miscela aerata dalla vasca di ossidazione-nitrificazione a quella di denitrificazione;
- Metodo di smaltimento fanghi: impostato su "None" in quanto non viene effettuato nel bacino di aerazione ma nella vasca di sedimentazione secondaria;

Name:	Activated sludge aeration tank
Process model:	ASAL3A
Volume (m <sup>3</sup> ):	5500
Number of stages:	2
Number of MLSS recycles:	1
Wastage method	
<input checked="" type="radio"/> None <input type="radio"/> Continuous rate <input type="radio"/> Variable rate <input type="radio"/> Variable time	
Stage from which MLSS is wasted:	1
Stage in which MLSS is measured:	1
<input type="button" value="OK"/> <input type="button" value="Cancel"/> <input type="button" value="Reset"/> <input type="button" value="More"/> <input type="button" value="Help"/>	

Figura 14. Settaggio geometrie del bacino di aerazione

Una volta terminata la fase di inserimento delle geometrie si procede alla definizione dello schema di “distribuzione del flusso” con i seguenti valori (tutti i valori non presenti qui nella descrizione sono stati lasciati di default):

- Distribuzione del volume: La distribuzione del volume è la distribuzione frazionata del volume del serbatoio di aerazione tra gli stadi. La somma delle frazioni deve essere 1.0 e nessuno stadio deve avere volume 0. Nel nostro caso avendo una vasca di aerazione con più volume per quanto riguarda l’ossidazione-nitrificazione (stage 2) è stata scelta una distribuzione del volume più alta per quello scomparto , ovvero 2/3 del volume del totale, mentre il volume di denitrificazione (stage 1) è stato scelto 1/3 del volume totale;
- Controllo del DO: In STOAT ci sono sette tipo di controllo del DO. A seconda di quale opzione di controllo è scelta, i parametri rimanenti nella tabella vengono utilizzati per specificare l’impostazione. Nel nostro caso si è scelto il “Proporzional PI Control”, ovvero quello con cui si specifica il KLa max, KLa min, il DO Set Point. Il KLa sarà regolato entro questi limiti massimi e minimi per mantenere lo stadio di aerazione al Set Point DO

specificato. È inoltre necessario specificare il “guadagno” ed il “tempo integrale”, entrambi devono essere maggiori di 0;

- **KLa min:** Il KLa min è pari a 0 nello stage 1, ovvero nello stadio in cui c'è la Denitrificazione per renderlo anossico, mentre nello stage 2, lo stadio in cui c'è l'Ossidazione-Nitrificazione, ha un valore maggiore di 0. Questo valore rappresenta il “turn down” dell'aeratore o il minimo input di energia per sostenere i solidi in sospensione;
- **KLa max:** Il KLa max è sempre 0 nello stage 1 e maggiore di 0 nello stage 2. Questo valore è un coefficiente di trasferimento dell'ossigeno e rappresenta il tasso massimo al quale l'ossigeno può essere disciolto da un aeratore, è dato da:  $KLa * V * C_{sat} / 1000$  dove: V = volume vasca,  $C_{sat}$  = concentrazione di ossigeno disciolto a saturazione.;
- **D.O Set Point:** Questo valore è l'ossigeno disciolto nello stadio. STOAT manipola il valore di KLa tra massimo e minimo specificati prima per raggiungere il Set Point D.O.

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2
1	Volume fraction:	0.333	0.667
2	Feed distribution:	1.000	0.000
3	RAS distribution:	1.000	0.000
4	DO Control:	PI	PI
5	Minimum KLa (1/h):	0.00	2.00
6	KLa setting 1 (1/h):	7.00	7.00
7	KLa setting 2 (1/h):	4.00	4.00
8	Maximum KLa (1/h):	0.00	4.00
9	DO Setpoint (mg/l):	0.00	1.00
10	Nitrate on (mg/l):	5.00	5.00
11	Nitrate off (mg/l):	20.00	20.00
12	DO on (mg/l):	1.00	1.00
13	DO off (mg/l):	3.00	3.00
14	DO on 1 (mg/l):	1.00	1.00
15	DO on 2 (mg/l):	2.00	2.00
16	DO on 3 (mg/l):	3.00	3.00
17	Aeration on time (h):	0.80	0.80
18	Aeration cycle time (h):	1.00	1.00
19	DO Control stage:	1	2
20	Gain:	1.30	1.30
21	Integral time:	0.50	0.50

Figura 15. Distribuzione del flusso del bacino di aerazione



Successivamente si procede all'inserimento del ricircolo del flusso della miscela aerata proveniente dallo stage 2 per andare allo stage 1, per facilitare il processo di denitrificazione:

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	100,000

OK Cancel Reset Help

Figura 16. Ricircolo della miscela aerata

Inoltre si stabiliscono le “Initial Condition”, ovvero le condizioni operative della vasca, inizialmente per quanto riguarda le concentrazioni sono settate quasi tutte a 0 apparte per gli MLSS. Poi con il procedere delle simulazioni vengono settate automaticamente dal programma STOAT per raggiungere la condizione ottimale operativa per la simulazione:

Initial data

		Stage1	Stage2
1	Soluble BOD (mg/l):	0.00	0.00
2	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00
3	Ammonia (mg/l):	0.00	0.00
4	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00
6	Phosphate (mg/l):	0.00	0.00
7	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00
8	Viable autotrophs (mg/l):	1.00	1.00
9	Nonviable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	100.00	100.00
11	Nonviable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00
12	Temperature (°C):	15.00	15.00

OK Cancel Reset Help

Figura 17. Initial Condition della vasca di aerazione

Infine, all'interno della vasca di aerazione, l'ultimo passo da fare è quello di modificare i parametri cinetici di interesse. Nel nostro caso si sono modificati:

- Tasso di crescita degli eterotrofi
- Tasso di crescita degli autotrofi

I tassi di crescita dei batteri autotrofi ed eterotrofi sono calcolati utilizzando l'equazione di Monod.

- Utilizzo di NO<sub>3</sub> a BOD

Questo definisce la stechiometria dell'ossidazione dei nitrati per la rimozione anossica del BOD.

Sewage calibration data : Page 1 of 4

Heterotroph growth rate (1/h):	0.3
Heterotroph temp coeff (1/°C):	0.069
Autotroph growth rate (1/h):	0.015
Autotroph temp coeff (1/°C):	0.0729
Reference temperature (°C):	15
Saturation coeff, BOD (mg/l):	20
Saturation coeff, O2 (BOD) (mg/l):	0.1
Saturation coeff, O2 (NH3) (mg/l):	1
Saturation coeff, NH3 (mg/l):	0.5

Sewage calibration data : Page 4 of 4

Autotrophic enzyme activity:	0.5
NO3 to BOD utilisation:	0.366
N uptake in cells (g/g):	0

Buttons: OK, Cancel, Reset, More, Help

Figura 18. Parametri cinetici di riferimento

- Sedimentatore Secondario

Finito il trattamento biologico, il refluo giunge nel sedimentatore secondario in cui viene fatto decantare al fine di separare la fase solida sedimentabile da quella liquida.

- La scelta del modello (o algoritmo) è strettamente legata a quella del bacino di aerazione, infatti il programma permette di abbinarne diverse serie, che devono corrispondere tra loro per garantire il funzionamento della simulazione, nel nostro caso è stato associato il modello/algoritmo SSED1;
- Il numero di stadi influisce sulla risoluzione con cui è possibile tracciare il fango e sul comportamento idraulico della vasca, STOAT consiglia di usare un numero di stadi tra 8 e 10, nel nostro caso in cui la vasca è circa 3 metri di profondità sono stati scelti otto stadi. L'altezza dell'alimentazione nell'impianto è a circa 2 metri dalla superficie;
- L'area del sedimentatore secondario per un serbatoio circolare è l'area totale meno l'area del tamburo rotante;
- Il RAS Flow (Fango di ricircolo) è possibile assumerlo come "Ras Rate" (tasso) o "Ras Ratio" (rapporto). Nel nostro caso si è deciso di assumerlo come tasso, specificando poi nella pagina successiva che il metodo di smaltimento è di tipo "tasso costante" con ricircolo direttamente nella vasca di denitrificazione (stage 1).

The image shows two side-by-side screenshots of a software interface for configuring a secondary sedimentation tank. The left window is titled "Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2" and contains the following fields: "Name" (Secondary sedimentation tank 1), "Model" (SSED1), "Number of vertical layers" (8), "Surface area (m²)" (380), "Depth of tank (m)" (2.9), "Depth of feed (m)" (1.9), and "RAS flow" (Rate selected). The right window is titled "Edit secondary sedimentation tank : Page 2 of 2" and contains: "Wastage method" (Constant rate), "Control aeration tank" (Activated sludge aeration ta), and "Control aeration stage" (1). Both windows have "OK", "Cancel", "Reset", "More", and "Help" buttons at the bottom.

Figura 19. Settaggio geometrie del sedimentatore secondario

A questo punto si sono inseriti i valori di concentrazioni delle Initial Condition del processo che, nel sedimentatore secondario, non possono essere trattati come nel caso del bacino di aerazione. Qui, infatti, non possono essere trascurate le differenze della distribuzione verticale del refluo e per tale motivo bisogna specificare le condizioni per ogni stage (da 1 ad 8). Per la sedimentazione dei solidi possiamo quindi idealizzare un profilo che vede:

- Clarifier Stage: zona chiarificata al di sopra dell'alimentazione del sedimentatore, stage 1÷3;
- Waterfall stage: zona di sedimentazione dei solidi fioccosi, stage 4÷7 (con l'alimentazione allo stage 4);
- Sludge Blanket stage: zona di deposito del fango, stage 8.

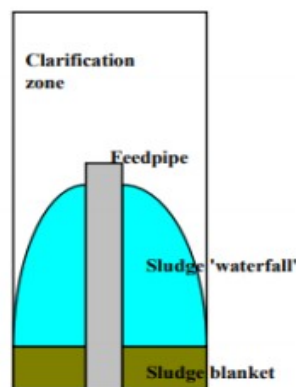


Figura 20. Rappresentazione schematica della sedimentazione dei fanghi

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	85.17	87.33	87.83	85.59	79.46	81.15	82.73	84.21
2	Ammonia (mg/l):	28.09	28.58	28.54	27.74	25.99	26.43	26.85	27.25
3	Nitrate (mg/l):	6.98	7.11	7.30	7.61	8.04	7.96	7.87	7.77
4	Soluble phosphate (mg/l):	3.49	3.57	3.63	3.64	3.61	3.62	3.63	3.64
5	Dissolved oxygen (mg/l):	4.17	4.03	3.86	3.67	3.43	0.00	0.00	0.00
6	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.48	0.95	2.40	13.09	319.55	319.38	319.21	3977.75
9	Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	3.21	3.26	3.30	3.35	3.40	3.39	3.38	3.38
10	Viable heterotrophs (mg/l):	0.03	0.06	0.15	0.81	19.72	19.70	19.67	242.65
11	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.12
12	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.01	0.23	0.23	0.23	2.89
13	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 21. Initial Condition del sedimentatore secondario

Infine, sulla base dell'impostazione scelta in precedenza di "flusso con tasso costante", si sono definiti i parametri operativi relativi al pompaggio del fango di ricircolo e del fango di supero:

- RAS Flow: Portata del fango di ricircolo;
- Flusso del fango di supero (Sludge wastage flow): Il flusso del fango di supero verrà espulso nell'intervallo definito dal tempo di funzionamento della pompa del fango di supero "Wastage pump run time" e dal periodo tra l'inizio di un evento di supero e l'inizio del successivo impostato da "Wastage cycle time". Se impostato su 24h il funzionamento di espulsione del fango di supero sarà continuo nell'arco della giornata e costante senza interruzioni.

Operation data

	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8	Change 9	Change 10	Ch
1 Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 RAS flow (m <sup>3</sup> /h):	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 RAS ratio:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h):	1.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 Wastage pump run time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Wastage cycle time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 MLSS set-point (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 22. Parametri operativi del sedimentatore secondario

### • Effluente

Per quanto riguarda l'Effluente, una volta effettuate tutte le simulazioni che occorrono mediante il tasto "New Run", si procede all'individuazione del risultato finale grazie al tasto "Result". Con questa funzionalità si possono ottenere dei grafici e delle tabelle dei risultati descritti in modo preciso ed ordinato in modo tale da facilitare la comprensione dei risultati.

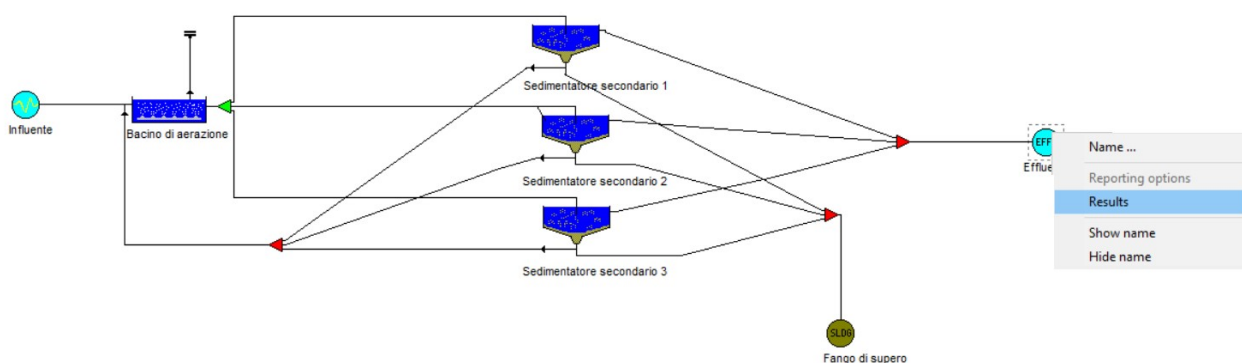


Figura 23. Tasto Result

Prima di ottenere i grafici e tabelle si selezionano le concentrazioni di inquinanti di interesse, poi si procede all'apertura dei risultati:

Select determinands to report : Page 1 of 8

Flow (m<sup>3</sup>/h)

Temperature (°C)

pH

Total SS (mg/l)

Total BOD (mg/l)

Total COD (mg/l)

Ammonia (mg/l)

Nitrate (mg/l)

Phosphate (mg/l)

Total P (mg/l)

OK Cancel Reset More Help

Figura 24. Selezione delle concentrazioni di inquinanti per grafici e tabelle

I risultati finali nell'Effluente si possono avere sotto forma di tabella (vedi prima foto qui sotto), in cui sono rappresentate le concentrazioni di inquinanti nelle varie ore della giornata che seguono la curva sinusoidale già citata in precedenza; inoltre si possono osservare anche i valori medi, il valore massimo, il valore minimo e la deviazione standard.

Nella seconda foto invece si possono vedere i grafici estratti dal programma per valutare anche visivamente cosa accade nell'impianto.

Run 5		Start	16/07/2021 00:00	End	18/07/2021 00:00	Time	16/07/2021 00:00
Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	
16/07/2021 00:00	0.00	128.52	5.51	16.17	6.23	13.31	
16/07/2021 01:00	1.00	150.37	5.55	15.54	5.96	13.69	
16/07/2021 02:00	2.00	172.90	5.62	14.85	5.63	13.91	
16/07/2021 03:00	3.00	201.23	5.74	13.80	5.13	14.12	
16/07/2021 04:00	4.00	233.41	5.91	12.34	4.45	14.25	
16/07/2021 05:00	5.00	267.25	6.11	10.53	3.62	14.17	
16/07/2021 06:00	6.00	300.43	6.33	8.54	2.74	13.82	
16/07/2021 07:00	7.00	330.70	6.59	6.68	1.94	13.21	
16/07/2021 08:00	8.00	355.97	6.83	5.25	1.30	12.46	
16/07/2021 09:00	9.00	374.52	7.03	4.45	0.89	11.76	
16/07/2021 10:00	10.00	385.09	7.14	4.34	0.74	11.24	
16/07/2021 11:00	11.00	386.96	7.18	4.88	0.84	10.98	
16/07/2021 12:00	12.00	379.98	7.15	5.93	1.18	10.95	
16/07/2021 13:00	13.00	364.65	7.06	7.32	1.68	11.11	
16/07/2021 14:00	14.00	342.01	6.92	8.86	2.29	11.38	
16/07/2021 15:00	15.00	313.61	6.75	10.38	2.91	11.71	
16/07/2021 16:00	16.00	281.38	6.57	11.75	3.48	12.05	
16/07/2021 17:00	17.00	247.53	6.39	12.86	3.96	12.38	
16/07/2021 18:00	18.00	214.38	6.22	13.70	4.32	12.70	
16/07/2021 19:00	19.00	184.18	6.07	14.26	4.57	12.99	
16/07/2021 20:00	20.00	159.01	5.95	14.60	4.71	13.25	
16/07/2021 21:00	21.00	140.57	5.85	14.74	4.77	13.50	
16/07/2021 22:00	22.00	130.14	5.78	14.75	4.75	13.73	
16/07/2021 23:00	23.00	128.43	5.74	14.62	4.68	13.96	
17/07/2021 00:00	24.00	135.54	5.73	14.35	4.54	14.19	
17/07/2021 01:00	25.00	151.01	5.76	13.90	4.31	14.42	
17/07/2021 02:00	26.00	173.76	5.84	13.21	3.98	14.63	
17/07/2021 03:00	27.00	202.24	5.96	12.19	3.54	14.74	
17/07/2021 04:00	28.00	234.51	6.16	10.83	2.99	14.68	
17/07/2021 05:00	29.00	268.37	6.42	9.18	2.37	14.33	
17/07/2021 06:00	30.00	301.49	6.72	7.42	1.76	13.68	
		Flow (m <sup>3</sup> /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	
Mean		257.36	6.49	10.38	3.00	12.85	
Minimum		128.43	5.51	4.03	0.53	10.34	
Maximum		386.96	7.56	16.17	6.23	14.74	
Standard deviation		92.90	0.61	3.82	1.58	1.35	
Total mass (kg)			82.597	112.475	30.861	153.922	
Peak load (g/s)			0.813	0.918	0.288	1.232	

Figura 25. Risultati finali effluente in tabella

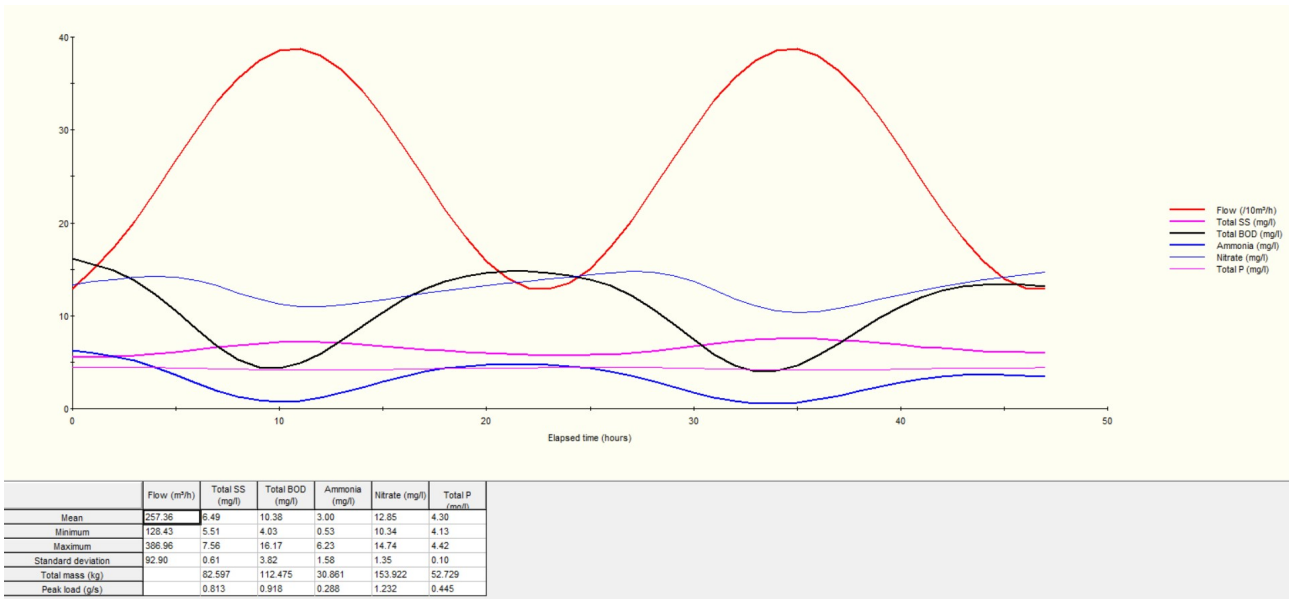


Figura 26. Risultati finali effluente nel grafico



## 4. DISCUSSIONE REFLUO IN INGRESSO

Per quanto riguarda il refluo in ingresso nell'impianto, per le simulazioni si sono considerati due scenari principali al fine di comparare le varie situazioni in cui lavora l'impianto:

-IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO (O NORMALE)

-IMPIANTO CON REFLUO DILUITO (O CRISI)

L'impianto con refluo ordinario è costituito da valori degli inquinanti in entrata, con rapporti tra BOD, SS, Ntot, P, che si attengono di più alla normativa vigente e sono più tendenti alla normalità per quanto riguarda i rapporti di concentrazione che si trovano negli impianti.

Mentre l'impianto con refluo diluito presenta, per l'appunto, una diluizione maggiore degli inquinanti in entrata, quindi rapporti di concentrazione meno tendenti alla normalità e conseguentemente una maggiore difficoltà di trattamento rispetto all'impianto con refluo ordinario. In foto si possono osservare i valori delle due tipologie di scenari:

-Impianto con refluo ordinario in arancione:

PUNTO DI PRELIEVO: INGRESSO IMPIANTO										
DATA	campione prelevato da	analisi eseguita da lab.	BOD5	COD	TSS	Ntot	Ptot	Namm.le	N nitrico	N nitroso
			<b>119.58</b>	<b>371.29</b>	<b>264.71</b>	<b>35.88</b>	<b>6.57</b>	<b>29.00</b>	<b>3.29</b>	<b>0.67</b>
24/03/2020	ASET	ASET	150	447	307	48.7	7.8	43.2	2	0.7
07/04/2020	ASET	ASET	234	317	419	50.9	4.9	42.59	2	0.96
15/04/2020	ASET	ASET	270	681	385	52	10	47.2	2	1.15
21/04/2020	ASET	ASET	120	359	206	27.8	4.6	17.7	5	0.77
28/04/2020	ASET	ASET	126	338	227	38.7	6.5	34.1	2	0.69
05/05/2020	ASET	ASET	131	264	180	45.3	5.5	37	4	1
12/05/2020	ASET	ASET	121	210	111	27.6	4.4	29.3	4	0.53
19/05/2020	ASET	ASET	126	213	62	41.1	5.8	34.1	5	0.62
26/05/2020	ASET	ASET	153	1089	1070	49.3	8.4	31.3	4	0.6
09/06/2020	ASET	ASET	146	341	159	19.6	3.5	18.8	5	0.57
30/06/2020	ASET	ASET	226	1308	620	44.1	15.2	33.8	1	0.02
07/07/2020	ASET	ASET	123	450	236	41.2	6.7	22.1	0.68	0.01

Figura 27. Scenari impianto con refluo ordinario

-Impianto con refluo diluito in celeste:

PUNTO DI PRELIEVO: INGRESSO IMPIANTO										
DATA	campione prelevato da	analisi eseguita da lab.	BOD5	COD	TSS	Ntot	Ptot	Namm.le	N nitrico	N nitroso
			119.58	371.29	264.71	35.88	6.57	29.00	3.29	0.67
29/09/2020	ASET	ASET	101	272	49	21.3	3.2	18	5	0.91
06/10/2020	ASET	ASET	143	356	177	29.9	2.9	20.6	4.9	1.4
13/10/2020	ASET	ASET	66	217	190	29.6	4.6			
20/10/2020	ASET	ASET	23	169	88	26.6	26.6	3.1	3.1	
27/10/2020	ASET	ASET	57	129	38	24	3	32	6.6	0.67
10/11/2020	ASET	ASET	81	191	84	32.6	4.9	30.2	4.9	1
17/11/2020	ASET	ASET	53	144	274	19.1	1.7			
19/11/2020	ASET	ASET	45	112	110	29.9	2.5			
24/11/2020	ASET	ASET	31	288	168	29.6	4.6	25.8	5.6	0.669
01/12/2020	ASET	ASET	39	128	104	22.8	2.7			
10/12/2020	ASET	ASET	71	243	90	20.2	2.6	15.2	3.7	0.28
17/12/2020	ASET	ASET	54	136	106	18.6	2			
29/12/2020	ASET	ASET	72	115	110	16.3	2	9.1	6	0.21

Figura 28. Scenari impianto con refluo diluito

L'anno scelto per effettuare tutte le simulazioni è il 2020.

