

# Indice

<b>INTRODUZIONE</b> .....	3
<b>CAPITOLO 1 - Impianti di depurazione a biomassa sospesa per il trattamento delle acque reflue urbane</b> .....	4
1.1 Premesse.....	4
1.2 Definizioni.....	5
1.3 Cenni normativi.....	6
1.4 Schemi di impianto in relazione alla potenzialità depurativa richiesta.....	8
1.4.1 <i>Impianti per grandi centri abitati</i> .....	9
1.4.2 <i>Impianti per medi-piccoli centri abitati</i> .....	10
1.4.3 <i>Piccoli impianti ad aerazione prolungata</i> .....	11
1.5 Impianti di trattamento delle acque reflue urbane nel Veneto.....	12
<b>CAPITOLO 2 - Apparecchiature presenti in impianti ad aerazione prolungata con potenzialità &lt; 2000 A. E.</b> .....	14
2.1 Pretrattamenti o trattamenti primari.....	14
2.1.1 <i>Grigliatura</i> .....	14
2.1.2 <i>Dissabbiatura</i> .....	15
2.1.3 <i>Sollevamento</i> .....	16
2.2 Trattamenti secondari.....	18
2.2.1 <i>Bacino di aerazione</i> .....	18
2.2.2 <i>Sedimentazione</i> .....	20
2.3 Linea fanghi.....	22
2.3.1 <i>Produzione teorica di fango</i> .....	23
2.3.2 <i>Digestione aerobica</i> .....	24
2.3.3 <i>Disidratazione</i> .....	25
<b>CAPITOLO 3 - Tempi per la manutenzione programmata delle apparecchiature presenti in impianti ad aerazione prolungata</b> .....	27
3.1 Linea acque.....	27
3.1.1 <i>Pompe centrifughe sommerse</i> .....	27
3.1.2 <i>Grigliatura</i> .....	31
3.1.3 <i>Bacino di aerazione</i> .....	31
3.1.4 <i>Sedimentazione</i> .....	32
3.1.5 <i>Calcolo tempi di manutenzione linea acque</i> .....	33
3.2 Linea fanghi.....	33
3.2.1 <i>Pompe monovite per estrazione fanghi</i> .....	33
3.2.2 <i>Digestore aerobico fanghi</i> .....	36
3.2.3 <i>Disidratazione fanghi</i> .....	36
3.2.4 <i>Calcolo tempi di manutenzione linea fanghi</i> .....	36
3.3 Strumenti di misurazione.....	37
3.4 Impianto elettrico.....	40

3.5	Registrazione dati.....	40
3.6	Calcolo tempo totale di manutenzione.....	41
<b>CONCLUSIONI.....</b>		<b>43</b>
<b>RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....</b>		<b>44</b>

# Introduzione

L'obiettivo di questo elaborato è calcolare il tempo necessario alla manutenzione programmata di tutte le apparecchiature elettromeccaniche presenti in un piccolo impianto di depurazione delle acque reflue urbane, afferenti alla pubblica fognatura, con potenzialità inferiore ai 2000 A. E., funzionante a biomassa sospesa.

E' opinione comune credere che i piccoli impianti di depurazione, data la loro semplicità di funzionamento e la relativa facilità di gestione, siano praticamente automatici, o quasi e che non richiedano pertanto grossi interventi da parte di personale specializzato. In realtà le apparecchiature installate in tali impianti non sono molto diverse da quelle presenti nei grandi impianti e richiedono una manutenzione continua per il loro funzionamento.

Per valutare correttamente la manutenzione ordinaria si è presa in considerazione tutta la manutenzione prevista dal manuale d'uso delle varie apparecchiature presenti in un impianto tipico (pompe sommerse, centrifughe, strumentazione varia, ecc...) attribuendo a ciascuna operazione un tempo minimo a persona per poi sommare tutte le ore necessarie alla manutenzione di ogni singola apparecchiatura installata.

Occorre premettere che la gestione globale di un impianto di depurazione prevede, oltre agli interventi di manutenzione programmata dei vari organi elettromeccanici, anche operazioni di routine (apertura e chiusura di valvole, saracinesche, carico/scarico fanghi, ecc.), campionamenti manuali, manutenzione dell'area impiantistica (sfalcio dell'erba, pulizia dei piazzali, ecc.), compilazione di documenti amministrativi, ecc. Sulla scorta di dati il più obiettivi e riproducibili possibile, scopo di questo studio è valutare il tempo minimo che deve essere dedicato esclusivamente alla manutenzione programmata delle apparecchiature elettromeccaniche presenti in impianto. Si tratta di un tempo limite, calcolato su base scientifica, sotto il quale non è possibile pensare al funzionamento dei vari organi impiantistici con rendimenti depurativi ottimali.

In assenza di un'efficiente manutenzione programmata, le tubazioni di collegamento fra le varie unità operative tendono ad incrostarsi ed intasarsi, nei comparti di sedimentazione si possono formare spessi strati di materiale denso non riciclabile, il fango viene ricircolato con difficoltà, si sviluppano cattivi odori con proteste vivaci da parte del vicinato e disagio da parte del personale che vi opera, l'area dell'impianto assume presto un aspetto indecoroso, i rendimenti depurativi decadono, ecc. In definitiva s' induce tutta una serie di pesanti conseguenze a discapito dell'ambiente che ci circonda.

Spesso un'efficiente gestione e manutenzione impiantistica possono controbilanciare una progettazione errata o non del tutto accurata, ma non può mai succedere il contrario: *l'impianto anche meglio progettato e costruito, dà pessimi risultati depurativi se mal gestito e privato della minima manutenzione impiantistica* (L. Masotti 2002).

# CAPITOLO 1

## Impianti di depurazione a biomassa sospesa per il trattamento delle acque reflue urbane

### 1.1 Premesse

Il processo di depurazione biologico a fanghi attivi è un sistema aerobico controllato a biomassa sospesa, la cui finalità è quella di raggiungere due obiettivi strettamente connessi:

- Separare il materiale disciolto e sospeso nelle acque reflue dalla fase acquosa “normalizzata” in scarico;
- Formare fiocchi pesanti che possono sedimentare rapidamente per essere successivamente smaltiti.

I principi fondamentali che ne permettono il raggiungimento possono essere riassunti nei seguenti quattro punti (L. Cingolati et A. 1996):

- 1 Il processo si avvale delle capacità delle popolazioni microbiche naturali di demolire la sostanza organica presente nelle acque reflue stesse, in modo da ricavare materia ed energia per il proprio accrescimento e la propria riproduzione. Le popolazioni che si instaurano nel fango fanno parte di catene alimentari naturali.
- 2 Parte del materiale da depurare sarà trasformato in biomassa attiva, ossia in nuovi microrganismi viventi.
- 3 In condizioni di buona depurazione, il materiale non trasformato viene intrappolato insieme ai microrganismi in fiocchi di diametro variabile da circa 30  $\mu\text{m}$  a circa 100  $\mu\text{m}$ , aggregabili in formazioni più grandi (fino ad 1-2 mm).
- 4 Per ottenere un certo grado di efficienza depurativa bisogna fornire cibo ed ossigeno in quantità adeguata.

Nel processo di depurazione biologica a fanghi attivi la biomassa attiva è prodotta in continuo all'interno dei bioreattori (o cosiddette vasche di aerazione) utilizzando l'energia accumulata a seguito della degradazione (anossica ed aerobica) del substrato organico introdotto con l'influente e di parte della stessa biomassa (catabolismo) ed assimilando parte della sostanza organica e dei nutrienti, presenti nel sistema per sintetizzare nuovo materiale cellulare (anabolismo). La biomassa accumulata nei bioreattori combinati (c.d. nitro-denitro), insieme alle acque reflue da trattare, costituisce la cosiddetta “miscela aerata”. Essa viene mantenuta in sospensione a scapito di energia meccanica e reintegrata mediante gli specifici dispositivi di ricircolo (fanghi e mixed liquor).

La caratteristica prioritaria del processo a fanghi attivi è quindi quella di offrire al gestore la possibilità di variare le condizioni processuali, nei bioreattori attraverso la reimmissione, in essi, del fango prodotto. In questo caso, infatti, si può separare il tempo di ritenzione idraulica della fase acquosa, da quello del fango (detto tempo di residenza cellulare o età del fango; E. de Fraja Frangipane et A. 1994); modificando così il rapporto tra la concentrazione della biomassa attiva e la concentrazione del substrato influente all'impianto.

## 1.2 Definizioni

Il D.Lgs. n. 152 del 03 Aprile 2006 definisce *abitante equivalente* (A.E.) il carico organico biodegradabile avente una richiesta biochimica di ossigeno a 5 giorni (BOD<sub>5</sub>) pari a 60 grammi di ossigeno al giorno, si tratta di un concetto utile per esprimere il carico di una particolare utenza civile o industriale dell'impianto di depurazione, in termini omogenei e confrontabili con le utenze civili.

*Acque reflue domestiche*: acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche.

*Acque reflue urbane*: il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di quelle meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato.

*BOD (Biochemical Oxygen Demand)*: rappresenta la quantità di ossigeno richiesta dai microrganismi aerobi per poter assimilare e degradare le sostanze presenti nei liquami, costituenti il "cibo" dei microrganismi. La richiesta biochimica di ossigeno (BOD) è proporzionale alla concentrazione di sostanze organiche presenti nei liquami ed alla velocità con cui sono degradate dai microrganismi. La misura del BOD costituisce perciò il principale indicatore numerico atto ad individuare la "forza dei liquami". Il BOD<sub>5</sub> rappresenta la quantità di O<sub>2</sub> consumata dai batteri per degradare la sostanza organica presente in ambiente aerobico a 20°C in cinque giorni.

*COD (Chemical Oxygen Demand)*: rappresenta la quantità totale di ossigeno necessaria ad ossidare sia biologicamente che chimicamente tutte le sostanze ossidabili presenti in un liquame, siano esse biodegradabili o non biodegradabili.

*Carico organico*: quantità giornaliera di sostanze organiche da trattare che giunge all'impianto di depurazione (espressa in Kg BOD<sub>5</sub>/giorno).

*Carico idraulico*: quantità di liquame da trattare che giunge in un giorno all'impianto di depurazione (espressa in m<sup>3</sup>/giorno).

*Cavitazione di una pompa*: la cavitazione è un complesso di fenomeni nocivi che si verificano in un liquido, quando la pressione locale scende al di sotto di un certo valore rimanendo costante la temperatura ambiente; e si manifesta con la formazione di cavità ripiene di vapore al quale si aggiungono i gas che si liberano dal liquido stesso.

In prima approssimazione si può assumere come pressione critica per l'inizio della cavitazione la tensione di vapore saturo alla temperatura dell'ambiente nel quale si innesca il fenomeno.

Se il liquido è in movimento rispetto ad un corpo solido, le bolle così formate si spostano con le varie particelle trascinate nel senso del moto e quando la pressione aumenta, vengono rapidamente riassorbite provocando fenomeni di danneggiamento del materiale in corrispondenza delle zone di riassorbimento. La spiegazione meccanica del danneggiamento è che la contrazione improvvisa delle bolle per il rapido condensarsi del vapore, appena si verificano condizioni locali di pressione sufficientemente alte, dà luogo a violenti urti anelastici che martellano e stancano il materiale predisponendolo a successive corrosioni (C. Sigmund 2005).

*Prevalenza di una pompa*: la prevalenza di una pompa ( $\Delta H$ ) è l'energia che deve fornire la pompa alla massa fluida per aumentare il carico totale H e per compensare le perdite di carico che avvengono in seno alla massa fluida quando questa scorre dentro le tubazioni di un circuito.

La prevalenza è sempre espressa in termini di altezza di colonna d'acqua (misurata di regola in metri) del fluido che si sta pompando ed è pari alla differenza di carico H tra la sezione di valle H<sub>2</sub> e quella di monte H<sub>1</sub> della pompa. Nel caso particolare che la tubazione di aspirazione (a monte della pompa) presenti la medesima sezione S (e quindi diametro D) della tubazione di mandata (tubazione a valle della pompa) le altezze sarebbero uguali e quindi la prevalenza  $\Delta H = H_2 - H_1$  fornita dalla pompa coinciderebbe con la differenza dei termini delle pressioni (C. Sigmund 2005).

*Curva caratteristica di una pompa:* la prevalenza di una macchina operatrice dipende dalla portata volumetrica Q elaborata (m<sup>3</sup>/h). La dipendenza funzionale tra la prevalenza  $H = \Delta H$  e portata Q, per ciascuna velocità di rotazione della macchina, si chiama equazione caratteristica, e il suo diagramma nel piano (H; Q) curva caratteristica. Ad ogni valore della velocità di rotazione della macchina è associata una diversa curva caratteristica (C. Sigmund 2005).

### 1.3 Cenni normativi

La depurazione delle acque reflue riveste un ruolo essenziale per il contenimento dell'inquinamento ambientale in genere e per quello delle acque superficiali in particolare.

La normativa ambientale nazionale è costituita essenzialmente dal D.Lgs. n. 152 del 03 Aprile 2006, modificato recentemente dal D.Lgs. 04/08, chiamato usualmente "testo unico ambientale". Tale normativa comunque non impone al gestore dei vari impianti di depurazione di acque reflue urbane la presenza continua di personale presso i propri impianti per la loro corretta gestione, ma si limita a fissare limiti di emissione allo scarico e frequenze minime di prelievo degli organi di controllo (Agenzie Regionali per la Prevenzione e Protezione Ambientale) e del gestore stesso per l'autocontrollo, in base alle diverse potenzialità dei vari impianti di depurazione, nella seguente forma:

*N° minimo annuo di campioni per controllo parametri di cui alla tab. 1 e 2, all. 5 D.Lgs. 152/06*

<i>Potenzialità impianto</i>	<i>Numero campioni</i>
Da 2000 a 9999 A. E.	12 campioni il primo anno e 4 negli anni successivi, purché lo scarico sia conforme; se uno dei 4 campioni non è conforme, nell'anno successivo devono essere prelevati 12 campioni
Da 10000 a 49999 A. E.	12 campioni
Oltre 49999 A. E.	24 campioni

*Frequenza minima campionamenti per controllo parametri di cui alla tab. 3, all. 5 D.Lgs. 152/06*

<i>Potenzialità impianto</i>	<i>Numero campioni</i>
Da 2000 a 9999 A. E.	1 volta all'anno
Da 10000 a 49999 A. E.	3 volta all'anno
Oltre 49999 A. E.	6 volta all'anno

Come ben evidente dalle tabelle sopra riportate, la potenzialità minima degli impianti di depurazione di acque reflue urbane presa in considerazione dal D.Lgs. 152/06 per la fissazione di limiti allo scarico e frequenze di campionamento è pari a 2000 A.E. La definizione dei valori limite da rispettare per gli impianti aventi potenzialità < 2000 A.E. è stata delegata alle varie Regioni, in funzione ai diversi obiettivi di qualità regionali prefissati.

La norma di riferimento attualmente in vigore per la Regione Veneto è rappresentata dal Piano di Risanamento Regionale delle Acque (PRRA), approvato dal Consiglio regionale con provvedimento n. 962 del 1/9/89, che disciplina gli scarichi delle pubbliche fognature e degli insediamenti civili non recapitanti in pubblica fognatura.

Il principio su cui si basa il provvedimento normativo è quello di fissare limiti diversi in funzione delle caratteristiche ambientali, della capacità di carico e delle sensibilità dell'area dove ricade lo scarico. E' stata perciò prevista la suddivisione del territorio regionale in fasce di tutela stabilite in funzione del diverso grado di vulnerabilità delle stesse. In ogni fascia di tutela sono fissati dei valori soglia, indicati con S1 e S2, dove il primo fissa il numero massimo di abitanti per cui non è obbligatorio collettare e depurare a parte gli scarichi e varia da 100 a 500 a seconda della fascia di tutela (sono comunque previsti sistemi individuali di trattamento dei reflui) ed il secondo indica il

numero massimo di abitanti per i quali è sufficiente un trattamento primario dei reflui.

