


# NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)



A00GRT / AD Prot. 0667926 Data 24/12/2024 ore 14:37 Classifica P.140.010.

Tavola / Elaborato	Nome Elaborato:	Scala:
<b>R.IM.1</b>	<b>Relazione tecnica di processo</b>	Data: Gennaio 2020

 <p><b>INGEGNERIE TOSCANE</b></p> <p>Sede Firenze Via de Sanctis, 49 Cod. Fiscale e P.I. 06111950488</p> <p><small>Organizzazione dotata di Sistema di Gestione Integrato certificato in conformità alla normativa ISO9001 - ISO14001 - OHSAS18001 - SA8000</small></p>	
<b>PROGETTISTI :</b>  <b>RESPONSABILE COMMESSA E PROGETTO:</b> Dott. Ing. Luca DEL BIMBO  <b>GEOLOGIA:</b> Dott. Geol. Filippo LANDINI	<b>COLLABORATORI</b> indagini geologiche: Dott. Lorenzo PORAZZINI opere civili ed edili: Dott. Ing. Lorenzo DEGL'INNOCENTI opere idrauliche e sanitarie: Dott. Ing. Valentina CAMICI opere elettriche: P.I. Luca ANGELI modellazione processi: Dott. Ing. Alice BALDUCCI
<b>CONSULENTI TECNICI</b> opere architettoniche e paesaggistiche: Arch. Riccardo BONECHI geologia: Geol. Filippo SOTTANI opere elettriche: Tecnoengineering s.r.l. opere civili ed edili: Dott. Ing. Marco BENVENUTO	<b>COMMESSA I.T. :</b> INGT-TPLPE-PBADD450
<b>COORDINATORE DELLA SICUREZZA :</b>  Dott. Arch. Andrea GAZZARRINI	<b>RESPONSABILE COMMITTENTE :</b>  Ing. Cristiano AGOSTINI
<b>DIRETTORE TECNICO INGEGNERIE TOSCANE :</b>  Dott. Ing. Paolo PIZZARI	<b>RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO :</b>  P.I. Armando MINIATI

Rev.	Data	Descrizione / Motivo della revisione	Redatto	Controllato / Approvato
00	Gennaio 2020	Emissione progetto Esecutivo	DEL BIMBO	DEL BIMBO

<b>1 INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>2 SISTEMA DEPURATIVO: PREVISIONE DI FUTURO INCREMENTO UTENZA .....</b>	<b>4</b>
<b>3 PROGETTO NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE IN DUE LINEE PER POTENZIALITÀ TOTALE 12.000 AE.....</b>	<b>6</b>
3.1 Dati di progetto .....	6
3.2 Descrizione delle fasi dell'impianto .....	9
<b>4 LINEA ACQUE .....</b>	<b>13</b>
4.1 Grigliatura .....	13
4.2 Sollevamento .....	18
4.3 Dissabbiatura .....	22
4.4 Sedimentatore primario (vasca di equalizzazione) .....	27
4.5 Trattamento biologico.....	31
4.5.1 Dimensionamento e verifica del reattore biologico.....	34
4.5.2 Predimensionamento con Norme ATV-DVWK-A 131 E.....	36
4.5.3 Verifica del dimensionamento mediante applicazione delle cinetiche di processo	39
4.5.4 Stima della produzione di fango di supero .....	45
4.5.5 Stima dell'efficienza di abbattimento del BOD .....	48
4.5.6 Stima del fabbisogno di ossigeno di processo .....	48
4.5.7 Dimensionamento defosfatazione.....	54
4.5.8 Descrizione del sistema di ricircolo miscela aerata.....	55
4.5.9 Descrizione del sistema di fornitura e diffusione aria .....	57
4.5.10 Descrizione del sistema di miscelazione .....	59
4.5.11 Strumentazione a servizio della sezione.....	60
4.6 Sedimentatore secondario .....	62
4.6.1 Dimensionamento ricircolo fanghi .....	63
4.6.2 Dimensionamento sedimentatore secondario .....	66
4.7 Disinfezione e filtrazione finale.....	71
4.7.1 Dimensionamento disinfezione .....	71
4.7.2 Dimensionamento Discfilter.....	73
4.7.3 Canale di bypass .....	75
<b>5 LINEA FANGHI.....</b>	<b>77</b>

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

5.1	Produzione fanghi .....	77
5.2	Digestione aerobica del fanghi.....	79
5.2.1	Dimensionamento del reattore di digestione aerobica.....	80
5.2.2	Stima del fabbisogno di ossigeno di processo .....	82
5.2.3	Descrizione del sistema di fornitura e diffusione aria .....	85
5.2.4	Strumentazione a servizio della sezione .....	87
5.3	Vasca ricircolo e sollevamento fanghi.....	87
5.4	Ispessimento fanghi .....	88
5.5	Disidratazione meccanica tramite estrattore centrifugo.....	90
<b>6</b>	<b>BILANCIO LIMITI IMPOSTI .....</b>	<b>93</b>

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 1 Introduzione

Il presente progetto si inserisce nel quadro di una globale ristrutturazione fognaria dell'intera area di Bottegone situata lungo la Statale Fiorentina, con la costruzione di nuovo depuratore in loc. Bottegone in Pistoia, in seguito alla realizzazione di 2 interventi di edilizia civile:

1-AREA PIP, piano iniziativa priva zona artigianale, loc. Saliceto;

2-AREA PIR, piano insediamento residenziale, loc. Casone Capecci.

Il nuovo impianto di depurazione di Bottegone avrà potenzialità di 12.000 ab.eq. e sostituirà l'attuale depuratore in via Bottai.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 2 Sistema depurativo: previsione di futuro incremento utenza

Con riferimento al sistema depurativo si evidenzia che nell'area, oltre ai 4800 abitanti già serviti dall'impianto di depurazione esistente, ci sono almeno altri 5100 abitanti con elevata propensione al conferimento di reflui (zona di Bonelle, etc..), i residenti di località Barba con carico pari a circa 1000 abitanti (attualmente in situazione critica con scarichi più o meno dispersi), e gli abitanti stimati dalla lottizzazione PIR pari a 525 ab.eq. e dalla lottizzazione PIP pari a 505 ab.eq. Si riporta nello schema seguente l'attuale valore di abitanti potenzialmente da servire con un nuovo impianto di depurazione:

Area	Abitanti Equivalenti
Bacino di trattamento Depuratore Bottegone	5.161
Future espansioni (12%)	1.035
Via del Cantone (Barba)	129
Via Bassa di San Sebastiano (Bottegone)	215
Area PIP	505
Area PIR	525
Via Casone dei Capeccchi (Bottegone)	122
Via Andrea Doria (area a scarico)	72
Via del Crociale (Bottegone)	145
S. Pierino (area a scarico)	125
Via Fiorentina (S. Pierino Casa al Vescovo)	115
S.S. Pistoiese (area a scarico)	122
S.S. Pistoiese (area a scarico)	106
Bonelle (area a scarico)	433
Nuovo Collettore Masiano - Piuvisa	1.190
Disponibilità residua	2.000
<b>TOTALE</b>	<b>12.000</b>

### AE di progetto

Si prevede di realizzare due linee in parallelo di potenzialità circa 6000 ab./ eq, del tipo ad aereazione estensiva a basso carico e conseguentemente ad elevato rendimento. Con tale soluzione viene eliminata la fase di sedimentazione primaria e vengono attribuiti alti tempi di detenzione al reparto biologico per far sì che il fango, continuamente ricircolato, risulti già stabilizzato.

Tale stabilizzazione avviene contemporaneamente alla fase di aerazione e questo comporta, a parità di grado di stabilizzazione finale del fango, un volume della vasca di aerazione maggiore dei volumi necessari ad un impianto a fanghi attivi classico per l'aerazione e per la digestione.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Si avrà conseguentemente una notevole semplificazione del processo in termini di gestione e poiché nella vasca di aerazione si svilupperà una massa biologica maggiore rispetto agli impianti tradizionali, essa risulterà meno sensibile alle variazioni delle condizioni esterne.

In un impianto classico, la biomassa è molto influenzata da variazioni di temperatura, variazioni di carico o eventuali scarichi tossici e questo è uno degli aspetti da evitare nel caso in esame, in cui quasi la metà dell'apporto idrico deriva da attività industriali. In particolare, dalle industrie è possibile aspettarsi carichi degradabili solo dopo lunghi tempi di aereazione e forti variazioni di carico nell'arco della giornata. L'adozione di vasche di aerazioni di notevole volume è pertanto indispensabile.

La sezione biologica dell'impianto è progettata per poter funzionare sia in continuo sia a cicli alterni.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

### 3 Progetto nuovo impianto di depurazione in due linee per potenzialità totale 12.000 AE

L'impianto sarà posizionato a più di 100 m dalle più vicine abitazioni; l'inquinamento acustico generato dall'impianto sarà fortemente limitato poiché tutti i macchinari elettromeccanici che si prevede di adottare non presentano particolari caratteristiche di inquinamento acustico ad eccezione delle soffianti a servizio della vasca di ossidazione. Per risolvere tale problema le soffianti saranno dotate di cabine insonorizzanti.

Per quanto riguarda le emissioni maleodoranti, si specifica che il processo depurativo adottato, in condizioni di normale funzionamento, non prevede la liberazione di nessuna sostanza volatile in quantità tali da arrecare problemi. Per il cassone di stoccaggio dei fanghi disidratati si è prevista la costruzione di apposito box di contenimento, con aspirazione dell'aria maleodorante ed immissione nel circuito di aerazione del trattamento biologico.

La zona prescelta è inoltre a carattere prettamente rurale, con una distanza dai centri abitati ben superiore ai 100 m previsti dalla legge n°319/76 e s.m.i. Si prevedono, oltre alla recinzione esterna, posizionamento di alberi intorno all'area dell'impianto per minimizzare l'impatto visivo.

#### 3.1 Dati di progetto

Si fa riferimento a dati di analisi su reflui della zona e ad analisi svolte su rete fognaria zona Chianti e Impruneta campionati su collettori fognari.

I campioni sono stati analizzati dal laboratorio chimico dell'ACRS per la determinazione dei principali parametri di processo. I risultati sono riassunti in Tab.2.

I reflui risultano in massima parte nelle zone limitrofe classificabili "come deboli" e sono particolarmente sbilanciati sull'azoto in quanto i rapporti COD/N sono particolarmente bassi .

I campioni sono analizzati dal LAT per la determinazione del bCOD, che viene effettuata con la metodologia proposta da Roeleveld e Van Loosdrecht (2002).

Dalle curve di BOD, si possono utilizzare le formule:

$$\left\{ \begin{array}{l} BOD_{tot}(t \rightarrow \infty) = \frac{1}{1 - e^{-k_{BOD}t}} BOD(t) \\ BCOD = \frac{1}{1 - f} BOD_{tot} \end{array} \right\}$$

dove

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

$BOD_{tot}$  = BOD ultimo, che può essere misurato direttamente con prove di BOD20-30

$BOD_t$  = BOD calcolato fino al tempo  $t$

$kBOD$  = costante cinetica del primo ordine

$f$  = fattore correttivo correlato con il fattore di produzione di inerte posto generalmente a 0,1-0,15. Rappresenta la frazione di COD non biodegradabile prodotto dal decadimento endogeno e dai processi di lisi della biomassa. Il valore utilizzato è quello ricavato dai modelli ASM dell'IWA.

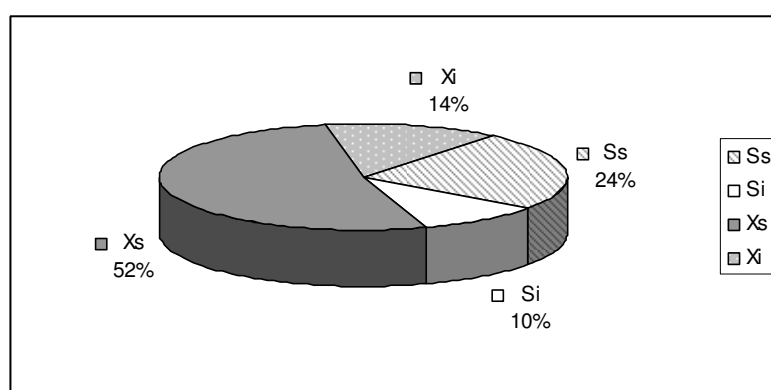
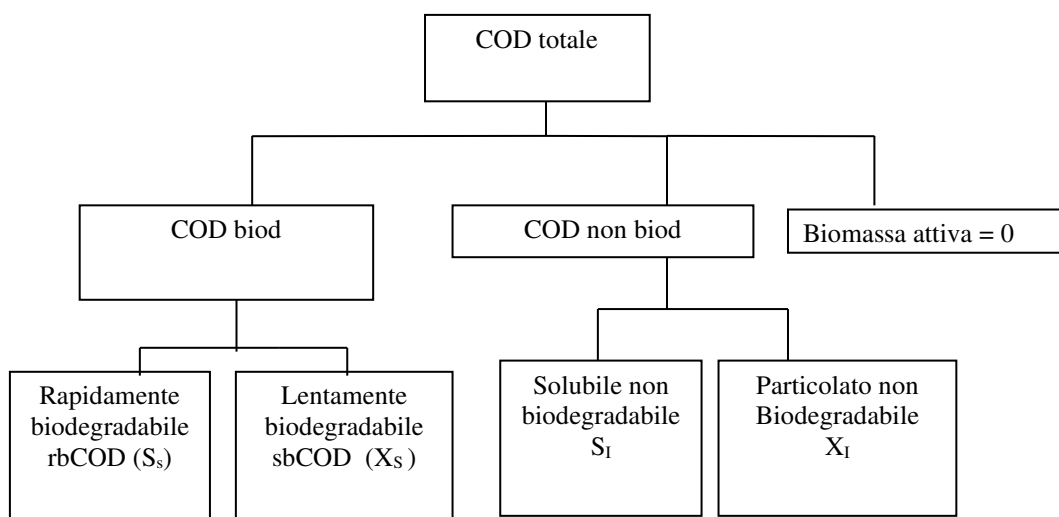
In funzione del tipo di refluò una frazione compresa tra il 50 e il 95% del BOD è ossidato in 5 giorni e compresa tra il 95 e il 99% dopo 20 giorni. L'approccio è quello di effettuare prove di BOD8-10 e calcolare il valore del BOD ultimo dal modello cinetico del primo ordine indicato nella (1). Il valore della costante  $kBOD$  e  $BOD_{tot}$  sono ricavati in modo semplice per regressione lineare (passando ai logaritmi) oppure con un fitting non lineare. Il valore della  $kBOD$  da analisi effettuate in alcuni impianti dell'ATO3 è variabile tra 0,19-0,75 e risente molto della lunghezza della fognatura, della frazione industriale presente e dei pretrattamento (fosse settiche).

La curva di BOD viene effettuata mediante aggiunta di inoculo di fango attivo prelevato da un altro impianto per velocizzare il processo di crescita aerobica, con l'aggiunta di tampone fosfato (1 M) in modo da stabilizzare il pH ad un valore compreso tra 7,2-8. Per questi motivi i valori determinati con questa tecnica non sono confrontabili con i BOD5 tradizionali.

Il COD solubile (sCOD) viene valutato mediante filtrazione su membrana a 0.1  $\mu m$  (metodica STOWA). Dall'analisi del COD solubile residuo alla fine del test di BOD si può ricavare la frazione del COD solubile non biodegradabile (SI) e per differenza quella del COD solubile biodegradabile, assimilabile per un refluò civile alla frazione prontamente biodegradabile (rbCOD). Per differenza dal bCOD totale si ricava a questo punto anche la frazione di COD particolato biodegradabile sbCOD e quindi anche la frazione di COD particolato non biodegradabile (XI). In conclusione si ha il seguente frazionamento completo del COD :

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo





**frazionamento COD**

Alla luce dei valori riscontrati su reti fognarie ATO3, in prima approssimazione ed in attesa della esecuzione di indagini sulle fognature del Bottegone si può ipotizzare che il refluo presenta una scarsa componente prontamente biodegradabile rbCOD rispetto all'azoto totale per cui il potenziale di denitrificazione risulta essere intorno al 50-60%.

Ai fini del dimensionamento dell'intero impianto si assumono i seguenti dati prudenziali di progetto:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

<b>Abitanti equivalenti</b>	n.	12.000
<b>Dotazione idrica</b>	l/ab.d	250,0
<b>Coefficiente di restituzione in fogna</b>	-	0,80
<b>Coeff. per reparto biologico</b>	-	2,5
<b>Portata giornaliera</b>	m <sup>3</sup> /d	2400
<b>Portata media oraria</b>	m <sup>3</sup> /h	100
<b>Portata punta nera</b>	m <sup>3</sup> /h	300
<b>Portata max ammessa all'impianto</b>	m <sup>3</sup> /h	500
<b>Concentraz. BOD<sub>5</sub></b>	mg/l	180
<b>Carico totale di BOD<sub>5</sub></b>	Kg/d	432
<b>Concentraz. COD</b>	mg/l	350
<b>Carico totale di COD</b>	Kg/d	840
<b>Concentraz. SST</b>	mg/l	180
<b>Carico totale SST</b>	Kg/d	432
<b>Concentraz. TKN</b>	mg/l	45
<b>Carico totale TKN</b>	Kg/d	108
<b>Concentraz. P</b>	mg/l	7,5
<b>Carico totale P</b>	Kg/d	18

parametri di progetto nuovo dep. Bottegone

Si prevede quindi la realizzazione di impianto ad aereazione prolungata con fattore di carico  $F_c < 0,15$  Kg BOD<sub>5</sub>/KgSS·d. Si considera, di progetto, una concentrazione di solidi nella miscela aereata di circa MLSS=4 KgSS/mc.

### 3.2 Descrizione delle fasi dell'impianto

Considerando una dotazione idrica pro-capite di 250 l/ab.giorno e un coefficiente di restituzione pari a 0,8, la portata media al depuratore risulta pari a circa 100mc/h (50mc/h per linea) per linea e la portata massima di circa 500 mc/h (5Q<sub>24</sub>). L'impianto è progettato, nella sezione biologica e di sedimentazione, su due linee in parallelo.

Schematicamente, il ciclo biologico si svolge nel modo descritto di seguito. I liquami in arrivo all'impianto, preventivamente grigliati, attraversano mediante sollevamento il dissabbiatore, ove avviene la separazione delle particelle minerali presenti, per confluire poi verso il comparto biologico; la parte eccedente 300 mc/h, sfiorando a valle della dissabbatura, viene inviata ad un sedimentatore primario con funzione di bacino di equalizzazione e successivamente alla disinfezione finale.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Dopo i trattamenti preliminari, i liquami vengono immessi nei bacini di defosfatazione, denitrificazione e successivamente di ossidazione-nitrificazione (schema  $A^2/O$ ), ove l'intensa aerazione, favorendo l'azione biologica dei fanghi attivi, provoca l'abbattimento delle sostanze organiche inquinanti. In questa fase è possibile ottenere anche un parziale abbattimento del fosforo, a mezzo di immissione di elettroliti (policloruro di alluminio).

Avendo scelto uno schema d'impianto di tipo ad aerazione prolungata, viene eliminata la fase di sedimentazione primaria (utilizzata nel caso in esame solo per le portate di pioggia) e vengono attribuiti alti tempi di detenzione al reparto biologico per far sì che il fango, continuamente ricircolato (Mixed Liquor), risulti già stabilizzato. Tale stabilizzazione avviene contemporaneamente alla fase di aerazione e questo comporta, a parità di grado di stabilizzazione finale del fango, un volume della vasca di aerazione maggiore dei volumi necessari ad un impianto a fanghi attivi classico. Si ottiene una notevole semplificazione del processo in termini di gestione e, poiché nella vasca di aerazione si sviluppa una massa biologica maggiore rispetto agli impianti tradizionali, il processo risulterà meno sensibile alle variazioni delle condizioni esterne.

I bacini per il trattamento biologico potranno inoltre funzionare sia con defosfatazione-denitrificazione-nitrificazione svolta in volumi separati sia con processo a cicli alternati, ovvero con utilizzo dell'intero volume come un unico reattore adibito ciclicamente ai trattamenti di defosfatazione, denitrificazione e nitrificazione, attuati mediante accensione/spengimento di aerazione e miscelazione.

Dall'ossidazione i liquami passano ai bacini di sedimentazione finale, dove chiarificano separando al fondo i fiocchi di fango attivo e l'eventuale fango chimico dovuto all'abbattimento del fosforo.

Infine, i liquami sono sottoposti ad un trattamento terziario costituito da filtrazione e disinfezione con dosaggio di ipoclorito di sodio, dopodiché vengono immessi mediante un collettore nel ricettore finale.

I fanghi attivi separati sul fondo dei sedimentatori secondari vengono sollevati ed in parte ricircolati al trattamento ossidativo (fanghi di ricircolo); la frazione residua (fanghi di supero) perviene prima al trattamento di stabilizzazione aerobica, quindi all'ispessimento fanghi e successivamente alla disidratazione tramite centrifughe per ridurne il contenuto in acqua. E' prevista la possibilità di inviare i fanghi ad ispessimento prima o dopo il trattamento di stabilizzazione, oltre che di ricircolare nuovamente in stabilizzazione parte del fango ispessito.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Al termine del trattamento, i fanghi verranno stoccati in cassoni per essere conferiti a discarica controllata o ad un futuro riutilizzo in agricoltura.

L'impianto è composto pertanto dalle seguenti fasi di trattamento:

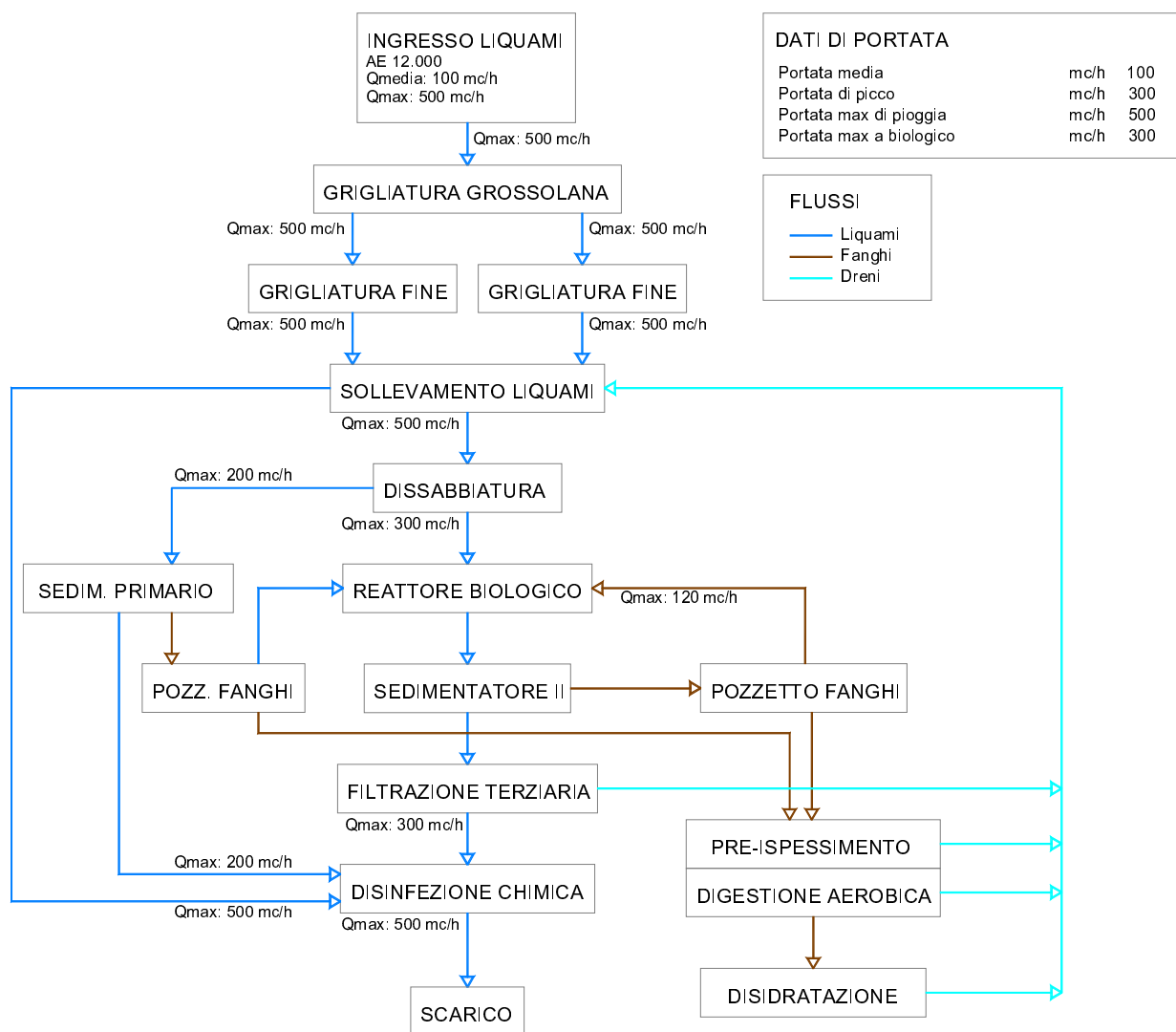
1) Linea acque

- grigliatura grossolana;
- grigliatura fine (2 linee);
- dissabbiatore;
- vasca di sedimentazione primaria (solo per portate >300 mc/h);
- vasche di defosfatazione/denitrificazione/ossidazione dei liquami (2 linee);
- vasche di sedimentazione secondaria (2 linee);
- filtrazione;
- disinfezione con ipoclorito di sodio;
- scarico nel ricettore finale.

2) Linea fanghi

- digestore aerobico;
- ispessitore;
- disidratazione meccanica tramite centrifuga.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



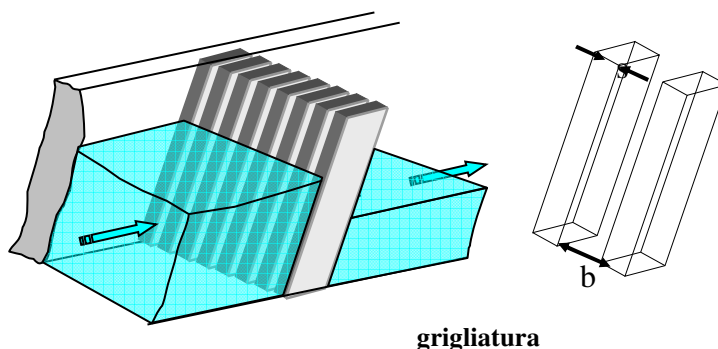
Schema di flusso dell'impianto

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 4 Linea Acque

### 4.1 Grigliatura

Per evitare di introdurre nell'impianto dei corpi grossolani che causerebbero intasamenti nelle tubazioni e danni alle apparecchiature presenti, si effettua, a monte di tutto il processo, la grigliatura. Essa consiste nell'attraversamento, da parte del liquame da trattare, di una serie di barre poste parallelamente tra loro con spaziatura definita.



Lo scopo della grigliatura è di separare materiali più o meno grossolani dal flusso liquido. Le griglie possono essere a pulizia manuale o meccanica, e fini (spaziatura tra le barre inferiore a 15 mm.) o grossolane (spaziatura superiore a 15 mm ).

