

**ADEGUAMENTO E POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO DI SEPURAZIONE
ACQUE REFLUE DEL COMUNE DI MONDOVÌ,
LOCALITÀ LONGANA – LOTTO 2 – CUP 98H16000000002****PROGETTO DEFINITIVO****COMMITTENTE**

MONDO ACQUA S.p.A.
Via Venezia, 6/B – 12084 MONDOVÌ (CN)
tel. +39 0174.554461

IL PROGETTISTA

SAGLIETTO ENGINEERING S.r.l.
Corso Giolitti, 36 – 12100 CUNEO (CN)
Tel. +39 0171.698381 – fax +39 0171.600599
sagliettoengineering@pec.it

Dott. Ing. Fabrizio Saglietto



ORDINE DEGLI INGEGNERI
DELLA PROVINCIA DI CUNEO

1067 *Dott. Ing. Fabrizio Saglietto*

DESCRIZIONE**RELAZIONE BIOLOGICO - IDRAULICA**

DATA		SCALA				ALLEGATO		
30/09/2020		/				2.2		
COMMESSA		livello	categoria	tipologia	revisione			
2020_001		PD	RS	TXT	00			
00	30/09/2020	EMISSIONE PER CONSEGNA				SA.FA.	SA.FA.	SA.FA.
REV.	DATA	DESCRIZIONE				REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO

SOMMARIO

PREMESSA	2
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
STATO DI FATTO.....	3
STATO DI PROGETTO.....	4
Linea acque	4
Linea fanghi	4
Interventi in progetto.....	5
VERIFICHE DEL PROCESSO IN BASE AI PARAMETRI ASSUNTI IN PROGETTO	6
Parametri di progetto.....	6
Linea acque	9
Linea fanghi	17

PREMESSA

La società Mondo Acqua S.p.A. aveva affidato alla Società d'Ingegneria Saglietto engineering S.r.l., l'incarico di redigere una Relazione Tecnica, datata 15 marzo 2018, che valutasse se, alla luce della modifica dei dati di ingresso dovuta all'eliminazione delle acque parassite del Rio Bozzolo ed alla diminuzione della potenzialità dell'impianto (da 27.000Aeq a 24.600Aeq) in seguito ad istanza autorizzativa, fosse necessario eseguire i lotti 2 e 3 del progetto *“Adeguamento e potenziamento dell'impianto di depurazione acque reflue del Comune di Mondovì, Località Longana”* redatto da S.I.C.I.S. – Studio di Ingegneria Civile Idraulica e Sanitaria. A seguito della soluzione prospettata, la società Mondo Acqua S.p.A. ha affidato alla Società d'Ingegneria Saglietto engineering S.r.l., nella persona del sottoscritto professionista Dott. Ing. Fabrizio Saglietto, il compito di redigere il Progetto Definitivo *“Adeguamento e potenziamento dell'impianto di depurazione acque reflue del Comune di Mondovì, Località Longana – Lotto 2 – CIG: Z6E2BD79FD”*.

Il presente elaborato contiene le verifiche biologiche e le verifiche idrauliche dei principali comparti del processo di trattamento.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Gli interventi in progetto sono redatti in conformità alla seguente Normativa di settore:

- D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i. “Norme in materia ambientale”;
- D. Lgs. 16 gennaio 2008, n. 4 “Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, recante Norme in materia ambientale”;
- Regolamento regionale n. 17/R del 16 Dicembre 2008 (Testo storico) “Disposizioni in materia di progettazione e autorizzazione provvisoria degli impianti di trattamento delle acque reflue urbane (Legge regionale 29 dicembre 2000, n. 61)”.

STATO DI FATTO

L'impianto è attualmente conformato e funzionante con i seguenti comparti:

Linea acque

- vasca di carico iniziale con grigliatura grossolana delle portate meteoriche sfiorate ($> 5 Q_m$);
- grigliatura grossolana (1 linea) a pulizia automatica;
- grigliatura fine (2 linee) tramite griglie a cestello rotante con spaziature di 3 mm;
- misura di portata mediante canale Venturi con sensore di livello;
- dissabbiatura e disoleatura (2 linee) con sistema di aerazione, sistema di estrazione e disidratazione delle sabbie;
- denitrificazione (2 linee) all'interno dei vecchi sedimentatori primari;
- ossidazione a fanghi attivi (2 linee) all'interno di vasche dotate di piattelli per la diffusione dell'aria, di dosaggio di chemicals per l'abbattimento del fosforo e di sistema di ricircolo fanghi e miscela aerata;
- sedimentazione secondaria (2 linee) con vasche di tipo circolare;
- disinfezione tramite clorazione.

