



Con il patrocinio della:
ASSOCIAZIONE *degli* INDUSTRIALI
della provincia di CATANIA

ACIM

GROUP

Corso di formazione
**LA GESTIONE
DEI DEPURATORI
BIOLOGICI**
Catania / dal 14 al 17 ottobre 2003



Zona Ind.le Pantano D'Arce, c/o BIC Sicilia - 95121 Catania
Tel 095 7357048 - Fax 095 523240 - www.acimgroup.it - acim@acimgroup.it

USO DI PRODOTTI CHIMICI E BIOCHIMICI NEGLI IMPIANTI DI DEPURAZIONE

Dott. Fabio Catania

[INTRODUZIONE]

Lo scopo di questo incontro sarà quello di porre in evidenza alcune famiglie di composti chimici la cui applicazione è rivolta al trattamento dei reflui di diverse tipologie di industria. Tratteremo del loro meccanismo, ovvero il principio di funzionamento, ed ai possibili vantaggi sui costi di gestione generali di un impianto.

In particolare ci soffermeremo sull'utilizzo del carbone attivo, dei polielettroliti a vario peso molecolare, dei coagulanti ed infine di enzimi e batteri liofilizzati.

1. [LA DALTON]

La Dalton è stata la prima società del Gruppo Chimico Dalton. Fu fondata a Milano nel 1948 per produrre ausiliari per l'industria tessile e conciaria.

Durante questo primo periodo i laboratori della Dalton hanno messo a punto numerose specialities in campo tessile e conciario, settori in continuo sviluppo rivolti a mercati sempre più esigenti e sofisticati.

Trent'anni dopo, nel 1978, è stata realizzata una nuova e moderna unità a Limbiate, nell'hinterland di Milano, dove ancora oggi opera la direzione generale del gruppo.

In tale unità si sono sviluppati nuovi segmenti di mercato quali quello del

- coating, con solfato e carbonato di bario, oltre agli additivi per il settore pitture e vernici all'acqua
- calcestruzzo, con i polinaftalensolfonati e suoi derivati,
- ecologia, con il trattamento delle acque reflue ed il controllo ambientale attraverso la produzione di poliammide, composti derivati misti organici-inorganici, oltre a tutti i prodotti necessari per una buona conduzione di impianti chimico/fisici e biologici.

La società Dalton opera da anni nel campo della protezione ambientale fornendo servizi qualificati nel settore del trattamento acque reflue ed utilizzando una struttura tecnico-professionale di alto livello.

I servizi sono rivolti a risolvere le problematiche connesse agli aspetti quali-quantitativi degli inquinamenti per rispondere alle disposizioni di legge, alle prescrizioni degli enti preposti e verso la ricerca di una migliore funzionalità dell'attività aziendale.

La Dalton dispone della gamma completa di prodotti chimici per il trattamento di ogni tipo di acque di scarico:

- coagulanti: serie Daltonfloc
- coagulanti-decoloranti: serie Flodal
- polielettroliti: serie Polidal
- antischiuma: serie Amussol
- enzimi: serie Proteodal

- nutrienti: serie Azofosfodal
- carboni: serie Carbodal
- vitamine: serie Dosfolat
- desodorizzanti: serie Airclean ed Iniclean

2. [IL CARBONE ATTIVO]

Il carbone attivo è un prodotto della distillazione secca, a temperature comprese tra 400 e 600 °C e in assenza di aria, di ossa o altri residui animali previamente sgrassati e lavati (carbone di ossa o animale), oppure di residui vegetali, quali la segatura, gusci di mandorla, noci, ecc. (carbone vegetale).

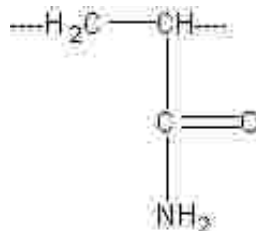
I carboni attivi presentano struttura microporosa ed elevata superficie specifica che può essere esaltata mediante impregnazione del prodotto di partenza con sostanze minerali (cloruro di zinco, acido fosforico ecc.) che, oltre a garantire il mantenimento della porosità, agiscono da grafitizzanti e disidratanti e vengono alla fine eliminate per lavaggio. Il carbone attivo trova impiego nell'adsorbimento, nella depurazione e decolorazione di succhi zuccherini, oli, grassi, liquidi alcolici di fermentazione, nella purificazione di solventi, nei trattamenti delle acque.