Si è deciso di ricorrere a griglie automatiche. Prima della stazione di sollevamento si è inserita sia una griglia grossolana per evitare problemi di intasamento alle pompe che due griglie fini per migliorare il processo di rimozione solidi.

#### Dimensionamento Grigliatura grossolana

Si prevede una grigliatura grossolana con spaziatura 30 mm, alloggiata in un canale di larghezza 80 cm .

Come risulta dal profilo idraulico, sulla portata di punta (500 mc/h) l'altezza d'acqua a valle della griglia è 30 cm rispetto al fondo del canale, con una velocità risultante di 0.58 m/s. Tale altezza viene mantenuta dal livello impostato nel pozzetto di sollevamento e dalle perdite di carico della grigliatura fine.

Le perdite di carico nell'attraversamento della griglia grossolana si valutano grazie alla relazione di Kirschmer:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

$$\Delta h = \beta \cdot \left( \frac{s}{b} \right)^{4/3} \cdot \frac{v_0^2}{2g} \cdot \sin \alpha$$

I coefficienti assumono i seguenti valori:

$\beta=2,42$  (coefficiente di forma griglia)

$\alpha=75^\circ$  (angolo inclinazione griglia)

$s=0.008$  m (spessore delle barre)

$b=0.030$  m (spaziatura delle barre)

La velocità a monte della griglia è stata stimata ricorsivamente, considerando altezza d'acqua a monte della griglia uguale ad altezza a valle più perdite di carico stimate.

Sulla portata massima  $Q_{max}=5Q_{24}=500$  mc/h risulta:

$v_0 = 0.56$  m/s

$\Delta h = 0.01$  m

$v_a = 0.71$  m/s (velocità di attraversamento)

I valori di velocità risultano compatibili con i valori consigliati per evitare il deposito dei sedimenti ( $v_0 > 0.3$  m/s) ed il trascinamento del materiale grigliato ( $v_a < 1.2$  m/s).

Con portata media in transito ( $Q_{24}=100$  mc/h), si ottiene un'altezza d'acqua a valle della grigliatura grossolana di circa 15 cm rispetto al fondo del canale, con una velocità risultante di 0.69 m/s. In questo caso risulta:

$v_0 = 0.65$  m/s

$\Delta h = 0.01$  m

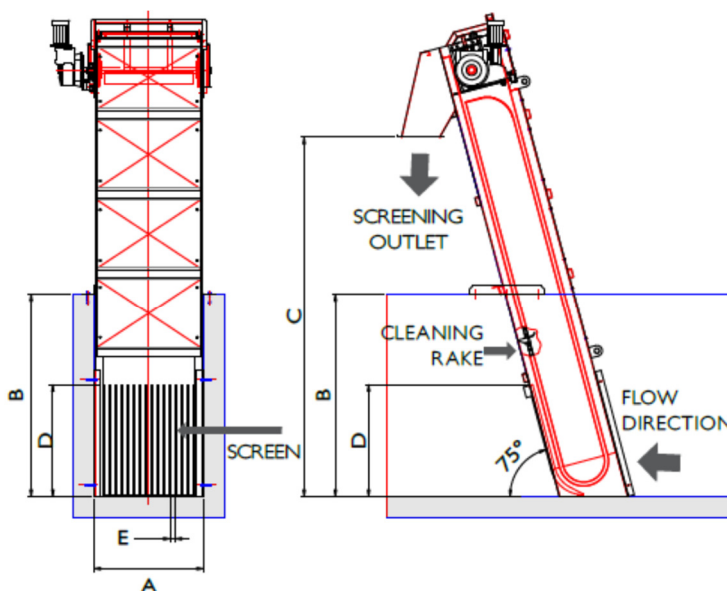
$v_a = 0.82$  m/s (velocità di attraversamento)

Anche in questo caso i valori di velocità risultano compatibili con i valori consigliati.

La griglia automatica prevista è formata da una parte fissa, comprendente barre, scivolo e guide, inclinata di  $75^\circ$  rispetto all'orizzontale, e una parte mobile costituita da un carrello sul quale sono montati il pettine con relativo cilindro idraulico di movimentazione, e il gruppo di trasmissione del moto per la traslazione del carrello, che avviene per accoppiamento di corona dentata con cremagliera fissata lungo le guide. Una lama raschiante pulisce il pettine scaricando il materiale dentro un cassonetto. La macchina può funzionare con pulizia temporizzata o avviabile mediante misura del dislivello monte-valle; il carrello quando inattivo si arresta sempre nella parte alta della macchina. Nel caso il carrello incontri, sia in salita che in discesa, uno sforzo o un ostacolo, automaticamente inverte il senso di marcia.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Il canale dove alloggia la griglia risulta con profondità circa  $h=5,1\text{m}$ ; aggiungendo 1,6 m necessari per l'installazione della griglia con il cassonetto che raccoglie il grigliato si raggiunge una differenza di quota di 6,6m rispetto al fondo canale.



Griglia grossolana tipo Savi GVB

### Dimensionamento Grigliatura fine

La grigliatura fine viene alloggiata a monte della stazione di sollevamento. Si prevede effettuare la grigliatura di tutta la portata in arrivo  $Q_{\max}=5Q_{24}=500 \text{ mc/h}$  su due linee in parallelo.

Vengono pertanto posizionate due griglie in parallelo con la possibilità, attraverso apposite paratoie, di poter bypassare parte della portate per le operazioni di manutenzione.

Si è previsto un modello di griglia a nastro tipo Aqua-Guard MNT 6500x500x3 o similare, spaziatura 3 mm, con doppio nastro e completa di copertura. L'inclinazione è di  $85^\circ$  rispetto all'orizzontale. Parte essenziale è l'elemento filtrante, "dente", che assemblato su alberi di acciaio inox forma un nastro inserito in un telaio di supporto.

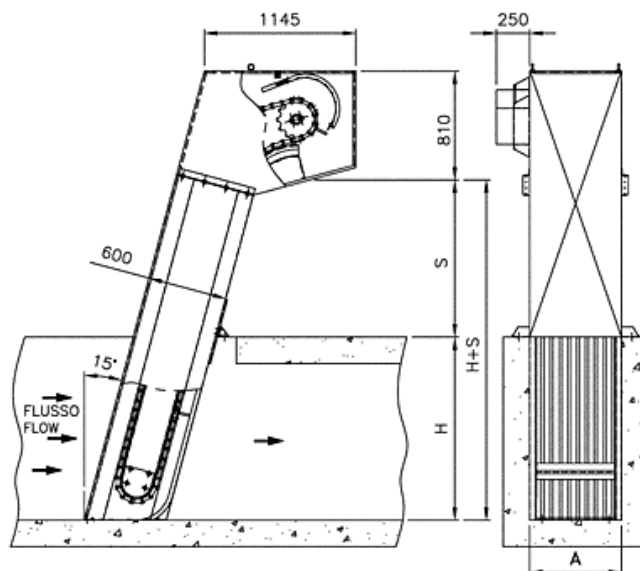
La pulizia delle griglie è di tipo automatico con lettura dei livelli a monte e a valle della sezione. Con l'aumento dell'impaccatura della macchina, dovuta alla presenza di materiale depositato sul nastro filtrante, aumentano le perdite di carico indotte dal passaggio del flusso idrico. Viene quindi settato il valore della massima perdita di carico ammissibile corrispondente al massimo livello del wl a monte della griglia; raggiunto tale valore si avvia la pulizia automatica della

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



macchina. L'avvio della pulizia genera contemporaneamente l'avvio del nastro trasportatore di raccolta e del compattatore dei grigliati.

La larghezza del canale di alloggio per ogni singola griglia sarà di 60 cm.



Griglia fine tipo Andritz Aqua-Guard

Il materiale raccolto dal grigliato verrà convogliato ad un compattatore oleodinamico costituito da:

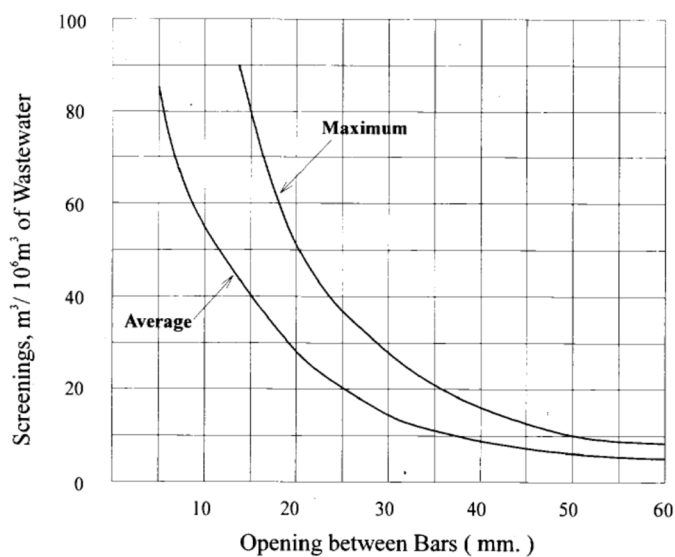
- camera di carico con pistone
- tubo di compattazione e scarico
- centralina oleodinamica

Il grigliato viene raccolto nel cilindro ed il pistone, con movimento alternativo, durante la corsa di andata compatta il grigliato nel tubo di scarico e successivamente invia il materiale ad un cassonetto apposito.

### Stima produzione grigliato

Di seguito si riporta la stima della produzione di grigliati calcolata sulla base dei dati EPA che sintetizzano, nel grafico sotto riportato, la produzione media e massima dei grigliati al variare della portata giornaliera di ingresso e della spaziatura della griglia.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Portata media giornaliera mc/d 2400

Produzione da griglia grossolana mc/d 0.05

Produzione da griglia fine mc/d 0.24

Il grigliato prodotto dalla sezione di grigliatura fine viene compattato con rese stimabili in:

Quantitativo di SS in uscita dal compattatore	%	35
Umidità residua del rifiuto compattato	%	65
Riduzione del volume dei solidi	%	40
Riduzione volumetrica	%	60

La produzione di grigliati da inviare a smaltimento risulta complessivamente pari a circa 0.15 mc/d.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 4.2 Sollevamento

La collocazione del sollevamento è a valle delle fasi primarie di grigliatura fine e grossolana. Questa soluzione assicura la protezione delle pompe dai possibili fenomeni di intasamento dovuti alla presenza di corpi grossolani all'interno del flusso idrico in arrivo all'impianto.

Le portate in ingresso alla sezione sono:

- portata media di tempo secco: 100 mc/h
- portata massima di pioggia: 500 mc/h

Per la scelta delle pompe si è scelta una soluzione che consenta il sollevamento graduale della portata in ingresso all'impianto da un minimo pari alla  $Q_{media}$  fino alla massima di pioggia. Sotto tale ottica si è quindi scelto di installare n. 5 + 1 riserva pompe uguali aventi portata pari a 100 mc/h. Le pompe saranno dotate di inverter per permettere il sollevamento di portate inferiori alla  $Q_{media}$  o di frazioni della portata della pompe senza attacchi stacchi, ovvero con funzionamento continuo a livello costante.

Le pompe solleveranno i liquami direttamente nel canale di alimentazione della sezione di dissabbiatura; le mandate saranno separate con assenza di un collettore comune di raccolta reflui, quindi senza necessità di installazione di valvole di non ritorno e di saracinesche per la manutenzione. Su ogni mandata sarà installato un misuratore di portata elettromagnetico.

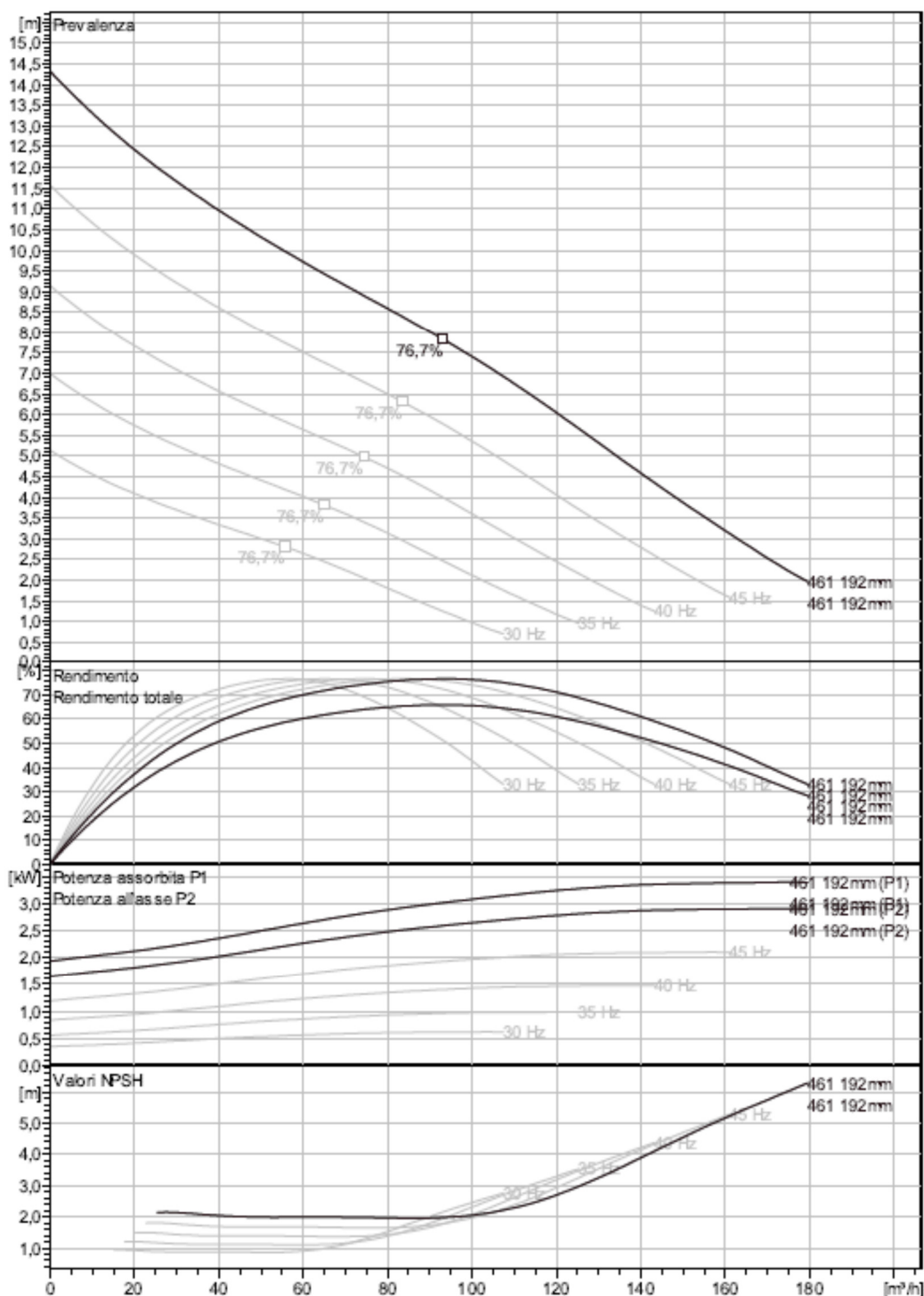
La valutazione del diametro delle singole mandate delle pompe è stata svolta calcolando l'effettiva velocità di percorrenza del fluido nelle tubazioni.

Portata sollevata (mc/h)	Tubazione di mandata	Velocità dell'acqua (m/s)
100	DN200 Aisi304	0.88

Il calcolo della prevalenza di ciascuna pompa è stata effettuata sommando il dislivello geodetico, definibile per differenza tra il minimo livello nel pozzetto di sollevamento e la massima quota di arrivo delle tubazioni nel canale di alimentazione della dissabbiatura, e le perdite di carico nelle tubazioni di mandata, costituite dalle perdite distribuite lungo le condotte e dalle perdite concentrate relative a sbocco, n. 2 curve a 90°, nonché le perdite aggiuntive dovute alla percorrenza del tratto con misuratore di portata, di diametro DN125 per ottimizzare la precisione dello strumento.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Adottando come livello minimo previsto nel pozzetto la quota di fondo del canale di grigliatura, risulta un dislivello geodetico di 7.11 m e perdite di carico pari a 0.29 m, per una prevalenza complessiva alla portata di progetto di 7.3 m.



Curve di funzionamento pompa Xylem NP 3102 MT 3~ Adaptive 461

Ciascuna elettropompa centrifuga sarà dotata dei seguenti allarmi:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- infiltrazione acqua nello statore: provoca il blocco del motore della pompa;
- temperatura del motore troppo elevata: provoca il blocco del motore.

Detti allarmi verranno inviati ed indicati sia nel quadro locale di comando gruppo elettropompe, nel quale sarà visibile una spia luminosa di segnalazione avaria, sia nel PLC generale di impianto.

Per ridurre al minimo l'intasamento delle giranti, oltre che ricorrere all'adozione di pompe dotate di giranti "inintasabili", si può sfruttare le potenzialità dei convertitori di frequenza, i quali possono misurare e monitorare con grande precisione la coppia resistente richiesta dalla macchina, e la capacità di azionare il motore sia in senso diretto che in senso inverso, queste due funzioni, unite ai programmi software dei convertitori di frequenza consentono di realizzare un controllo dell'intasamento delle elettropompe attuando cicli automatici (mediante valore nominale di coppia resistente, settato dall'operatore) di pulizia della girante, attuando una decelerazione, fermata, rotazione inversa e ritorno a velocità nominale della macchina.

La sezione di sollevamento è corredata dalla seguente strumentazione:

- N.1 Trasmettitore di livello ad ultrasuoni
- N.1 switch di livello di tipo resistivo, a 5 livelli, per l'eventuale comando delle pompe con logica tipo attacco/stacco
- N.2 switch di livello a galleggianti per allarme livello alto in vasca e marcia a secco delle pompe
- N.6 misuratori elettromagnetici di portata
- N.1 campionatore dei reflui

La logica di funzionamento della stazione di sollevamento ha come obiettivo il mantenimento di un livello idrostatico circa costante al variare della portata in ingresso alla sezione.

E' stato individuato come livello da mantenere nel pozzetto la quota di 36.94 m s.l.m., ovvero 30 cm più in alto del fondo del canale di grigliatura fine, in modo da ottimizzare il funzionamento della sezione di grigliatura.

E' stato inoltre valutato il funzionamento in emergenza con logica attacco/stacco, imponendo un numero massimo di 30 avviamenti orari. E' risultato un volume minimo necessario per ogni pompa di 0.83 mc, corrispondente ad un dislivello di 0.07 m tra attacco e stacco.

Adottando una sovrapposizione dei volumi di attacco/stacco si sono individuati i seguenti livelli:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Dislivello fissato tra attacco e stacco pompa	m	<b>0.15</b>	> 0.07
Dislivello fissato tra 2 attacchi	m	<b>0.04</b>	
p1 attacco	m s.l.m.	<b>36.79</b>	
p2 attacco	m s.l.m.	<b>36.83</b>	
p3 attacco	m s.l.m.	<b>36.87</b>	
p4 attacco	m s.l.m.	<b>36.91</b>	
p5 attacco	m s.l.m.	<b>36.95</b>	liv. massimo pozzetto
p5 stacco	m s.l.m.	<b>36.80</b>	
p4 stacco	m s.l.m.	<b>36.76</b>	
p3 stacco	m s.l.m.	<b>36.72</b>	
p2 stacco	m s.l.m.	<b>36.68</b>	
p1 stacco	m s.l.m.	<b>36.64</b>	liv. minimo pozzetto

In tal caso il livello del pozzetto oscillerà tra 36.64 e 36.95 m s.l.m., ovvero tra il livello di fondo del canale di grigliatura ed il livello previsto per il funzionamento ottimale della grigliatura a portata massima.

Nel pozzetto saranno installati inoltre interruttori di livello a galleggianti di altissimo e bassissimo livello, che bypassando il PLC comanderanno rispettivamente l'attivazione di tutte le pompe al massimo regime e lo spegnimento di tutte le pompe, inviando al contempo a PLC allarme di altissimo o bassissimo livello.

Per rilevare aumento o diminuzione del livello nel pozzetto, l'ultima misura di livello viene confrontata con la lettura acquisita in precedenza; l'intervallo di tempo  $\Delta t$  tra le due letture da considerare può essere impostato dall'utente set point impostato ogni 5 sec. La lettura del livello viene di norma acquisita dal PLC mediante il misuratore di livello ad ultrasuoni.

Per questo sollevamento è prevista la possibilità di funzionamento escludendo gli inverter, in caso di avaria o malfunzionamento degli stessi. In tale configurazione la logica di funzionamento, sempre comandata da PLC, sarà semplicemente di tipo attacco/stacco con soglie impostabili da PLC o attivazione da switch di livello resistivi.

Per garantire uguale usura alle diverse pompe dello stesso sollevamento, sarà scambiato ciclicamente l'ordine di servizio delle pompe. Questo scambio avverrà dopo ogni singolo spegnimento.

Come sicurezza in caso di blocco e fuori servizio della stazione di sollevamento, a quota 40.88 m s.l.m. (quota fondo tubo) è prevista la posa di una tubazione Pead DE500 di bypass generale che recapiterà a gravità i liquami verso la sezione di disinfezione chimica.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

### 4.3 Dissabbiatura

Nelle acque reflue sono presenti sabbie ed altre sostanze abrasive o pesanti che possono portare notevoli inconvenienti agli impianti di depurazione, soprattutto a tubazioni e macchinari che possono essere erosi o intasati. La sabbia in ingresso ad un impianto è costituita da polvere fine, ghiaia ed altri materiali pesanti che hanno una sedimentabilità considerevolmente più alta rispetto al materiale organico putrescibile. La sedimentazione consente la separazione dei solidi in sospensione di densità maggiore di quella del fluido che li contiene; in questo caso si realizza la separazione soltanto della parte sabbiosa dei solidi sospesi. Riassumendo questo trattamento ha come scopo di:

- Proteggere dall'abrasione le parti meccaniche in movimento.
- Ridurre la formazione di depositi nelle condutture.
- Ridurre la frequenza di pulizia delle vasche per il processo biologico in linea acque.

Il dissabbiatore viene dimensionato facendo riferimento alla portata massima in tempo di pioggia in modo da essere in grado di abbattere le sabbie di diametro efficace uguale o superiore a 0,20 mm con rendimenti di oltre il 90%.

Si adotta un dissabbiatore meccanico di tipo Pista, che attraverso il moto tangenziale indotto della portata favorisce la sedimentazione della sabbia. L'acqua è introdotta con un flusso tangenziale alla periferia del manufatto e riesce dopo aver attraversato quasi l'intera circonferenza con un flusso radiale. La sabbia si deposita su un piano più o meno inclinato e si diffonde per effetto idraulico per raggiungere una torre centrale di stoccaggio. La velocità di caduta sul piano è mantenuta costante a un valore superiore a 0,3 m/s, indipendentemente dalla portata, attraverso:

- una rotazione del fluido con un effetto di vortice ottenuto grazie all'introduzione dell'acqua;
- una rotazione del fluido con un sistema rotazionale a pale ad asse verticale che permette di mantenere una potenza specifica costante dell'ordine di  $10 \div 20 \text{ W/m}^3$  indipendentemente dalla portata;

Si depositano solo le particelle più pesanti, mentre i materiali organici più leggeri vengono mantenuti in sospensione per essere poi trascinati dalla corrente. La sabbia raccolta dentro la torre centrale è estratta attraverso un air-lift, l'aria compressa emulsionandosi con il liquido presente, ne provoca una diminuzione di volume e quindi produce un flusso verso l'alto. La sabbia raccolta è inviata verso una stazione di raccolta.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## Dimensionamento

La portata di progetto per il dissabbiatore Pista risulta pari alla portata di pioggia

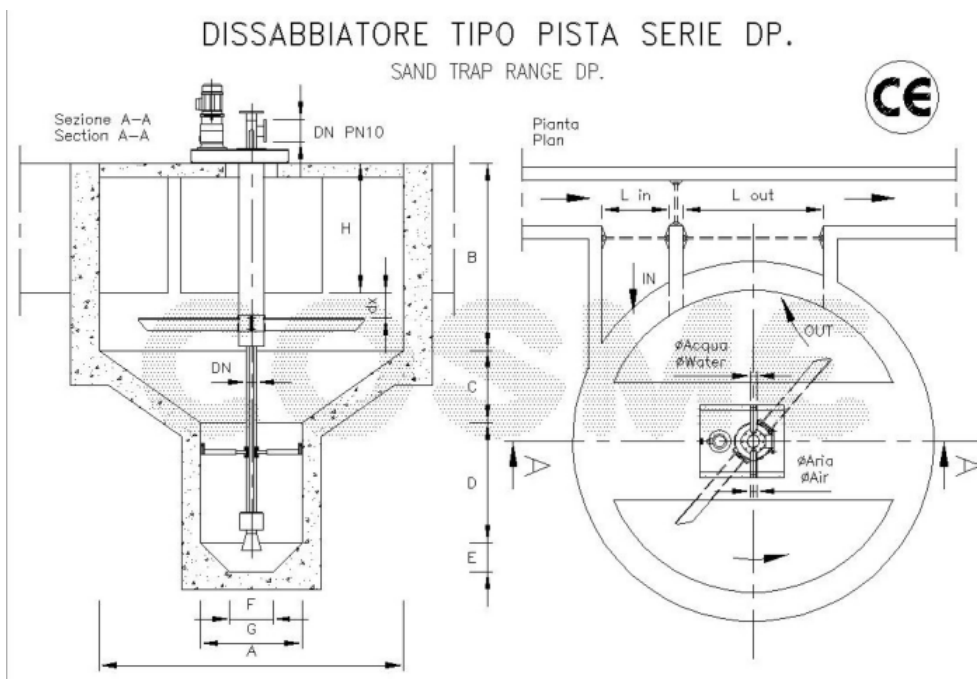
$$Q_p = 5 \cdot Q_{24} \cong 500 \frac{mc}{h}$$

Si adotta un dissabbiatore tipo SAVI-DSP 25 o similare, con diametro interno 250 mm.

L'apparecchiatura è costituita da un motoriduttore ad ingranaggi a bagno d'olio; scatola di comando con ralla e pignone per l'invio del moto al tubo centrale con n. 2 pale miscelatrici.

Sull'idroestrattore DN80 per l'aspirazione delle sabbie dal fondo vasca sono presenti innesti per il tubo dell'aria proveniente dalla soffiante e del tubo dell'acqua per eventuali spurghi.