A seconda della fascia di tutela, del bacino idrografico di appartenenza ed in base al numero di abitanti residenti nel nucleo abitativo rispetto alle due soglie prefissate, si deve applicare una delle tabelle indicanti i limiti da rispettare. Complessivamente le tabelle sono otto (C1, C2, A1, A2, A3, L1, L2, M1) con limiti progressivamente sempre più restrittivi, cinque riguardanti gli scarichi in acque superficiali (C1, C2, A1, A2, A3), due riguardanti gli scarichi in laguna (L1, L2) ed una relativa agli scarichi in mare (M1).

In sostituzione del PRRA, la Regione Veneto ha già licenziato il nuovo Piano di Tutela delle acque, non ancora approvato dal Consiglio regionale e pertanto attualmente non in vigore.

Per quanto concerne la gestione e manutenzione degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane a livello nazionale sono ancora in vigore le norme tecniche di cui alla Delibera del Comitato interministeriale per la tutela delle acque del 4 Febbraio 1977 che al punto 3.4 dell'allegato 3 cita testualmente: *“Per tutte le apparecchiature, sia in esercizio che in riserva, costituenti l'impianto devono essere effettuate operazioni di manutenzione periodica; tutti i dati relativi alla manutenzione devono essere appositamente registrati. Devono essere predisposte misure per eventuali interventi di manutenzione straordinaria”*.

Tale indicazione rappresenta sicuramente un buon punto di partenza per la manutenzione delle varie apparecchiature elettromeccaniche presenti in impianto ma rimane purtroppo generica lasciando al gestore la scelta della programmazione della manutenzione periodica. Inoltre, trattandosi di norme tecniche, manca totalmente la parte sanzionatoria in caso di mancato rispetto delle norme.

A livello regionale, relativamente la gestione e manutenzione degli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, la normativa di riferimento per il Veneto è costituita dalla L.R. n. 33 del 16/04/1985 e dalla L. R. n. 27 del 13/09/2001 che ha modificato la L.R. 33/85 determinando un declassamento degli impianti di potenzialità fino ai 13000 A.E. (o 5000 A.E. se ricadenti in aree naturali protette) da prima a seconda categoria. Esclusivamente per gli impianti di prima categoria (potenzialità superiore ai 13000 A.E.) è obbligatoria la tenuta di un quaderno di manutenzione dove il gestore dell'impianto deve registrare periodicamente l'attività di manutenzione effettuata presso lo stesso ed è richiesta la gestione dell'impianto da parte di un tecnico responsabile. Per i piccoli impianti, cosiddetti di Seconda Categoria, per cui la normativa regionale del Veneto non ha imposto la tenuta di un apposito registro di manutenzione, sono intervenute le varie Province imponendo la tenuta del registro di manutenzione a tutti gli impianti di depurazione attraverso l'inserimento di specifiche prescrizioni nel decreto di autorizzazione per lo scarico dei reflui depurati nelle acque superficiali.

Pertanto allo stato attuale tutti gli impianti di depurazione hanno l'obbligo di registrare le operazioni di manutenzione periodica effettuate nelle apparecchiature elettromeccaniche in esercizio e di riserva in appositi registri, da conservare presso la sede dell'impianto, a disposizione delle autorità di controllo.

Dallo scarso interesse dimostrato dalla normativa ambientale nazionale e regionale per i piccoli impianti di depurazione (potenzialità < 2000 A.E.) si evince che la fonte di pressione costituita dai loro scarichi di reflui depurati in corso d'acqua superficiale non è considerata una fonte di pressione ambientale considerevole, sebbene la loro diffusione sia tutt'altro che trascurabile nel territorio Veneto, come avremo modo di vedere successivamente.

## 1.4 Schemi di impianto in relazione alla potenzialità depurativa richiesta

In un impianto di trattamento biologico si distingue tra depurazione della linea acque e depurazione della linea fanghi. Nella linea acque si ha il trattamento del refluo attraverso processi fisici, chimici e biologici e si produce un liquame chiarificato unitamente ad un fango biologico (di supero). Nella linea fanghi si effettua la stabilizzazione dei fanghi per il successivo essiccamento e smaltimento attraverso processi biologici (aerobici o anaerobici), chimici (addizione di prodotti chimici) o termici (disinfezione con pastorizzazione del fango).

I trattamenti depurativi delle acque reflue urbane possono raggiungere livelli più o meno spinti, ma in modo semplificato si possono distinguere i seguenti tipi di trattamento (L. Masotti 2002):

- **Trattamento “meccanico”**: si intende in genere un trattamento depurativo dei liquami che si limita alle sole fasi preliminari (grigliatura, disoleatura, dissabbiamento) ed ha lo scopo di separare le sostanze sospese nei liquami attraverso processi meccanici.
- **Trattamento “primario”**: si intende un trattamento depurativo che comprende, oltre ai trattamenti primari, anche una fase di sedimentazione chiamata appunto primaria, ove vengono “catturati” gran parte dei solidi sedimentabili. Nella fase meccanica viene compresa anche la sedimentazione primaria, in quanto si tratta di un processo essenzialmente fisico.
- **Trattamento “secondario”**: si intende un trattamento depurativo più spinto, in genere biologico, atto ad abbattere le sostanze non sedimentabili. Un liquame che abbia subito anche un trattamento secondario subisce un trattamento “completo” in quanto vengono eliminate le sostanze organiche che consumano ossigeno che non sono state eliminate con il trattamento primario.
- **Trattamento “terziario”**: con questo termine si indica un successivo affinamento del grado di depurazione raggiungibile con un trattamento secondario. Ha lo scopo di migliorare ulteriormente l’effluente proveniente dal secondo stadio, eliminando le ultime tracce di sostanze sospese e di sostanze consumatrici di ossigeno. Permette inoltre di eliminare le sostanze azotate e fosforate, oltre ai detergenti sintetici, e di distruggere i microrganismi patogeni. Si effettua con processi chimico-fisici e biologici.

I parametri principali da prendere in considerazione per il dimensionamento di un impianto di depurazione delle acque reflue urbane sono essenzialmente il carico idraulico ed organico influenti. Il dimensionamento fa riferimento all’abitante equivalente tipo che convenzionalmente produce un carico idraulico specifico pari a 250 l/giorno ed un carico organico specifico pari a 60 g BOD<sub>5</sub>/giorno.

Per la determinazione del reale carico idraulico ed organico influenti è sempre conveniente effettuare sperimentazioni dirette sul campo, valutando sia la portata idraulica che effettuando analisi sulla concentrazione di carico organico, in modo da poter risalire al carico organico complessivo. Le analisi sono di norma estese ad altre caratteristiche fisiche (solidi sospesi, torbidità, temperatura, conduttività...), chimiche (COD, azoto e fosforo, oli e grassi, tensioattivi, pH, metalli...) e biologiche (carica batterica, presenza di microrganismi patogeni...) del liquame da trattare.

Sono indagini da eseguire in modo scrupoloso e sistematico, in tempi diversi in quanto i dati che ne derivano possono condizionare l’attendibilità di tutti i calcoli e dimensionamenti conseguenti.

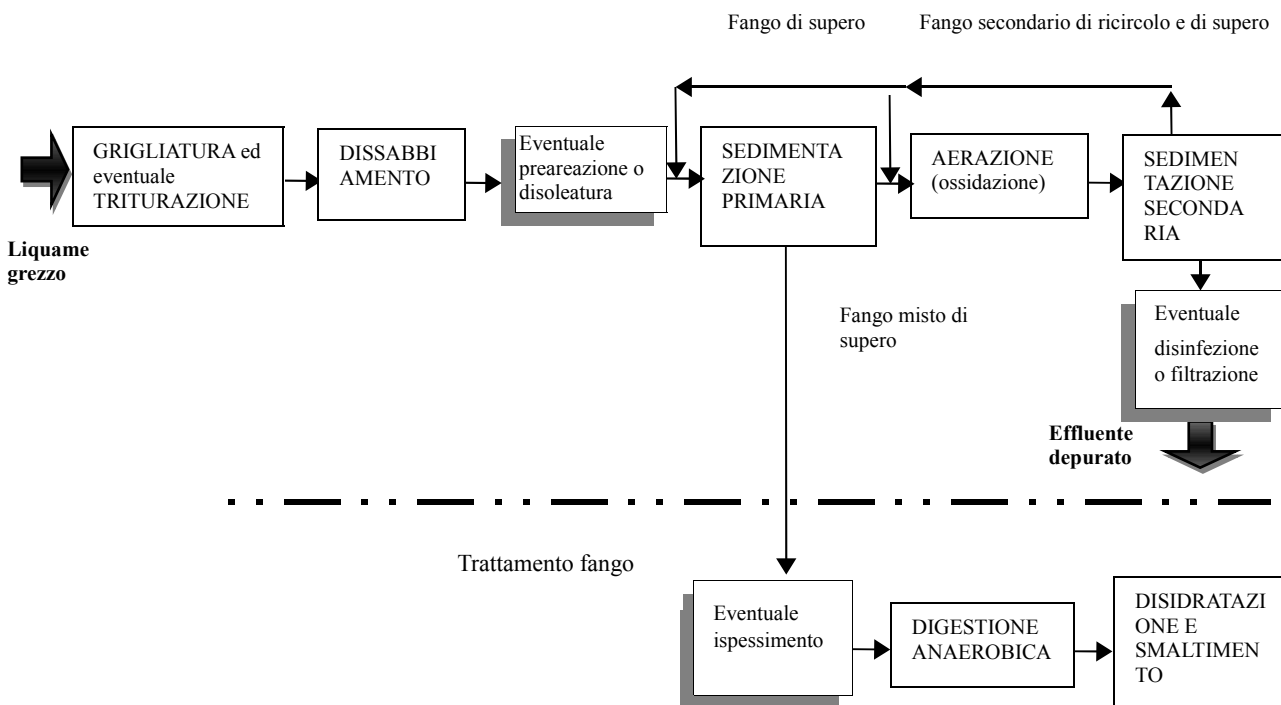


### 1.4.1 Impianti per grandi centri abitati

Nella realizzazione di un impianto di depurazione è necessario trovare il giusto compromesso fra i costi di realizzazione d'impianto e le spese di esercizio.

Lo schema a blocchi completo di un impianto a fanghi attivi "classico" o "convenzionale" riportato nella **Fig. 1.1** rappresenta impiantisticamente il miglior compromesso fra costi di impianto e spese di esercizio per grandi centri abitati (potenzialità > di 50000 A.E.).

**Fig. 1.1:** Schema a blocchi di impianto a fanghi attivi di tipo "classico" o "convenzionale" (L. Masotti 2002)



Seguendo il ciclo depurativo schematizzato in **Fig. 1.1**, i liquami grezzi sono preventivamente assoggettati ai *trattamenti preliminari* di grigliatura grossolana e fine, con eventuale triturazione dei solidi e con successivo dissabbiamento. Dopo un'eventuale preaerazione e disoleatura, sono infine inviati alla sedimentazione primaria, ove si depositano gran parte dei solidi sedimentabili presenti.

Con la sedimentazione primaria si completa il *trattamento primario* dei liquami, mentre con i trattamenti successivi inizia la fase di *trattamento secondario*, in questo caso biologico, dei liquami. A questo punto i liquami, privi della maggior parte delle sostanze sedimentabili ma carichi ancora di sostanze organiche disciolte e colloidali, sono inviati alla fase ossidativa, ove avvengono trattamenti di aerazione intensa artificiale, per durate che, negli impianti di concentrazione tradizionale, vanno mediamente da 1,5 a 6 ore, a seconda del tipo di liquame e dei criteri di dimensionamento utilizzati. Una volta aerati, i liquami vengono nuovamente sedimentati (sedimentazione secondaria) prima di subire un eventuale *trattamento terziario* di affinamento quale la disinfezione e/o la filtrazione.

Visto che le sostanze organiche ed inorganiche contenute nei liquami in arrivo determinano un accrescimento della massa dei microrganismi e delle sostanze inerti presenti in miscela nella vasca di aerazione, la concentrazione del fango nella vasca di aerazione andrebbe gradualmente aumentando, se non si procedesse all'estrazione e all'allontanamento periodico del fango di supero. Normalmente, i fanghi di supero sono sollevati a monte della fase di sedimentazione primaria,

subiscono un processo d'ispessimento sul fondo delle vasche di sedimentazione, e la miscela di fanghi misti, con contenuto di solidi sufficientemente elevato, viene sottoposta ai trattamenti successivi.

I fanghi misti possono essere eventualmente soggetti ad un ulteriore trattamento di ispessimento. Tuttavia, prima di passare a fasi successive, è opportuno che siano stabilizzati, data la loro alta putrescibilità. Generalmente sono avviati ad una digestione anaerobica.

I fanghi stabilizzati subiscono normalmente il trattamento di disidratazione prima del loro smaltimento.

Lo schema di **Fig. 1.1** si presta comunque ad una serie di varianti in funzione alle caratteristiche del liquame in arrivo, ai limiti a cui è assoggettato lo scarico ed alle caratteristiche del territorio in cui insisterà l'impianto di depurazione.

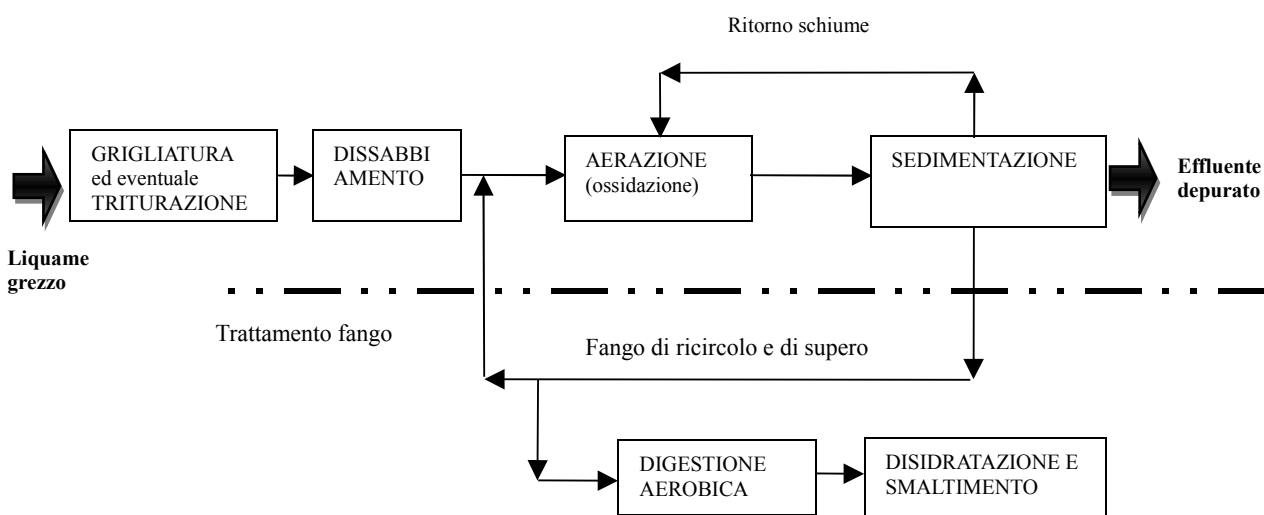
### 1.4.2 Impianti per medi-piccoli centri abitati

L'esercizio di un impianto a fanghi attivi impostato secondo lo schema "classico" è piuttosto complesso ed oneroso: infatti, date le varie fasi di trattamento molto diverse tra loro, occorre provvedere a continui trasferimenti di fango dall'una all'altra unità, a manovre di organi di intercettazione e accurate regolazioni dei processi. E' pertanto necessaria una continua assistenza di personale altamente qualificato.

