

# INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI BATTIPAGLIA (SA) Ex FIO 107/86 PROGETTO DEFINITIVO



**Oggetto:**  
Relazione tecnica impianto di depurazione

**Tav. N° 1.2**

**Rev. 02**

**scala:**

**data: marzo 2023**

**Progettista: Ing. Domenico Sicignano**



**Responsabile A.T. e R.U.P.**

**Ing. Paolo Farnetano**

## INDICE

1	PREMESSA.....	1
2	IMPIANTO DI DEPURAZIONE ESISTENTE .....	2
2.1	Premessa .....	2
2.2	Descrizione del ciclo di processo attuale .....	3
2.3	Linea liquami .....	4
2.3.1	Trattamenti preliminari.....	4
2.3.2	Sedimentazione primaria.....	5
2.3.3	Ossidazione.....	6
2.3.4	Sedimentazione secondaria .....	6
2.3.5	Disinfezione .....	7
2.4	Linea fanghi e linea biogas.....	7
3	VERIFICHE FUNZIONALI DELLE UNITÀ IMPIANTISTICHE E CRITICITÀ RISCONTRATE .....	8
3.1	Trattamenti preliminari.....	8
3.1.1	Grigliatura grossolana .....	8
3.1.2	Grigliatura fine, dissabbiatura/disoleatura .....	11
3.1.3	Chiariflocculazione .....	13
3.2	Sedimentazione primaria.....	17
3.3	Ossidazione.....	18
3.4	Sedimentazione secondaria .....	21
3.5	Disinfezione .....	24
3.6	Pre-ispessimento.....	26
3.7	Digestione anaerobica.....	29
3.8	Post-ispessimento .....	32
3.9	Disidratazione meccanica .....	35
4	INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO .....	37
4.1	Linea liquami .....	38
4.1.1	Trattamenti preliminari.....	38
4.1.2	Sedimentazione primaria.....	43
4.1.3	Denitrificazione e nitrificazione/ossidazione.....	43
4.2	Linea fanghi.....	50
4.2.1	Post-ispessimento .....	50

## INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 2.1 - VEDUTA IMPIANTO DI DEPURAZIONE EX FIO 107/86 .....	2
FIGURA 2.2 - SCHEMA DI PROCESSO ATTUALE (ACQUISITO DALLA PROCEDURA DI AIA, D.D. N. 167 DEL 16/07/2015) ..	3
FIGURA 3.1 - RESIDUO SECCO PREVEDIBILE COME FANGO DI SUPERO, DOPO IL TRATTAMENTO OSSIDATIVO, IN FUNZIONE DEL CARICO ORGANICO (MASOTTI, 1987).....	27
FIGURA 4.1 - GRIGLIATURA GROSSOLANA ESISTENTE .....	36
FIGURA 4.2 - DISSABBIATORI/DISOLEATORI ESISTENTI .....	37
FIGURA 4.3 - UBICAZIONE NUOVA VASCA DI EQUALIZZAZIONE (IN ROSSO) .....	38
FIGURA 4.4 - GRAFICO CHE FORNISCE LA VELOCITÀ DI DENITRIFICAZIONE UTILIZZANDO VARIE FORME DI SUBSTRATO ORGANICO PER I BATTERI DENITRIFICANTI (MASOTTI, 2006) .....	45

## INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 3.1 - CARATTERISTICHE TECNICHE GRIGLIA GROSSOLANA MANUALE ESISTENTE .....	8
TABELLA 3.2 - SCALA DELLE PORTATE .....	10
TABELLA 3.3 - SCALA DELLE PORTATE .....	11
TABELLA 3.4 - CARATTERISTICHE TECNICHE DISSABBIATORE ESISTENTE .....	12
TABELLA 3.5 - CARATTERISTICHE TECNICHE VASCA DI CHIARIFLOCCULAZIONE ESISTENTE .....	13
TABELLA 3.6 - VALORI CARATTERISTICI DEL TEMPO DI RESIDENZA E DEL GRADIENTE DI VELOCITÀ G PER LA MISCELAZIONE E LA FLOCCULAZIONE DELLE ACQUE REFLUE .....	14
TABELLA 3.7 - VALORI DEI PARAMETRI DI PROGETTO PER LA SEDIMENTAZIONE PRIMARIA (METCALF & EDDY, 2006) ...	17
TABELLA 3.8 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCHE DI OSSIDAZIONE ESISTENTI .....	17
TABELLA 3.9 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCHE DI SEDIMENTAZIONE SECONDARIA ESISTENTI .....	20
TABELLA 3.10 - VALORI DEL C.I.S. DI UN SEDIMENTATORE SECONDARIO DI UN PROCESSO A FANGHI ATTIVI (METCALF & EDDY, 2006) .....	20
TABELLA 3.11 - VALORI DEL C.S. DI UN SEDIMENTATORE SECONDARIO DI UN PROCESSO A FANGHI ATTIVI (METCALF & EDDY, 2006) .....	21
TABELLA 3.12 - VALORI DEL CARICO SUPERFICIALE DI SOLIDI SOSPESI DI UN SEDIMENTATORE SECONDARIO DI UN PROCESSO A FANGHI ATTIVI (METCALF & EDDY, 2006) .....	22
TABELLA 3.13 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCA DI CLORAZIONE ESISTENTE .....	23
TABELLA 3.14 - VALORI DEL TEMPO DI CONTATTO PER LA DISINFEZIONE (METCALF & EDDY, 2006) .....	23
TABELLA 3.15 - VALORI DELLA VELOCITÀ ORIZZONTALE DEL LIQUAME IN VASCA DI CLORAZIONE (METCALF & EDDY, 2006) .....	24
TABELLA 3.16 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCHE DI PRE-ISPESSIMENTO ESISTENTI .....	25
TABELLA 3.17 - VALORI DELLA CONCENTRAZIONE DEI FANGHI PRIMA E DOPO L'ISPESSIMENTO, NONCHÉ DEL CARICO DEI SOLIDI, PER ISPESSITORI A GRAVITÀ (METCALF & EDDY, 2006) .....	25
TABELLA 3.18 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DIGESTORE PRIMARIO ESISTENTE .....	29
TABELLA 3.19 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI DIGESTORE SECONDARIO ESISTENTE .....	29
TABELLA 3.20 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCA DI POST-ISPESSIMENTO ESISTENTE .....	31
TABELLA 3.21 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI NASTROPRESSE ESISTENTI.....	33
TABELLA 3.22 - PARAMETRI DISIDRATAZIONE CON NASTROPRESSA (METCALF & EDDY, 2006) .....	33
TABELLA 4.1 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCA DI EQUALIZZAZIONE DI PROGETTO .....	39
TABELLA 4.2 - CARATTERISTICHE TUBAZIONE DI MANDATA ALLE VASCHE DI SEDIMENTAZIONE PRIMARIA ESISTENTI .....	40
TABELLA 4.3 - CARATTERISTICHE DEL LIQUAME AFFLUENTE AI PROCESSI BIOLOGICI .....	42
TABELLA 4.4 - LIMITI NORMATIVI (TAB. 3 ALL. 5 PARTE III D. LGS 152/2006 E S.M.I.) .....	43
TABELLA 4.5 - CONCENTRAZIONI TOLLERABILI ALLO SCARICO .....	43
TABELLA 4.6 - MASSA DI SOLIDI SOSPESI DA SOTTOPORRE A DENITRIFICAZIONE E CONCENTRAZIONE DI SS IN VASCA .	43
TABELLA 4.7 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCHE DI DENITRIFICAZIONE DI PROGETTO .....	44
TABELLA 4.8 - CARATTERISTICHE DIMENSIONALI VASCHE DI NITRIFICAZIONE/OSSIDAZIONE .....	45
TABELLA 4.9 - CALCOLO DEL FABBISOGNO DI OSSIGENO PER L'OSSIDAZIONE .....	45

TABELLA 4.10 - CALCOLO DEL FABBISOGNO DI OSSIGENO COMPLESSIVO PER L'OSSIDAZIONE E LA NITRIFICAZIONE ..... 46

TABELLA 4.11 - RIEPILOGO PARAMETRI OPERATIVI DEL PROCESSO BIOLOGICO ..... 47

# 1 PREMESSA

La presente relazione viene redatta ad integrazione del progetto definitivo denominato "intervento di riqualificazione dell'impianto di depurazione di Battipaglia (SA) ex FIO 107/86", già trasmesso alla Regione Campania a luglio 2018 e aggiornato a settembre 2018, per l'ottenimento del finanziamento nell'ambito delle risorse di cui alla delibera di D.G.R. n. 272 del 15.05.2017, pubblicata sul BURC n. 46 del 09.06.2017.

L'impianto di che trattasi è di proprietà del Consorzio per l'Area di Sviluppo Industriale di Salerno (ASI Salerno) ed è gestito dal Consorzio Gestione Servizi di Salerno (CGS Salerno), società "in house" dell'ASI Salerno.

Per il suddetto progetto i prezzi adottati per la valutazione delle opere civili erano quelli del prezzario della Regione Campania – edizione 2016, validi anche per l'anno 2018, Delibera n. 824 del 28 dicembre 2017, pubblicata sul BURC n. 01 del 02 gennaio 2018, pertanto, si è provveduto all'aggiornamento dei prezzi sulla base del vigente prezzario regionale dei lavori pubblici anno 2023, delibera di D.G.R. n. 50 del 08.02.2023, pubblicata sul BURC n. 13 del 13.02.2023.

Tenuto inoltre conto delle risorse attualmente disponibili a valere sul Piano stralcio FSC 2021-2027 della Regione Campania, di cui alla D.G.R. n. 147 del 30/03/2022, si è altresì provveduto a suddividere l'intervento in due lotti funzionali, come meglio descritto di seguito.

Si evidenzia che l'impianto di depurazione in parola riveste una funzione essenziale non solo per le numerose attività produttive insediante dell'agglomerato industriale di Battipaglia, ma anche per le aziende operanti nei nuclei dei c.d. "cratere salernitano" (Buccino, Contursi, Oliveto Citra e Palomonte), nei quali sono presenti depuratori che, in ragione del notevole pregio ambientale dell'area, non sono autorizzati, in condizioni ordinarie, allo scarico diretto nei corpi idrici superficiali, ma gli effluenti vengono, per l'appunto, conferiti all'impianto di depurazione FIO 107/86 dove subiscono un secondo ciclo di trattamento depurativo. La possibilità di garantire il doppio ciclo depurativo consente inoltre il trattamento di rifiuti liquidi presso gli impianti del cratere, in particolare dei percolati provenienti da discariche pubbliche, condizione che determina un ruolo fondamentale dell'impianto di Battipaglia FIO 107/86 sia per gli aspetti economici, sia per quelli ambientali sottesi al suo corretto funzionamento.

## 2 IMPIANTO DI DEPURAZIONE ESISTENTE

### 2.1 Premessa

L'impianto di depurazione di Battipaglia è ubicato in zona baricentrica rispetto ai Comuni di Battipaglia e di Eboli, in un'area di estensione di circa 12 ha (Figura 2.1).



Figura 2.1 - Veduta impianto di depurazione ex FIO 107/86

L'impianto è stato originariamente progettato e realizzato per il trattamento delle acque reflue civili ed industriali provenienti dall'area industriale di Battipaglia e dalle aree industriali del cratere, per una portata di 25.255 m<sup>3</sup>/d ed una popolazione di circa 200.000 AE. Il progetto ex FIO 107/86 con cui è stato realizzato l'impianto, ha comportato, altresì, la realizzazione di una rete fognaria di tipo misto e diverse stazioni di sollevamento a servizio di insediamenti civili ed industriali nei territori comunali di Battipaglia, Eboli ed Olevano sul Tusciano.

Allo stato attuale, l'impianto di depurazione ex FIO 107/86 tratta i reflui industriali di Battipaglia ed i reflui già pretrattati negli impianti di Buccino, Contursi, Oliveto Citra e Palomonte che pervengono all'impianto tramite apposita condotta, comunemente definita "condotta SNAM", oltre ai reflui prodotti, in percentuale minore, dagli insediamenti civili ed industriali dell'agglomerato industriale di Battipaglia. A tale impianto sono convogliati, mediante bypass, anche i reflui affluenti al "vecchio impianto ASI", ad oggi, dismesso.

Il processo di trattamento implementato è a fanghi attivi, con schema convenzionale, e comprende una linea completa di trattamento acque ed una linea di trattamento fanghi. Allo stato attuale, le unità

potenzialmente utilizzabili della linea fanghi sono riferibili solo alle fasi di post-ispessimento e disidratazione.

## 2.2 Descrizione del ciclo di processo attuale

L'impianto di depurazione ex Fio 107/86 è del tipo a fanghi attivi, con schema di processo convenzionale, come indicato in Figura 2.2.