3. [I POLIELETTROLITI]

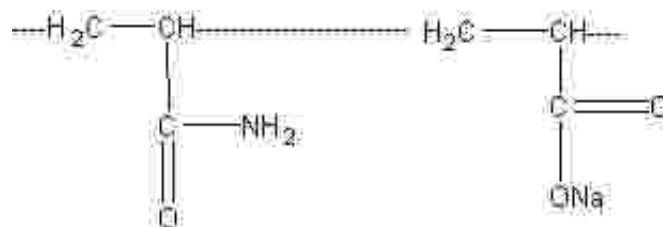
I polielettroliti derivano dalla polimerizzazione di unità monomeriche omogenee (omopolimerizzazione) od eterogenee (copolimerizzazione), ognuna delle quali caratterizzata da un gruppo funzionale.

Principalmente possono distinguersi in polielettroliti non ionici, anionici e cationici, in funzione della loro carica ionica determinata dal gruppo funzionale, come mostra lo schema seguente:

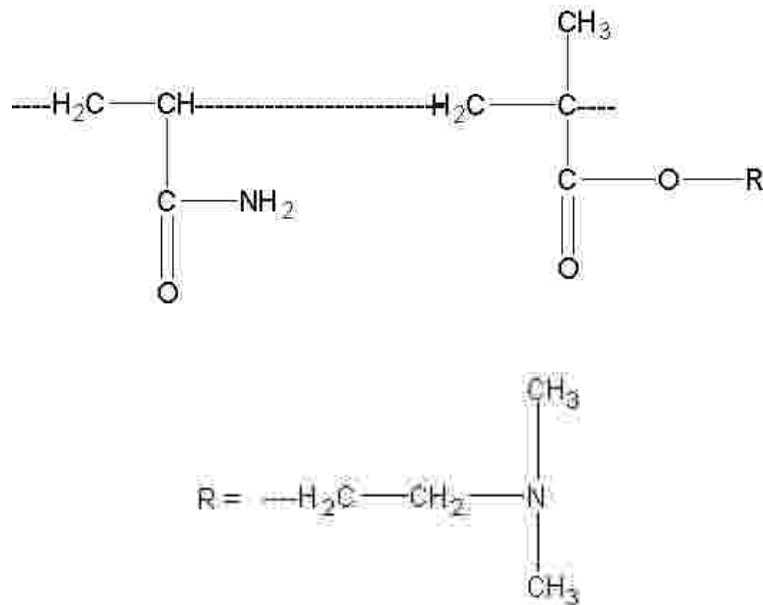
- a) per omopolimerizzazione di acrilamide si ottiene poliacrilammide, principale flocculante non ionico e costituente principale dei copolimeri:



- b) per copolimerizzazione di poliacrilammidi con sali sodici di poliacrilati si ottengono copolimeri anionici:



c) per copolimerizzazione di poliacrilammidi con composti di natura amminica si ottengono copolimeri cationici:



La maggior parte dei flocculanti è costituita da polimeri ad alto peso molecolare dotati di gruppi funzionali di carica contraria a quella della sospensione da trattare. Le funzioni ammidiche, per la loro polarità, permettono, attraverso la formazione di legami di Wander Waals, la creazione di ponti tra le particelle in sospensione, come mostrato in figura 1.

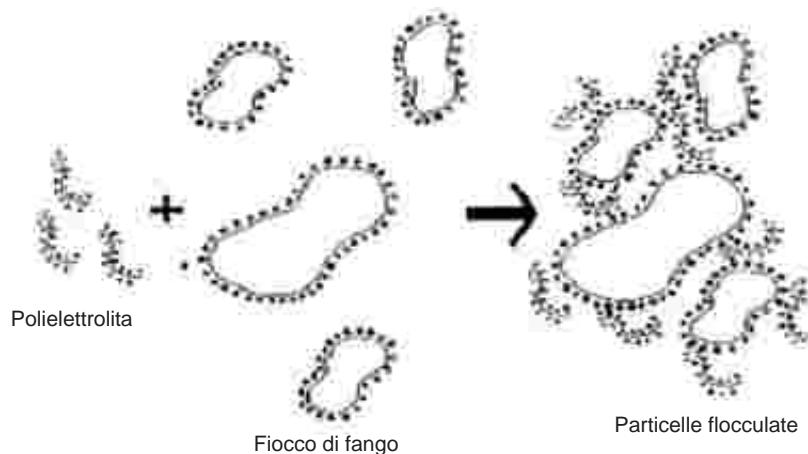
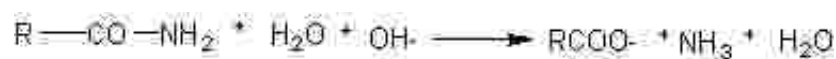
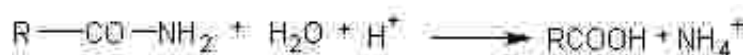