Per quanto riguarda gli scenari, per l'impianto con refluo ordinario si sono effettuate cinque simulazioni nelle seguenti giornate:

-24/03

-28/04

-05/05

-19/05

-07/07

Mentre, per quanto riguarda l'impianto con refluo diluito, si sono effettuate quattro simulazioni nelle seguenti giornate:

-29/09

-27/10

-10/12

-29/12

Per poter svolgere le simulazioni il primo passo da fare è quello di inserire i valori medi in entrata nell'impianto, visualizzati in foto qui sopra.

Il programma STOAT permette di inserire questi valori medi per poi trasformarli in una funzione sinusoidale che abbia un andamento orario nel tempo.

Questa curva sinusoidale per essere creata ha bisogno quindi dei vari componenti:

-valori medi

-fase

-ampiezza

-frequenza

Per i valori medi abbiamo già visto quali debbono essere inseriti, ovvero i valori di concentrazione all'interno delle due tabelle degli impianti.

La fase, siccome influenza la tempistica del valore di picco di concentrazioni rispetto agli altri componenti, è stata compilata in questo modo:

Influent pattern [impianto normale 4]

	Flow (m3/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
Mean:	320.000000	15.000000	7.500000	0.000000	128.000000	33.800000	0.000000	67.600000	129.390000	97.610000	34.100000	2.000000
Phase (h):	19.000000	0.000000	0.000000	0.000000	16.000000	16.000000	0.000000	16.000000	18.000000	18.000000	18.000000	18.000000
Amplitude (%):	50.000000	0.000000	0.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000	40.000000
Frequency:	0.262161	0.000000	0.000000	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161	0.262161

Close Save Save As Reset Help

Figura 29. Fase delle concentrazioni

La fase è utilizzata principalmente per spostare la posizione dei picchi l'uno rispetto all'altro.

In generale, se si desidera che un picco si verifichi "h" ore prima di un altro picco, allora la fase dovrebbe essere impostata su "h" ore maggiore della fase dell'altro componente.

Infatti, seguendo questo schema logico, si è fatto in modo che il picco di portata, impostato su 19, avvenga tra le ore 11/12 AM in cui abbiamo la richiesta massima da parte delle utenze, il picco di TKN, insieme ai SST ed il P, tra le 13/14 PM perché impostato su 18 ed il BOD intorno alle 15 PM perché impostato su 16.

L'ampiezza, che misura la differenza massima tra il valore massimo o minimo della sinusoide ed il valore medio, è stato impostato al 40%, quindi vuol dire che il valore massimo o minimo può arrivare con il valore di picco fino al 40% rispetto al valore medio.

La frequenza, per impostare un ciclo di 24 ore, è stata impostata con un valore pari a  $\pi/12$ .

## Questo è il risultato:

Influent profile [C:\Users\Francesco\Desktop\TIROCINIO e TESI\TESI E TIROCINIO FANO\STOAT\REALE PROVA 18-06 normale 4.inf]

	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
1	0.000000	165.740000	15.000000	7.500000	0.000000	82.207250	22.052420	0.000000	44.104840	77.635090	58.566830	20.460290	1.200017
2	1.000000	182.018100	15.000000	7.500000	0.000000	77.238080	20.719420	0.000000	41.438840	79.490750	59.968710	20.949340	1.228700
3	2.000000	207.725300	15.000000	7.500000	0.000000	75.601070	20.280290	0.000000	40.560570	84.758310	63.938970	22.337040	1.310091
4	3.000000	241.104800	15.000000	7.500000	0.000000	77.408100	20.765030	0.000000	41.530060	93.071940	70.212170	24.528580	1.438626
5	4.000000	279.875700	15.000000	7.500000	0.000000	82.535710	22.140530	0.000000	44.281060	103.869400	78.357600	27.374190	1.605524
6	5.000000	321.388500	15.000000	7.500000	0.000000	90.633460	24.312790	0.000000	48.625570	116.410800	87.818670	30.679400	1.799379
7	6.000000	362.808500	15.000000	7.500000	0.000000	101.148000	27.133360	0.000000	54.266710	129.839200	97.948840	34.218370	2.006943
8	7.000000	401.299200	15.000000	7.500000	0.000000	113.360800	30.409500	0.000000	60.818990	143.236800	108.055800	37.749250	2.214032
9	8.000000	434.236300	15.000000	7.500000	0.000000	126.437400	33.917330	0.000000	67.834660	155.688200	117.449000	41.030750	2.406496
10	9.000000	459.368900	15.000000	7.500000	0.000000	139.484000	37.417140	0.000000	74.834290	166.342600	125.486500	43.838640	2.571181
11	10.000000	474.973900	15.000000	7.500000	0.000000	151.609200	40.669780	0.000000	81.339550	174.471700	131.619000	45.981030	2.696835
12	11.000000	479.990600	15.000000	7.500000	0.000000	161.984400	43.452960	0.000000	86.905920	179.520200	135.427500	47.311520	2.774869
13	12.000000	474.074200	15.000000	7.500000	0.000000	169.900600	45.576500	0.000000	91.153010	181.143000	136.651700	47.739200	2.799953
14	13.000000	457.629100	15.000000	7.500000	0.000000	174.816800	46.895290	0.000000	93.790580	179.229200	135.208000	47.234830	2.770371
15	14.000000	431.779000	15.000000	7.500000	0.000000	176.397000	47.319200	0.000000	94.638400	173.909600	131.194900	45.832880	2.688146
16	15.000000	398.290400	15.000000	7.500000	0.000000	174.533400	46.819270	0.000000	93.638540	165.547700	124.886900	43.629160	2.558895
17	16.000000	359.451800	15.000000	7.500000	0.000000	169.353200	45.429660	0.000000	90.859320	154.715000	116.714800	40.774260	2.391452
18	17.000000	317.917200	15.000000	7.500000	0.000000	161.210400	43.245330	0.000000	86.490650	142.151700	107.237200	37.463270	2.197259
19	18.000000	276.525000	15.000000	7.500000	0.000000	150.661500	40.415540	0.000000	80.831090	128.716300	97.101760	33.922440	1.989586
20	19.000000	238.103600	15.000000	7.500000	0.000000	138.427300	37.133680	0.000000	74.267360	115.326900	87.001010	30.393750	1.782625
21	20.000000	205.278700	15.000000	7.500000	0.000000	125.343900	33.624010	0.000000	67.248020	102.896600	77.625240	27.118330	1.590518
22	21.000000	180.293400	15.000000	7.500000	0.000000	112.305400	30.126360	0.000000	60.252720	92.280530	69.615140	24.320010	1.426394
23	22.000000	164.854900	15.000000	7.500000	0.000000	100.202600	26.879760	0.000000	53.759510	84.198390	63.518090	22.190010	1.301467
24	23.000000	166.018400	15.000000	7.500000	0.000000	89.862790	24.196470	0.000000	48.212100	79.204450	59.750720	20.873880	1.224275
25	24.000000	166.114400	15.000000	7.500000	0.000000	81.992410	21.994790	0.000000	43.989570	77.639970	58.570500	20.461570	1.200092
26	25.000000	182.728200	15.000000	7.500000	0.000000	77.129300	20.690240	0.000000	41.380480	79.611860	60.080570	20.981250	1.230572
27	26.000000	208.718800	15.000000	7.500000	0.000000	75.605810	20.281560	0.000000	40.563120	84.985370	64.111770	22.397410	1.313631
28	27.000000	242.315800	15.000000	7.500000	0.000000	77.526040	20.796670	0.000000	41.593330	93.393300	70.454600	24.613270	1.443594
29	28.000000	281.221400	15.000000	7.500000	0.000000	82.758770	22.200370	0.000000	44.400730	104.261100	78.653110	27.477420	1.611579
30	29.000000	322.776900	15.000000	7.500000	0.000000	90.946410	24.396740	0.000000	48.793470	116.846100	88.147050	30.794120	1.806107
31	30.000000	364.142700	15.000000	7.500000	0.000000	101.529500	27.235680	0.000000	54.471360	130.288300	98.287640	34.336730	2.013885

Figura 30. Risultato curva sinusoidale influente in tabella

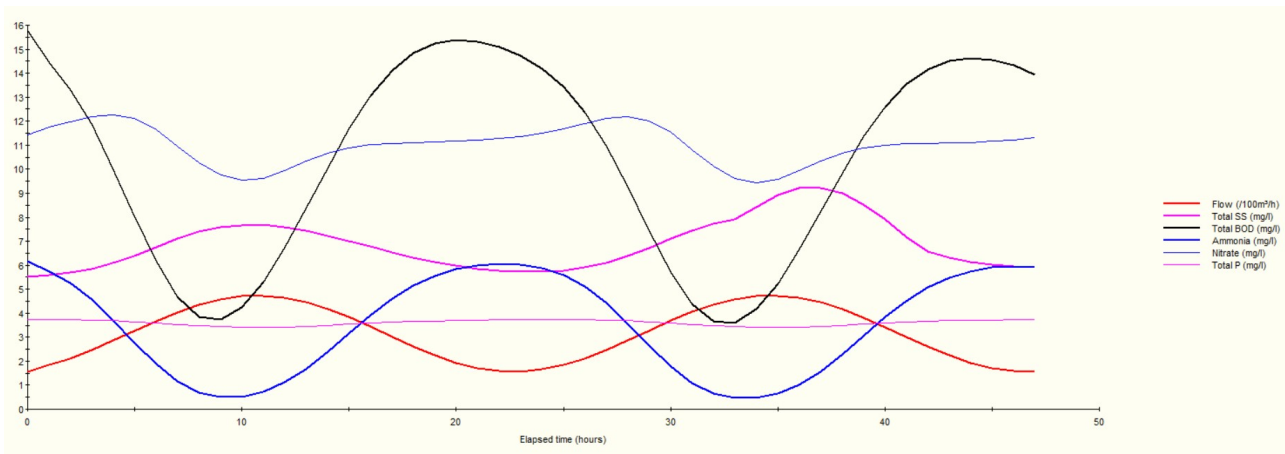


Figura 31. Risultato curva sinusoidale influente nel grafico

## 5. DISCUSSIONE SVOLGIMENTO DELLA MODELLAZIONE

### 5.1 Impianto Pilota

Inizialmente si sono svolte delle simulazioni su un “Impianto Pilota”, ovvero un impianto con dei valori standard consigliati dal manuale del programma per cercare di comprenderne al meglio il funzionamento:

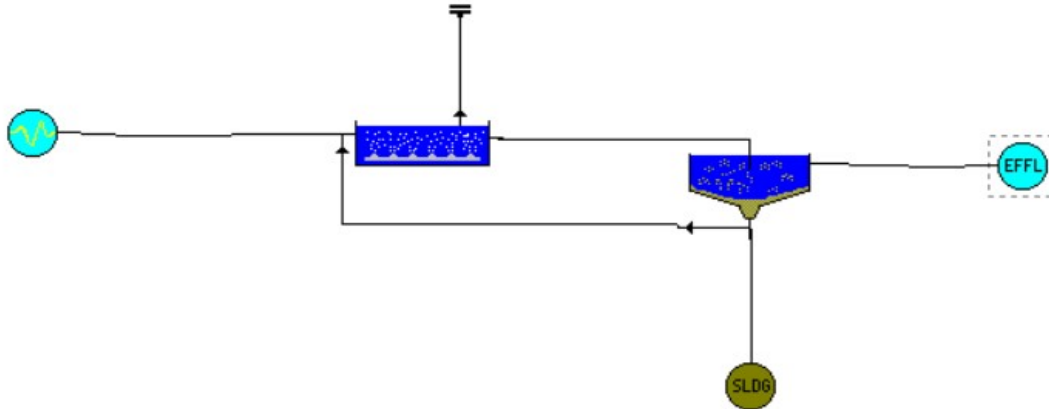


Figura 32. Schema d'impianto pilota su foglio di lavoro STOAT

L'influente segue sempre una funzione sinusoidale, secondo il manuale del programma, con picchi di portata intorno alle 10, picchi di BOD ed SS alle 11 e picchi di Ammonia alle 12, in foto si può osservare quanto spiegato:

Influent profile [C:\Users\Francesco\Desktop\TIROCINIO e TESI\TESI E TIROCINIO FANO\STOAT\Prova1Tut1Work2.bod]

	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Temperature (deg. C)	Soluble BOD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
1	0.000000	64.914150	15.000000	136.513600	0.000000	102.385200	34.128400	20.717500	0.000000
2	1.000000	75.345250	15.000000	155.794000	0.000000	116.845500	38.948490	22.752260	0.000000
3	2.000000	87.461160	15.000000	180.828600	0.000000	135.621500	45.207150	25.965660	0.000000
4	3.000000	100.433900	15.000000	209.906800	0.000000	157.430100	52.476700	30.138100	0.000000
5	4.000000	113.377000	15.000000	241.041400	0.000000	180.781000	60.260350	34.984460	0.000000
6	5.000000	125.406000	15.000000	272.104800	0.000000	204.078600	68.026210	40.173560	0.000000
7	6.000000	135.698800	15.000000	300.974400	0.000000	225.730800	75.243590	45.350810	0.000000
8	7.000000	143.552200	15.000000	325.677200	0.000000	244.257900	81.419300	50.162400	0.000000
9	8.000000	148.429300	15.000000	344.525200	0.000000	258.393900	86.131300	54.279530	0.000000
10	9.000000	149.997100	15.000000	356.230400	0.000000	267.172800	89.057600	57.420870	0.000000
11	10.000000	148.148200	15.000000	359.993000	0.000000	269.994700	89.998240	59.371730	0.000000
12	11.000000	143.009100	15.000000	355.555700	0.000000	266.666700	88.888920	59.998830	0.000000
13	12.000000	134.930900	15.000000	343.221800	0.000000	257.416400	85.805460	59.259280	0.000000
14	13.000000	124.465800	15.000000	323.834300	0.000000	242.875700	80.958560	57.203640	0.000000
15	14.000000	112.328700	15.000000	298.717800	0.000000	224.038400	74.679460	53.972380	0.000000
16	15.000000	99.349140	15.000000	269.588900	0.000000	202.191700	67.397220	49.786300	0.000000
17	16.000000	86.414060	15.000000	238.437900	0.000000	178.828400	59.609490	44.931480	0.000000
18	17.000000	74.407390	15.000000	207.393800	0.000000	155.545300	51.848440	39.739650	0.000000
19	18.000000	64.149600	15.000000	178.577700	0.000000	133.933300	44.644430	34.565620	0.000000
20	19.000000	56.341670	15.000000	153.959000	0.000000	115.469300	38.489760	29.762950	0.000000
21	20.000000	51.517170	15.000000	135.220000	0.000000	101.415000	33.805000	25.659840	0.000000
22	21.000000	50.005770	15.000000	123.641200	0.000000	92.730900	30.910300	22.536670	0.000000
23	22.000000	51.910760	15.000000	120.013800	0.000000	90.010380	30.003460	20.606870	0.000000
24	23.000000	57.101950	15.000000	124.585800	0.000000	93.439350	31.146450	20.002310	0.000000
25	24.000000	65.224620	15.000000	137.044700	0.000000	102.783500	34.261170	20.764300	0.000000
26	25.000000	75.723680	15.000000	156.539100	0.000000	117.404300	39.134770	22.840780	0.000000
27	26.000000	87.881680	15.000000	181.736800	0.000000	136.302600	45.434210	26.089850	0.000000
28	27.000000	100.867800	15.000000	210.916000	0.000000	158.187000	52.729010	30.289470	0.000000
29	28.000000	113.794600	15.000000	242.082700	0.000000	181.562000	60.520680	35.152670	0.000000
30	29.000000	125.778800	15.000000	273.107100	0.000000	204.830300	68.276760	40.347120	0.000000
31	30.000000	136.001300	15.000000	301.869000	0.000000	226.401800	75.467250	45.517840	0.000000

Close Save Reset Help

Figura 33. Risultato della caratterizzazione dell'influente impianto pilota

Nella vasca di aerazione si ha un volume di 1000 m<sup>3</sup>, si usa il metodo/algorithmo ASAL1A, ci sono 2 scomparti: uno di denitrificazione (1) ed uno di nitrificazione-ossidazione (2) con il ricircolo della miscela aerata che va dalla ossido-nitrificazione alla denitro:

Figura 34. Settaggio geometrie del bacino di aerazione impianto pilota

Lo schema di funzionamento è ASAL1A, i componenti all'interno sono: nello stage 1 i valori di KLa ed ossigeno valgono sempre 0 perché c'è la denitrificazione in condizioni anossiche, la frazione dei volumi è 1/2 per la denitrificazione ed 1/2 per la nitrificazione-ossidazione, KLa max è pari a 10 h<sup>-1</sup>, KLa min è pari a 2 h<sup>-1</sup>, D.O set point è pari a 2 mg/l:

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2
1	Volume distribution:	0.500	0.500
2	Feed distribution:	1.000	0.000
3	Return activated sludge distribution:	1.000	0.000
4	Minimum KLa (1/h):	0.000	2.000
5	Maximum KLa (1/h):	0.000	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	0.000	2.000
7	Stage where DO is to be measured:	1	2

Buttons: OK, Cancel, Reset, Help

Figura 35. Distribuzione del flusso del bacino di aerazione impianto pilot

Il ricircolo della miscela aerata è pari a 400 m<sup>3</sup>/h ed andrà dallo stage 2 (nitro-ox) allo stage 1 (denitro):

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	400.000

OK Cancel Reset Help

Figura 36. Ricircolo miscela aerata impianto pilota

In foto ci sono le Initial Condition:

Initial data

		Stage1	Stage2
1	Soluble BOD (mg/l):	5.00	5.00
2	Ammonia (mg/l):	20.00	20.00
3	Nitrate (mg/l):	5.00	5.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	200.00	200.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	2000.00	2000.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 37. Initial condition bacino di aerazione impianto pilota

Nel sedimentatore secondario si ha un'area di 150 m<sup>2</sup>, 8 strati verticali, un'altezza del sedimentatore di 3 metri con immissione del liquame a metà circa, ovvero ad 1,50 m ed il modello/algorithmo di funzionamento utilizzato è SSED1:

Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2

Name: Secondary sedimentation tank 1

Model: SSED1

Number of vertical layers: 8

Surface area (m<sup>2</sup>): 150

Depth of tank (m): 3

Depth of feed (m): 1.5

RAS flow

Rate

Ratio

OK Cancel Reset More Help

Figura 38. Settaggio geometrie del sedimentatore secondario impianto pilota

Come descritto prima, i valori delle Initial Condition nel sedimentatore secondario non possono essere trattati come nel caso del bacino di aerazione. Qui, infatti, non possono essere trascurate le differenze della distribuzione verticale del refluo e per tale motivo bisogna specificare le condizioni per ogni stage(da 1 ad 8):

Initial data

		Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1	Soluble BOD (mg/l):	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00	20.00
2	Ammonia (mg/l):	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
3	Nitrate (mg/l):	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00	6.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00	2.00
6	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8	Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	300.00	600.00	900.00	2000.00	6000.00
9	Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
10	Viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	200.00	400.00	800.00	1000.00	2000.00
11	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
12	Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	10.00	20.00	40.00	80.00	200.00
13	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 39. Initial condition sedimentatore secondario impianto pilota



Infine, ci sono le condizioni operative all'interno del sedimentatore secondario: la portata del fango di ricircolo è pari a 150 m<sup>3</sup>/h, la portata del fango di supero è pari a 5 m<sup>3</sup>/h spalmata su 24 h di funzionamento della pompa.