Particolarmente delicato è l'esercizio della digestione anaerobica. I risparmi di energia conseguibili con lo schema "classico" risultano determinanti per la sua adozione in impianti di grandi dimensioni (superiori ai 100000 A.E.), ma nel caso di medi-piccoli impianti (con potenzialità fino a 25000 A.E.) non compensano il maggiore onere di assistenza del personale addetto alla gestione e manutenzione dell'impianto. Non va inoltre sottovalutato il fatto che negli impianti molto piccoli le varie apparecchiature presenti nello schema "classico", con strutture di costosa realizzazione (specialmente i digestori anaerobici), rendono particolarmente oneroso il costo di primo impianto.

Negli impianti di media capacità è importante rendere il più agevole e semplice possibile la conduzione, anche a discapito di più elevate spese energetiche per l'aerazione. In essi ha avuto particolare sviluppo lo schema di **Fig. 1.2**, in cui viene eliminata la sedimentazione primaria, e i liquami, dopo gli abituali trattamenti primari, sono inviati direttamente alla fase biologica di aerazione.

**Fig. 1.2:** Schema a blocchi di impianto a fanghi attivi "a schema semplificato" (L. Masotti 2002)



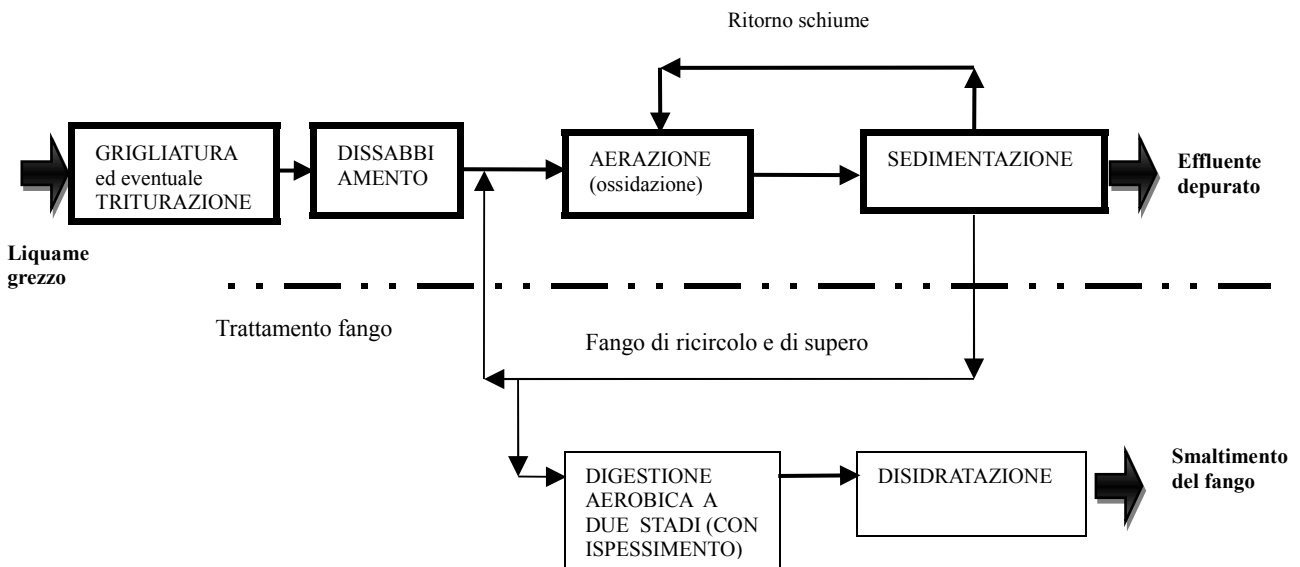
Un'altra fondamentale differenza fra questo schema d'impianto e quello "classico", è costituito dal fatto che i fanghi di supero provenienti dalla sedimentazione secondaria, invece di subire un trattamento di stabilizzazione con digestione anaerobica sono sottoposti ad una digestione aerobica, in vasche del tutto analoghe a quelle di ossidazione. In esse l'ossigeno viene utilizzato dai batteri e microrganismi in genere per proseguire il trattamento delle sostanze organiche iniziato nella fase di aerazione fino ad una sufficiente stabilizzazione o "mineralizzazione" del fango.

### 1.4.3 Piccoli Impianti ad aerazione prolungata

Lo schema operativo degli impianti ad aerazione prolungata non costituisce altro che una semplificazione dello schema d'impianto di **Fig. 1.2** esaminato al paragrafo precedente. Infatti, non solo viene eliminata la fase di sedimentazione primaria, ma nel comparto di aerazione si hanno tempi di detenzione talmente elevati che il fango, continuamente ricircolato, è soggetto a tempi di aerazione particolarmente lunghi e subisce una "stabilizzazione" o "digestione aerobica" o "mineralizzazione" analoga a quella ottenibile con la digestione aerobica separata, attuata negli impianti precedentemente trattati.

La **Fig.1.3** illustra lo schema operativo di un impianto tipo ad aerazione prolungata di piccole potenzialità (< 2000 A.E.).

**Fig. 1.3:** Schema a blocchi di impianto a fanghi attivi di tipo "ad aerazione prolungata" con indicato (in tratto grosso) come si semplifica secondo lo schema senza recupero del fango (L. Masotti 2002)



La denominazione di "aerazione prolungata", con cui sono indicati questi tipi di impianti, deriva dai lunghi tempi di aerazione cui sono sottoposti i liquami: tali impianti sono anche definiti impropriamente "ad ossidazione totale", per il fatto che inizialmente si riteneva che tutte le sostanze organiche presenti nei liquami potessero essere degradate con processi biologici ossidativi e ridotte ad acqua, anidride carbonica ed azoto o composti azotati inorganici.

Se il processo si fosse effettivamente svolto in questo modo, i fanghi in eccesso prodotti nell'impianto si sarebbero limitati esclusivamente a sostanze minerali inorganiche: il problema della produzione di fango di supero sarebbe stato estremamente semplificato per il fatto che si

sarebbe avuto a che fare con fanghi inerti, non ulteriormente degradabili e per giunta in quantità residue ridottissime. Inizialmente gli impianti ad “aerazione prolungata” venivano realizzati in assenza della linea di trattamento fanghi (schema d’impianto indicato con tratto grosso nella Fig. 1.3), immettendo una piccola quantità di fango residua direttamente nell’effluente da scaricare. L’esperienza sulla conduzione di tali impianti ha dimostrato che comunque una seppur ridotta quantità di fango di supero viene sempre prodotta dal processo di depurazione.

In seguito, sia per una maggiore “coscienza ambientale” che per l’imposizione di limiti da rispettare sempre più restrittivi, la soluzione impiantistica nella forma più semplificata (senza recupero del fango) è stata abbandonata, con notevoli benefici sulla qualità dei corsi d’acqua ricettori degli scarichi dei piccoli impianti di depurazione.

*Fig. 1.4: Tipica struttura di un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata*

## 1.5 Impianti di trattamento delle acque reflue urbane nel Veneto

Nel corso del 2001 l’Osservatorio Regionale Acque dell’ARPAV ha acquisito dalle varie Amministrazioni Provinciali (enti competenti per il rilascio dell’autorizzazione allo scarico in base all’art. 124 del D. Lgs. 152/06) e dai Dipartimenti Provinciali ARPAV i censimenti degli impianti di depurazione pubblici veneti. L’obiettivo era delineare il quadro dei depuratori pubblici attivi e predisporre su base provinciale i programmi di controllo degli scarichi secondo i criteri introdotti dall’allora in vigore D.Lgs. 152/1999. In base ai dati raccolti il quadro dei depuratori pubblici suddivisi per potenzialità è riportato nella seguente **Tab. 1.5**. Le classi utilizzate corrispondono a quelle indicate sia nell’allegato 5 del D.Lgs. 152/99 che nell’attuale allegato 5 alla PARTE TERZA del D.Lgs 152/06.

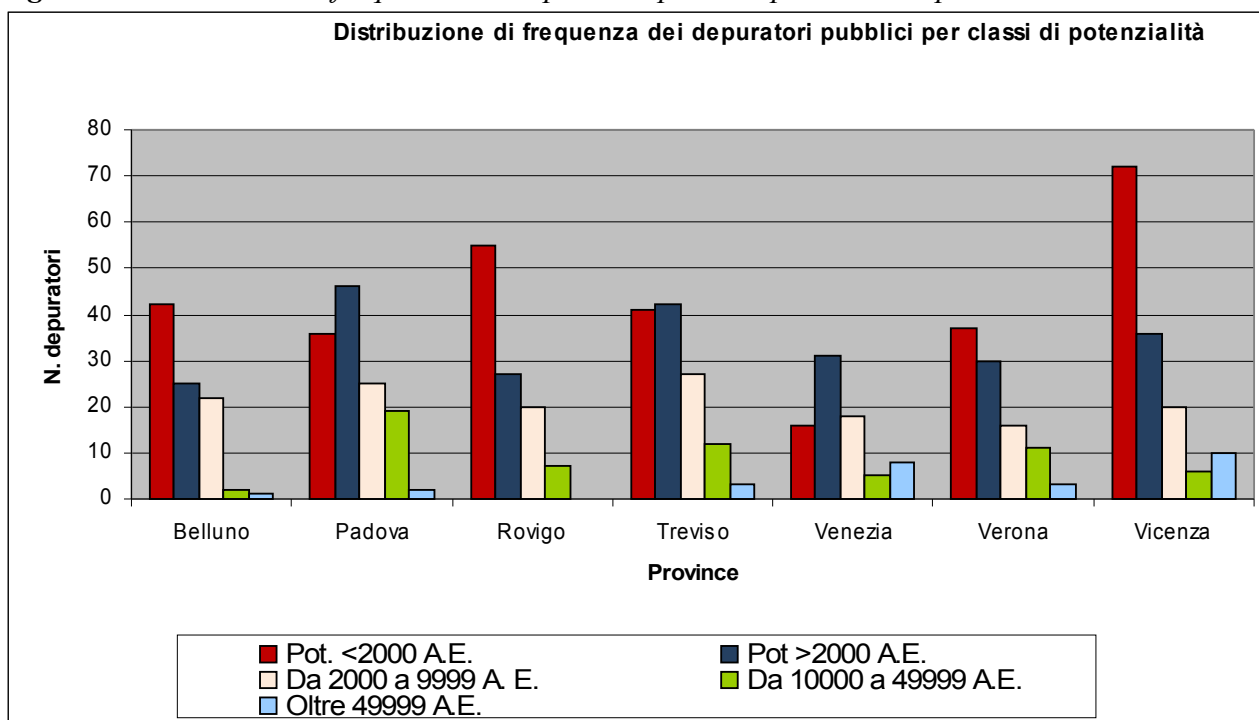
*Tab. 1.5: Censimento depuratori pubblici suddivisi per classi di potenzialità (ARPAV 2001)*

Provincia	Potenzialità < 2000 A.E.	Potenzialità > 2000 A.E.	Da 2000 a 9999 A.E.	Da 10000 a 49999 A.E.	Oltre 49999 A.E.
Belluno	42	25	22	2	1
Padova	36	46	25	19	2
Rovigo	55	27	20	7	0
Treviso	41	42	27	12	3
Venezia	16	31	18	5	8
Verona	37	30	16	11	3
Vicenza	72	36	20	6	10
<b>Totale</b>	<b>299</b>	<b>237</b>	<b>148</b>	<b>62</b>	<b>27</b>

In **Fig. 1.5** si evidenzia la distribuzione degli impianti di depurazione per classe di potenzialità su base provinciale (dati aggiornati al 10/2001).

Dalla **Tab. 1.5** si può osservare come i piccoli impianti di depurazione con potenzialità < 2000 A.E. rappresentino la realtà predominante nel territorio veneto. Nella **Fig. 1.5** è ancor più evidente come per alcune Province, soprattutto per quelle di Vicenza e Rovigo, la realizzazione di questi piccoli impianti sia stata molto appoggiata in passato.

**Fig. 1.5:** Distribuzione di frequenza dei depuratori pubblici per classi di potenzialità



## CAPITOLO 2

### Apparecchiature presenti in un impianti ad aerazione prolungata con potenzialità < 2000 A.E.

#### 2.1 Pretrattamenti o trattamenti primari

In tutti i liquami grezzi in arrivo agli impianti di depurazione sono sempre presenti, in sospensione nella fase liquida, corpi grossolani di vario genere: carte, frammenti di legno, materiali plastici, materiali filamentosi, frammenti di vetro, ecc. E' pertanto necessario provvedere ad un loro allontanamento a monte di ogni apparecchiatura elettromeccanica, sia per evitare eventuali

intasamenti e guasti nelle tubazioni e nei vari macchinari presenti nell'impianto, ma anche per prevenire il deturpamento dei corpi d'acqua recettori lo scarico. La grigliatura è quindi uno dei pretrattamenti meccanici cui viene sottoposto un liquame per allontanare i corpi voluminosi presenti.

In tutte le reti fognarie, soprattutto in quelle di tipo misto che sono molto diffuse nei piccoli centri abitati, si registra in tempo di pioggia un afflusso di grandi quantità di sabbie e terriccio nel liquame grezzo da trattare. In particolare nelle reti fognarie non dotate di particolare pendenza, le sabbie tendono ad accumularsi nei tratti dei condotti fognari in cui le velocità del flusso sono ridotte, di conseguenza, in occasione delle elevate velocità di flusso conseguenti alle piogge, le sabbie arricchiscono enormemente la fase solida del liquame in arrivo all'impianto. Questo materiale in sospensione, se non fosse intercettato a monte dell'impianto, provocherebbe l'intasamento di tubazioni e vasche di trattamento, oltre che il deterioramento degli organi elettromeccanici a causa della propria elevata azione abrasiva. Pertanto è pratica comune provvedere ad eliminare tali sabbie, installando a valle della sezione di grigliatura, appositi manufatti chiamati dissabbiatori dove la velocità del flusso liquido da depurare viene sufficientemente ridotta, in modo da permettere una decantazione delle sabbie presenti nel liquame in arrivo.

### ***2.1.1 Grigliatura***

Il trattamento di grigliatura viene usualmente effettuato in un comparto, a flusso orizzontale, di calcestruzzo armato, all'interno del quale viene posta una griglia metallica a barre di opportuna forma. La grigliatura può essere attuata in due tempi successivi: una prima grigliatura grossolana (con spazio tra due barre compreso tra 4 e 10 cm), avente lo scopo di intercettare i corpi di maggiore volume, e un'ultima grigliatura fine (con spazio tra due barre compreso tra 0,2 e 0,5 cm) per intercettare i solidi di minori dimensioni (**Fig. 2.1**).

La grigliatura grossolana viene di regola utilizzata in tutti i pretrattamenti ma risulta veramente indispensabile quando i canali di adduzione dei liquami grezzi all'impianto presentano tratti scoperti; essendo questi ultimi suscettibili di ricevere corpi anche molto voluminosi. La grigliatura fine invece risulta utile soprattutto per quegli impianti di trattamento privi di sedimentazione primaria.