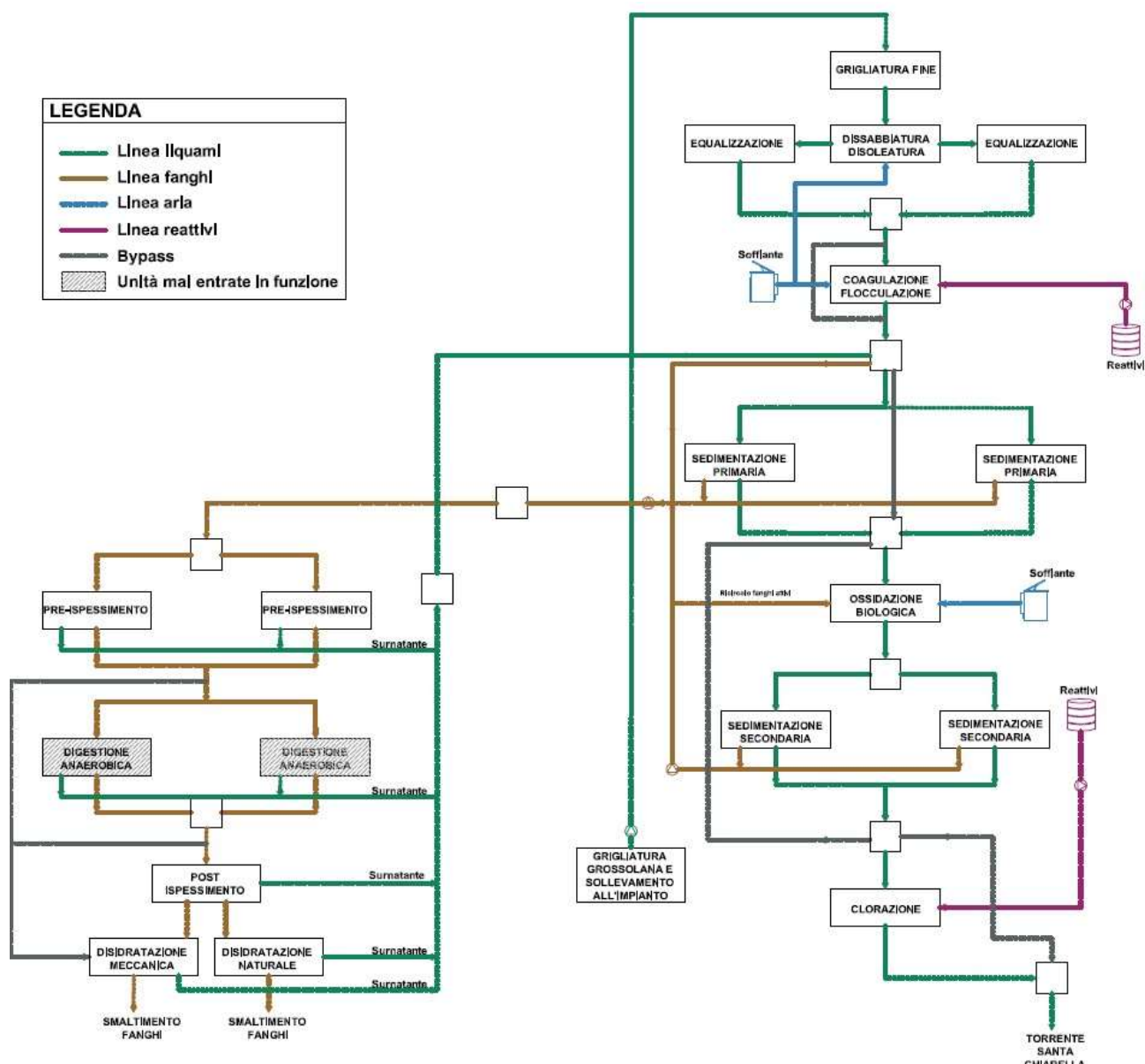


Figura 2.2 - Schema di processo attuale (acquisito dalla procedura di AIA, D.D. n. 167 del 16/07/2015)

Mediante una fognatura del tipo misto, i reflui sono convogliati in un manufatto interrato in c.a. dotato di un setto di separazione intermedio che consente di derivare all'impianto un massimo di cinque volte



la portata media nera di tempo asciutto, sfiorando lateralmente le acque di piena. Il ciclo di trattamento delle acque include il sollevamento dei reflui tramite elettropompe sommergibili a valle della grigliatura grossolana, i trattamenti preliminari di grigliatura fine, dissabbiatura, disoleatura ed equalizzazione. È prevista una successiva fase di chiariflocculazione, attivata in funzione delle caratteristiche dei reflui influenti, ed una fase di sedimentazione primaria. Ciascun trattamento, tranne la grigliatura grossolana, è articolato su doppia linea. A valle della fase di sedimentazione, i reflui confluiscono, per gravità, alle quattro vasche adibite al processo di ossidazione biologica, dotate di diffusori d'aria a bolle fini, e, successivamente, alle vasche di sedimentazione secondaria. Prima dello scarico in corpo idrico superficiale (torrente Santa Chiarella), i reflui subiscono un trattamento di disinfezione mediante clorazione.

I fanghi primari, che si accumulano sul fondo delle vasche di sedimentazione primaria, sono aspirati da pompe monovite e sollevati alla linea di trattamento fanghi. I fanghi prodotti nei sedimentatori secondari sono riciclati in testa alla fase ossidativa, mentre quelli di supero sono inviati nel pozzetto ripartitore e, da qui, ai sedimentatori primari. I fanghi di supero possono, in alternativa, essere inviati direttamente al pozzetto di estrazione dei fanghi.

La linea di trattamento fanghi comprende da progetto le seguenti fasi: pre-ispessimento, digestione anaerobica, post-ispessimento, disidratazione meccanica mediante nastropressatura o disidratazione naturale in letti di essiccamento. La disidratazione rappresenta difatti l'ultima fase di trattamento in quanto l'impianto di incenerimento, originariamente previsto, non è mai entrato in funzione. Allo stato attuale, le unità potenzialmente utilizzabili della linea fanghi sono riferibili solo alle fasi di post-ispessimento e disidratazione.

## **2.3 Linea liquami**

### **2.3.1 Trattamenti preliminari**

I reflui pervengono all'impianto di depurazione ex FIO 107/86 all'interno di un manufatto interrato in c.a., che, grazie alla presenza di un setto di separazione intermedio, è allo stesso tempo pozzetto di arrivo, e dunque nodo di convergenza delle acque da trattare, e pozzetto di scarico e quindi nodo di raccolta e smaltimento delle acque trattate dall'impianto. Il setto intermedio oltre a separare i pozzetti di arrivo-scarico, trattandosi di una fognatura di tipo mista, consente di derivare all'impianto un massimo di cinque volte la portata media nera di tempo asciutto, sfiorando lateralmente le acque di piena, non appena la portata supera l'altezza del setto. Dal pozzetto di arrivo, i reflui sono convogliati mediante tubazione verso la grigliatura grossolana, prevista unicamente a protezione dell'impianto di

sollevamento, nonché per trattenere solidi grossolani con diametro superiore ai 10 cm. È realizzata mediante una griglia di acciaio al carbonio zincato a caldo, a pulizia manuale, installata all'interno di un canale che termina nella vasca in cui sono alloggiati le pompe per il sollevamento dei liquami. Dal canale di grigliatura grossolana i reflui giungono all'interno della vasca di sollevamento iniziale, ubicata in un manufatto in c.a., interrato, con annesso locale fuori terra all'interno del quale sono installati i quadri elettrici di comando della stazione di sollevamento. Nella vasca sono inoltre installate due sonde che effettuano, in tempo reale, misure di pH e redox. Sulla tubazione che solleva i reflui verso i trattamenti preliminari è installato un misuratore magnetico di portata. A valle del sollevamento, i reflui sono inviati alla grigliatura fine, il cui comparto è costituito da due unità operanti in parallelo, ciascuna dimensionata per trattare l'intera portata di punta addotta all'impianto. Inoltre vi è una griglia manuale sul canale di by-pass. A valle della grigliatura, i reflui sono sottoposti ad una fase di dissabbiatura e disoleatura, che avviene in due unità operanti in parallelo. I dissabbiatori sono del tipo aerato, affiancati, a vasca rettangolare, in ognuno dei quali è installato un ponte dissabbiatore. L'estrazione delle sabbie dall'unità di dissabbiatura avviene mediante una tubazione  $\varnothing$  150. Lateralmente rispetto ai trattamenti preliminari, vi sono due vasche di equalizzazione gemelle, realizzate in terra con manto plastico di rivestimento. In ognuna delle due vasche il liquame è miscelato mediante n. 3 mixer per evitare la sedimentazione dei solidi sul fondo delle stesse, nonché per omogeneizzare le caratteristiche chimico-fisiche dei reflui. Sono, inoltre, presenti n. 2 aeratori per vasca che consentono una preaerazione del liquame al fine di prevenire lo sviluppo di odori molesti. Oltre ai reflui provenienti dal sollevamento iniziale, sono riportati in testa ai trattamenti preliminari, mediante una tubazione  $\varnothing$  100, anche le schiume prodotte nelle vasche di sedimentazione primaria. Successivamente il liquame defluisce verso il trattamento di chiariflocculazione. Le unità impiantistiche del chimico-fisico e le relative opere elettromeccaniche non sono in funzione perché il trattamento, sulla base delle caratteristiche del liquame influente, non è ritenuto utile per l'efficacia del processo depurativo. Per la chiariflocculazione sono previste n. 2 vasche, realizzate in c.a., in adiacenza l'una all'altra.

### **2.3.2 Sedimentazione primaria**

A valle della fase di chiariflocculazione, mediante un pozzetto partitore, i reflui sono convogliati, a gravità, in due vasche di sedimentazione primaria, a pianta circolare. I fanghi accumulatisi sul fondo dei sedimentatori vengono aspirati dalle pompe monovite ubicate nel pozzetto sollevamento fanghi, per essere poi inviati ai pre-ispessitori. Ai sedimentatori primari giungono anche i fanghi di supero provenienti dal pozzetto fanghi di supero posto a valle dell'ossidazione. Gli oli ed i grassi, raccolti nei

sedimentatori mediante la lama schiumatrice superficiale, vengono aspirati attraverso pompe ubicate nel pozzetto sollevamento fanghi ed inviati in testa ai trattamenti preliminari. Il pozzetto partitore, oltre a dividere la portata influente nelle due vasche di sedimentazione primaria, consente di by-passare la fase di sedimentazione primaria, inviando i reflui nelle vasche di ossidazione, mediante una tubazione  $\varphi$  700.

### **2.3.3 Ossidazione**

A valle della sedimentazione primaria, il liquame è sottoposto al trattamento ossidativo che avviene in n. 4 vasche attigue, in c.a., seminterrate. L'afflusso del liquame alle quattro vasche avviene attraverso una tubazione in PVRF confluyente in un canale posto in testa alle vasche ed in collegamento con le stesse, dove sono convogliati anche i fanghi secondari biologici di ricircolo mediante sollevamento. Il liquame arriva tramite due paratoie, in due canali attigui, che si estendono per l'intera larghezza della vasca. Questi canali sono separati tra loro mediante un setto divisorio centrale in c.a., in modo da lavorare su due linee di ossidazione separate e parallele, e sono collegati con le vasche di ossidazione tramite otto paratoie, due per ogni vasca, mediante le quali è possibile, in caso di mal funzionamento o manutenzione di una vasca, far convergere il liquame nelle altre vasche. La miscela aerata esce dal fondo delle quattro vasche di ossidazione tramite uno sfioro posto su tutta la larghezza e perviene in un'altra canaletta di raccolta delle acque, confluyente a sua volta in un pozzetto di alimentazione dei sedimentatori secondari. I fanghi di supero vengono sollevati al pozzetto ripartitore dei sedimentatori primari mentre i fanghi di ricircolo sono sollevati in testa all'ossidazione nella canaletta iniziale. L'ossigeno occorrente per l'ossidazione del BOD e per la nitrificazione dell'ammoniaca è fornito mediante diffusori porosi a bolle fini a disco con membrana porosa in polietilene, disposti a tappeto. Sono previste due turbosoffianti monostadio da 250 kW con diffusore variabile e servomotore.

Le pompe di supero sono due e del tipo centrifughe immerse a girante monocanale. Le pompe per il ricircolo sono quattro e del tipo centrifughe immerse con giranti ad elica ad asse verticale.

### **2.3.4 Sedimentazione secondaria**

Dal pozzetto di ossidazione il liquame aerato confluisce, a gravità, nelle vasche di sedimentazione secondaria, in c.a., seminterrate, a pianta circolare. Il carroponete raschiafanghi, aspirando il fango con estrazione diretta dal fondo attraverso tubi aspiranti verticali in PVC installati su tutta la lunghezza, lo convoglia in un pozzetto posto lateralmente al centro della vasca stessa con il principio dei vasi comunicanti. Sono presenti delle valvole telescopiche per regolare la portata da aspirare. Il fango decantato viene inviato al pozzetto di raccolta posto al centro della vasca, al di sopra della zona d'immissione del liquido, tramite tubazione sifonata innescata da una pompa a vuoto temporizzata. I

fanghi, accumulatisi al centro di ciascuna vasca pervengono al pozzetto di raccolta fanghi di ricircolo/supero ubicato a valle delle vasche di ossidazione.

### **2.3.5 Disinfezione**

L'effluente dei sedimentatori secondari confluisce, a gravità, in un pozzetto posto in testa alla vasca di clorazione. In tale pozzetto avviene la miscelazione dell'ipoclorito di sodio con il liquame, in genere in pochi secondi, ed attuata sfruttando l'energia del liquame in uscita dai sedimentatori, in modo da evitare l'utilizzo di mezzi meccanici soggetti ad usura. Il liquame defluisce a gravità nella vasca di clorazione, seminterrata in c.a., dove avviene la fase di contatto con l'agente disinfettante, ovvero una soluzione di ipoclorito di sodio al 14%. All'interno della vasca di clorazione è installato un misuratore di cloro che, inviando la misura al sistema centrale, attiva delle pompe dosatrici del tipo a pistone tuffante, che immettono cloro nella vasca in base al set-point impostato sul sistema centrale.

La vasca è con flusso a pistone. Sono presenti due deflettori per evitare la formazione di zone morte e cortocircuiti. La vasca è dotata di setti longitudinali, opportunamente posizionati, che consentono di assicurare il tempo di contatto utile al processo di disinfezione. Il liquame in uscita dalla vasca è convogliato dapprima in un pozzetto di calma e poi al pozzetto di scarico, mediante una tubazione  $\varnothing$  700, con funzionamento a gravità.

Il trattamento di disinfezione può essere by-passato mediante una paratoia posta all'interno del pozzetto di testa e con una tubazione collegata direttamente al pozzetto di uscita della vasca di clorazione. Il pozzetto di scarico è un manufatto interrato in c.a. la cui funzione è quella sia di nodo di convergenza di tutte le acque da trattare convogliate dai collettori sia, allo stesso tempo, per mezzo di un setto di separazione intermedio, di nodo di raccolta e smaltimento delle acque trattate dall'impianto. In uscita dal pozzetto vi è una tubazione diretta verso il torrente Santa Chiarella.

## **2.4 Linea fanghi e linea biogas**

La linea di trattamento dei fanghi comprende da progetto le seguenti fasi: pre-ispessimento, digestione anaerobica, post-ispessimento, disidratazione meccanica mediante nastropressatura o disidratazione naturale in letti di essiccamento. Per il recupero del biogas prodotto dalla digestione anaerobica dei fanghi sono presenti un desolforatore, un gasometro ed una torcia, nonché un impianto di cogenerazione.

La disidratazione rappresenta difatti l'ultima fase di trattamento in quanto l'impianto di incenerimento, originariamente previsto, non è mai entrato in funzione. Allo stato attuale, le unità potenzialmente utilizzabili della linea fanghi sono riferibili solo alle fasi di post-ispessimento e disidratazione.

La linea di trattamento del biogas non è mai entrata in funzione in quanto non è stata mai attuata la digestione anaerobica dei fanghi.

## 3 VERIFICHE FUNZIONALI DELLE UNITÀ IMPIANTISTICHE E CRITICITÀ RISCONTRATE

Le verifiche dimensionali delle unità di processo esistenti sono state condotte verificando la potenzialità generica di ogni specifica fase di trattamento in termini di portata e di abitanti equivalenti. La verifica preliminare dei carichi sostenibili dalle differenti unità è stata effettuata sulla base di parametri tipici di reflui civili, dati i carichi influenti all'impianto.

### 3.1 Trattamenti preliminari

#### 3.1.1 Grigliatura grossolana

Il pozzetto per la grigliatura grossolana e la vasca per il sollevamento iniziale dei reflui affluenti all'impianto di depurazione ex FIO 107/86 sono ubicati in un manufatto interrato in c.a. composto da due sezioni contigue, rispettivamente di dimensioni in pianta 2,4 x 4,2 m e 10,6 x 7,1 m, e da un locale fuori terra, all'interno del quale sono installati i quadri elettrici di comando della stazione di sollevamento. In Tabella 3.1 sono riportate le caratteristiche tecniche della griglia grossolana.