Operation data												
	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8	Change 9	Change 10	Ch...
1	Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2	RAS flow (m <sup>3</sup> /h):	150.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3	RAS ratio:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4	Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h):	5.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5	Wastage pump run time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6	Wastage cycle time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7	MLSS setpoint (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 40. Parametri operativi sedimentatore secondario impianti pilota

Si può osservare sotto forma di grafici e tabelle l'andamento sinusoidale del risultato nelle varie ore alle varie concentrazioni. Per quanto riguarda i SS in media sono pari a 7,76 mg/l, il BOD pari a 7,47 mg/l, l'Ammonia/TKN pari a 10,12 mg/l ed i nitrati pari a 7,66 mg/l:

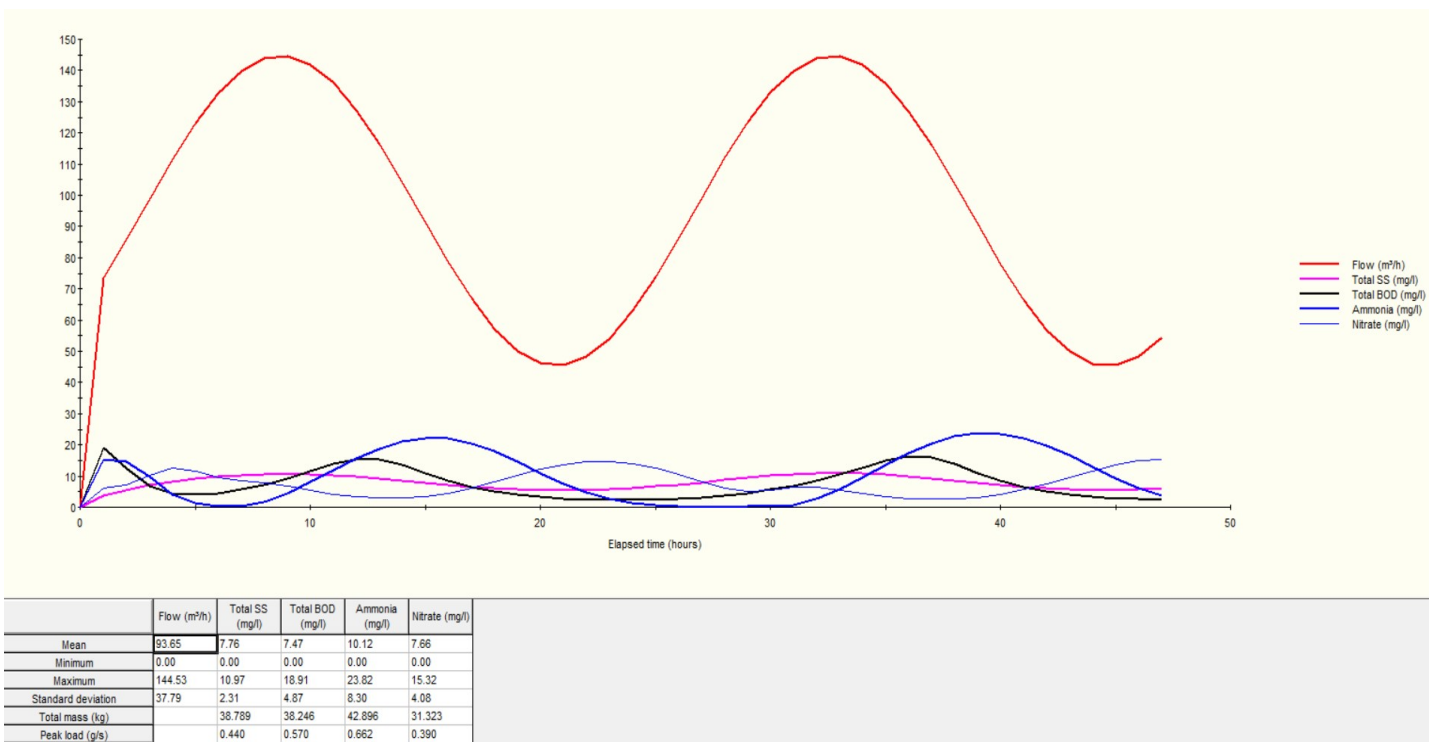


Figura 41. Risultato finale effluente grafico impianto pilota

Run 1		Start	27/04/2021 00:00	End	29/04/2021 00:00	Time	27/04/
Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	
27/04/2021 00:00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
27/04/2021 01:00	1.00	73.37	3.68	18.91	15.37	6.00	
27/04/2021 02:00	2.00	85.70	5.45	12.52	14.65	7.00	
27/04/2021 03:00	3.00	98.67	7.12	6.91	9.92	10.14	
27/04/2021 04:00	4.00	111.38	8.31	4.36	4.13	12.47	
27/04/2021 05:00	5.00	122.98	9.14	3.93	1.20	11.42	
27/04/2021 06:00	6.00	132.66	9.79	4.53	0.39	9.37	
27/04/2021 07:00	7.00	139.77	10.36	5.65	0.41	8.35	
27/04/2021 08:00	8.00	143.82	10.68	7.26	1.54	7.77	
27/04/2021 09:00	9.00	144.53	10.77	9.32	4.27	6.66	
27/04/2021 10:00	10.00	141.86	10.62	11.66	8.03	5.29	
27/04/2021 11:00	11.00	135.99	10.25	13.95	12.03	4.14	
27/04/2021 12:00	12.00	127.31	9.70	15.45	15.74	3.38	
27/04/2021 13:00	13.00	116.43	9.06	15.41	18.83	3.00	
27/04/2021 14:00	14.00	104.08	8.39	13.63	21.05	2.99	
27/04/2021 15:00	15.00	91.12	7.71	10.91	22.16	3.48	
27/04/2021 16:00	16.00	78.41	7.08	8.36	21.96	4.56	
27/04/2021 17:00	17.00	66.84	6.52	6.42	20.51	6.13	
27/04/2021 18:00	18.00	57.20	6.07	4.99	18.02	8.02	
27/04/2021 19:00	19.00	50.14	5.72	3.96	14.69	10.11	
27/04/2021 20:00	20.00	46.14	5.51	3.24	11.00	12.18	
27/04/2021 21:00	21.00	45.48	5.45	2.76	7.63	13.76	
27/04/2021 22:00	22.00	48.21	5.53	2.48	4.90	14.64	
27/04/2021 23:00	23.00	54.13	5.78	2.35	2.84	14.76	
28/04/2021 00:00	24.00	62.85	6.17	2.36	1.44	14.11	
28/04/2021 01:00	25.00	73.76	6.70	2.48	0.62	12.74	
28/04/2021 02:00	26.00	86.13	7.31	2.68	0.23	10.71	
28/04/2021 03:00	27.00	99.10	7.99	3.01	0.10	8.24	
28/04/2021 04:00	28.00	111.79	8.69	3.61	0.10	6.06	
28/04/2021 05:00	29.00	123.33	9.38	4.53	0.18	5.12	
28/04/2021 06:00	30.00	132.94	10.07	5.65	0.31	5.51	
		Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	
Mean		93.65	7.76	7.47	10.12	7.66	
Minimum		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
Maximum		144.53	10.97	18.91	23.82	15.32	
Standard deviation		37.79	2.31	4.87	8.30	4.08	
Total mass (kg)			38.789	38.246	42.896	31.323	
Peak load (g/s)			0.440	0.570	0.662	0.390	

Figura 42. Risultato finale effluente tabella impianto pilota

## 5.2 Impianto modificato con dati dell' azienda

Una volta capito come funziona il programma grazie alle simulazioni svolte con l'impianto pilota suggerito dal manuale, si procede all'immissione di dati, condizioni operative e schema d'impianto caratteristici proprio dell'impianto reale, con tutte le informazioni suggerite dall'azienda:

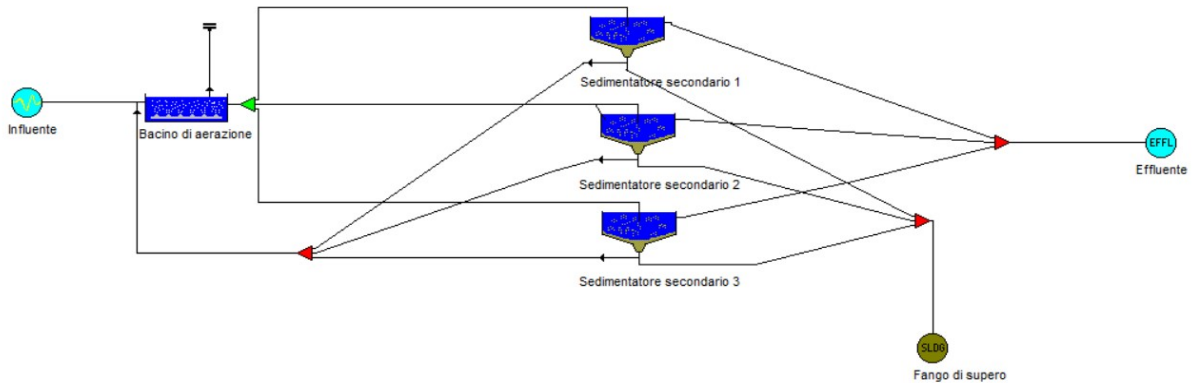


Figura 43. Schema d'impianto su foglio di lavoro STOAT

Il processo che ha portato a determinare una modellazione corretta dell'impianto ha comportato molte simulazioni svolte ed una taratura dei dati.

Inizialmente lo schema d'impianto è diventato questo qui sopra descritto in figura: con tre sedimentatori secondari anziché uno, con un ripartitore di portata dal bacino di aerazione fino ai sedimentatori (che serve per dividere la portata in tre flussi con egual portata), dai sedimentatori un mixer che mescola i tre flussi del fango di ricircolo, per poi arrivare con uno solo, al bacino di aerazione, così come anche per il fango di supero e l'effluente in uscita.

La portata, così come tutte le concentrazioni di inquinanti, sono state prese direttamente dai dati dell'azienda, quindi l'impianto è definito "reale" e non più pilota.

L'influyente segue sempre una funzione sinusoidale, questa volta con picchi di portata intorno alle 12, picchi di BOD alle 14 PM, picchi di SS alle 13 PM e di Ammonia e fosforo P alle 12 AM:

Influent profile [C:\Users\Francesco\Desktop\TIROCINIO e TESI\TESI E TIROCINIO FANO\STOAT\REALEPROVA4.inf]

Time (h)	Flow (m³/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
1	175.704100	15.000000	7.500000	0.000000	165.510100	416.840400	0.000000	0.000000	133.201900	98.401390	29.488800	1.228700
2	187.343000	15.000000	7.500000	0.000000	162.002300	408.005800	0.000000	0.000000	136.385700	100.753400	31.442170	1.310091
3	205.723600	15.000000	7.500000	0.000000	165.874500	417.758000	0.000000	0.000000	145.420100	107.427400	34.527030	1.438626
4	229.590000	15.000000	7.500000	0.000000	176.862200	445.430800	0.000000	0.000000	159.687500	117.967400	38.532580	1.605524
5	257.311100	15.000000	7.500000	0.000000	194.214600	489.133000	0.000000	0.000000	178.213200	131.653000	43.185090	1.799379
6	286.992800	15.000000	7.500000	0.000000	216.745800	545.878200	0.000000	0.000000	199.731000	147.549000	48.166620	2.006943
7	316.606600	15.000000	7.500000	0.000000	242.916100	611.788700	0.000000	0.000000	222.770600	164.569300	53.136770	2.214032
8	344.128900	15.000000	7.500000	0.000000	270.937300	682.360500	0.000000	0.000000	245.757600	181.550600	57.755900	2.406496
9	367.678900	15.000000	7.500000	0.000000	298.894300	752.770900	0.000000	0.000000	267.121000	197.332700	61.708350	2.571181
10	385.647400	15.000000	7.500000	0.000000	324.876900	818.208600	0.000000	0.000000	285.401100	210.836900	64.724030	2.696835
11	396.896300	15.000000	7.500000	0.000000	347.109500	874.201600	0.000000	0.000000	299.348600	221.140400	66.596860	2.774869
12	400.393300	15.000000	7.500000	0.000000	364.072700	916.923800	0.000000	0.000000	308.010500	227.539300	67.196870	2.799953
13	396.163100	15.000000	7.500000	0.000000	374.607400	943.455600	0.000000	0.000000	310.794800	229.596100	66.488910	2.770371
14	384.404800	15.000000	7.500000	0.000000	377.993700	951.984000	0.000000	0.000000	307.511200	227.170400	64.515500	2.688146
15	365.922000	15.000000	7.500000	0.000000	374.000100	941.928200	0.000000	0.000000	298.384200	220.427900	61.413480	2.558895
16	341.977700	15.000000	7.500000	0.000000	362.899700	913.969500	0.000000	0.000000	284.037400	209.829400	57.394850	2.391452
17	314.208100	15.000000	7.500000	0.000000	345.450800	870.024400	0.000000	0.000000	265.451200	198.099100	52.734220	2.197259
18	284.510800	15.000000	7.500000	0.000000	322.846000	813.093800	0.000000	0.000000	243.895800	180.175200	47.750070	1.988586
19	254.915400	15.000000	7.500000	0.000000	296.630000	747.068100	0.000000	0.000000	220.844100	163.148100	42.783000	1.782625
20	227.444100	15.000000	7.500000	0.000000	268.594100	676.459400	0.000000	0.000000	197.871400	148.175200	38.172440	1.590518
21	203.974300	15.000000	7.500000	0.000000	240.654400	606.092500	0.000000	0.000000	176.547500	130.422500	34.233450	1.426394
22	186.109700	15.000000	7.500000	0.000000	214.720000	540.776200	0.000000	0.000000	158.329700	116.964300	31.235200	1.301467
23	175.071300	15.000000	7.500000	0.000000	192.563100	484.973800	0.000000	0.000000	144.462800	106.720300	29.382590	1.224275
24	171.613200	15.000000	7.500000	0.000000	175.698000	442.496700	0.000000	0.000000	135.894500	100.390500	28.802210	1.200092
25	175.971800	15.000000	7.500000	0.000000	165.277100	416.253400	0.000000	0.000000	133.210200	98.407560	29.533730	1.230572
26	187.849300	15.000000	7.500000	0.000000	162.012500	408.031400	0.000000	0.000000	136.593500	100.906900	31.527150	1.313631
27	206.433900	15.000000	7.500000	0.000000	166.127200	418.394500	0.000000	0.000000	145.813100	107.717800	34.646250	1.443594
28	230.455800	15.000000	7.500000	0.000000	177.340200	446.634600	0.000000	0.000000	160.238900	118.374700	38.677890	1.611579
29	258.273300	15.000000	7.500000	0.000000	194.885200	490.821900	0.000000	0.000000	178.885300	132.149500	43.346570	1.806107
30	287.985500	15.000000	7.500000	0.000000	217.563100	547.936800	0.000000	0.000000	200.477900	148.100800	48.333230	2.013885
31	317.562100	15.000000	7.500000	0.000000	243.824400	614.076400	0.000000	0.000000	223.541200	165.138500	53.297130	2.220714

Figura 44. Risultato della caratterizzazione dell' influente

Nella vasca di aerazione si ha un volume totale di 6200 m<sup>3</sup>, si usa il metodo ASAL1A, ci sono sempre 2 scomparti: uno di denitrificazione (1) ed uno di nitrificazione-ossidazione (2), con il ricircolo della miscela aerata che va dalla ossido-nitrificazione alla denitro:

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Figura 45. Settaggio geometrie del bacino di aerazione

Nello stage 1 i valori di KLa ed ossigeno valgono sempre 0 perché c'è la denitrificazione in condizioni anossiche, mentre nello stage 2 valgono sempre KLa max 10 h<sup>-1</sup>, KLa min 2 h<sup>-1</sup> e D.O set point 3 mg/l; rispetto a prima c'è una distribuzione della frazione del volume con 2/3 pari alla nitrificazione ed 1/3 pari alla denitrificazione che rispetta la distribuzione volumetrica reale della vasca:

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2
1	Volume distribution:	0.333	0.667
2	Feed distribution:	1.000	0.000
3	Return activated sludge distribution:	1.000	0.000
4	Minimum KLa (1/h):	0.000	2.000
5	Maximum KLa (1/h):	0.000	10.000
6	Dissolved oxygen set point (mg/l):	0.000	3.000
7	Stage where DO is to be measured:	1	2

Figura 46. Distribuzione del flusso del bacino di aerazione

Il ricircolo della miscela aerata nel caso reale è pari a 90 m<sup>3</sup>/h:

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	90.000

Figura 47. Ricircolo miscela aerata

Si stabiliscono poi le “Initial Condition”, ovvero le condizioni operative della vasca, inizialmente per quanto riguarda le concentrazioni sono settate quasi tutte a 0 a parte per gli MLSS. Poi con il procedere delle simulazioni vengono settate automaticamente dal programma STOAT per raggiungere la condizione ottimale operative per la simulazione:

Initial data

		Stage1	Stage2
1	Soluble BOD (mg/l):	0.00	0.00
2	Ammonia (mg/l):	0.00	0.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	1.00	1.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	100.00	100.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00

Figura 48. Initial Condition bacino di aerazione

I tre sedimentatori secondari hanno ciascuno un'area pari a 380 m<sup>2</sup>, 8 strati verticali, un'altezza pari a 3,4 metri ed un'immissione del refluo a 3 metri dalla superficie, il modello di funzionamento utilizzato è sempre SSED1:

Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2

Name:

Model:

Number of vertical layers:

Surface area (m<sup>2</sup>):

Depth of tank (m):

Depth of feed (m):

RAS flow

Rate

Ratio

Figura 49. Settaggio geometrie del sedimentatore secondario

In foto ci sono le Initial Condition:

Initial data

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1 Soluble BOD (mg/l):	5.75	5.66	5.26	4.50	3.45	2.26	1.21	1.36
2 Ammonia (mg/l):	38.50	39.98	41.30	42.29	42.78	42.62	41.73	42.03
3 Nitrate (mg/l):	1.04	1.04	1.04	1.05	1.07	1.11	1.18	1.16
4 Soluble phosphate (mg/l):	8.55	8.87	9.15	9.37	9.49	9.49	9.36	9.40
5 Dissolved oxygen (mg/l):	2.99	3.00	3.04	3.09	3.16	3.33	3.99	0.00
6 Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.36	0.54	0.77	1.24	2.85	14.38	305.92	3801.07
9 Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	2.97	2.99	3.02	3.05	3.08	3.11	3.14	3.14
10 Viable heterotrophs (mg/l):	0.06	0.10	0.14	0.23	0.55	2.80	59.59	673.03
11 Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.15	3.38	106.31
12 Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	1.49
13 Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07

Figura 50. Initial Condition sedimentatore secondario

Per quanto riguarda le condizioni operative nel sedimentatore secondario, in questo caso si ha una portata di ricircolo del fango pari a 250 m<sup>3</sup>/h, la portata del fango di supero è ripartita tra i 3 sedimentatori e spalmata sulle 24 ore, quindi pari a 4,20 m<sup>3</sup>/h:

Operation data

	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8	Change 9	Change 10	Ch
1 Change at time (h):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 RAS flow (m <sup>3</sup> /h):	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 RAS ratio:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Sludge wastage flow (m <sup>3</sup> /h):	4.20	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 Wastage pump run time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Wastage cycle time (h):	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 MLSS set-point (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 51. Parametri operativi sedimentatore secondario

Si può osservare sotto forma di grafici e tabelle l'andamento sinusoidale del risultato nelle varie ore alle varie concentrazioni. Per quanto riguarda i SS in media sono pari a 3,50 mg/l, il BOD pari a 3,35 mg/l, l'Ammonia/TKN pari a 43,38 mg/l, i nitrati pari a 1,22 mg/l ed il fosforo P pari a 9,90 mg/l:

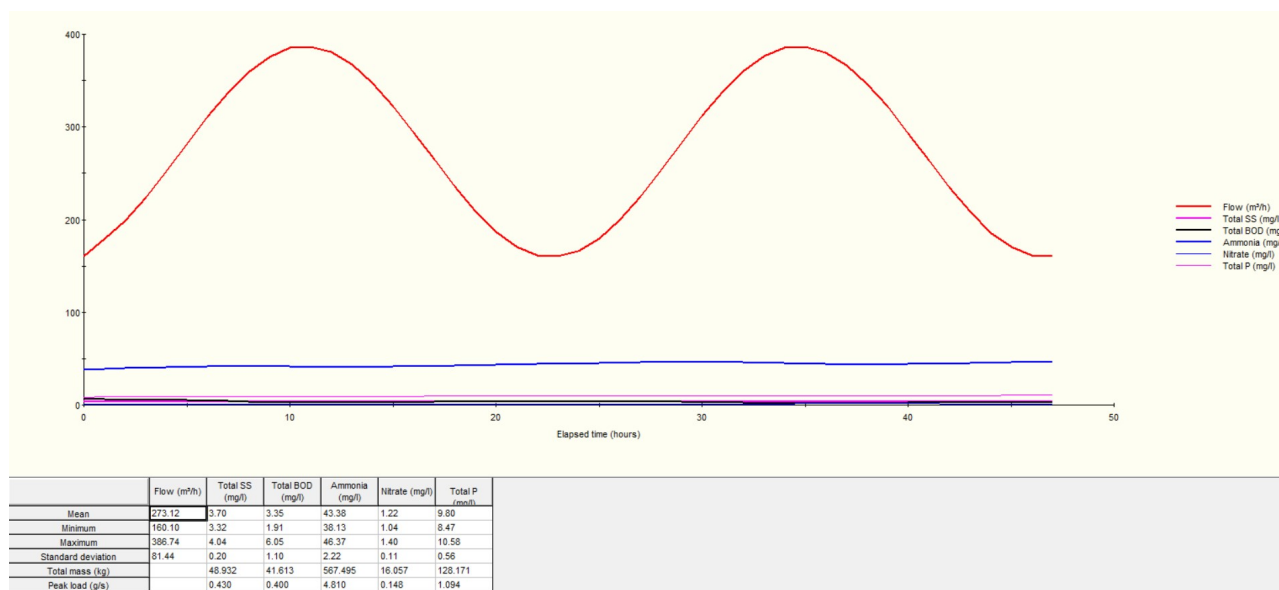


Figura 52. Risultato finale effluente grafico

Come si evince dalle foto e grafici, ci sono dei valori molto diversi dai risultati di letteratura ma soprattutto diversi dalle analisi in uscita dell'azienda: i valori di BOD sono troppo bassi, i valori di Ammonia/TKN sono decisamente troppo alti, i valori dei nitrati sono troppo bassi ed i valori del fosforo sono alti.

In questo caso quindi serve una taratura delle varie cinetiche di reazione e dei dati a disposizione per ottimizzare i risultati e renderli il più uguali possibili alle analisi in uscita fornite dall'azienda.