Linea fanghi

- rotostaccatura;

- ispessimento dei fanghi di supero all'interno di una vasca circolare dotata di ponte raschiante a trazione centrale;
- disidratazione dei fanghi di supero con sistema di centrifugazione;
- letti di essiccamento di emergenza (due linee in parallelo).

STATO DI PROGETTO

Linea acque

La Relazione Tecnica di studio dell'impianto del 15 marzo 2018, concludeva che "così com'è strutturata, con le nuove portate autorizzate e con un'attenta gestione, la linea acque è adatta a soddisfare i requisiti di qualità imposte dalla normativa. Non si ritiene, di conseguenza, necessaria l'esecuzione delle lavorazioni incluse nei successivi lotti riguardanti la suddivisione delle vasche di denitrificazione, l'aumento delle volumetrie dell'ossidazione e la costruzione del nuovo sedimentatore". Perciò, nel presente progetto non sono state previste lavorazioni lungo la linea acque se non la sistemazione dei sedimentatori secondari esistenti, la sistemazione del pozzetto fanghi del sedimentatore ed un trattamento terziario comprendente una nuova filtrazione finale ed una disinfezione UV.

Linea fanghi

Tra gli interventi previsti nel secondo lotto, era compresa la realizzazione di un trattamento di stabilizzazione aerobica per i fanghi di provenienza esterna tramite eiettore, con successivo avviamento verso l'ispessimento già esistente all'interno del quale era prevista anche l'immissione dei fanghi estratti dalla linea acque.

Nella Relazione Tecnica presentata il 15 marzo 2018, si riteneva necessario dotare la linea fanghi di questi comparti. Perciò, la linea fanghi è stata riprogettata: I fanghi di supero estratti dalla linea acque (compresi quelli di provenienza esterna in quanto immessi in testa all'impianto e non direttamente nella digestione) venivano inviati inizialmente nell'ispessitore esistente, con previo passaggio all'interno di un rotostaccio (già presente nell'impianto). Dopodiché, subivano un processo di digestione aerobica all'interno dell'esistente digestore anaerobico dismesso. Successivamente, veniva proposto un'ulteriore ispessimento nel gasometro attualmente dismesso e finalmente i fanghi in uscita venivano avviati verso la disidratazione prima del loro smaltimento finale.

In sede di redazione del presente Progetto, a seguito di colloqui con il Gestore, è stato deciso di sviluppare questa soluzione.

Interventi in progetto

In linee generali, il progetto prevede i seguenti interventi:

In linee generali, il progetto prevede i seguenti interventi:

- trasformazione del digestore anaerobico dismesso esistente in un comparto per la digestione aerobica dei fanghi con: bonifica dei ferri di armatura, pulizia ed impermeabilizzazione interna ed installazione di una rete di diffusori a bolle fini alimentata da compressori;
- trasformazione del gasometro dismesso esistente in un comparto di post-ispessimento dei fanghi in uscita dalla digestione aerobica con: bonifica dei ferri di armatura, pulizia ed impermeabilizzazione interna, asportazione della campana in acciaio, installazione di un ispessitore per il raschiamento dei fanghi e per l'estrazione dei surnatanti ed installazione di pompe monovite per l'estrazione dei fanghi di supero;
- sostituzione dei carriponte dei due sedimentatori secondari con bonifica dei ferri di armatura, pulizia ed impermeabilizzazione interna ed installazione di sistema di riscaldamento delle piste delle vie dei carriponte
- modifica del pozzetto sollevamento fanghi esistente dei sedimentatori secondari con sostituzione delle pompe
- filtrazione finale su tela tale da garantire una concentrazione dei solidi sospesi allo scarico minore di 10 mg/l.
- disinfezione con tecnologia a raggi ultravioletti, che comporta la realizzazione dell'adeguamento dell'attuale manufatto disinfezione e l'installazione del relativo quadro elettrico alloggiato in un apposito locale dove verrà posizionato anche il quadro della filtrazione finale.
- Nuovo misuratore di portata elettromagnetico
- Nuova tubazione di by-pass reparto filtrazione
- Impianto di fotovoltaico della potenza di 106 Kw anche per poter creare una Comunità energetica.
- Installazione di pesa in ingresso impianto

- adeguamento dei relativi collegamenti idraulici;
- adeguamento dell'impianto elettrico;
- sistemazione dell'area.