Fig. 1: Schematizzazione del meccanismo d'azione di un polielettrolita usato come flocculante

Contemporaneamente ai fenomeni legati alla polarità del sistema avviene un meccanismo di reazione con successiva idrolisi del gruppo ammidico che porta ad una modificazione del polimero. Infatti la reazione del polimero con un alcalo converte l'ammidico in anione carbossilato con formazione di ammoniaca:



Viceversa la reazione in ambiente acido produce acido carbossilico e sale di ammonio:



Le reazioni sopra schematizzate evidenziano come l'attività del polielettrolita è, pertanto, influenzata dal pH della soluzione.

4. [LE POLIAMMINE E LORO DERIVATI MISTI ORGANICI /INORGANICI]

Per poliammine si intende tutta una serie di polimeri organici, meglio definiti come resine polimeriche idrosolubili a base di polimetilpoliammina, a differente peso molecolare e diversa cationicità.

Trattandosi di composti organici possono essere utilizzati sia negli impianti chimico-fisici che, soprattutto, nei reattori biologici a fanghi attivi.

Infatti, dopo aver agito nella loro funzione chimica, hanno dimostrato una perfetta compatibilità con la biomassa, ovvero non creano alcun tipo di tossicità od accumulo nel substrato in quanto metabolizzate dai microorganismi stessi, trasformandosi quindi in microalimento per la biomassa.

Come è noto le acque di processo, di qualsiasi natura esse siano, contengono, generalmente, sostanze diverse di natura organica. Tali sostanze sono presenti nel mezzo acquoso sotto forma di minutissime particelle disperse, circondate normalmente da uno strato di cariche elettriche negative.

Questa combinazione di sospensione è determinata da più fattori quali: la reciproca repulsione delle particelle sotto l'influenza delle cariche elettriche superficiali, le piccolissime dimensioni delle particelle in sospensione, l'agitazione spontanea delle stesse.

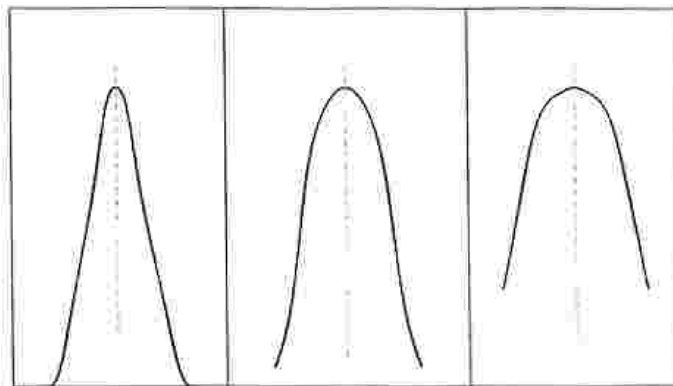
Il meccanismo di funzionamento, sia delle poliammine che di altri composti misti organici-inorganici, consiste proprio nel modificare tale condizione.

Infatti l'introduzione di una dispersione di questo tipo, di una poliammina, lungo la cui catena sono distribuite con regolarità numerose cariche positive, provoca l'annullamento delle cariche superficiali, destabilizzando le particelle colloidali e consentendone la sedimentazione.

In realtà questo processo potrebbe essere reversibile a causa di due fattori:

- un forte eccesso di poliammina comporterebbe una presenza altamente superiore di cariche positive rispetto a quelle negative tali da ricreare, in senso inverso, le condizioni iniziali, ovvero la reciproca repulsione delle particelle stesse di carica uguale;
- la scelta del tipo di poliammina.

In effetti si possono produrre poliammine con diverse caratteristiche: altamente reattive, mediamente reattive e blandamente reattive.



Come possiamo notare nella figura 2 abbiamo: a sinistra l'andamento di una poliammina fortemente reattiva, questa è estremamente efficace ma difficilmente controllabile in quanto il suo punto ottimale di resa si ottiene a dosaggi molto bassi ma poi si ha subito una inversione di processo.

Al centro abbiamo una poliammina mediamente reattiva che lavora effettivamente in una condizione ottimale in quanto il suo range di azione lascia spazio ad una efficiente condizione di controllo del dosaggio.

A destra, invece, la curva è così piatta che eccessi di dosaggio, anche significativi, non portano a modifiche sostanziali nella resa con sprechi di prodotto anche considerevoli.

Pertanto questa condizione di possibile inversione di processo che potrebbe in un primo momento essere considerata uno svantaggio, in realtà è un vantaggio non indifferente in quanto, utilizzando il tipo più idoneo di poliammina è possibile determinare, con test preliminari, dosaggi molto mirati, evitando spreco di prodotto ed un ritorno economico sicuramente significativo.