**Tabella 3.1 - Caratteristiche tecniche griglia grossolana manuale esistente**

altezza griglia	2,10	m
larghezza griglia	1,66	m
inclinazione rispetto alla verticale	15	°
n. barre	16	
luce tra le barre	100	mm
larghezza barre	50	mm
spessore barre	10	mm
larghezza canale	1,80	m
altezza canale	1,90	

La velocità di avvicinamento del liquame alla griglia deve essere almeno pari a 0,5-0,6 m/s al fine di minimizzare il deposito di materiali solidi nel canale e non superiore a 0,9-1,2 m/s per evitare il passaggio attraverso la griglia di materiali solidi o il trascinarsi di quelli rimossi. Facendo riferimento ai valori massimi e minimi che può assumere la velocità del fluido nel canale, è possibile condurre una verifica preliminare dei carichi sostenibili dall'unità di grigliatura grossolana, ricavando i valori delle portate che il comparto è in grado di trattare.

Il canale in cui è installata la griglia è un canale a pelo libero, che presenta dunque la parte superiore della sezione liquida a contatto con l'atmosfera. Elementi caratteristici della corrente nella sezione sono la quota raggiunta dall'acqua rispetto al fondo, detta tirante idrico  $h$ , la superficie occupata dall'acqua detta sezione bagnata  $A$ , funzione del tirante idrico, ed il contorno o perimetro bagnato  $P$  sempre funzione di  $h$ , come del resto anche la stessa portata che transita nella sezione. Note forma e dimensioni della sezione trasversale del canale, la sua scabrezza e la pendenza del fondo, è possibile determinare il valore che assume la portata  $Q$  al variare del tirante idrico  $h$ , costruendo nel piano cartesiano quella che è nota come "scala delle portate".

Se le caratteristiche della sezione e la scabrezza delle pareti non cambiano al variare dell'ascissa curvilinea, il moto della corrente si può assumere uniforme. In condizioni di moto uniforme la velocità  $v$  del fluido è legata alle caratteristiche del canale, e, dunque, alla sua pendenza, scabrezza, e forma della sezione, ed alle caratteristiche della corrente, e quindi al tirante idrico, ed al raggio idraulico, pari al rapporto tra sezione e contorno bagnato, secondo la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler:

$$v = k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

$k$  = coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler tabellato in funzione del tipo di materiale,  $L^{1/3} T^{-1}$ ;

$R$  = raggio idraulico, L;  $i$  = pendenza del fondo del canale.

Essendo la portata  $Q$  pari al prodotto della velocità  $v$  del fluido per l'area della sezione attraversata  $A$ , si ottiene la seguente relazione:

$$Q = k \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{\frac{1}{2}} \cdot A$$

$m^{1/3}$

Quindi assumendo un coefficiente di scabrezza  $k$  pari a 70  $m^{1/3}$  (canale in calcestruzzo in esercizio da diversi anni), nota la larghezza  $B$  del canale, pari a 1,8 m, con una pendenza del fondo  $i$  dello 0,1%

, riferendosi alla relazione sopra riportata, è facile tracciare per punti la scala delle portate. Assegnando infatti  $h$ , si ottiene la sezione bagnata  $A = h \cdot b$  ed il contorno bagnato  $P = 2 \cdot h + b$ . Dal rapporto tra sezione e perimetro bagnato si ricava il raggio idraulico  $R = \frac{h \cdot b}{2 \cdot h + b}$  ed infine la velocità  $v$  e la portata  $Q$ .

In Tabella 3.2 si riportano i calcoli svolti (approssimati alla seconda cifra decimale) per la costruzione della scala delle portate.

Tabella 3.2 - Scala delle portate

h m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	v m/s	Q m <sup>3</sup> /s	Q m <sup>3</sup> /d	AE
0,00	0,00	1,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,09	1,90	0,05	0,29	0,03	2253	11.267
0,10	0,18	2,00	0,09	0,44	0,08	6914	34.569
<b>0,15</b>	<b>0,27</b>	<b>2,10</b>	<b>0,13</b>	<b>0,56</b>	<b>0,15</b>	<b>13154</b>	<b>65.772</b>
0,20	0,36	2,20	0,16	0,66	0,24	20598	102.992
0,25	0,45	2,30	0,20	0,75	0,34	29006	145.028
0,30	0,54	2,40	0,23	0,82	0,44	38206	191.028
0,35	0,63	2,50	0,25	0,88	0,56	48071	240.357
<b>0,40</b>	<b>0,72</b>	<b>2,60</b>	<b>0,28</b>	<b>0,94</b>	<b>0,68</b>	<b>58504</b>	<b>292.519</b>
0,45	0,81	2,70	0,30	0,99	0,80	69424	347.121
0,50	0,90	2,80	0,32	1,04	0,93	80769	403.844
0,55	0,99	2,90	0,34	1,08	1,07	92485	462.426
0,60	1,08	3,00	0,36	1,12	1,21	104529	522.645
0,65	1,17	3,10	0,38	1,16	1,35	116864	584.320
0,70	1,26	3,20	0,39	1,19	1,50	129458	647.291
<b>0,75</b>	<b>1,35</b>	<b>3,30</b>	<b>0,41</b>	<b>1,22</b>	<b>1,65</b>	<b>142285</b>	<b>711.424</b>

Affinché vengano assicurati i valori massimi e minimi che la velocità del fluido può assumere all'interno del canale di grigliatura grossolana, l'unità è in grado di trattare portate che vanno da circa 13.000 a circa 140.000 m<sup>3</sup>/d, considerando un range di velocità comprese tra 0,5 e 1,2 m/s. Volendo, invece, mantenersi in condizioni di sicurezza e dunque considerare una velocità massima pari a 0,9 m/s, la massima portata trattabile sarà circa 58.500 m<sup>3</sup>/d. Volendo esprimere il carico dell'utenza in termini omogenei e confrontabili con le utenze civili, è possibile risalire, a partire dalla portata, al numero di abitanti equivalenti che l'unità può servire. Si ricorda che l'abitante equivalente (AE) è definito all'art. 74 comma 1 lett. a) del D. Lgs 152/2006 come "*carico organico biodegradabile avente una richiesta di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno*".

Pertanto, assumendo una dotazione idrica procapite pari a  $250 \text{ ab-d} \text{---}^l$ , ed un coefficiente di afflusso in fogna pari a 0,8 (rapporto tra la portata effettivamente scaricata in fognatura e quella teoricamente calcolata in base alla dotazione idrica soggetta a infiltrazioni ed evaporazioni), si ricava che, volendo garantire una velocità minima del fluido pari a 0,5 m/s, è possibile servire circa **65.770** abitanti equivalenti, mentre ad una velocità massima di 0,9 m/s corrispondono circa **292.500** abitanti equivalenti.

### 3.1.2 Grigliatura fine, dissabbiatura/disoleatura

Il comparto di grigliatura fine è costituito da due unità operanti in parallelo, ciascuna dimensionata per trattare l'intera portata di punta adottata all'impianto.

Per effettuare la verifica dei carichi sostenibili si procede, come illustrato precedentemente, con la costruzione della scala delle portate, calcolando dapprima la velocità e poi ricavando la portata con la formula di Chezy con coefficiente di scabrezza di Gauckler-Strickler.

$$m^{1/3}$$

Si assume un coefficiente di scabrezza  $k$  pari a  $70 \text{ ---}_s$  (canale in calcestruzzo in esercizio da diversi anni), con una larghezza  $B$  del canale pari a 1 m e con una pendenza  $i$  del fondo dello 0,1%. In Tabella 3.3 si riportano i calcoli effettuati.

Tabella 3.3 - Scala delle portate

h m	A m <sup>2</sup>	P m	R m	v m/s	Q m <sup>3</sup> /s	Q m <sup>3</sup> /d	AE
0,00	0,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
0,05	0,05	1,10	0,05	0,28	0,01	1218	6.090
0,10	0,10	1,20	0,08	0,42	0,04	3649	18.244
<b>0,15</b>	<b>0,15</b>	<b>1,30</b>	<b>0,12</b>	<b>0,52</b>	<b>0,08</b>	<b>6799</b>	<b>33.997</b>
0,20	0,20	1,40	0,14	0,60	0,12	10453	52.265
0,25	0,25	1,50	0,17	0,67	0,17	14481	72.403
0,30	0,30	1,60	0,19	0,73	0,22	18796	93.980
0,35	0,35	1,70	0,21	0,77	0,27	23340	116.698
0,40	0,40	1,80	0,22	0,81	0,32	28067	140.335
0,45	0,45	1,90	0,24	0,85	0,38	32946	164.728
0,50	0,50	2,00	0,25	0,88	0,44	37950	189.749
<b>0,55</b>	<b>0,55</b>	<b>2,10</b>	<b>0,26</b>	<b>0,91</b>	<b>0,50</b>	<b>43060</b>	<b>215.298</b>
0,60	0,60	2,20	0,27	0,93	0,56	48259	241.297
0,65	0,65	2,30	0,28	0,95	0,62	53536	267.682
0,70	0,70	2,40	0,29	0,97	0,68	58880	294.400
0,75	0,75	2,50	0,30	0,99	0,74	64282	321.408
0,80	0,80	2,60	0,31	1,01	0,81	69734	348.671
0,85	0,85	2,70	0,31	1,02	0,87	75232	376.158



0,90	0,90	2,80	0,32	1,04	0,93	80769	403.844
0,95	0,95	2,90	0,33	1,05	1,00	86341	431.707
1,00	1,00	3,00	0,33	1,06	1,06	91946	459.728
1,05	1,05	3,10	0,34	1,08	1,13	97578	487.891
1,10	1,10	3,20	0,34	1,09	1,19	103236	516.182
1,15	1,15	3,30	0,35	1,10	1,26	108918	544.589
1,20	1,20	3,40	0,35	1,11	1,33	114620	573.101
1,25	1,25	3,50	0,36	1,11	1,39	120342	601.709
1,30	1,30	3,60	0,36	1,12	1,46	126081	630.404
1,35	1,35	3,70	0,36	1,13	1,53	131836	659.179
1,40	1,40	3,80	0,37	1,14	1,59	137606	688.028
1,45	1,45	3,90	0,37	1,14	1,66	143389	716.944
1,50	1,50	4,00	0,38	1,15	1,73	149185	745.923
<b>h</b>	<b>A</b>	<b>P</b>	<b>R</b>	<b>v</b>	<b>Q</b>	<b>Q</b>	<b>AE</b>
<b>m</b>	<b>m<sup>2</sup></b>	<b>m</b>	<b>m</b>	<b>m/s</b>	<b>m<sup>3</sup>/s</b>	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	
1,55	1,55	4,10	0,38	1,16	1,79	154992	774.959
1,60	1,60	4,20	0,38	1,16	1,86	160810	804.048
1,65	1,65	4,30	0,38	1,17	1,93	166637	833.187
1,70	1,70	4,40	0,39	1,17	2,00	172474	862.372
1,75	1,75	4,50	0,39	1,18	2,06	178320	891.600
1,80	1,80	4,60	0,39	1,18	2,13	184174	920.868
1,85	1,85	4,70	0,39	1,19	2,20	190035	950.173
1,90	1,90	4,80	0,40	1,19	2,27	195903	979.513
<b>1,95</b>	<b>1,95</b>	<b>4,90</b>	<b>0,40</b>	<b>1,20</b>	<b>2,34</b>	<b>201777</b>	<b>1.008.886</b>

Volendo assicurare una velocità minima di 0,5 m/s ed una velocità massima di 0,9 m/s, mantenendosi in condizioni di sicurezza, il comparto di grigliatura fine è in grado di trattare portate che vanno da circa 7.000 a circa 43.000 m<sup>3</sup>/d. E, dunque, assumendo una dotazione idrica procapite pari a 250 <sup>ab-d</sup> \_\_\_<sup>l</sup>, ed un coefficiente di afflusso in fogna pari a 0,8, si ottiene un range di abitanti equivalenti da servire che va da circa **34.000** a circa **215.000**.

Le caratteristiche tecniche di ciascun dissabbiatore aerato sono riportate in Tabella 3.4.

**Tabella 3.4 - Caratteristiche tecniche dissabbiatore esistente**

superficie utile	85	m <sup>2</sup>
volume utile	250	m <sup>3</sup>
n. diffusori per vasca	18	
n. calate per vasca	9	
n. diffusori per calata	2	

distanza diffusori dal fondo	30	cm
portata d'aria unitaria	15	Nm <sup>3</sup> /h

L'efficienza di rimozione delle sabbie, di diametro uguale o maggiore di 0,2 mm, è funzione del tempo di residenza del fluido in vasca, delle dimensioni della stessa e della quantità di aria fornita. Il tempo di residenza idraulico deve essere compreso tra 2 e 5 min. Ad influenzare l'efficienza del processo è anche la velocità assunta dal fluido: se essa risulta eccessiva, allora la sabbia è trascinata fuori dalla vasca, mentre, al contrario, se risulta troppo bassa, la sostanza organica è rimossa insieme alle particelle di sabbia. Il carico idraulico superficiale, che fisicamente assume il significato di una velocità, è opportuno che non superi i 50  $m^2 \cdot d^{-1}$ .

Il valore di portata che l'unità è in grado di trattare, obiettivo della verifica dei carichi sostenibili, si ottiene imponendo un tempo di detenzione di 5 min.

$$Q = \frac{V}{t_c} = \frac{500 \text{ m}^3}{5 \text{ min}} = 100 \frac{\text{m}^3}{\text{min}} = 1.440 \frac{\text{m}^3}{\text{d}} = 144.000 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Facendo riferimento al carico idraulico superficiale, indice della velocità assunta dal liquame, si ottiene:

$$Q = C. i. s. \cdot A = \frac{50 \text{ m}^2 \cdot d^{-1} \cdot h^2 \cdot 24}{170 \text{ m}} \cdot d^h = 204.000 \text{ m}^3 \text{ d}^{-1}$$

Tra i due valori si sceglie il minore, ossia 144.000 m<sup>3</sup>/d che corrisponde a circa **720.000** abitanti equivalenti.

### 3.1.3 Chiariflocculazione

Il trattamento chimico-fisico avviene in n. 2 vasche di flocculazione e precipitazione, a servizio delle quali è presente un blocco per lo stoccaggio ed il dosaggio dei reattivi chimici. Le due vasche di flocculazione sono realizzate in adiacenza l'una all'altra, sono entrambe in c.a. con dimensioni 12,45 x 7,40 m ed altezza 4,70 m e sono munite di setti che conferiscono al liquame quell'andamento tipico delle vasche adibite al processo di clorazione, atto ad aumentare il tempo di contatto con i reagenti e

a favorire la flocculazione delle particelle solide. Le caratteristiche tecniche delle vasche di chiariflocculazione sono riportate in Tabella 3.5.