VERIFICHE DEL PROCESSO IN BASE AI PARAMETRI ASSUNTI IN PROGETTO

Parametri di progetto

Il processo di trattamento è stato riverificato considerando i seguenti parametri di progetto:

Linea acque		
Parametro	U.M.	Valore
Apporti civili di progetto		
Abitanti equivalenti	Aeq	24600
Apporto idraulico		
Portata media giornaliera (Q_m)	m ³ /d	5904
	m ³ /h	246
Coeff. di portata massima di ingresso impianto	(-)	5
Portata massima in ingresso ai pretrattamenti ($5Q_m$)	m ³ /h	1230
Coeff. di portata massima di ingresso al biologico	(-)	3
Portata massima in ingresso al trattamento biologico ($3Q_m$)	m ³ /h	738
Carichi e concentrazioni		
Apporto unitario di carico organico BOD ₅	g/Aeq d	60
Carico organico totale BOD ₅	kg/d	1476
Concentrazione BOD ₅	mg/L	250
Apporto unitario di COD	g/Aeq d	150
Carico totale COD	kg/d	3690
Concentrazione COD	mg/L	625

Apporto unitario di SST	g/Aeq d	90
Carico totale SST	kg/d	2214
Concentrazione SST	mg/L	375
Apporto unitario di TKN (NH ₃ -N)	g/Aeq d	12
Carico totale TKN (NH ₃ -N)	kg/d	295,20
Concentrazione TKN (NH ₃ -N)	mg/L	50
Apporto unitario di P	g/Aeq d	3
Carico totale P	kg/d	73,80
Concentrazione P	mg/L	12,50
Temperature		
T massima liquami	°C	20
T minima liquami	°C	12
Volumetrie attualmente a disposizione		
Denitrificazione	m ³	1725
Ossidazione/Nitrificazione	m ³	1555
Sedimentazione secondaria	m ³	1278

Linea fanghi		
Stima produzione fanghi di supero impianto di Loc. Longana - Mondovì		
Parametro	U.M.	valore
Volume a disposizione dell'Ossidazione/Nitrificazione (V _{aer})	m ³	1555
Concentrazione di fango nelle vasche di Ossidazione/Nitrificazione (C _{aer})	kgSS/ m ³	5
	gSS/ m ³	5000
Concentrazione del fango di ricircolo (C _{ricircolo})	kgSS/ m ³	10
	gSS/ m ³	10000
Quantità fango di supero	m ³ /d	38,88
	L/s	0,45
	m ³ /h	1,62
	kgSS/d	388,80

Fanghi di provenienza esterna (estratto da Progetto esecutivo completo)		
Parametro	U.M.	valore
Quantità fango di provenienza esterna	kgSS/d	885,36
Concentrazione del fango provenienza esterna	kgSS/ m ³	10
	gSS/ m ³	10000
Quantità di fango di provenienza esterna	m ³ /d	88,5
	L/s	1,0
	m ³ /h	3,69
Fanghi totali da trattare		
Quantità fango di supero + Quantità di fango di provenienza esterna	m ³ /d	127,4
	kgSS/d	1274 ¹
Fanghi effettivamente trattati nell'impianto nell'anno 2019		
MUD ² 2020 - Rifiuto prodotto nell'unità locale	kg/anno	16780
MUD 2020 - Rifiuto prodotto fuori dall'unità locale	kg/anno	7600
Rifiuto TOTALE prodotto	kg/anno	24380
Sostanza secca a 105°C da rapporto di prova di fanghi solidi in uscita dalle centrifughe (29/01/2020)	% p/p	19,63
Concentrazione fanghi di supero linea acque	kgSS/mc	10
	%	1
Calcolo del fango estratto dalla linea acque	kg/anno	30031
	Ton/anno	30,03
	kg/d	115,19 ³
Volumetrie attualmente a disposizione		

¹ Valore cautelativo rispetto alla quantità di "Fanghi effettivamente trattati nell'impianto nell'anno 2019" calcolato in seguito.

² MUD: Modello Unico di Dichiarazione Ambientale contenente la quantità e la tipologia di rifiuti prodotto e/o gestito nel corso dell'anno precedente.

³ Valore ricavato considerando 5 giorni a settimana.