Modello TYPE		DP 200	DP 250	DP 300
Dimensioni Costruttive Constructional Dimension	A [mm]	2000	2500	3000
	B [mm]	1000	1100	1200
	C [mm]	300	300	450
	D [mm]	1000	1100	1200
	E [mm]	450	650	650
	F [mm]	300	400	400
	G [mm]	1000	1500	1500
	L in [mm]	300	450	600
	L out [mm]	600	900	1200
	H [mm]	600	700	800
Portata Flow Rate		100-120	180-220	290-350



Dimensioni bacino per dissabbiatore Pista (doc. COSME)

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



I quantitativi di sabbia che possono essere raccolti nella fase di dissabbiatura sono molto variabili, mediamente intorno a 75 l/1000 mc di liquame trattato, pertanto considerando il peso specifico medio dei rifiuti a  $\gamma_{ds}=2 \text{ kg/dm}^3$  e la portata di liquame  $Q_{24}=100 \text{ mc/h}$ , si ricava la stima del carico di sabbia prodotta giornalmente da tale sezione:

$$F_{dis} = \frac{75 \cdot \gamma_{ds} \cdot Q_{24} \cdot 24}{1000} = 360 \text{ kg/d}$$

La portata istantanea dell'idroestrattore e la fornitura di aria necessarie possono essere stimati in funzione del rapporto di insufflamento:

$$Y = \frac{S}{S + H}$$

Con:

$S = 2.95 \text{ m}$  profondità di insufflamento (da aspirazione a pelo libero)

$H = 0.9 \text{ m}$  altezza di scarico (da pelo libero a asse flangia espulsione)

Risulta:

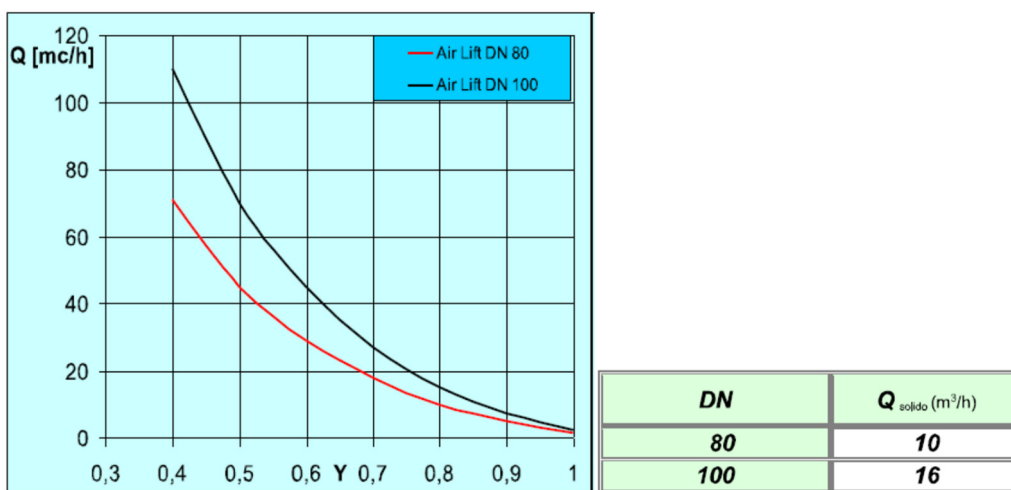
$Y = 0.77 \text{ m}$

$Q_{aria} = 12 \text{ mc/h}$  da grafico (fonte Comeco)

$Q_{solido} = 10 \text{ mc/h}$  da tabella (fonte Comeco) (portata indicativa solido estratto)

$R = 0.95$  % acqua nella miscela estratta

$Q_{miscela} = 200 \text{ mc/h}$



Dimensionamento Air Lift (fonte Comeco)

Si installerà soffiante per estrazione sabbie con prevalenza  $\Delta h=730 \text{ mbar}$ , portata  $Q=20 \text{ mc/h}$  e potenza indicativa di 3 kW.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

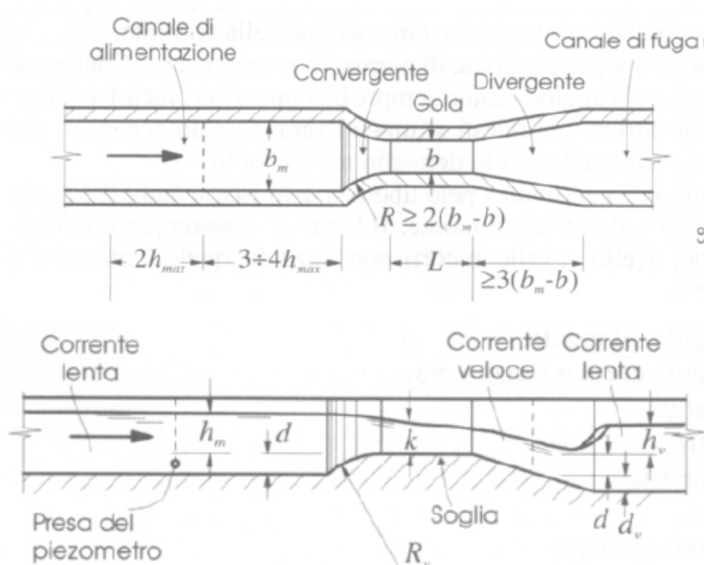
Il dissabbiatore pista è escludibile mediante l'installazione di n.3 paratoie manuali che consentono di intercettare l'alimentazione e l'uscita dei reflui dal manufatto e l'apertura del bypass.

A valle della sezione di dissabbiatura viene installato un manufatto di sfioro delle portate che consente di avviare a trattamento biologico la portata massima di  $3Q_{24}$  pari a 300 mc/h.

Tale sezione è costituita da uno sfioro presidiato da paratoia a stramazzo elettroattuata comandata dal dato di portata letto in un canale Venturi posto a valle. Se la portata misurata è superiore alla massima ammissibile a biologico la paratoia si abbasserà per far sfiorare l'overflow e avviarlo a sedimentatore primario con funzione di vasca di trattamento acque di pioggia.

La geometria del canale Venturi sarà la seguente:

Larghezza canale $b_m$	m	0.60
Largh. sez. ristretta $b$	m	0.30
Altezza soglia a monte $d$	m	0.05
Altezza soglia a valle $d_v$	m	0.00

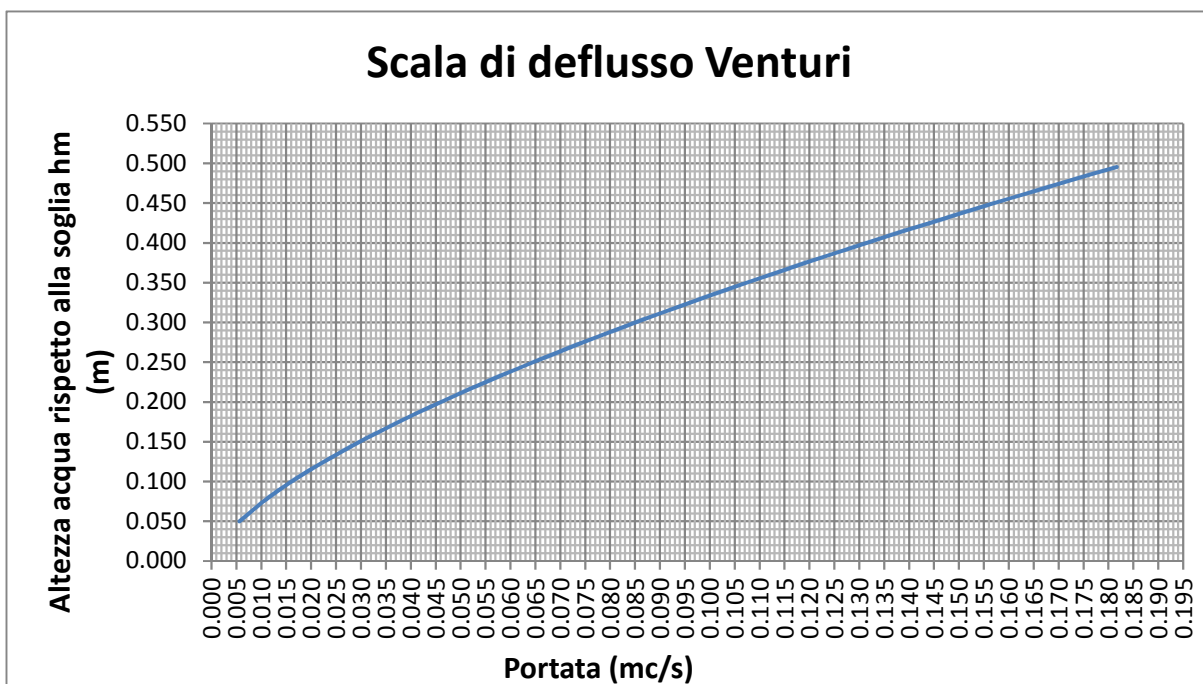


#### Dimensionamento canale Venturi

Risulta sulla portata massima in transito (300 mc/h) una sensibilità assoluta  $dQ/dh_m = 0.58$  (l/s)/mm (variazione di portata per ogni mm di livello).

Si riporta di seguito la scala di deflusso calcolata per il canale:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.4 Sedimentatore primario (vasca di equalizzazione)

L'obiettivo di questo trattamento è quello di rimuovere i solidi facilmente sedimentabili ed il materiale flottante riducendo in tal modo la quantità di solidi sospesi sul refluo trattato.

In tale progetto il sedimentatore primario assume la funzione di vasca di pioggia.

Con portata in arrivo al sollevamento iniziale pari a  $5Q_m$ , la portata massima di  $3Q_m=300\text{mc/h}$  sarà avviata a trattamento biologico, mentre la rimanente (circa  $200\text{mc/h}$ ) verrà sfiorata verso il sedimentatore primario grazie ad un paratoia rovescia installata a monte del canale Venturi di misura della portata a reattore biologico.

La sezione di sedimentazione primaria è caratterizzata dalla seguente logica di funzionamento:

- in caso di riempimento della vasca, i reflui chiarificati in uscita dallo stramazzo Thomson perimetrale verranno inviati a disinfezione finale e quindi a scarico;
- grazie all'installazione di un misuratore di SS nel pozzetto di sollevamento, le pompe di svuotamento del manufatto potranno inviare in automatico:
  - o i fanghi addensati sul fondo (caratterizzati da un contenuto di SS superiore ad un valore soglia  $SS_{\text{soglia}}$ ) a trattamento linea fanghi;
  - o i liquami rimanenti in vasca (aventi concentrazione in solidi inferiore al valore soglia  $SS_{\text{soglia}}$ ) a trattamento biologico.

Il valore soglia verrà determinato in fase di gestione e sarà modificabile da PLC. La misura di solidi sospesi azionerà in automatico due valvole a saracinesca motorizzate per l'apertura del circuito verso linea acque o linea fanghi, regolando di conseguenza l'inverter della pompa di sollevamento per l'invio della corretta portata ( $Q_{\text{max}} = 15 \text{ mc/h}$  nel caso di invio a linea fanghi,  $Q_{\text{max}} = 100 \text{ mc/h}$  nel caso di invio a linea acque). Lo svuotamento dovrà avvenire previo consenso del PLC sulla base delle portate già in transito nell'impianto, per evitare sovraccarichi di portata.

I misuratori di portata installati sulle due linee permetteranno di regolare l'inverter delle pompe fino ad ottenere la portata corretta; avranno inoltre una funzione di sicurezza, segnalando l'eventuale mancata apertura delle valvole motorizzate impedendo l'avvio delle pompe a circuiti chiusi.

In questo tipo di vasche si adotta un setto di forma circolare che individua uno spazio anulare in corrispondenza del perimetro interno della vasca, dal quale il liquido da trattare viene distribuito all'interno di questa in direzione tangenziale. Il refluo fluisce attorno alla vasca con un moto a spirale e al di sotto del setto, mentre il liquido chiarificato viene raccolto a mezzo di una canaletta dotata di stramazzi su entrambi i lati e posta in corrispondenza del centro della vasca.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Le schiume e gli oli vengono invece confinati sulla superficie del liquido nello spazio anulare perimetrale.

I parametri progettuali del sedimentatore risultano:

- il tempo di residenza idraulico,
- la portata allo stramazzo CST,
- Il carico idraulico superficiale CIS, che deve essere tale da non superare la velocità di sedimentazione delle particelle più leggere con limite su portata massima  $CIS = 4,50 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ .

Data la funzione del sedimentatore primario come vasca di accumulo si può tollerare un tempo di residenza idraulico ridotto  $t \leq 50 \text{ min}$ .

La portata allo stramazzo deve essere inoltre limitata per evitare che un flusso troppo concentrato verso le canalette di raccolta possa richiamare le particelle di fango, con un abbassamento dei livelli depurativi.

Il sistema risulterà con un efficienza di abbattimento tra il 50% ed il 70% dei solidi sospesi e tra il 25% ed il 40% del BOD.

### **Dimensionamento del sedimentatore primario (vasca di equalizzazione)**

Con portata  $2 \cdot Q_{24} = 200 \text{ mc/h}$  e fissando una velocità massima ascensionale di  $CIS = 4,00 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$ , si ricava la superficie minima necessaria:

$$Sa = 2 \cdot Q_{24} / CIS = 50 \text{ m}^2$$

Adottando un sedimentatore con raggio 4.5 m ed altezza idrica 3.5 m, il carico idraulico superficiale risulta:

$$Sa = 63.6 \text{ mq}$$

$$V = 222.5 \text{ mc}$$

$$CIS = 2 \cdot Q_{24} / Sa = 3.15 \text{ m}^3/\text{m}^2 \text{ h}$$

Il tempo di residenza idraulico  $t$  risulta:

$$t = \frac{V}{2 \cdot Q_{24}} = 1.11 \text{ h} > 50 \text{ min}$$

Si calcola la lunghezza dello stramazzo LST:

$$LST = 2 \cdot \pi \cdot r = 28,26 \text{ m},$$

Si verifica quindi il carico idraulico lineare superficiale allo stramazzo CST (alla portata massima):

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

$$CST = \frac{2 \cdot Q_{24}}{LST} = 170 \frac{m^3}{m \cdot d} \quad (125 < CST < 500)$$

Il carro ponte avrà una velocità di circa 1.2 m/min e sarà azionato da un motoriduttore con Pn=0.37 kW.

Si valutano i rendimenti mediante l'equazione di un'iperbole equilatera ricavate dall'analisi su impianti reali (Crites e Tchobanoglous, 1998):

$$R = \frac{t}{a + b \cdot t}$$

Dove:

R=efficienza di rimozione.

t=tempo di residenza idraulica.

a,b=costanti di natura empirica.

Si considera il tempo di residenza su una portata media al sedimentatore assunta pari a 100 mc/h (corrispondente ad una portata media in ingresso all'impianto di 400 mc/h):

t=2,22 h

Parametro	a	b
<b>BOD</b>	0,018	0,020
<b>SST</b>	0,0075	0,014

Parametri di Crites e Tchobanoglous

Risulta pertanto:

RBOD=36%

RSST=58%

$SST_{out} = SST_{in} \cdot (1 - RSST) = 75 \text{ mg/l}$

$BOD5_{out} = BOD5_{in} \cdot (1 - RBOD) = 115 \text{ mg/l}$

Si valutano la produzione e la portata dei fanghi in uscita considerando una concentrazione di 20 kg/mc, assumendo un tempo di funzionamento di 24 ore alla portata media al sedimentatore di 100 mc/h:

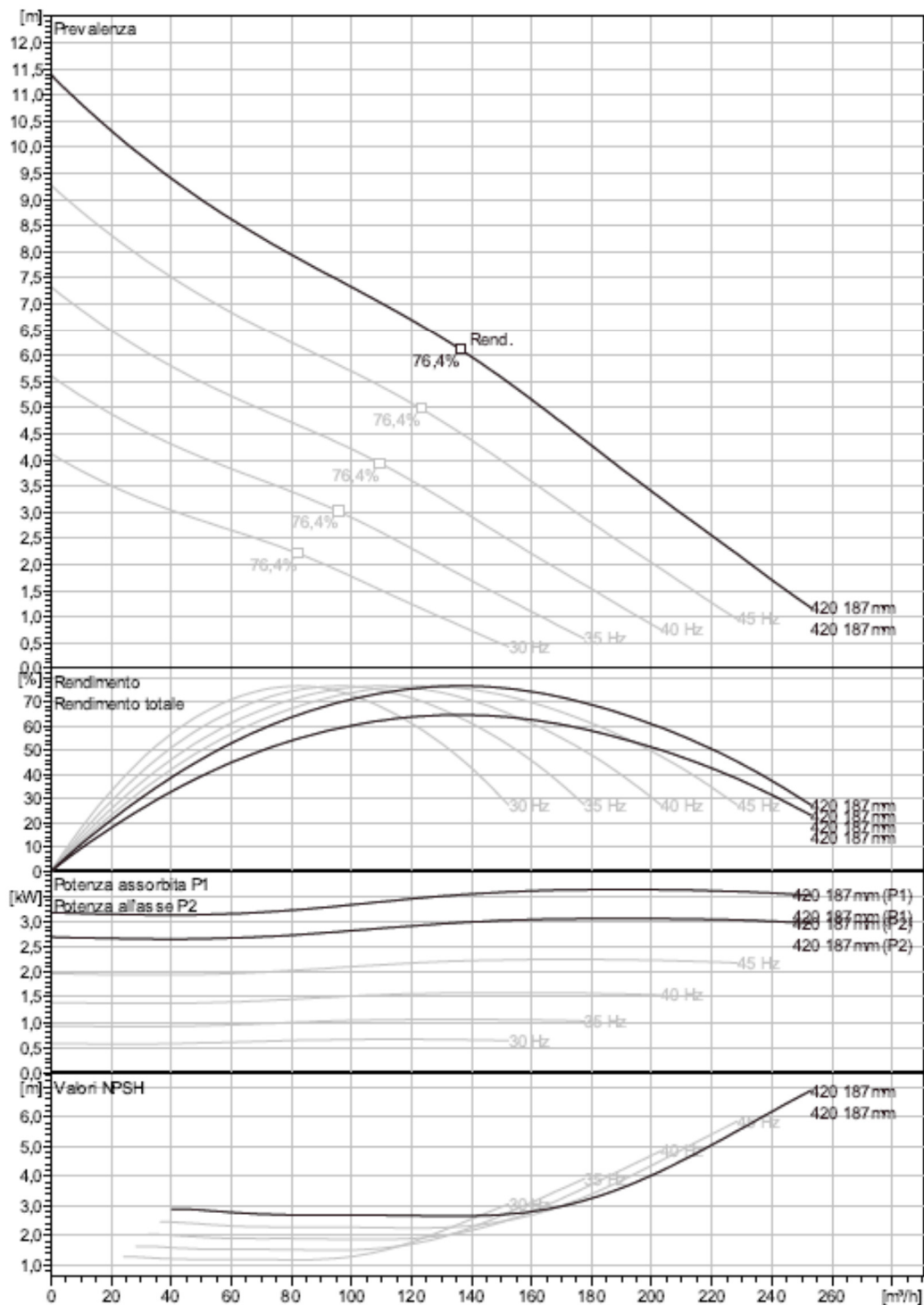
$Pf_l = \Delta SST \cdot Q_{24} \cdot 24 \text{ h} = 248 \text{ kg/d}$

$Qf_l = Pf_l / 20 = 12,4 \text{ mc/d}$

Le pompe di svuotamento del manufatto di sedimentazione primaria (1 pompa + riserva) avranno le seguenti caratteristiche:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- Portata cadauna pompa: modulabile da 15 mc/h (invio a linea fanghi) a 100 mc/h (invio a linea acque)
- Prevalenza geodetica 5.6 m
- Prevalenza totale: 6.15 m con portata 15 mc/h, 6.40 m con portata 100 mc/h



Curve di funzionamento pompa Xylem NP 3102 LT 3~ Adaptive 420

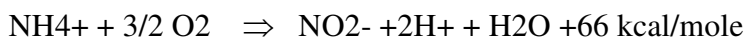
RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 4.5 Trattamento biologico

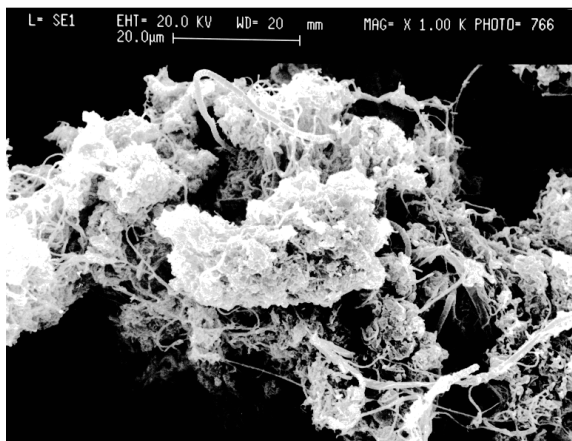
Il sistema biologico adottato è un sistema a biomassa sospesa a fanghi attivi con fase di denitrificazione seguita da fase aerata di ossidazione-nitrificazione per la contemporanea rimozione dei composti azotati e di quelli organici.

La nitrificazione si pone come obiettivo quello di trasformare per ossidazione biologica le forme ammoniacali dell'azoto presenti nelle acque reflue. L'azoto ammoniacale esercita un'azione tossica se riversato in un corpo d'acqua tende ad ossidarsi consumando un notevole quantitativo di ossigeno. Inoltre la sua trasformazione è fondamentale per il successivo processo di denitrificazione, che può attivarsi solo se si parte da azoto nitrico. Il processo di nitrificazione è operato principalmente da due popolazioni batteriche di tipo autotrofo e strettamente aerobi, con una sequenza schematica di due stati distinti:

ossidazione dell'ammoniaca in nitriti avviene ad opera dei batteri Nitrosomonas



ossidazione dei nitriti in nitrati a opera dei Nitrobacter



Colonia di batteri Nitrosomonas e Nitrobacter

Entrambi i gruppi di batteri sono classificati come organismi autotrofi ricavando l'energia necessaria alla crescita cellulare dall'ossidazione dei composti inorganici dell'azoto.

Una descrizione dell'ossidazione dell'ammoniaca e dei nitriti può essere derivata dall'esame delle cinetiche di crescita dei Nitrosomonas e dei Nitrobacter; la crescita dei primi è limitata dalla concentrazione di ammoniaca, mentre la crescita dei secondi dalla concentrazione di nitriti.

Per descrivere le cinetiche della crescita biologica dei due ceppi si utilizza l'equazione proposta da Monod:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



$$\mu = \hat{\mu} \cdot \frac{S}{K_s + S}$$

dove :  $\mu$  = tasso di crescita specifica dei microrganismi (die-1)

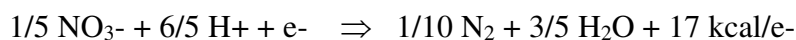
$\hat{\mu}$  = tasso di crescita specifica massimo dei microrganismi (die-1)

$K_s$  = coefficiente di semisaturazione (equivalente alla concentrazione di substrato limitante ad un tasso specifico di crescita pari alla metà di quello massimo)

$S$  = concentrazione del substrato limitante (mg/l)

Normalmente i nitriti non si accumulano in grandi quantità, essendo il tasso di crescita specifico massimo dei Nitrobacter molto più elevato di quello dei Nitrosomonas e il valore di  $K_s$  per entrambe le specie è minore di 1 mg/l a temperature inferiori ai 20°C.

Il processo di denitrificazione permette la rimozione dei composti dell'azoto presenti in soluzione sotto forma di  $\text{NO}_3^-$  (e in parte di  $\text{NO}_2^-$ ) ad opera di batteri eterotrofi facoltativi denitrificanti in grado di convertire queste sostanze ad azoto gassoso che si libera quindi nell'atmosfera. Essi, se posti in condizioni di anossia, sono in grado di ossidare il substrato carbonioso organico utilizzando i nitrati invece dell' $\text{O}_2$ , producendo azoto gassoso. Tali batteri usano come accettori finali di elettroni  $\text{NO}_3^-$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$ ,  $\text{CO}_3^{2-}$  per il proprio metabolismo respiratorio. La reazione è la seguente:



La denitrificazione quindi può avvenire solo se è presente una sufficiente quantità di carbonio organico (5 moli di elettroni per ogni mole di nitrato). La rimozione di  $\text{NO}_3^-$  e di  $\text{NO}_2^-$  dai liquami di scarico è un obiettivo fondamentale principalmente per due motivi:

- evitare fenomeni di eutrofizzazione delle acque;
- preservare l'uso idropotabile dell'acqua dai rischi connessi alla presenza di ossidi di azoto (nitriti e nitrati);

I nitrati infatti riducendosi a nitriti nell'apparato digerente e combinandosi con l'emoglobina del sangue bloccano il meccanismo di trasporto dell'ossigeno.

Nel caso di liquami in cui l'azoto sia presente principalmente in forma ammoniacale e in forma organica, il sistema di denitrificazione deve essere accoppiato ad un sistema di nitrificazione che sia in grado di trasformare la maggior parte dell'azoto totale presente in azoto nitrico che sarà, in seguito, sottoposto a denitrificazione.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

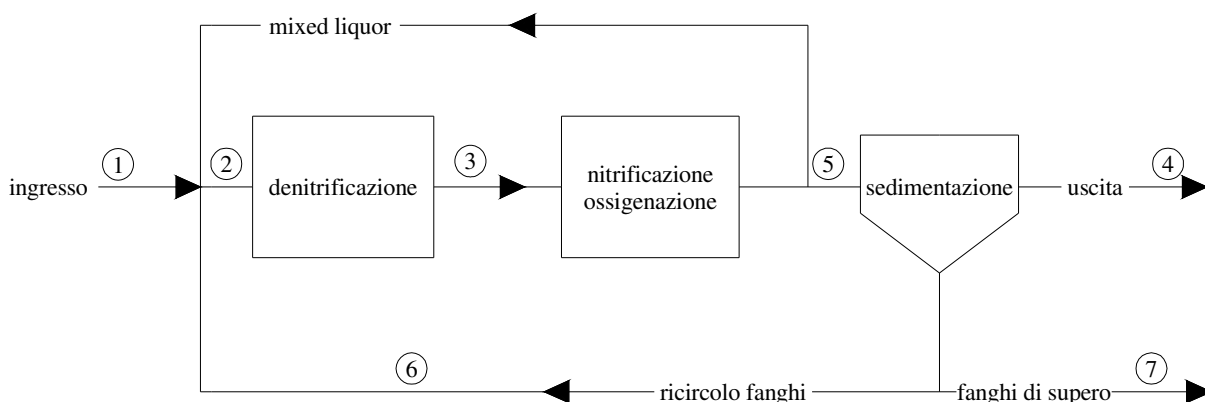
La rimozione delle sostanze carboniose biodegradabili è effettuato dai batteri eterotrofi che utilizzano il carbonio organico come fonte di energia e l'ossigeno come accettore di elettroni. Essi hanno un alto fattore di resa, cioè una notevole frazione del COD rimosso viene trasformato in materiale cellulare:



Esso viene effettuato dal medesimo sistema biologico progettato per la rimozione dell'azoto, perciò sarà necessario controllare che lo stesso sia adatto anche per il COD. Per tale motivo, l'età del fango del sistema deve risultare maggiore di quella minima, necessaria alla rimozione del carbonio organico.

Lo schema del processo si riferisce ad un trattamento di rimozione dell'azoto con denitrificazione in testa (pre-denitrificazione). In questo schema i micorganismi eterotrofi che trasformano l'azoto nitrico in azoto gassoso, sfruttano le sostanze carboniose rapidamente biodegradabili contenute nell'acqua reflua (che non ha ancora subito il processo di ossidazione). Per avere la denitrificazione è necessario ricircolare a monte della vasca anossica, un'aliquota della miscela aerata in uscita dalla vasca di ossidazione-nitrificazione (e quindi ricca di nitrati). L'efficienza di denitrificazione dipende proprio dall'entità del ricircolo.