Run 2		Start	12/05/2021 00:00	End	14/05/2021 00:00	Time	12/05/2021 00:00
Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Flow (m <sup>3</sup> /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Total P (mg/l)
12/05/2021 00:00	0.00	160.19	3.33	6.05	38.13	1.05	8.47
12/05/2021 01:00	1.00	179.34	3.32	5.98	39.14	1.04	8.69
12/05/2021 02:00	2.00	199.09	3.33	5.88	39.66	1.04	8.80
12/05/2021 03:00	3.00	223.92	3.35	5.70	40.19	1.04	8.92
12/05/2021 04:00	4.00	252.13	3.38	5.44	40.70	1.05	9.03
12/05/2021 05:00	5.00	281.80	3.43	5.08	41.16	1.05	9.13
12/05/2021 06:00	6.00	310.89	3.49	4.63	41.51	1.07	9.22
12/05/2021 07:00	7.00	337.42	3.56	4.11	41.69	1.09	9.27
12/05/2021 08:00	8.00	359.57	3.63	3.57	41.69	1.12	9.30
12/05/2021 09:00	9.00	375.84	3.70	3.09	41.53	1.15	9.29
12/05/2021 10:00	10.00	385.10	3.75	2.71	41.28	1.18	9.26
12/05/2021 11:00	11.00	386.74	3.79	2.49	41.03	1.20	9.23
12/05/2021 12:00	12.00	380.62	3.81	2.42	40.87	1.21	9.22
12/05/2021 13:00	13.00	367.18	3.82	2.48	40.86	1.22	9.24
12/05/2021 14:00	14.00	347.34	3.81	2.64	41.02	1.22	9.28
12/05/2021 15:00	15.00	322.44	3.79	2.85	41.31	1.21	9.35
12/05/2021 16:00	16.00	294.18	3.76	3.07	41.71	1.20	9.43
12/05/2021 17:00	17.00	264.51	3.72	3.27	42.15	1.19	9.53
12/05/2021 18:00	18.00	235.45	3.68	3.45	42.61	1.18	9.62
12/05/2021 19:00	19.00	208.98	3.64	3.58	43.05	1.18	9.71
12/05/2021 20:00	20.00	186.91	3.61	3.68	43.46	1.17	9.80
12/05/2021 21:00	21.00	170.75	3.58	3.75	43.83	1.17	9.88
12/05/2021 22:00	22.00	161.61	3.55	3.80	44.18	1.16	9.95
12/05/2021 23:00	23.00	160.10	3.53	3.82	44.52	1.16	10.02
13/05/2021 00:00	24.00	166.34	3.52	3.83	44.84	1.16	10.08
13/05/2021 01:00	25.00	179.90	3.52	3.82	45.17	1.16	10.15
13/05/2021 02:00	26.00	199.84	3.53	3.77	45.50	1.16	10.22
13/05/2021 03:00	27.00	224.81	3.55	3.69	45.82	1.16	10.29
13/05/2021 04:00	28.00	253.10	3.58	3.56	46.09	1.17	10.35
13/05/2021 05:00	29.00	282.78	3.63	3.37	46.29	1.18	10.40
13/05/2021 06:00	30.00	311.82	3.69	3.13	46.36	1.20	10.42
		Flow (m <sup>3</sup> /h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Total P (mg/l)
Mean		273.12	3.70	3.35	43.38	1.22	9.80
Minimum		160.10	3.32	1.91	38.13	1.04	8.47
Maximum		386.74	4.04	6.05	46.37	1.40	10.58
Standard deviation		81.44	0.20	1.10	2.22	0.11	0.56
Total mass (kg)			48.932	41.613	567.495	16.057	128.171
Peak load (g/s)			0.430	0.400	4.810	0.148	1.094

Figura 53. Risultato finale effluente tabella



### 5.3 Impianto reale

Lo schema dell'impianto è simile a quello visto precedentemente, come già anticipato negli scorsi capitoli, si può notare come nello schema manchino i trattamenti terziari di disinfezione e filtrazione, tuttavia questa semplificazione è stata fatta in quanto ai fini dello studio è stato importante valutare il funzionamento dei comparti biologici e di sedimentazione:

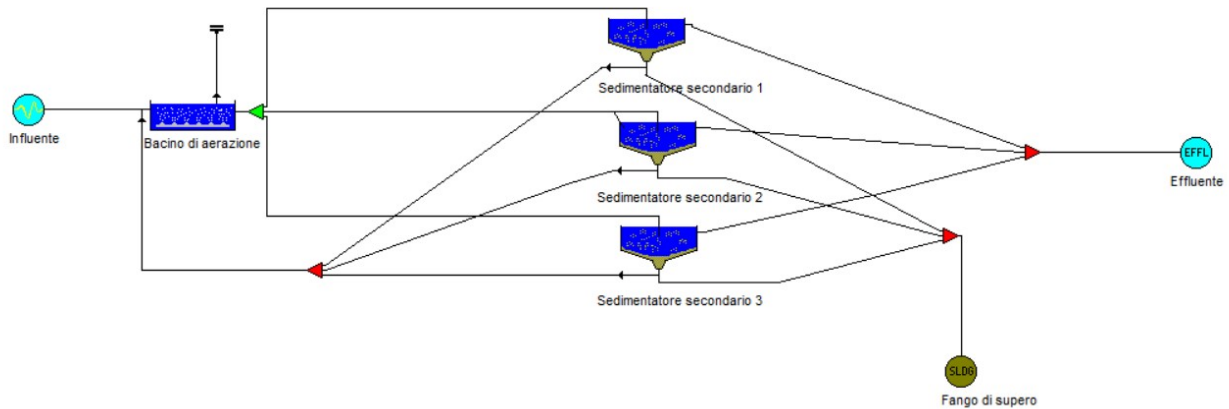


Figura 54. Schema d'impianto reale su foglio di lavoro STOAT

La portata, così come tutte le concentrazioni di inquinanti, sono state prese sempre direttamente dai dati dell'azienda, quindi, come spiegato nel capitolo legato al refluo in ingresso, si sono svolte simulazioni in più giornate nei due scenari: diluito e ordinario.

In questo caso analizzeremo un solo caso di scenario ordinario riferito al 28/04/2020.

Il picco di portata avviene tra le ore 11/12 AM in cui abbiamo la richiesta massima da parte delle utenze, il picco di TKN, insieme ai SST ed il P, avviene tra le 13/14 PM ed il BOD intorno alle 15 PM:

Influent profile [C:\Users\Francesco\Desktop\TIROCINIO e TESI\TESI E TIROCINIO FANO\STOAT\REALE PROVA 18-06 normale 4.infl]

	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Temperature (deg. C)	pH	Volatile fatty acids (mg COD/l)	Soluble BOD (mg/l)	Soluble inert COD (mg/l)	Particulate BOD (mg/l)	Particulate inert COD (mg/l)	Volatile solids (mg/l)	Non-volatile solids (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrates (mg/l)
1	0.000000	165.740000	15.000000	7.500000	0.000000	82.207250	22.052420	0.000000	44.104840	77.635090	58.566830	20.460290	1.200017
2	1.000000	182.018100	15.000000	7.500000	0.000000	77.238080	20.719420	0.000000	41.438840	79.490750	59.966710	20.949340	1.228700
3	2.000000	207.725300	15.000000	7.500000	0.000000	75.601070	20.280290	0.000000	40.560570	84.756310	63.938970	22.337040	1.310091
4	3.000000	241.104800	15.000000	7.500000	0.000000	77.408170	20.765030	0.000000	41.530060	93.071940	70.212170	24.528580	1.438626
5	4.000000	279.875700	15.000000	7.500000	0.000000	82.535710	22.140530	0.000000	44.281060	103.869400	78.357600	27.374190	1.605524
6	5.000000	321.388500	15.000000	7.500000	0.000000	90.833460	24.312790	0.000000	48.625570	116.410800	87.818670	30.679400	1.799379
7	6.000000	362.806500	15.000000	7.500000	0.000000	101.148000	27.133360	0.000000	54.266710	129.839200	97.948840	34.218370	2.006943
8	7.000000	401.299200	15.000000	7.500000	0.000000	113.360800	30.409500	0.000000	60.818990	143.236800	108.055800	37.749250	2.214032
9	8.000000	434.236300	15.000000	7.500000	0.000000	126.437400	33.917330	0.000000	67.834660	155.688200	117.449000	41.030750	2.406496
10	9.000000	459.368900	15.000000	7.500000	0.000000	139.484000	37.417140	0.000000	74.834290	166.342600	125.486500	43.838640	2.571181
11	10.000000	474.973900	15.000000	7.500000	0.000000	151.609200	40.669780	0.000000	81.339550	174.471700	131.619000	45.981030	2.696835
12	11.000000	479.990600	15.000000	7.500000	0.000000	161.984400	43.452960	0.000000	86.905920	179.520200	135.427500	47.311520	2.774969
13	12.000000	474.074200	15.000000	7.500000	0.000000	169.900600	45.576500	0.000000	91.153010	181.143000	136.651700	47.739200	2.799953
14	13.000000	457.629100	15.000000	7.500000	0.000000	174.816800	46.895290	0.000000	93.790580	179.229200	135.208000	47.234830	2.770371
15	14.000000	431.779000	15.000000	7.500000	0.000000	176.397000	47.319200	0.000000	94.638400	173.909600	131.194900	45.832880	2.688146
16	15.000000	398.290400	15.000000	7.500000	0.000000	174.533400	46.819270	0.000000	93.638540	165.547700	124.886900	43.629160	2.558895
17	16.000000	359.451800	15.000000	7.500000	0.000000	169.353200	45.429660	0.000000	90.859320	154.715000	116.714800	40.774260	2.391452
18	17.000000	317.917200	15.000000	7.500000	0.000000	161.210400	43.245330	0.000000	86.490650	142.151700	107.237200	37.463270	2.197259
19	18.000000	276.525000	15.000000	7.500000	0.000000	150.661500	40.415540	0.000000	80.831090	128.716300	97.101760	33.922440	1.989586
20	19.000000	236.103600	15.000000	7.500000	0.000000	138.427300	37.133680	0.000000	74.267360	115.326900	87.001010	30.393750	1.782625
21	20.000000	205.278700	15.000000	7.500000	0.000000	125.343900	33.624010	0.000000	67.249020	102.898600	77.625240	27.118330	1.590518
22	21.000000	180.293400	15.000000	7.500000	0.000000	112.305400	30.126360	0.000000	60.252720	92.280530	69.615140	24.320010	1.426394
23	22.000000	164.854900	15.000000	7.500000	0.000000	100.202600	26.879760	0.000000	53.759510	84.198390	63.518090	22.190010	1.301467
24	23.000000	160.018400	15.000000	7.500000	0.000000	89.862790	24.106050	0.000000	48.212100	79.204450	59.750720	20.873880	1.224275
25	24.000000	166.114400	15.000000	7.500000	0.000000	81.982410	21.994790	0.000000	43.989570	77.639970	58.570500	20.461570	1.200092
26	25.000000	182.726200	15.000000	7.500000	0.000000	77.129300	20.690240	0.000000	41.380480	79.611860	60.058070	20.981250	1.230572
27	26.000000	208.718800	15.000000	7.500000	0.000000	75.605810	20.281560	0.000000	40.583120	84.965370	64.111770	22.397410	1.313631
28	27.000000	242.315800	15.000000	7.500000	0.000000	77.526040	20.796670	0.000000	41.593330	93.393300	70.454800	24.613270	1.443594
29	28.000000	281.221400	15.000000	7.500000	0.000000	82.758770	22.200370	0.000000	44.400730	104.261100	78.653110	27.477420	1.611579
30	29.000000	322.776900	15.000000	7.500000	0.000000	90.946410	24.396740	0.000000	48.793470	116.846100	88.147050	30.794120	1.806107
31	30.000000	364.142700	15.000000	7.500000	0.000000	101.529500	27.235680	0.000000	54.471360	130.288300	98.267640	34.336730	2.013885

Figura 55. Risultato della caratterizzazione dell'influenza impianto reale

Nella vasca di aerazione si ha un volume totale di 5500 m<sup>3</sup>, si usa a differenza di prima il metodo ASAL3A (con equazioni differenziali) che consente una taratura dei dati grazie alla modifica delle cinetiche di reazione, ci sono sempre 2 scomparti: uno di denitrificazione (1) ed uno di nitrificazione-ossidazione (2), con il ricircolo della miscela aerata che va dalla ossido-nitrificazione alla denitro:

Edit activated sludge aeration tank : Page 1 of 1

Name:

Process model:

Volume (m<sup>3</sup>):

Number of stages:

Number of MLSS recycles:

Wastage method

None

Continuous rate

Variable rate

Variable time

Stage from which MLSS is wasted:

Stage in which MLSS is measured:

Figura 56. Settaggio geometrie del bacino di aerazione impianto reale

In questo caso lo schema di modellazione ASAL3A, rispetto ad ASAL1A, presenta più parametri di cui tener conto. La frazione del volume è rimasta invariata rispetto a prima sempre con 1/3 per la vasca di denitrificazione e 2/3 per la vasca di nitrificazione-ossidazione. Il sistema di controllo del D.O. ossigeno disciolto tiene conto del KLa max, KLa min e D.O. set-point che rispetto a prima presenta valori più bassi: KLa max 3 h<sup>-1</sup>, KLa min 2 o 1 h<sup>-1</sup>, D.O. set-

point 1 mg/l:

Flow distribution data

		Stage 1	Stage 2
1	Volume fraction:	0.333	0.667
2	Feed distribution:	1.000	0.000
3	RAS distribution:	1.000	0.000
4	DO Control:	PI	PI
5	Minimum KLa (1/h):	0.00	2.00
6	KLa setting 1 (1/h):	7.00	7.00
7	KLa setting 2 (1/h):	4.00	4.00
8	Maximum KLa (1/h):	0.00	3.00
9	DO Setpoint (mg/l):	0.00	1.00
10	Nitrate on (mg/l):	5.00	5.00
11	Nitrate off (mg/l):	20.00	20.00
12	DO on (mg/l):	1.00	1.00
13	DO off (mg/l):	3.00	3.00
14	DO on 1 (mg/l):	1.00	1.00
15	DO on 2 (mg/l):	2.00	2.00
16	DO on 3 (mg/l):	3.00	3.00
17	Aeration on time (h):	0.80	0.80
18	Aeration cycle time (h):	1.00	1.00
19	DO Control stage:	1	2
20	Gain:	1.30	1.30
21	Integral time:	0.50	0.50

OK Cancel Reset Help

Figura 57. Distribuzione del flusso del bacino di aerazione impianto reale

Il ricircolo della miscela aerata è pari a 90 m<sup>3</sup>/h:

MLSS recycle data

		Recycle 1
1	Stage from where MLSS recycle leaves:	2
2	Stage to which MLSS recycle goes:	1
3	MLSS recycle flowrate (m <sup>3</sup> /h):	90.000

OK Cancel Reset Help

Figura 58. Ricircolo miscela aerata impianto reale

Anche le Initial Condition sono uguali:

Initial data

		Stage1	Stage2
1	Soluble BOD (mg/l):	0.00	0.00
2	Ammonia (mg/l):	0.00	0.00
3	Nitrate (mg/l):	0.00	0.00
4	Soluble phosphate (mg/l):	0.00	0.00
5	Dissolved oxygen (mg/l):	0.00	0.00
6	MLSS (mg/l):	3000.00	3000.00
7	Viable autotrophs (mg/l):	1.00	1.00
8	Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00
9	Viable heterotrophs (mg/l):	100.00	100.00
10	Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00
11	Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00
12	Biomass P (mg/l):	0.00	0.00

OK Cancel Reset Help

Figura 59. Initial Condition del bacino di aerazione impianto reale

Rispetto a prima, ASAL3A permette di tarare il modello grazie alla modifica delle cinetiche di reazione.

Per cercare di aumentare la concentrazione di BOD rispetto a prima si è agito sul parametro “Tasso di crescita degli eterotrofi”, mentre per diminuire la concentrazione dell’Ammonia/TKN si è agito sul parametro “Tasso di crescita degli autotrofi”, infine per aumentare la concentrazione dei nitrati si è agito sul parametro “Utilizzo del BOD di NO3”:

Sewage calibration data : Page 1 of 4

Heterotroph growth rate (1/h):

Heterotroph temp coeff (1/°C):

Autotroph growth rate (1/h):

Autotroph temp coeff (1/°C):

Reference temperature (°C):

Saturation coeff, BOD (mg/l):

Saturation coeff, O2 (BOD) (mg/l):

Saturation coeff, O2 (NH3) (mg/l):

Saturation coeff, NH3 (mg/l):

OK Cancel Reset More Help

Sewage calibration data : Page 4 of 4

Autotrophic enzyme activity:

NO3 to BOD utilisation:

N uptake in cells (g/g):

OK Cancel Reset More Help

Figura 60. Cinetiche di reazione impianto reale

I tre sedimentatori secondari hanno ciascuno un'area pari a 380 m<sup>2</sup>, 8 strati verticali, un'altezza pari a 2,9 metri ed un'immissione del refluo a 1,9 metri dalla superficie, il modello di funzionamento utilizzato è sempre SSED1:

Edit secondary sedimentation tank : Page 1 of 2

Figura 61. Settaggio geometrie del sedimentatore secondario impianto reale

In foto ci sono le Initial Condition:

Initial data

	Stage1	Stage2	Stage3	Stage4	Stage5	Stage6	Stage7	Stage8
1 Soluble BOD (mg/l):	5.75	5.66	5.26	4.50	3.45	2.26	1.21	1.36
2 Ammonia (mg/l):	39.50	39.98	41.30	42.29	42.78	42.62	41.73	42.03
3 Nitrate (mg/l):	1.04	1.04	1.04	1.05	1.07	1.11	1.18	1.16
4 Soluble phosphate (mg/l):	8.55	8.87	9.15	9.37	9.49	9.49	9.36	9.40
5 Dissolved oxygen (mg/l):	2.99	3.00	3.04	3.09	3.16	3.33	3.99	0.00
6 Particulate BOD (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 Particulate phosphate (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
8 Mixed liquor suspended solids (mg/l):	0.36	0.54	0.77	1.24	2.85	14.38	305.92	3801.07
9 Non-settleable (volatile) solids (mg/l):	2.97	2.99	3.02	3.05	3.08	3.11	3.14	3.14
10 Viable heterotrophs (mg/l):	0.06	0.10	0.14	0.23	0.55	2.80	59.59	673.03
11 Non-viable heterotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.01	0.01	0.03	0.15	3.38	106.31
12 Viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.12	1.49
13 Non-viable autotrophs (mg/l):	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01	0.07

Figura 62. Initial condition del sedimentatore secondario impianto reale

Per quanto riguarda le condizioni operative nel sedimentatore secondario, anche in questo caso si ha una portata di ricircolo del fango pari a  $250 \text{ m}^3/\text{h}$ , la portata del fango di supero è ripartita tra i 3 sedimentatori e spalmata sulle 24 ore, quindi pari a  $1,70 \text{ m}^3/\text{h}$ :

Operation data

	Initial	Change 1	Change 2	Change 3	Change 4	Change 5	Change 6	Change 7	Change 8	Change 9	Change 10	Ch
1 Change sl time [h]:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
2 RAS flow [m <sup>3</sup> /h]:	250.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
3 RAS ratio:	1.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
4 Sludge wastage flow [m <sup>3</sup> /h]:	1.70	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
5 Wastage pump run time [h]:	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
6 Wastage cycle time [h]:	24.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
7 MLSS set-point [mg/l]:	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00

Figura 63. Parametri operativi sedimentatore secondario impianto reale

Si può osservare sotto forma di grafici e tabelle l'andamento sinusoidale del risultato nelle varie ore alle varie concentrazioni. Per quanto riguarda i SS in media sono pari a  $6,87 \text{ mg/l}$ , il BOD pari a  $10,39 \text{ mg/l}$ , l'Ammonia o TKN pari a  $3,50 \text{ mg/l}$ , i nitrati pari a  $11 \text{ mg/l}$ , il fosforo P pari a  $3,60 \text{ mg/l}$ :

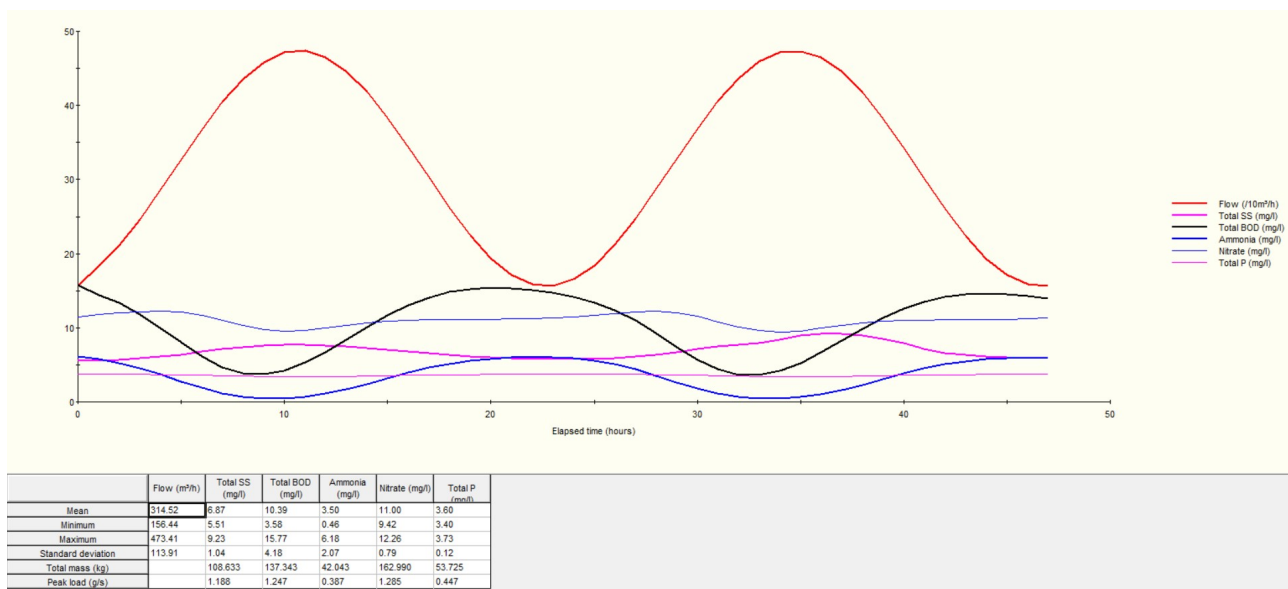


Figura 64. Risultato finale effluente grafico impianto reale

Run 6		Start	27/07/2021 00:00	End	29/07/2021 00:00	Time	27/07/2021 00:00
Date and time (dd/mm/yyyy)	Elapsed time (h)	Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Total P (mg/l)
27/07/2021 00:00	0.00	156.56	5.51	15.77	6.18	11.43	3.73
27/07/2021 01:00	1.00	183.34	5.58	14.43	5.74	11.75	3.73
27/07/2021 02:00	2.00	210.97	5.69	13.33	5.26	11.97	3.73
27/07/2021 03:00	3.00	245.70	5.86	11.85	4.57	12.18	3.71
27/07/2021 04:00	4.00	285.15	6.08	10.02	3.70	12.26	3.68
27/07/2021 05:00	5.00	326.64	6.40	8.03	2.76	12.11	3.65
27/07/2021 06:00	6.00	367.33	6.75	6.15	1.87	11.65	3.59
27/07/2021 07:00	7.00	404.43	7.10	4.69	1.17	10.97	3.54
27/07/2021 08:00	8.00	435.42	7.39	3.86	0.71	10.27	3.48
27/07/2021 09:00	9.00	458.17	7.58	3.72	0.49	9.75	3.43
27/07/2021 10:00	10.00	471.13	7.67	4.24	0.51	9.54	3.40
27/07/2021 11:00	11.00	473.41	7.68	5.29	0.72	9.63	3.40
27/07/2021 12:00	12.00	464.86	7.59	6.72	1.11	9.95	3.42
27/07/2021 13:00	13.00	446.07	7.44	8.36	1.67	10.33	3.45
27/07/2021 14:00	14.00	418.31	7.24	10.07	2.38	10.66	3.49
27/07/2021 15:00	15.00	383.48	7.01	11.67	3.17	10.88	3.54
27/07/2021 16:00	16.00	343.97	6.77	13.05	3.93	11.01	3.58
27/07/2021 17:00	17.00	302.47	6.53	14.11	4.61	11.08	3.62
27/07/2021 18:00	18.00	261.82	6.32	14.83	5.16	11.11	3.66
27/07/2021 19:00	19.00	224.80	6.13	15.24	5.56	11.13	3.68
27/07/2021 20:00	20.00	193.93	5.97	15.38	5.84	11.16	3.70
27/07/2021 21:00	21.00	171.33	5.85	15.33	6.00	11.21	3.71
27/07/2021 22:00	22.00	158.55	5.78	15.11	6.06	11.27	3.72
27/07/2021 23:00	23.00	156.44	5.74	14.74	6.02	11.36	3.73
28/07/2021 00:00	24.00	165.17	5.74	14.20	5.88	11.50	3.73
28/07/2021 01:00	25.00	184.12	5.79	13.43	5.58	11.69	3.73
28/07/2021 02:00	26.00	212.02	5.90	12.37	5.10	11.91	3.72
28/07/2021 03:00	27.00	246.94	6.10	10.97	4.42	12.12	3.71
28/07/2021 04:00	28.00	286.51	6.38	9.27	3.57	12.19	3.68
28/07/2021 05:00	29.00	328.02	6.73	7.42	2.64	12.01	3.65
28/07/2021 06:00	30.00	368.63	7.11	5.70	1.78	11.52	3.59
		Flow (m³/h)	Total SS (mg/l)	Total BOD (mg/l)	Ammonia (mg/l)	Nitrate (mg/l)	Total P (mg/l)
Mean		314.52	6.87	10.39	3.50	11.00	3.60
Minimum		156.44	5.51	3.58	0.46	9.42	3.40
Maximum		473.41	9.23	15.77	6.18	12.26	3.73
Standard deviation		113.91	1.04	4.18	2.07	0.79	0.12
Total mass (kg)			108.633	137.343	42.043	162.990	53.725
Peak load (g/s)			1.188	1.247	0.387	1.285	0.447

Figura 65. Risultato finale effluente tabella impianto reale

## 6. DISCUSSIONE RISULTATI

### 6.1 Dati in uscita (Output)

Una volta finite di eseguire tutte le simulazioni dello scenario con refluo ordinario e dello scenario con refluo diluito nelle varie giornate, si sono valutati i risultati in uscita dalle simulazioni del programma per vedere se siano coincidenti o meno con gli output dati dall'azienda.