Le poliammine, come i composti misti organici-inorganici possono essere definite polifunzionali. Questo proprio perché svolgono più funzioni, sia contemporaneamente, se ne esistono le condizioni, che singolarmente.

I principali scopi per cui serve il loro utilizzo sono:

- coagulare
- incrementare la velocità di sedimentazione (SVI, indice volume fanghi)
- ridurre il volume di fanghi
- decolorare
- ridurre il dosaggio rispetto ai reagenti classici
- sostituire tecnologie impiantistiche ancora oggi troppo costose o integrarsi in perfetta simbiosi con altre.

5. [LA COAGULAZIONE]

L'incremento della velocità di sedimentazione e la riduzione del volume dei fanghi, che sono correlabilità tra loro, ci portano al concetto precedente, ovvero al meccanismo di funzionamento.

Infatti la sedimentazione può avvenire soltanto a seguito della destabilizzazione delle sostanze colloidali, cioè attraverso l'annullamento delle cariche superficiali che determinano la repulsione impedendone l'aggregazione.

Questo effetto è ottenibile attraverso l'aggiunta ad un refluo di poliammina o di composti misti organici-inorganici.

Pertanto possiamo dire che la coagulazione è per definizione la destabilizzazione delle cariche.

Le poliammide e di loro derivati, oltre a funzionare come coagulanti, servono a favorire l'aggregazione delle particelle che vengono adsorbite superficialmente e collegate a ponte a formare particelle di dimensioni e peso maggiori che decantano facilmente. Tali aggregati, che possono raggiungere la dimensione di qualche millimetro, sono detti fiocchi ed il meccanismo della loro formazione è la flocculazione.

Da qui la correlazione con l'incremento della velocità di sedimentazione e la riduzione del volume dei fanghi che risulta essere molto più marcata con le poliammide rispetto ai reagenti classici quali solfato ferroso, cloruro ferrico, ecc.

In particolare tale riduzione, che varia dal 50 all'80% a seconda dei casi, è dovuta proprio alla reattività ed alla natura chimica delle poliammide stesse, con il vantaggio che tutti possiamo immaginare per quanto concerne i costi relativi allo smaltimento dei fanghi.

Ovviamente la funzione di flocculazione potrà essere ulteriormente accentuata se in sinergismo alla poliammina, o ad un composto misto organico-inorganico, verrà addizionata, in una fase successiva, una poliacrilammide anionica o cationica, a seconda del tipo di refluo da trattare, formando fiocchi ancora più grossi e pesanti.

Questa operazione combinata di coagulazione, flocculazione e sedimentazione è, per definizione, chiamata chiariflocculazione.

6. [CAMPI DI APPLICAZIONE]

Le poliammide ed i composti misti organico-inorganici, essendo polifunzionali ed estremamente versatili, hanno trovato una vasta fascia applicativa su acque reflue delle più svariate tipologie di industrie quali: tessile, cartaria, conciaria, alimentare, vernici, galvanica, farmaceutica, petrolchimica, oltre a consortili civili e civili-industriali di piccoli e grandi insediamenti urbani.

I più significativi vantaggi di questi prodotti possono essere così riassunti:

- riduzione del costo di gestione: il costo del trattamento tende a ridursi in funzione di diversi fattori quali l'alto rendimento, la concomitanza di più sinergie che determinano la riduzione di costi immediate o, più a lungo termine, sul bilancio generale annuo;
- riduzione del dosaggio: sia perché i dosaggi sono bassi, sia perché rispetto ai reagenti tradizionali si usa da un quinto sino ad un decimo del loro consumo;
- eliminazione del colore: fattore molto importante per alcune tipologie di industrie dove si devono eliminare residui di coloranti e nello stesso tempo avere un'azione coagulante unitamente ad una significativa riduzione dei valori analitici in generale;
- riduzione dei solidi sospesi: una coagulazione ottimale consente di avere, parlando di un impianto biologico, un buon appesantimento del fiocco, grazie ad una migliore aggregazione delle particelle. Viene inoltre ridotta, o eliminata, la maggior parte dei solidi in sospensione evitando in questo modo il manifestarsi di fastidiosi sfioramenti del fiocco stesso in uscita, fenomeno che può verificarsi in modo particolare in impianti sottodimensionati;
- riduzione di fanghi: rispetto ad altri reagenti abbiamo visto che è possibile ridurre il volume dei fanghi del 50%, fino anche all'80%, con evidenti vantaggi sia per la qualità del surmatante che per una riduzione dei costi di smaltimento dei fanghi di supero;