Ispessimento	mc	53
Digestione aerobica (ex digestore anaerobico)	mc	543
Post ispessimento (ex gasometro)	mc	338

I limiti allo scarico che l'impianto dovrà rispettare al fine di garantire valori di effluente conformi al limite di legge sono quelli stabiliti dalle Tabelle 1, 2 e 3 del D. Lgs. 3 aprile 2006, n. 152:

Linea acque				
Normativa di riferimento D. Lgs. 152/06 – Tabelle 1, 2 e 3				
Parametro	concentrazione		% di riduzione	
BOD ₅	mg/L	≤ 25	%	80
COD	mg/L	≤ 125	%	75
SST	mg/L	≤ 35	%	90
Azoto totale	mg/L	≤ 15	%	70 – 80
Fosforo totale	mg/L	≤ 2	%	80
Azoto ammoniacale	mg/L	≤ 15	(-)	(-)
Azoto nitroso	mg/L	≤ 0,6	(-)	(-)
Azoto nitrico	mg/L	≤ 20	(-)	(-)

Linea acque

In questa sezione, si riportano le verifiche e considerazioni effettuate sull'attuale comparto biologico ipotizzando di mantenere invariate le volumetrie esistenti. Le verifiche sono state eseguite attraverso le procedure di calcolo riportate nei libri “Depurazione delle acque” di Luigi Masotti e “Trattamenti delle acque reflue” di Luca Bonomo e verificate attraverso un foglio di calcolo Microsoft Excel© basato sul libro “Wastewater Engineering” by Metcalf & Eddy.

Per la verifica del comparto biologico è stato considerato un minimo abbattimento del carico organico e dell'azoto nel comparto dei pretrattamenti (20% e 10% rispettivamente) ed è stato considerato un fattore di sicurezza per le punte di carico pari a 1,8.

Comparto di denitrificazione

Le due vasche di denitrificazione (di analoghe caratteristiche) hanno le seguenti dimensioni:

- Lunghezza: 35,50 m;
- Larghezza: 9,00 m;
- Altezza utile: 2,70 m;
- Volume utile singola vasca: 863 mc;
- Volume utile comparto: 1725 mc.

Effettuando le verifiche del comparto per la portata media di tempo secco, considerando le temperature di progetto minima (12°C) e massima (20°C) ed imponendo una concentrazione in vasca di 5 kgSS/mc e 3 kgSS/mc rispettivamente, il comparto risulta verificato in quanto la volumetria richiesta è minore di quella disponibile. Si riporta una tabella dettagliata della procedura di calcolo e dei parametri considerati (con una temperatura di 12°C) e, successivamente, una tabella riassuntiva delle volumetrie richieste per 12°C e 20°C:

Denitrificazione (5 kgSS/mc – 12°C)		
	U.M.	valore
TKN ₀ : in arrivo	mg/L	45
TKN _e : allo scarico	mg/L	5
NO _{3e} : allo scarico	mg/L	20
S ₀ : BOD ₅ in arrivo	mg/L	200
S _e : BOD ₅ allo scarico	mg/L	25
r: entità del ricircolo riferito alla Q _m	(-)	1
Bb: BOD ₅ alimentato nell'unità di tempo	kgBOD ₅ /d	1180,80
ΔN _{den} : quantità di nitrati che devono essere ridotti nell'unità di tempo	kgN/d	81,96
θ: fattore di correzione della temperatura	(-)	1,080
T	°C	12
(X _v) _D : biomassa eterotrofa presente nel reattore di denitrificazione	kgSSV	4000
(C _f) _D : carico del fango riferito alla sola biomassa presente nel reattore di denitrificazione	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,30
(V _D) _T : velocità di denitrificazione	kgN/kgSSV d	0,02
iterazione 1:		
(C _f) _D	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,30
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4007,20
iterazione 2:		
(C _f) _D	kgBOD ₅ /kgSSV d	0,29

(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4008,88
iterazione 3		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,27
iterazione 4		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,36
iterazione 5		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,39
iterazione 6		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,39
iterazione 7		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,39
iterazione 8		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,39
iterazione 9		
(C _f) _D	kgBOD5/kgSSV d	0,29
(V _D) _T	kgN/kgSSV d	0,02
(X _v) _D	kgSSV	4009,39
Volume disponibile	mc	1725
Concentrazione SSV in vasca	kgSSV/mc	2,32
rapporto di SSV rispetto ai SST	%	70
Concentrazione SST in vasca	kgSST/mc	3,32
Tempo di residenza	h	7,01

Risultati

Parametro	U.d.m.	Valore
Volume disponibile attualmente	mc	1725
Velocità di denitrificazione a 12°C	kgNO ₃ /kgSSV d	0,020
Volume richiesto dal sistema a 12°C	mc	1146
Capacità residua garantita a 12°C	%	33,6
Velocità di denitrificazione a 20°C	kgNO ₃ /kgSSV d	0,051
Volume richiesto dal sistema a 20°C	mc	764
Capacità residua garantita a 20°C	%	55,71

Comparto di rimozione della frazione organica biodegradabile (BOD₅) e di nitrificazione

Le due vasche (di analoghe caratteristiche) impiegate attualmente hanno le seguenti dimensioni:

- Lunghezza: 24,00 m;
- Larghezza: 12,00 m;
- Altezza liquida: 2,70 m;
- Volume utile singola vasca: 863 mc;
- Volume utile comparto: 1555 mc.