Mediante tale soluzione impiantistica si risparmia il costo relativo all'aggiunta di una fonte di carbonio prontamente biodegradabile; l'efficienza di denitrificazione ha però un limite in quanto incrementando troppo il ricircolo della miscela aerata si hanno elevati costi d'esercizio e soprattutto si causa un incremento di ossigeno disciolto nella vasca anossica con conseguente inibizione del processo di denitrificazione.



**Schema del trattamento biologico a fango attivo seguito da sedimentazione secondaria**

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

L'azoto nitrico attraversa indenne la fase di denitrificazione. I nitrati in arrivo con i ricircoli, invece, vengono trasformati ad azoto gas che si libera in atmosfera. Nella successiva fase di ossidazione l'azoto organico è convertito ad azoto ammoniacale e successivamente ad azoto nitrico. L'azoto nitrico in uscita dall'ossidazione in parte sarà allontanato dall'impianto con l'effluente ed in parte sarà ricircolato e trasformato in azoto gas.

Le cinetiche di rimozione dei composti azotati e di quelli organici sono fortemente influenzati dalla temperatura, per tale motivo, al fine del dimensionamento e della verifica del comparto biologico è necessario riferirsi a differenti scenari funzionali che si differenzieranno anche in base al possibile bypass della sedimentazione primaria:

- Scenario estivo con temperatura  $T=24^{\circ}\text{C}$ ;
- Scenario invernale con temperatura  $T=13^{\circ}\text{C}$ .

Si sceglie di equipaggiare il reattore biologico con strumentazione e fornitura elettromeccanica tale da permettere il suo funzionamento a cicli alterni:

- presenza di diffusori dell'aria di processo anche nei volumi anossici di denitro;
- presenza di miscelatori anche nel volume aerato di ossi-nitrificazione;
- sensoristica a corredo quale misuratore di  $\text{NO}_3$  sull'uscita delle due vasche.

La sezione biologica si suddivide in due linee parallele escludibili grazie alla presenza di paratoie manuali di intercettazione dei liquami in ingresso.

#### 4.5.1 Dimensionamento e verifica del reattore biologico

Il reattore biologico a progetto ha la doppia possibilità di funzionamento sia come un fango attivo tradizionale con predenitro-nitro, sia come ciclo alternato. Le due configurazioni differiscono essenzialmente nella modalità di divisione della fase anossica da quella aerata; nel layout predenitro-nitro la divisione tra le fasi è spaziale: si hanno due fasi divise in due diverse vasche. Nel ciclo alternato la divisione tra le fasi è temporale: si alternano nelle stesse vasche fasi aerate e fasi non aerate con durata di ciascun ciclo dettata dalle cinetiche dei composti azotati.

Dimensionalmente, in prima approssimazione, i due sistemi sono equivalenti: laddove un reattore è dimensionato per funzionare correttamente in conformazione predenitro-nitro sarà anche perfettamente capace di funzionare con le medesime o superiori rese depurative in assetto ciclo alternato. Alla luce di ciò si dimensiona il reattore secondo lo schema predenitro-nitro e si verificano le apparecchiature elettromeccaniche a corredo in entrambe le conformazioni.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Il dimensionamento e la verifica del reattore biologico viene eseguito in due fasi:

- la prima di predimensionamento per la determinazione dei volumi minimi di processo eseguita mediante l'applicazione delle Norme ATV-DVWK-A 131 E;
- la seconda di verifica dimensionale attraverso l'applicazione delle cinetiche di processo.

I calcoli sono stati effettuati per i due scenari di temperatura 13°C e 24°C.

I valori dei parametri di ingresso assunti a progetto sono:

Abitanti equivalenti	n	12000
Portata media giornaliera	mc/day	2400
Portata media oraria, Qm	mc/h	100
Portata massima in ingresso in tempo secco	mc/h	300
Portata massima a biologico	mc/h	300
Portata massima in ingresso in tempo piovoso	mc/h	500
Carico di BOD in ingresso	kg/day	432
Concentrazione di BOD in ingresso	mg/l	180
Carico di COD in ingresso	kg/day	840
Concentrazione di COD in ingresso	mg/l	350
Carico di SST in ingresso	kg/day	432
Concentrazione di SST in ingresso	mg/l	180
Carico di SSV in ingresso	kg/day	302
Concentrazione di SSV in ingresso	mg/l	126
Carico di TKN in ingresso	kg/day	108
Concentrazione di TKN in ingresso	mg/l	45
Carico di P in ingresso	kg/day	18
Concentrazione di P in ingresso	mg/l	7,50

**Valori dei parametri di processo**

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

I valori massimi delle concentrazioni degli inquinanti in uscita sono i **limiti delle tabelle 1 e 3 dell'allegato 5 parte III del D.lgs.152/2006 e i limiti della D.G.R.T n.1210 del 28/12/2012 (Rendimento Ntot=58,4%, Rendimento Ptot=59%)**.

#### 4.5.2 Predimensionamento con Norme ATV-DVWK-A 131 E

Carico BOD in ingresso	kg/h	18
	kg/day	432
Carico TKN in ingresso	kg/h	4,5
	kg/day	108
SVI, per processi biologici	l/kg	100-150
SVI, utilizzato a progetto	l/kg	100
th, tempo di ispessimento in chiarificazione	h	2-2,5
th, utilizzato nel processo	h	2

Il predimensionamento viene effettuato sullo scenario invernale (13° C)

Si procede preliminarmente al calcolo del rapporto  $V_D/V_{AT}$ , volume di denitro su volume totale del reattore; tale valore dipende dal rapporto tra la concentrazione di azoto da denitrificare ( $S_{NO_3,D}$ ) e il BOD in ingresso ( $S_{BOD,IAT}$ ), mediante la tabella seguente:

$V_D/V_{AT}$	$S_{NO_3,D} / C_{BOD,IAT}$	
	Predenitro	Denitro simultanea o intermittente
20%	0.11	0.06
30%	0.13	0.09
40%	0.14	0.12
50%	0.15	0.15

Valori del rapporto  $V_D/V_{AT}$

$$S_{NO_3,D} = C_{N,IAT} - S_{org,EST} - S_{NH_4,EST} - S_{NO_3,EST} - X_{orgN,BM}$$

Assumendo:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

CN,IAT concentrazione di azoto influente al trattamento	mg/l	45
Sorg,EST concentrazione di azoto organico nell'effluente	mg/l	1
SNH <sub>4</sub> ,EST concentrazione di azoto ammoniacale nell'effluente	mg/l	3.5
SNO <sub>3</sub> ,EST concentrazione di azoto nitrico nell'effluente	mg/l	8
XorgN,BM uptake per crescita cellulare, azoto incorporato nella biomassa, genericamente calcolato come:		
5% CBOD, IAT – 5% della concentrazione di BOD in ingresso-		
XorgN,BM	mg/l	9
SNO <sub>3</sub> ,D, concentrazione di azoto da denitrificare	mg/l	23.5
Rateo SNO <sub>3</sub> ,D/CBOD,IAT	r	0,13
Rateo VD/VAT	r	30%

Mediante l'applicazione della Formula:

$$SS_{BS} = 1.000/SVI \text{ (th)}^{1/3}$$

si determina la concentrazione fanghi sul fondo del sedimentatore secondario:

$$SS_{BS} \quad \text{kg/mc} \quad 12,6$$

La concentrazione dei fanghi nel ricircolo,  $SS_{RS}$ , è dipendente dalla tipologia di carroponte utilizzato in sedimentazione secondaria:

con carroponte raschiatore:  $SS_{RS}=0,70 SS_{BS}$

con carroponte a suzione:  $SS_{RS}=0,5-0,7 SS_{BS}$

Si utilizza un sedimentatore II con ponte raschiatore

$$SS_{RS} \quad \text{kg/mc} \quad 8,82$$

$$\text{Si fissa un rateo di ricircolo fanghi} \quad r \quad 0.90$$

$$SS_{AT}, \text{ concentrazione di solidi in vasca} \quad \text{kg/mc} \quad 4,18$$

Si ricavano i valori minimi dell'età del fango da garantire attraverso la formula:

$$t_{SS,aerob,dim} = SF \cdot 3,4 \cdot 1,103^{(15-T)}$$

età del fango nel comparto aerobico per garantire la nitrificazione al variare della temperatura, con SF, fattore di sicurezza che tiene conto sia delle punte di carico afferenti all'impianto che delle variazioni di temperatura e pH che possono influenzare il processo di nitrificazione. Il suo valore è tabellato dalle norme in funzione del carico organico in ingresso all'impianto:

SF= 1,8 per impianti con carico di BOD in ingresso inferiore a 1.200kg/giorno

SF= 1,45 per impianti con carico di BOD in ingresso superiore a 6.000kg/giorno.

$$t_{SS,aerob,dim} \quad \text{day} \quad 7,45$$

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

In favore di sicurezza si assumono le seguenti età del fango del comparto aerato:

$t_{SS,aerob}$  day 11,5

L'età del fango totale  $t_{SS}$  può essere calcolata come  $t_{SS} = t_{SS,aerob} / (1 - VD/VAT)$ :

$t_{SS}$ , età del fango totale gg 16,43

Data l'età del fango si calcola il quantitativo di fanghi prodotti dal sistema

$$SP = SP_c + SP_f$$

$$SP_d, C = B_d, BOD (0,75 + 0,6 X_{SS,IAT} / CBOD_{IAT} - ((1-0,2) \times 0,17 \times 0,75 t_{SS} FT) / (1+0,17 t_{SS} FT)$$

$$FT = 1,072 (T-15)$$

FT, fattore di sicurezza 0,87

Con:

Bd,BOD carico giornaliero di BOD in ingresso	kg/day	432
XSS,IAT concentrazione di solidi	mgSST/l	180
CBOD,IAT concentrazione di BOD in ingresso	mg/l	180
SPc	kgSST/day	399,56

Carico di solidi nel reattore è pari al prodotto dei fanghi generati per l'età del fango

MLSS, carico di solidi presenti nel reattore kgSST 6664,23

Data la concentrazione di biomassa in vasca e noto il carico dei solidi presenti nel reattore si calcola il volume del reattore biologico.

Biomassa in vasca SS,AT	kg/mc	4,18
Volume totale necessario	mc	1.571
Volume denitrificazione necessario	mc	471
Volume nitrificazione necessario	mc	1100

Il fattore di carico organico in vasca di ossidazione risulta pari a circa 0,1 kgBOD/kgSS day, caratterizzante un reattore biologico ad aerazione prolungata.

Rateo tra VD/VAT	r	0,3
<b>Volume di denitro necessario</b>	<b>mc</b>	<b>471</b>
<b>Volume di nitro-ossidazione necessario</b>	<b>mc</b>	<b>1100</b>
Azoto totale in uscita (massimo)	mg/l	12,50
Carico del fango	kgBOD/kgBio day	0,11
Età del fango in nitrificazione (INVERNO)	gg	11.5

#### Valori caratteristici del reattore biologico

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.5.3 Verifica del dimensionamento mediante applicazione delle cinetiche di processo

Il comparto biologico viene progettato per l'abbattimento della sostanza organica e dei composti azotati. Il calcolo di dimensionamento viene eseguito dapprima sulla verifica per l'azoto e successivamente si verifica il limite per la carica organica.

Si imposta la verifica per il rispetto dei seguenti limiti :

BOD	mg/l	25,00
N-NH4 Azoto ammoniacale	mg/l	3,50
Azoto nitrico	mg/l	8,00

Sulla base del predimensionamento effettuato, si ipotizza la seguente geometria delle vasche:

DENITRO		
Numero vasche	n	2.00
Lunghezza	m	7.20
Larghezza	m	6.00
Altezza	m	5.50
Volume unitario	mc	237.60
Volume TOTALE	mc	475.20
NITRO		
Numero vasche	n	2.00
Lunghezza	m	17.00
Larghezza	m	6.00
Altezza	m	5.50
Volume unitario	mc	561.00
Volume TOTALE	mc	1122.00

I volumi da verificare saranno quindi i seguenti:

DENITRO	mc	475.20
NITRO	mc	1122.00
Volume totale comparto biologico	mc	1597.20
% denitro sul totale	%	30%
% nitro sul totale	%	70%

Il dimensionamento viene condotto calcolando in prima istanza la velocità di nitrificazione alla temperatura di progetto (espressa in g di TKN ossidato all'ora per kg di biomassa nitrificante).

Quindi si determina la frazione F di batteri nitrificanti sulla massa totale.

Si arriva così al calcolo della biomassa totale necessaria per ottenere il grado di nitrificazione richiesto.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



La velocità di nitrificazione viene calcolata applicando la seguente formula :

$$V_n(T) = V_n(20) \frac{TKN(C3)}{K_{TKN} + TKN(C3)} \frac{OD}{K_o + OD} \theta^{T-20}$$

Essendo:

$V_n(T)$  Velocità di nitrificazione alla generica temperatura T [gTKN/kgSSN/h]

$V_n(20)$  Velocità massima di nitrificazione in assenza di fattori limitanti alla temperatura di 20°C. Per le applicazioni in campo urbano può essere assunto prudenzialmente il valore di 70-80 g TKN/kgSSN/h

$TKN(C3)$  Concentrazione di azoto organico ed ammoniacale nel comparto ossidativo; si assume pari alla concentrazione attesa in uscita (calcolata ricorsivamente)

$OD$  Concentrazione di ossigeno disciolto in vasca, fissata in 2mg/l

$K_{TKN}$  Costante di semisaturazione relativa all'ammoniaca, che può essere pari a 1 mg/l TKN/l.

Teoricamente si ha:

$$K_{TKN} = 10^{(0,051 \cdot T - 1,158)}$$

$K_o$  Costante di semisaturazione relativa all'ossigeno, che può essere assunta pari a 1 mg/l O<sub>2</sub>/l

$T$  Temperatura effettiva di esercizio

Θ Coefficiente di correzione relativo alla temperatura.

Temperatura	°C	13	24
Velocità di nitrificazione a 20°C $V_n(20)$	gTKN/kgSSN/h	70	70
Concentrazione di TKN, $TKN(C3)$	mg/l	0,92	0,64
Concentrazione di ossigeno in vasca $OD$	mg/l	2	2
Costante di semisaturazione dell'ammoniaca $K_{TKN}$	mg/l	0,32	1,16
Costante di semisaturazione dell'ossigeno $K_o$	mg/l	1	1
Coefficiente di correzione Θ		1,07	1,07
<b>Velocità di nitrificazione <math>V_n(T)</math></b>	<b>gTKN/kgSSN/h</b>	<b>21,6</b>	<b>21,8</b>

La velocità di nitrificazione è pari ai grammi di azoto sintetizzati ogni kg di biomassa presente all'ora.

La velocità di nitrificazione è intesa come velocità di crescita della biomassa nitrificante al netto della respirazione endogena se moltiplicata per la resa  $Y_n$  dei nitrificanti.

Temperatura	°C	13	24
$Y_n$ , tasso di crescita dei batteri nitrificati	gSSN/gTKN	0,18	0,18
La velocità lorda di crescita della biomassa nitr.	gSSV/gSSV/d	0,09	0,09

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Il tasso di decadimento endogeno dei nitrificanti, K <sub>dn</sub>	gSSV/gSSV/d	0,05	0,05
La velocità netta di crescita della biomassa nitr.	gSSV/gSSV/d	0,04	0,04

La frazione di batteri nitrificanti si può calcolare con la seguente equazione:

$$F = \frac{1}{1 + \frac{Y}{Y_n} \frac{BOD(C2) - BOD(C3)}{TKN(C3) - TKN(C2)}}$$

Essendo:

Y/Y<sub>n</sub> Rapporto tra il coefficiente di crescita dei microorganismi eterotrofi e l'analogo coefficiente Y(N) relativo ai batteri nitrificanti. Tale rapporto nei casi normali può essere assunto pari a 3,7

BOD(C2)-BOD(C3) Substrato carbonioso (BOD) da rimuovere durante il trattamento biologico

TKN(C2)-TKN(C3) Substrato azotato (NH<sub>4</sub>) da rimuovere durante il trattamento biologico

Temperatura	°C	13	24
Y/Y <sub>n</sub>		3,7	3,7
BOD da rimuovere	kgBOD/d	372,0	372,0
NH <sub>4</sub> da rimuovere	kgNH <sub>4</sub> /d	99,6	99,6
Frazione di batteri nitrificanti sulla biomassa totale, F	F	0,067	0,067

Tenendo conto che non tutto l'azoto ammoniacale rimosso durante il processo subisce la nitrificazione, in quanto parte di esso viene utilizzato dai batteri per i loro fabbisogni sintetici (quantità che può essere cautelativamente assunta pari al 5% del BOD rimosso), la biomassa complessivamente necessaria al processo di nitrificazione viene calcolata con la seguente equazione:

$$X(N) = \frac{KQm \cdot [TKN(C2) - TKN(C3) - 0,05(BOD(C2) - BOD(C3))]}{FVn(T)}$$

Essendo:

K Fattore di sicurezza che tiene conto delle punte di carico inquinante (assunto pari a SQRT(QPB/QM) ma comunque non superiore a 2,25).

Si verificano i volumi scelti sulla base del predimensionamento:

Temperatura	°C	13	24
K		1,8	1,8
Substrato azotato da sintetizzare	g/l	0,042	0,042

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Uptake da biomassa nitrificante	g/l	0,008	0,008
X(N) minima	kgBiomassa	4170	4138
Volume di progetto	mc	1122	1122
Il carico volumetrico risulta	kgBOD/mc d	0,39	0,39
Il carico del fango, Cf	kgBOD/KgBio d	0,10	0,10
<b>Biomassa presente</b>	<b>kgBio</b>	<b>4488</b>	<b>4488</b>
Azoto potenzialmente nitrificabile (al netto dell'uptake)	mg/l	36,33	36,61
Azoto per uptake cellulare	mg/l	7.75	7.75
Azoto nitrificato effettivo	mg/l	36,33	36,61
<b>Azoto residuo ammoniacale</b>	<b>mg/l</b>	<b>0,92</b>	<b>0,64</b>
Limite imposto azoto ammoniacale	mg/l	3,50	3,50

La velocità di denitrificazione si calcola secondo la formula

$$VD(T) = VD(20)K_D^{T-20}$$

Dove:

VD(T) Velocità di denitrificazione alla temperatura T (gNO<sub>3</sub>-N/kgMLSS/h)

VD(20) Velocità di denitrificazione alla temperatura di 20°C. Per liquami urbani può essere assunto il valore di 3 gNO<sub>3</sub>-N/kgMLSS/h

K<sub>D</sub> Coefficiente di correzione relativo alla temperatura

Temperatura	°C	13	24
Velocità di denitrificazione, Vd(20)	gNO <sub>3</sub> -N/kgMLSS/h	3	3
Coefficiente di correzione, Kd		1,08	1,08
Velocità di denitrificazione, Vd(20)	gNO <sub>3</sub> -N/kgMLSS/h	1,8	4.1
	kgNO <sub>3</sub> N/kgMLSS day	0,042	0,098

La quantità di azoto da denitrificare si calcola con la seguente equazione:

Nden(C) = {TKN(C2)-TKN(C3)-0.05\*[BOD(C2)-BOD(C3)]} - [NO<sub>3</sub>-N(C3)] + NO<sub>3</sub> da acqua di rete (mg/l)

Dove:

Nden(C) Azoto da denitrificare (mg/l)

[NO<sub>3</sub>-N(C3)] Concentrazione di azoto nitrico ammesso allo scarico (mg/l)

{TKN(C2)-TKN(C3)-0.05\*[BOD(C2)-BOD(C3)]} azoto nitrificato al netto dell'uptake cellulare

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Temperatura	°C	13	24
Azoto nitrificato	mg/l	36,33	36,61
[NO <sub>3</sub> -N(C3)]	mg/l	8	8
NO <sub>3</sub> da acqua di rete	mg/l	0	0
Azoto da denitrificare, Nden	mg/l	28,33	28,61
Azoto da denitrificare, Nden	kg/d	68	69

Verifica che il quantitativo di substrato presente sia sufficiente per denitrificare il carico:

<b>DBOD/D(N-NO<sub>3</sub>)&gt;3,5 - 4</b>		5.47	5.42
		verifica positiva	verifica positiva
La flora batterica necessaria alla denitrificazione	kgMLSS	1618	701
Data la concentrazione in vasca	kgMLSS/mc	4	4
Minimo volume di denitro	mc	405	175

Verifica dei volumi di denitrificazione scelti:

Temperatura	°C	13	24
Volume di progetto	mc	475,2	475,2
Tempo di permanenza idraulica in denitrificazione	h	4,75	4,75
Biomassa denitrificante presente	kgMLSS	1901	1901
Azoto nitrico influente in denitro	mg/l	36,33	36,61
Azoto potenzialmente denitrificato	kg/d	80	186
Azoto potenzialmente denitrificato	mg/l	33	78
<b>Azoto nitrico in uscita da denitro</b>	<b>mg/l</b>	<b>3,05</b>	<b>0,00</b>
Azoto nitrificato	kg/day	79,86	87,86

La concentrazione di nitrati allo scarico del reattore di nitrificazione sarà funzione dei ricircoli interni. Si sottolinea che, al fine di evitare fenomeni di avvelenamento da ossigeno della sezione di denitrificazione, risulta necessario mantenere in ogni caso i valori del ricircolo interno in un range di accettabilità, generalmente inferiore a 4Qm.

Valori in ingresso:

TKN influente	mg/l	45	45
BOD influente	mg/l	180	180
	kg/day	432	432

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Si verificano i seguenti valori allo scarico sui nitrati, raggiungibili con ricircolo interno pari a circa 3,8Qm:

BOD in uscita *	mg/l	8,72	8,72
Ammoniaca in uscita	mg/l	0,92	0,64
Nitrati in uscita	mg/l	6,40	6,40
Azoto totale in uscita	mg/l	7,32	7,04
Percentuale di riduzione raggiunta	%	83,72%	84,35%
Uptake azoto per crescita cellulare (5% del BOD rimosso)	kg/day	20,55	20,55
Nitrati prodotti in nitrificazione	mg/l	35,51	35,79
Nitrati da denitrificare	mg/l	29,11	29,39

\* (stimato con l'equazione di Wuhrmann, vedi paragrafi successivi)

Si calcola la concentrazione dei fanghi di ricircolo utilizzando la relazione:

$$X_r = \frac{10^6}{SVI}$$

SVI		110,00	110,00
Concentrazione fanghi nel ricircolo	kgSS/mc	9,09	9,09

Il rateo di ricircolo fanghi per il raggiungimento delle concentrazioni allo scarico ipotizzate è il seguente:

$$R = \frac{X}{X_r - X} = 1$$

Ricircolo fanghi	r fanghi	0,79	0,79
------------------	----------	------	------

Il ricircolo totale necessario al corretto funzionamento del sistema si calcola utilizzando la seguente relazione:

$$R = (TKN_i - TKN_u - (N - NO_3)_u - 0.05x(BOD_i - BOD_u)) / (N - NO_3)_u$$

Ricircolo totale	r	4,55	4,59
------------------	---	------	------

Per differenza si determina il ricircolo della miscela aerata necessario:

Ricircolo miscela aerata	r ma	3,76	3,81
--------------------------	------	------	------

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

In conclusione, i volumi ricavati nel predimensionamento svolto mediante l'applicazione delle Norme ATV-DVWK-A 131 E risultano verificati. Si possono quindi confermare le volumetrie di partenza, che saranno ottenute secondo la seguente geometria delle vasche:

DENITRO		
Numero vasche	n	2.00
Lunghezza	m	7.20
Larghezza	m	6.00
Altezza	m	5.50
Volume unitario	mc	237.60
Volume TOTALE	mc	475.20
NITRO		
Numero vasche	n	2.00
Lunghezza	m	17.00
Larghezza	m	6.00
Altezza	m	5.50
Volume unitario	mc	561.00
Volume TOTALE	mc	1122.00
Volume tot. comparto biologico	mc	1597.20

#### 4.5.4 Stima della produzione di fango di supero

La produzione di fanghi dipende da:

- 1) Tasso di crescita metabolica della biomassa eterotrofa per il quantitativo di substrato (BOD) rimosso
- 2) Tasso di crescita metabolica della biomassa autotrofa per il quantitativo di substrato (TKN) rimosso
- 3) Velocità di bioflocculazione (F)
- 4) Metabolismo endogeno della biomassa presente

$$X_{sv} = Y \cdot BOD_{el} + F \cdot BOD_{el} + Y_n \cdot TKN_{el} - K_d \cdot SS_{tot}$$

$$K_d = K_d(20) \cdot 1,08^{(T-20)}$$

Alla temperatura di progetto	°C	13,00	24,00
Coefficiente di crescita eterotrofa lorda, Y	gSSV/gBOD	0,5	0,5
Coefficiente di bioflocculazione, F	gSSV/gBOD	0,5	0,5

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

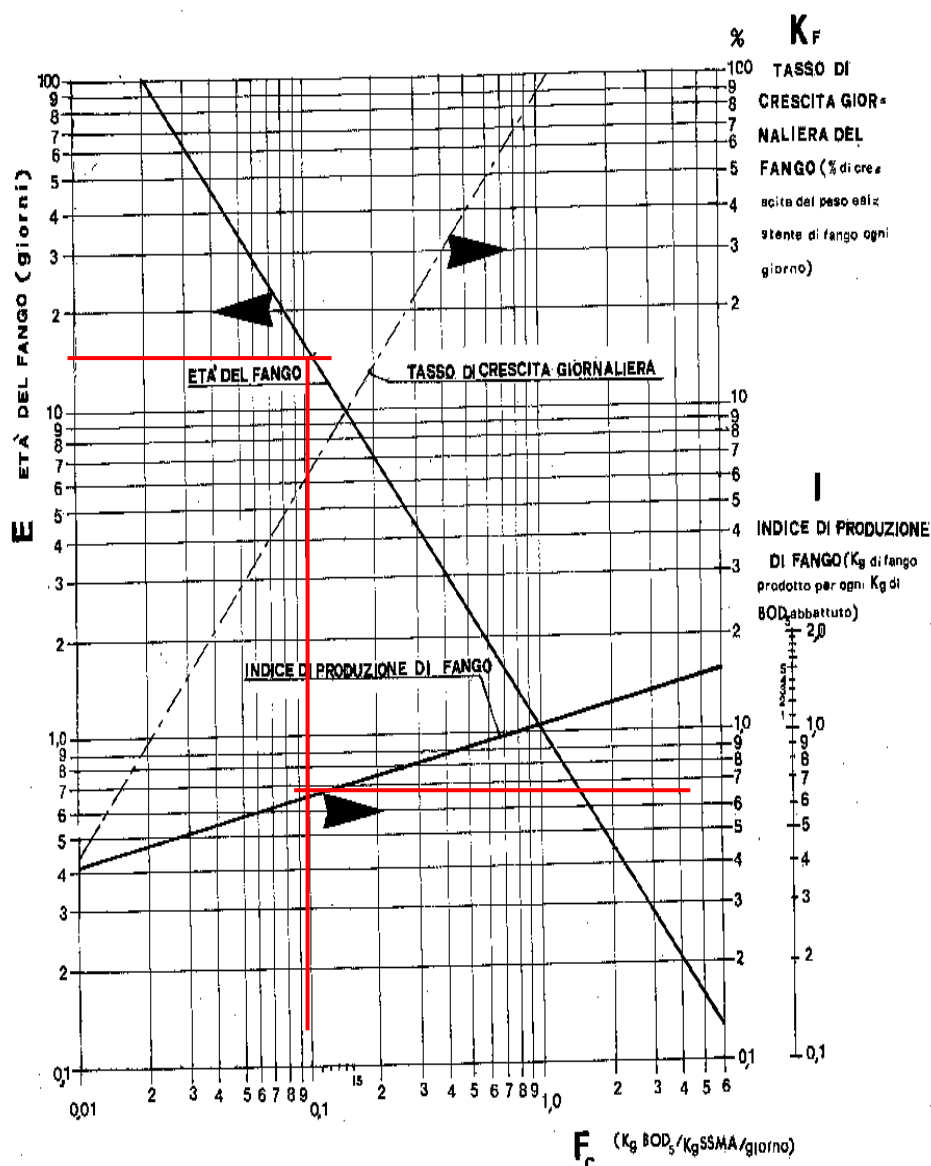
Coefficiente di crescita batteri nitrificanti, $Y_n$	gSSV/gTKN	0,24	0,24
Coefficiente di decadimento endogeno, $k_d(20)$	gSSV/gSSV/d	0,05	0,05
$k(d)$	gSSV/gSSV/d	0,029	0,068
$X_{sv}$	kgSSV/d	299	21
$X_{st}$ , inerti	kgSST/d	130	130
<b><math>X_{st}</math></b>	<b>kgSST/d</b>	<b>429</b>	<b>151</b>
età del fango (kgMLSS/ $X_{st}$ ) in ossidazione	day	10,46	29,78
età del fango (kgMLSS/ $X_{st}$ ) totale	day	14,90	42,40

La produzione di fango di supero calcolata mediante l'applicazione delle Norme Tedesche ATV, è risultata pari a:

		inverno	estate
SPc	kgSST/day	435	240

A sostegno dei dati sopra riportati si calcola la produzione di fango di supero mediante il grafico sotto riportato (tratto da *Masotti, Depurazione delle acque reflue*).