**Tabella 3.5 - Caratteristiche tecniche vasca di chiariflocculazione esistente**

volume utile comparto coagulazione	15,30	m <sup>3</sup>
volume utile comparto flocculazione	475	m <sup>3</sup>
n. diffusori per vasca	16	
n. calate per vasca	8	
n. diffusori per calata	2	
distanza diffusori dal fondo	30	cm
portata d'aria unitaria	10	Nm <sup>3</sup> /h

I parametri che governano il dimensionamento e l'operatività del trattamento chimico-fisico di chiariflocculazione sono il tempo di contatto  $\tau$  dei reattivi con le particelle colloidali ed il gradiente medio di velocità  $G$ , instaurato all'interno del comparto ad opera del sistema di agitazione meccanico.

Il valore di  $G$  dipende a sua volta dalla potenza trasferita al fluido, dalla viscosità del fluido e dal volume del bacino, secondo la seguente relazione:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}}$$

dove:  $G$  = gradiente medio di velocità, T<sup>-1</sup>;

$P$  = potenza trasferita al fluido, ML<sup>2</sup>T<sup>-1</sup>:  $\mu$  =

viscosità dinamica del fluido, ML<sup>-1</sup>T<sup>-1</sup>;

$V$  = volume del reattore, L<sup>3</sup>.

Valori caratteristici del tempo di residenza e del gradiente di velocità per le diverse condizioni di miscelazione delle acque reflue sono riportate in Tabella 3.6.

**Tabella 3.6 - Valori caratteristici del tempo di residenza e del gradiente di velocità  $G$  per la miscelazione e la flocculazione delle acque reflue**

Processo	Intervallo di valori	
	Tempo di residenza	$G$ , s <sup>-1</sup>

Operazione di miscelazione rapida nel trattamento delle acque reflue	5-30 s	500-1500
Processi di flocculazione utilizzati nel trattamento dei reflui	30-60 min	50-100

Nella fase di miscelazione rapida la massima efficacia del coagulante si ha quando i reagenti vengono immediatamente a contatto con le particelle colloidali da neutralizzare e destabilizzare, con un'azione molto breve ed intensa. Si opera quindi con tempi di detenzione dell'ordine di 5-30 s. Tempi superiori sono eccessivi, in quanto i fiocchi già formati tendono a disgregarsi, venendo conseguentemente diminuita l'efficacia della successiva fase di flocculazione.

Nella fase di flocculazione si adottano, invece, tempi di detenzione compresi tra i 30 ed i 60 min; solitamente, però, nella progettazione si assume un tempo di detenzione pari a 20 min. Il gradiente di velocità, e quindi anche la potenza fornita al fluido, sono più bassi che nella fase di miscelazione rapida, per non danneggiare il fiocco.

Ai fini della verifica dei carichi sostenibili, noto il volume delle vasche, a partire dal tempo di contatto, è possibile risalire alla portata che l'unità è in grado di trattare. È inoltre possibile ricavare, mediante la relazione sopra indicata, il valore del gradiente di velocità instaurato all'interno del comparto per verificare l'efficacia del trattamento di miscelazione, confrontando il dato così ricavato con quello riportato in Tabella 3.6.

Il comparto di miscelazione rapida prevede due unità aventi dimensioni in pianta 1,50 x 1,50 m ed altezza 3,40 m, con un volume utile totale pari a 15,30 m<sup>3</sup>. Assumendo un tempo di contatto pari a 30 s, massimo valore del range di riferimento a cui corrisponde il valore minimo di portata, si ottiene:  $V = 15,30 \text{ m}^3$

$$Q = \frac{V}{t_c} = \frac{15,30 \text{ m}^3}{30 \text{ s}} = 0,51 \frac{\text{m}^3}{\text{s}} = 1,836 \frac{\text{m}^3}{\text{h}}$$

Considerando una dotazione idrica procapite pari a 250  $\frac{\text{ab-d}}{\text{d}}$  l, ed un coefficiente di afflusso in fogna pari a 0,8, tale valore di portata corrisponde a **220.320** abitanti equivalenti.

In totale la potenza trasferita al fluido è 12 kW, da cui, assumendo una temperatura di 15° C e la viscosità dinamica del liquame pari a quella dell'acqua, si ricava:

$$G = \sqrt{\frac{P}{\mu \cdot V}} = \sqrt{\frac{12.000 \text{ W}}{1,139 \cdot 10^{-3} \text{ m}^2 \cdot 15,30 \text{ m}}} \cong 830 \frac{\text{N} \cdot \text{m}}{\text{N} \cdot \text{s}^3} \text{ s}^{-1}$$

Tale valore è in perfetto accordo con quanto riportato in Tabella 3.6.

La flocculazione avviene mediante l'insufflazione di aria a mezzo dei 16 diffusori a candela installati in ognuna delle due vasche, con una portata unitaria di circa 10 Nm<sup>3</sup>/h.

L'espressione del gradiente di velocità diventa:

$$G = \frac{P}{\mu \cdot V} = \frac{\rho_{liquame} \cdot Q_{aria} \cdot H}{\mu \cdot V}$$

dove:  $\rho_{liquame}$  = peso specifico del liquame, ML<sup>-3</sup>;

$Q_{aria}$  = portata d'aria, L<sup>3</sup>T<sup>-1</sup>; H =

profondità d'immissione aria, L;  $\mu$  =

viscosità dinamica del fluido, MT<sup>-1</sup>L<sup>-1</sup>;

V = volume del bacino, L<sup>3</sup>.

Assimilando le proprietà fisiche del liquame a quelle dell'acqua ed assumendo una temperatura di 15 °C, si ottiene:

$$G = \frac{1.000 \frac{kg}{m^3} \cdot 320 \frac{m^3}{h} \cdot \frac{h}{3.600 s} \cdot 3,4 m}{1,139 \cdot 10^{-4} \frac{kg \cdot s}{m^2} \cdot 475 m^3} \cong 75 s^{-1}$$

Il gradiente di velocità ricavato rientra ancora una volta nell'intervallo riportato in Tabella 3.6.

In riferimento al tempo di detenzione, l'unità di chiariflocculazione può trattare una portata pari a:

$$Q = \frac{V}{t_c} = \frac{475 m^3}{20 min} \cdot 60 \frac{min}{h} = 1.425 \frac{m^3}{h} \text{ per } \tau = 20 \text{ min};$$

$$Q = \frac{V}{t_c} = \frac{475 m^3}{60 min} \cdot 60 \frac{min}{h} = 475 \frac{m^3}{h} \text{ per } \tau = 60 \text{ min};$$

Pertanto è possibile servire **171.000** abitanti equivalenti, con un tempo di contatto pari a 20 min, e **57.000** abitanti equivalenti con un tempo di contatto di 60 min.

### **Criticità riscontrate**

Oltre agli ordinari sistemi di controllo manuale di cui sono dotate tutte le apparecchiature elettromeccaniche, esiste un'unità intelligente di controllo a distanza che consente la gestione automatizzata della maggior parte delle apparecchiature installate nell'impianto di depurazione di Battipaglia e nelle stazioni di sollevamento ad esso collegate e distribuite sul territorio. Tale sistema di telecontrollo non è però, attualmente, funzionante. Le sonde per la misura del pH e del redox non sono in funzione.

Nelle vasche di equalizzazione sono in esercizio solo due mixer sui sei predisposti in totale ed i quattro flow-jet non sono funzionanti. Inoltre, i miscelatori e gli aeratori, data la loro posizione lungo il lato maggiore del blocco dei trattamenti preliminari, non consentono un'adeguata agitazione e miscelazione in tutto il bacino di equalizzazione. Immediatamente al di sotto delle vasche di equalizzazione è presente una falda acquifera. La scelta di realizzare le due unità in terra e con telo plastico di impermeabilizzazione, nella situazione idrogeologica riscontrata, non assicura un'adeguata protezione della falda da rischio di inquinamento in caso di cedimento dell'impermeabilizzazione. L'eventuale degradazione, rottura o lacerazione delle guaine plastiche comporterebbe infatti l'immissione diretta del refluo in falda.

Inoltre, a causa del non funzionamento del sistema di telecontrollo, nonché di una delle due pompe adibite al sollevamento del liquame dalle vasche di accumulo a quelle di chiariflocculazione, l'immissione dei reflui dal comparto di equalizzazione al successivo di chiariflocculazione avviene, attualmente, solo mediante sfioro laterale.

## **3.2 Sedimentazione primaria**

Il processo di sedimentazione primaria avviene in n. 2 vasche uguali, in c.a., seminterrate, di pianta circolare, con diametro esterno di 23,10 m ed altezza variabile tra 3,45 m e 6,10 m. I valori dei parametri di progetto per la sedimentazione primaria sono indicati in Tabella 3.7.

**Tabella 3.7 - Valori dei parametri di progetto per la sedimentazione primaria (Metcalf & Eddy, 2006)**

<b>Sedimentatori primari con immissione di fanghi di supero secondari</b>			
<b>Voce</b>	<b>Unità di misura</b>	<b>Intervallo</b>	<b>Valore tipico</b>
tempo di residenza	h	1,5-2,5	2
carico idraulico superficiale (C.i.s.)			
portata media	$m^3$	24-32	28
	$\frac{m^3}{m^2 \cdot d}$		

portata di punta	$\frac{m^3}{m^2 \cdot d}$	48-70	60
carico allo stramazzo	$\frac{m^3}{m \cdot d}$	125-500	250

Con riferimento ai valori riportati in Tabella 3.7, noto il volume utile della sedimentazione primaria, si calcola il valore della portata per ogni parametro di interesse.

$$Q = \frac{V}{t_c} = \frac{2.068 \text{ m}^3}{2 \text{ h}} \cdot \frac{24 \text{ h}}{d} = \frac{24.811 \text{ m}^3}{d}$$

$$Q = C. i. s. \cdot A = \frac{28 \text{ m}^3}{22.266 \text{ m}^2} \cdot d^2 = \frac{24.811 \text{ m}^3}{d}$$

$$Q = C. s. \cdot Ls = 250 \frac{\text{m}^3}{\text{m} \cdot d} \cdot 141,4 \text{ m} = 35.343 \frac{\text{m}^3}{d}$$

La portata che i due sedimentatori sono in grado di trattare è di poco inferiore a quella di progetto ed autorizzata con D.G. n. 167 del 16/07/2015 - AIA, pari a 25.255 m<sup>3</sup>/d. Inoltre, le vasche presentano dei problemi riguardanti la tenuta idraulica delle opere civili.

### 3.3 Ossidazione

Il processo ossidativo dei reflui avviene in n. 4 vasche attigue, in c.a., seminterrate, le cui caratteristiche sono riportate in Tabella 3.8.

**Tabella 3.8 - Caratteristiche dimensionali vasche di ossidazione esistenti**

Lunghezza utile unitaria	47,2	m
Larghezza utile unitaria	11,7	m
Altezza liquame	5,0	m
Volume utile unitario	2.761	m <sup>3</sup>
Volume utile totale	11.045	m <sup>3</sup>

Esistono una serie di parametri per la progettazione e la verifica delle vasche di ossidazione. Tra questi si distingue il fattore di carico organico (**F<sub>c</sub>**) ossia la quantità di sostanza organica degradata dall'unità di massa batterica nell'unità di tempo.

$$Fc = \frac{F}{M} = \frac{Q \cdot S_0}{V \cdot X}$$

dove:

Q = Portata influente nella vasca di ossidazione [m<sup>3</sup>/d];

S<sub>0</sub> = concentrazione di sostanza organica presente nel liquame influente [mg/l di BOD<sub>5</sub>];

V = volume della vasca di ossidazione [m<sup>3</sup>];

X = concentrazione di massa batterica nella vasca [mg/l di SSV];

Il fattore di carico organico rappresenta, quindi, il rapporto tra la quantità di cibo *F* "food" (substrato organico) fornita alla massa di microrganismi *M* in un certo tempo *T* e la massa stessa.

Per la verifica dei carichi ammissibili nell'unità di ossidazione in esame, si considera un fattore di carico organico medio compreso tra 0,2 - 0,3  $\frac{kg \text{ SSV} \cdot d^{BOD5}}{kg}$  e si fissa per il calcolo un valore scelto in questo range, ovvero:

$$Fc = 0,25 \frac{kg \text{ BOD}_5}{kg \text{ SSV} \cdot d}$$

Ipotizzando una concentrazione di sostanza organica in ingresso pari a 250 mg/l ed una percentuale di abbattimento in sedimentazione primaria pari al 30%, si ha:

$$S_0 = 250 \frac{mg \text{ BOD}_5}{l} \cdot 0,70 = 0,175 \frac{kg}{m^3} S$$

Inoltre, occorre stabilire un valore per la concentrazione X di microrganismi in miscela aerata:

$$X = 3.500 \frac{mg \text{ SSV}}{l} = 3,5 \frac{kg \text{ SSV}}{m^3}$$

A tal punto, si ricava un valore di portata Q:

$$Q = \frac{Fc \cdot V \cdot X}{S_0} = 55.224 \frac{m^3}{d}$$



Un altro parametro di dimensionamento e verifica è il fattore di carico volumetrico (**Fcv**) che rappresenta la quantità di BOD immessa giornalmente al volume del reattore biologico:

$$Fcv = \frac{S_0 \cdot Q}{V}$$

Tale parametro dipende dal fattore di carico organico. In particolare, da letteratura, ad un fattore di carico organico basso corrisponde un valore del fattore di carico volumetrico compreso tra 0,70 - 1,05. Ipotizzando un valore medio:

$$Fcv = 0,80 \frac{kg BOD_5}{m^3 \cdot d} \text{ si}$$

ricava un valore di portata pari a:

$$Q = \frac{Fcv \cdot V}{S_0} = 50.491 \frac{m^3}{d}$$

Un ulteriore parametro è il tempo di detenzione idraulica, pari a:

$$\tau = \frac{V}{Q}$$

che, per fattori di carico organico bassi, è compreso tra 5 e 7 ore. Assumendo un valore medio:

$\tau = 6h$  si ottiene un valore di

portata:

$$Q = \frac{V}{\tau} = 44.179 \frac{m^3}{d}$$

Dal valore minimo di portata ottenuto in funzione dei principali parametri di dimensionamento e verifica, si evince che questo è compatibile con quello di progetto.

Occorre, però, evidenziare che il refluo convogliato all'impianto di depurazione di Battipaglia ex FIO 107/86 rappresenta un refluo atipico in quanto costituito dai reflui industriali provenienti dall'area industriale di Battipaglia e dai rifiuti liquidi pretrattati negli impianti di Buccino, Contursi, Oliveto Citra e Palomonte. Per effetto del pretrattamento negli impianti citati, il refluo in ingresso all'impianto ex FIO

107/86 risulta caratterizzato da una bassa concentrazione di sostanza organica biodegradabile, nonché da uno sbilanciamento dei carichi azotati e dei carichi carboniosi. Tale caratterizzazione influisce sui rendimenti del processo biologico. Inoltre, non sono presenti le fasi di denitrificazione e nitrificazione per la rimozione dei composti azotati.