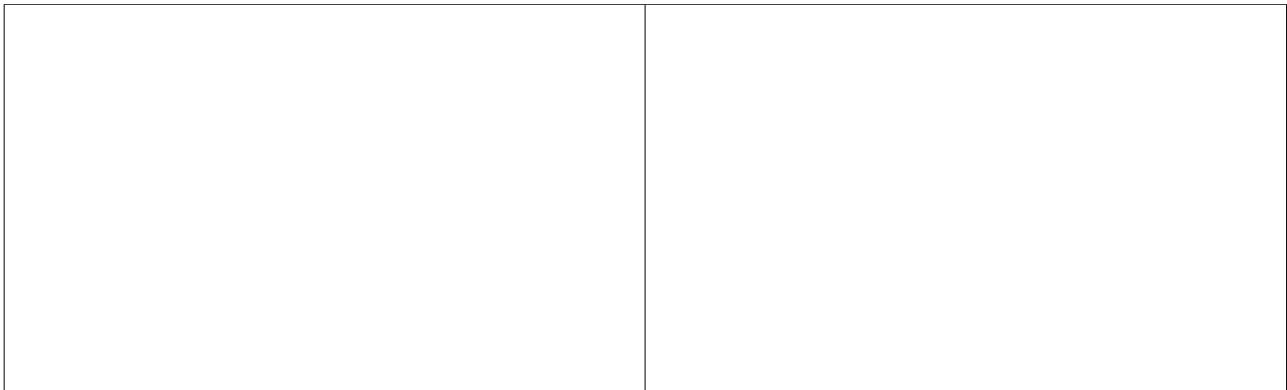
Tipicamente nei piccoli impianti di depurazione viene installata una semplice griglia meccanica a barre a pulizia frontale. La si posiziona nel canale di ingresso del liquame che, immediatamente a monte della griglia, presenta un allargamento di circa il 50-100% oltre il diametro del canale principale. In questo modo la velocità media del flusso del liquame attraverso le barre della griglia non innesca eccessiva turbolenza che potrebbe impedire il regolare deposito dei materiali intercettati dalle barre stesse.

Per la raccolta del materiale grigliato solitamente si ricorre a sistemi meccanizzati, nei quali un opportuno pettine di acciaio, solidale ad un albero, collegato a un motoriduttore ad ingranaggi, ruotando opportunamente, provvede prima a sollevare e poi ad allontanare i materiali grigliati, scaricandoli nella tramoggia per il loro successivo smaltimento finale.

Se la pulizia delle griglie non viene effettuata con regolare ed adeguata frequenza, il materiale accumulato tende a provocare particolari rigurgiti idraulici sul canale di adduzione, con la conseguenza che non appena il materiale viene tolto, si producono elevate punte di portata che possono provocare grossi inconvenienti nelle sezioni impiantistiche successive.

Come valutazione del tutto orientativa, alcuni testi ammettono che il materiale raccolto dalle griglie sia non superiore a 25 litri/A.E. x anno.

***Fig. 2.1: Griglia meccanica a barre (a sinistra) e sistema automatico di raccolta grigliato***



### **2.1.2 Dissabbiatura**

I dissabbiatori sono sezioni di impianto in cui si riduce la velocità del flusso liquido da depurare ad un valore predefinito, in modo da permettere una decantazione delle sabbie presenti nel liquame in ingresso impianto.

Molto schematicamente i dissabbiatori possono essere divisi in due categorie:

- dissabbiatori a canale
- dissabbiatori aerati

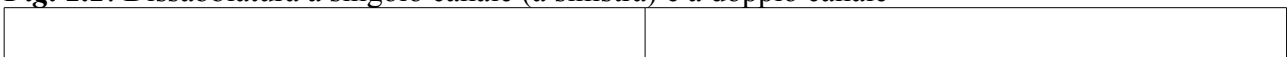
Tipicamente nei piccoli impianti di depurazione trovano maggior utilizzo i dissabbiatori a canale (**Fig 2.2**), in quanto richiedono minori costi di realizzazione e di gestione rispetto a quelli aerati, dove è presente anche un sistema di insufflazione aria.

I dissabbiatori a canale presentano una pianta quasi rettangolare e sono dotati all'estremità finale di un organo di regolazione (venturimetro). Quest'ultimo ha lo scopo di creare in tutta la sezione liquida una velocità costante (di circa 0,30 m/s), indipendentemente dalla portata in arrivo e dai livelli idrici nelle vasche e nei canali di collegamento a valle del dissabbiatore, permettendo la sedimentazione delle sole sabbie.

I quantitativi di sabbie che possono essere raccolti sono molto variabili a seconda delle caratteristiche della rete fognaria e del territorio dove insiste la rete fognaria stessa.

In linea del tutto orientativa la quantità di sabbie intercettate nella sezione di dissabbiamento può variare da circa 5-30 litri/A.E. x anno, equivalenti a circa 3-300 litri/1000 m<sup>3</sup> di acqua trattata.

**Fig. 2.2:** Dissabbiatura a singolo canale (a sinistra) e a doppio canale



### **2.1.3 Sollevamento**

Generalmente non è possibile il funzionamento di un impianto di depurazione per gravità, in quanto le condotte fognarie usualmente si trovano ad una quota inferiore rispetto all'impianto (circa un paio di metri più basse), pertanto risulta necessario provvedere al sollevamento del liquame attraverso l'utilizzo di pompe centrifughe.

Il sollevamento inserito dopo i trattamenti di grigliatura e dissabbiatura è consigliato negli impianti molto piccoli (fino a qualche migliaio di abitanti equivalenti) per due motivi principali; il primo è legato al rendimento nel pompaggio, dato che una pompa di sollevamento del liquame grigliato ha rendimenti che possono raggiungere il 70-72%, mentre una pompa speciale per il sollevamento del liquame grezzo può arrivare al massimo al 50%; il secondo è connesso alla facilità di intasamento delle tubazioni di mandata. Infatti, anche se si adottano pompe speciali appositamente studiate per il sollevamento di liquami grezzi, le pompe sono di limitata potenzialità e dotate di passaggi di

sezione modesta, facili da ostruirsi.

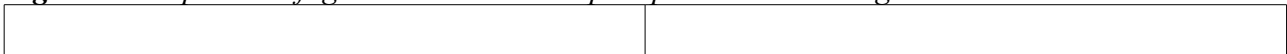
Di norma il pompaggio deve sempre essere effettuato cercando di mantenere graduali variazioni di portata, evitando brusche discontinuità. Per questo motivo, ma anche per ragioni di sicurezza (possibilità di intervenire nella manutenzione senza interrompere l'esercizio), è sempre consigliabile prevedere l'utilizzo di più pompe centrifughe e più precisamente:

- un sufficiente numero di pompe di potenza differente, azionate singolarmente in funzione dell'entità della portata idraulica in arrivo.
- due o più pompe funzionanti in parallelo, sincronizzate tra loro in modo da attivarsi gradualmente l'una accanto all'altra, in funzione del livello idrico nella vasca di carico.

Nella vasca di sollevamento, oltre alle pompe, devono essere collocati dei regolatori di livello, di massimo e minimo, per ciascuna pompa che viene fatta funzionare. Pertanto, qualsiasi sia l'entità dell'utenza, una stazione di sollevamento per acque reflue, sarà sempre dotata di almeno due pompe centrifughe, di cui una con funzione di riserva.

Le pompe centrifughe utilizzate nelle stazioni di sollevamento (**Fig. 2.3**) funzionano nel modo seguente: il liquido contenuto nel corpo della macchina viene trascinato in rotazione da una girante di palettature (rotore), opportunamente sagomata per imprimere un'intensa rotazione alla massa fluida con il minor dispendio energetico possibile. La massa d'acqua, a sua volta, acquista una notevole velocità (energia cinetica) che viene immediatamente trasformata in energia di pressione in una opportuna zona della macchina chiamata diffusore (costituita da corpi lisci o palettati disposti spesso in cascata). Tale zona è seguita da un volume chiamato cassa spirale, che pur compiendo in genere un effetto diffondente, ha il compito di raccogliere il liquido dalla periferia della macchina per convogliarlo verso il condotto di mandata.

**Fig. 2.3:** *Pompa centrifuga di sollevamento tipo e particolare della girante*



Le prevalenze massime delle pompe centrifughe sono piuttosto basse, in genere circa 30 bar (solo per pompe a girante multipla si raggiungono i 100 bar), ma garantiscono portate molto alte, fino ad arrivare a 120 m<sup>3</sup>/s, con rendimenti totali compresi tra 0,6 e 0,8.

In una stazione di sollevamento dotata di condotte (**Fig 2.4**), per garantire un ottimale funzionamento e per effettuare agevolmente la manutenzione richiesta, sono necessari i seguenti dispositivi idraulici:

- valvole di ritegno
- saracinesche di intercettazione
- giunti di smontaggio
- valvole di flussaggio
- sfiati e scarichi.

Le valvole di ritegno impediscono che il liquido inverta la direzione del flusso in seguito ad un arresto della pompa o in caso di corto circuito idraulico. In commercio esistono vari tipi di valvole di ritegno (a clapet, a palla, a farfalla e a fuso) ma nel caso degli impianti di depurazione sono scarsamente impiegate le valvole a farfalla e a fuso, in quanto possono intasarsi molto facilmente.

Nelle stazioni di pompaggio con pompe sommerse le saracinesche di intercettazione devono essere installate a valle delle valvole di ritegno, in modo da poter isolare la valvola in caso di manutenzione.

Nell'installazione di un circuito di tubazioni e valvole si rende indispensabile l'impiego di opportuni giunti di smontaggio che assorbono eventuali errori nel dimensionamento e nell'allineamento dei singoli componenti dell'impianto.

I giunti di dilatazione vengono usati per i medesimi scopi, ma sono da preferire per assorbire le deformazioni dei materiali dovute alle variazioni di temperatura dell'ambiente.



Le valvole di flussaggio sono dei particolari dispositivi che si applicano al corpo delle pompe sommerse aventi lo scopo di creare, prima dell'entrata in funzione della pompa stessa, un'energica turbolenza nell'intorno della bocca di aspirazione, in modo da reimmettere in sospensione le parti solide sedimentate sul fondo della vasca.

Infine, come per tutte le condotte che trasportano acqua, è opportuno che il profilo del circuito idraulico sia tale da non contenere sacche d'aria. Pertanto si dovranno prevedere alcuni sfiati nei punti più alti delle tubazioni e taluni scarichi nei punti più bassi delle stesse per eliminare eventuali sacche d'aria presenti nell'impianto e per lo svuotamento delle tubazioni in caso di manutenzione.

*Fig. 2.4: Tipici esempi dell'equipaggiamento idraulico in due stazioni di sollevamento*



## 2.2 Trattamenti secondari

Come abbiamo già visto nel capitolo precedente, per trattamento secondario si intende un trattamento depurativo più spinto, in genere biologico, atto ad abbattere le sostanze non sedimentabili. Un liquame che abbia subito anche un trattamento secondario subisce un trattamento “completo” in quanto vengono eliminate le sostanze organiche che consumano ossigeno che non sono state eliminate con il trattamento primario.

In un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata i trattamenti secondari si limitano solitamente ad una spinta ossidazione del liquame in arrivo dalla stazione di sollevamento, ed alla sua successiva sedimentazione prima dello scarico finale.

### 2.2.1 Bacino di aerazione

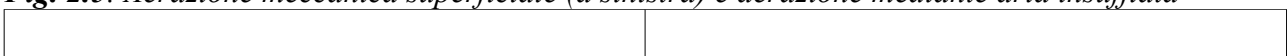
L'ossidazione del liquame ha lo scopo principale di immettere nella miscela aerata una quantità di ossigeno adeguata per le reazioni biologiche. Vi è inoltre la necessità di mantenere una buona miscelazione della massa liquida per evitare la sedimentazione delle particelle sul fondo della vasca e la formazione di zone di ristagno all'interno della stessa.

Essenzialmente si possono individuare tre sistemi differenti di aerazione:

- aerazione meccanica superficiale (per mezzo di turbina);
- aerazione mediante aria insufflata;
- aerazione mediante fornitura di ossigeno puro.

Nell'aerazione meccanica superficiale il trasferimento dell'ossigeno avviene dal contatto della superficie liquida con l'atmosfera. I dispositivi meccanici (turbine) posti in superficie creano delle forti turbolenze che agitano il liquame aumentandone la superficie di scambio con l'aria e contribuendo a portare parti del liquido aerato dalla superficie verso il fondo, in seno alla massa liquida, e viceversa.

*Fig. 2.5: Aerazione meccanica superficiale (a sinistra) e aerazione mediante aria insufflata*

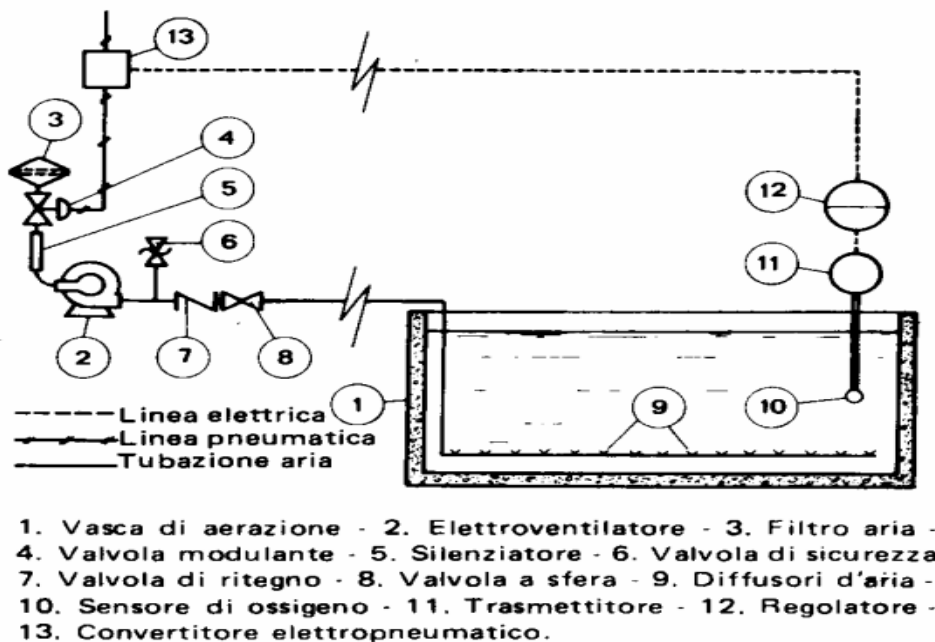


Il sistema di aerazione meccanica superficiale è stato molto utilizzato in passato per i piccoli impianti di depurazione delle acque reflue urbane, sia per la sua semplice configurazione

impiantistica, che per i contenuti costi di esercizio, negli anni più recenti però viene sempre più spesso preferito il sistema di aerazione mediante aria insufflata, in quanto garantisce una distribuzione migliore dell'ossigeno in tutto il volume della vasca e rendimenti maggiori rispetto ai classici sistemi meccanici a turbina. L'aerazione mediante fornitura di ossigeno puro solitamente non viene adottata nei piccoli impianti di depurazione, a causa dei notevoli costi di esercizio di questa soluzione in relazione ai rendimenti depurativi richiesti da tali impianti.

Nei sistemi di aerazione mediante aria insufflata (**Fig. 2.6**) l'aria viene prelevata dall'esterno tramite dei compressori e pompata, lungo un circuito di tubazioni, all'interno della vasca di aerazione in prossimità del fondo. Alla fine del circuito di convogliamento dell'aria degli ugelli diffusori disperdono nella massa liquida piccole bollicine di aria.

**Fig. 2.6:** Sistema di aerazione mediante aria insufflata



La diffusione dell'ossigeno dalle bollicine alla massa liquida avviene durante il percorso ascensionale delle bollicine stesse dal fondo della vasca fino alla superficie liquida. I massimi rendimenti di trasferimento dell'ossigeno, tramite insufflazione, si ottengono con l'utilizzo di diffusori a bolle fini, che sono costituiti da piastre in ossido di alluminio o in ceramica porosa, sature di pori di dimensioni dell'ordine dei 50  $\mu$ .