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



$F_c$ , Carico del fango in ossidazione: 0,10 kgBOD/kg Biomassa day

$E$ , età del fango circa 16 giorni

Si ricava un indice di produzione del Fango di 0,63 kgFango/kgBOD abbattuto

da cui:

$$kg\ Fango = 0,63 \times 432\ kgBOD/day = 272\ kgSST/day$$

a tale produzione deve essere sommata la quota di solidi inerti in ingresso al reattore genericamente stimati pari al 30% dei SST in ingresso

$$kg\ Fango = 272 + 0,30 \cdot 432 = 405\ kgSST/day.$$

Il dato trovato è sostanzialmente in linea con i risultati dati dall'applicazione della prima metodologia. Nel dimensionamento della linea fanghi saranno utilizzati i risultati ottenuti con

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



l'applicazione delle norme ATV, più cautelativi per quanto riguarda la produzione fanghi nello scenario estivo.

#### 4.5.5 Stima dell'efficienza di abbattimento del BOD

Ricavati i volumi di processo, si procede con la verifica dell'abbattimento del BOD svolta applicando l'equazione di Wuhrmann:

$$\eta = 1/(1+0,2Cf^{0,5})$$

Dove:

$\eta$  rendimento di rimozione del BOD

$C_f$  carico del fango riferita a tutta la biomassa presente nel reattore, autotrofa ed eterotrofa

Il carico del fango  $C_f$  è definito come il rapporto tra il BOD in ingresso giornalmente e la biomassa totalmente presente. Risulta:

$C_f$	kgBOD/kg Biomassa day	0,06
$\eta$	r	95,2%
<u>BODout</u>	<u>mg/l</u>	<u>8,72</u>
BOD abbattuto	kg/day	411

#### 4.5.6 Stima del fabbisogno di ossigeno di processo

Si procede con il calcolo del fabbisogno d'ossigeno in vasca di nitrificazione.

L'ossigeno teoricamente necessario (stechiometrico di reazione) viene calcolato con la seguente formula:

$$OC = \alpha BOD_{el} + \beta MLSS_{ox} + \beta MLSS_{nitr} + \gamma N_{nit} - 48/14 \cdot N_{denit}$$

Dove:

$\alpha$  per liquami domestici può essere assunto pari a 0,5

$BOD_{el}$  kg/d di BOD eliminato in ossidazione

$\beta$  Coefficiente di assorbimento di ossigeno per respirazione endogena funzione della temperatura.

$$\beta = 0,1 \times 1,084^{(T-20)}$$

$MLSS_{ox}$  kg di MLSS presenti in vasca di ossidazione

$N_{nitr}$  kg/d di azoto nitrificati giornalmente

$\gamma$  coefficiente di assorbimento di ossigeno per i processi di sintesi del substrato ammoniacale. Si assume pari a 4,6

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Ndenit kg/d di azoto denitrificati giornalmente. Tale dato è legato alla produzione di ossigeno nel processo di denitrificazione. Tale produzione è stimata pari a 48/14 kg O<sub>2</sub> ogni kg di azoto denitrificato.

La stima dei coefficienti che intervengono nell'espressione considerata è piuttosto delicata, in quanto dipendenti dalle caratteristiche del liquame; per tale motivo una loro accurata determinazione richiederebbe una valutazione sperimentale diretta attraverso test respirometrici di laboratorio.

Genericamente si può però affermare come  $\alpha$  dipenda strettamente dalle caratteristiche chimico fisiche del refluo, mentre  $\beta$  sia notevolmente influenzato anche dal fattore temperatura.

Secondo le indicazioni dell'UIDA gli intervalli di variabilità per i parametri  $\alpha$  e  $\beta$  sono i seguenti:

$\alpha = 0,65 - 0,5$ , variabile in funzione di  $F_c$ , Fattore di carico organico

$\beta = 0,08 - 0,15$ , variabile in funzione di  $F_c$  e della temperatura.

Nel caso di liquami domestici, di carattere molto omogeneo, possono venir applicate espressioni semplificate del fabbisogno di ossigeno. Per quanto riguarda la richiesta di ossigeno della frazione carboniosa, un sistema cumulativo molto adottato è quello di calcolare il Fattore medio di richiesta di ossigeno  $F_{om}$ ,

$$F_{om} = O_m / DF$$

definito come la quantità di ossigeno,  $O_m$  in kg, che occorre fornire alla biomassa per abbattere il quantitativo di BOD,  $DF$  in kg.

$F_{om}$  dipende essenzialmente dal fattore di carico organico  $F_c$ , dalla temperatura, nonché, di riverbero dall'età del fango.

Tali dipendenze sono riassunte nelle tabelle seguenti.

Fattore di carico organico $F_c$ (kg BOD/kgBio day)	$F_{om}$
< 0,2	1,4-1,6
0,2 - 0,4	1,1 - 1,3
0,5	0,8-1
0,6-1	0,4-0,7

**Dipendenza di  $F_{om}$  dal fattore di carico organico  $F_c$**

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Temperatura	Età del fango (day)				
	4	8	10	15	20
10	0,85	0,99	1,04	1,13	1,18
12	0,87	1,02	1,07	1,15	1,21
15	0,92	1,07	1,12	1,19	1,24
18	0,96	1,11	1,16	1,23	1,27
20	0,99	1,14	1,18	1,25	1,29

**Dipendenza di Fom dalla temperatura e dall'età del fango (valido per T compreso tra 10 e 20 °C)**

La normativa ATV riporta poi la cosiddetta Formula di Hartwing, Kayser:

$$Fom = 0,56 + (E \times 0,15 \times 1,072^{(T-15)}) / (1 + E \times 0,17 \times 1,072^{(T-15)})$$

Dove:

E, età del fango (day)

T, temperatura (°C)

Applicando i valori tabulati e la formula sopra riportata si ottengono i seguenti valori del parametro Fom.

		Inverno	Estate
Temperatura	°C	13,00	24,00
Carico del fango	kgBOD/kgBio/day	0,10	0,10
Età del fango in ossidazione	day	10,5	29,8
Fom (metodo tabella FC)		1,4	1,4

Fom (metodo tabella T-E **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**)

1,1 -

Fom (metodo Formula di Hartwing, Kayser) 1,11 1,23

Si sceglie di utilizzare i risultati derivanti dall'applicazione della formula di Hartwing, Kayser.

Dato il BOD rimosso in ossidazione : kgBOD/d 411 411

Il quantitativo medio di ossigeno richiesto per la sintesi del BOD rimosso è:

Richiesta ossigeno in ossidazione	kgO2/day	451	558
	kgO2/h	18,8	23,3

A tale valore devono essere sommati i membri relativi al consumo di ossigeno per i processi di nitrificazione ed il rilascio di ossigeno durante i processi di denitrificazione:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Coeff. assorb. O <sub>2</sub> biom. nitrificante, $\gamma$	kgO <sub>2</sub> /kgNH <sub>4</sub>	4,6	4,6
Azoto nitrif. giornalmente, N <sub>nitr</sub>	kgN <sub>nitr</sub> /d	85	86
Azoto denigri. giornalmente, N <sub>den</sub>	kgN <sub>den</sub> /d	70	71
Consumo O <sub>2</sub> durante la nitrificazione	kgO <sub>2</sub> /day	392	395
Produs. O <sub>2</sub> durante la denitrificazione	kgO <sub>2</sub> /day	240	242

E' quindi possibile calcolare il fabbisogno di ossigeno medio e di punta.

*AOR, fabbisogno medio:*

AOR, Fabbisogno di ossigeno, KgO <sub>2</sub> , AOR	kgO <sub>2</sub> /d	603	712
	kgO <sub>2</sub> /h	25,13	29,65
Rapporto AOR/Kg BIO ingresso	r	1,40	1,65

*Calcolo del consumo di picco orario:*

Ore di aerazione	h/day	24,00	24,00
PICCO ORARIO BOD	kgO <sub>2</sub> /h	22,53	27,91
PICCO ORARIO NITRO	kgO <sub>2</sub> /h	32,67	32,93
AOR di picco (sul max fabbisogno in nitro)	<b>kgO<sub>2</sub>/h</b>	<b>39,02</b>	<b>39,32</b>

Poiché l'impianto è progettato per il funzionamento anche con cicli alternati, è necessario calcolare i tempi di funzionamento da assegnare ai cicli. Si calcola un numero di ore di nitrificazione pari a 16,86, valore che si ottiene assegnando alla nitrificazione il 70% del tempo giornaliero ed alla denitrificazione il restante 30%. Tali percentuali corrispondono alle percentuali assegnate ai volumi di nitrificazione e denitrificazione nel dimensionamento, che risulta così numericamente corrispondente.

Il fabbisogno di ossigeno di punta nel funzionamento a cicli alternati è il seguente:

*Calcolo del consumo di picco orario:*

Ore di aerazione	h/day	16,86	16,86
PICCO ORARIO BOD	kgO <sub>2</sub> /h	32,07	39,74
PICCO ORARIO NITRO	kgO <sub>2</sub> /h	46,51	46,88
AOR di picco (sul max fabbisogno in nitro)	<b>kgO<sub>2</sub>/h</b>	<b>55,55</b>	<b>55,97</b>

Dal punto di vista operativo, le condizioni stechiometriche standard devono essere riferite a:

1) Capacità di trasferimento dell'ossigeno non in acqua pura ma in miscela aerata

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

2) La concentrazione a saturazione dell'ossigeno è dipendente dalla temperatura dei liquami attraverso la legge di Arrhenius.

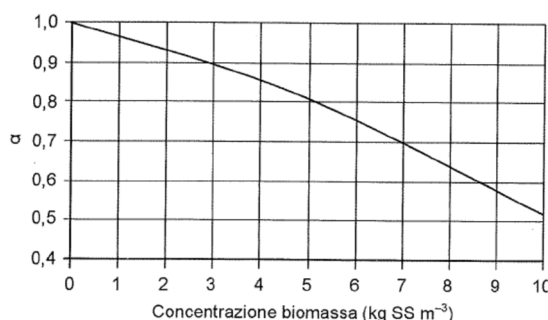
La seguente formula riassume le considerazioni fatte:

$$S.O.R.[KgO_2/d] = \frac{A.O.R}{\alpha \cdot F \cdot \frac{\beta C_{s,T,H} - C_l}{C_{s,20}} \cdot 1,024^{(T-20)}} = \frac{A.O.R}{f}$$

*SOR: standard oxigen requirement*

Dove:

$\alpha$ , Fattore di correzione del trasferimento di ossigeno dipendente dalla concentrazione di solidi sospesi in vasca di aerazione, dipendente dalla concentrazione di biomassa e dal tipo di processo (come evidenziato nelle figure seguenti).



Processo	$\alpha$
Pre-aerazione	0,80 - 0,85
Post-aerazione per insufflazione	0,88 - 0,92
Post-aerazione meccanica	0,92 - 0,96
Fanghi attivi (bolle fini)	0,65 - 0,70
Fanghi attivi (bolle medie)	0,70 - 0,75
Fanghi attivi (aeratori meccanici)	0,75 - 0,80
Stabilizzazione aerobica (bolle medie)	0,40 - 0,45
Stabilizzazione aerobica (aeratori meccanici)	0,45 - 0,50

$C_s$  Concentrazione di saturazione dell'ossigeno alla temperatura  $T$  nella miscela aerata (mg/l)

$C_s(20)$  Concentrazione di saturazione dell'ossigeno alla temperatura di  $20^\circ C$  pari a 9,17 mg/l

$C_x$  Concentrazione di ossigeno disciolto in vasca in condizioni operative. Fissato pari a 2 mg/l.

$T$  Temperatura della miscela aerata in condizioni operative ( $^\circ C$ )

$\beta$  fattore correttivo che tiene conto delle differenze di solubilità dell'ossigeno in acqua e m.a.

Tale valore è in genere pari a 0,95.

Temperatura di processo	$^\circ C$	13	24
Fattore di correzione, $\alpha$		0,7	0,7
Concentrazione di saturazione alla temperatura $T$ , $C_s$	mg/l	10,53	8,40
Concentrazione di saturazione alla $T=20^\circ C$ , $C_s(20)$	mg/l	9,20	9,20
Concentrazione dell'ossigeno in vasca, $C_x$	mg/l	2	2
Correzione per salinità		0,98	0,98
Fattore di sporcamento		0,95	0,95

Con funzionamento a cicli alterni risulta:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Fattore f	n	0,51	0,50
SOR di punta (AOR/f)	kgO <sub>2</sub> /h	109,06	113,00

Con funzionamento nitro-denitro risulta:

Fattore f	n	0,51	0,50
SOR di punta (AOR/f)	kgO <sub>2</sub> /h	76,61	79,38

### *Calcolo del rendimento effettivo di ossigenazione e della portata d'aria*

In funzione della tipologia di aeratore scelto varia l'efficienza di trasferimento dell'ossigeno in acqua.

Come sistema di fornitura dell'ossigeno necessario all'ossidazione biologica sono stati scelti diffusori a bolle fini. I diffusori scelti di tipo a disco con membrana, della più moderna tecnologia, hanno un rendimento in condizioni standard (ED) molto elevato: si considera per il calcolo delle portate di aria un rendimento dei diffusori pari a circa il 7% per ogni metro di battente d'acqua in condizioni standard.

Con funzionamento a cicli alterni risulta:

Battente sui diffusori	m	5,25	5,25
Efficienza di trasferimento	%	36,8%	36,8%
Portata volumica aria punta (SOR/0,30/Eff.)	<b>Nmc/h</b>	<b>989</b>	<b>1025</b>

Con funzionamento nitro-denitro risulta:

Battente sui diffusori	m	5,25	5,25
Efficienza di trasferimento	%	36,8%	36,8%
Portata volumica aria punta (SOR/0,30/Eff.)	<b>Nmc/h</b>	<b>695</b>	<b>720</b>

Per verificare la capacità di miscelazione degli aeratori ad aria insufflata si fa riferimento al valore di portata specifica di aria rispetto alla superficie della vasca, che dovrebbe risultare (v. Masotti) almeno 0,7-1,5 (mc/h)/mq per impianti con sedimentazione primaria e 1,3-2 (mc/h)/mq per impianti senza sedimentazione primaria.

Nel caso in esame si hanno i seguenti valori invernali/estivi (uguali sia per cicli alterni che per nitro-denitro):

Rapporto di miscelazione	(mc/h)/mq	3,41	3,53
--------------------------	-----------	------	------

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.5.7 Dimensionamento defosfatazione

Il progetto prevede una sezione di defosfatazione biologica mediante selettore anaerobico in testa alle vasche di trattamento, con dosaggio di policloruro di alluminio per la contemporanea precipitazione chimica.

Si effettua il calcolo del dosaggio sulla portata media in ingresso al comparto biologico  $Q_m = 100$  mc/h.

Seguendo la metodologia dettata dalla Norma ATV-DVWK-A 131 E, il quantitativo di fosforo da rimuovere è dato dalla seguente formula:

$$P_{\text{da rimuovere}} = P_{\text{ingresso}} - P_{\text{biosintesi}} - P_{\text{ammesso uscita}}$$

$P_{\text{biosintesi}}$  rappresenta l'uptake di fosforo per crescita batterica eterotrofa (assunto pari a  $0,01 \cdot \text{BOD in ingresso}$ ).

Per quanto riguarda i dosaggi dei reagenti, la Norma suddetta indica:

Precipitazione con sali di ferro:  $2,7 \text{ kgFe/kg } P_{\text{precipitato}}$

Precipitazione con sali di alluminio:  $1,3 \text{ kgAl/kg } P_{\text{precipitato}}$

Risulta:

$$P_{\text{da rimuovere}} = P_{\text{ingresso}} - P_{\text{biosintesi}} - P_{\text{ammesso uscita}} = 7,5 - 1,8 - 2 = 3,7 \text{ mg/l}$$

Il volume minimo del selettore anaerobico viene calcolato sulla base della portata in ingresso alla sezione, secondo la relazione seguente:

$$V_{\text{def}} = 0,5 \cdot (Q_r + Q_p) = 195 \text{ mc}$$

con  $Q_r$  portata di ricircolo fanghi ( $90 \text{ mc/h}$ ) e  $Q_p$  portata di punta in ingresso ( $300 \text{ mc/h}$ ).

Si prevede una rimozione biologica di fosforo nel selettore anaerobico così dimensionato pari al 15% del BOD in ingresso, ovvero  $2,7 \text{ mg/l}$ . Risulta una frazione residua di fosforo da far precipitare chimicamente pari a:

$$P_{\text{prec}} = 3,7 - 2,7 = 1 \text{ mg/l}$$

Tale concentrazione corrisponde a  $2,4 \text{ kgP/d}$ .

I calcoli relativi al dosaggio dei reagenti sono riportati di seguito:

Quantitativo di alluminio da dosare ( $1,3 \cdot \text{kgAl/kgP}$ )	kg/d	3,12
Peso molecolare Al	gmol	26,98
Peso molecolare O	gmol	16,00
Peso molecolare $\text{Al}_2\text{SO}_3$	gmol	101,96
Rapporto Al / $\text{Al}_2\text{SO}_3$		0,26

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Quantitativo di Al <sub>2</sub> SO <sub>3</sub>	kg/d	11,79
Si adotta una soluzione al % di Al <sub>2</sub> SO <sub>3</sub> massa/massa	%	17,5%
Consumo giornaliero di soluzione	kg/d	63,38
Densità soluzione PAC	kg/mc	1380,00
Da cui il consumo volumetrico di soluzione	mc/d	0,049
Consumo giornaliero di soluzione	l/d	49
Consumo orario	l/h	2,03
Il volume totale di stoccaggio è	mc	6
Durata dello stoccaggio risulta	d	123
Produzione di fanghi	kgSS/d	58,68

Ipotizzando in favore di sicurezza che tutto l'alluminio precipiti come AlPO<sub>4</sub> (121,98 g/mol) si avrà una produzione di fanghi chimici pari a  $121,98 \cdot 3,12 / 26,98 = 14,11$  kgSS/d

La stazione di stoccaggio e dosaggio del PAC verrà posta in adiacenza al reattore biologico e sarà composta da:

- n. 2 serbatoi dalla capacità unitaria di 3 mc (diametro interno 1.500 mm, altezza cilindro 2.000 mm, altezza totale ca. 2.500 mm)
- n.2 (1+1R) pompe dosatrici a membrana di capacità 0-30 l/h, pressione di mandata 2 bar.

#### 4.5.8 Descrizione del sistema di ricircolo miscela aerata

Nelle verifiche del sistema si è ipotizzato il funzionamento con un ricircolo interno pari a 3,8Qm, ovvero 380 mc/h, corrispondenti a 190 mc/h in ciascuna vasca.

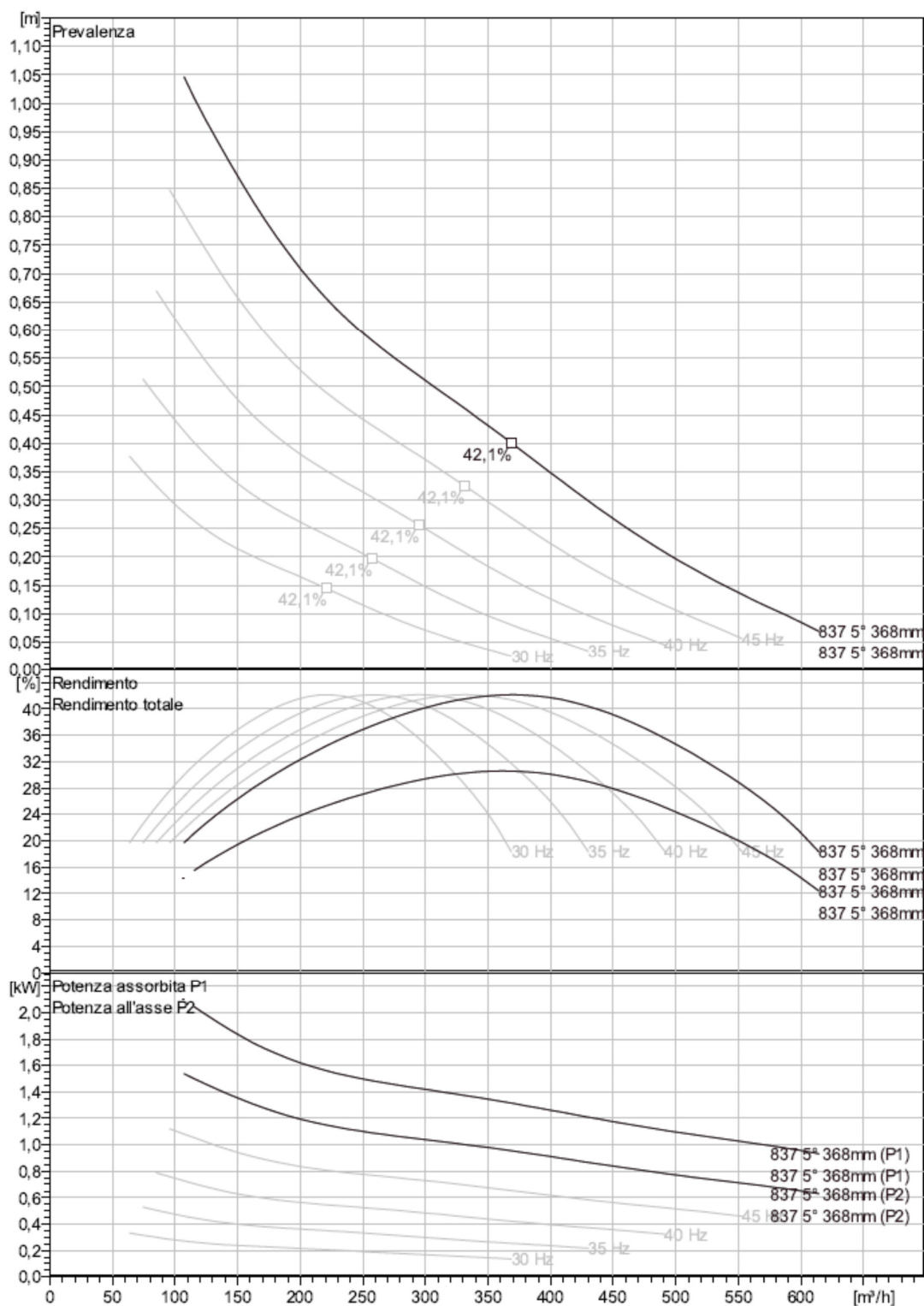
Il ricircolo della miscela aerata viene svolto in ciascuna vasca da una pompa ad elica a flusso orizzontale con pale a passo fisso per bassa prevalenza, avente le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Portata modulabile da 150 a 250 mc/h
- Funzionamento sotto inverter
- Prevalenza 0,5 m

La portata di ciascuna pompa ad elica sarà stimata in continuo sulla base della potenza assorbita dalla macchina.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo





Curve caratteristiche delle pompe ad elica di ricircolo Xylem PP 4630 837

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.5.9 Descrizione del sistema di fornitura e diffusione aria

Dal calcolo effettuato è risultata una portata di punta complessiva di:

Temperatura	° C	13	24
Funzionamento cicli alternati	Nmc/h	989	1025
Funzionamento nitro-denitro	Nmc/h	695	720

Nel funzionamento a cicli alternati tale portata sarà ripartita sull'intero fondo delle vasche (per 16,86 ore/giorno secondo i cicli di progetto), mentre nel funzionamento nitro-denitro la portata sarà ripartita sul fondo dei soli volumi adibiti a nitrificazione (per 24 ore/giorno).

Il sistema di diffusione sarà così composto:

Tipo diffusori:	a membrana in EPDM tipo 9" Silver 2 o simile, alimentabili con portate comprese tra 0.85 e 6.5 Nmc/h anche in continuo
Vasca di ossidazione:	126 diffusori cad vasca
Vasca di denitrificazione:	64 diffusori cad vasca
Vasca di defosfatazione:	36 diffusori cad vasca
Portata max di progetto cad. diffusore:	2,19 Nmc/h (funzionamento cicli alterni) 2,86 Nmc/h (funzionamento nitro-denitro)

L'aria di processo viene fornita da n.1+1 soffianti a vite/lobi ritorti, installate nel locale che ospita anche la macchina a servizio della digestione aerobica; questo tipo di soffiante è caratterizzata da un'ottima efficienza energetica e da un'ampia possibilità di regolazione della portata, che permetterà di usare la soffiante di riserva anche come riserva per la digestione aerobica.