Tutti gli output derivanti dalle simulazioni, come anche quelli forniti dall'azienda, rispettano i limiti in uscita del Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n.152 (c.d. "Testo Unico dell'Ambiente").

In questa modellazione non sono stati inseriti i trattamenti terziari di disinfezione e filtrazione, in quanto ai fini dello studio è stato importante valutare il funzionamento dei comparti biologici e di sedimentazione, per cui i valori in uscita delle simulazioni potranno essere leggermente diversi rispetto ai valori reali in uscita.

Per poter effettuare al meglio un raffronto tra gli output del modello e dell'azienda si sono prima elencati tutti gli output ottenuti dalle simulazioni sia dell'impianto con refluo ordinario che dell'impianto con refluo diluito in tutte le giornate:

### IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO:

- 24/03

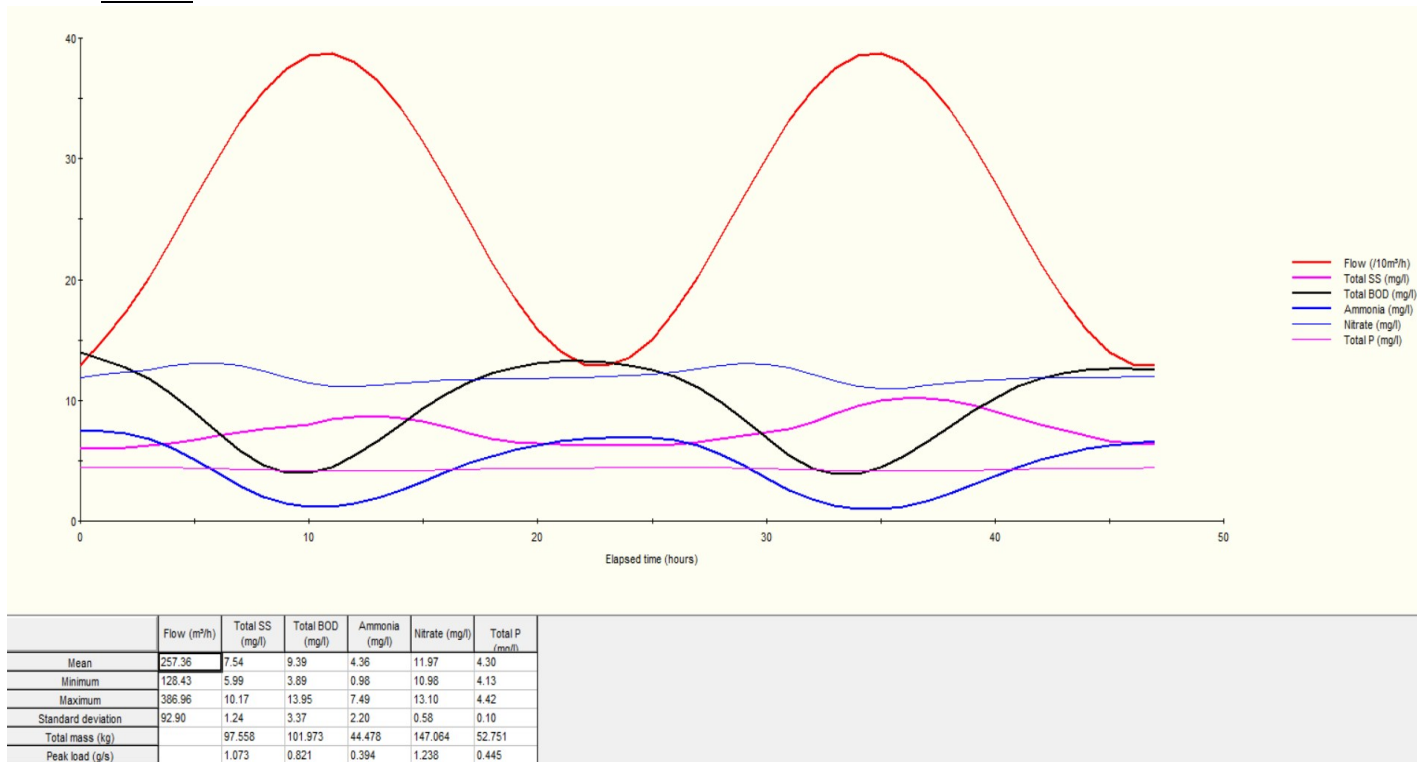


Figura 66. Risultato finale effluente grafico 24/03

Portata media = 257,36 m<sup>3</sup>/h

SS = 7,54 mg/l

BOD = 9,39 mg/l

Ammonia = 4,36 mg/l

Nitrati = 11,97 mg/l

Fosforo P = 4,30 mg/l



● 28/04

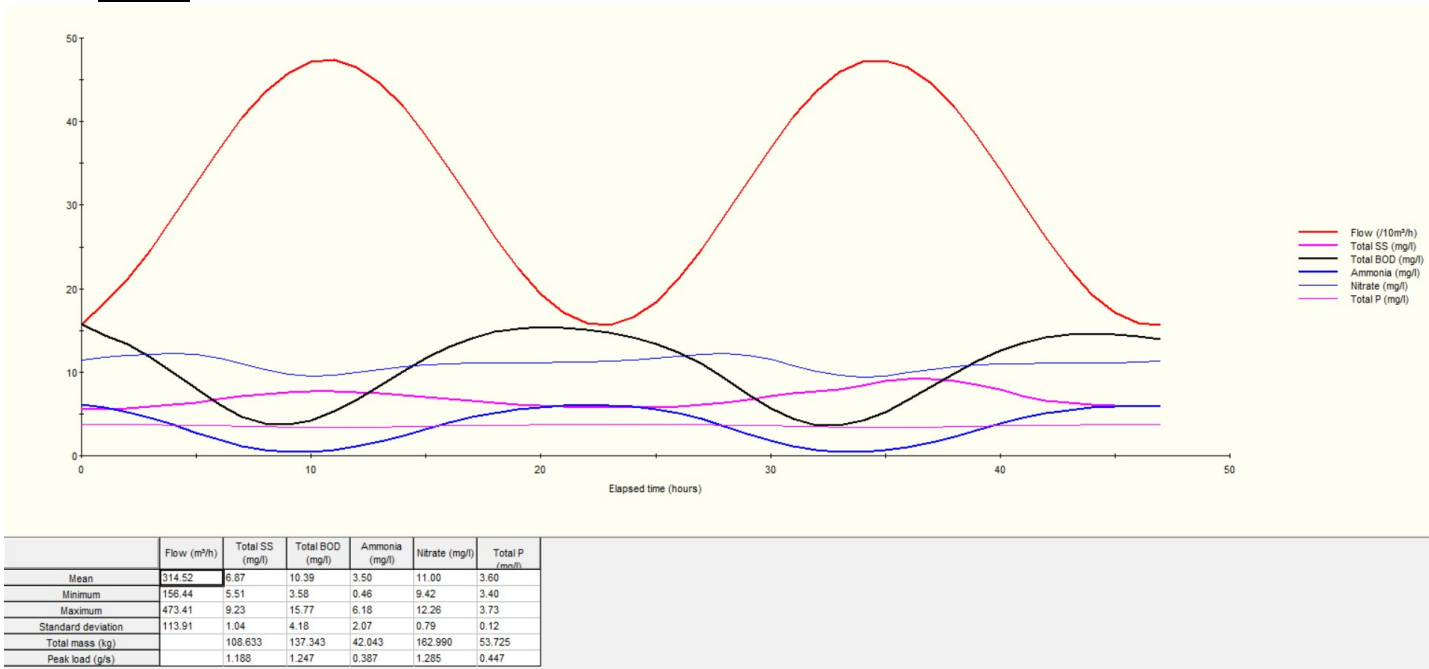


Figura 67. Risultato finale effluente grafico 28/04

Portata media = 314,52 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 6,87 mg/l  
 BOD = 10,39 mg/l  
 Ammonia = 3,50mg/l  
 Nitrate = 11,00 mg/l  
 Fosforo P = 3,60 mg/l

● 05/05

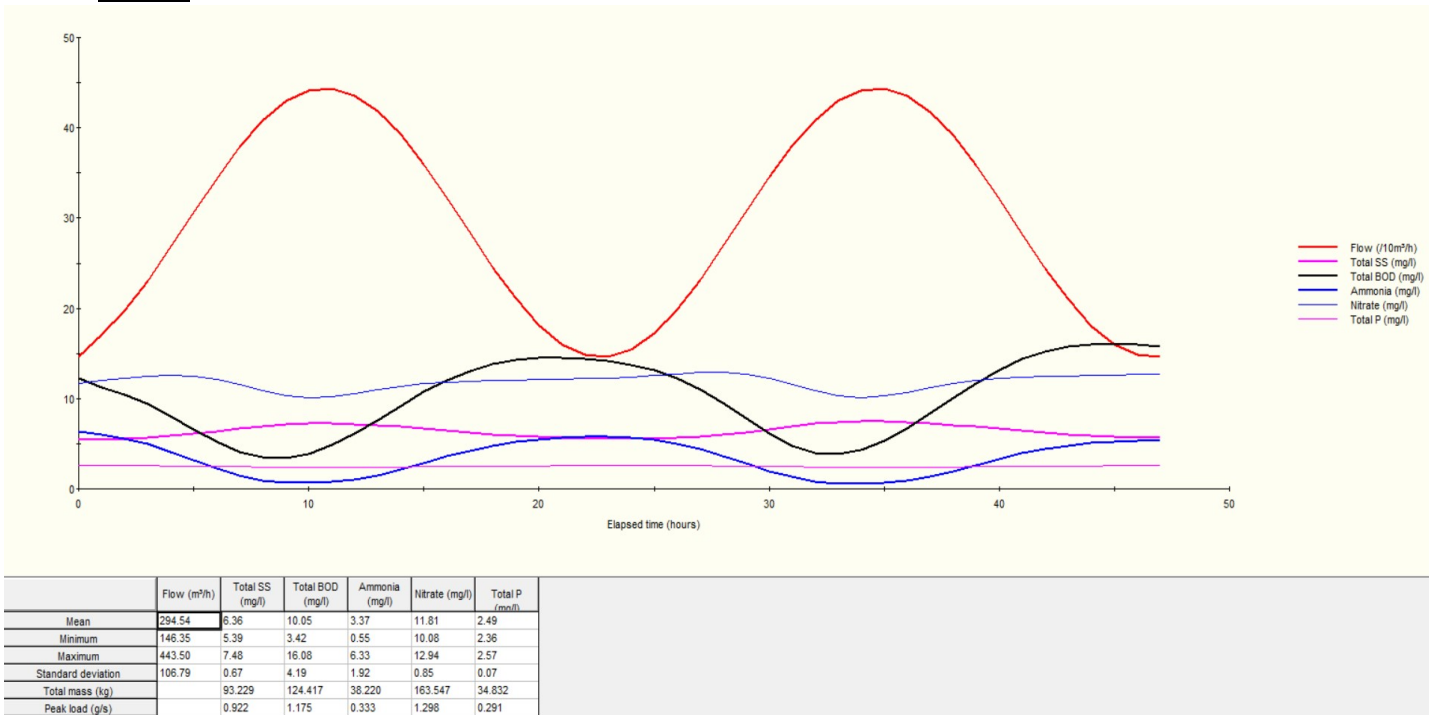


Figura 68. Risultato finale effluente grafico 05/05

Portata media = 294,54 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 6,36 mg/l  
 BOD = 10,05 mg/l  
 Ammonia = 3,37 mg/l  
 Nitrati = 11,81 mg/l  
 Fosforo P = 2,49 mg/l

● 19/05

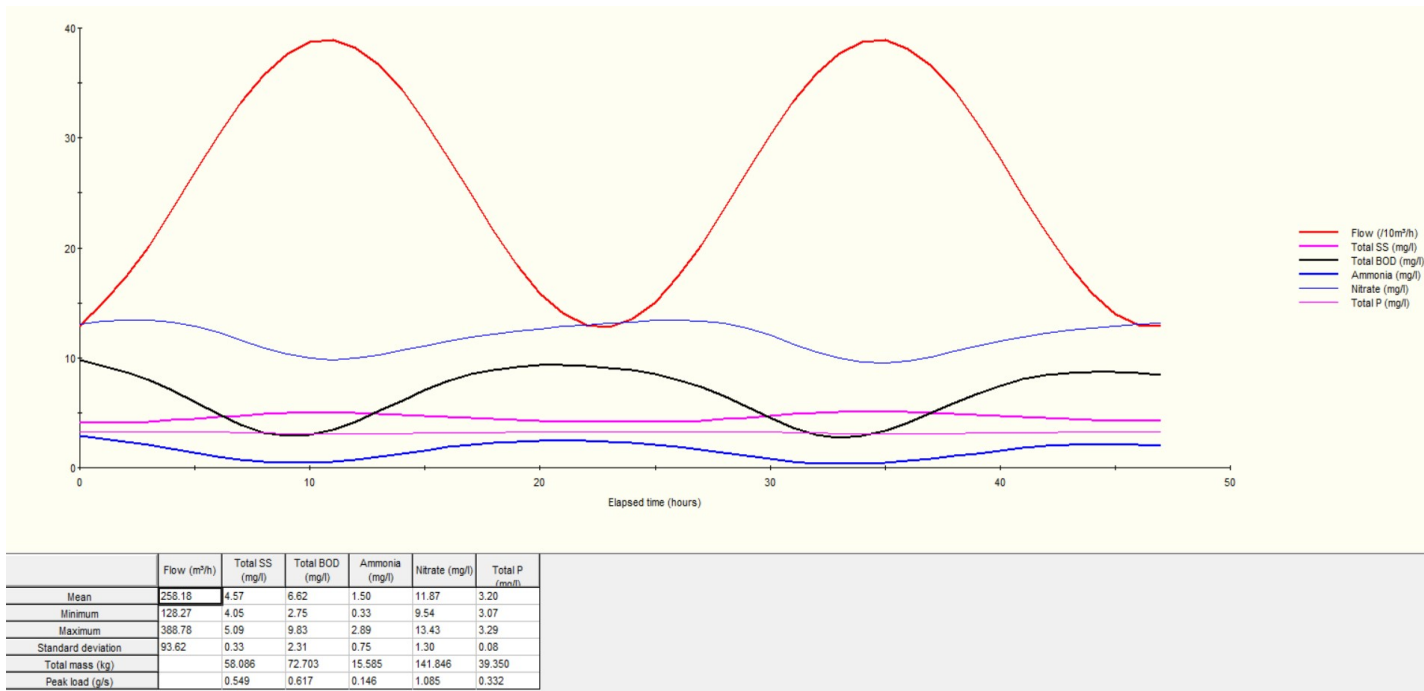


Figura 69. Risultato finale effluente grafico 19/05

Portata media = 258,18 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 4,57 mg/l  
 BOD = 6,62 mg/l  
 Ammonia = 1,50 mg/l  
 Nitrati = 11,87 mg/l  
 Fosforo P = 3,20 mg/l

● 07/07

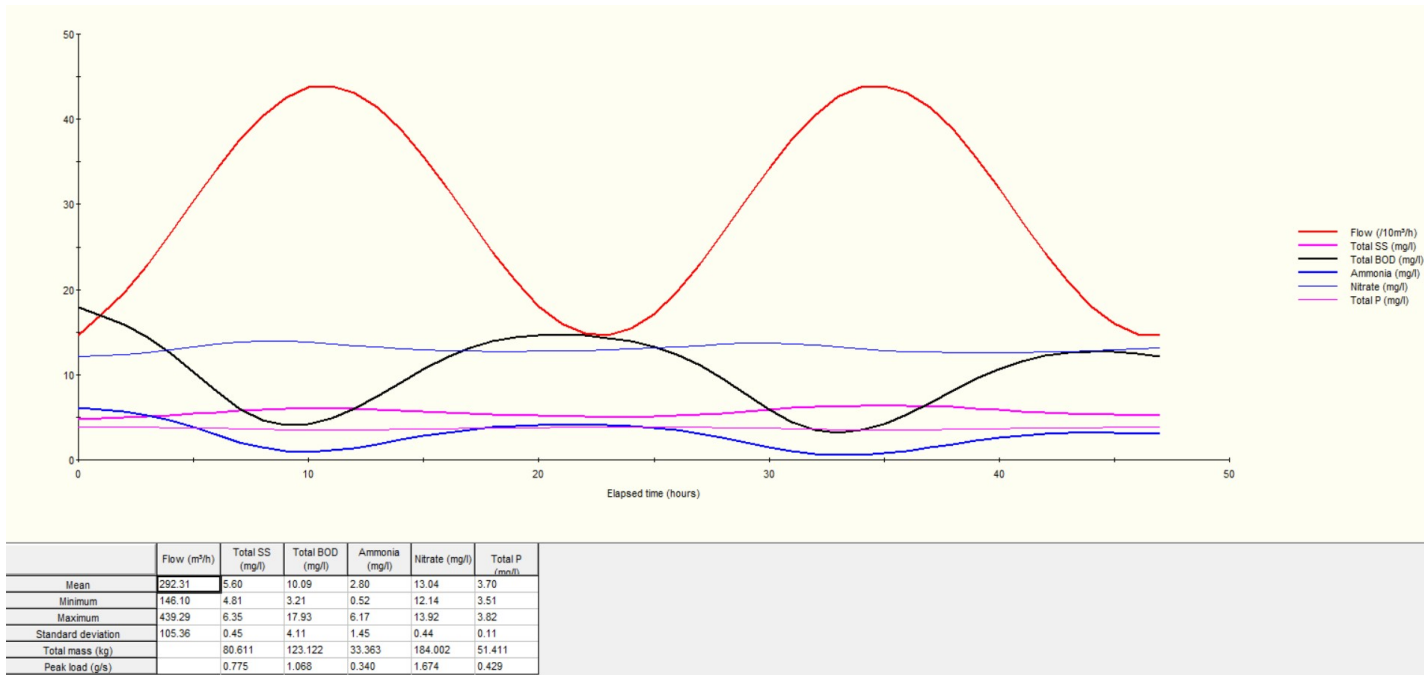


Figura 70. Risultato finale effluente grafico 07/07

Portata media = 292,31 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 5,60 mg/l  
 BOD = 10,09 mg/l  
 Ammonia = 2,80 mg/l  
 Nitrati = 13,04 mg/l  
 Fosforo P = 3,70 mg/l

**IMPIANTO CON REFLUO DILUITO:**

● 29/09

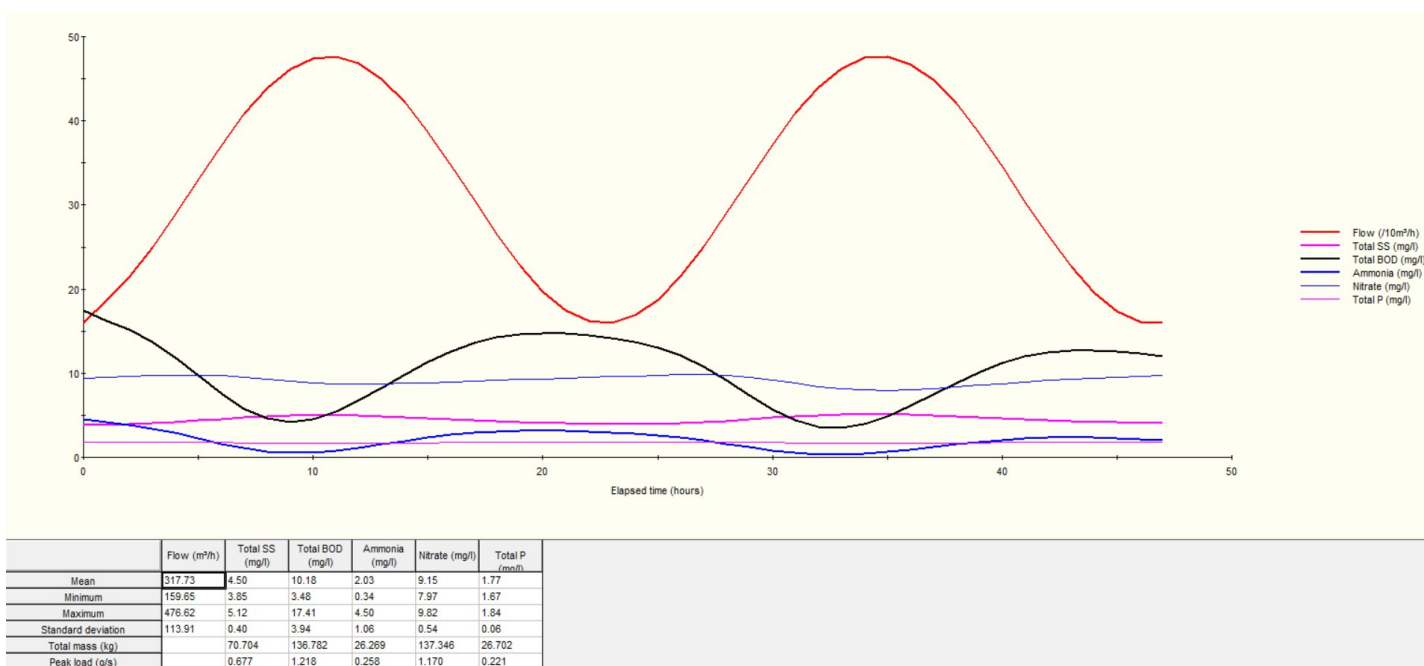


Figura 71. Risultato finale effluente grafico 29/09

Portata media = 317,73 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 4,50 mg/l  
 BOD = 10,18 mg/l  
 Ammonia = 2,03 mg/l  
 Nitrati = 9,15 mg/l  
 Fosforo P = 1,77 mg/l