Effettuando le verifiche del comparto per la portata media di tempo secco, considerando le temperature di progetto minima (12°C) e massima (20°C) ed imponendo una concentrazione in vasca di 5 kgSS/mc e 3 kgSS/mc rispettivamente, il comparto risulta verificato in quanto la volumetria richiesta è minore di quella disponibile. Si riporta una tabella dettagliata della procedura di calcolo e dei parametri considerati (con una temperatura di 12°C) e, successivamente, una tabella riassuntiva delle volumetrie richieste per 12°C e 20°C:

Comparto di rimozione della frazione organica biodegradabile BOD₅ (5 kgSS/mc – 12°C)		
Parametro	U.M.	valore
Caratteristiche operative		
Ca: concentrazione di fango in vasca	kgSS/mc	5,00
SSV/SS: hp rapporto SSV/SS	(-)	0,70
k _p : coeff. Di sicurezza per le punte di carico	(-)	1,80
Contenuto di solidi sospesi, dato dai fiocchi di fango attivo sfuggiti alla sedimentazione, che contribuiscono al valore di BOD finale	mg BOD/mg SST	0,40
Se: concentrazione BOD ₅ disciolto in uscita	mg/L	11,00

T di esercizio	°C	12
v_{20} : velocità di ossidazione a 20°C	kg BOD5/kgSSV d	4,00
k_s : costante di semisaturazione relativa al BOD5	mg BOD5/L	50,00
θ : fattore di correzione per la temperatura	(-)	1,03
X_{ssv} : biomassa richiesta dal sistema	kgSSV	3527,41
X_{ss}	kgSS	5039,15
V: Volume richiesto dal sistema	mc	1008
C_f : fattore di carico organico del fango atteso teorico	kgBOD5/kgSSV d	0,23
C_v : fattore di carico volumetrico atteso teorico	kgBOD5/mc d	1,17
V_e: Volume effettivo	mc	1555
C_{fe} : fattore di carico organico del fango effettivo	kgBOD5/kgSSV d	0,15
C_{ve} : fattore di carico volumetrico effettivo	kgBOD5/mc d	0,76
Capacità residua del comparto garantita	%	35,20

Bilancio comparto biologico - rimozione della frazione organica biodegradabile BOD₅ (5 kgSS/mc – 12°C)		
Parametro	U.M.	Valore
TKN ₀ : concentrazione di TKN in ingresso	mgTKN/L	45,00
S ₀ : concentrazione di BOD ₅ in ingresso	mgBOD ₅ /L	200,00
S _e : concentrazione di BOD ₅ in uscita	mgBOD ₅ /L	11,00
Frazione di azoto usata nella sintesi batterica come % di BOD ₅ rimosso	%	5,00
Concentrazione di TKN usata nella sintesi batterica	mgTKN/L	9,45
TKN _e : concentrazione di TKN in uscita	mgTKN/L	5,00

Comparto di rimozione dei composti azotati NITRIFICAZIONE (5 kgSS/mc – 12°C)		
Parametro	U.M.	valore
Y_N : tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgTKN	0,18
(V_N) ₂₀ : velocità massima di rimozione del substrato (nitrificazione) a 20°C in assenza di azioni limitanti e in condizioni ottimali di pH	kgTKN/kgSSV d	5,00
k_{NT} : costante di semisaturazione relativa al TKN	mgTKN/L	1,00
OD: conc. Di ossigeno disciolto (di solito compreso tra 1,5 e 3,5)	mgO ₂ /L	2,00
k_o : costante di semisaturazione relativa all'O ₂ disciolto	mgO ₂ /L	1,00
θ : coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,07
T di esercizio	°C	12