Le due soffianti avranno le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Portata modulabile da 1200 a 340 Nmc/h
- Funzionamento sotto inverter
- Pressione differenziale alla mandata: 630mbar

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

**Dati tecnici prestazionali:**
**Per motore    sotto inverter (strumento escluso)**

Mezzo	Aria						
Portata (alle condiz. d'asp.)	$Q_1$	m³/min	21,5	6,09	12,5	10,7	6,28
Portata (alle condiz. d'asp.)	$Q_1$	m³/h	1289	366	752	645	377
Portata alle condiz. standard T1=273K, p1=1,013 bar, rF=0%	$Q_N$	Nm³/h	1200	340	700	600	351
Portata (massa)	m	kg/h	1552	441	906	777	454
Densità in aspirazione	$Rho_1$	kg/m³	1,204	1,204	1,204	1,204	1,204
Pressione di aspirazione (abs.)	$p_1$	bar	1,013	1,013	1,013	1,013	1,013
Pressione di scarico	$p_2$	bar	1,643	1,643	1,643	1,643	1,643
Pressione differenziale	$\Delta p$	mbar	630	630	630	630	630
Temperatura d'aspirazione	$t_1$	°C	20	20	20	20	20
Temperatura allo scarico	$t_2$	°C	88	95	85	86	94
Potenza assorbita all'albero	$P_k$	kW	27,8	8,54	15,2	13,2	8,72
Potenza assorbita * incl. tutti gli ausiliari + motore	$W_{2P}$	kW	30,7	9,75	17	14,8	9,95
Velocità motore	$n_M$	rpm	2920	1061	1836	1621	1084
Potenza motore	$P_{Mot}$	kW	37				
Frequenza motore	f	Hz	49,2	18	31	27	18

\* Calcolati utilizzando componenti di trasmissione standard Aerzen

**Tolleranze**

volume convogliato alle condizioni di aspirazione	%	+5 / -5
potenza assorbita all'albero soffiatore	%	+5 / -5

**Rumorosità di ogni gruppo soffiante**

Livello pressione sonora senza cabina ca.	$L_p(A)$	dB(A)	110
Livello pressione sonora con la cabina ca.	$L_p(A)$	dB(A)	75

Misurata in campo libero ad 1 mt. di distanza, il rumore irraggiato dalle tubazioni non è considerato. (tolleranze  $\pm 2$  dB(A)) in accordo alle direttive DIN EN ISO 2151. Per ulteriori informazioni vedi TN01184.

**Tubazioni di collegamento**

Lato mandata	DN 125, ISO 139,7 mm Ø
--------------	------------------------

**Caratteristiche prestazionali delle soffianti**

La portata avviata a ciascun reattore biologico viene misurata per mezzo di un misuratore di portata a differenziale di temperatura posto su ciascun collettore, dove sarà installata una valvola di regolazione automatica a fusso che, sulla base dei segnali provenienti dalla strumentazione di controllo installata nei reattori, modificherà la portata inducendo perdite di carico aggiuntive. Un misuratore di pressione installato sul collettore di uscita della soffiante permetterà di modificare di conseguenza il punto di funzionamento della soffiante attiva, permettendo una maggiore efficienza energetica.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.5.10 Descrizione del sistema di miscelazione

Nelle vasche di denitrificazione è necessario provvedere ad una miscelazione dell'acqua per permettere una perfetta omogeneizzazione tra biomassa e substrato, senza che si creino turbolenze tali da ossigenare la vasca. Le macchine più adatte risultano essere mixer veloci con basse capacità di pompaggio ed in grado di fornire elevati sforzi di taglio al refluo.

La spinta  $F(N)$  risulta generalmente compresa 1-1,5 N/mc per avere velocità del fluido all'interno del reattore di  $V = 0,2-0,25$  m/s. Le potenze specifiche  $P(W/N)$  per mixer veloci risultano comprese tra circa 3,3-6 w/N (300 N/kW, 167 N/kW) con rendimenti all'albero pari a  $\eta \sim 0,75-0,8$ .

La spinta necessaria risulta dalla seguente relazione:

$$F(N) = v^2 \cdot \rho \cdot k \cdot A_{\text{bulkflow}} / 2$$

Dove:

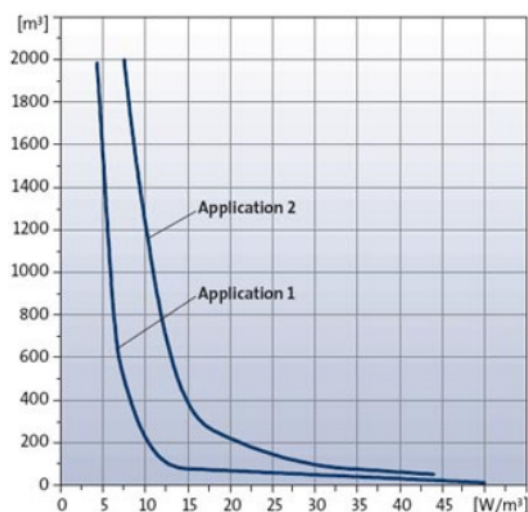
$v$  = velocità richiesta di bulkflow, m/s

$\rho$  = densità dell'acqua, kg/mc

$k$  = coefficiente di perdita del reattore

$A_{\text{bulkflow}}$  = Area di bulk flow, mq

Per vasche anossiche a sezione rettangolare, le spinte necessarie possono essere dedotte dal seguente grafico (*application 1*)



Potenze specifiche mixer

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Ciascuna vasca è suddivisa in n. 6 sottoparti in testa (defosfatazione e denitrificazione) con conformazione a chicane, più un ampio volume finale (nitrificazione). Poiché la vasca è progettata per poter funzionare anche a cicli alternati, in ciascuna sottoparte dovranno essere installati mixer di potenza adeguata al mantenimento in sospensione della biomassa.

Nelle sezioni di defosfatazione e denitrificazione saranno installati n. 6 mixer per vasca (un mixer per ciascun tratto della chicane). Si riportano le principali caratteristiche tecniche del mixer scelto:

- Spinta nominale      N      218
- Efficienza              N/kW 427
- Potenza nominale    kW    1,1
- Potenza assorbita    kW    0,44
- Velocità elica        rpm    410
- N. pale                n      3
- Diametro elica        m      0,37

Per la sezione di nitrificazione saranno installati n.2 mixer per vasca. Si riportano le principali caratteristiche tecniche del mixer scelto:

- Spinta nominale      N      638
- Efficienza              N/kW 442
- Potenza nominale    kW    1,5
- Potenza assorbita    kW    1,41
- Velocità elica        rpm    246
- N. pale                n      3
- Diametro elica        m      0,58

#### 4.5.11 Strumentazione a servizio della sezione

In ciascuna delle due vasche di trattamento biologico sono installati i seguenti strumenti:

- misuratore di solidi sospesi, per regolazione automatica del ricircolo fanghi dai sedimentatori secondari
- misuratore NO<sub>3</sub> in denitrificazione, per regolazione automatica del ricircolo della miscela aerata

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- misuratore O<sub>2</sub> in nitrificazione, per regolazione automatica della valvola a fuso sull'alimentazione dell'aria (insieme al misuratore NH<sub>4</sub>)

Sull'uscita comune delle due linee saranno installati:

- misuratore NH<sub>4</sub>, per regolazione automatica della valvola a fuso sull'alimentazione dell'aria (insieme ai misuratori O<sub>2</sub>)
- misuratore NO<sub>3</sub>, per controllo del processo nel funzionamento a cicli alternati

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 4.6 Sedimentatore secondario

La fase di sedimentazione secondaria deve essere vista nella sua intima connessione con la fase di aerazione, di cui costituisce un indispensabile complemento. Il sedimentatore secondario posto a valle di un impianto biologico, ha una duplice funzione:

- produrre un effluente chiarificato, con concentrazione di solidi sospesi minore del limite di legge, al fine di ottenere il massimo rendimento depurativo;
- permettere la sedimentazione del fango biologico, una parte del quale viene reimpresso attraverso le pompe di ricircolo, in vasca biologica.

I fanghi soggetti a sedimentazione secondaria sono caratterizzati da un comportamento particolare tipico delle sostanze “fioccosi” quali sono i fanghi attivi: i singoli fiocchi di fanghi, in questa fase, tendono ad agglomerarsi tra di loro in particelle più pesanti, ed in maniera tanto più efficace, quanto maggiore è il tempo di detenzione nella vasca. Nel sedimentatore secondario si raggiungono elevate concentrazioni dei fanghi e la sedimentazione avviene secondo la teoria del flusso solido. I fiocchi che sono già in fase di sedimentazione interagiscono con quelli che li seguono nella caduta e ne rallentano il moto. La sedimentazione avviene in massa, per tutto l’insieme dei fiocchi, con velocità praticamente uguale per le singole particelle.

I parametri progettuali di un sedimentatore secondario risultano:

- il carico idraulico superficiale CIS;
- il carico superficiale dei solidi  $C_s$ ;
- Il carico allo stramazzone CST.

Il carico idraulico superficiale  $CIS = \frac{Q}{S}$  è opportuno che non sia superiore a 0,5-0,6 volte la velocità di sedimentazione delle particelle più leggere.

Il carico superficiale dei solidi  $C_s = \frac{Q \cdot SS}{S}$ , influisce sulla funzione di ispessimento della vasca, ovvero sulla capacità di produrre un fango di ricircolo sufficientemente denso. Il valore di tale parametro deve comunque essere limitato per evitare fenomeni di risalita dei solidi con conseguente fuga di fango nell’effluente. Si deve quindi evitare che venga superata la velocità di trasporto di ogni singolo strato. Nel valutare il carico superficiale di solidi sospesi, occorre tenere conto di tutta la portata di solidi che investe il comparto, considerando anche la portata di ricircolo del fango.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Il carico allo stramazzo CST deve essere limitata per evitare che un flusso troppo concentrato verso le canalette di raccolta possa richiamare, in modo troppo forte, le particelle di fango, con un abbassamento dei livelli depurativi.

#### 4.6.1 Dimensionamento ricircolo fanghi

Si definisce il rapporto di ricircolo del fango dalla seguente relazione:

$$Q_r \cdot X_r = (Q_{24} + Q_r) \cdot X$$

Con:

$$Q_r = \text{portata del fango di ricircolo} \frac{m^3}{d}$$

$$X_r = \text{concentrazione del fango di ricircolo} \frac{kg}{m^3}$$

La concentrazione del fango di ricircolo risulta, fissato l'indice del volume del fango cautelativamente pari a  $SVI = 110 \frac{ml}{g}$ :

$$X_r = \frac{10^6}{SVI} = 9,09 \frac{kgSS}{mc}$$

Il rapporto di ricircolo  $R = \frac{Q_r}{Q_{24}}$  considerando una concentrazione di biomassa  $X = 4 \frac{kgSS}{mc}$

risulta:

$$R = \frac{X}{X_r - X} = 0,79$$

Si verificano di seguito le possibili condizioni di funzionamento in funzione delle possibili variazioni di SVI e X.

Fissando  $SVI = 125 \frac{ml}{g}$  e considerando una concentrazione di biomassa  $X = 3000 \frac{mg}{l}$ ,

$$X_r = \frac{10^6}{SVI} = 8 \frac{kgSS}{mc}, \text{ con rapporto di ricircolo } R = \frac{X}{X_r - X} = 0,6$$

Fissando  $SVI = 150 \frac{ml}{g}$  e considerando una concentrazione di biomassa  $X = 3500 \frac{mg}{l}$ ,

$$X_r = \frac{10^6}{SVI} = 6,7 \frac{kgSS}{mc}, \text{ con rapporto di ricircolo } R = \frac{X}{X_r - X} = 1,11$$

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Fissando  $SVI \cong 110 \frac{ml}{g}$  e considerando una concentrazione di biomassa  $X = 4000 mg/l$ ,

$$X_r = \frac{10^6}{SVI} = 9 \frac{kgSS}{mc}, \text{ con rapporto di ricircolo } R = \frac{X}{X_r - X} = 0,8$$

Secondo i calcoli di progetto, si può assumere un funzionamento standard con  $R = 0,8$ .

Si ritiene comunque opportuno dimensionare il ricircolo dei fanghi per portata di ricircolo

$$0,6Q_{24} < Q_r < 1,2Q_{24}, \quad 60 \frac{m^3}{h} < Q_r < 120 \frac{m^3}{h}$$

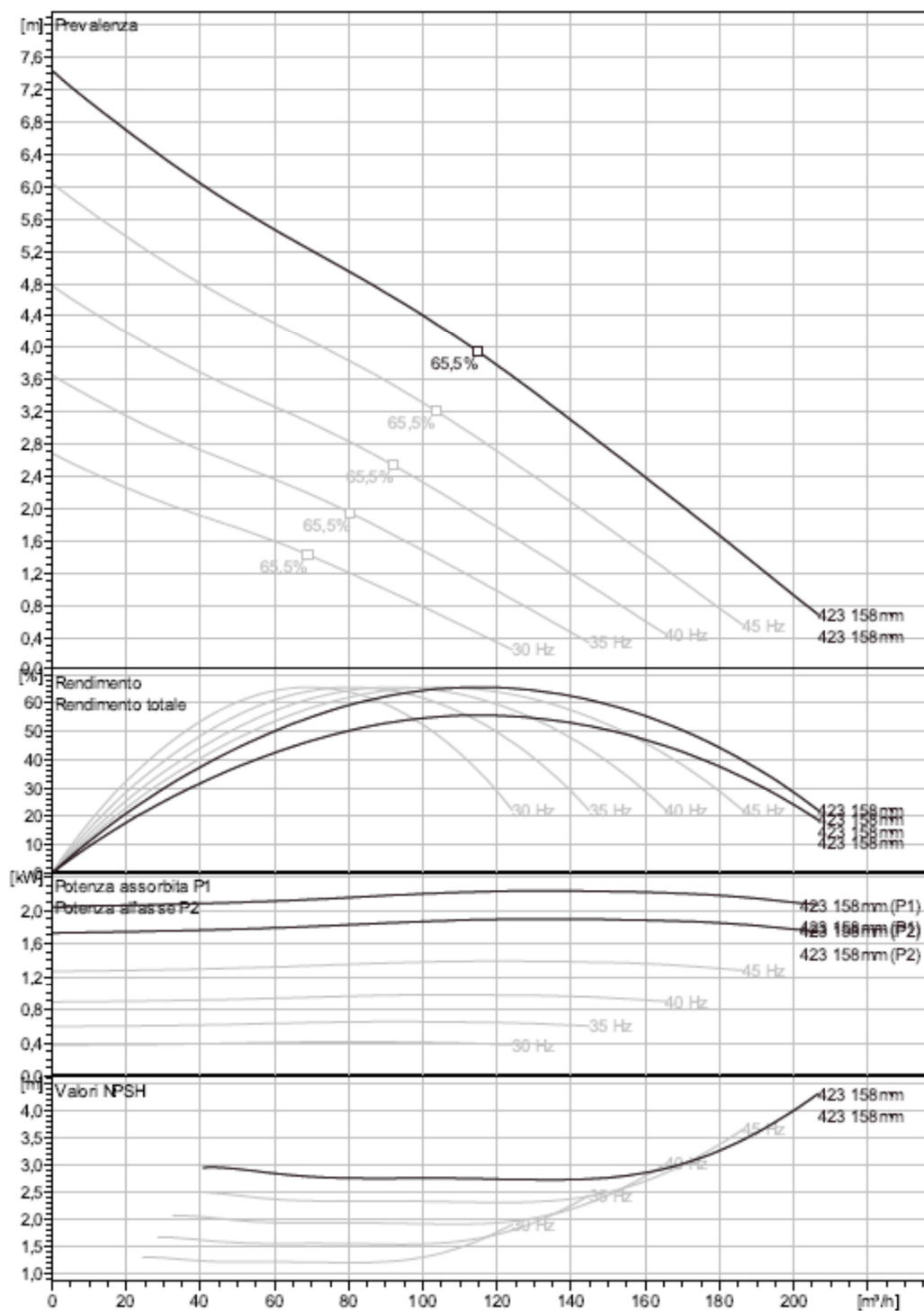
Si è scelto di adottare n. 2 pompe (1+1R).

Il calcolo della prevalenza della pompa è stato effettuato sommando il dislivello geodetico, definibile per differenza tra il livello nel pozzetto di sollevamento e la quota di arrivo delle tubazioni nella vasca di trattamento biologico, e le perdite di carico nella tubazione di mandata e nel collettore, costituite dalle perdite distribuite lungo le condotte e dalle perdite concentrate relative a sbocchi, curve e valvole.

Risulta una prevalenza alla portata massima prevista di 3.09 m (per i dettagli del calcolo si veda la Relazione Idraulica).

La pompa funzionerà sotto inverter per garantire l'escursione di portata da 60 a 120 mc/h.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Curve di funzionamento pompa Xylem NP 3102 LT 3~ Adaptive 423

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 4.6.2 Dimensionamento sedimentatore secondario

Il bacino di sedimentazione secondaria è il componente dell'impianto che provvede alla decantazione della miscela di acqua e fiocchi di fango biologico proveniente dal bacino di ossidazione-nitrificazione, con conseguente separazione dell'acqua chiarificata dai fiocchi e contemporaneo ispessimento del fango attivo decantato. I liquami in uscita dalle due vasche di ossidazione biologica vengono avviati ad un manufatto partitore e da questo ai due sedimentatori secondari di progetto.

La sezione di sedimentazione secondaria viene dimensionata per soddisfare i seguenti carichi idraulici in ingresso:

Portata in ingresso alla sezione:

Portata punta	mc/h	300
Portata media	mc/h	100
Portata nominale fanghi di ricircolo	mc/h	80

Il dimensionamento della sezione di sedimentazione viene svolta mediante l'applicazione della metodologia tedesca riportata nelle Norme ATV-DVWK-A 131 E.

I parametri caratteristici presi a riferimento per la verifica ed il dimensionamento della sezione di progetto sono riportati nella tabella seguente:

Carico superficiale per reflui da fognatura mista, Cis	m/h	0,7/2,0
Carico allo stramazzo, Cst	m3/mh	2,5-10
Tempo di residenza su Q media	h	>3
Altezza minima*	m	3,0
Tempo di ispessimento fanghi	h	2,0
SVI di dimensionamento del biologico	ml/g	110
Carico dei solidi, qSV	l mq/h	400
Concentrazione dei solidi in vasca, SSAT	kg/mc	4,00

##### Parametri caratteristici di dimensionamento del sedimentatore II

\*Secondo prescrizioni US Epa il valore minimo dell'altezza media è 3 m per impianti con concentrazioni di 2 kgSS/mc i biologico con aumenti di 0,3 m per ogni kgSS/mc addizionale.

Si verifica la seguente geometria:

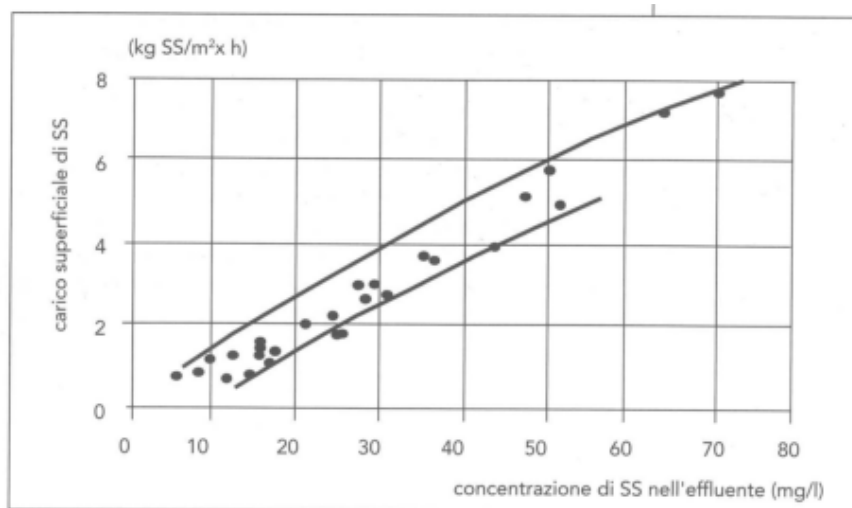
RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Numero di manufatti	n	2,00
Diametro dei sedimentatori	m	12,00
Area cad sedimentatore	mq	113,10
Area di sedimentazione totale	mq	226,20

Risulta:

qA, carico idraulico sulla Q max	m/h	1,33
qA, carico idraulico sulla Q media	m/h	0,44
Lunghezza dello stramazzo (TOTALE)	m	75,4
Carico del fango alla portata massima		
$(Q_{max} + Q_{rmax}) \times SSAT/mq$	kgSS/m <sup>2</sup> h	6,69 (5.31 senza ricircolo)
Carico del fango alla portata media		
$(Q + Q_r) \times SSAT/mq$	kgSS/m <sup>2</sup> h	3,16 (1,77 senza ricircolo)
Carico sullo stramazzo a Qmax	mc/m h	3,98
Carico sullo stramazzo a Qmedia	mc/m h	1,33

Dal grafico sotto riportato si può stimare la concentrazione di solidi attesa in uscita dal comparto di sedimentazione secondaria (rif. Masotti, Depurazione delle acque reflue).



**Relazione sperimentale tra la concentrazione di Solidi Sospesi registrata nell'effluente di un impianto a fanghi attivi e il carico superficiale di solidi sospesi**

SSout (Qmax) = 38 mg/l

SSout(Qmedia)= 18 mg/l

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Si procede con il calcolo dell'altezza dei sedimentatori secondo la metodologia prevista dalla Norma ATV:

H1, altezza di franco m 0,5

$$H_2 = \frac{0,5 \times v_a \times (1+R)}{1 - \frac{DSV}{1.000}}$$

va, carico idraulico superficiale alla portata media m/h 0,91

R, rapporto di ricircolo 0,40

DSV, volume del fango diluito (in l/m3),

dato dal prodotto Ca [SSAT]× SVI l/mc 440

H2 m 1,54

$$H_3 = \frac{1,5 \times 0,3 \times q_{SV} \times (1+R)}{500}$$

qSV é il carico specifico superficiale volumetrico l/mq h 400

H3 m 0,68

$$H_4 = \frac{C_a \times v_a \times (1+R) \times t_{df}}{C_s}$$

Cs, concentrazione dei fanghi kg/mc 12,60

H4 m 1,10

Htotaledi calcolo (H1+H2+H3+H4) m 3,82

Altezza liquida adottata (parte cilindrica) m 4,00

Volume di ciascun manufatto mc 904,78

Tempo di residenza sulla Q max h 3,02

Tempo di residenza sulla Q media h 9,05

Ciascuna vasca di sedimentazione sarà equipaggiata con carroponete raschiatore a trazione periferica avente le seguenti caratteristiche:

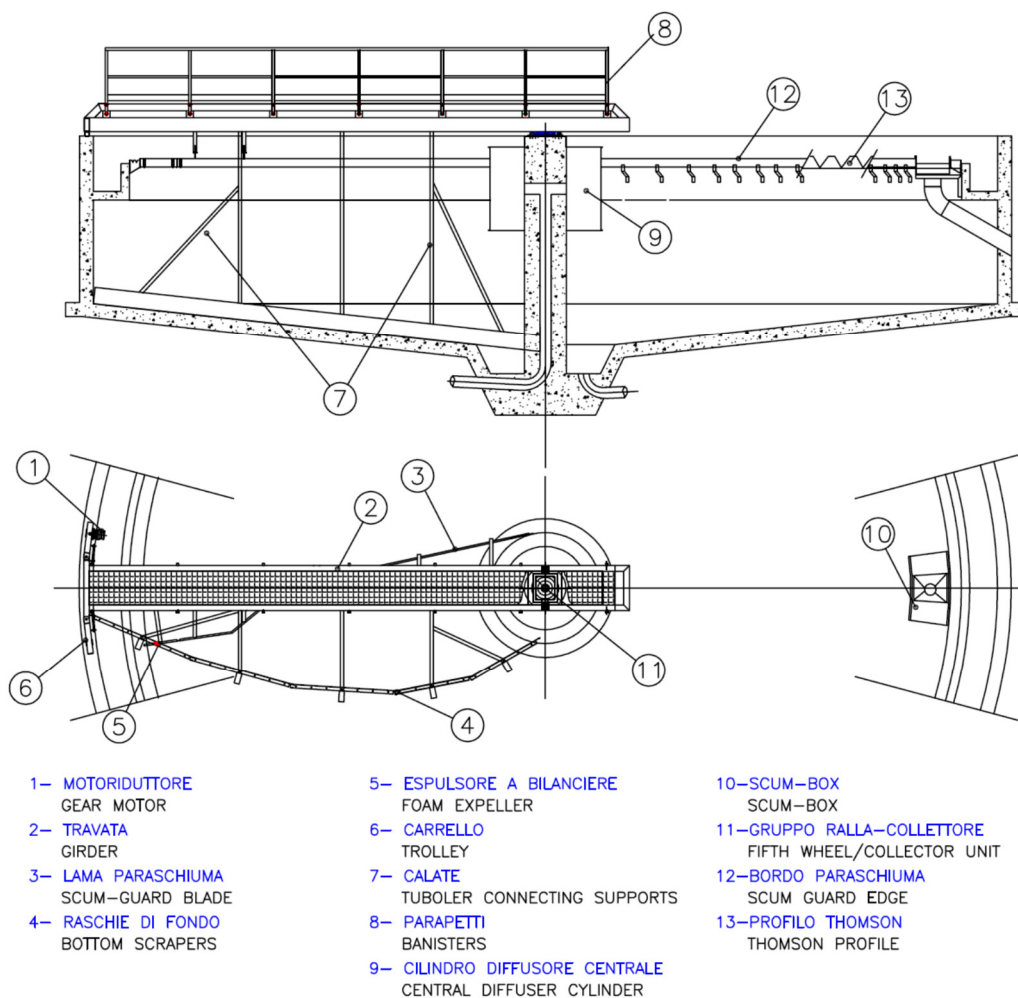
- Travata mobile poggiate al centro su supporto rotante in acciaio ed alla periferia su carrello di trazione. La travata è realizzata con lamiera piegata a freddo rinforzata e profilati in acciaio elettrosaldati. Piano di calpestio in grigliato zincato, parapetti e fermapiè conformi alle vigenti norme di sicurezza.
- Larghezza passerella 700 mm.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- Cilindro centrale di calma sostenuto a mezzo staffe alla travata.
- Supporto centrale costituito da un robusto cuscinetto reggispira, lubrificato a grasso montato su apposita piastra di fissaggio, perni orizzontali di sostegno della travata mobile.
- Collettore di distribuzione energia elettrica a 8 anelli completo di spazzole, portaspazzole e morsetti per il collegamento al motoriduttore. Esecuzione stagna con grado di protezione IP 55.
- Carrello periferico di trazione costruito in lamiera d'acciaio al carbonio, completo di ruote con nucleo in acciaio e rivestimento in gomma piena, alberi portaruote e supporti per detti.
- Equipaggiamento completo di raschia superficiale, vaschetta "scum-box", per la raccolta delle schiume e sostanze galleggianti da convogliare a mezzo tronchetto nell'apposito pozzetto all'esterno della vasca, anello deflettore paraschiuma e staffe di fissaggio.
- Bordo di sfioro a profilo Thompson in lamiera di acciaio inox AISI 304, completo di staffe di sostegno e accessori di fissaggio.
- Braccio raschiante di fondo costituito da una serie di supporti tubolari verticali incernierati alla travata mobile. Alle estremità di questi supporti sarà montata una lama a forma parabolica, poggiante su ruote, costituita da una parte in acciaio (supporto) ed una parte di usura in gomma antiacida (raschia). L'altezza della lama è regolabile per adattarla alla pendenza del fondo.
- Quadro con fungo di emergenza.
- Diametro cilindro: 2000 mm
- Profilo thompson: H 150x1.5 mm
- Paraschiuma: H 250x1.5 mm
- Lunghezza scum box: 500 mm
- Larghezza passerella: 700 mm
- Potenza installata: 0.75 kW
- Protezione motore: IP 55
- Isolamento classe: F
- Motoriduttore: a bagno d'olio
- Velocità periferica: 1.2 m/min
- Parti immerse in acciaio inox 304, parti emerse in acciaio zincato a caldo

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Le schiume raccolte da ogni manufatto di sedimentazione secondaria saranno inviate a ispessimento mediante pompe centrifughe installate nei due pozzetti adiacenti le vasche.