● 27/10

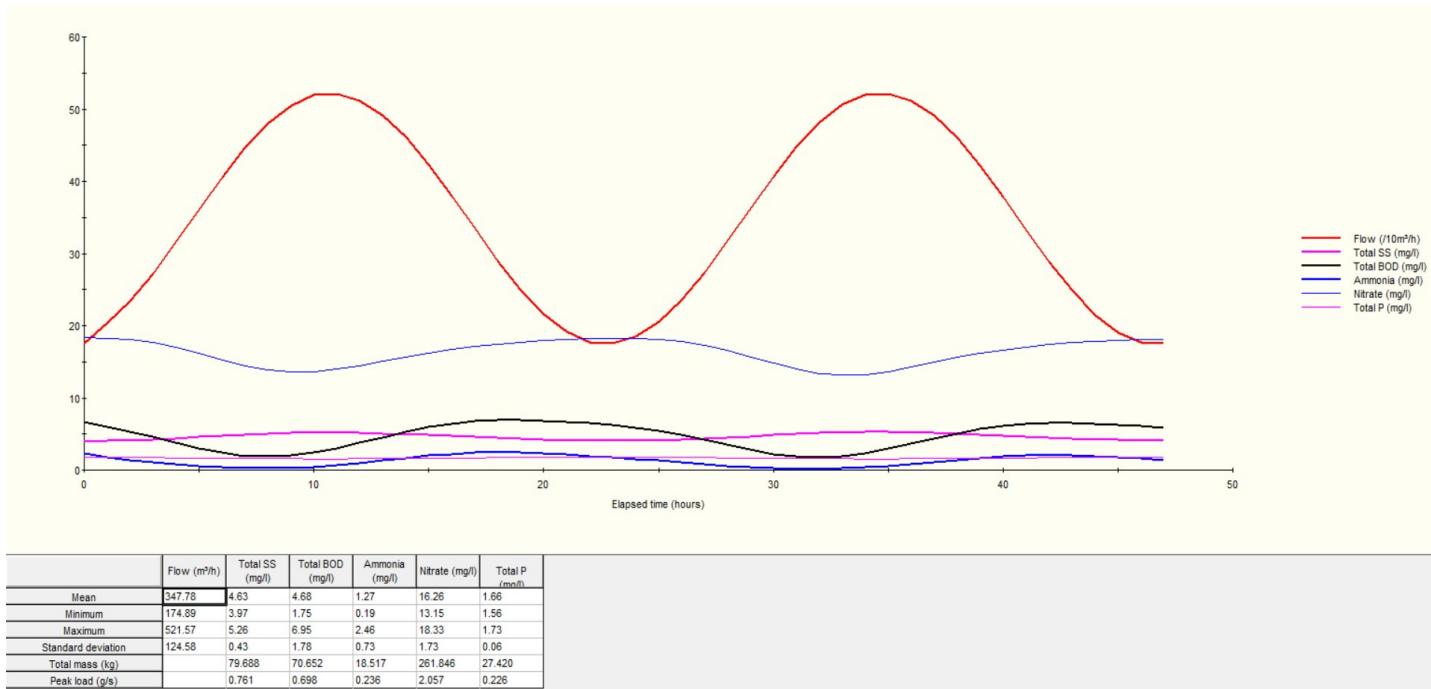


Figura 72. Risultato finale effluente grafico 27/10

Portata media = 347,78 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 4,63 mg/l  
 BOD = 4,68 mg/l  
 Ammonia = 1,27 mg/l  
 Nitrati = 16,26 mg/l  
 Fosforo P = 1,66 mg/l

● 10/12

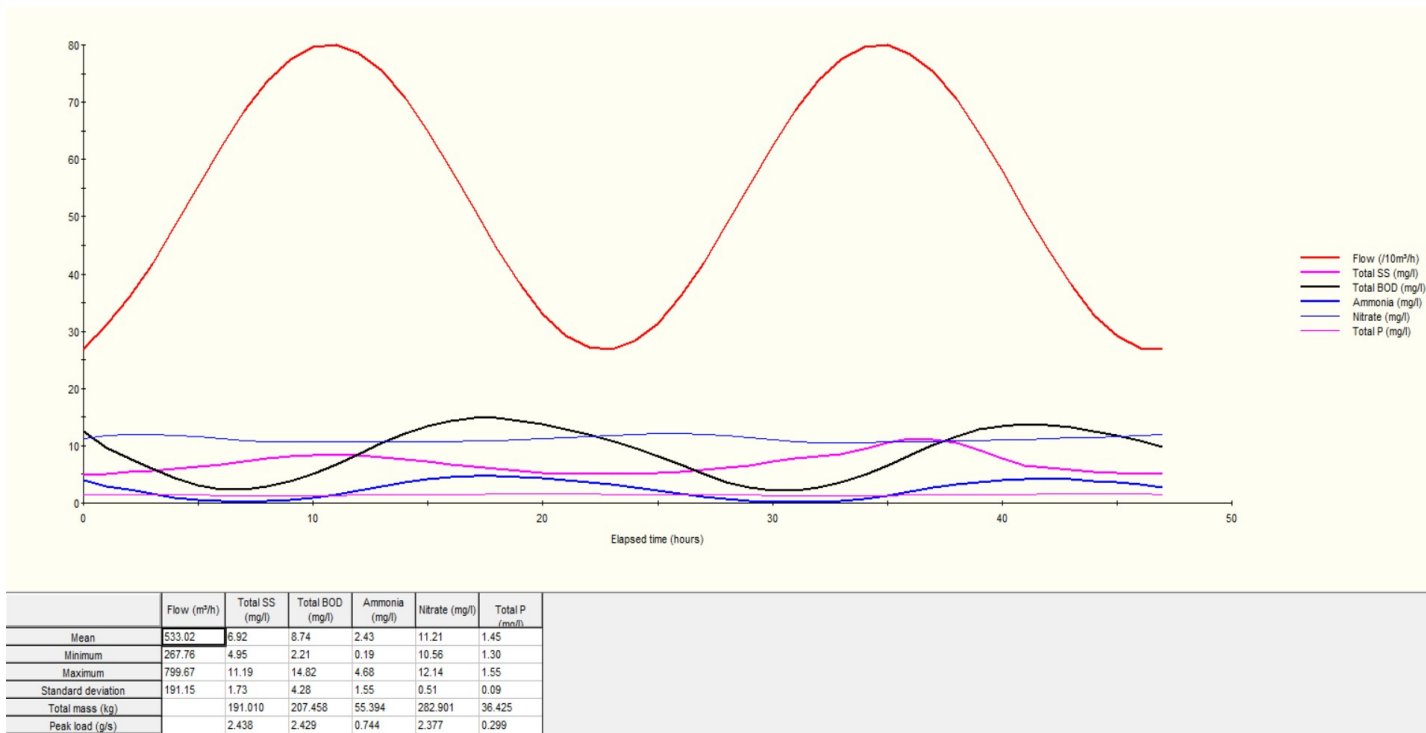


Figura 73. Risultato finale effluente grafico 10/12

Portata media = 533,02 m<sup>3</sup>/h

SS = 6,92 mg/l

BOD = 8,74 mg/l

Ammonia = 2,43 mg/l

Nitrati = 11,21 mg/l

Fosforo P = 1,45 mg/l

● 29/12

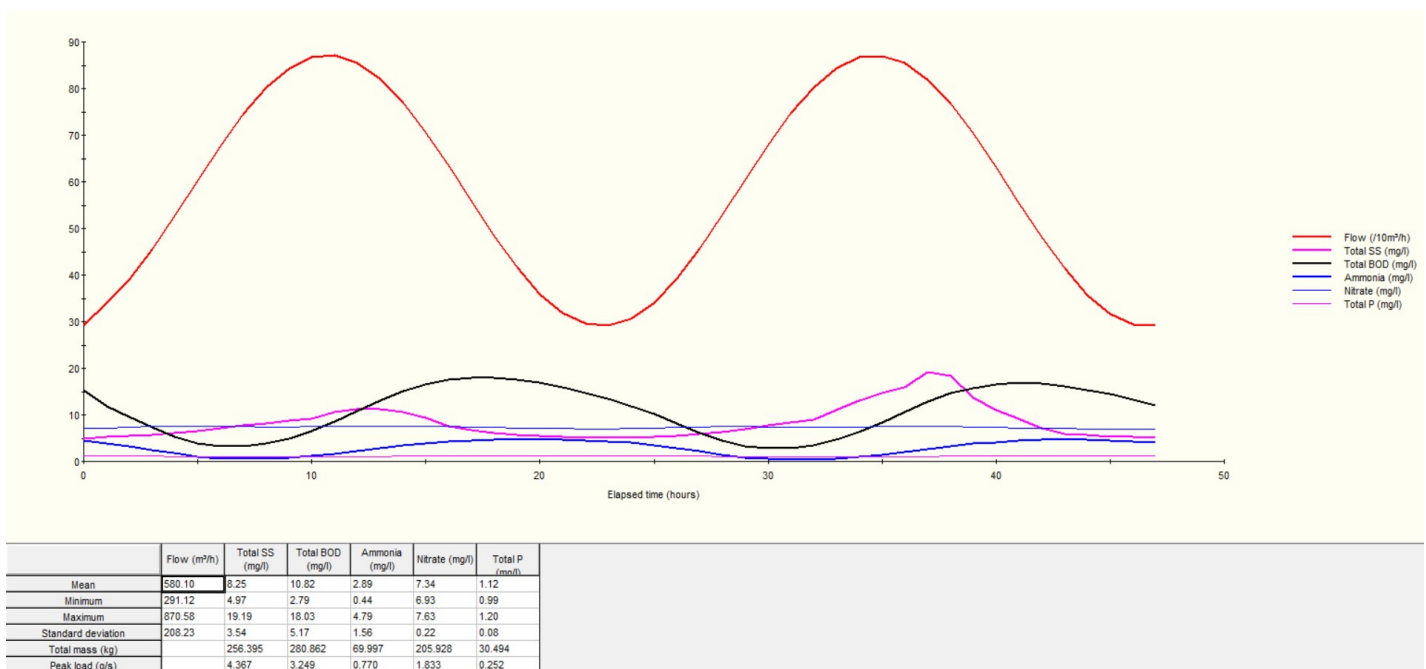


Figura 74. Risultato finale effluente grafico 29/12

Portata media = 580,10 m<sup>3</sup>/h  
 SS = 8,25 mg/l  
 BOD = 10,82 mg/l  
 Ammonia = 2,89 mg/l  
 Nitrati = 7,34 mg/l  
 Fosforo P = 1,12 mg/l

Per completare il raffronto dei dati si sono inseriti i dati in uscita dell'azienda sia dell'impianto con refluo ordinario che dell'impianto con refluo diluito in tutte le giornate.  
 In arancione ci sono elencate le cinque giornate dell'impianto con refluo ordinario, in celeste ci sono elencate le quattro giornate dell'impianto con refluo diluito:

### IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO:

PUNTO DI PRELIEVO: USCITA IMPIANTO											
DATA	campione prelevato da	analisi eseguita da lab.	N. RAPPORTO	BOD5	COD	TSS	Ntot	Ptot	Namm.le	N nitrico	N nitroso
			29	6.96	21.02	4.27	14.23	2.99	1.74	11.50	0.09
24/03/2020	ASET	ASET	2000195-003	7	20	1	17	3.9	3	11	0.13
07/04/2020	ASET	ASET	2000214-002	15	20	2	18	3.4	3.23	10	0.11
15/04/2020	ASET	ASET	2000226-003	9	23	2	13	4.9	4.5	10	0.12
21/04/2020	ASET	ASET	2000236-002	17	61	21	14	3.3	5.9	7	0.19
28/04/2020	ASET	ASET	2000250-003	7	19	1	19	4.8	0.4	11	0.11
05/05/2020	ASET	ASET	2000265-002	7	22	3	19	3.8	0.82	12	0.07
12/05/2020	ASET	ASET	2000279-003	7	16	4	19	4.9	<0,4	13	0.08
19/05/2020	ASET	ASET	2000297-002	8	16	2	15	4.3	0.4	13	0.05
26/05/2020	ARPAM	ARPAM	378/SC/20_A	7	18	2	15	3.02	0.5	13.4	0.02
09/06/2020	ASET	ASET	2000340-003	7	19	8	10	2.7	0.4	7	0.07
30/06/2020	ASET	ASET	2000394-003	8	15	1	13	4.5	0.4	13	0.05
07/07/2020	ASET	ASET	2000408-003	7	17	1	11	4.6	0.4	11.3	0.05

Figura 75. Tabella effluente dati azienda impianto ordinario

### IMPIANTO CON REFLUO DILUITO:

PUNTO DI PRELIEVO: USCITA IMPIANTO											
DATA	campione prelevato da	analisi eseguita da lab.	N. RAPPORTO	BOD5	COD	TSS	Ntot	Ptot	Namm.le	N nitrico	N nitroso
			29	6.96	21.02	4.27	14.23	2.99	1.74	11.50	0.09
29/09/2020	ASET	ASET	2000593-003	5	15	1	8	2.2	0.4	7.6	0.05
06/10/2020	ASET	ASET	2000607-003	5	16	1	12	4	0.4	14	0.05
13/10/2020	ARPAM	ARPAM	1044/SC/20_A	5	23	2	12.6	2.35			
20/10/2020	ASET	ARPAM	1099/SC/20_A	5	15	2	11.9	0.82			
27/10/2020	ASET	ASET	2000644-003	5	15	1	17	2.5	0.4	15.5	0.05
10/11/2020	ASET	ASET	2000690-003	5	15	5	15	4.4	0.4	12.9	0.05
17/11/2020	ASET	ARPAM	1295/SC/20_A	5	23	11	7.5	3.48			
19/11/2020	ARPAM	ARPAM	1334/SC/20_A	6	16	3	12.9	4.03	0.5	14	0.02
24/11/2020	ASET	ASET	2000756-003	5	15	4	19	4	0.4	17.4	0.05
01/12/2020	ASET	ARPAM	1387/SC/20_A	5	17	5	13.6	1.02			
10/12/2020	ASET	ASET	2000829-003	23	83	6	12	3.4	0.4	13	0.05
17/12/2020	ASET	ARPAM	1472/SC/20_A	5	15	6	15.7	3.34			
29/12/2020	ASET	ASET	2000885-003	5	16	12	10	1.3	1.08	9.2	0.05

Figura 76. Tabella effluente dati azienda impianto diluito

Per apprezzare al meglio il raffronto dei risultati si sono inseriti dei grafici per monitorare lo scarto tra i risultati della realtà e quelli della simulazione:

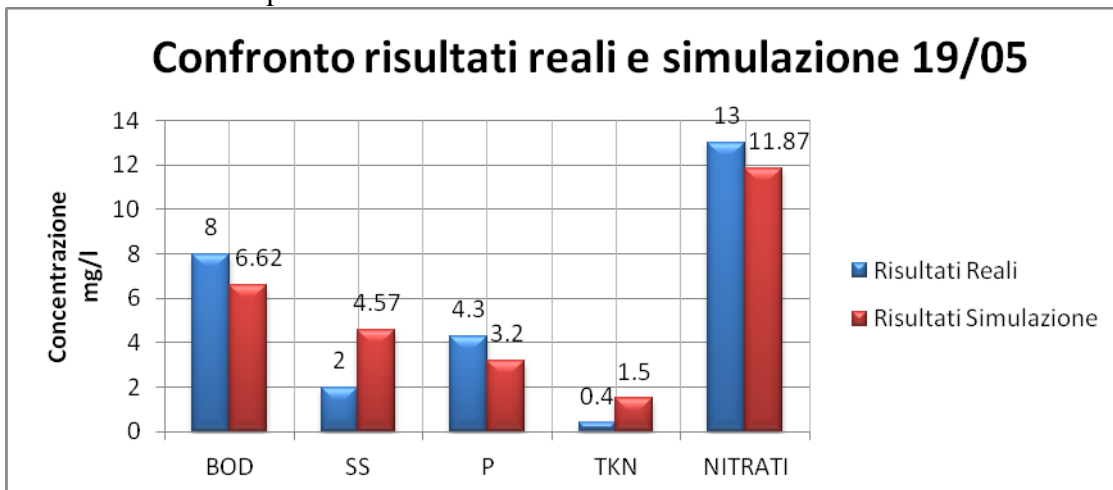


Figura 77. Confronto risultati reali e simulazione 19/05

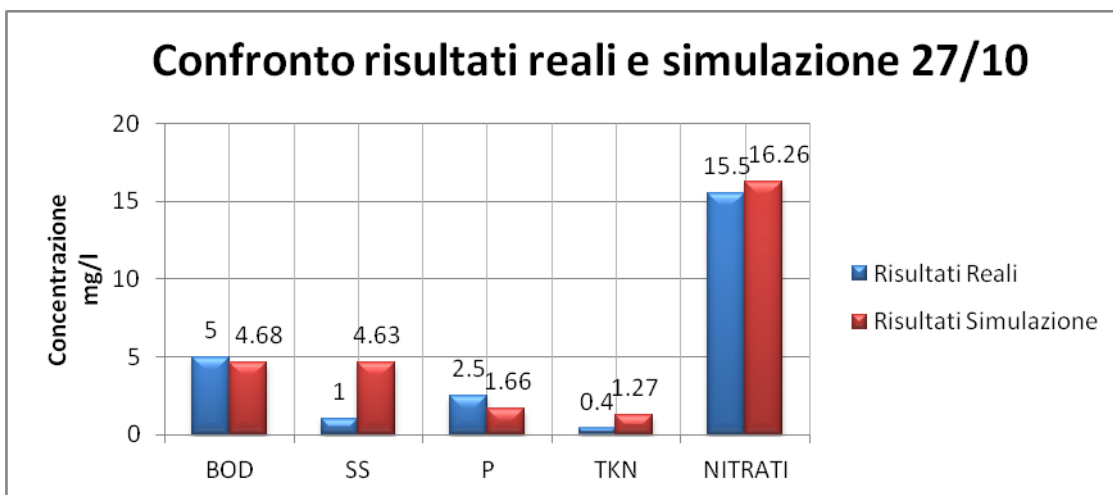


Figura 79. Confronto risultati reali e simulazione 27/10

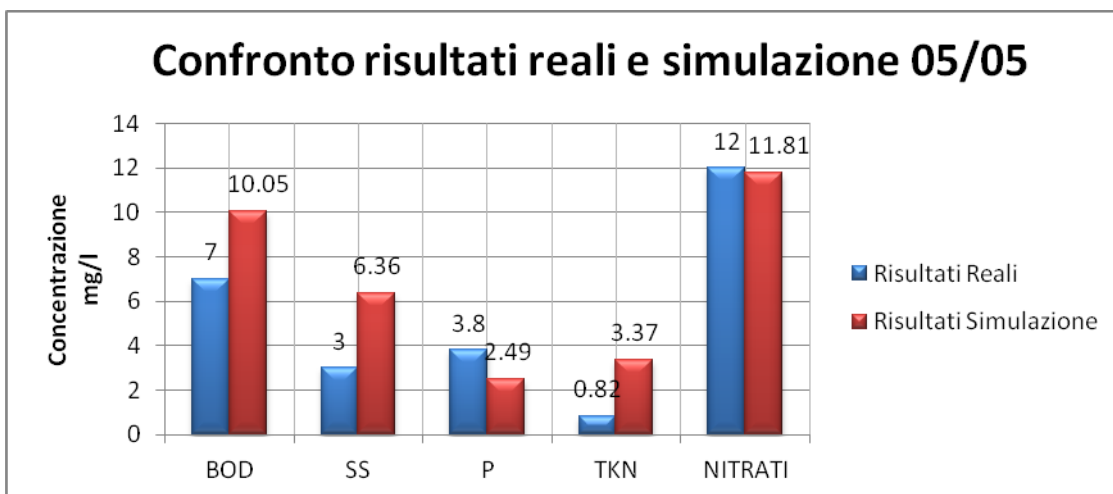


Figura 81. Confronto risultati reali e simulazione 05/05

L'impianto presenta difficoltà nella simulazione soprattutto per quanto riguarda i Solidi Sospesi SS ed il TKN.

## 6.2 Rendimenti

Una volta trovati gli output delle simulazioni, si sono calcolati i rendimenti d'impianto per valutarne l'efficienza di abbattimento degli inquinanti, in modo tale da verificare se siano coerenti con i requisiti di legge.

I rendimenti si sono calcolati sia per l'impianto in condizioni ordinarie (normali) che in condizioni diluite (crisi).

Le formule per i rendimenti sono le seguenti:

- $\eta_{\text{BOD}} = \text{BODin} - \text{BODout} / \text{BODin}$
- $\eta_{\text{SS}} = \text{SSin} - \text{SSout} / \text{SSin}$
- $\eta_{\text{NITRIFICAZIONE}} = \text{Ntot} - \text{TKN} - 5\%(\text{BODin} - \text{BODout}) / \text{Ntot}$
- $\eta_{\text{P}} = \text{Pin} - \text{Pout} / \text{Pin}$
- $\eta_{\text{DENITRIFICAZIONE}} = \text{Ntot} - \text{TKN} - 5\%(\text{BODin} - \text{BODout}) - \text{NITRATI} / \text{Ntot}$

### IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO:

RENDIM %	IMPIANTO NORMALE				
	24-mar	28-apr	05-mag	19-mag	07-lug
BOD	94	92	92	94	92
SS	98	97	97	94	97
NITRIF.	77	76	79	81	80
P	47	45	54	45	45
DENITR.	52	48	54	53	47

Figura 82. Rendimenti impianto normale

### IMPIANTO CON REFLUO DILUITO:

RENDIM %	IMPIANTO CRISI			
	29-dic	10-dic	29-set	27-ott
BOD	85	88	89	91
SS	92	93	91	90
NITRIF.	63	73	69	83
P	68	44	45	45
DENITR.	18	17	25	16

Figura 83. Rendimenti impianto crisi

Come si evince dalle tabelle, tutti i rendimenti rispettano le percentuali di abbattimento degli inquinanti imposte dalle normative:

-Nell'impianto con refluo ordinario i rendimenti del BOD ed SS superano il 90%, i rendimenti di Nitrificazione sono compresi tra il 75 e l'80%, quelli di Denitrificazione tra il 47 e 54% ed infine il rendimento del fosforo P è compreso tra il 45 e 55%;



-Nell'impianto con refluo diluito i rendimenti del BOD sono leggermente più bassi rispetto a prima e sono compresi tra l'85 e 90%, i rendimenti dei SS sono sempre rimasti superiori al 90%, i rendimenti di Nitrificazione sono anche in questo caso più bassi compresi tra il 63 ed il 73%, con un unico caso in cui arriva fino all'83%, quelli di Denitrificazione invece sono ampiamente più bassi rispetto a prima essendo compresi tra il 16 ed il 25%, il rendimento sul fosforo è rimasto inalterato.

La differenza sostanziale tra le due tipologie di impianto riguarda la Nitrificazione/Denitrificazione: infatti nella situazione più diluita (impianto con refluo diluito) i rendimenti sono più bassi rispetto alla situazione meno diluita (impianto con refluo ordinario).

Questo fenomeno di riduzione del rendimento è dovuto al fatto che c'è una minore concentrazione di BOD, ovvero una minor presenza di carbonio organico disponibile per i processi di denitrificazione.