### 3.4 Sedimentazione secondaria

Il processo di sedimentazione secondaria avviene in due vasche uguali, in c.a., seminterrate, a pianta circolare, le cui caratteristiche sono indicate in Tabella 3.9.

**Tabella 3.9 - Caratteristiche dimensionali vasche di sedimentazione secondaria esistenti**

Diametro utile	30,00	m
Superficie utile unitaria	707	m <sup>2</sup>
Superficie utile totale	1.414	m <sup>2</sup>
Altezza liquame	3,40	m
Volume utile unitario	2.403	m <sup>3</sup>
Volume utile totale	4.807	m <sup>3</sup>

I principali parametri di dimensionamento e verifica delle vasche di sedimentazione secondaria sono:

- Carico idraulico superficiale (**C.i.s.**), tempo di detenzione idraulica ( $\tau$ ), carico idraulico allo stramazzo (**C.s.**), che incidono sulla depurazione dell'effluente finale;
- Carico superficiale dei solidi sospesi (**Pss**), che incide sull'ispessimento dei fanghi sul fondo delle vasche e, quindi, sulla concentrazione di microorganismi nella corrente di ricircolo.

Il carico idraulico superficiale (**C.i.s.**) corrisponde alla velocità di risalita del flusso ed è pari a:

$$C. i. s. = \frac{Q}{S}$$

dove:

Q = portata influente al sedimentatore [m<sup>3</sup>/d];

S = superficie orizzontale della vasca di sedimentazione [m<sup>2</sup>].

Nella portata Q influente non si considera la portata di ricircolo del fango, estratta dal fondo del sedimentatore secondario, in quanto essa non contribuisce alla velocità di risalita del flusso. Per il

calcolo di verifica si considerano i valori forniti da letteratura per un impianto a fanghi attivi con sedimentazione primaria e relativi alla portata media e di punta indicati in Tabella 3.10:

**Tabella 3.10 - Valori del C.i.s. di un sedimentatore secondario di un processo a fanghi attivi (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPO DI TRATTAMENTO	CARICO IDRAULICO SUPERFICIALE [ $\frac{m^3}{m^2 \cdot d}$ ]	
	Relativo alla portata media	Relativo alla portata di punta
Sedimentazione dopo fanghi attivi con aria (esclusa l'aerazione prolungata)	16-28	40-60

Scegliendo un valore relativo alla portata media pari a:

$$C. i. s. = 22 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$$

si ottiene un valore di portata:

$$Q = C. i. s. \cdot S = 31.102 \frac{m^3}{d}$$

Il tempo di detenzione idraulica rappresenta il tempo che la singola particella di liquame è detenuta all'interno del reattore ed è uguale a:

$$\tau = \frac{V}{Q}$$

Un tempo di detenzione sufficiente risulta necessario soprattutto per i sedimentatori secondari. Esso deve essere tale da consentire alle singole particelle di fango di agglomerarsi tra loro in modo da poter successivamente sedimentare. Si assume un valore pari a:

$\tau = 3 h$  e si ottiene un valore di

portata:

$$Q = \frac{V}{\tau} = 38.453 \frac{m^3}{d}$$

Il carico idraulico allo stramazzo rappresenta il rapporto tra la portata trattata e la lunghezza lineare dello stramazzo, ovvero:

$$C. s. = \frac{Q}{L}$$

$L_s$

dove  $L_s$  è la circonferenza della vasca.

Limitare i valori delle portate allo stramazzo è di notevole importanza negli impianti a fanghi attivi date le caratteristiche di fioccosità delle particelle di fango, che possono, così, essere trascinate con la corrente ascendente di liquame verso gli stramazzi. Un flusso eccessivo lungo le canalette di raccolta del liquame chiarificato comporta un possibile richiamo del fango dal fondo. I valori da letteratura del carico idraulico allo stramazzo sono riportati in Tabella 3.11.

**Tabella 3.11 - Valori del C.s. di un sedimentatore secondario di un processo a fanghi attivi (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPO DI TRATTAMENTO	CARICO IDRAULICO ALLO STRAMAZZO [ $\frac{m^3}{m \cdot d}$ ]	
	Relativo alla portata media	Relativo alla portata di punta
Sedimentazione dopo fanghi attivi con aria (esclusa l'aerazione prolungata)	125	250

Scegliendo il valore relativo alla portata media, ed essendo la lunghezza dello stramazzo pari a:

$L_s = 188,5 \text{ m}$  si ricava un valore

di portata di:

$$Q = L_s \cdot C_s = 23.562 \frac{m^3}{d}$$

Il carico superficiale dei solidi sospesi rappresenta la quantità di solidi in ingresso al sedimentatore per unità di tempo e di superficie:

$$P_{SS} = \frac{Q_i \cdot X}{S}$$

dove:

$Q_i = Q + Q_r =$  portata idraulica entrante nelle vasche di sedimentazione [ $m^3/h$ ];

$X =$  concentrazione del fango nella miscela aerata [ $mg/l$  di SSV];  $S =$

superficie del sedimentatore [ $m^2$ ].

Nel considerare la portata in ingresso si deve tener conto anche della portata di ricircolo del fango. Un eccessivo carico di solidi comporta, da un lato, un non adeguato ispessimento, dall'altro una mancata

chiarificazione dell'effluente. I valori del carico dei solidi relativi alla portata media e di punta sono desunti da letteratura e riportati in Tabella 3.12.

**Tabella 3.12 - Valori del carico superficiale di solidi sospesi di un sedimentatore secondario di un processo a fanghi attivi (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPO DI TRATTAMENTO	CARICO SUPERFICIALE DEI SOLIDI SOSPESI [ $\frac{m}{kg_2 \cdot h}$ ]	
	Relativo alla portata media	Relativo alla portata di punta
Sedimentazione dopo fanghi attivi con aria (esclusa l'aerazione prolungata)	4-6	8

Facendo riferimento al valore relativo alla portata media:

$$P_{SS} = 5 \frac{kg}{m^2 \cdot h}$$

e nota la concentrazione di fango nella miscela aerata, stabilita in fase di verifica delle vasche di ossidazione, pari a  $3,5 \text{ kg/m}^3$ , nonché la superficie delle due vasche, si calcola la portata influente:

$$Q_i = \frac{P_{SS} \cdot S}{X} = 2.020 \frac{m^3}{h}$$

$Q_i = Q + Q_r$  con  $Q_r$  portata di ricircolo che si ottiene dal bilancio di materia rispetto alla vasca di ossidazione, pari a  $1,00 Q$ . Avendo calcolato in precedenza la  $Q_i$ , è possibile ottenere la portata  $Q$ :

$$Q = \frac{Q_i}{2,00} = 24.235 \frac{m^3}{d}$$

La portata che i due sedimentatori sono in grado di trattare è di poco inferiore a quella di progetto ed autorizzata con D.G. n. 167 del 16/07/2015 - AIA, pari a  $25.255 \text{ m}^3/\text{d}$ . Inoltre, le vasche presentano dei problemi riguardanti la tenuta idraulica delle opere civili.

### 3.5 Disinfezione

Il processo di disinfezione avviene in una vasca in c.a., seminterrata, le cui caratteristiche sono indicate in Tabella 3.13.

**Tabella 3.13 - Caratteristiche dimensionali vasca di clorazione esistente**

Larghezza utile	6,0	m
Lunghezza utile	30,0	$\text{m}^2$
Altezza liquame	2,8	m

Superficie utile	180,0	m <sup>2</sup>
Volume utile	504,0	m <sup>3</sup>

Un parametro che assume grande importanza nel processo di disinfezione è rappresentato dal tempo di contatto, i cui valori, forniti da letteratura, sono riportati in Tabella 3.14.

**Tabella 3.14 - Valori del tempo di contatto per la disinfezione (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPO DI TRATTAMENTO	TEMPO DI CONTATTO [min]	
	Relativo alla portata media	Relativo alla portata di punta
Clorazione	30-120	15-90

Considerando un tempo di contatto, relativo alla portata media, pari a:

$\tau = 45 \text{ min}$  si ricava la

portata  $Q$ :

$$Q = \frac{V}{\tau} = 16.128 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Nell'unità di clorazione, la velocità orizzontale in corrispondenza della portata minima deve essere sufficientemente elevata da mantenere pulito il fondo della vasca e da limitare la sedimentazione dei solidi che non sono stati rimossi nel sedimentatore. Al fine di limitare il deposito di solidi, la velocità orizzontale deve essere limitata ai valori riportati in Tabella 3.15.

**Tabella 3.15 - Valori della velocità orizzontale del liquame in vasca di clorazione (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPO DI TRATTAMENTO	VELOCITA' ORIZZONTALE [min—m]
Clorazione	2,0-4,5

La velocità orizzontale è pari a:

$$v = \frac{Q}{Str}$$

dove:

$v$  = velocità [m/min];

$Q$  = portata influente [m<sup>3</sup>/min];

$Str$  = sezione trasversale liquida della vasca di clorazione [ $m^2$ ].

Fissando un valore di velocità pari a:

$$v = 2,5 \frac{m}{min}$$

e, considerando che:

$Str = 5,6 m^2$  si ricava un valore

di portata di:

$$Q = v \cdot Str = 20.160 \frac{m^3}{d}$$

Ne consegue che la vasca di disinfezione è sottodimensionata rispetto alle altre unità impiantistiche.

### 3.6 Pre-ispessimento

Il processo di pre-ispessimento avviene in due vasche in cui viene convogliato il fango estratto dal pozzetto di sollevamento mediante due pompe monovite, preventivamente sminuzzato dai trituratorini.

La tubazione  $\varnothing$  150 di immissione si prolunga fino alla vasca di post-ispessimento; la presenza di saracinesche e valvole consente di by-passare i due pre-ispessitori e di inviare il fango proveniente dal pozzetto di sollevamento direttamente al post-ispessitore.

Le vasche di pre-ispessimento sono in c.a., parzialmente interrato, e presentano una geometria caratterizzata da pianta circolare e fondo tronco-conico. Le caratteristiche sono riportate in Tabella 3.16.

**Tabella 3.16 - Caratteristiche dimensionali vasche di pre-ispessimento esistenti**

Diametro esterno	14,60	m
Altezza minima	4,10	m
Altezza massima	6,10	m
Altezza fango	3,80	m
Superficie unitaria	167,4	$m^2$
Superficie totale	334,8	$m^2$
Volume unitario	636,2	$m^3$
Volume totale	1.272,4	$m^3$

Ai fini della verifica funzionale dell'unità di pre-ispessimento, si è fatto riferimento ai seguenti parametri: il carico dei solidi sospesi ( $C_{ss}$ ), che ha maggiore incidenza, al carico idraulico superficiale ( $C.i.s.$ ) ed al tempo di ritenzione ( $\tau$ ). I valori di tali parametri sono riportati in Tabella 3.17.

**Tabella 3.17 - Valori della concentrazione dei fanghi prima e dopo l'ispessimento, nonché del carico dei solidi, per ispessitori a gravità (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPOLOGIA DI FANGHI	CONCENTRAZIONE IN SECCO [%]		CARICO DI SOLIDI [ $\frac{kg}{m^2 \cdot d}$ ]	TEMPO DI RITENZIONE [h]	CARICO IDRAULICO SUPERFICIALE [ $\frac{m^3}{m^2 \cdot d}$ ]
	Non ispessiti	Ispessiti			
Fanghi misti: fanghi primari + fanghi attivi da processi a biomassa sospesa	0,5-1,5 2,5-4,0	4,0-6,0 4,0-7,0	25-70 40-80	12-24	6-12

Fissato il carico di solidi pari a:

$$C_{ss} = 60 \text{ ---} \frac{kg}{d}$$

si ricava la portata influente, ovvero il carico di solidi in ingresso ai pre-ispessitori:

$$C_{in} = C_{ss} \cdot S = 20.090 \frac{kg}{d}$$

e, fissato il valore di concentrazione in secco:

$$C_i = 30 \frac{kg}{m^3}$$

è possibile calcolare la portata di fanghi ingresso:

$$Q = \frac{C_{in}}{C_i} = 670 \frac{m^3}{d}$$

Il valore della portata di fanghi influente può essere ricavato in funzione del tempo di ritenzione.

Fissato:

$$\tau = 24 \text{ h si}$$

ricava:

$$Q = \frac{V}{\tau} = 1.272 \frac{m^3}{d}$$



Infine, fissando un valore del carico idraulico superficiale di:

$$C. i. s. = 6 \frac{m^3}{m^2 \cdot d}$$

si ottiene una portata di fanghi di:

$$Q = C. i. s. \cdot S = 2.009 \frac{m^3}{d}$$

Il valore minimo di portata di fanghi influente all'unità di pre-ispessimento è quello calcolato in funzione del carico di solidi. Al fine di ricavare il numero di abitanti equivalenti corrispondenti a tale valore di portata, occorre considerare la produzione specifica di fango proveniente dalle unità della linea liquami. Per ottenere tale dato, si fa riferimento al grafico riportato in Figura 3.1.

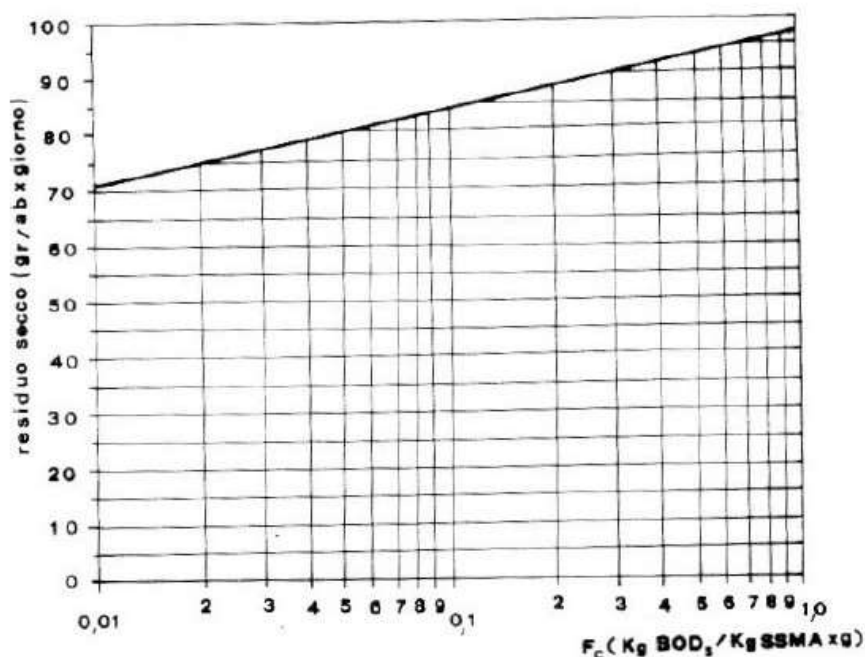


Figura 3.1 - Residuo secco prevedibile come fango di supero, dopo il trattamento ossidativo, in funzione del carico organico (Masotti, 1987)

Tale grafico riporta il residuo secco per ogni abitante per giorno, prevedibile come fango di supero, per vari fattori di carico organico in un impianto dotato di sedimentazione primaria, considerando quindi un fango misto (primario e secondario) nelle condizioni di seguito indicate:

- carico organico specifico = 70 g di BOD/ab/d;
- temperatura = 20 °C;
- rendimento nell'abbattimento del BOD<sub>5</sub> nella sedimentazione primaria pari al 30%;

- rendimento di abbattimento del BOD<sub>5</sub> nella fase secondaria pari al 90%; - residuo secco nella fase di sedimentazione primaria = 54 g di SS/ab/d.