**Sedimentatore secondario**

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 4.7 Disinfezione e filtrazione finale

La normativa impone l'uso della disinfezione come trattamento finale della depurazione delle acque reflue “sia per far fronte alle eventuali emergenze relative a situazioni di rischio sanitario sia per garantire il raggiungimento degli obiettivi di qualità ambientali ovvero gli usi esistenti per il corpo idrico recettore” (D.L.152/2006).

Si è deciso di dimensionare il sistema di disinfezione sulla portata massima che può arrivare all'impianto ( $5Q_{24}$ ), per prevenire eventuali situazioni estreme di inquinamento. La scelta del tipo di disinfettante è ricaduta sull'ipoclorito di sodio ( $\text{NaClO}$ ) per le seguenti sue caratteristiche:

- efficace a dosi molto limitate e con largo spettro d'azione sui vari microrganismi;
- facilmente dosabile e conservabile sotto forma di reattivo concentrato per lunghi periodi;
- di facile impiego e senza rischi per gli operatori;
- economicità sia in fase di produzione , sia durante l'esercizio;

Verrà inoltre installato un sistema di filtrazione a dischi. Il filtro a dischi è progettato per una portata massima in ingresso  $Q_{\text{bio}} = 3 \cdot Q_{24} = 300 \frac{\text{mc}}{\text{h}}$ . Tale dispositivo è posto in testa al sistema di disinfezione ed in caso di malfunzionamento dello stesso è possibile, mediante un by-pass, far confluire l'intera portata massima  $5Q_{24}$  al comparto di disinfezione.

### 4.7.1 Dimensionamento disinfezione

Si dimensiona la disinfezione sulla portata media che arriva all'impianto:

$$Q_{24} = 100 \frac{\text{mc}}{\text{h}}$$

Considerando un tempo di contatto di circa 1 h il volume della linea risulta:

$$V = Q_{24} \cdot t \cong 100 \text{m}^3$$

La lunghezza totale del percorso è data dalla seguente formula:

$$L_{\text{tot}} = (r_h \cdot r_d \cdot V)^{1/3} \cong 47,4 \text{m}$$

dove  $r_h$  = rapporto lunghezza / altezza liquida assunto pari a 40

$r_d$  = rapporto lunghezza / distanza tra i setti assunto pari a 40

Si sceglie una lunghezza totale  $L_{\text{tot}}$  pari a 50 m.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Assumendo un numero di setti pari a 5 e quindi un numero di spazi tra i setti pari a 6, si determina la geometria della vasca.

$$\text{distanza tra i setti } b = \frac{L_{tot}}{r_d} = 1,25m$$

$$\text{altezza liquida } h_l = \frac{L_{tot}}{r_h} = 1,25m$$

$$\text{lunghezza della vasca } L = \frac{L_{tot}}{n^{\circ} \text{ setti} + 1} = 7,9m$$

$$\text{larghezza della vasca } L = 6 \cdot b = 7,5m$$

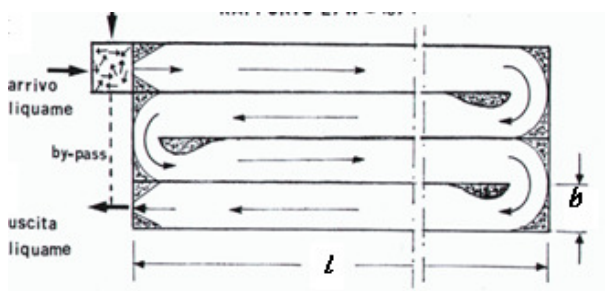
Si sceglie in favore di sicurezza di realizzare una vasca (considerando uno spessore dei muri dei setti pari a 0,25 m) con le seguenti caratteristiche geometriche interne:

$$h=1,8$$

$$b=1,20$$

$$L=7,9$$

$$B=8,45$$



**Comparto di disinfezione**

Si effettua il controllo sulla velocità orizzontale che non deve essere troppo elevata, 2-4,5 m/min, per consentire un sufficiente tempo di contatto:

$$\text{Per la massima portata } v = \frac{Q_{\max \text{ linea}}}{h_l \cdot b \cdot 60} = 3,86 \frac{m}{\min}$$

$$\text{Per la portata media } v = \frac{Q_{\text{linea}}}{h_l \cdot b \cdot 60} = 0,77 \frac{m}{\min}$$

Si valuta il numero di dispersione  $d$  all'interno della vasca di disinfezione, che deve essere compreso tra 0,02-0,004 al fine di ottenere comportamento idrodinamico *plug-flow* nel comparto, mediante la determinazione del coefficiente di dispersione:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

$$D = 1.01 \cdot \nu \cdot N_r^{0.875} = 0,0083 \text{ m}^2 / \text{s}$$

Dove:

$D$  = coefficiente di dispersione,  $\text{m}^2 / \text{s}$

$\nu$  = viscosità cinematica,  $\text{m}^2 / \text{s}$

$N_r$  = numero di Reynolds, dimensionalmente  $4UR/\nu$

$u$  = velocità del fluido,  $\text{m/s}$

$R$  = raggio idraulico = area/contorno bagnato,  $\text{m}$

Il numero di dispersione  $d$  risulta:

$$d = D/(uXL) = 0,003$$

con:

$L$  = lunghezza del comparto di disinfezione,  $\text{m}$

Per il consumo dell'ipoclorito di sodio si considera un dosaggio di 2,5 ppm sulla portata media, pertanto il quantitativo di reagente al giorno è  $2,5 \times 100 = 250 \text{ g/h}$ .

Con una concentrazione commerciale al 15% si ha, sulla portata media giornaliera:

un dosaggio medio = quantitativo reagente/ (concentrazione  $\times 10$ ) =  $1,7 \text{ l/h} = 40 \text{ l/d}$ .

Su portata massima il quantitativo di reagente al giorno è  $2,5 \times 5 \times 100 = 1250 \text{ g/h}$ .

Con una concentrazione commerciale al 15% si ha, sulla portata massima:

un dosaggio medio = quantitativo reagente/ (concentrazione  $\times 10$ ) =  $8,4 \text{ l/h} = 200 \text{ l/d}$ .

Si adotta un serbatoio in PE-HD con capacità 1 mc, con n. 3 pompe dosatrici con portata modulabile fino a 76 l/h.

#### 4.7.2 Dimensionamento Discfilter

Il *Discfilter* è costituito da una serie di coppie parallele di dischi montati in verticale che vengono impiegati quali supporti del materiale filtrante. Ciascun disco è collegato a un tubo di alimentazione centrale. Il materiale costituente il tessuto filtrante è costituito da poliestere con spaziatura di filtrazione di  $10 \mu\text{m}$ . Il funzionamento del *Discfilter* prevede che il liquido da trattare venga inviato all'interno dell'apparecchiatura attraverso un condotto centrale e successivamente forzato al passaggio attraverso il tessuto filtrante. Durante il funzionamento normale dell'apparecchiatura circa il 60% della superficie filtrante risulta sommersa e ciascun disco è sottoposto a un movimento di rotazione con velocità compresa tra 1 e 8,5 giri/min. Il

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Discfilter può funzionare con controlavaggio intermittente o in continuo. All'inizio di ciascuna rotazione il liquido da trattare viene alimentato in ingresso all'apparecchiatura mediante il condotto centrale dal quale esso viene distribuito all'interno di ciascun disco. Mentre il filtro è sommerso il liquido, assieme alle particelle di dimensioni inferiori a quelle dell'apertura della tela filtrante, passa attraverso di essa verso la canaletta di raccolta dell'effluente, mentre le particelle di dimensioni maggiori vengono trattenute dal filtro. Man mano che i dischi ruotano all'interno del liquido da trattare, questo attraversa le tele filtranti fino al completo esaurimento del liquido all'interno del sistema. Le perdite di carico attraverso le tele filtranti variano tra i 50 e i 450 millimetri. Le tele filtranti contenenti i solidi sospesi da esse trattenute continuano la loro rotazione fino a incontrare una serie di ugelli di controlavaggio che consentono, attraverso l'invio di getti d'acqua, la rimozione delle particelle solide e dunque la pulizia delle tele. Se il sistema funziona in modalità discontinua, l'invio di getti d'acqua in pressione si attiva solamente quando le perdite di carico attraverso le tele filtranti raggiungono un valore predefinito. La sospensione di acqua di controlavaggio e particelle solide distaccate dalle tele filtranti viene raccolta all'interno di una pozzetto e inviata a gravità in testa all'impianto.

Considerando cautelativamente una concentrazione in ingresso di solidi sospesi totali  $SST_{in} = 80$  ppm (eventuale malfunzionamento nelle sezioni a monte) ed una concentrazione in uscita  $SST_{out} = 35$  ppm, si richiede un carico idraulico superficiale

$$CIS = 5 \frac{m^3}{m^2 \cdot h}$$

da cui risulta, considerando una portata massima in ingresso  $Q_{bio} = 3 \cdot Q_{24} = 300 \frac{mc}{h}$ , una superficie filtrante netta minima  $S = 60 m^2$ .

Si prevede un filtro di tipo HYDROTECH DISCFILTER HSF2214/13-2F o similare, con le seguenti caratteristiche:

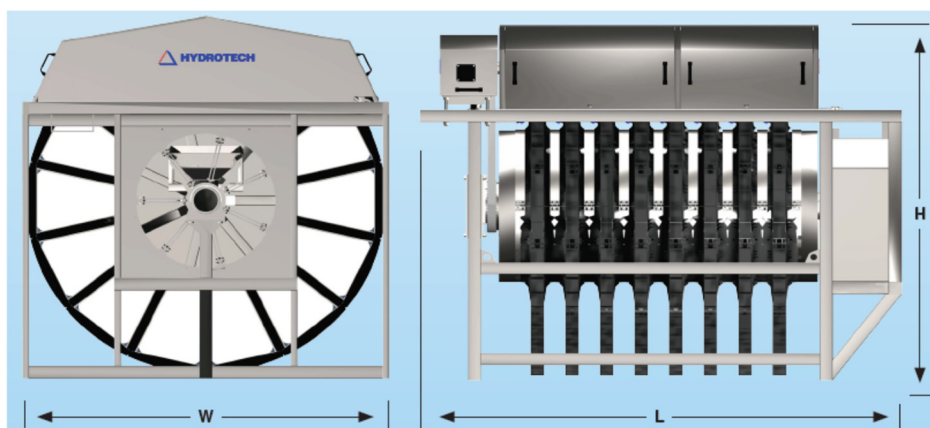
- Luce filtrazione 18 micron
- Numero dischi 13
- Area filtrante lorda 72.8 mq
- Motore filtro 1.1 kW, 400 V, trifase, 50 Hz
- Pompa lavaggio 5.8 l/s, 7.5 bar, motore 7.5 kW, 400 V, trifase, 50 Hz
- Sonda di livello tipo conduttivo per avvio sequenza di lavaggio
- Tubo con ugelli in plastica per lavaggio chimico
- Per installazione all'aperto

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- Compreso quadro di comando a bordo macchina

Materiali:

- Tamburo AISI304
- Dischi ABS
- Coperture GRP
- Struttura pannelli filtranti PPG
- Tela filtrante poliestere



Sezioni Discfilter

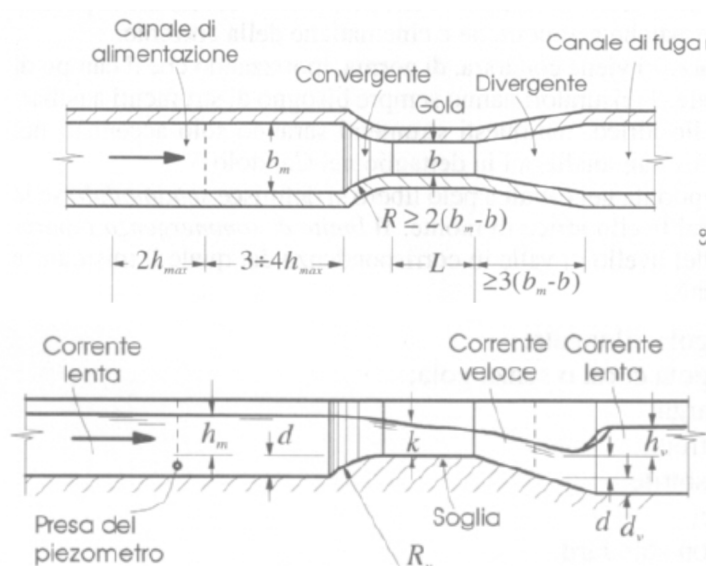
### 4.7.3 Canale di bypass

E' previsto un canale di bypass della vasca di disinfezione, utilizzabile in caso di manutenzione.

Su tale canale sarà realizzato un canale Venturi con la seguente geometria:

Larghezza canale bm	m	0.80
Largh. sez. ristretta b	m	0.40
Altezza soglia a monte d	m	0.05
Altezza soglia a valle dv	m	0.00

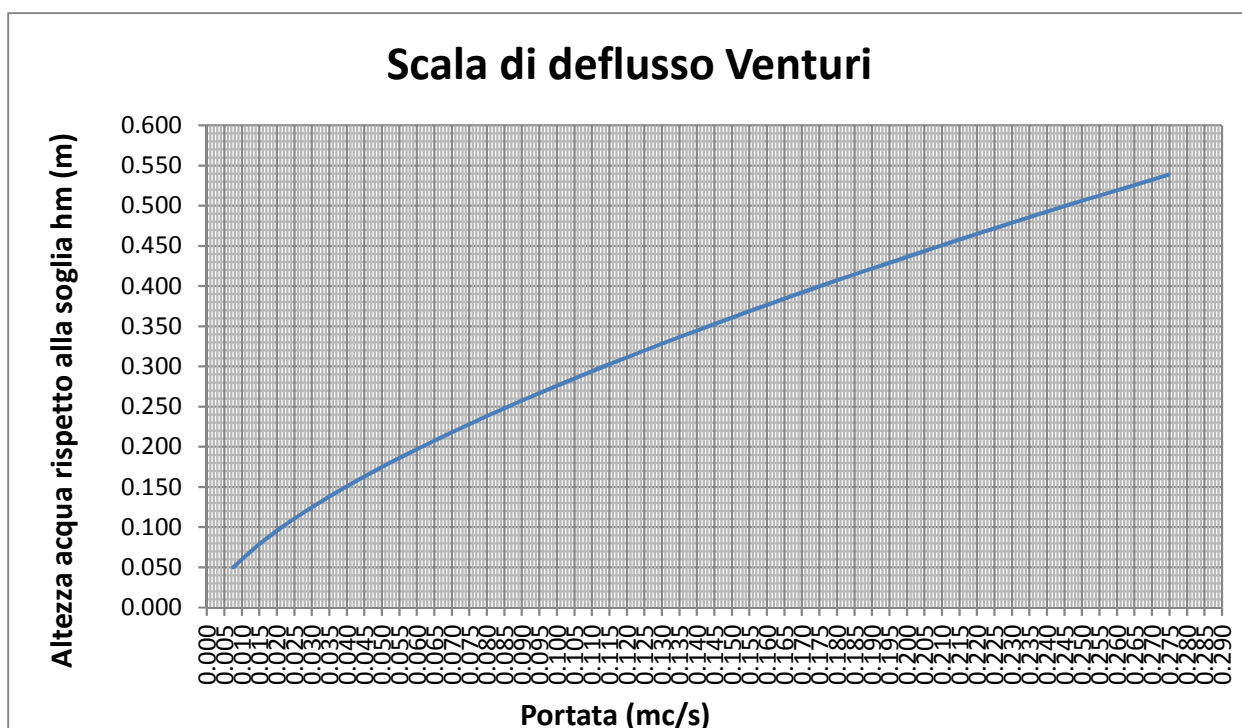
RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



### Dimensionamento canale Venturi

Risulta sulla portata massima in transito (500 mc/h) una sensibilità assoluta  $dQ/dh_m = 0.81$  (l/s)/mm (variazione di portata per ogni mm di livello).

Si riporta di seguito la scala di deflusso calcolata per il canale:



RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 5 Linea Fanghi

### 5.1 Produzione fanghi

Negli impianti a fanghi attivi che lavorano con fattore di carico basso, in special modo negli impianti ad aerazione prolungata come questo, la concentrazione del fango nella miscela aerata cresce molto lentamente e pertanto è preferibile adottare un prelievo discontinuo dei fanghi. I tempi intercorrenti tra due successive operazioni di scarico risultano molto più dilazionati rispetto ad altri tipi di impianti sia per l'indice di crescita del fango, che è più basso, sia per gli elevati volumi della vasca di aerazione, che con un effetto di accumulo determinano una lenta crescita della concentrazione. Il dimensionamento viene effettuato in base al volume di fango che si deve accumulare in relazione alla frequenza di smaltimento che si desidera.

I dati con cui si determina l'allontanamento del fango sono puramente teorici, pertanto solo l'esperienza acquisita con la gestione dell'impianto può ottimizzare in pieno questa delicata fase del processo.

Il dimensionamento e la verifica del reattore biologico ha profotto i seguenti valori di produzione fanghi di supero:

SPc	kgSST/day	435,14 (inverno)	239,86 (estate)
con concentrazione SS <sub>BS</sub>	kg/mc	8.82	

Il dosaggio di PAC per l'abbattimento chimico del fosforo comporta inoltre una produzione di fango chimico stimabile in:

Fanghi chimici	kgSST/day	14,11
----------------	-----------	-------

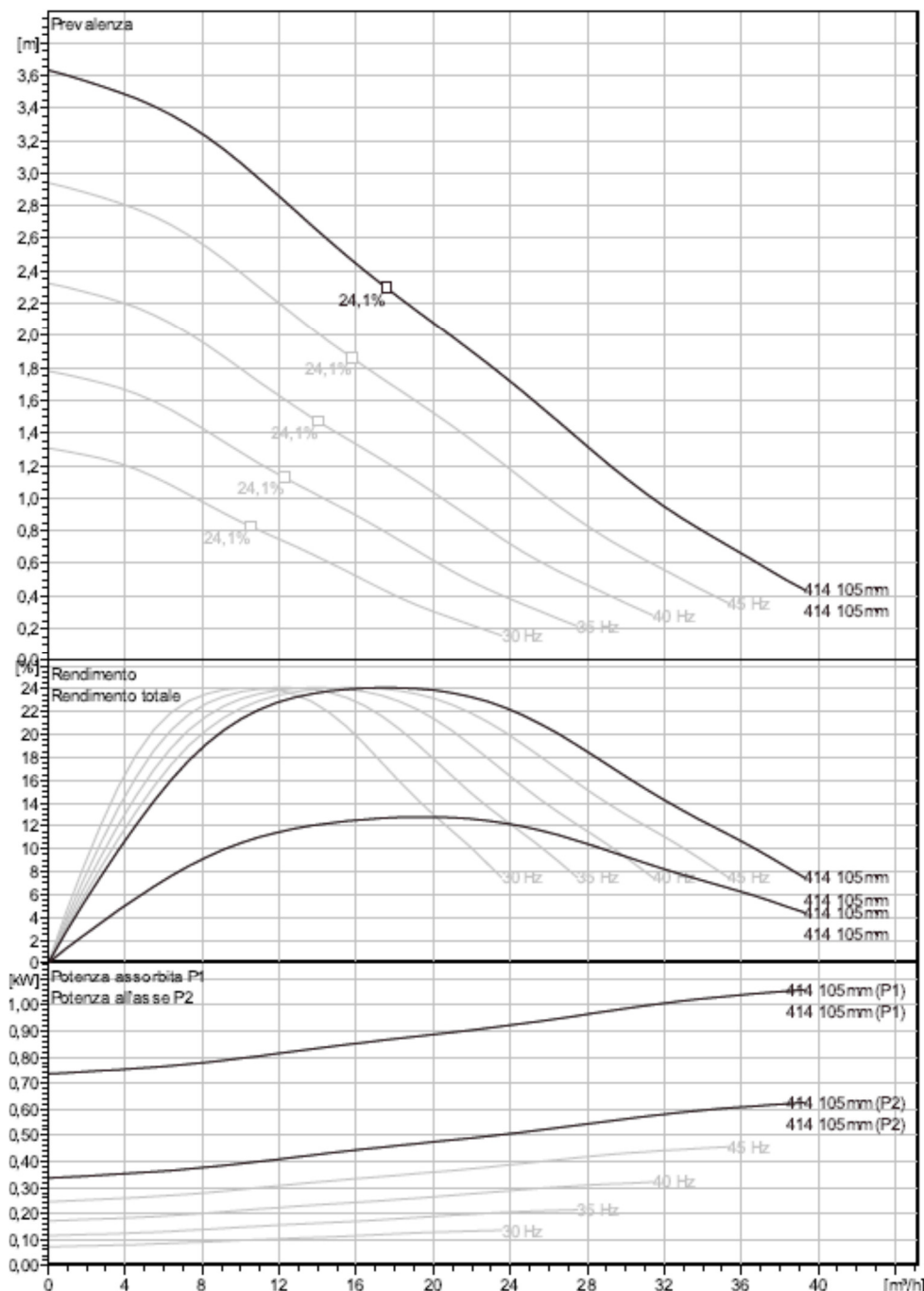
con concentrazione in solidi pari a quella del fango biologico di supero.

La tabella seguente riassume la produzione totale di fango in funzione della temperatura:

<i>Caratteristiche del fango</i>		INVERNO	ESTATE
Miscela di fango/Fango	kgSST/day	449,2	254,0
Portata della miscela/Fango	mc/day	50,9	28,8
Concentrazione di SST	kgSST/mc	8,8	8,8
Percentuale SSV	%	70%	70%
Quantitativo SSV presenti	kgSSV/day	314,5	177,8

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Per l'alimentazione della linea fanghi si utilizza una pompa centrifuga sommergibile (1+1R) installata nel pozzetto di raccolta fanghi dei sedimentatori secondari. Ipotizzando 3 ore/giorno di accensione (n. 12 accensioni di 15 minuti) si ottiene una portata di circa 17,5 mc/h, con prevalenza 2,25 m. La pompa sarà alimentata da inverter per permettere la modulazione della portata.



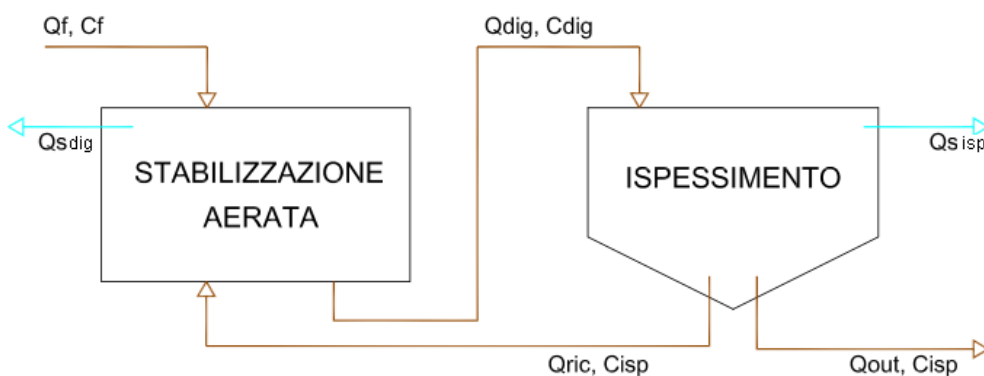
Curve di funzionamento pompa Xylem DP 3069 LT 3~ 414

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 5.2 Digestione aerobica del fanghi

Si realizza una vasca di digestione aerobica al fine di raggiungere un adeguato grado di stabilizzazione del fango.

Per garantire la massima flessibilità del sistema, si prevede la possibilità di utilizzare l'ispessitore sia come preispessimento che come postispessimento, prevedendo comunque un ricircolo dei fanghi in digestione. Lo schema di progetto per le verifiche seguenti è riportato in figura:



Per il dimensionamento della digestione aerobica si sono quindi considerati fanghi ricircolati dall'ispessitore con le seguenti caratteristiche:

Temperatura	°C	13	24
Miscela di fango/ Fango	kgSS/day	1800,0	900,0
Portata della miscela/Fango, Qric	mc/day	60,0	30,0
Concentrazione di SS, Cisp	kgSS/mc	30,0	30,0
Percentuale SSV	%	58%	53%
Quantitativo SSV presenti	kgSSV/day	1050,0	475,5

Come si vede, si è verificato il sistema con portate di ricircolo di 60 mc/d in inverno e 30 mc/d in estate, valori ricavati iterativamente per l'ottimizzazione del sistema. Anche la percentuale di SSV è stata ricavata iterativamente in modo da coincidere con il valore calcolato in uscita dall'ispessitore.

Risultano complessivamente i seguenti fanghi in ingresso in digestione:

Temperatura	°C	13	24
Miscela di fango/ Fango	kgSS/day	2249,2	1154,0
Portata della miscela/Fango	mc/day	110,9	58,8

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Concentrazione di SS	kgSS/mc	20,3	19,6
Percentuale SSV	%	61%	57%
Quantitativo SSV presenti	kgSSV/day	1364,5	653,2

Nella tabella seguente è riportato il calcolo dell'età del fango biologico ottenuta nella linea acque:

Temperatura	°C	13	24
Vdenitr.	mc	475,2	475,2
Vnitr.	mc	1122	1122
Vdefosf.	mc	198	198
Vtot	mc	1795,2	1795,2
Conc. in biologico	kgSS/mc	4,00	4,00
Conc. supero	kgSS/mc	8,82	8,82
Qsupero	mc/d	49,3	27,2
Età fango l. acque	d	16,50	29,94

### 5.2.1 Dimensionamento del reattore di digestione aerobica

Il parametro di riferimento per considerare il fango tecnicamente digerito è la riduzione di SSV, che dovrebbe essere almeno del 40%. Il grafico seguente mette in correlazione tale riduzione con il prodotto Temperatura x Età del fango.

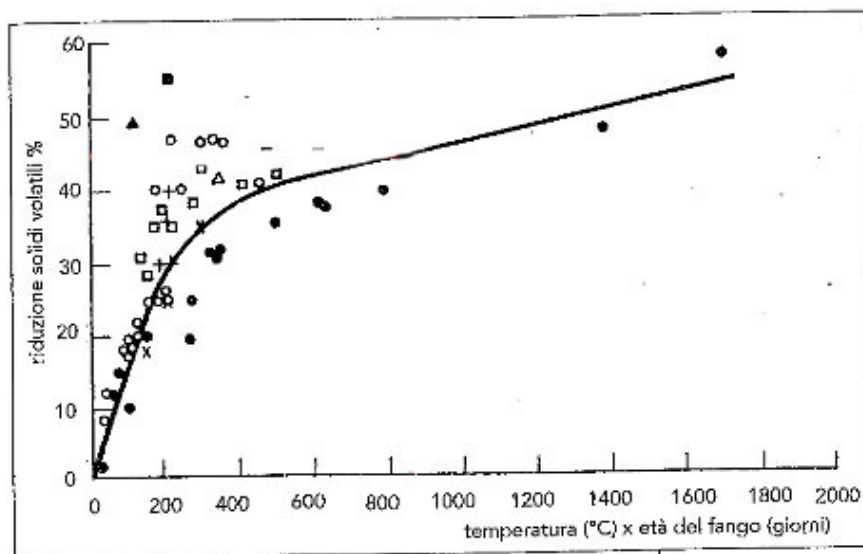


Fig. 18.27 - Riduzione percentuale dei solidi volatili nella digestione aerobica, in funzione del prodotto della temperatura per l'età del fango  $T \times E$ . Dati sperimentali (doc. EPA [11]).