$(V_N)_T$: velocità di nitrificazione nelle reali condizioni operative, definite dalla T, dalla conc. dell'O ₂ disciolto e di TKN nella vasca e dal valore di pH	kgTKN/kgSSV d	1,62
$(\mu_N)_T$: velocità di crescita teorica dei batteri nitrificanti	1/d	0,29
$(k_d)_N$: velocità di scomparsa batterica	kgSSV/kgSSV d	0,05
θ_{kd} : coefficiente correttivo relativa alla T (se T diversa da 20°C)	(-)	1,05
$(k_d)_{NT}$	1/d	0,03
SRT	d	3,89
FS	(-)	1,80
SRT_{calc}	d	7,00
$(V_N)_{Tcalc}$	kgTKN/kgSS d	0,98
$(X_v)_N$: biomassa nitrificante	kgSSV	183,7
Y_E : tasso di crescita cellulare	kgSSV/kgBOD5	0,80
f: frazione di biomassa nitrificante su quella totale	(-)	0,035
X_v : biomassa complessiva nei reattori biologici da destinare alla nitrificazione	kgSSV	5235,42
Verifica del carico del fango e volumetrico		
C_f : fattore di carico organico applicato al sistema	kgBOD5/kgSSV d	0,23
C_f : fattore di carico organico riferito alla biomassa in termini di SS	kgBOD5/kgSS d	0,16
Concentrazione fango attivo in vasca	kgSSV/mc	5,00
C_v : fattore di carico volumetrico	kgBOD5/mc d	0,79
Volume teorico di nitrificazione	mc	1496
Volume disponibile	mc	1555
Capacità residua del comparto garantita	%	3,82

Le seguenti tabelle riassuntive contengono, invece, i risultati finali ottenuti con le diverse combinazioni di temperatura e concentrazione considerate:

Risultati		
Rimozione carico organico (BOD ₅)		
Parametro	U.d.m.	Valore
Volume disponibile attualmente	mc	1555
Velocità di rimozione BOD ₅ a 12°C	kgBOD ₅ /kgSSV d	3,16
Volume richiesto dal sistema a 12°C	mc	1008
Capacità residua garantita a 12°C	%	35,20

Velocità di rimozione BOD ₅ a 20°C	kgBOD ₅ /kgSSV d	4,00
Volume richiesto dal sistema a 20°C	mc	1326
Capacità residua garantita a 20°C	%	14,74
Nitrificazione		
Volume disponibile attualmente	mc	1555
Velocità di nitrificazione a 12°C	kgTKN/kgSSV d	1,62
Volume richiesto dal sistema a 12°C	mc	1496
Capacità residua garantita a 12°C	%	3,82
Velocità di nitrificazione a 20°C	kgTKN/kgSSV d	2,78
Volume richiesto dal sistema a 20°C	mc	1468
Capacità residua garantita a 20°C	%	5,58
Totale		
Volume totale richiesto dal sistema a 12°C	mc	1496
Volume totale richiesto dal sistema a 20°C	mc	1468

Sedimentazione secondaria

Per quanto riguarda la sedimentazione secondaria, si hanno attualmente a disposizione due sedimentatori circolari:

- Diametro: 20 m;
- Profondità centrale: 2,70 m;
- Profondità periferica: 1,70 m;
- Volume utile singola vasca: 639 mc;
- Volume utile comparto: 1278 mc.

Per le verifiche, vengono ritenuti ottimali i seguenti valori di carico idraulico superficiale e di tempo di ritenzione:

Q _m		
C _{is}	m/h	≤ 0,2 – 0,5
t _{rit}	h	≥ 3 - 4
Q _{max}		
C _{is}	m/h	≤ 2 – 2,5

t_{rit}	min	$\geq 40 - 50$
-----------	-----	----------------

I risultati ottenuti dalle verifiche effettuate sono i seguenti:

Q_m		
C_{is}	m/h	0,39
t_{rit}	h	5,19
	min	312
Q_{max}		
C_{is}	m/h	1,17
t_{rit}	h	1,73
	min	104

Si ritiene quindi che le vasche attuali siano adeguate allo scopo.

Conclusioni

Da questi risultati si può osservare che l'ottimizzazione gestionale del comparto biologico potrà effettuarsi andando a lavorare sulla concentrazione di fango in vasca a seconda della temperatura. In caso di condizioni peggiorative, e cioè temperature minime, bisognerà provvedere all'aumento delle concentrazioni (fino a circa 5 kgSS/mc) per garantire un buon funzionamento. In condizioni di temperature ottimali, invece, un buon funzionamento del processo è garantito con concentrazioni minori (intorno ai 3 kgSS/mc). Qualora si rivelasse necessario ricavare ulteriori volumetrie a servizio delle sezioni in oggetto, resta comunque la possibilità di impiegare una parte delle vasche di denitrificazione in quanto risulta disponibile una buona capacità residua.

Inoltre, risulta che le vasche di sedimentazione secondaria attualmente impiegate risultano adeguate allo scopo.