Per i processi di nitrificazione la riduzione del rendimento invece è dovuta al fatto che essendo una situazione più diluita e quindi con concentrazione di Ammonia/TKN più basse, le velocità di nitrificazione risultano anch'esse più basse.

È molto più visibile per quanto riguarda la denitrificazione perché è un fenomeno che consiste nella conversione dei nitriti e nitrati in azoto gassoso condotta per via biologica ad opera di popolazioni batteriche eterotrofe che utilizzano carbonio organico per la sintesi, quindi la carenza di carbonio organico incide in maniera importante per la denitrificazione.

### 6.3 Ossigeno e biomasse attive

Di seguito sono riportati alcuni esempi di trend dell'ossigeno della situazione reale con i dati forniti dall'azienda.

Per quanto riguarda l'impianto con refluo ordinario, nell'arco delle 24 ore, in ascissa ci sono le ore "h" ed in ordinata la concentrazione di ossigeno D.O. "mg/l":

#### IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO:

- 24 Marzo 2020:

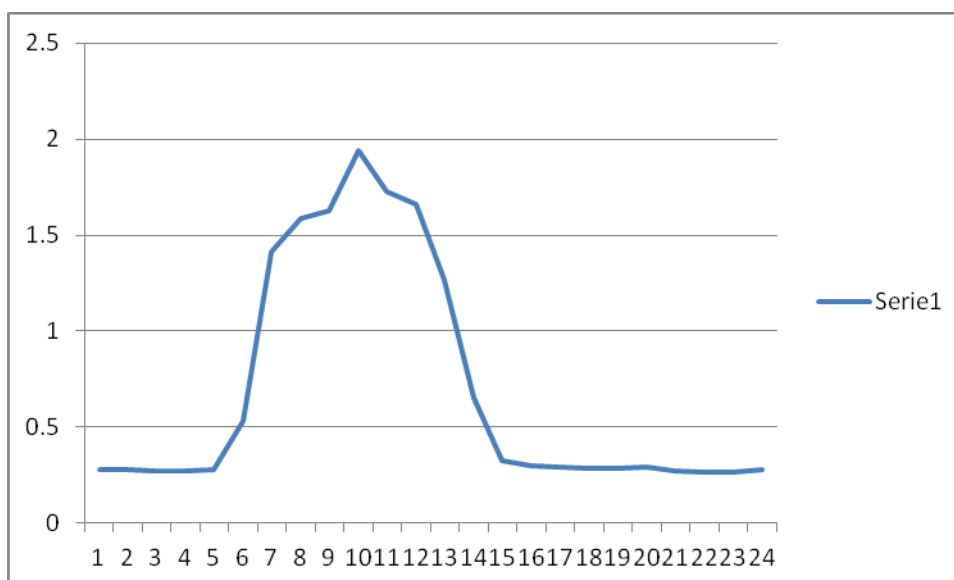


Figura 84. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto ordinario 24/03

- 28 Aprile 2020:

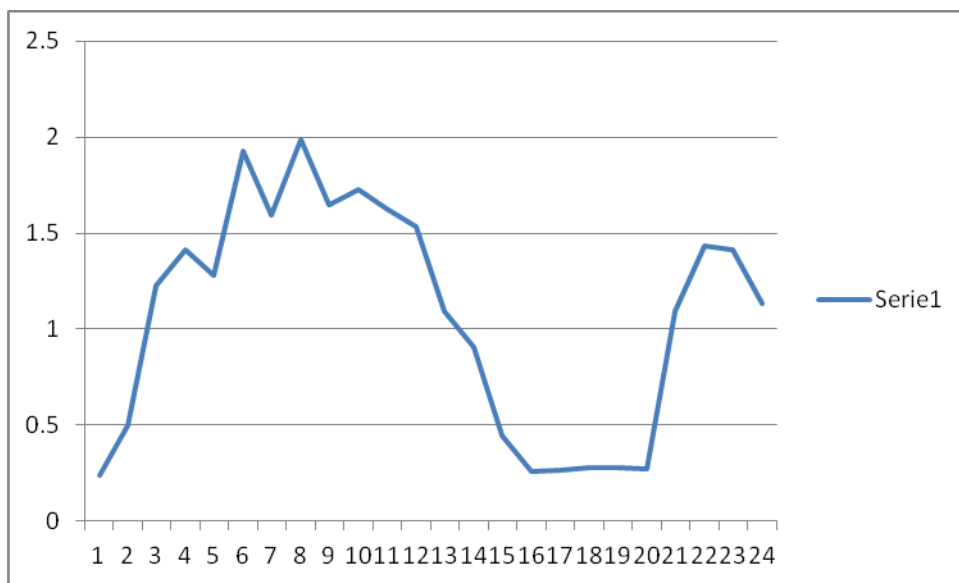


Figura 85. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto ordinario 28/04

- 19 Maggio 2020:

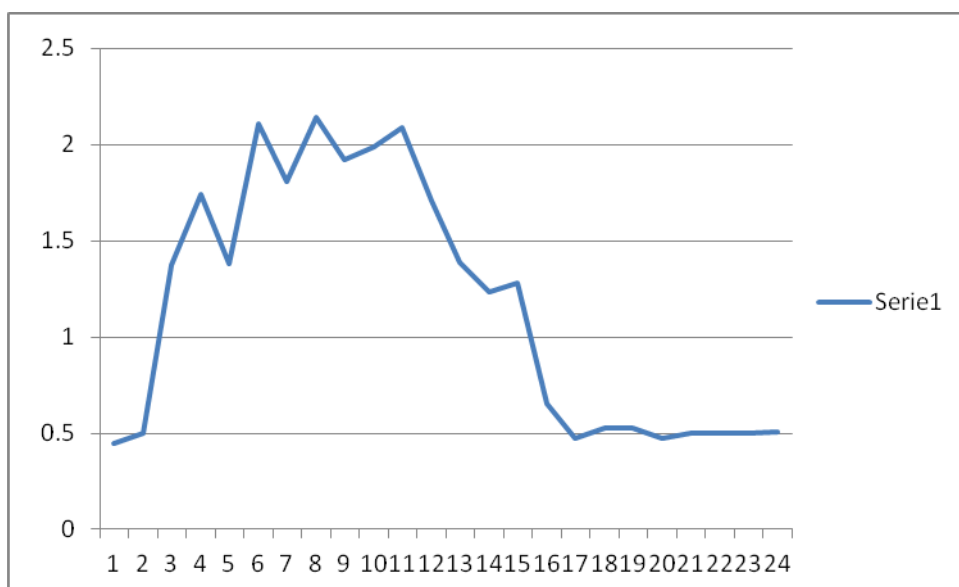


Figura 86. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto ordinario 19/05

Alcuni esempi di trend dell'ossigeno nella situazione reale questa volta dell'impianto con refluo diluito, nell'arco delle 24 ore, in ascissa ci sono le ore "h" ed in ordinata la concentrazione di ossigeno D.O. "mg/l":

### IMPIANTO DILUITO:

- 29 Settembre 2020:

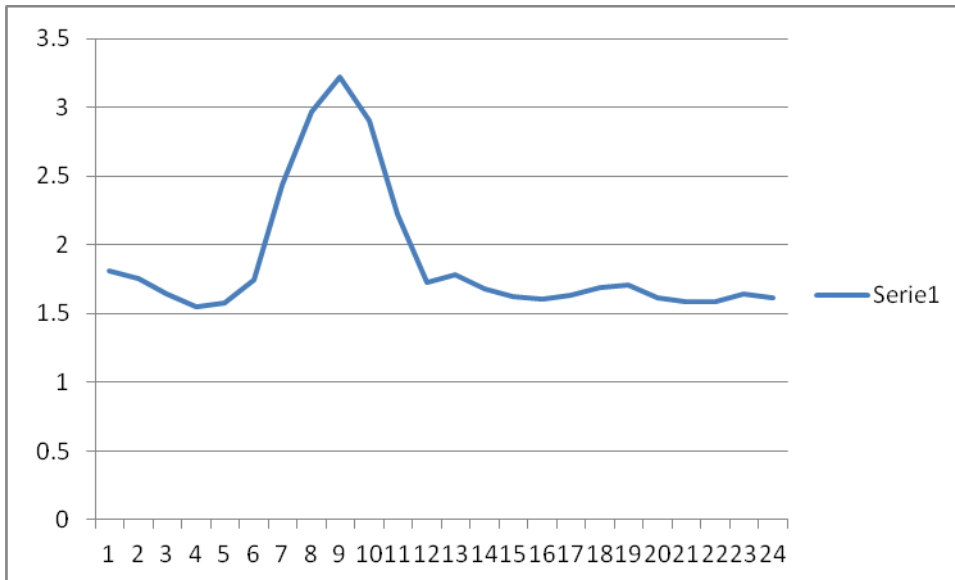


Figura 87. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto diluito 29/09

- 10 Dicembre 2020:

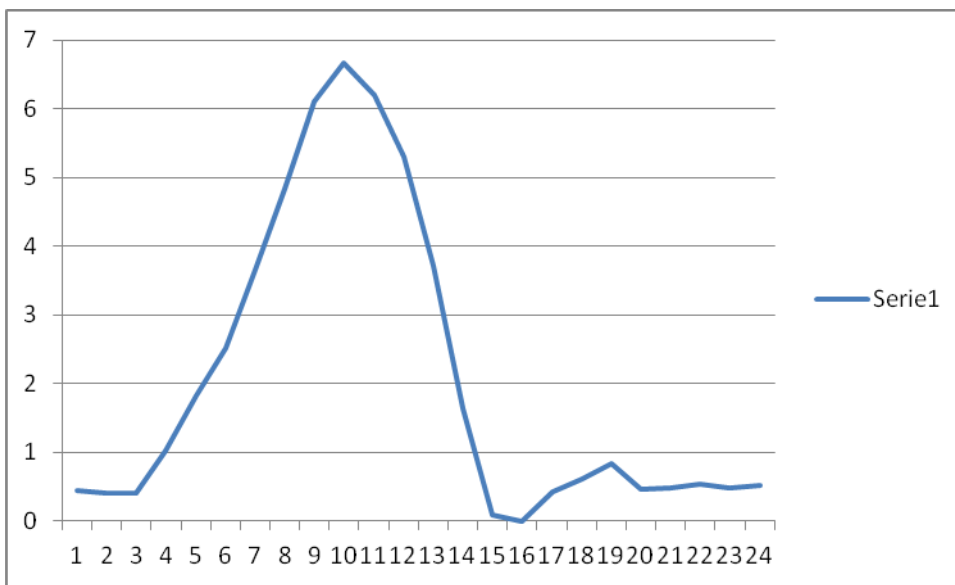


Figura 88. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto diluito 10/12

- 29 Dicembre 2020:

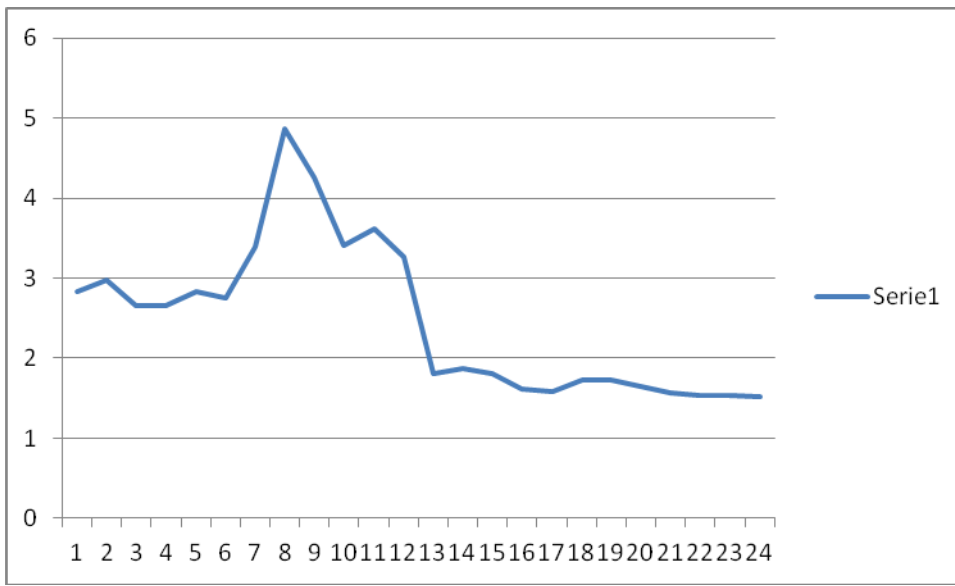


Figura 89. Trend ossigeno situazione reale azienda impianto diluito 29/12

Come si può notare dai grafici, il trend dell'ossigeno nella situazione reale con i dati forniti dall'azienda ha un andamento che raggiunge il picco intorno a metà/fine mattinata in tutti e due le situazioni più diluita ed ordinaria.

I picchi più alti sono nella situazione più diluita rispetto a quella ordinaria, questo perché l'ossigeno richiesto da parte della biomassa attiva per abbattere il BOD è inferiore grazie alla minor presenza di BOD in vasca, dovuto ad una diluizione maggiore delle acque reflue presenti, allora in virtù di una minor richiesta i valori di ossigeno disciolto raggiungono valori più alti in vasca.

Per quanto riguarda l'ossigeno disciolto in vasca D.O. e le biomasse attive MLSS, si sono effettuate varie simulazioni per cercare di rappresentare al meglio il trend reale del valore di ossigeno disciolto e della biomassa visto in precedenza. Il tutto è stato svolto per la condizione ordinaria (normale) e la condizione diluita (crisi).

Il valore all'interno del modello che regola il valore dell'ossigeno disciolto D.O e della biomassa MLSS è il  $KLa$ , ovvero il coefficiente di trasferimento dell'ossigeno.

- Per quanto riguarda la prima simulazione (in nero) si sono usati i valori di  $KLa_{max} = 10 \text{ h}^{-1}$  e  $KLa_{min} = 2 \text{ h}^{-1}$ ;
- Per quanto riguarda la seconda simulazione (in rosso) si sono usati i valori di  $KLa_{max} = 4 \text{ h}^{-1}$  e  $KLa_{min} = 2 \text{ h}^{-1}$ ;
- Per quanto riguarda la terza simulazione (in blu) si sono usati i valori di  $KLa_{max} = 3 \text{ h}^{-1}$  e  $KLa_{min} = 1 \text{ h}^{-1}$ ;

Per l'impianto con refluo ordinario (normale) e per l'impianto con refluo diluito (crisi) si possono osservare le seguenti tabelle che raffrontano i risultati di D.O. ed MLSS della simulazione: a sinistra ci sono i "Dati simulazione", mentre a destra ci sono i risultati reali forniti dall'azienda "Dati Reali"(presi in una delle 6 sonde disponibili).

IMPIANTO NORMALE				WORK 74 "NORMALE 7" 19/05/2020							
<b>WORK 65 "NORMALE 3" 24/03/2020</b>				<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>			
<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>							
MLSS	4381	mg/l		MLVSS	6002	mg/l		MLVSS	5127	mg/l	
MLSS	5422			SVI	109	cm3/g		SVI	113	cm3/g	
MLSS	5805			D.O	0,7	mg/l	sonda 4	D.O	1,07	mg/l	sonda 5
D.O	3,4	mg/l									
D.O	2,00										
D.O	0,8										
<b>WORK 66 "NORMALE 4" 28/04/2020</b>				<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>			
<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>							
MLSS	4878,4	mg/l		MLVSS	5582	mg/l		MLVSS	4449	mg/l	
MLSS	5266			SVI	111	cm3/g		SVI	117	cm3/g	
MLSS	5264			D.O	1,66	mg/l	sonda 5	D.O	1,47	mg/l	sonda 4
D.O	3,6	mg/l									
D.O	2,1										
D.O	1,6										
<b>WORK 73 "NORMALE 6" 05/05/2020</b>				<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>			
<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>							
MLSS	4273	mg/l		MLVSS	5017	mg/l					
MLSS	4881			SVI	116	cm3/g					
MLSS	5134,8			D.O	0,74	mg/l	sonda 5				
D.O	3,5	mg/l									
D.O	2,2										
D.O	0,8										

Figura 90. Tabella raffronto Dati simulazione e Dati reali azienda impianto con refluo ordinario

Dalle tabelle si può notare come al diminuire del KLa (dalla situazione in nero alla situazione blu) si abbia una diminuzione dell'ossigeno disciolto ed un leggero aumento della biomassa attiva MLSS, questo perché diminuendo KLa max/min ho un trasferimento di ossigeno inferiore e quindi ho meno ossigeno disciolto disponibile in vasca.

Per quanto riguarda i risultati, in queste tabelle, i valori di D.O. ed MLSS sono migliori nella terza simulazione in blu poiché i "Dati simulazione" risultano confrontabili con i "Dati reali", sintomo di KLa min e max utilizzati più aderente alla realtà.

IMPIANTO CRISI				WORK 78 "CRISI 8" 29/09/2020							
<b>WORK 69 "CRISI 4" 29/12/2020</b>				<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>			
<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>							
MLSS	4182	mg/l		MLVSS	4357	mg/l		MLVSS	4587	mg/l	
MLSS	4163			SVI	112	cm3/g		SVI	118	cm3/g	
MLSS	4119,5			D.O	2,4	mg/l	sonda 1	D.O	1	mg/l	sonda 1
D.O	4,0	mg/l									
D.O	3,2										
D.O	2,3										
<b>WORK 76 "CRISI 6" 10/12/2020</b>				<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>			
<b>Dati simulazione</b>				<b>Dati Reali</b>							
MLSS	4080,7	mg/l		MLVSS	4760	mg/l		MLVSS	4829	mg/l	
MLSS	4032,6			SVI	98	cm3/g		SVI	99	cm3/g	
MLSS	4196			D.O	2,05	mg/l	sonda 5	D.O	1,88	mg/l	sonda 4
D.O	3,7	mg/l									
D.O	2,9										
D.O	2,0										

Figura 91. Tabella raffronto Dati simulazione e Dati reali azienda impianto con refluo diluito

Infine si può analizzare il trend dell'ossigeno disciolto con i valori della terza simulazione in blu, nell'arco delle 24 ore, per vedere se sia simile al trend dell'ossigeno disciolto nella situazione reale. Alcuni esempi di trend dell'ossigeno delle simulazioni del modello dell'impianto con refluo ordinario:

### IMPIANTO CON REFLUO ORDINARIO:

- 23 Marzo 2020:

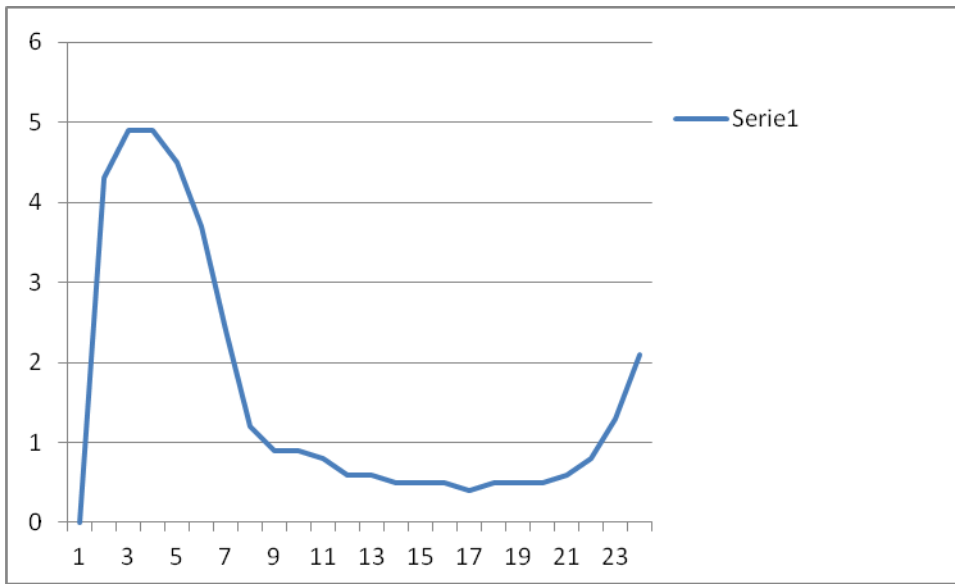


Figura 92. Trend ossigeno simulazione modello impianto ordinario 23/03

- 28 Aprile 2020:

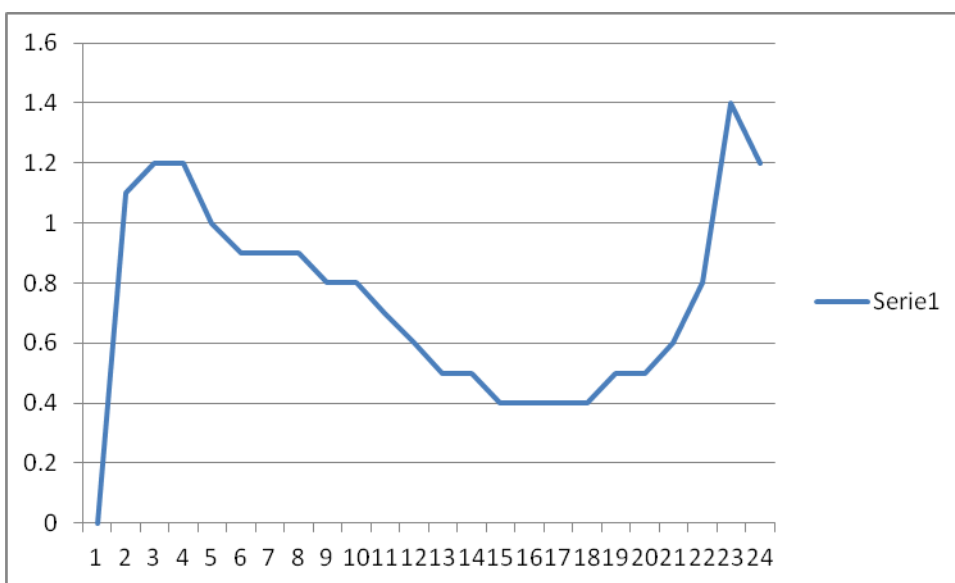


Figura 93. Trend ossigeno simulazione modello impianto ordinario 28/04

- 19 Maggio 2020

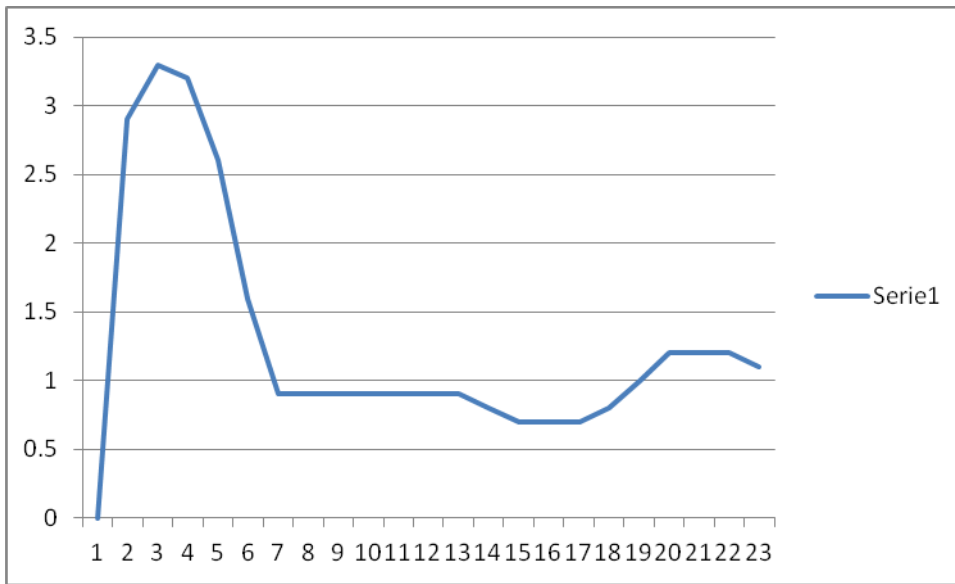


Figura 94. Trend ossigeno simulazione modello impianto ordinario 19/05

Il risultato finale è che con la terza simulazione (quella descritta in blu nelle due tabelle sovrastanti), ovvero con  $KLa_{max} = 3 \text{ h}^{-1}$  e  $KLa_{min} = 1 \text{ h}^{-1}$  l'ossigeno disciolto D.O e la biomassa MLSS sono simili alla situazione reale.