Attraverso queste aperture, data l'elevata superficie specifica così raggiunta, la portata d'aria in pressione immessa in vasca, contribuisce al trasferimento dell'ossigeno dalla fase gassosa alla fase liquida. Proprio questa enorme superficie specifica delle bollicine, unitamente alla contenuta spinta ascensionale per attrito sulla superficie delle stesse, contribuisce a facilitare e a prolungare gli scambi di ossigeno in seno alla massa liquida.

Malgrado l'elevato rendimento di questa soluzione impiantistica, i diffusori a bolle fini presentano l'inconveniente di intasarsi molto facilmente, soprattutto se impiegati all'interno di vasche di digestione aerobica dei fanghi, pertanto spesso viene preferito l'utilizzo di piastre di diffusione a bolle grosse, con diametro dei pori maggiore di 3 mm.

Comunque, qualsiasi sia il tipo di diffusore utilizzato è opportuno che i tubi collettori dell'aria per le singole rampe di aerazione siano conformati in maniera tale da poterli facilmente sollevare insieme alle rampe per l'eventuale manutenzione, senza dover svuotare la vasca. Sulla sommità delle tubazioni di mandata viene installata una valvola di regolazione del flusso dell'aria, in modo da

poter equilibrare tra loro tutte le rampe di aerazione. Tali valvole risultano assolutamente indispensabili se si vuole evitare che alcuni diffusori lavorino sovraccaricati mentre altri lavorino con portate d'aria quasi nulle.

**Foto 2.7:** Diffusori d'aria a piastra (a sinistra) e a piattello



### 2.2.2 Sedimentazione

La sedimentazione è il processo per cui i corpi solidi sospesi in una fase liquida, aventi peso specifico superiore a quello della fase liquida stessa, tendono a depositarsi, per effetto della forza di gravità, con moto più o meno veloce, sul fondo del volume liquido.

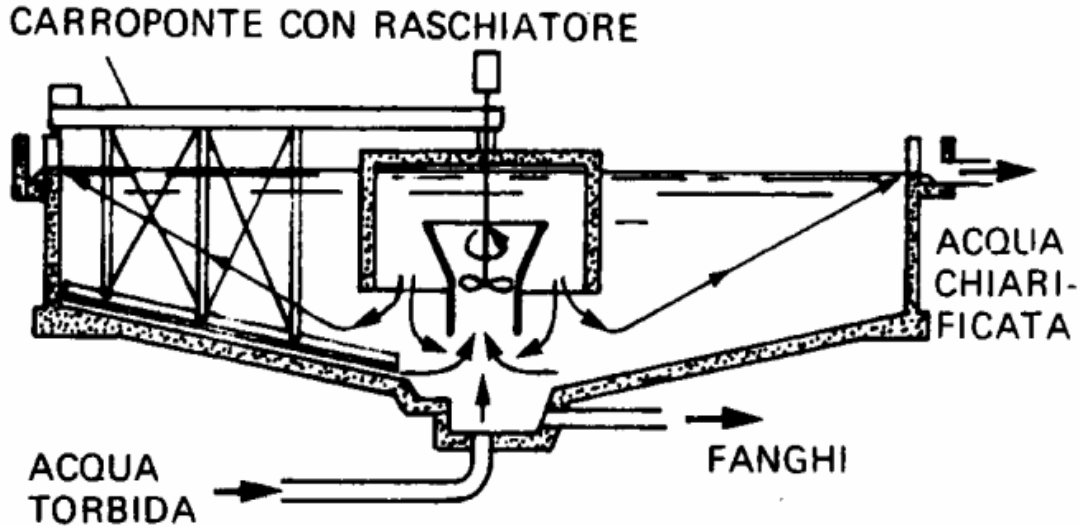
I comparti per la sedimentazione sono essenzialmente costituiti da vasche circolari o rettangolari, solitamente in cemento armato. Queste ultime sono dotate di fondo leggermente in pendenza verso una tramoggia, dove il fango sedimentato viene convogliato mediante opportuni meccanismi raschia-fanghi, e lì viene ispessito e successivamente estratto meccanicamente.

In passato nei piccoli impianti di depurazione, si sono spesso impiegati sedimentatori sprovvisti di sistema raschia-fanghi, dotati di un fondo molto inclinato, in modo che il convogliamento dei fanghi dentro la tramoggia per l'ispessimento avvenisse semplicemente per gravità. Attualmente, anche per i piccoli impianti, la soluzione impiantistica ottimale, dal punto di vista del rendimento del processo di sedimentazione e della minore manutenzione, è comunque rappresentata dall'installazione di un sedimentatore dotato di meccanismo raschia-fanghi (sedimentatore circolare a carro ponte, **Fig. 2.8**).

Questa tipologia di sedimentatori è composta da:

- un raschiatore di fondo
- un gruppo di rotazione centrale posto sopra il livello dell'acqua
- un diffusore centrale sull'affluente
- un tubo di torsione
- un ponte di accesso
- un supporto centrale di fondo
- delle lame di sfioro per l'effluente
- uno schiumatore ed eventualmente una vaschetta per la raccolta schiume
- un sistema d'allarme per i sovraccarichi.

**Fig. 2.8:** Sedimentatore circolare a carro ponte con raschia-fanghi



Il gruppo centrale di rotazione aziona il tubo di torsione al quale sono fissati i bracci raschianti di fondo. La rotazione di questi bracci convoglia il fango nel pozzo centrale dal quale parte la tubazione di estrazione del fango stesso. Il dimensionamento dei ponti a travatura reticolare dipende dal diametro del bacino e dal tipo di equipaggiamento che dovrà essere montato sul ponte stesso. Gli equipaggiamenti posti sotto i ponti sono progettati in modo da resistere agli stress più elevati, in modo da ridurre il più possibile la manutenzione. La struttura del ponte è sostenuta dalle pareti della vasca e il gruppo di rotazione, montato sul ponte, opera al centro. Il meccanismo di rotazione è azionato da un motore raffreddato ad aria, completamente chiuso, protetto per impieghi all'aperto e collegato ad un riduttore completamente chiuso e lubrificato ad olio. L'albero di torsione verticale è stabilizzato da un cuscinetto a strisciamento di fondo che sopporta solo carichi radiali ed è dimensionato con ampio margine per resistere a tutti i carichi torsionali. Il diffusore centrale è sostenuto dallo stesso albero e ruota con esso. La tubazione affluente è sospesa alla struttura del ponte e scarica all'interno del diffusore centrale. I bracci che sostengono le raschie sono collegati all'albero verticale e sono costruiti con adeguati rinforzi, al fine di formare una robusta costruzione resistente alla flessione e alla torsione, quando si opera sotto alle condizioni di carico. Una struttura a telaio controventata e collegata all'albero rotante sostiene le raschie di fondo disposte regolarmente. Tutti i componenti elettrici e gli equipaggiamenti che richiedono manutenzione sono posti sopra il ponte.

*Fig. 2.9: Sedimentatore circolare a carro ponte e particolare della canaletta di sfioro*

## 2.3 Linea fanghi

Il processo di trattamento dei fanghi prodotti consiste in successive operazioni di ispessimento e disidratazione che hanno lo scopo di ridurre la concentrazione di sostanze putrescibili (stabilizzazione del fango) e la concentrazione di acqua presente nel fango proveniente dalla fase di sedimentazione.

Il deposito e il conseguente necessario smaltimento del “fango di supero” rappresenta uno dei principali costi operativi di un impianto.

Pertanto, se da una parte i fanghi di depurazione sono l'elemento chiave per il funzionamento di un impianto biologico a biomassa sospesa, dall'altra si configurano come una voce di spesa per il

gestore, poiché sono considerati a tutti gli effetti dei rifiuti (D.Lgs n. 152 del 2006 e s.m.) e quindi come tali devono essere trattati e smaltiti.

In una linea di pompaggio fanghi, per un corretto funzionamento e per un'agevole manutenzione, è opportuno tenere presenti le seguenti disposizioni impiantistiche:

- prevedere pompe poste il più vicino possibile alla vasca di aspirazione;
- prevedere, per il trasporto, delle tubazioni il più possibile rettilinee e dotando la linea di pozzetti facilmente ispezionabili, che diano la possibilità di poter introdurre agevolmente delle aste per la pulizia in caso di intasamento;
- prevedere tubazioni di diametro che consentano velocità medie di circa 1,5-2,5 m/s, adottando semmai un pompaggio intermittente;
- alimentare le pompe con vasche di carico sopraelevate, in modo da evitare il più possibile fenomeni di cavitazione con liberazione di gas;
- realizzare il circuito il più possibile con tubazioni a vista o con cunicoli ispezionabili, dotandole di giunti particolari, che si prestano ad un agile e veloce smontaggio;
- prevedere le tubazioni dotate di sistemi di flussaggio con acqua, per impedire il prolungato stazionamento del fango in tubazione;

Nella scelta della pompe è opportuno che la curva caratteristica presenti, nel punto in cui la portata (Q) è uguale a zero l/s, una prevalenza almeno doppia rispetto a quella richiesta a regime. In questo modo, la pompa è sicuramente in grado di vincere le perdite di carico che si possono avere in fase di avviamento, dopo un arresto prolungato del fango in condotta con conseguente indurimento della massa da trasportare. Il tipo di girante impiegata è quello tipico delle acque luride di fognatura, in particolare nella scelta ci si deve orientare ad una girante mono canale per fanghi ed acque di scarico contenenti materiali fibrosi e solidi, con passaggio elevato per corpo pompa. Inoltre, la girante deve essere autopulente.

### ***2.3.1 Produzione teorica di fango***

In tutti gli impianti di depurazione a biomassa sospesa si ha la produzione giornaliera di “fango di supero” che dovrà essere allontanato regolarmente per mantenere costante la concentrazione di fango nella miscela aerata. La formazione del “fango di supero” è dovuta principalmente al fatto che i microrganismi non riescono ad operare una degradazione completa di tutte le sostanze organiche e dal fatto che nei liquami in arrivo vi sono anche sostanze inorganiche non degradabili.

Le grandezze che caratterizzano la produzione del fango di supero sono essenzialmente:

- ◆ il tasso di crescita del fango (Kf), definito come la percentuale di aumento giornaliero del peso di fango esistente nell'impianto
- ◆ l'età del fango (E), che è esattamente la grandezza inversa del tasso di crescita del fango, cioè individua il rapporto fra la quantità complessiva di fango presente nel sistema (in peso), e la quantità di fango di supero prodotta giornalmente (in peso se si misura l'età del fango in giorni)

Considerando (M) la quantità complessiva di fango presente nel sistema, le formule che legano la quantità di fango di supero giornaliera prodotta ( $\Delta X$ ) alle grandezze sopra descritte, sono le seguenti:

$$K_f = \Delta X / M$$

$$E = 1 / K_f = M / \Delta X$$

Per stimare la produzione specifica di fango di supero (riferita all'abitante equivalente), è determinante lo schema di impianto adottato.

Negli impianti ad aerazione prolungata si ha tipicamente un basso fattore di carico organico ( $F_c$ ), definito come il rapporto tra la quantità di cibo fornita alla massa di microrganismi in un certo tempo e la massa stessa. Ciò giustifica pienamente come nei processi ad aerazione prolungata, la produzione di fango di supero, o meglio il tasso di crescita del fango ( $K_f$ ), sia minore di quella di qualsiasi altro impianto a fanghi attivi, in quanto siamo in presenza di un'elevata quantità complessiva di fango nella fase di aerazione ( $M$ ).

Per una stima sulla produzione del fango trattato in un impianto ad aerazione prolungata, con trattamento di digestione aerobica, i valori di riferimento variano a seconda del fango trattato da circa 30 g/giorno per abitante a circa 60 g/giorno per abitante equivalente, con una concentrazione di solidi di circa il 3,0 % in presenza di ispessitore (il fango avrà una composizione in acqua pari a circa il 97%).

Dato l'alto contenuto di acqua ancora presente nei fanghi trattati, il volume giornaliero di fanghi prodotti corrisponderà a:

$30\text{g/giorno} \times 100/3,0 = 1000 \text{ g/giorno per abitante}$

$60\text{g/giorno} \times 100/3,0 = 2000 \text{ g/giorno per abitante}$

Per un impianto di depurazione ad aerazione prolungata con potenzialità pari a 2000 A.E. (il cui schema è riportato in fig. 1.3) il volume di fango giornaliero prodotto può variare da circa 2000 a circa 4000 litri.

### ***2.3.2 Digestione aerobica***

La digestione aerobica è un trattamento di stabilizzazione del fango atto a ridurre la concentrazione delle sostanze organiche putrescibili presenti nel fango stesso.

Il fango che ha subito un trattamento aerobico non è putrescibile, risulta stabile biologicamente, privo di sostanze colloidali e in quantità leggermente minore di quella di un fango che, alle medesime condizioni, ha subito un trattamento anaerobico.

All'interno di un reattore (digestore aerobico) il fango subisce un trattamento aerobico, simile a quello subito dal liquame e ottenuto impiegando i normali procedimenti in uso per l'ossidazione con fanghi attivi.

Poiché nel digestore aerobico si provoca un'agitazione e una miscelazione del fango e dell'acqua che si libera, per lo scarico sia di quest'ultima (con ritorno in testa all'impianto di depurazione) che del fango stabilizzato, si praticano delle soste di alcune ore nel funzionamento giornaliero. In questo modo il fango in sospensione tende ad addensarsi nel fondo della vasca, mentre l'acqua (surnatante) si presenta di aspetto più limpido. Il fango viene estratto mediante tubazioni che pescano direttamente dal fondo della vasca o mediante pompaggio diretto.

Per quanto riguarda i dispositivi di aerazione da utilizzarsi nella digestione aerobica del fango, valgono tutte le osservazioni fatte a proposito delle vasche di ossidazione a fanghi attivi della linea acque. In particolare, nel caso dei digestori, essendo le vasche piene di fanghi di supero addensati, sono da scartarsi i diffusori a bolle fini, in quanto le elevate concentrazioni del fango possono causare intasamento degli ugelli di scarico, soprattutto per quelle vasche che utilizzano un trattamento discontinuo di aerazione.

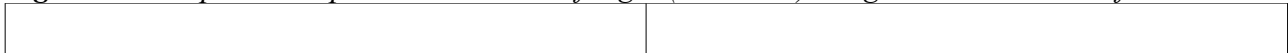
In ogni caso, l'adozione di un sistema di aerazione mediante aria insufflata a bolle grosse contribuisce ad immettere calore nella massa del fango (compressione adiabatica dell'aria nei compressori) e quindi ad agevolare le cinetiche del metabolismo batterico all'interno del reattore. Viceversa, con l'aerazione superficiale è quasi sempre necessario ricorrere ad aeratori di tipo galleggiante, soprattutto per un'alimentazione discontinua del fango.

L'utilizzo di aeratori ad aria insufflata o aeratori meccanici sommersi si dimostra adatto anche a limitare le dispersioni di calore che caratterizzano invece gli aeratori superficiali a turbina.

La durata del trattamento aerobico è di circa 40-60 giorni, se la temperatura di processo si mantiene al di sotto dei 10° C.