Avendo ipotizzato un valore del fattore di carico organico di:

$$Fc = 0,25 \frac{kg \text{ BOD}_5}{kg \text{ SSV} \cdot d}$$

dalla lettura del grafico si ottiene un valore di 75 g/ab/d. Fissando un valore di concentrazione di secco in entrata del 3%, si ottiene una produzione specifica di fango di supero di:

$$Q = \frac{75 \frac{g}{ab \cdot d}}{3\% \cdot ab \cdot d} = 2,50 \frac{l}{ab \cdot d} \text{ cui}$$

corrispondono:

$$AE = \frac{Q}{ab \cdot d} = \frac{2,50 \frac{l}{ab \cdot d} \cdot Q_{in} 670 d}{ab \cdot d} = 267.865 \frac{m^3}{ab \cdot d}$$

Dalla verifiche funzionali effettuate, l'unità di pre-ispessimento risulta in grado di servire una popolazione di circa **260.000** abitanti equivalenti. Tuttavia le vasche presentano dei problemi riguardanti la tenuta idraulica delle opere civili, nonché le opere elettromeccaniche.

### 3.7 Digestione anaerobica

Il processo di digestione anaerobica si attua in due digestori per un funzionamento a doppio stadio: un digestore primario, riscaldato, coibentato, dotato di sistema di miscelazione a lance con recupero e ricircolo del biogas prodotto, nel quale avviene il processo di digestione vero e proprio; un digestore secondario, di volume inferiore, non riscaldato e non miscelato, nel quale avviene l'ispessimento e l'accumulo del fango al fine di attivare il secondo stadio della digestione e completare la fase anaerobica. Le principali funzioni assolte dal digestore secondario sono quelle di affinare le reazioni biologiche di stabilizzazione del primo stadio, ridurre ulteriormente la carica batterica e raffreddare il fango. Il campo in cui operano i batteri è quello mesofilo poiché è previsto un riscaldamento del fango fino ad una temperatura di 35 °C.

Il fango è estratto dai due pre-ispessitori mediante due pompe monovite. Un misuratore di portata monitora il quantitativo istantaneo e quello volumetrico nel tempo. Le due pompe monovite ed il misuratore di portata sono ubicati nel primo locale dell'edificio a servizio dei digestori. Successivamente il fango defluisce nella tubazione comune anche alle quattro pompe di ricircolo fanghi dei digestori. Prima di essere sollevato, il fango viene riscaldato in un apposito scambiatore di calore a doppio tubo controcorrente con acqua di riscaldamento fino a raggiungere una temperatura ottimale di 35 °C. Come acqua calda per il riscaldamento si può utilizzare l'acqua di raffreddamento del gruppo di cogenerazione di energia elettrica da biogas, o in alternativa quella prodotta da un'apposita caldaia alimentabile a biogas oppure a gasolio. Una volta riscaldato, il fango viene inviato al digestore primario oppure eventualmente al digestore secondario, attraverso le suddette pompe di ricircolo. In particolare le pompe che sollevano il fango al digestore primario sono pompe volumetriche del tipo mohno a giri variabili, quelle utilizzate per il ricircolo all'interno del digestore primario o secondario sono centrifughe ad asse orizzontale.

### ***Digestore primario***

Il fango riscaldato è sollevato al digestore primario attraverso una tubazione di diametro  $\varphi 150$  in acciaio che intercetta il cilindro superiore della calotta tronco-conica. Il fango digerito viene estratto dalla parte bassa del digestore ed, attraverso un'altra tubazione di diametro  $\varphi 150$ , viene convogliato all'interno dell'edificio a servizio dei digestori dove può essere ricircolato, sempre previo riscaldamento, nel digestore stesso, attraverso le pompe di ricircolo.

Le caratteristiche del digestore primario sono riportate in Tabella 3.18.

**Tabella 3.18 - Caratteristiche dimensionali digestore primario esistente**

Diametro interno	20,0	m
Altezza parte cilindrica	11,8	m
Volume	4.400,0	m <sup>3</sup>

### ***Digestore secondario***

Il fango dal digestore primario può essere inviato al digestore secondario attraverso le pompe di ricircolo oppure attraverso una tubazione che collega a gravità i due digestori. A sua volta il fango estratto dal digestore secondario può essere nuovamente ricircolato, con l'ausilio delle pompe di

ricircolo, collocate all'interno del primo locale dell'edificio a servizio dei digestori, all'interno del digestore secondario medesimo utilizzando una tubazione in acciaio di diametro  $\varphi 150$ .

Il digestore secondario risulta uguale al primario, ma di volume inferiore. A differenza del primario questo non è riscaldato e non è dotato di sistema di miscelazione. Le caratteristiche dimensionali sono riportate in Tabella 3.19.

**Tabella 3.19 - Caratteristiche dimensionali digestore secondario esistente**

Diametro interno	16,0	m
Altezza parte cilindrica	9,0	m
Volume	2.200,0	m <sup>3</sup>

La maggior parte delle apparecchiature elettromeccaniche a servizio della digestione dei fanghi sono ubicate all'interno di un edificio a servizio dei digestori.

### **Verifiche funzionali digestore primario**

Ai fini delle verifiche funzionali dell'unità di digestione è stato preso in esame solo il digestore primario, in quanto per il digestore secondario non è previsto un sistema di miscelazione e riscaldamento del fango.

Un parametro utile per il dimensionamento e la verifica del processo di digestione anaerobica è l'età del fango, che si è assunta coincidente con il tempo di ritenzione idraulica, e pari a 15 giorni. Inoltre è stata fissata una temperatura di 35 °C per operare in campo mesofilo. Si ottiene un valore di portata influente di fanghi pari a:

$$Q_{in} = \frac{V}{\theta_c} = 293,3 \frac{m^3}{d}$$

Dal grafico riportato in Figura 3.1, si ricava la produzione specifica di fango misto che, in tal caso, ha subito anche il trattamento di pre-ispessimento, raggiungendo una maggiore concentrazione di secco, pari al 5%. Ne consegue che la produzione specifica di fango risulta pari a:

$$Q = \frac{g}{75 \cdot ab \cdot d} = 1,50 \text{ — } l$$

5 %  $ab \cdot d$  cui

corrispondono:

$$AE = \frac{Q_{in}}{Q} = 195.556$$

Un ulteriore parametro di verifica è il fattore di carico volumetrico di solidi sospesi ( $Fvcc$ ), che, da letteratura, assume valori compresi tra 1,6 e 4,8  $\frac{kg \text{ SS}}{m^3 \cdot d}$  per digestori ad alto carico riscaldati.

Ipotizzando un valore del fattore di carico volumetrico di solidi sospesi pari a:

$$Fvcc = 3,2 \frac{kg \text{ SS}}{m^3 \cdot d}$$

ed una concentrazione di solidi all'ingresso del digestore ( $C_{iss}$ ) pari a 50  $\frac{kg}{m^3}$ , si ottiene un valore di portata influente di fanghi pari a:

$$Q_{in} = \frac{V \cdot Fvcc}{d} = 281,6 \frac{m^3}{d} \cdot C_{iss}$$

cui corrispondono 187.733 abitanti equivalenti.

### **Criticità riscontrate**

Occorre sottolineare che i digestori non sono mai entrati in funzione e non sono stati, quindi, oggetto di collaudo per la verifica di funzionamento. Bisogna, inoltre, considerare il logorio nel tempo degli strumenti di rilevamento di temperatura, pH e livello del fango, nonché dello stato delle opere elettromeccaniche. Risulta, pertanto, necessario un intervento di valutazione e recupero, ove possibile, di tali opere e del piping. Ove non possibile, occorre prevederne la sostituzione.

## **3.8 Post-ispessimento**

Il processo di post-ispessimento avviene in una sola vasca analoga per caratteristiche dimensionali e strutturali alle vasche di pre-ispessimento. Tali caratteristiche sono riportate in Tabella 3.20.

**Tabella 3.20 - Caratteristiche dimensionali vasca di post-ispessimento esistente**

Diametro esterno	14,60	m
------------------	-------	---

Altezza minima	4,10	m
Altezza massima	6,10	m
Altezza fango	3,80	m
Superficie	167,4	m <sup>2</sup>
Volume	636,2	m <sup>3</sup>

A servizio di tale unità è installata una seconda tubazione in acciaio sempre di diametro  $\varphi$  150 in arrivo dalla digestione, che immette il fango stabilizzato al centro della vasca. Attualmente, il fango proveniente dal pozzetto di sollevamento fanghi misti è inviato direttamente a tale unità.

Ai fini della verifica funzionale dell'unità di post-ispessimento, si è fatto riferimento agli stessi parametri considerati per l'unità di pre-ispessimento: il carico dei solidi sospesi ( $C_{ss}$ ), che ha maggiore incidenza, il carico idraulico superficiale ( $C.i.s.$ ) ed il tempo di ritenzione ( $\tau$ ). I valori di tali parametri sono riportati in Tabella 3.17.

Fissato il carico di solidi pari a

$$C_{ss} = 70 \frac{kg}{m^2 \cdot d}$$

si ricava la portata influente, ovvero il carico di solidi in ingresso al post-ispessitore:

$$C_{in} = C_{ss} \cdot S = 11.719 \frac{kg}{d}$$

e, fissato il valore di concentrazione in secco:

$$C_i = 50 \frac{kg}{m^3} \text{ è possibile calcolare la portata di}$$

fanghi ingresso:

$$Q = \frac{C_{in}}{C_i} = 234 \frac{m^3}{d}$$

Il valore della portata di fanghi influente può essere ricavato in funzione del tempo di ritenzione.

Fissato:

$$\tau = 24 \text{ h si}$$

ricava:

$$Q = \frac{V}{\tau} = 636 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Infine, fissando un valore del carico idraulico superficiale di:

$$C. \text{ i. s.} = 6 \frac{\text{m}^3}{\text{m}^2 \cdot \text{d}}$$

si ottiene una portata di fanghi di:

$$Q = C. \text{ i. s.} \cdot S = 1.004 \frac{\text{m}^3}{\text{d}}$$

Il valore minimo di portata di fanghi influente all'unità di post-ispessimento è quello calcolato in funzione del carico di solidi. Al fine di ricavare il numero di abitanti equivalenti corrispondenti a tale valore di portata, occorre considerare la produzione specifica di fango proveniente dalle unità della linea liquami. Per ottenere tale dato, si fa riferimento al grafico riportato in Figura 3.1.

Dalla lettura del grafico si ottiene un valore di 75 g/ab/d. Fissando un valore di concentrazione di secco in entrata del 5%, si ottiene una produzione specifica di fango di supero di:

$$Q = \frac{75 \frac{\text{g}}{\text{ab} \cdot \text{d}} \cdot l}{1,50} = 1,50 \frac{\text{g}}{\text{ab} \cdot \text{d}} \cdot 5 \%$$

$ab \cdot d$  cui corrispondono:

$$AE = \frac{Q}{\frac{\text{m}^3}{\text{ab} \cdot \text{d}}} = \frac{1,50 \frac{\text{g}}{\text{ab} \cdot \text{d}} \cdot 234 \text{ d}}{1,50} = 156.254$$

Dalla verifiche funzionali effettuate, l'unità di post-ispessimento risulta in grado di servire una popolazione di circa **156.000** abitanti equivalenti. Inoltre, la vasca presenta dei problemi riguardanti la tenuta idraulica delle opere civili, nonché le opere elettromeccaniche.

### 3.9 Disidratazione meccanica

Il processo di disidratazione meccanica è realizzato mediante due nastropresse funzionanti in parallelo ubicate all'interno di un edificio situato in adiacenza al post-ispessitore. In questo locale si trovano due stazioni di preparazione del polielettrolita cationico, una per nastropressa.

Le caratteristiche dimensionali delle nastropresse sono riportate in Tabella 3.21.

**Tabella 3.21 - Caratteristiche dimensionali nastropresse esistenti**

Larghezza nastro	2,0	m
Larghezza totale	4,0	m

I parametri per la verifica, da letteratura, sono indicati in Tabella 3.22.

**Tabella 3.22 - Parametri disidratazione con nastropressa (Metcalf & Eddy, 2006)**

TIPOLOGIA DI FANGHI	CONCENTRAZIONE IN SECCO IN ENTRATA [ % ]	CARICO PER METRO DI LARGHEZZA DEL NASTRO [ $\frac{kg\ ss}{m \cdot h}$ ]	CONCENTRAZIONE SOLIDI DEL FANGO DISIDRATATO [ ] %
Fango primario più attivo da processi a biomassa sospesa digerito in condizioni anaerobiche	3-6	180-320	20-25

Fissato il carico di solidi che possono essere trattati pari ad un valore medio di  $250 \frac{kg}{m \cdot h} ss$ , si ottiene:

$$C_{in} = C_{ss} \cdot L = 250 \frac{kg\ ss}{m \cdot h} \cdot 4\ m = 24.000 \frac{kg}{d}$$

Fissato il valore di concentrazione in secco di:

$$C_i = 60 \frac{kg}{m^3}$$

è possibile calcolare la portata di

fanghi in ingresso:

$$Q = \frac{C_{in}}{C_i} = 400 \frac{m^3}{d}$$

Al fine di ricavare il numero di abitanti equivalenti corrispondenti a tale valore di portata, occorre considerare la produzione specifica di fango proveniente dalle unità della linea liquami. Per ottenere



tale dato, si fa riferimento al grafico riportato in Figura 3.1. Dalla lettura del grafico si ottiene un valore di 75 g/ab/d. Fissando un valore di concentrazione di secco in entrata del 6%, si ottiene una produzione specifica di fango di supero di:

$$Q = \frac{g}{ab \cdot d} = 1,25 \frac{l}{6\% \cdot ab \cdot d} \text{ cui}$$

corrispondono:

$$AE = \frac{Q}{ab \cdot d} = \frac{1,25 \frac{l}{ab \cdot d} \cdot 400 d}{ab \cdot d} = 320.000 \frac{m^3}{d}$$

Dalle verifiche funzionali effettuate, l'unità di disidratazione meccanica risulta in grado di servire una popolazione di circa **320.000** abitanti equivalenti.

## 4 INTERVENTI PREVISTI IN PROGETTO

Il progetto di riqualificazione prevede l'adeguamento dell'impianto di depurazione di Battipaglia ex FIO 107/86. Per ogni settore ed unità impiantistica della linea liquame, della linea fanghi e della linea biogas sono previsti interventi di risoluzione delle criticità e di ripristino funzionale. Si rappresenta, inoltre, che gli interventi in progetto non implicano un incremento della capacità di trattamento dell'impianto autorizzata con Decreto Dirigenziale n. 167 del 16/07/2015 - AIA, pari a 25.255 m<sup>3</sup>/d.