Questo è ulteriormente dimostrato dal fatto che, con questi valori di  $KLa$ , i grafici di trend dell'ossigeno delle simulazioni rappresentano bene la realtà, infatti confrontandoli con i grafici di trend reale dell'ossigeno ad inizio capitolo risultano molto simili.

## 7. CONFRONTO KLa

### 7.1 Confronto tra KLa medio del modello

KL è un coefficiente di trasferimento di massa del solo film liquido [ $m^2 \cdot h^{-1}$ ] ed a è l'area interfacciale per unità di volume di liquido [ $m^2 \cdot m^{-3}$ ]

Il KLa invece è un coefficiente volumetrico di trasferimento dell'ossigeno ed è un valore caratteristico per ogni sistema di aerazione.

Rappresenta la misura della capacità di aerazione di un aeratore, che è tanto maggiore quanto è maggiore KLa.

È una proprietà dell'aeratore e dipende da vari parametri:

- Temperatura
- Flusso d'aria in entrata
- Agitazione
- Rapporto tra altezza e larghezza dell'aeratore
- Proprietà reologiche del brodo

La formula per trovare il KLa è data da:

$$KLa = P * E_{O_2} / (C_{sat} - C)$$

Dove:

- $C_{sat}$  = Concentrazione di ossigeno a saturazione (mg/l)
- C = Concentrazione di ossigeno in vasca (mg/l)
- P = Input energetico richiesto dall'aeratore o potenza dell'aeratore ( $KW/m^3$ )
- $E_{O_2}$  = Efficienza dell'aeratore con reti di diffusore a bolle fini ( $K_{gO_2}/KWh$ )
- KLa = Coefficiente di trasferimento dell'ossigeno ( $h^{-1}$ )

Si possono osservare i diversi valori di KLa in rosso nella tabella tra l'impianto con refluo ordinario (normale) e l'impianto con refluo diluito (crisi):

<b>WORK 65 "NORMALE 3" 24/03</b>			<b>WORK 69 "CRISI 4" 29/12</b>		
D.O.	0,8	mg/l	D.O.	2,3	mg/l
<b>KLa</b>	<b>2,3</b>	<b>h-1</b>	<b>KLa</b>	<b>2,0</b>	<b>h-1</b>
OX.DISS	79,8	kg/h	OX.DISS	41,8	kg/h
<b>WORK 66 "NORMALE 4" 28/04</b>			<b>WORK 76 "CRISI 6" 10/12</b>		
D.O.	1,6	mg/l	D.O.	2,0	mg/l
<b>KLa</b>	<b>2,5</b>	<b>h-1</b>	<b>KLa</b>	<b>2,3</b>	<b>h-1</b>
OX.DISS	80,2	kg/h	OX.DISS	52,6	kg/h
<b>WORK 73 "NORMALE 6" 05/05</b>			<b>WORK 78 "CRISI 8" 29/09</b>		
D.O.	0,8	mg/l	D.O.	1,4	mg/l
<b>KLa</b>	<b>2,3</b>	<b>h-1</b>	<b>KLa</b>	<b>1,5</b>	<b>h-1</b>
OX.DISS	78,6	kg/h	OX.DISS	48,3	kg/h
<b>WORK 74 "NORMALE 7" 19/05</b>			<b>WORK 70 "CRISI 5" 27/10</b>		
D.O.	1,3	mg/l	D.O.	1,3	mg/l
<b>KLa</b>	<b>1,9</b>	<b>h-1</b>	<b>KLa</b>	<b>1,9</b>	<b>h-1</b>
OX.DISS	63,9	kg/h	OX.DISS	63,5	kg/h
<b>WORK 75 "NORMALE 8" 07/07</b>					
D.O.	1,3	mg/l			
<b>KLa</b>	<b>1,6</b>	<b>h-1</b>			
OX.DISS	51,1	kg/h			

Figura 95. Tabella di confronto tra KLa impianto con refluo ordinario ed impianto con refluo diluito



Volendo fare un confronto tra i due scenari d'impianto, nell'impianto con refluo diluito avremo valori di  $KLa$  leggermente più bassi rispetto all'impianto con refluo ordinario poiché è presente meno biomassa attiva in vasca a causa di valori di BOD meno elevati.

Le concentrazioni più basse di BOD portano inevitabilmente ad avere meno biomassa attiva e quindi un bisogno minore di apporto d'ossigeno dagli aeratori, quindi un valore più basso di  $KLa$ .

Probabilmente nell'impianto con refluo diluito si ha la presenza di un liquame meno domestico, con la presenza elevata di acque di lavaggio o meteoriche, quindi il contenuto organico del liquame risulta molto più basso, di conseguenza la presenza di biomassa attiva è minore.

## 7.2 Confronto tra $KLa$ medio del modello e $KLa$ sperimentale

Un altro confronto che si può effettuare è quello tra il  $KLa$  medio trovato nel modello attraverso le simulazioni ed il  $KLa$  sperimentale fornito dai dati dell'azienda.

Il  $KLa$  sperimentale si è calcolato mediante un'equazione all'equilibrio che tiene conto di ciò che viene immesso dalle turbine del sistema di aerazione e ciò che viene consumato proporzionalmente alla biomassa presente in vasca:

$$KLa_{\text{sperim}} * (C_{\text{sat}} - C) * V = \text{Coeff. di consumo della biomassa} * X * V$$

che diventa:

$$KLa_{\text{sperim}} = \text{Coeff. di consumo della biomassa} * X / (C_{\text{sat}} - C)$$

dove:

- $KLa_{\text{sperim}}$  = coefficiente di trasferimento dell'ossigeno sperimentale [ $h^{-1}$ ]
- $C_{\text{sat}}$  = concentrazione di ossigeno a saturazione [ $mg/l$ ]
- $C$  = concentrazione di ossigeno disciolto in vasca [ $mg/l$ ]
- $V$  = volume della vasca [ $m^3$ ]
- Coefficiente di consumo della biomassa pari a 0,1 [ $d^{-1}$ ]
- $X$  = quantità di biomassa in vasca [ $kg/m^3$ ]

Per calcolare la concentrazione di ossigeno a saturazione  $C_{\text{sat}}$  si è usata la seguente formula:

$$\ln C * P = 7,7117 - 1,31403 \ln (t + 45,93) + 5,25 \ln (1 - h/44,3)$$

dove  $C$  è la concentrazione di ossigeno disciolto ( $mg O_2 dm^{-3}$ ),  $P$  è la pressione atmosferica (atm),  $t$  è la temperatura ( $^{\circ}C$ ) dell'acqua alla profondità del prelievo dell'ossigeno disciolto e  $h$  è la quota espressa in km.

che diventa:

$$C_{\text{sat}} = e^{2,371} = 10,71 \text{ mg/l "Concentrazione di ossigeno a saturazione"}$$

Dalla tabella si può osservare in rosso il KLa sperimentale a confronto con il KLa del modello in nero nei due scenari di impianto con refluo ordinario ed impianto con refluo diluito, i risultati sono molto simili e quindi confrontabili tra di loro, questa cosa ci porta a dedurre che è stata effettuata una corretta rappresentazione della realtà mediante le simulazioni del modello:

<b>WORK 65 "NORMALE 3" 24/03</b>						<b>WORK 69 "CRISI 4" 29/12</b>		
KLA mod	2,3	h-1				KLA mod	2,0	h-1
<b>KLA sperim</b>	<b>2,5</b>	<b>h-1</b>				<b>KLA sperim</b>	<b>2,2</b>	<b>h-1</b>
<b>WORK 66 "NORMALE 4" 28/04</b>						<b>WORK 76 "CRISI 6" 10/12</b>		
KLA mod	2,5	h-1				KLA mod	2,3	h-1
<b>KLA sperim</b>	<b>2,6</b>	<b>h-1</b>				<b>KLA sperim</b>	<b>2,3</b>	<b>h-1</b>
<b>WORK 73 "NORMALE 6" 05/05</b>						<b>WORK 78 "CRISI 8" 29/09</b>		
KLA mod	2,3	h-1				KLA mod	1,5	h-1
<b>KLA sperim</b>	<b>2,0</b>	<b>h-1</b>				<b>KLA sperim</b>	<b>2,1</b>	<b>h-1</b>
<b>WORK 74 "NORMALE 7" 19/05</b>						<b>WORK 70 "CRISI 5" 27/10</b>		
KLA mod	1,9	h-1				KLA mod	1,9	h-1
<b>KLA sperim</b>	<b>2,2</b>	<b>h-1</b>				<b>KLA sperim</b>	<b>2,3</b>	<b>h-1</b>
<b>WORK 75 "NORMALE 8" 07/07</b>								
KLA mod	1,6	h-1						
<b>KLA sperim</b>	<b>2,0</b>	<b>h-1</b>						

Figura 96. Tabella di confronto tra KLa sperimentale e del modello

## 8. INDICAZIONI GESTIONALI PER LA RIDUZIONE DEI CONSUMI

Nei metodi ad insufflamento d'aria compressa, l'ampliamento della superficie di contatto gas-acqua si ottiene mediante l'introduzione nella massa liquida, a una opportuna profondità, di bollicine d'aria. Il rapporto percentuale tra il peso di O<sub>2</sub> assorbito dall'acqua nell'unità di tempo e quello fornito si chiama efficacia di aerazione (E).

Tale valore è funzione del diametro delle bolle. I sistemi a bolle minute rendono più facile la dissoluzione di O<sub>2</sub> nell'acqua (E elevato) ma hanno un basso potere rimescolante del miscuglio fango-liquame, quelli a bolle grossolane hanno i vantaggi inversi e inoltre risultano più economici. Comunque si ha una prevalenza nell'utilizzo dei metodi a bolle minute rispetto a quelli a bolle grossolane. Di regola le bolle vengono immerse nella vasca attraverso dei diffusori posti sul fondo della stessa.

Per poter valutare il risparmio energetico si fa riferimento all'input energetico richiesto (potenza) dall'aeratore indicato come P.

La formula per calcolarlo è data da:

$$P = (C_{\text{sat}} - C) * KLa / E_{O_2}$$

dove:

- C<sub>sat</sub> = Concentrazione di ossigeno a saturazione (mg/l)
- C = Concentrazione di ossigeno in vasca (mg/l)
- P = Input energetico richiesto dall'aeratore (KW/m<sup>3</sup>)
- E<sub>O<sub>2</sub></sub> = Efficienza dell'aeratore con reti di diffusore a bolle fini (Kg<sub>O<sub>2</sub></sub>/KWh)
- KLa = Coefficiente di trasferimento dell'ossigeno (h<sup>-1</sup>)

Per avere delle indicazioni gestionali sulla riduzione dei consumi energetici, si sono considerati tre scenari a diversi set-point di ossigeno valutati per due impianti con reflujo ordinario (normale) ed un impianto con reflujo diluito (crisi).

Per ogni set-point si sono controllate le concentrazioni in uscita (per vedere se siano rispettati i limiti di legge), il KLa e l'ossigeno disciolto D.O. con cui si sono andati a calcolare la potenza dell'aeratore P, come descritto nella formula sopra citata.

WORK 65 NORMALE 3 24/03			WORK 74 NORMALE 7 19/05			WORK 78 CRISI 8 29/09		
<b>D.O SET POINT = 1 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 1 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 1 mg/l</b>		
SS=7,54 mg/l			SS=4,57 mg/l			SS=4,50 mg/l		
BOD=9,39 mg/l	KLa=2,3 h <sup>-1</sup>		BOD=6,62 mg/l	KLa=1,9 h <sup>-1</sup>		BOD=10,18 mg/l	KLa=1,5 h <sup>-1</sup>	
Ammonia=4,36 mg/l		<b>P=9,68 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=1,50 mg/l		<b>P=7,60 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=2,03 mg/l		<b>P=5,94 KW/m<sup>3</sup></b>
Nitrate=11,97 mg/l	D.O=0,8 mg/l		Nitrate=11,87 mg/l	D.O=1,3 mg/l		Nitrate=9,15 mg/l	D.O=1,4 mg/l	
P=4,30 mg/l			P=3,20 mg/l			P=1,77 mg/l		
<b>D.O SET POINT = 2 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 2 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 2 mg/l</b>		
SS=7,55 mg/l			SS=4,57 mg/l			SS=4,51 mg/l		
BOD=9,53 mg/l	KLa=2,4 h <sup>-1</sup>		BOD=6,54 mg/l	KLa=2,1 h <sup>-1</sup>		BOD=9,56 mg/l	KLa=1,7 h <sup>-1</sup>	
Ammonia=3,51 mg/l		<b>P=9,70 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=0,96 mg/l		<b>P=7,96 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=0,8 mg/l		<b>P=6,10 KW/m<sup>3</sup></b>
Nitrate=12,21 mg/l	D.O=1,2 mg/l		Nitrate=12,13 mg/l	D.O=1,8 mg/l		Nitrate=76 mg/l	D.O=2,4 mg/l	
P=4,30 mg/l			P=3,20 mg/l			P=1,77 mg/l		
<b>D.O SET POINT = 3 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 3 mg/l</b>			<b>D.O SET POINT = 3 mg/l</b>		
SS=7,58 mg/l			SS=4,58 mg/l			SS=4,51 mg/l		
BOD=9,56 mg/l	KLa=2,5 h <sup>-1</sup>		BOD=6,50 mg/l	KLa=2,2 h <sup>-1</sup>		BOD=9,17 mg/l	KLa=1,9 h <sup>-1</sup>	
Ammonia=3,34 mg/l		<b>P=9,80 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=0,85 mg/l		<b>P=8,00 KW/m<sup>3</sup></b>	Ammonia=0,50 mg/l		<b>P=6,23 KW/m<sup>3</sup></b>
Nitrate=12,25 mg/l	D.O=1,5 mg/l		Nitrate=12,14 mg/l	D.O=2,2 mg/l		Nitrate=9,82 mg/l	D.O=3,0 mg/l	
P=4,30 mg/l			P=3,20 mg/l			P=1,77 mg/l		

Figura 97. Tabella di confronto tra Potenze d'impianto

Come si evince dalla foto, tutti i limiti di legge nei tre casi di set-point diverso sono rispettati ampiamente per quanto riguarda tutti gli scenari analizzati.

Man mano che il set-point dell'ossigeno aumenta da 1 mg/l fino ad arrivare a 3 mg/l si ha un incremento direttamente proporzionale dell'ossigeno disciolto in vasca D.O e del  $KLa$  coefficiente di trasferimento dell'ossigeno, questo vuol dire che aumentando il set-point richiesto si dovrà trasferire più ossigeno per raggiungere una concentrazione di ossigeno disciolto maggiore in vasca. Questo comporta, a parità di efficienza dell'aeratore  $E_{O_2}$ , un aumento proporzionale della potenza richiesta dall'aeratore e quindi un maggiore dispendio di energia in termini di KW.

Quindi, ragionando in modo inverso, se diminuisco il set-point dell'ossigeno da circa 3 mg/l ad 1 mg/l si può avere, seppur molto piccolo, un risparmio dell'energia richiesta dall'impianto:

-Nel primo scenario ordinario del 24/03 si ha una potenza richiesta dell'aeratore di  $P=9,80 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari a 3 mg/l, mentre si ha una potenza  $P=9,68 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari ad 1 mg/l.

Per calcolare il risparmio che si ottiene diminuendo il set-point di ossigeno da 3 mg/l ad 1 mg/l dovremo fare:

$$\text{Risparmio di energia in \%} = (9,80-9,68)/9,80 = 1\%$$

-Nel secondo scenario ordinario del 19/05 si ha una potenza richiesta dell'aeratore di  $P=8,00 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari a 3 mg/l, mentre si ha una potenza  $P=7,60 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari ad 1 mg/l.

Per calcolare il risparmio che si ottiene diminuendo il set-point di ossigeno da 3 mg/l ad 1 mg/l dovremo fare:

$$\text{Risparmio di energia in \%} = (8,00-7,60)/8,00 = 5\%$$

-Nel terzo scenario diluito del 29/09 si ha una potenza richiesta dell'aeratore di  $P=6,23 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari a 3 mg/l, mentre si ha una potenza  $P=5,94 \text{ KW/m}^3$  con un set-point di ossigeno pari ad 1 mg/l.

Per calcolare il risparmio che si ottiene diminuendo il set-point di ossigeno da 3 mg/l ad 1 mg/l dovremo fare:

$$\text{Risparmio di energia in \%} = (6,23-5,94)/6,23 = 5\%$$

A valle di questi calcoli si è dimostrato come diminuendo il set-point dell'ossigeno da 3 mg/l ad 1 mg/l si può arrivare ad avere un risparmio fino al 5% sulla potenza richiesta dall'aeratore espressa in  $\text{KW/m}^3$ , sia per quanto riguarda l'impianto con refluo ordinario sia per quanto riguarda l'impianto con refluo diluito.

## 9. CONCLUSIONI

Il presente studio si è posto l'obiettivo di modellare l'impianto a fanghi attivi Ponte Metauro di Fano e di fornire delle indicazioni gestionali per quanto riguarda la riduzione dei consumi di energia.

Il lavoro, svolto in vari step, ha visto inizialmente la descrizione del quadro legislativo di riferimento e la presentazione dell'impianto, con la descrizione dei singoli processi e le relative volumetrie.

La prima parte del lavoro si è incentrata sulla modellazione dell'impianto, come prima cosa si è studiato ed analizzato bene il manuale del programma STOAT.

Grazie a questo, sono state svolte molte simulazioni con vari modelli o algoritmi, dati gestionali e volumetrie prima indicate dal manuale e poi indicate dall'azienda attraverso uno studio dei dati forniti.

La modellazione si è effettuata su due scenari: uno più ordinario ed uno più diluito, si sono analizzati i risultati in uscita (output) per confrontarli con quelli forniti dall'azienda.

Oltre agli output, si sono confrontati anche dati dei rendimenti d'impianto, di ossigeno disciolto in vasca, di biomassa attiva presente ed il KLa.

Il risultato finale è che gli output dei due scenari ordinario e diluito risultano conformi sia ai dati forniti dall'azienda, sia ovviamente ai limiti di legge imposti dalla normativa.

Per quanto riguarda i rendimenti d'impianto anche questi risultano conformi alle normative vigenti, inoltre sono maggiori nell'impianto con refluo ordinario rispetto a quello diluito soprattutto per quanto riguarda la nitrificazione/denitrificazione.

L'ossigeno disciolto e la biomassa presente sono state analizzate tramite il trend che si ha nei vari grafici, infatti grazie ad uno studio effettuato tramite il KLa si è riuscito a rendere confrontabile il trend del modello riguardante l'ossigeno disciolto ed i valori di biomassa attiva con quello dei dati dell'azienda.

Per quanto riguarda il KLa si sono studiate le differenze tra l'impianto con refluo ordinario e l'impianto con refluo diluito, il risultato è che nell'impianto con refluo ordinario abbiamo valori di KLa più elevati rispetto a quelli dell'impianto con refluo diluito.

Infine, sempre a riguardo del KLa, si è effettuato un confronto tra il KLa sperimentale, calcolato mediante formule empiriche con dati forniti dall'azienda, ed il KLa calcolato nel modello.

Il risultato finale è che risultano ampiamente simili, sintomo di una buona modellazione effettuata. Grazie a tutti questi confronti di dati si può confermare che è stata eseguita una corretta e precisa modellazione dell'impianto reale.

La seconda parte del lavoro si è incentrata sullo studio di indicazioni gestionali per la riduzione di consumi energetici, per fare questo si è analizzata la potenza espressa in  $KW/m^3$  richiesta dall'aeratore per fornire aria in vasca.

Inizialmente si sono considerati tre diversi set-point di ossigeno nei due scenari d'impianto con refluo ordinario e diluito per vedere se fossero rispettate le concentrazioni in uscita, poi attraverso la formula per calcolare la potenza, grazie al KLa ed alla concentrazione di ossigeno disciolto in vasca, si sono confrontate tra di loro le potenze dell'aeratore nei vari set-point di ossigeno.

Il risultato finale è che diminuendo il set point di ossigeno e quindi la richiesta di ossigeno le concentrazioni rimangono al di sotto dei limiti di legge, ma soprattutto ho un risparmio sulla potenza richiesta dall'aeratore, ovvero un risparmio di energia che è pari al 5% in tutti e due gli scenari considerati.

## 10.BIBLIOGRAFIA

WRc plc: “Unit Process Descriptions”;

WRc plc: “Process Model Descriptions”;

WRc plc: “Tutorials Guide”;

Gianni Luigi Bragadin – Maurizio Luca Mancini: “Depurazione e smaltimento degli scarichi urbani” – dispense tecniche;

Dispense Prof. Maurizio Luca Mancini: “Ingegneria sanitaria ambientale”. Dipartimento di ingegneria per l’ambiente e il territorio – università di Bologna;

Decreto legislativo 152/06: “Norma in materia ambientale”, testo Unico, Gazzetta ufficiale n.88 del 14.04.2006.

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: “La depurazione delle acque reflue”: <https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/acqua/la-depurazione-delle-acque-reflue> ;

Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale: “Trattamenti biologici”:  
<https://www.isprambiente.gov.it/it/attivita/acqua/la-depurazione-delle-acque-reflue/trattamenti-biologici> ;

Wikipedia, l'enciclopedia libera: “Trattamento delle acque reflue”.

[https://it.wikipedia.org/wiki/Trattamento\\_delle\\_acque\\_reflue](https://it.wikipedia.org/wiki/Trattamento_delle_acque_reflue);

[https://it.wikipedia.org/wiki/Acque\\_reflue#Classificazione\\_in\\_base\\_all'origine](https://it.wikipedia.org/wiki/Acque_reflue#Classificazione_in_base_all'origine);

<https://www.asetservizi.it/servizio-idrico-integrato/servizi-dellazienda/impianti/depuratori-acque-reflue/>;