Si può quindi concludere che, così com'è strutturata, la linea acque è adatta a soddisfare i requisiti di qualità imposte dalla normativa. Non si ritiene, di conseguenza, necessaria l'esecuzione delle lavorazioni incluse nei successivi lotti riguardanti la suddivisione delle vasche

di denitrificazione, l'aumento delle volumetrie dell'ossidazione e la costruzione del nuovo sedimentatore.**Terziario**

- filtrazione finale: realizzazione di un nuovo comparto

I reflui conferiti all'impianto presentano un'elevata concentrazione. Per abbattere ulteriormente la componente di solidi sospesi in uscita dal comparto di sedimentazione secondaria, si prevede di introdurre una filtrazione finale, tale da garantire una concentrazione dei solidi sospesi allo scarico minore di 10 mg/l.

- disinfezione: introduzione di lampade UV

La disinfezione del liquame in uscita è attualmente realizzata mediante dosaggio di cloruro di sodio: si prevede di sostituire tale sistema con la tecnologia a raggi ultravioletti, che comporta la sistemazione dell'attuale manufatto e l'installazione del relativo quadro elettrico alloggiato in un apposito locale. A valle della disinfezione sarà installato un nuovo misuratore della portata trattata dall'impianto di depurazione.

Linea fanghi

Il gasometro ed il digestore anaerobico attualmente dismessi verranno attrezzati, rispettivamente, per la digestione aerobica ed il post-ispessimento dei fanghi e saranno disposti idraulicamente in serie.

I fanghi di supero estratti dalla linea acque (compresi quelli di provenienza esterna in quanto immessi in testa all'impianto e non direttamente nella digestione), quindi, verranno inviati inizialmente nell'ispessitore esistente, con previo passaggio all'interno di un rotostaccio (già presente nell'impianto). Dopodiché, subiranno un processo di digestione aerobica all'interno dell'ex digestore anaerobico e di post-ispessimento nell'ex gasometro. Per ultimo, i fanghi in uscita, verranno avviati verso la disidratazione prima del loro smaltimento finale.

Si riportano le verifiche dei diversi comparti.

Pre-Ispessimento

Considerando una portata totale di fango di supero estratto dalla vasche di sedimentazione secondaria pari a 128 mc/d⁴ con concentrazione 10 kgSS/mc e la volumetria utile a disposizione del comparto in oggetto:

- Diametro utile: 7,5 m;
- Area utile: 44,18 mq;
- Altezza utile: 3 m;
- Volume utile: 133 mc.

si ottiene un tempo di residenza all'interno dell'ispessitore pari a circa 1 giorno, valore ritenuto accettabile.

Il fango misto in uscita dall'ispessimento ed in ingresso alla stabilizzazione aerobica sarà caratterizzato da una concentrazione di 25 kgSS/mc circa (2,5%).

Ad una concentrazione dei fanghi in ingresso all'ispessitore dell'1% ed in uscita dall'ispessitore del 2,5%, corrisponde un 40% del volume di fango originale (per cui si ha una riduzione del volume pari al 60%).

Attualmente, l'estrazione dei fanghi dal pre-ispessitore avviene per aspirazione tramite pompa in linea.

Stabilizzazione aerobica

L'ex digestore anaerobico sarà convertito in una vasca per la stabilizzazione aerobica dei fanghi. La vasca in oggetto ha una volumetria utile di circa 540 mc.

Si riportano in seguito le verifiche dell'adeguatezza della volumetria a disposizione:

Affinché un fango sia sufficientemente stabilizzato, occorre che:

$$E \cdot T > 400^{\circ}\text{C d}$$

dove:

E: età del fango complessiva delle sostanze organiche catturate sulla linea liquame:

$$E = E_{\text{liquami}} + E_{\text{digestione}}$$

dove:

⁴ Vedi paragrafo "Parametri di progetto"

$E_{liquami}$: tempo di ritenzione all'interno della linea acque delle sostanze organiche catturate (d);

$E_{digestione}$: età del fango sulla linea fanghi e specificatamente, nella vasca di digestione aerobica (d);

T: temperatura del liquame e del fango ($^{\circ}\text{C}$).

Considerando una temperatura di progetto di 12°C si ottiene un'età del fango complessiva minima (E) di 33,33 giorni. Considerando un'età del fango sulla linea acque pari a 15 giorni si ottiene un'età del fango sulla linea fanghi ($E_{digestione}$) pari a 18,33 giorni.

Parametro	u.d.m.	Valore
T	$^{\circ}\text{C}$	12
E	d	33,33
$E_{liquami}$	d	15
$E_{digestione}$	d	18,33

È possibile ricavare la quantità complessiva di fango presente nel sistema ($M_{digestione}$) secondo:

$$M_{digestione} = E_{digestione} \cdot \Delta X = 9344 \text{ kgSS}$$

Dove la quantità di fango ΔX è ridotta del 40%, in quanto presente a monte un pre-ispessimento.