La logica sottesa agli interventi progettuali previsti è volta alla minimizzazione delle interferenze con l'attuale gestione dell'impianto di depurazione, nonché alla risoluzione delle criticità riscontrate mediante l'adozione di soluzioni poco impattanti. In tale ottica, ciascun intervento è stato ipotizzato in modo da integrarsi alle infrastrutture esistenti e garantire la massima versatilità ed economia di esercizio rispetto a condizioni di carico differenti. Tenuto conto dell'attuale disponibilità finanziaria da parte della Regione Campania, si è pertanto provveduto a suddividere il progetto definitivo in due lotti funzionali, dei quali il principale prevede i seguenti interventi:

- la sostituzione dei due trasportatori a nastro dell'unità di grigliatura fine adibiti al trasporto del grigliato in appositi scarrabili;
- la sostituzione dei due carroponi del tipo "va e vieni" dell'unità di dissabbiatura/disoleatura;
- la riqualificazione dell'unità di equalizzazione mediante la dismissione di una delle due vasche di equalizzazione esistenti e la realizzazione di una nuova vasca di equalizzazione in c.a.;
- la riqualificazione delle vasche di sedimentazione primaria;
- il potenziamento delle fasi di trattamento biologico per la rimozione dei composti azotati mediante l'inserimento della fase di denitrificazione nelle quattro vasche di ossidazione esistenti;
- la fornitura e posa in opera di n. 1 elettropompa dosatrice di cloro a riserva di quella esistente;
- la fornitura e posa in opera di n. 1 campionatore automatico;
- la riqualificazione dell'unità di ispessimento e l'installazione di nuovi ponti raschiafanghi, a picchetti verticali, in una vasca di ispessimento (post ispessimento);
- la revisione dei circuiti idrici esistenti;
- interventi relativi agli impianti elettrici.
- Adeguamento degli impianti a servizio dei letti di essiccamento.

La descrizione di ogni intervento, per ciascun processo di trattamento, è riportata in seguito.

## 4.1 Linea liquami

### 4.1.1 Trattamenti preliminari

I trattamenti preliminari prevedono, attualmente, le seguenti fasi di processo:

- grigliatura grossolana;
- grigliatura fine;
- dissabbiatura/disoleatura;
- equalizzazione; - chiariflocculazione.

#### **Grigliatura grossolana**

La grigliatura grossolana esistente è prevista a protezione dell'impianto di sollevamento e per l'allontanamento dei solidi grossolani con diametro superiore ai 10 cm presenti all'interno dei reflui influenti. È realizzata mediante una griglia di acciaio al carbonio zincata a caldo, a pulizia manuale ed è installata all'interno di un canale che termina nella vasca in cui sono alloggiato le pompe per il sollevamento dei liquami (Figura 4.1).



Figura 4.1 - Grigliatura grossolana esistente

Alla luce delle verifiche funzionali condotte e descritte nel capitolo n. 3, **non sono previsti interventi per la fase di grigliatura grossolana.**

### **Grigliatura fine**

I liquami sollevati vengono sottoposti ad una fase di grigliatura fine, il cui comparto è costituito da due unità operanti in parallelo, ciascuna dimensionata per trattare l'intera portata di punta adottata all'impianto. Le verifiche condotte hanno evidenziato una capacità di trattamento di tale fase in linea con quella di progetto: 200.000 abitanti equivalenti. Inoltre, le griglie fini sono state recentemente sostituite. Si prevede **la sostituzione dei due trasportatori a nastro dell'unità di grigliatura fine adibiti al trasporto del grigliato in appositi scarrabili.**

### **Dissabbiatura/Disoleatura**

A valle della grigliatura fine, i reflui subiscono un trattamento di dissabbiatura aerata che consente la rimozione delle particelle aventi peso specifico e caratteristiche idrodinamiche simili alle sabbie, al fine di proteggere gli equipaggiamenti meccanici dall'abrasione e dai fenomeni di usura conseguenti, nonché di ridurre la formazione di depositi nelle tubazioni e nelle unità di trattamento dell'impianto di depurazione. Tale operazione diventa indispensabile in impianti di depurazione collegati ad una fognatura mista che, in condizioni di eventi meteorici, apporta quantitativi elevati di sabbia.

Il trattamento di disoleatura è volto all'allontanamento di oli e grassi che, se non rimossi durante il trattamento, prima dello scarico nel corpo idrico ricettore, possono produrre effetti dannosi per le specie acquatiche delle acque superficiali, formando uno strato impermeabile sulla superficie, oltre a creare disfunzioni alle altre unità di trattamento poste a valle.

In Figura 4.2 si riporta una foto delle vasche di dissabbiatura e disoleatura esistenti.



**Figura 4.2 - Dissabbiatori/Disoleatori esistenti**

Le verifiche funzionali hanno messo in luce una potenzialità di trattamento di tale fase in linea con quella di progetto. Tuttavia, emerge la necessità di sostituire i carroponi delle due vasche. Pertanto, **l'intervento in progetto prevede la sostituzione degli attuali due carroponi con due carroponi "va e vieni" (n. 1 per vasca), con movimento di traslazione su rotaie.** Per le caratteristiche tecniche si rimanda alla relativa specifica tecnica.

### ***Equalizzazione***

Successivamente alle fasi di dissabbiatura e disoleatura, i reflui sono convogliati in due vasche di equalizzazione, al fine di garantire un'omogeneizzazione dei carichi idraulici ed inquinanti incidenti alle successive unità di trattamento. Alla luce delle criticità riscontrate, descritte nel capitolo n. 3, l'intervento in progetto prevede **la dismissione di una delle due vasche di equalizzazione e la realizzazione ex novo di un'unica vasca di equalizzazione in linea.** Tale vasca sarà ubicata al posto di una delle vasche esistenti, come indicato nell'ortofoto in Figura 4.3, realizzata in c.a., a pianta rettangolare, parzialmente interrata.



**Figura 4.3 - Ubicazione nuova vasca di equalizzazione (in rosso)**

### **Dimensionamento**

Per attuare l'equalizzazione delle portate, il volume di vasca occorrente, per impianti di grande potenzialità, caratterizzati da minori punte, varia fra il 10 ed il 20% del volume giornaliero complessivamente influente all'impianto, nel giorno di maggiore afflusso. Pertanto, si è ritenuto opportuno dimensionare il comparto di equalizzazione considerando circa il 10% del volume giornaliero di refluo influente all'impianto. La volumetria minima risulta, così, pari a circa 6.300 m<sup>3</sup>.

Assumendo un'altezza liquida media pari a 3,0 m, l'area (A) richiesta per l'installazione della vasca è pari a:

$$A = \frac{V_{vasca}}{h}$$

dove:

- $V_{vasca}$  è il volume della vasca di equalizzazione; -
- $h$  è l'altezza liquida in vasca.

L'ingombro minimo in superficie della vasca di equalizzazione è pari a circa 2.100 m<sup>2</sup>. La larghezza e la lunghezza utili della vasca si assumono pari rispettivamente a 35,80 m e 64,05 m.

In virtù delle caratteristiche morfologiche dell'area, la profondità della vasca varia longitudinalmente da 5,4 m (0,5 m spessore della parete + 4,4 m altezza liquida in vasca + 0,5 m franco) a 6,9 m (0,5 m spessore della parete + 5,9 m altezza liquida in vasca + 0,5 m franco).

Le caratteristiche dimensionale della vasca di equalizzazione sono riportate in Tabella 4.1.

**Tabella 4.1 - Caratteristiche dimensionali vasca di equalizzazione di progetto**

n. vasca	1	-
Lunghezza utile	64,05	m
Larghezza utile	35,80	m
Altezza liquame media	3,00	m
Profondità vasca	5,4 - 6,9	m

### **Installazione opere elettromeccaniche**

Al fine di evitare il deposito di solidi sedimentabili sul fondo della vasca di compensazione, che potrebbe comportare l'insorgenza di condizioni settiche e la riduzione del volume utile della vasca, si prevede l'installazione di n. 6 elettromiscelatori sommersi. Tali miscelatori, dotati di elica a 3 pale con diametro di 580 mm direttamente accoppiata a motore elettrico sommergibile, saranno installati come riportato nella tavola di progetto allegata, al fine di garantire la corretta miscelazione ed omogeneizzazione dei reflui influenti.

A servizio della vasca di equalizzazione si prevede, inoltre, l'installazione di n. 6 aeratori sommersi, in versione autoportante, per consentire un'idonea pre-aerazione del liquame in vasca. Ciascun aeratore è costituito da una pompa centrifuga con girante 431.

Il refluo, avente una portata pari a 25.255 m<sup>3</sup>/d, è inviato alla successiva unità di sedimentazione primaria mediante n. 2+1R elettropompe sommergibili.

Si precisa che il progetto prevede la doppia alimentazione delle vasche di sedimentazione primaria: mediante il sollevamento di una portata costante di 25.255 m<sup>3</sup>/d, realizzato con 2+1R elettropompe sommergibili, e tramite sfioro. Quest'ultima opzione è contemplata al fine di prevedere l'alimentazione dell'unità di trattamento successiva anche in caso di emergenza, ovvero di non funzionamento sincrono delle due elettropompe centrifughe. Questo tipo di alimentazione, inoltre, è quella che, allo stato attuale, consente il convogliamento del liquame dalle vasche di equalizzazione esistenti alle vasche di sedimentazione primaria esistenti.

A servizio della vasca di equalizzazione di nuova realizzazione, al fine di garantire le operazioni di gestione e manutenzione relative alle opere elettromeccaniche installate (i.e. aeratori), si prevede la fornitura e posa in opera di n. 6 GRU A COLONNA con braccio in trave profilata con tirante, avente le seguenti caratteristiche:

- portata: 250 kg
- lunghezza braccio: 7,0 m
- altezza totale colonna: 3,5 m
- rotazione: manuale a spinta

completa di cornice di fondazione e tirafondi per l'ancoraggio a terra, corredata di PARANCO ELETTRICO A CATENA avente le seguenti caratteristiche:

- portata: 250 kg
- velocità di sollevamento: 4 m/min
- carrello di traslazione: elettrico
- velocità di traslazione: 11 o 22 m/min
- fincorsa di traslazione: inclusi
- alimentazione: trifase Volt 400 Hz 50
- comandi elettrici: in bassa tensione da pulsantiera pendente dallo stesso
- corsa gancio: 3 m.

### **Dimensionamento condotta in pressione**

La tubazione di mandata che garantisce il convogliamento dei reflui dalla vasca di equalizzazione in progetto all'unità di sedimentazione primaria è stata dimensionata considerando una portata di 292,30 l/s. Le caratteristiche della suddetta tubazione sono riassunte in Tabella 4.2.

**Tabella 4.2 - Caratteristiche tubazione di mandata alle vasche di sedimentazione primaria esistenti**

Lunghezza	51,10	m
Materiale	acciaio inox	-
Diametro	400,00	mm
Portata totale	292,30	l/s
Prevalenza geodetica	4,65	m
Perdite di carico	6,00	m
Velocità in condotta	1,22	m/s

### ***Chiariflocculazione***

**Non si prevedono interventi per la riqualificazione di tale unità attualmente non utilizzata.**

#### ***4.1.2 Sedimentazione primaria***

L'intervento in progetto prevede **la riqualificazione delle due vasche di sedimentazione primaria esistenti che presentano dei problemi di tenuta idraulica.**

#### ***4.1.3 Denitrificazione e nitrificazione/ossidazione***

##### ***Denitrificazione***

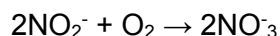
L'intervento in progetto prevede **il potenziamento delle fasi di trattamento biologico per la rimozione dei composti azotati mediante la parzializzazione delle quattro vasche di ossidazione attuali.**

La rimozione dell'azoto, prima dello sversamento dell'effluente trattato nel ricettore finale, avviene predisponendo la denitrificazione a monte dell'ossidazione. L'azoto, presente nei liquami grezzi principalmente sotto forma di ammoniaca, viene ossidato con la nitrificazione in condizioni aerobiche a nitriti secondo la seguente reazione:



e i nitriti possono essere ulteriormente ossidati per via biologica a nitrati:





La denitrificazione consente in condizioni anossiche la riduzione dei nitrati ad azoto gassoso.

Nel processo anossico/aerobico i nitrati vengono alimentati al reattore anossico attraverso il ricircolo proveniente dal reattore aerobico di nitrificazione. Le sostanze organiche (frazione carboniosa) presenti nei liquami grezzi sotto forma solubile, che non hanno ancora subito il processo di ossidazione, forniscono il substrato organico necessario per il nutrimento dei batteri denitrificanti. Utilizzando le sostanze carboniose presenti nel liquame grezzo si hanno due vantaggi:

- la velocità di denitrificazione risulta maggiore;
- la cessione dell'ossigeno contenuto nei nitrati per l'ossidazione delle sostanze organiche, utilizzate come cibo dai batteri denitrificanti, comporta una riduzione del BOD.

Il ricircolo del fango è necessario a garantire il corretto apporto di biomassa in vasca di denitrificazione ed ossidazione, quello della miscela aerata serve ad assicurare un processo più efficace di denitrificazione attraverso l'immissione di nitrati e nitriti. I trattamenti biologici sono stati dimensionati sulla base della portata di 25.255 m<sup>3</sup>/d e di valori medi del carico organico ed azotato affluente all'impianto (Tabella 4.3). Si rappresenta che il refluo convogliato all'impianto di depurazione di Battipaglia ex FIO 107/86 rappresenta un refluo atipico in quanto costituito dai reflui industriali provenienti dall'area industriale di Battipaglia e dai rifiuti liquidi pretrattati negli impianti di Buccino, Contursi, Oliveto Citra e Palomonte. Per effetto del pretrattamento negli impianti citati, il refluo in ingresso all'impianto ex FIO 107/86 risulta caratterizzato da una bassa concentrazione di sostanza organica facilmente biodegradabile, nonché da uno sbilanciamento dei carichi azotati e dei carichi carboniosi. Tale caratterizzazione influisce sui rendimenti del processo biologico. Al fine di migliorare ulteriormente l'efficienza del processo biologico, è opportuno effettuare il controllo completo dei parametri (i.e. BOD<sub>5</sub>, COD, TKN, azoto ammoniacale, azoto nitrico, azoto nitroso). In condizioni più sfavorevoli, qualora il contenuto di sostanza organica dovesse risultare insufficiente per consentire la completa denitrificazione, si potrebbe far ricorso a fonti esterne di carbonio (i.e. metanolo).