La digestione aerobica è spesso attuata in due stadi utilizzando due vasche in serie. La prima vasca viene fatta lavorare con una concentrazione di fango non molto elevata, di circa 1-1,5%; la seconda vasca completa la digestione, attuando contemporaneamente un accumulo e un ispessimento del fango, arrivando a delle concentrazioni di fango intorno al 3-3,5%. Non mancano, tuttavia, anche delle disposizioni in parallelo di due vasche con funzionamento alternato ed immissione discontinua del fango da trattare. In ogni caso, l'utilizzo di uno schema di processo a due stadi in serie presenta, rispetto ad un funzionamento in parallelo e discontinuo, un esercizio meno complicato e una migliore capacità di stabilizzazione delle masse batteriche.

**Fig. 2.10:** Compressione per l'areazione dei fanghi (a sinistra) e digestore aerobico in funzione



### 2.3.3 Disidratazione

Il fango biologico stabilizzato mediante trattamenti aerobici o anaerobici possiede ancora un alto tenore di acqua (mediamente superiore all' 80%) e il suo smaltimento allo stato liquido comporta notevoli costi dovuti al peso della massa d'acqua ancora presente.

Come per i processi d'ispessimento e di stabilizzazione del fango, anche nei processi di disidratazione si ha da una parte la produzione di fango disidratato, e dall'altra la produzione di acque più o meno inquinate che vengono inviate in testa all'impianto per il loro successivo trattamento.

La disidratazione del fango può avvenire mediante sistemi naturali (letti di essiccamento) o mediante operazioni meccaniche (filtri-prensa, nastro-presse, centrifughe, filtri a vuoto) previo condizionamento chimico per l'eliminazione delle sostanze colloidali presenti.

I letti di essiccamento del fango costituiscono il sistema più semplice e collaudato per la disidratazione del fango. Considerata la loro economicità, sia come costo di primo impianto che come costo di esercizio, trovano ampia applicazione in piccoli-medi impianti. L'unico inconveniente per la loro installazione è la disponibilità di piccole aree in prossimità dell'impianto di depurazione.

I letti di essiccamento dei fanghi si distinguono inoltre per il loro buon rendimento, infatti consentono di raggiungere basse umidità del fango (tenore di acqua del 60% o anche inferiore) che solitamente si ottengono solo con l'utilizzo di particolari sistemi meccanici.

Ai letti di essiccamento devono comunque essere inviati sempre fanghi ben stabilizzati per evitare tutti gli inconvenienti derivanti dall'esposizione di fanghi putrescibili all'aria (presenza di cattivi odori, problemi igienico-sanitari, ecc...).

Dalla **Fig. 2.11** si può notare la tipica conformazione dei letti di essiccamento, si tratta di aree drenanti, aventi normalmente lunghezza di 10-12 m e larghezza di 5-6 m, costituite da un sistema di

drenaggio inferiore, da strati di ghiaia e da uno strato di sabbia soprastanti, delimitati da muretti di contenimento.

**Foto 2.11:** *Letti di essiccamento fanghi*



La disidratazione dei fanghi stesi sui letti avviene innanzitutto per effetto del drenaggio attraverso gli strati di sabbia e ghiaia, fino alle tubazioni di raccolta sottostanti; poi per effetto dell'evaporazione naturale dell'acqua, provocata dalla temperatura ambiente e dal riscaldamento dei raggi solari, e favorita dalla formazione di estese fenditure sulla superficie della massa del fango.

Quando il fango è sufficientemente disidratato (in condizioni favorevoli dopo circa 2 mesi il tenore d'acqua è prossimo al 60%) viene raccolto, dai letti di essiccamento. Nei piccoli impianti tale operazione viene normalmente effettuata con pale e carriole, o eventualmente con l'ausilio di nastri trasportatori per il suo successivo smaltimento. Il volume del fango, una volta essiccato, si riduce a 2/3-1/2 del volume iniziale.

## CAPITOLO 3

### Tempi per la manutenzione programmata delle



# apparecchiature presenti in impianti ad aerazione prolungata

Come detto in precedenza, le operazioni di manutenzione delle varie apparecchiature presenti in impianto sono state raccolte dai manuali di uso e manutenzione delle apparecchiature stesse, mentre i tempi per la manutenzione sono stati stimati basandosi sulla trentennale esperienza operativa acquisita sul campo da alcuni tecnici della Società AVS, gestore di vari impianti di depurazione delle acque reflue urbane nel territorio vicentino.

## 3.1 Linea acque

### 3.1.1 Pompe centrifughe sommerse

Le pompe per il sollevamento e rilancio dei liquami costituiscono “il cuore pulsante” di un impianto di depurazione. Le più diffuse ed utilizzate sono quelle centrifughe (come descritto nel paragrafo 2.1.3), adatte per il sollevamento anche delle acque grezze contenenti solidi grossolani e fibre lunghe. Esse si distinguono per il funzionamento regolare, la lunga durata ed i costi contenuti, se mantenute in efficiente stato di manutenzione.

Nella tabella successiva vengono riportate le operazioni di manutenzione ordinaria necessarie per il corretto funzionamento di una pompa centrifuga sommersa.

*Tab. 3.1: Operazioni di manutenzione ordinaria per una pompa centrifuga sommersa*

N° operazione	Operazioni da eseguire a macchina installata
1	Controllo isolamento motore verso terra (MW) – da eseguire con Megaohmetro a 1000 V a pompa calata
2	Controllo assorbimento (A) Sulle tre fasi con pinza amperometrica digitale (non da strumento sul quadro)
3	Controllo taratura relè termici – con identificazione dei valori massimi ammissibili
4	Controllo rumorosità-vibrazioni
5	Controllo microtermostati – misura di resistenza per verifica chiusura microtermostati
6	Controllo sensori
7	Controllo apparecchiatura elettronica – tramite simulazione guasti
8	Verifica condizioni contatti principali – controllo visivo
9	Pulizia interno quadro – controllo visivo e serraglio viti di fissaggio
10	Controllo regolatori di livello – mediante tester verifica della commutazione del contatto interno e pulizia se necessario
11	Controllo funzionalità e rumorosità valvole
12	Controllo funzionalità interruttore differenziale – verifica taratura corrente di intervento e funzionalità pulsante di test
13	Verifica condizione del pozzo di sollevamento – controllo visivo con eventuale

	pulizia
<b>Operazioni da eseguire a macchina estratta</b>	
14	Controllo guarnizioni e pressacavi quadro – controllo visivo
15	Pulizia e rilevamento dati di targa – con idropulitrice a getto di vapore a 100 atm
16	Pulizia incrostazioni sul motore – come punto precedente più eventuale intervento manuale, se necessario
17	Controllo quantità olio – tramite svuotamento in recipiente graduato e successivo riempimento
18	Controllo qualità olio – rilevazione di caratteristiche quali colore, trasparenza, presenza di morchie ed aspetto di emulsione
19	Controllo contenuto di acqua nell'olio – per percentuali d'acqua superiori al 5% sostituzione ed ulteriori verifiche basate su ore di lavoro, tempo di permanenza della carica di olio nel serbatoio, tabelle di infiltrazione ammessa dalla tenuta
20	Ispezione motore – tramite svuotamento attraverso tappo di ispezione ed interpretazione mediante verifica della quantità e della qualità del liquido fuoriuscito (natura, colore)
21	Controllo camera di raffreddamento – ove esistente smontaggio della campana di raffreddamento e lavaggio e pulizia del corpo motore e campana
22	Controllo gioco cuscinetti – tramite scuotimento dell'albero in direzione assiale e radiale a corpo pompa aperto
23	Controllo vibrazione cuscinetti – verifica strumentale nei casi di rumorosità elevata, ove necessario, tramite strumento SPM
24	Controllo entrate cavo – tramite verifica della tenuta del gommino e della qualità del materiale (invecchiamento gomma)
25	Controllo scatola morsettiera – tramite smontaggio del coperchio, sostituzione del relativo O.R., controllo di infiltrazioni di acqua ed integrità della morsettiera
26	Controllo cavi di alimentazione – controllo dell'assenza di screpolature, tagli, schiacciature, rigonfiamenti
27	Isolamento tra fase e fase (MW) – a scatola morsettiera aperta, verifica tramite megaohmetro a 1000 V
28	Controllo usura anelli – verifica gioco massimo mediante spessimetro
29	Controllo usura anello rotante – verifica stato superficiale, usura, distribuzione circonferenziale dell'usura, verifica collo girante mediante misurazione diametro con calibro
30	Controllo usura anello fisso – verifica stato superficiale, in funzione del grado di usura e del tipo di usura valutazione della convenienza di installazione di anelli speciali (bronzo, antintasamento, ecc.)
31	Controllo flangia di accoppiamento – verifica usura per eventuale ripristino tramite riporto di materiale (in officina) e spianatura
32	Controllo interno corpo pompa – pulizia e verifica usura per eventuale protezione con appositi materiali ceramici

33	Controllo girante – eventuale disintasamento e pulizia, verifica integrità e stato di usura – valutare protezione con appositi materiali ceramici
34	Controllo verniciatura esterno/interno – controllo visivo
35	Controllo catena, maniglia, accessori – controllo visivo

Le frequenze con cui eseguire gli interventi di manutenzione riportati in **Tab. 3.1** variano a seconda delle condizioni di lavoro delle varie pompe. Nella tabella successiva vengono indicate le frequenze di controllo di ogni operazione in base alle diverse condizioni di lavoro ed i relativi tempi di manutenzione.

**Tab. 3.2:** Frequenze di intervento e relativi tempi (in minuti) per le varie operazioni di manutenzione di una pompa centrifuga sommersa

Manutenzione	Frequenza interventi/anno			Persone	Tempo (in minuti)			
	N° di operazione di manutenzione	Condizioni di lavoro normali	Condizioni di lavoro gravose		Condizioni di lavoro molto gravose	N° persone necessarie per eseguire il lavoro	Necessario per eseguire il lavoro	Totale in condizioni di lavoro normali
1	2	4	6	1	15	30	60	90
2	2	4	6	1	5	10	20	30
3	2	4	6	1	2	4	8	12
4	4	8	12	1	5	20	40	60
5	1	2	4	1	10	10	20	40
6	1	2	4	1	n.c.	n.c.	n.c.	n.c.
7	2	4	6	1	20	40	40	80
8	2	4	6	1	10	20	20	40
9	2	4	6	2	15	60	120	180
10	2	4	6	2	20	80	160	240
11	2	4	6	2	5	20	40	60
12	2	4	6	1	2	4	8	12
13	12	24	52	1	5	60	120	260
14	1	2	4	2	10	20	40	80
15	1	2	4	2	1	2	4	8
16	1	2	4	2	10	20	40	80
17	1	2	2	2	30	60	120	120
18	1	2	4	2	5	10	20	40
19	1	2	4	2	5	10	20	40
20	1	2	4	2	5	10	20	40
21	1	2	4	2	45	90	180	360
22	1	2	4	2	5	10	20	40

23	1	2	4	2	5	10	20	40
24	1	2	4	2	2	4	8	16
25	1	2	4	2	10	20	40	80
26	1	2	4	2	10	20	40	80
27	1	2	4	2	15	30	60	120
28	1	2	4	2	15	30	60	120
29	1	2	4	2	15	30	60	120
30	1	2	4	2	15	30	60	120
31	1	2	4	2	5	10	20	40
32	1	2	4	2	5	10	20	40
33	1	2	4	2	20	40	80	160
34	1	2	1	2	2	4	4	4
35	1	2	4	2	2	4	8	18
Estrazione pompa	1	2	4	2	60	120	240	480
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni</u></b>						<b>952</b>	<b>1840</b>	<b>3348</b>

Come riportato nella precedente tabella, per la manutenzione programmata di una singola pompa centrifuga sommersa occorre un tempo variabile dai 952 ai 3348 minuti all'anno, a seconda delle condizioni di esercizio della pompa stessa.

Partendo dal presupposto che l'impianto sia stato ben progettato e dimensionato, possiamo considerare che tutte le pompe sommerse lavorino in condizioni normali di esercizio, condizione che raramente si riscontra nella realtà, ma che prendiamo per buona, visto che il dato è troppo legato alle condizioni impiantistiche di ogni singolo impianto. Pertanto, consideriamo siano necessari 952 minuti/anno per eseguire tutta la manutenzione programmata di una pompa sommersa presente in un piccolo impianto di depurazione tipo.

Un tipico piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata (il cui schema è riportato in Fig. 1.3), è dotato in totale di almeno 6 pompe centrifughe sommerse, così distribuite:

- 3 pompe per il sollevamento dei liquami
- 2 pompe per il ricircolo dei fanghi
- 1 pompa amovibile per svuotamento vasche

Per la manutenzione programmata di tutte le pompe centrifughe sommerse sono necessari, pertanto, 5712 minuti/anno.

Per il corretto funzionamento di una pompa centrifuga sommersa è necessario installare 2 valvole, una di non ritorno ed una a saracinesca, la cui manutenzione programmata consiste in una prova di apertura e chiusura da effettuarsi almeno una volta al mese con un dispendio minimo di tempo che possiamo stimare pari a 5 minuti per valvola, con un tempo totale di manutenzione pari a 720 minuti/anno.

### ***3.1.2 Grigliatura***

Il comparto di grigliatura prevede l'utilizzo di un sistema meccanizzato per la raccolta del grigliato, costituito da un pettine di acciaio, solidale ad un albero, collegato a un motoriduttore ad ingranaggi,

che ruotando opportunamente, provvede prima a sollevare e poi ad allontanare i materiali grigliati, scaricandoli nella tramoggia per il loro successivo smaltimento finale.

Le operazioni di manutenzione programmata per il sistema meccanizzato di raccolta del grigliato, sono riportate nella successiva tabella:

**Tab. 3.3:** Operazioni di manutenzione ordinaria programmata per il sistema meccanizzato di raccolta del materiale grigliato

<b>Operazioni da eseguire</b>	<b>N° interventi /anno</b>	<b>Tempo singolo intervento (minuti)</b>	<b>Tempo totale/ anno per operazione (minuti)</b>
Verifica livello olio motoriduttore griglia	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>15</b>
Cambio olio motoriduttore griglia	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
Verifica efficienza strutture meccaniche	<b>12</b>	<b>15</b>	<b>180</b>
Verifica livello olio motoriduttore nastrotrasportatore	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>15</b>
Cambio olio motoriduttore nastrotrasportatore	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni</u></b>			<b><u>270</u></b>

### **3.1.3 Bacino di aerazione**

Il sistema di aerazione è costituito da 2 soffianti a lobi (una di riserva) che alimentano sia la vasca di aerazione che il digestore aerobico dei fanghi. La diffusione dell'aria è assicurata mediante l'utilizzo di piattelli posizionati sul fondo delle vasche.

Le operazioni di manutenzione programmata per tutti gli organi di aerazione, sono riportate nella successiva tabella:

**Tab. 3.4:** Operazioni di manutenzione ordinaria programmata per il comparto di aerazione

<b>Operazioni da eseguire</b>	<b>N° interventi /anno</b>	<b>Tempo singolo intervento (minuti)</b>	<b>Tempo totale/ anno per operazione (minuti)</b>
Sostituzione filtro aria	<b>6</b>	<b>30</b>	<b>180</b>
Verifica livello olio	<b>12</b>	<b>5</b>	<b>60</b>
Sostituzione olio	<b>2</b>	<b>45</b>	<b>90</b>
Verifica tenuta cinghie	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>20</b>
Lavaggio piattelli	<b>0,5</b>	<b>1900</b>	<b>950</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni</u></b>			<b><u>1300</u></b>

Nel sistema di mandata aria sono installate 2 valvole a farfalla, la cui manutenzione programmata consiste in una prova di apertura e chiusura da effettuarsi almeno una volta al mese, con un dispendio minimo di tempo che possiamo stimare pari a 5 minuti per valvola, con un tempo di manutenzione totale pari a 120 minuti/anno.