- non creano tossicità ed accumulo: le poliammide, essendo dei composti organici, non creano tossicità o accumulo. Possono essere utilizzate senza problemi negli impianti biologici dove, una volta svolta la loro funzione, vengono metabolizzate dai microrganismi inoltre, in alcune tipologie di industrie, come ad esempio quella alimentare, i fanghi di risulta del trattamento potrebbero essere smaltiti in agricoltura anziché come rifiuto speciale con , ovviamente, differenti costi di smaltimento;
- semplicità nell'applicazione: essendo le poliammide ed i loro derivati composti idrosolubili, non necessitano di particolari preparazioni in quanto non richiedono tempi di rigonfiamento o di maturazione come le poliacrilammidi. Possono essere diluite e vengono dosate per mezzo di una semplice pompa dosatrice dimensionata all'utilizzo che se ne deve fare;
- ampia versatilità e semplificazione dei processi di trattamento: la versatilità delle poliammide a sinergie con altri composti chimici, come i polielettroliti, i carboni attivi ecc, consente di mettere a punto processi di trattamento molto mirati e semplici da ottenersi portando le rese dell'intervento al loro livello ottimale.

7. [ESEMPI DI AZIENDE]

Tipologia di industria: Cartaria Tipo di processo: Chimico-fisico Portata media influente: 1000 mc/die			
Trattamento precedente		Trattamento con poliammina organica-inorganica	
Policloruro di alluminio	500 ppm	Poliammina mista org/inorganica	80 ppm
pari a	500 Kg/die	pari a	8 Kg/die
Poly non ionico	5 ppm	Poly anionico	5 ppm
pari a	5 Kg/die	pari a	5 Kg/die
Vantaggi riscontrati con composto misto organico-inorganico			
Movimentazione di prodotto sei volte inferiore (15 tonn/mese contro 2,4)			
Netta riduzione dei fanghi prodotti nella chiariflocculazione, stimata intorno al 50%, con conseguente minor costo di smaltimento.			
Costo del trattamento inferiore del 15%.			
Costo della disidratazione fanghi di supero inferiore del 25%. Infatti, grazie al trattamento con poliammina mista organica-inorganica, anche nella disidratazione viene utilizzata circa la metà della quantità di polielettrolita anionico rispetto al non ionico con il sistema precedente.			
Abbattimento ottimale dell'inquinante, con un COD tra 25 e 40 mg/l ed i solidi sospesi non oltre i 10 mg/l.			

8. [ENZIMI E BATTERI LIOFILIZZATI]

I batteri secernono degli enzimi extracellulari (gli esoenzimi) che vanno a fissarsi sui legami delle catene molecolari che formano l'insieme dei composti organici.

Dopo l'idrolisi enzimatica dei legami le catene vengono frazionate in catene più piccole. Queste ultime possono allora essere assorbite dalle cellule dei batteri (cioè nel citoplasma).

Una seconda secrezione enzimatica intracellulare emessa dal centro nucleico dei batteri (gli endoenzimi) conduce alla trasformazione delle catene più piccole in acqua, anidride carbonica, gas metano, azoto, protoplasma batterico (assimilato dai protozoi) e sali inorganici.

E' dunque necessario che la popolazione batterica sia capace di assicurare delle secrezioni enzimatiche qualitativamente e quantitativamente adatte alla natura ed alla concentrazione dei composti organici che sono la causa dell'inquinamento.

I batteri naturali entro certi limiti riescono ad assicurare le loro funzioni depuratrici in sistema naturale di degradazione. Tuttavia l'impiego smisurato di detersivi, delle materie e delle sostanze tossiche e di sintesi, come di numerosi altri agenti inquinanti, impedisce, attualmente in molti casi, ai batteri naturali di portare a compimento la degradazione.

E' dunque divenuto necessario utilizzare degli attivatori biologici potenti e specifici sotto forma di batteri selezionati, mutati e adattati che permettono di trattare delle concentrazioni di inquinanti più elevate, di ottenere una degradazione più rapida ed efficace, di controllare il processo di depurazione ed arrivare così alla concezione di sistemi di depurazione di maggior affidamento, flessibilità e rendimento.

Il parametro più importante nella crescita della microflora è la composizione chimica dei particolari composti organici del substrato; questa composizione determina quali microbi si svilupperanno e quale sarà l'incremento della crescita. La miscela bilanciata di composti organici origina una popolazione mista di microrganismi più adatti per un determinato insieme di condizioni di funzionamento.