Riduzione dei SV al avviare del prodotto Tx E

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Per ottenere la riduzione SSV scelta, occorre raggiungere valori del prodottoTxE di circa 480 °C d. Nella condizione di temperatura più gravosa (13° C) questo comporta un'età del fango totale di 37 giorni. Sottraendo l'età del fango raggiunta nella linea acque, risultano 21 giorni di permanenza necessaria nella linea fanghi.

Dai calcoli risulterebbe di conseguenza un volume minimo necessario per il digestore aerobico di circa 355 mc; in favore di sicurezza si adotta una vasca con le seguenti dimensioni:

Lunghezza	m	8,5
Larghezza	m	8,5
Altezza	m	5,5
Volume reattore	mc	397,4

Adottando tale volume, si ricava iterativamente un'età del fango totale nello scenario invernale di 39,50 giorni e nello estivo di 72,5 giorni, come si vede nelle verifiche seguenti.

Temperatura (T)	°C	13,00	24,00
Età totale del fango (E)	d	39,50	72,50
Età del fango in linea acque	d	16,50	29,94
Età del fango in stabilizzazione	d	23,00	42,56
Prodotto T x E	°C d	513,50	1740,00
Riduzione solidi volatili (da grafico) su f. ingresso	%	40%	52%
Solidi volatili in uscita dall'ispessitore	KgSSV/d	188,68	85,33
Solidi volatili digeriti complessivamente	KgSSV/d	126	92
Solidi totali in uscita dall'ispessitore	KgSST/d	323,46	161,52
SSV/SST in uscita dall'ispessitore	%	58%	53%
SSV/SST in uscita dal digestore	%	58%	53%
Solidi totali in uscita dal digestore	KgSST/d	2123,5	1061,5
Solidi volatili in uscita dal digestore	KgSSV/d	1238,68	560,80

Il valore SSV/SST qui calcolato è quello che deve essere utilizzato come valore per i fanghi ricircolati dall'ispessitore, riportato già all'inizio del capitolo.

Ipotizzando una concentrazione del fango in uscita dall'ispessitore di 30 KgSS/mc si ricavano le portate da estrarre dall'ispessitore:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

Temperatura (T)	°C	13,00	24,00
Quantitativo di SST prodotto	kgSST/day	2123,46	1061,52
Quantitativo di SSV prodotto	kgSSV/day	1238,68	560,80
Concentrazione del fango in uscita	kgSS/mc	30,00	30,00
Portata fango ricircolato a digestione	mc/day	60,00	30,00
Portata fango a disidratazione	mc/day	10,78	5,38
Portata surnatanti prodotta	mc/day	40,16	23,41

La portata fanghi a disidratazione è calcolata come (SST prodotto/Concentrazione in uscita – fango ricircolato in digestione). La portata di surnatanti viene calcolata come differenza ( $Q_{dig} - Q_{ric} - Q_{out}$ ).

Si può quindi calcolare la concentrazione dei fanghi in digestione  $C_{dig}$ . L'equazione di riferimento, ricavata dal bilancio dei solidi nell'ispessitore, è la seguente:

$$(Q_f + Q_{ric}) \cdot C_{dig} = Q_{ric} \cdot C_{isp} + Q_{out} \cdot C_{isp} + Q_{s,isp} \cdot 0$$

Si può poi calcolare e verificare il volume della digestione aerobica dalla definizione di età del fango:

$$E = \frac{Biomassa\_presente}{Fango\_estratto} = \frac{V \cdot C_{dig}}{Q_{out} \cdot C_{isp}}$$

Risulta:

Concentrazione fanghi digeriti	kg/mc	19,1	18,1
Volume	mc	397,4	395,7

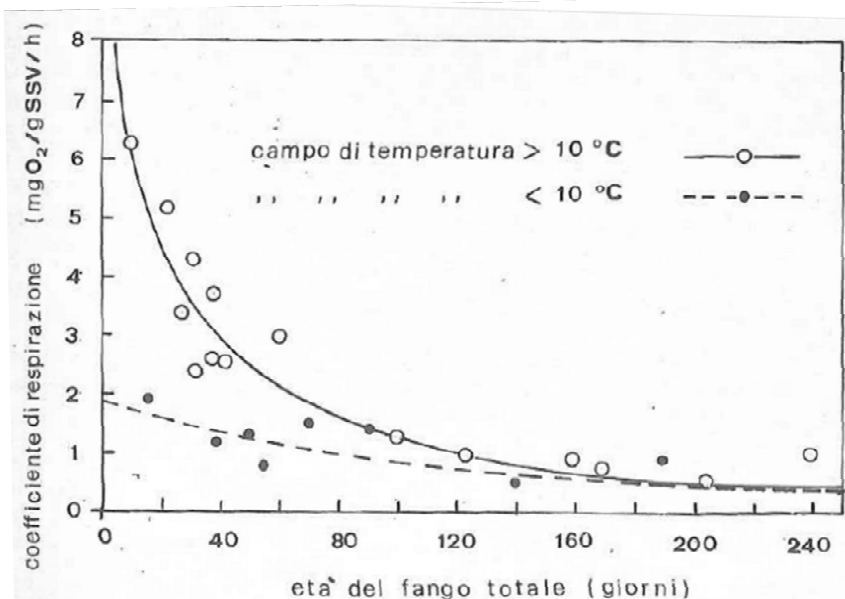
Il volume risultante coincide con quello della vasca di progetto inizialmente ipotizzata.

### 5.2.2 Stima del fabbisogno di ossigeno di processo

La stabilizzazione aerobica per essere efficace necessita della fornitura di aria di processo che permetta la corretta miscelazione dei fanghi e garantisca il quantitativo di ossigeno necessario per lo svolgimento dei processi di respirazione endogena della biomassa.

Il quantitativo di ossigeno necessario alla conduzione dei processi biologici può essere stimato sulla base degli SSV presenti in vasca, adottando un coefficiente di assorbimento di ossigeno adeguato alle condizioni di temperatura ed età del fango:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Risulta:

Temperatura	°C	13,00	24,00
Età del fango	d	39,50	72,50
Coeff. assorb. ossigeno b' (da grafico)	g O <sub>2</sub> /kg SSV x h	3	2
SST presenti in vasca	kgSS	7606	7143
SSV presenti in vasca Md	kgSSV	4437	3774
Fabbisogno ossigeno (AOR) O = b' * Md	kg O <sub>2</sub> / h	13,31	7,55

Il calcolo del SOR viene svolto con la stessa metodologia adottata nel comparto biologico.

$$S.O.R.[KgO_2/d] = \frac{A.O.R}{\alpha \cdot F \cdot \frac{\beta C_{s,T,H} - C_l}{C_{s,20}} \cdot 1,024^{(T-20)}} = \frac{A.O.R}{f}$$

Dove:

Cs Concentrazione di saturazione dell'ossigeno alla temperatura T nella miscela aerata (mg/l)

Cs(20) Concentrazione di saturazione dell'ossigeno alla temperatura di 20°C pari a 9,17 mg/l

Cx Concentrazione di ossigeno disciolto in vasca in condizioni operative, posto pari ad 1 mg/l dovendo soddisfare la richiesta di ossigeno per respirazione endogena

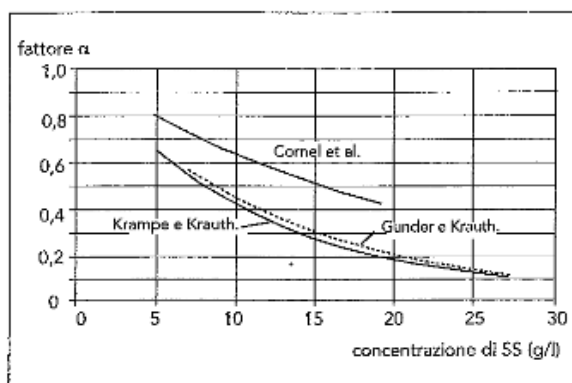
T Temperatura della miscela aerata in condizioni operative (°C)

β fattore correttivo che tiene conto delle differenze di solubilità dell'ossigeno in acqua e m.a., in genere pari a 0,95

F fattore di sporcamento, generalmente variabile tra 0,65 e 0,95

α fattore di correzione del trasferimento dell'ossigeno, posto pari a 0,4 in conformità a quanto sotto riportato:

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



Valori del fattore "α" per elevate concentrazioni di fango rilevati sperimentalmente - Aerazione a bolle fini (da Schwarz et al., 2006).

Valori indicativi del fattore "α" a seconda del sistema di aerazione

Sistema di aerazione	Campo di variazione del fattore "α"
Diffusione d'aria a bolle fini	0,40 - 0,80
Diffusione a bolle medie	0,50 - 0,90
Diffusione a bolle grosse	0,60 - 0,95
Aeratori meccanici in genere	0,60 - 1,00
Spazzole rotanti	0,70 - 0,85
Turbine di superficie lente	0,65 - 0,85
Turbine di superficie veloci	0,70 - 0,95
Aerazione ad aria insufflata e turbina sommersa immersa - Aerazione a getto	0,65 - 0,90
Eiettori	0,70 - 0,90

#### Valore di α in funzione della concentrazione di SS nel reattore e della tipologia di aeratori

Risulta:

Concentrazione di saturazione (T), Cs	mg/l	10,53	8,40
Temperatura	°C	13,00	24,00
α		0,4	0,4
Cs(20)	mg/l	9,17	9,17
Cx	mg/l	1	1
β		0,98	0,98
F		0,95	0,95
f	r	0,327	0,330
SOR, OC standard	kgO <sub>2</sub> /d	977	550
Durata fornitura aria	h/day	18	18
SOR picco	kgO <sub>2</sub> /h	54	31

Si adottano diffusori a membrana a bolle fini aventi efficienza di trasferimento dell'ossigeno pari al 6% x m di battente . Risulta:

Temperatura	°C	13,00	24,00
Efficienza	%	31,5%	31,5%
Portata volumica aria punta	Nmc/h	574	323
(SOR/0,30/Eff.)			

L'aerazione deve anche garantire una buona capacità di miscelazione dei fanghi in vasca. Per verificare la capacità di miscelazione degli aeratori ad aria insufflata si fa riferimento al valore di portata specifica di aria rispetto alla superficie della vasca, che dovrebbe risultare (v. Masotti)

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

almeno 2,6-3,3 (mc/h)/mq per digestori con soli fanghi attivi e concentrazione inferiore al 3% e 4 (mc/h)/mq digestori con anche fanghi primari e concentrazione compresa tra 3% e 4%.

Nel caso in esame si hanno i seguenti valori invernali/estivi:

Verifica miscelazione	(mc/h)/mq	7,95	4,47
-----------------------	-----------	------	------

### 5.2.3 Descrizione del sistema di fornitura e diffusione aria

Dal calcolo effettuato è risultata una portata di punta complessiva di:

Temperatura	° C	13	24
Portata di aria richiesta	<b>Nmc/h</b>	<b>565</b>	<b>318</b>

Tale portata sarà ripartita sul fondo della vasca (per 18 ore/giorno secondo il dimensionamento di progetto) da un sistema di diffusione così composto:

Tipo diffusori:	a membrana in EPDM tipo 9" Silver LP o similare, alimentabili con portate comprese tra 1,5 e 12 Nmc/h anche in continuo
N. diffusori:	105 diffusori
Portata di progetto cad. diffusore:	5,35 Nmc/h

L'aria di processo viene fornita da n.1 soffiante a vite/lobi ritorti, installata nel locale che ospita anche le macchine a servizio della nitrificazione/ossidazione liquami. Come anticipato nel capitolo relativo, la soffiante di riserva della nitrificazione sarà usata anche come riserva per la digestione aerobica, in virtù delle ampie possibilità di regolazione della portata di questa tipologia di soffiante (prevista con portata modulabile tra 340 e 1200 Nmc/h).

La soffiante a servizio della digestione aerobica avrà le seguenti caratteristiche prestazionali:

- Portata modulabile da 800 a 340 Nmc/h
- Funzionamento sotto inverter
- Pressione differenziale alla mandata: 630 mbar

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

**Dati tecnici prestazionali:**
**Per motore    sotto inverter (strumento escluso)**

Mezzo	Aria				
Portata (alle condiz. d'asp.)	Q <sub>v</sub>	m³/min	14,3	10,7	6,08
Portata (alle condiz. d'asp.)	Q <sub>v</sub>	m³/h	859	645	365
Portata alle condiz. standard T'=273K, p1=1.013 bar, rF=0%	Q <sub>v</sub>	Nm³/h	800	600	340
Portata (massa)	m	kg/h	1035	777	440
Densità in aspirazione	Rho <sub>v</sub>	kg/m³	1,204	1,204	1,204
Pressione di aspirazione (abs.)	p <sub>1</sub>	bar	1,013	1,013	1,013
Pressione di scarico	p <sub>2</sub>	bar	1,643	1,643	1,643
Pressione differenziale	Δp	mbar	630	630	630
Temperatura d'aspirazione	t <sub>1</sub>	°C	20	20	20
Temperatura allo scarico	t <sub>2</sub>	°C	85	86	95
Potenza assorbita all'albero	P <sub>k</sub>	kW	17,2	13,2	8,53
Potenza assorbita * <small>* incl. tutti gli ausiliari + motore</small>	W2P	kW	19,3	14,9	9,77
Velocità motore	n <sub>M</sub>	rpm	2930	2316	1515
Potenza motore	P <sub>Mo</sub>	kW	22		
Frequenza motore	f	Hz	49,6	39	26

\* Calcolati utilizzando componenti di trasmissione standard Aerzen

**Tolleranze**

volume convogliato alle condizioni di aspirazione	%	+5 / -5
potenza assorbita all'albero soffiatore	%	+5 / -5

**Rumorosità di ogni gruppo soffiante**

Livello pressione sonora senza cabina ca.	L <sub>p</sub> (A)	dB(A)	103
Livello pressione sonora con la cabina ca.	L <sub>p</sub> (A)	dB(A)	73

Misurata in campo libero ad 1 mt. di distanza, il rumore irradiato dalle tubazioni non è considerato (toleranze ± 2 dB(A)) in accordo alle direttive DIN EN ISO 2151. Per ulteriori informazioni vedi TN01184.

**Tubazioni di collegamento**

Lato mandata	DN 125, ISO 139.7 mm Ø
--------------	------------------------

**Caratteristiche prestazionali della soffiante**

La portata viene misurata per mezzo di un misuratore di portata a differenziale di temperatura posto su ciascun collettore, dove sarà installata una valvola di regolazione automatica a fusso che, sulla base dei segnali provenienti dalla strumentazione di controllo installata nel reattore, modificherà la portata inducendo perdite di carico aggiuntive. Un misuratore di pressione installato sul collettore di uscita della soffiante permetterà di modificare di conseguenza il punto di funzionamento della soffiante attiva, permettendo una maggiore efficienza energetica.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

#### 5.2.4 Strumentazione a servizio della sezione

Nella vasca di digestione aerobica sono installati i seguenti strumenti:

- misuratore di solidi sospesi, per monitoraggio del processo
- misuratori O<sub>2</sub>, pH/temperatura e ORP, per regolazione automatica della valvola a fuso sull'alimentazione dell'aria
- misuratore di livello ad ultrasuoni per gestione delle pompe di riempimento/svuotamento

### 5.3 Vasca ricircolo e sollevamento fanghi

A lato della vasca di digestione aerobica è prevista la realizzazione di una vasca a secco dove saranno installate n.6 pompe monovite, in 3 gruppi costituiti ciascuno da una pompa più riserva. La configurazione è stata studiata per permettere la massima flessibilità in fase di gestione.

I gruppi avranno le seguenti funzioni:

- gruppo A: pompaggio da ispessitore a stabilizzazione
- gruppo B: pompaggio da stabilizzazione a ispessitore
- gruppo C: pompaggio a disidratazione (da stabilizzazione o da ispessitore)

A servizio di ciascun gruppo di pompe sarà installato un misuratore di portata elettromagnetico. Le pompe dei gruppi A e B avranno le seguenti caratteristiche:

- Portata modulabile mc/h 4-10 con prevalenza 6.25 m
- Rotazione necessaria rpm 240
- Potenza installata kW 2.2
- Portata effettiva mc/h 4 a rpm 110 a 30 Hz; mc/h 10 a rpm 250 a 69 Hz (regolabile con inverter)
- Pressione massima: bar 6 (massima pressione raggiungibile dagli elementi pompanti)

Le pompe del gruppo C avranno le seguenti caratteristiche:

- Portata modulabile mc/h 2-10 m<sup>3</sup>/h con prevalenza 26 m
- motoriduttore 1,5 kW, 80-400 rpm

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo



## 5.4 Ispessimento fanghi

E' prevista la realizzazione di una vasca di ispessimento, costituita da un manufatto a pianta circolare studiata per ottimizzare il processo di addensamento dei fanghi. Un apposito ponte a trazione centrale imprime una lenta rotazione ai picchetti che provvedono a rimuovere l'aria ancora presente nei fanghi e a renderli omogenei. L'ispessitore è completato da una lama continua in acciaio inox dotata di profilo di stramazzo Thomson, disposta per tutta la circonferenza, che permette lo sfioro dei surnatanti nella canaletta di evacuazione.

### Dimensionamento

La verifica di tale sezione di impianto viene effettuata mediante controllo del valore del carico superficiale dei solidi e del tempo di ritenzione idraulica nel manufatto.

I dati in ingresso sono i seguenti:

Temperatura	°C	13	24
Miscela di fango/ Fango	kgSST/day	2123,5	1061,5
Portata della miscela/Fango	mc/day	110,9	58,8
Concentrazione di SST	kgSST/mc	19,1	18,1
Percentuale SSV	%	58%	53%
Quantitativo SSV presenti	kgSSV/day	1239	561

Al variare della tipologia di fango in ingresso la sezione di ispessimento sarà caratterizzata da valori specifici del carico superficiale dei solidi così come riportato nella tabella seguente (rif. *Masotti, Depurazione delle acque reflue*).

Tipo di fango	Carico sup.	Concentrazione fanghi IN	Concentrazione fanghi OUT
	kgSST/mq day	%	%
<b>DA SEDIMENTAZIONE PRIMARIA</b>			
Fango fresco	100-150	2,5-5,5	6-10
Fango digerito anaerobicamente			
<b>DA FANGHI ATTIVI</b>			
Fango attivo fresco	20-40	0,8-1,7	2,5-3,3
Fango primario + secondario	60-90	2,6-4,8	4,6-7
<b>Fango digerito aerobicamente</b>	<b>35-50</b>	<b>1-2,5</b>	
Fango primario + secondario digerito aerobicamente			6-8
<b>DA FILTRI PERCOLATORI</b>			
Fango fresco secondario	35-90	4-8	7-9
Fango primario + secondario digerito anaerobicamente	60-100	3-6	7-9

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

DA PRECIPITAZIONE CHIMICA			
con Sali Al	24-45	0,5-1	1,5-2
con Sali Fe	60-85	2-4	6-8
con calce	100-200	6-10	10-18

Valori del carico superficiale di un ispessitore al variare della tipologia di fango in ingresso.

Risulta:

Temperatura	°C	13	24
Carico superficiale	kgSS/mq d	40	40
Superficie di calcolo	mq	53,09	26,54
Diametro di calcolo	m	8,22	5,81
Diametro di progetto	m	6	6
Superficie di ispessimento	mq	28,26	28,26
Altezza Fango	m	4	4
Volume totale	mc	113	113
Carico di solidi	kgSS/mq d	75,14	37,56
Tempo di ritenzione	d	1,02	1,92

Le portate in uscita, già calcolate nel dimensionamento della digestione, sono riportate di seguito:

Temperatura (T)	°C	13,00	24,00
Concentrazione del fango in uscita	kgSS/mc	30,00	30,00
Portata fango ricircolato a digestione	mc/day	60,00	30,00
Portata fango a disidratazione	mc/day	10,78	5,38
Portata surnatanti prodotta	mc/day	40,16	23,41

I surnatanti prodotti sono inviati a rete interna di collettamento e quindi al sollevamento iniziale.

Le caratteristiche del ponte ispessitore da installarsi sono le seguenti:

- Diametro interno vasca: m 6,00
- Profilo Thompson: H 150x1.5 mm
- Cilindro: diam.1500 x H 1500 mm
- Potenza installata: kW 0,37
- Protezione motore: IP 55
- Isolamento classe: F
- Motoriduttore: a bagno d'olio
- Velocità periferica: 5 giri/ora circa

Si prevede la realizzazione interamente in AISI 304L.

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 5.5 Disidratazione meccanica tramite estrattore centrifugo

Una volta che il fango è stato ispessito deve essere disidratato, sia perché il suo smaltimento allo stato liquido comporta la necessità di dover trasportare anche una massa di “tara” costituita dall’acqua, sia perché in discarica non viene solitamente accettato un fango non palabile. Un fango viene considerato palabile se può essere conformato in cumuli e può essere raccolto con una pala e caricato su un rimorchio, in pratica quando il suo tenore in acqua non supera valori del 75-80%. Anche in questa fase si ha, da una parte, la produzione di fango disidratato e, dall’altra, la produzione di acqua di fango, più o meno carica di sostanze inquinanti, che viene ricircolata in testa all’impianto.

La scelta progettuale per questo impianto, è quella di ricorrere ad un estrattore centrifugo. Il fango da trattare viene introdotto nella macchina attraverso un albero cavo e l’alta velocità di rotazione del tamburo centrale imprime al fango una forte accelerazione centrifuga che provoca la separazione delle particelle di fango, che si depositano alla periferia del tamburo. Sopra il fango si forma un anello di liquido più leggero. Una coclea rotante, con velocità appena diversa da quella del tamburo, permette il trascinamento del fango verso l’uscita, mentre il liquido sfiora lungo uno stramazzone e viene inviato all’esterno.

### Dimensionamento

Si prevede lo svuotamento della vasca di ispessimento una volta al giorno, preferendo l’allontanamento del fango in maniera discontinua a causa della bassa velocità di crescita della concentrazione del fango nella miscela areata. Una volta che viene svuotata la vasca di ispessimento, il fango deve essere disidratato mediante invio alla centrifuga, che lavorerà in modo discontinuo. Dalla centrifuga, attraverso un nastro trasportatore il fango viene caricato su un cassone scarrabile, per essere caricato sul mezzo che provvederà al suo smaltimento.

La sezione viene dimensionata cautelativamente per lavorare 5 giorni alla settimana per 2 ore consecutive.

### *Caratteristiche del fango in ingresso*

Quantitativo di SST	kgSST/day	323	161
Quantitativo di SSV	kgSSV/day	189	85
Concentrazione del fango	kgSS/mc	30	30
Portata fango	mc/day	10,78	5,38

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

	mc/week	75,47	37,69
Ore di funzionamento della sezione di disidratazione	h	2	
Numero di giorni a settimana di lavoro	n	5	
Numero di macchine in funzione	n	1	
Portata di fanghi da avviare a trattamento	mc/h	7,55	3,77
	kgSST/h	161,73	80,76
Percentuale di cattura dei solidi	%	98%	98%
Contenuto minimo di solidi in uscita	%	25%	25%
Concentrazione del fango disidratato	kgSST/mc	250	250
Portata volumica di fango in uscita	mc/day	1,268	0,633
Portata di surnatanti spurgata	mc/day	9,51	4,75
	mc/h	4,75	2,38

La centrifuga scelta necessita per il suo corretto funzionamento e per il raggiungimento del grado di secco dichiarato di un quantitativo di polielettrolita in ingresso pari a 10-11 g/kgSST in ingresso; si utilizza polielettrolita in soluzione allo 0,3%.

Consumo di polielettrolita	gr/kgSST	10,00	10,00
Consumo del poly	kg/h	1,62	0,81
Concentrazione del poly in soluzione	%	0,30%	0,30%
Consumo del poly in soluzione	kg/h	539	269
Consumo di poly in soluzione	kg/day	1078	538

Si installerà una centrifuga del tipo Pieralisi Maior 2 HS RTV o similare, con le seguenti caratteristiche:

- portata idraulica mc/h 14
- diametro del tamburo mm 353
- lunghezza del tamburo mm 1.218
- giri max tamburo rpm 4.500
- potenza motore principale kW 15
- avviamento motore principale mezzo convertitore di frequenza

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

- rotovariatore elettrico programmabile elettronicamente, per la regolazione continua dei giri differenziali della coclea, gestito da inverter posto nel quadro elettrico generale
- tamburo AISI 414
- coclea AISI 304
- tubo d'alimentazione AISI 304
- anelli di sfioro AISI 304
- camera scarico liquidi AISI 304
- camera scarico solidi AISI 304
- copertura esterna Acciaio al carbonio
- struttura d'appoggio Acciaio al carbonio
- con miscelatore fango-poli in AISI304 e quadro elettrico automatico di sezione

La sezione di disidratazione sarà inoltre equipaggiata con:

- preparatore di polielettrolita costituito da serbatoio cilindrico suddiviso in tre settori, accoppiato ad un assieme tramoggia, interamente realizzati in acciaio inox AISI 304.
- pompe monovite di dosaggio polielettrolita di portata 200-1.600 l/h, prevalenza 2bar, corpo in ghisa, rotore in acciaio inox AISI 304 statore in gomma neoprene, su basamento motoriduttore 0,75 kW
- coclea trasportatrice inclinata per scarico dei fanghi disidratati in cassone scarrabile

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	<b>PROGETTO ESECUTIVO</b>	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo

## 6 Bilancio limiti imposti

I limiti di progetto adottati sono in grado di rispondere alle più ampie esigenze di tutela del corpo idrico ricettore.

**L'impianto garantisce il rispetto dei limiti delle tabelle 1 e 3 dell'allegato 5 parte III del D.lgs.152/2006 e dei limiti della D.G.R.T n.1210 del 28/12/2012 (Rendimento Ntot=58,4%, Rendimento Ptot=59%).**

I parametri di uscita del depuratore attesi ed i relativi rendimenti (output delle simulazioni di processo, riferiti alle condizioni di aerazione e ricircoli ipotizzate ed al più gravoso scenario invernale) sono riportati di seguito (ved.pag.44):

IMPIANTO: Bottegone	
USCITA LINEA ACQUE	
BOD <sub>5</sub> [mg/l]	8,72
SST [mg/l]	18
NO <sub>3</sub> [mg/l]	6,4
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> [mg/l]	0,92
P [mg/l]	2
Riduz. BOD <sub>5</sub> [%]	95%
Riduz. Azoto totale [%]	84%
Riduz. Fosforo totale [%]	73%

RELAZIONE TECNICA DI PROCESSO	PROGETTO ESECUTIVO	Redatto	Controllato
	NUOVO DEPURATORE BIOLOGICO DI BOTTEGONE (PT)	Del Bimbo	Del Bimbo