**Tabella 4.3 - Caratteristiche del liquame affluente ai processi biologici**

Portata Q <sub>m</sub>	25.255	m <sup>3</sup> /d
BOD <sub>5 in</sub>	120	mg/l
TKN <sub>in</sub>	45	mg/l
SST <sub>in</sub>	200	mg/l
BOD <sub>5 in</sub>	3.031	kg/d

TKN <sub>in</sub>	1.136	kg/d
SST <sub>in</sub>	5.051	kg/d
Temperatura media refluo	17	°C
Temperatura media aria	20	°C

Considerando i limiti normativi della Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs 152/2006 e s.m.i. (riportati in Tabella 4.4) che stabilisce le concentrazioni di composti azotati allo scarico, sono state calcolate le concentrazioni (Tabella 4.5) dei composti azotati tollerabili allo scarico.

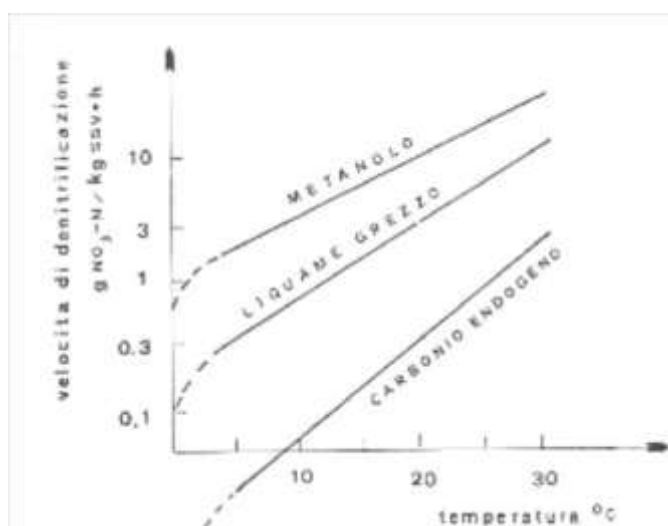
**Tabella 4.4 - Limiti normativi (Tab. 3 All. 5 Parte III D. Lgs 152/2006 e s.m.i.)**

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	15	mg/l
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	20	mg/l

**Tabella 4.5 - Concentrazioni tollerabili allo scarico**

NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	379	kg/d
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	505	kg/d

In relazione alla temperatura media di 17 °C, facendo riferimento al grafico seguente (Figura 4.4) per un liquame grezzo si è assunta una velocità di denitrificazione di 2,5 mg<sub>NO<sub>3</sub></sub> / g<sub>SSV</sub> / h.



**Figura 4.4 - Grafico che fornisce la velocità di denitrificazione utilizzando varie forme di substrato organico per i batteri denitrificanti (Masotti, 2006)**

Ammettendo che i solidi sospesi volatili siano pari al 70% dei solidi sospesi totali, risulta una velocità di denitrificazione pari a:

$$2,5 \frac{mg \text{ NO}_3}{g_{SSV} \cdot h} \times 0,7 \times 24 \frac{h}{d} = 42,0 \frac{mg \text{ NO}_3}{g_{SSV} \cdot d}$$

Nota la portata massica di composti azotati entrante in vasca e la quantità tollerabile allo scarico è possibile calcolare la quantità di solidi sospesi da sottoporre a denitrificazione, ipotizzando una concentrazione in vasca di 3,5 kg<sub>SS</sub>/m<sup>3</sup> (Tabella 4.6). Dal rapporto tra la massa e la concentrazione dei solidi sospesi si ottiene il volume minimo della vasca di denitrificazione pari a 1.718 m<sup>3</sup>.

**Tabella 4.6 - Massa di solidi sospesi da sottoporre a denitrificazione e concentrazione di SS in vasca**

NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> da denitrificare	252,6	kg/d
Massa denitrificante	6.013,1	kg <sub>SS</sub>
Concentrazione di solidi in vasca	3,5	kg <sub>SS</sub> /m <sup>3</sup>

Le caratteristiche dimensionali della vasca di denitrificazione sono, nel caso specifico, dettate dalle dimensioni dell'esistente vasca di ossidazione che si intende parzializzare. Essendo l'altezza liquida in vasca *h* di 5,0 m (+ 0,50 m di franco), la superficie di ingombro minima in pianta di ogni vasca di denitrificazione, è pari a 85,90 m<sup>2</sup>. Considerata la larghezza utile di ogni vasca di 11,7 m, data dalle dimensioni delle vasche esistenti, si è scelta una lunghezza di 7,8 m.

Le caratteristiche dimensionali di ogni vasca di denitrificazione sono riportate in Tabella 4.7.

**Tabella 4.7 - Caratteristiche dimensionali vasche di denitrificazione di progetto**

n. vasche	4	-
Altezza liquame	5,0	m
Larghezza utile unitaria	11,7	m
Lunghezza utile unitaria	7,8	m
Superficie utile unitaria	91,3	m <sup>2</sup>
Superficie utile totale	365,0	m <sup>2</sup>
Volume utile unitario	456,3	m <sup>3</sup>
Volume utile totale	1.825,2	m <sup>3</sup>

Si prevede, pertanto, **la parzializzazione delle quattro vasche di ossidazione esistenti mediante la realizzazione di quattro setti in c.a. (uno per vasca) con sfioro superficiale**, di dimensioni pari a 0,50 x 11,70 x 5,00 m, al fine di garantire l'afflusso del liquame dalla vasca di denitrificazione alla vasca di nitrificazione/ossidazione;

Al fine di evitare un eventuale accumulo di solidi, in ogni vasca è prevista l'installazione di un agitatore ad asse verticale.

## Nitrificazione/Ossidazione

Si riporta il dimensionamento della vasca di nitrificazione/ossidazione. È stato adottato un fattore di carico organico pari a 0,25 kg BOD<sub>5</sub>/kg SSMA/d, tenendo anche in considerazione che si tratta di un sistema caratterizzato da età del fango abbastanza elevate. Con un carico organico complessivo influente di 3.031 kg BOD<sub>5</sub>/d, la massa di solidi sospesi presenti in aerazione risulta pari a 12.122 kg SS.

$$\text{Massa nitrificante} = \frac{3.031 \text{ kg BOD}_5/d}{\frac{0,25 \text{ kg BOD}_5}{\text{kg SSMA} \times d}} = 12.122 \text{ kg SS}$$

Assunta una concentrazione in vasca di SS pari a 3,5 kg/m<sup>3</sup>, il volume minimo della vasca risulta pari a circa 3.500 m<sup>3</sup>.

$$\text{Volume nitrificazione} = \frac{\text{Massa nitrificante}}{\text{Concentrazione}} = \frac{12.122 \text{ kg SS}}{3,5 \text{ kg SS/m}_3} = 3.500 \text{ m}^3$$

Anche in tal caso le dimensioni utili della vasca di nitrificazione/ossidazione sono dettate dalle vasche esistenti parzializzate. Pertanto i volumi disponibili risultano nettamente maggiori di quelli necessari. Le caratteristiche dimensionali di ogni vasca di nitrificazione/ossidazione sono riportate in Tabella 4.8.

**Tabella 4.8 - Caratteristiche dimensionali vasche di nitrificazione/ossidazione**

n. vasche	4	-
Altezza liquame	5,0	m
Larghezza utile unitaria	11,7	m
Lunghezza utile unitaria	41,2	m
Volume utile unitario	2.410,2	m <sup>3</sup>
Volume utile totale	9.640,8	m <sup>3</sup>

Definite le dimensioni delle vasche di progetto, si è proceduto con il dimensionamento dei dispositivi di aerazione, tenendo presente che una parte del BOD<sub>5</sub> presente nel refluo influente viene degradata durante la denitrificazione e, in particolare, ad ogni parte di nitrato ridotta corrisponde circa una parte di BOD<sub>5</sub>. Considerando un'efficienza di rimozione pari al 90 %, il carico di BOD<sub>5</sub> da rimuovere giornalmente ammonta a:

$$BOD_{5da\text{rimuovere}} = 100 \frac{90}{100} \times 3.031 \text{ kg/d} = 2.727,5 \text{ kg/d}$$

Da tale quantità si deduce la quota rimossa per denitrificazione, stimabile pari a:

$$TKN_{in} - NH_4^+_{out} - NO_3^-_{out} = 252,6 \frac{kg}{d}$$

e si calcola il carico di BOD<sub>5</sub> che effettivamente occorrerebbe rimuovere nella fase di aerazione pari a 2.475,0 kg/d.

Il fabbisogno di ossigeno è in questo caso somma del fabbisogno di ossigeno per la frazione carboniosa e di quello per la frazione azotata. È stata effettuata una stima del fattore di richiesta di ossigeno per la frazione carboniosa in funzione del fattore di carico organico, in condizioni operative medie (Tabella 4.9).

**Tabella 4.9 - Calcolo del fabbisogno di ossigeno per l'ossidazione**

F <sub>O,medio</sub>	0,9	kg O <sub>2</sub> /kg BOD <sub>5</sub>
O <sub>medio</sub>	92,8	kg O <sub>2</sub> /h

dove O<sub>medio</sub> è pari al prodotto del fabbisogno di ossigeno per il carico di BOD<sub>5</sub> da rimuovere. Per la nitrificazione, assumendo pari a 4,6 parti di O<sub>2</sub> l'equivalente di una parte di NH<sub>3</sub>-N nitrificata, risulta:

$$O_{medio} = 4,6 \times (TKN_{in} - NH_4^+_{out}) = 145,2 \frac{kg O_2}{h}$$

Complessivamente risulta un fabbisogno di ossigeno di circa 238 kg/h (Tabella 4.10):

**Tabella 4.10 - Calcolo del fabbisogno di ossigeno complessivo per l'ossidazione e la nitrificazione**

Ossidazione	O <sub>medio</sub>	92,8	kg O <sub>2</sub> /h
Nitrificazione	O <sub>medio</sub>	145,2	kg O <sub>2</sub> /h
Complessivo	O <sub>medio</sub>	5.712,0	kg O <sub>2</sub> /d

Nelle vasche esistenti i diffusori a bolle fini sono stati recentemente sostituiti. In particolare, sono stati installati n. 864 diffusori a disco a membrana modello SANITAIRE SS2 della Xylem in ciascuna vasca. Dalle specifiche tecniche risulta che ciascun diffusore è in grado di erogare una portata d'aria variabile tra 1,0 e 6,8 Nm<sup>3</sup>/h. Si prevede di utilizzare i diffusori recentemente sostituiti, con un notevole risparmio economico. Considerando una densità di 1,56 diffusori a metro quadrato, ed una superficie utile di ciascuna vasca parzializzata di 482,04 m<sup>2</sup>, il numero di diffusori necessario risulta pari a 754 per vasca. Considerando, infine, una portata da erogare di circa 13.500 Nm<sup>3</sup>/h, ciascun diffusore dovrà erogare una portata d'aria di circa 4,5 Nm<sup>3</sup>/h. Occorre prevedere la dismissione dei diffusori presenti nella parte iniziale di ognuna delle quattro vasche di ossidazione esistenti in quanto dedicata alla fase di denitrificazione. In particolare, occorre dismettere n. 110 diffusori per vasca.

Si prevede, inoltre, l'installazione di n. 1 compressore di 315 kW da 13.500 Nm<sup>3</sup>/h, al fine di erogare la portata di aria necessaria per il processo biologico ossidativo, in sostituzione di una delle due turbosoffianti esistenti, nonché l'adeguamento del sistema di convogliamento dell'aria compressa alle tubazioni esistenti. Il modello del compressore è a geometria variabile. Il locale compressori esistente è dotato di insonorizzazione acustica, di conseguenza la cabina di insonorizzazione non risulta necessaria e non è stata quotata.

L'alimentazione del liquame dall'unità di denitrificazione alla vasca di ossidazione avviene per sfiato superficiale tramite un setto dotato di una soglia stramazzone. Le dimensioni di ciascun setto sono pari a 0,50 x 11,70 x 5,00 m.

Dalle vasche di sedimentazione secondaria, il fango è ricircolato a monte della vasca di denitrificazione. Assumendo una concentrazione di solidi sospesi nel ricircolo fanghi di 7,0 kg/m<sup>3</sup>, il rapporto di ricircolo risulta pari a 1,0, pertanto la portata di ricircolo è 25.255 m<sup>3</sup>/d. Per sollevare tale portata, si utilizzeranno le n. 4 pompe sommerse esistenti, le cui caratteristiche sono:

- Portata: 450 m<sup>3</sup>/h;
- Prevalenza: 3,0 m

Il rapporto di ricircolo interno relativo alla miscela di nitrati risulta pari a 1,80. Pertanto, la portata di ricircolo della miscela aerata risulta pari a 45.459 m<sup>3</sup>/d, che corrisponde ad una portata di 11.365 m<sup>3</sup>/d per ogni vasca. È prevista una pompa assiale per ognuna delle quattro vasche (+1R) al fine di ricircolare la miscela aerata dalla vasca di ossidazione/nitrificazione a quella di denitrificazione. Tali elettropompe sono adatte per basse prevalenze e prevedono un'installazione orizzontale. Le caratteristiche tecniche di ciascuna elettropompa ad elica sono:

- Portata: 131,5 l/s;
- Prevalenza: 0,566 m

È, infine, prevista, in ognuna delle quattro vasche, una tubazione in pressione DN 375 in acciaio inox per addurre la portata di ricircolo della miscela di nitrati dalla vasca di aerazione alla vasca di denitrificazione.

Si riporta, in Tabella 4.11, un riepilogo dei principali parametri operativi del processo biologico.

**Tabella 4.11 - Riepilogo parametri operativi del processo biologico**

Portata Q <sub>m</sub>	25.255	m <sup>3</sup> /d
Temperatura media refluo	17	°C
Temperatura media aria	20	°C
Concentrazione di solidi in vasca	3,5	kg ss/m <sup>3</sup>

Concentrazione di solidi riciclati	7,0	kg ss/m <sup>3</sup>
Ricircolo dai sedimentatori secondari	1,0	-
Ricircolo interno	1,8	-
Ricircolo totale	2,8	-
Volume utile vasche anossiche	1.825,2	m <sup>3</sup>
Volume utile vasche aerobiche	9.640,8	m <sup>3</sup>
Percentuale volume vasche anossiche su vasche aerobiche	19	%
Portata d'aria da erogare stimata	13.500	Nm <sup>3</sup> /h

## 4.2 Linea fanghi

Il progetto in esame prevede la messa in esercizio della linea fanghi mediante la riqualificazione delle unità impiantistiche esistenti, la sostituzione delle opere elettromeccaniche di alcune unità, la rifunzionalizzazione dei digestori. Ciascun intervento è descritto dettagliatamente nei paragrafi successivi.

### 4.2.1 Post-ispessimento

Il processo di post-ispessimento avviene in una sola vasca in c.a., parzialmente interrata, con una geometria caratterizzata da pianta circolare e fondo tronco-conico. Sebbene tale vasca risulti idonea per le capacità di trattamento prevista, presenta dei problemi riguardanti la tenuta idraulica delle opere civili, nonché le opere elettromeccaniche. A tal fine, si prevede il ripristino della tenuta idraulica e l'installazione di un nuovo ponte raschiafanghi, a picchetti verticali, in acciaio inox AISI 304 L.