ASPETTI TECNICO-MANUTENTIVI DELLE POMPE/MIXER SOMMERSI

Ing. Valerio Locatelli

1. [POMPE SERIE B]

Le pompe della serie B sono indicate per il pompaggio di acque con elevati quantitativi di fanghiglia, ghiaietto, sabbia.

- Drenaggio e prosciugamento

Materiali impiegati:

- Corpo pompa in alluminio, ghisa
- Girante in lega di ghisa, acciaio inox
- Diffusori in poliuretano, gomma nitrilica

2. [POMPE SERIE C]

Le pompe della serie C sono indicate per il pompaggio di scarichi fognari civili, impianti con solidi filamentosi, acque contenenti fanghi.

Materiali impiegati:

- Corpo pompa in ghisa, acciaio inox
- Girante in lega di ghisa, acciaio inox
- Albero in acciaio al carbonio

3. [NUOVE POMPE N 3153]

CARATTERISTICHE GENERALI

Sistema sigillato di raffreddamento:

Adatto per installazioni in camera asciutta o per funzionamento continuo con motore scoperto.

Come funziona:

- Il liquido refrigerante circola attorno al motore in un sistema sigillato e ne sottrae il calore
- Il movimento del liquido è forzato da una piccola girante integrata alla tenuta

Tenute a pacchetto

Camera di ispezione

Assenza di olio

Nuovo disegno esterno

Facilità di manutenzione

Spin-out

Accoppiamento metallo/metallo

Predisposta per valvola di flussaggio

Materiali impiegati:

- Corpo pompa in ghisa
- Girante in lega di ghisa
- Albero in acciaio inox
- Diffusori in acciaio inox

4. [INSTALLAZIONI TIPO]

Installazione fissa con piede d'accoppiamento: la pompa viene calata con l'ausilio di due tubi che la guidano fino al piede

Installazione libera su cavalletto o piedi d'appoggio con tubo flessibile o rigido

Installazione fissa in camera a secco

Installazione in tubo contenitore

5. [MANUTENZIONI ORDINARIE E STRAORDINARIE]

FREQUENZA DEI CONTROLLI

- 1 volta all'anno per macchine in servizio intermittente (alcune ore al giorno)
- 2 volte all'anno per servizio continuo (oltre 10-12 ore al giorno)
- Con maggiore frequenza per liquidi corrosivi, acqua di mare, liquidi caldi (≥ 70 °C)

OPERAZIONI DI CONTROLLO SENZA ESTRAZIONE DELLA POMPA

Controllo isolamento motore verso terra con megaohmmetro a 1000 V, resistenza superiore a 1 M Ω .

- Misura corrente assorbita
non superiore al valore nominale
massimo squilibrio tra le fasi 2%
- Misura tensione di alimentazione
 $\pm 5\%$ per servizio continuo
 $\pm 10\%$ per servizio intermittente non a pieno carico
massimo squilibrio tra le fasi $\pm 2\%$

Sensori di controllo

- Microtermostati
- CLS 30 - Infiltrazione acqua nell'olio
- FLS - infiltrazione acqua nel motore

Verifica intervento sensori infiltrazione

- CLS-30 - sensore capacitivo per infiltrazione acqua nel serbatoio olio tenute
- Intervento con il 30% di acqua nell'olio

Verifica intervento sensori di infiltrazione

- FLS sensore a galleggiante per infiltrazione liquido nel motore
- In caso di infiltrazione
R = 330 W Ω

- Funzionamento regolare
R = 1530 WΩ

Collegamento sensori a relè MiniCAS

- Relè MINICAS II
solo due conduttori sono necessari per collegare 3 sensori :
microtermostati + CLS + FLS

Valori di intervento

I < 3 mA = sovratemperatura

3 < I < 22 ma = OK

I > 22 ma = infiltrazione

OPERAZIONI DI CONTROLLO CON ESTRAZIONE DELLA POMPA

- Pulizia esterna della macchina e controllo stato verniciatura
- Controllo ed eventuale pulizia campana di raffreddamento
- Controllo integrità cavi elettrici
- Controllo usura girante e relativi anelli usura
- Controllo tenuta superiore mediante ispezione motore
- Controllo tenuta inferiore mediante ispezione olio
- La quantità dell'olio non deve mai superare quanto indicato nelle apposite tabelle

OPERAZIONI DA EFFETTUARE IN OFFICINA

- Sostituzione tenute (interna + esterna)
- Sostituzione cuscinetti
- Verifica equilibratura girante
- Sostituzione statore ed albero motore
- Sostituzione parti in fusione

6. [ANALISI DEI GUASTI]