Come abbiamo detto in precedenza, le soffianti installate sono 2, pertanto il tempo totale per la loro manutenzione sarà pari a 700 minuti/anno a cui vanno sommati i 950 minuti necessari per il lavaggio dei piattelli di diffusione, per un totale tempo di manutenzione per il bacino di aerazione pari a 1650 minuti/anno.

### ***3.1.4 Sedimentatore***

Il decantatore finale dei reflui, è dotato di un ponte raschia fanghi, 2 pompe centrifughe sommerse di ricircolo dei fanghi (di cui ci siamo già occupati relativamente la manutenzione programmata da effettuare) ed una pompa monovite di estrazione del fango (la cui manutenzione programmata verrà trattata nel capitolo successivo).

Il sistema meccanizzato del ponte raschia fanghi del decantatore finale prevede la manutenzione programmata riportata nella successiva tabella:

**Tab. 3.5:** Operazioni di manutenzione ordinaria programmata per il ponte raschia fanghi del decantatore

<b>Operazioni da eseguire</b>	<b>N° interventi /anno</b>	<b>Tempo singolo intervento (minuti)</b>	<b>Tempo totale/ anno per operazione (minuti)</b>
Ingrassaggio ralla e cuscinetti	<b>2</b>	<b>60</b>	<b>120</b>
Sostituzione olio motoriduttore	<b>1</b>	<b>30</b>	<b>30</b>
Controllo stato usura ruote	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni</u></b>			<b><u>160</u></b>

Nella linea di uscita del refluo dal decantatore sono installate 4 valvole a farfalla e 2 valvole di sovrappressione la cui manutenzione programmata consiste in una prova di apertura e chiusura per quelle a farfalla e in una verifica di funzionamento per quelle di sovrappressione, da effettuarsi sempre una volta al mese, con un dispendio minimo di tempo che possiamo stimare pari a 5 minuti per valvola, con un tempo di manutenzione totale pari a 360 minuti/anno.

### ***3.1.5 Calcolo tempi di manutenzione linea acque***

Nella tabella successiva vengono riportati in modo schematico i tempi per la manutenzione programmata di tutte le apparecchiature presenti nella linea acque dell'impianto e la loro relativa

somma:

**Tab. 3.6:** *Tempi per la manutenzione programmata della linea acque*

<b>Apparecchiatura</b>	<b>Tempo totale/anno di manutenzione (minuti)</b>
Pompe centrifughe di sollevamento	<b>5712</b>
Valvole pompe centrifughe di sollevamento	<b>720</b>
Grigliatore automatico	<b>270</b>
Sistema di aerazione	<b>1650</b>
Valvole sistema di aerazione	<b>120</b>
Ponte raschia fanghi decantatore	<b>160</b>
Valvole linea di scarico refluo	<b>360</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni di manutenzione</u></b>	<b><u>8992</u></b>

## 3.2 Linea fanghi

### 3.2.1 Pompe monovite per estrazione fanghi

Le pompe monovite per estrazione fanghi sono tra le apparecchiature che più necessitano di regolari interventi di manutenzione programmata, dato che devono vincere prevalenze notevoli pompando masse fangose nelle varie tubazioni di mandata..

Nella tabella successiva vengono riportate le operazioni di manutenzione ordinaria necessarie per il corretto funzionamento di una pompa monovite per fanghi.

**Tab. 3.7:** *Operazioni di manutenzione ordinaria per una pompa monovite per fanghi*

<b>N° operazione</b>	<b>Operazioni da eseguire a macchina installata</b>
1	Controllo isolamento motore verso terra (MW) – da eseguire con Megaohmetro a 1000 V a pompa calata
2	Controllo assorbimento (A) Sulle tre fasi con pinza amperometrica digitale (non da strumento sul quadro)
3	Controllo taratura relè termici – con identificazione dei valori massimi ammissibili
4	Controllo rumorosità-vibrazioni
5	Baderne – verifica di tenuta
6	Riduttori-variatori – verifica trafilamenti olio
7	Controllo apparecchiatura elettronica – tramite simulazione guasti
8	Verifica condizioni contatti principali – controllo visivo
9	Pulizia interno quadro – controllo visivo e serraglio viti di fissaggio
10	Controllo regolatori di livello – mediante tester verifica della commutazione del contatto interno e pulizia se necessario

11	Controllo funzionalità e rumorosità valvole
12	Funzionalità sistema flussaggio e controlavaggio – controllo di tutto il circuito idraulico
<b>Operazioni da eseguire a macchina estratta</b>	
13	Controllo guarnizioni e pressacavi quadro – controllo visivo
14	Pulizia e rilevamento dati di targa – con idropulitrice a getto di vapore a 100 atm
15	Pulizia incrostazioni sul motore – come punto precedente più eventuale intervento manuale, se necessario
16	Controllo quantità olio – tramite svuotamento in recipiente graduato e successivo riempimento
17	Controllo qualità olio – rilevazione di caratteristiche quali colore, trasparenza, presenza di morchie ed aspetto di emulsione
18	Ispezione pompa – verifica usura del giunto interno, dello statore e del rotore
19	Ispezione motore – tramite svuotamento attraverso tappo di ispezione ed interpretazione mediante verifica della quantità e della qualità del liquido fuoriuscito (natura, colore)
20	Ispezione giunto motore/pompa – verifica usura lato baderne
21	Controllo scatola morsettiera – tramite smontaggio del coperchio, sostituzione del relativo O.R., controllo di infiltrazioni di acqua ed integrità della morsettiera
22	Isolamento tra fase e fase (MW) – a scatola morsettiera aperta, verifica tramite megaohmetro a 1000 V
23	Controllo interno corpo pompa– statore -eventuale pulizia, verifica usura e rigature
24	Controllo interno corpo pompa– rotore – eventuale pulizia, verifica usura e rigature
25	Controllo verniciatura esterno/interno – controllo visivo

Le frequenze con cui eseguire gli interventi di manutenzione riportati in **Tab. 3.7** variano a seconda delle condizioni di lavoro delle varie pompe. Nella tabella successiva vengono indicate le frequenze di controllo di ogni operazione in base alle diverse condizioni di lavoro ed i relativi tempi di manutenzione.

**Tab. 3.8:** *Frequenze di intervento e relativi tempi (in minuti) per le varie operazioni di manutenzione di una pompa monovite per fanghi*



Manutenzione	Frequenza interventi/anno			Persone	Tempo (in minuti)			
	N° di operazione di manutenzione	Condizioni di lavoro normali	Condizioni di lavoro gravose		Condizioni di lavoro molto gravose	N° persone necessarie per eseguire il lavoro	Necessario per eseguire il lavoro	Totale in condizioni di lavoro normali
1	2	4	6	1	15	30	60	90
2	2	4	6	1	5	10	20	30
3	2	4	6	1	2	4	8	12
4	4	8	12	1	5	20	40	60
5	52	104	365	1	2	104	208	730
6	12	24	52	1	2	24	48	104
7	2	4	6	1	20	40	40	80
8	2	4	6	1	10	20	20	40
9	2	4	6	2	15	60	120	180
10	2	4	6	2	20	80	160	240
11	2	4	6	2	5	20	40	60
12	2	4	6	1	2	4	8	12
13	12	24	52	1	5	60	120	260
14	1	2	4	2	10	20	40	80
15	1	2	4	2	1	2	4	8
16	1	2	4	2	10	20	40	80
17	1	2	2	2	30	60	120	120
18	1	2	4	2	5	10	20	40
19	1	2	4	2	5	10	20	40
20	1	2	4	2	5	10	20	40
21	1	2	4	2	2	4	8	16
22	1	2	4	2	10	20	40	80
23	1	2	4	2	5	10	20	40
24	1	2	4	2	5	10	20	40
25	1	2	4	2	20	40	80	160
Estrazione pompa	1	2	4	2	60	120	240	480
<b>Tempo totale per tutte le operazioni</b>						<b>551</b>	<b>1095</b>	<b>2371</b>

Come riportato nella precedente tabella, per la manutenzione programmata di una singola pompa monovite per fanghi, occorre un tempo variabile dai 551 ai 2371 minuti all'anno, a seconda delle condizioni di esercizio della pompa stessa.

Partendo dal presupposto fatto in precedenza, e cioè che l'impianto sia stato ben progettato e dimensionato, possiamo considerare che tutte le pompe sommerse lavorino in condizioni normali di esercizio, pertanto consideriamo siano necessari 551 minuti/anno per eseguire tutta la manutenzione programmata di una pompa monovite per fanghi presente in un piccolo impianto di depurazione tipo.

Un tipico piccolo impianto di depurazione (il cui schema è riportato in **fig. 1.3**), è dotato in totale di almeno 1 pompa monovite per fanghi, utilizzata per trasferire il fango di supero dal decantatore al digestore aerobico.

Per il corretto funzionamento di una pompa monovite per fanghi è necessario installare 2 valvole, una di testa e una di coda, per la cui manutenzione programmata è necessario un tempo totale di manutenzione pari a 120 minuti/anno (12 interventi/anno di circa 5 minuti con prove di apertura/chiusura).

### ***3.2.2 Digestore aerobico***

Il digestore aerobico dei fanghi, come abbiamo visto in precedenza, utilizza lo stesso sistema di insufflazione di aria della vasca di aerazione (la cui manutenzione è già stata presa in considerazione), ma per il suo corretto funzionamento sono installate 4 valvole nella linea di mandata aria, per la cui manutenzione programmata è necessario un tempo totale di manutenzione pari a 240 minuti/anno (12 interventi/anno di circa 5 minuti con prove di apertura/chiusura).

### ***3.2.3 Disidratazione fanghi***

Come abbiamo visto in precedenza, per la disidratazione dei fanghi di un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata, il sistema più conveniente dal punto di vista gestionale è l'utilizzo di letti di essiccamento (almeno due letti).

Il trasferimento dei fanghi dal digestore aerobico alla vasca di ispessimento e dall'ispessitore ai letti di essiccamento avviene per gravità, utilizzando una valvola a saracinesca per ogni letto presente.

I letti di essiccamento, stimando una produzione massima di fango di supero pari a circa 4000 l/giorno (come calcolata al paragrafo 2.3.1) devono essere svuotati con cadenza semestrale. Prima di poter essere nuovamente utilizzati devono essere effettuati interventi di manutenzione consistenti nel ripristino degli strati di ghiaia e sabbia e dei teli drenanti di separazione, tali interventi richiedono un tempo annuo pari a circa 180 minuti per letto

Considerando la presenza di due letti di essiccamento fanghi il tempo totale per la loro manutenzione annua è stimabile in 480 minuti (360 per il ripristino dei letti e 120 per la manutenzione delle valvole a saracinesca).

### ***3.2.4 Calcolo tempi di manutenzione linea fanghi***

La tabella successiva riporta in modo schematico i tempi per la manutenzione programmata di tutte le apparecchiature presenti nella linea fanghi dell'impianto e la loro relativa somma:

**Tab. 3.9:** *Tempi per la manutenzione programmata della linea fanghi*

<b>Apparecchiatura</b>	<b>Tempo totale/anno di manutenzione (minuti)</b>
------------------------	---

Pompe monovite per estrazione fanghi	<b>551</b>
Valvole pompe monovite per estrazione fanghi	<b>120</b>
Valvole mandata aria digestore aerobico	<b>240</b>
Letti di essiccamento fanghi	<b>480</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni di manutenzione</u></b>	<b><u>1391</u></b>

### 3.3 Strumenti di misurazione

Nei piccoli impianti, il controllo del buon funzionamento e dell'efficienza depurativa, può essere basato su misurazioni strumentali molto semplici, oltre che su controlli visivi legati ad una diretta esperienza acquisita dagli operatori specializzati, con un lungo esercizio dell'impianto.

Solo per impianti di media-grossa potenzialità è opportuno prevedere un laboratorio chimico con locale proprio e specifiche attrezzature di controllo, sebbene i metodi IRSA, per il controllo delle acque di scarico, prevedono solitamente un campionamento manuale e la successiva analisi di laboratorio per la verifica della concentrazione delle sostanze disciolte nel refluo di scarico.

Le misurazioni effettuate sul campo con strumentazione in continuo solitamente non hanno lo scopo di verificare o meno il superamento di un limite di legge, la loro funzione è quella di fornire dei dati funzionali continui, al fine di ottimizzare le condizioni di marcia ed il rendimento depurativo dell'impianto stesso.

Un controllo indispensabile è quello della misura della concentrazione di ossigeno in vasca di aerazione, usualmente effettuata con strumenti elettrici a lettura continua.

L'installazione degli ossimetri, spesso collegati agli organi di erogazione d'aria (compressore), permette di avere nel comparto di aerazione una concentrazione di ossigeno disciolto sufficiente per il regolare svolgimento delle reazioni biologiche. Il valore di ossigeno disciolto non dovrebbe mai scendere al di sotto di 1,5-2,0 mg/l in vasca di aerazione e al di sotto di 0,5-1,0 mg/l nell'effluente.

Una buona dotazione strumentale di un piccolo impianto di depurazione, per monitorare e controllare nel tempo il suo rendimento, dovrebbe comprendere, oltre a misuratori di portata, almeno uno strumento di misurazione del pH, in ingresso e uscita impianto, uno strumento di misurazione della conducibilità elettrica, in ingresso e uscita impianto, uno strumento per la misurazione del potenziale redox, in ingresso e uscita impianto.

Oltre a monitorare nel tempo i parametri Ossigeno disciolto, pH, Potenziale redox e Conducibilità elettrica, risulta indispensabile la misura dei Solidi Sospesi nel Mixed Liquor (MLSS) nella vasca di aerazione, al fine di ottimizzare la portata del fango di ricircolo nella stessa vasca di aerazione, mantenendo un carico di fango costante anche durante le variazioni di portata e di carico in entrata, e in uscita al decantatore, per verificare eventuali fughe di fango nel refluo chiarificato.

Come già osservato, anche per la determinazione della concentrazione dei Solidi Sospesi nel Mixed Liquor può essere utilizzato un campionamento manuale in vasca d'aerazione e successiva analisi di laboratorio, tale metodo però presenta due svantaggi rispetto la misurazione in continuo con strumentazione fissa.

Il primo è che il risultato è determinato solo ore dopo il prelievo del campione e in alcuni casi i risultati non sono disponibili fino al giorno seguente. Per controllare il processo utilizzando questo dato occorre ipotizzare o che la concentrazione di solidi non cambi dal momento della misura, o che il gestore dell'impianto conosca come varia la concentrazione dei solidi nel tempo.

Sfortunatamente, molte reti di raccolta fognarie e sistemi di trattamento sono misti e lavorano con una componente industriale unita a quella degli scarichi civili, ciò significa semplicemente che le prime acque di pioggia sono trattate come acque di scarico. E' normale che la portata ad un impianto raddoppi in caso di pioggia. Appena la portata verso l'impianto aumenta, generalmente la

concentrazione di solidi in entrata diminuisce per effetto della diluizione. Questo si traduce in una diluizione della concentrazione dei MLSS, se non si regola la portata del ritorno dei fanghi attivi. E' difficile, inoltre, determinare quale sarà la diluizione a cui si arriverà, anche se le regolazioni sul ritorno dei fanghi attivi sono le più accurate possibili.

Una seconda considerazione sul campionamento manuale per l'analisi del laboratorio è che l'intero processo richiede un notevole dispendio di tempo e risorse da parte della ditta che ha in gestione l'impianto di depurazione.

La misurazione in continuo dei MLSS, come per tutte le misurazioni strumentali in continuo, fornisce dati attendibili solo se viene correttamente effettuata la manutenzione programmata, prevista dal costruttore, e la taratura degli strumenti stessi.