Una concentrazione ragionevole per la tipologia di fango prevista in ingresso al digestore aerobico è di 25 kgSS/mc. Pertanto, nota la concentrazione e la massa presente nel sistema è possibile ricavare il volume richiesto per una corretta stabilizzazione del carico di fango in ingresso:

$$V_{digestione} = \frac{M_{digestione}}{C_{digestione}}$$

Parametro	u.d.m.	Valore
$M_{digestione}$	kgSS	9344
$C_{digestione}$	kgSS/mc	25
$V_{digestione}$	mc	374

Il nuovo comparto in oggetto ha una volumetria utile di 540 mc circa, per cui la biomassa effettivamente presente nel sistema risulta:

$$M_{digestione-effettiva} = V_{digestione} \cdot C_{digestione} = 13581 \text{ kgSS}$$

Il fabbisogno di ossigeno può essere calcolato considerando:

$$\Delta O'_2 = b' \cdot M_{SSV} = 67 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

dove:

b' : coefficiente di respirazione endogena (7 gO₂/kgSSV h);

M_{SSV} : massa di solidi volatili corrispondente al 70% della massa complessiva effettiva di fango ($M_{\text{digestione-effettiva}}$) precedentemente calcolata.

Considerando un fattore di punta pari a 1,80, si ottiene un fabbisogno di ossigeno di punta pari a:

$$\Delta O'_{2-\text{punta}} = 1,8 \cdot \Delta O'_2 = 120 \text{ kgO}_2/\text{h}$$

Il fabbisogno di ossigeno verrà soddisfatto da una rete di diffusori a bolle fini tipo Aquastrip (n.32 Q2,5 LP e n.4 Q1,5 LP) o equivalenti alimentata da n. 1+1R compressori posizionati nel locale scambio termico.

Post-ispessimento

In uscita dalla digestione aerobica, i fanghi estratti subiranno un'ulteriore ispessimento all'interno del gasometro dismesso (volume utile 338 mc) che verrà trasformato in post-ispessitore prima di essere inviati al comparto di disidratazione esistente tramite centrifugazione.

La volumetria utile a disposizione del comparto in oggetto è la seguente:

- Diametro utile: 10,00 m;
- Area utile: 78,54 mq;
- Altezza utile: 4,30 m;
- Volume utile: 338 mc.

Dai calcoli svolti, si rileva un tempo di residenza all'interno dell'ispessitore pari a circa 17 giorni circa, valore ritenuto abbondantemente verificato (rispetto ai 1 – 2 giorni minimi richiesti):

Parametro	u.d.m.	Valore
Area	mq	78,54
Q_{fango}	mc/d	20,39
C_{is}	m/h	0,011
t_{rit}	h	397,58
	d	17

Ed una riduzione del volume di fango ispessito (in % rispetto al volume iniziale) pari a quasi 30%:

Parametro	u.d.m.	Valore
Vi: volume in ingresso	mc/d	20,39
Ci: concentrazione in ingresso	kg/mc	25
	%	2,5
Cf: concentrazione in uscita	kg/mc	35
	%	3,5
Vf: volume in ingresso	mc/d	14,56
Rendimento	%	28,57

L'ispessitore fanghi sarà tipo VERRA ISFA 10 o equivalente con:

- raschie sul fondo in lamiera pressopiegata inclinata per il convogliamento dei fanghi verso il pozzetto centrale di scarico;
- cilindro di calma in AISI 304 decapato opportunamente nervato e tassellato direttamente alla passerella con tubolari;
- lama di sfioro a profilo Thompson e lama paraschiume fissate direttamente a parete con staffe e tasselli in AISI 304;
- passerella con ringhiera in acciaio al carbonio zincato a caldo secondo le norme UNI EN ISO 1461;
- materiale a contatto con i liquidi realizzato in AISI 304 non decapati;
- quadro elettrico di gestione.

I fanghi saranno estratti dal fondo del manufatto attraverso n.1+1R pompe monovite posizionate nel vecchio locale della nastropressa.

Disidratazione

In uscita dal post-ispessimento, i fanghi estratti saranno inviati al comparto di disidratazione esistente tramite centrifugazione.

Il fango disidratato in uscita dal post-ispessimento sarà caratterizzato da una concentrazione pari a circa 20%.

I fanghi disidratati vengono scaricati ed inviati a smaltimento.

Le acque madri e di lavaggio delle centrifughe tornano in testa all'impianto.