INTERVENTO RELÉ TERMICO

- Misurare la corrente assorbita
- Verificare la libera rotazione della girante a mano
- Pulire girante e chiocciola
- Verificare stato anelli usura

INTERVENTO MICROTERMOSTATI

- Misurare continuità cavo ausiliario dei microtermostati
- Verificare temperatura liquido pompato
- Sincerarsi che la pompa non funzioni con il motore scoperto
- Effettuare pulizia interna campana di raffreddamento (se prevista)

INTERVENTO DIFFERENZIALE

- Misurare l'isolamento motore con megaohmmetro direttamente alla morsettiera della pompa
- Misurare la resistenza degli avvolgimenti motore
- Controllare l'ispezione motore verificando che non ci sia acqua nel motore

PORTATA SCARSA

- Verificare il senso di rotazione
- Verificare eventuale intasamento/frenatura girante
- Verificare usura parte idraulica
- Verificare aspirazione pompa
- Controllare saracinesca, valvola di ritegno e tubazione di mandata

7. [MISCELATORI SERIE 4600]

I miscelatori sono indicati in applicazioni in cui viene richiesta una elevata capacità di flusso con basso consumo.

- Impianti di depurazione - fanghi minerali
- Liquami zootecnici - processi industriali

CARATTERISTICHE TECNICHE

- Due tenute meccaniche separate di nuovo tipo (a cartuccia o "Plug-in") in due diversi materiali WCCR o RSiC
- Flussaggio tenute con acqua o aria per liquami aggressivi e/o abrasivi
- Anelli di taglio o proteggi tenute per presenza di filamenti
- Acc. inox AISI 304 + 316
- Acc. Inox AISI 316
- Acc. Antiacido PROACID 254

POSIZIONAMENTO

In vasche circolari

In vasche rettangolari

VANTAGGIO DEI MIXER SOMMERSI

Libertà di posizionamento

Con attrezzature flessibili ed orientabili

Conoscenza del posizionamento

Manuale criteri di posizionamento

Programma di scelta "Mids"

Contatto con ITT Flygt

FLESSIBILITÀ, SOLUZIONI CONVENIENTI

- Interamente in acciaio inox
- Accoppiamento diretto (Motori alta polarità)
- Elica a profilo marino con alta efficienza e con diverse inclinazioni
- Anello convogliatore opzionale
- Versioni speciali antideflagranti e per temperature fino a 90°C.

INTERVALLI DI MANUTENZIONE

Temperatura di 40°C

- Ispezione ogni 8000 ore o una volta all'anno
- Revisione ogni 5 anni o ogni 50000 ore

Temperatura da 40°C a 90°C

- Ispezione ogni 4000 ore o due volte l'anno
- Revisione ogni 2 anni o ogni 20000 ore

CONTROLLO E MANUTENZIONE

L'ispezione comporta il controllo dei seguenti punti:

quantità e condizione dell'olio

- infiltrazione liquido nell'alloggio statore
- entrata cavo e cavo
- isolamento motore
- sensori anomalie
- attrezzatura di sollevamento
- controllo usura dell'elica

REVISIONE IN OFFICINA

Oltre all'ispezione comprende:

- sostituzione dei cuscinetti
- sostituzione delle tenute
- sostituzione dell'olio
- sostituzione degli anelli OR
- sostituzione dei gommini entrata cavo e del cavo

8. [AERATORI MECCANICI ITT FLYGT]

FLO-GET

Aeratore sommerso a pompa-eiettore Flo-Get N

Consente di miscelare e aerare contemporaneamente

Composto da una pompa sommersa, una tubazione di aspirazione aria ed un certo numero di eiettori. Il flusso generato dalla pompa, attraversando l'ugello tarato (aumentando di velocità) crea una zona in depressione che consente l'aspirazione dell'aria.

L'acqua e l'aria si miscelano completamente nell'eiettore.

Ispezione

Una volta l'anno per servizio intermittente

Ogni 6 mesi per servizio continuo

Controllare periodicamente il fissaggio della maniglia e delle tubazioni

RADIAL-GET

Aeratore sommerso tipo Radial - Get

Macchina a flusso radiale che utilizza una pompa sommersa abbinata ad una speciale girante stellare a doppia aspirazione

- Per depressione aspira aria a pressione atmosferica attraverso una tubazione
- La trasferisce poi al liquame tramite un diffusore radiale

Ispezione

Una volta l'anno per servizio intermittente

Ogni 6 mesi per servizio continuo

Sostituire anelli usura per gioco superiore a 1 mm

Controllare serraggio tubazioni e dispositivi di sollevamento

AIRMIXER

- Unità composta da mixer con anello convogliatore prolungato
- Diffusori d'aria alimentati da una soffiante esterna posizionati nella parte inferiore
- Ottima miscelazione e buona capacità di ossigenazione