Nella successiva tabella vengono riportati tutti gli strumenti di misura ritenuti necessari per la corretta gestione di un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata tipo (il cui schema impiantistico è riportato in **Fig 1.3**) con le operazioni di manutenzione programmata dettate dal costruttore ed i relativi tempi di esecuzione stimati.

**Tabella 3.10:** *Tempi necessari (espressi in minuti) per l'esecuzione della manutenzione strumentale programmata*

<b>Strumento di misura</b>	<b>Pulizia sonda</b>	<b>Taratura</b>	<b>Verifica della misura sui misuratori di livello</b>	<b>Sostituzioni</b>
pH metri	<b>10</b>	<b>15</b>		
Rx metri	<b>10</b>	<b>15</b>		
Conduttivimetri	<b>10</b>	<b>15</b>		
Analisi MLSS	<b>15</b>			
Ossimetri a membrana	<b>20</b>	<b>25</b>		<b>10</b>
Misuratori di portata magnetici			<b>5</b>	
Misuratori di portataa ultrasuoni			<b>15</b>	

Nella successiva tabella sono riportati il numero di interventi annui di manutenzione da effettuare sui singoli strumenti di misura.

**Tabella 3.11:** *Numero di interventi di manutenzione annui per ogni tipo di strumento*

Strumento di misura	Pulizia sonda	Taratura	Verifica della misura sui misuratori di livello	Sostituzioni
pH metri	52	12		
Rx metri	52	12		
Conduttivimetri	52	12		
Analisi MLSS	52			
Ossimetri a membrana	52	12		1
Misuratori di portata magnetici			12	
Misuratori a ultrasuoni			12	

Nella successiva tabella viene calcolato il tempo totale (espresso in minuti) per l'esecuzione della manutenzione programmata annuale di tutta la strumentazione di misura.

**Tabella 3.12:** Tempo totale (espresso in minuti) per l'esecuzione della manutenzione strumentale annuale programmata

Strumento di misura	N° strumenti presenti	Pulizia sonda	Taratura	Verifica della misura sui misuratori di livello	Sostituzioni	Tempo totale per singolo strumento	Tempo totale per tutti gli strumenti presenti
pH metri	2	520	180			700	1400
Rx metri	2	520	180			700	1400
Conduttivimetri	2	520	180			700	1400
Analisi MLSS	2	780				780	1560
Ossimetri a membrana	1	1040	300		10	1350	1350
Misuratori di portata magnetici	2 <sup>1</sup>			60		60	120
Misuratori a ultrasuoni	3 <sup>2</sup>			180		180	540
<b>Tempo tot di manutenzione/anno</b>							<b>7770</b>

Note: 1) i misuratori di portata magnetici vengono utilizzati la misura della portata di ricircolo fanghi e di alimentazione digestore aerobico. 2) i misuratore di portata ad ultrasuoni sono collegati in ingresso impianto, in uscita impianto e presso il punto di scarico del by-pass.

### 3.4 Impianto elettrico

Negli impianti di depurazione, l'azionamento dei vari macchinari è realizzato a mezzo di apparecchiature elettriche, elettrici sono i dispositivi di comando, segnalazione, misura a distanza e allarme. Agli impianti di depurazione si richiede un servizio continuo, soprattutto negli impianti a biomassa sospesa, dove un arresto troppo prolungato degli organi elettromeccanici, in particolare dei dispositivi di aerazione e di ricircolo del fango, può provocare disservizi e danni ambientali di non poco conto.

Solitamente tutti i dispositivi di comando e protezione, gli allarmi, le spie luminose di funzionamento e di arresto sono collocati in un quadro centrale, dal quale sia possibile effettuare tutte le operazioni e le manovre necessarie.

Nel quadro elettrico, posto in un ambiente il più possibile asciutto e ventilato, è opportuno che sia disposto un amperometro per ogni motore installato, di potenza adeguata, onde, riscontrando amperaggi eccessivi, si possano subito individuare eventuali situazioni anomale. Localmente, in corrispondenza di ogni motore, sarà allora disposto un sezionatore sotto carico sulla linea di potenza, che dia la possibilità di escludere l'avviamento del motore dal quadro centrale, in modo che in caso di necessità di riparazioni e manutenzioni, l'operatore addetto possa agire sulle apparecchiature locali con la massima sicurezza, garantendo che non venga da altri effettuata una falsa manovra dal quadro centrale, che potrebbe avere, senza tale sicurezza, conseguenze gravissime.

Per la manutenzione dell'impianto elettrico in generale sono previste le operazioni riportate nella successiva tabella con i rispettivi tempi di esecuzione:

**Tab. 3.13:** Operazioni di manutenzione ordinaria programmata per l'impianto elettrico

<b>Operazioni da eseguire</b>	<b>N° interventi/ anno</b>	<b>Tempo singolo intervento (minuti)</b>	<b>Tempo totale/ anno per operazione (minuti)</b>
Verifica assorbimento e isolamento apparecchiature	<b>3</b>	<b>240</b>	<b>720</b>
Pulizia e verifica serraggio morsetti	<b>3</b>	<b>240</b>	<b>720</b>
Verifica funzionalità interruttore differenziale	<b>2</b>	<b>5</b>	<b>10</b>
<b><u>Tempo totale per tutte le operazioni</u></b>			<b><u>1450</u></b>

### 3.5 Registrazione dati

Per una efficiente gestione e programmazione della manutenzione delle apparecchiature elettromeccaniche presenti in un qualsiasi impianto di depurazione, è assolutamente necessario mantenere una registrazione, continuamente aggiornata, di tutte le operazioni effettuate sui singoli organi impiantistici. La situazione ideale, per avere in tempi brevi cognizione della manutenzione effettuata e da effettuare, sarebbe quella di prevedere per ogni organo elettromeccanico presente in impianto, uno specifico quaderno di registrazione della manutenzione, sia esso in forma cartacea o in formato elettronica.

La registrazione della manutenzione effettuata e la programmazione di quella da effettuare ovviamente richiede del tempo, soprattutto se effettuata compilando tutti i registri di manutenzione delle varie apparecchiature presenti anziché limitarsi alla compilazione di un unico registro impiantistico.

Il tempo di corretta registrazione dei dati e di programmazione della manutenzione da effettuare su ogni singolo organo impiantistico può essere stimato approssimativamente pari a 750 minuti/anno,

considerando che le operazioni annue fin qui descritte, da effettuare alle singole apparecchiature presenti, sono esattamente 1503 e considerando un tempo medio pari a mezzo minuto per la registrazione di ogni operazione. Per alcune registrazioni, infatti, può essere sufficiente effettuare una crocetta in un riquadro o riportare una semplice data, ma per altre è necessario descrivere l'intervento effettuato o il guasto rilevato.

### 3.6 Calcolo tempo totale di manutenzione

La tabella successiva riporta la stima del tempo totale (espresso in minuti) per la manutenzione programmata di un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata, come somma di tutti i tempi per la manutenzione delle singole apparecchiature viste in precedenza (paragrafi 3.1-3.2-3.3) con i tempi necessari per la registrazione dei dati (paragrafo 3.4).

**Tab 3.14:** *Stima totale tempo (espresso in minuti) per la manutenzione impiantistica*

<b>Operazione</b>	<b>Tempo (minuti)</b>
Manutenzione linea acque	<b>8992</b>
Manutenzione linea fanghi	<b>1391</b>
Manutenzione strumenti di misurazione	<b>7770</b>
Manutenzione impianto elettrico	<b>1450</b>
Registrazione dati di manutenzione	<b>750</b>
<b>Tempo totale di manutenzione (espresso in minuti)</b>	<b>20353</b>

**Esprimendo il tempo totale di manutenzione ottenuto dalla precedente tabella in ore/anno si ottiene un totale di circa 339 ore/anno, equivalenti a poco più di 42 giorni/anno, pari a 3,5 giorni/mese, il che significa che per la totale manutenzione di un piccolo impianto di depurazione ad aerazione prolungata tipo (il cui schema impiantistico è riportato in fig. 1.3) è necessaria una visita impiantistica settimanale da parte del personale specializzato.**

Dalla tabella successiva, e ancor più dal grafico di **Fig. 3.16** si può notare come la manutenzione delle apparecchiature della linea acque e della linea fanghi richieda in realtà circa la metà del tempo totale di manutenzione (precisamente il 51% del tempo totale) e come incida in modo rilevante sul totale il tempo necessario per la manutenzione degli strumenti di misurazione (38% del tempo totale).

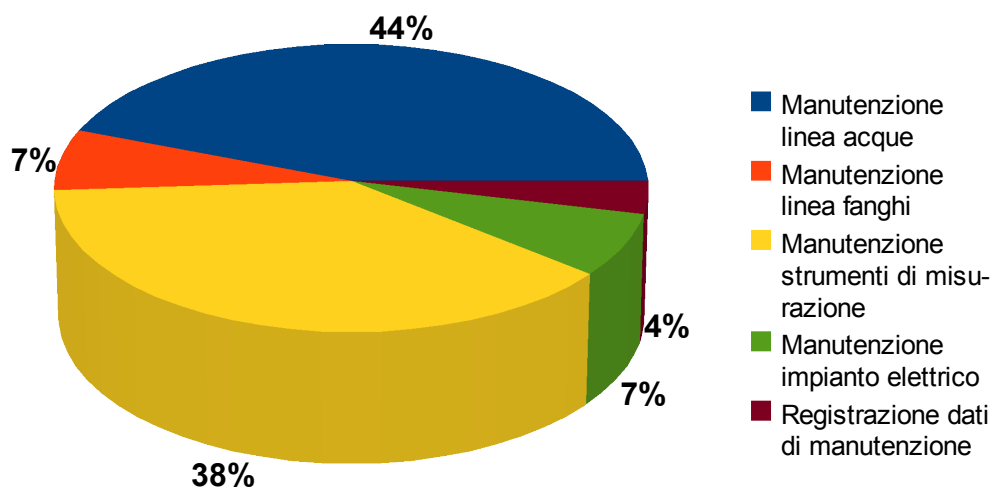
**Tab. 3.15:** *Distribuzione percentuale del tempo di manutenzione per tipo di intervento*

<b>Operazione</b>	<b>Tempo (minuti)</b>	<b>Percentuale</b>
Manutenzione linea acque	<b>8992</b>	<b>44,18%</b>
Manutenzione linea fanghi	<b>1391</b>	<b>6,83%</b>
Manutenzione strumenti di misurazione	<b>7770</b>	<b>38,18%</b>
Manutenzione impianto elettrico	<b>1450</b>	<b>7,12%</b>
Registrazione dati di manutenzione	<b>750</b>	<b>3,69%</b>
<b>Tempo totale di manutenzione (espresso in minuti)</b>	<b>20353</b>	<b>100,00%</b>

Come abbiamo visto in precedenza, la rivelazione dei dati in continuo con la strumentazione

presente in impianto è indispensabile per il corretto funzionamento dell'impianto stesso, la loro funzione è infatti quella di fornire dei dati funzionali continui, al fine di ottimizzare, spesso attraverso meccanismi automatici, le condizioni di marcia ed il rendimento depurativo impiantistico. In assenza di tali strumenti si sarebbe costretti ricorrere a misurazioni occasionali e a successive operazioni di regolazione impiantistiche manuali, che inciderebbero in modo ancor più evidente sui tempi totali di gestione dell'impianto. E' pur vero che comunque nel calcolo della manutenzione degli strumenti di misura si sono prese in considerazioni anche le operazioni di pulizia e taratura delle sonde, lavori che potrebbero essere intesi anche come operazioni impiantistiche gestionali e non strettamente di sola manutenzione. Spesso, purtroppo, come in questo caso, non vi è un confine netto tra operazioni di gestione e operazioni di manutenzione.

**Fig. 3.16:** Distribuzione percentuale del tempo di manutenzione per tipo di intervento





# Conclusioni

Lo studio condotto ha evidenziato inequivocabilmente come anche i piccoli impianti di depurazione a biomassa sospesa, con potenzialità < 2000 A.E., richiedano continue visite impiantistiche da parte di personale specializzato. Per riuscire ad effettuare tutti gli interventi di manutenzione programmata alle varie apparecchiature elettromeccaniche presenti è necessario che tali visite siano **quantomeno settimanali**.

Infatti il tempo totale per la manutenzione impiantistica, calcolato come somma di tutti i tempi per la manutenzione delle singole apparecchiature e per la registrazione dei dati, è risultato pari a circa 42 giorni lavorativi/anno, equivalenti esattamente a 3,5 giorni lavorativi/mese. **Va inoltre ricordato che solo nei casi in cui l'apparecchiatura operi in condizioni di esercizio non gravose, alcuni interventi di manutenzione vanno eseguiti con cadenza settimanale (52 interventi/anno raccomandati dal costruttore) .**

**Al contrario, una visita impiantistica alla settimana potrebbe addirittura risultare insufficiente, nel caso una o più apparecchiature operassero in condizioni di lavoro gravose o molto gravose. E' il caso della verifica di tenuta delle baderne (guarnizioni di stoppa poste tra due tubazioni collegate per garantirne la tenuta) delle pompe monovite per estrazione fanghi: sono infatti necessari 104 interventi/anno se la pompa opera in condizioni gravose di esercizio, ed addirittura 365 interventi/anno se la pompa opera in condizioni molto gravose di esercizio.**

I risultati ottenuti sono stati del tutto sorprendenti e dimostrano come sia inattendibile la credenza secondo la quale i piccoli impianti di depurazione delle acque reflue urbane siano pressoché automatici e quindi non richiedano numerosi e consistenti interventi di manutenzione da parte del gestore dell'impianto.

# Riferimenti bibliografici

1. Bianchi A. e Sanfilippo U, ITT Flygt (2003) *“Pompe e impianti di sollevamento, manuale di progettazione e realizzazione”*, Hoepli Editore;
2. Caleffi L. (2008). *Comunicazioni personali*
3. Cingolani L. ed Ciccarelli E. (1996). *“La depurazione biologica a Fanghi Attivi”*, Centro studi Provinciale Editore;
4. Decreto Legislativo 3 aprile 2006, n. 152 *“Norme in materia ambientale”*
5. Frangipane F. e Pastorelli G. (1994). *“Impianti di depurazione di piccole dimensioni”*, CIPA Editore;
6. Manuale di manutenzione Flygt, *“Descrizione del metodo consigliato per la manutenzione specialistica programmata delle elettropompe sommergibili.”*
7. Manuale di manutenzione Robuschi, *“Descrizione del metodo consigliato per la manutenzione specialistica programmata delle soffianti d'aria.”*
8. Masotti, L (2002). *“Depurazione delle acque. Tecniche ed impianti per il trattamento delle acque di rifiuto”*-(2 ed.), Calderini Editore;
9. Sigmund C. (2005), *“Teoria e pratica della depurazione delle acque reflue”*, Dario Flaccovio Editore;
10. Società AVS SPA *“Programma di manutenzione impianti di trattamento reflui Alto Leogra”*
11. Vismara R. (1998), *“Depurazione biologica – Teoria e processi”*, Hoepli Editore;

## Siti web

[http://www.corsiadistanza.polio.it/corsi/Lezione\\_impianti.htm](http://www.corsiadistanza.polio.it/corsi/Lezione_impianti.htm)  
[http://www.hach-lange.it/shop/action\\_q](http://www.hach-lange.it/shop/action_q)  
[http://www.ranierieditore.it/pdf/libro\\_di\\_depurazione/acque.htm](http://www.ranierieditore.it/pdf/libro_di_depurazione/acque.htm)  
[http://www.stateofheart.it/INSITE\\_Articolo\\_SS\\_1.htm](http://www.stateofheart.it/INSITE_Articolo_SS_1.htm)