Ispezione

- Identici controlli effettuati per i mixer
- Controllo serraggio delle parti

L'INQUINAMENTO DELLE ACQUE NATURALI AUTODEPURAZIONE DEI CORPI IDRICI SUPERFICIALI

Prof. Riccardo Maggiore

Il processo di depurazione che osserviamo negli impianti di trattamento reflui riproduce un processo che si manifesta spontaneamente in natura, attraverso il quale si ottiene la biodegradazione delle sostanze organiche (autodepurazione delle acque naturali).

Come indicato in fig. 1, tutto trae origine dall'azione di fotosintesi clorofilliana esercitata dalle piante che, partendo da sostanze semplici inorganiche (o minerali) presenti nel terreno o nell'aria (anidride carbonica, nitrati, fosfati, solfati ecc.), tendono a costituire composti più complessi come proteine, grassi, enzimi ecc, che rappresentano la materia organica presente negli ecosistemi naturali (processo di organicazione).

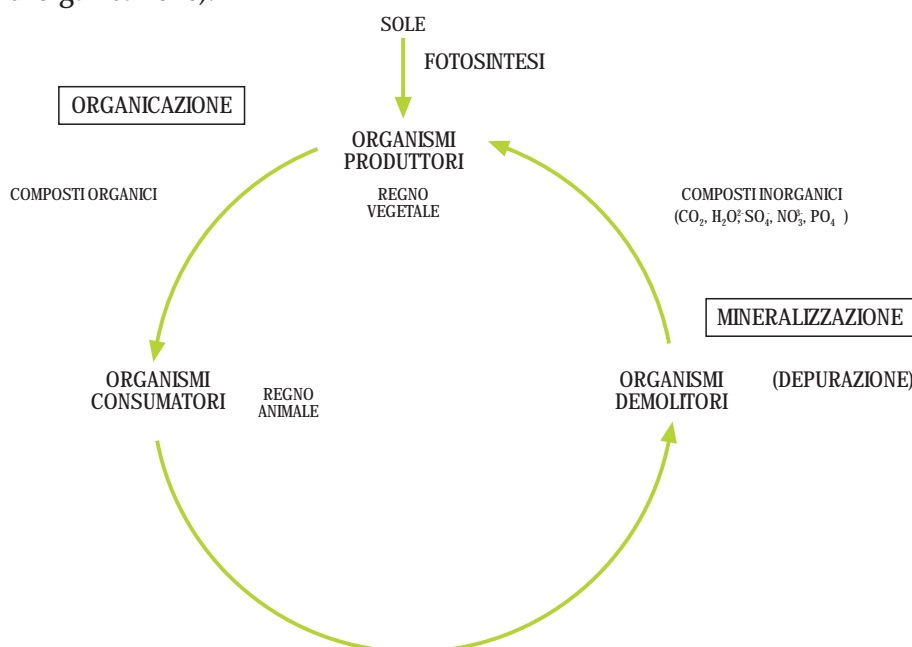


Fig. 1: Rappresentazione schematica del rapporto fra organismi produttori, consumatori e demolitori nel sistema biosfera.

L'azione inversa, svolta da particolari batteri presenti in natura, tende a scindere le sostanze organiche complesse in sostanze semplici inorganiche (processo di mineralizzazione).

A seconda della tipologia di batteri che intervengono nel processo, la semplificazione della sostanza organica può avvenire o meno in presenza di ossigeno; in tal caso si sviluppano le condizioni rispettivamente di aerobiosi e di anaerobiosi:

Processi anaerobici (-O ₂)	Sostanza organica di partenza	Processi aerobici (+O ₂)
CH ₄ (metano)	C (carbonio organico)	CO ₂ (anidride carbonica)
PH ₃ (fosfina)	P (fosforo organico)	PO ₄ ³⁻ (fosfati)
H ₂ S (idrogeno solforato)	S (zolfo organico)	SO ₄ ²⁻ (solfati)
NH ₃ (ammoniaca)	N (azoto organico)	NO ₃ (nitrati)

Fig. 2: Processi di degradazione della sostanza organica

Ciò che occorre evidenziare è che tutti i prodotti dei processi anaerobici sono di natura gassosa ed altamente tossici, mentre quelli che si sviluppano dai processi aerobici, ad eccezione dell'anidride carbonica, sono sali disciolti nell'acqua.

Tutti i processi sopra descritti avvengono regolarmente in natura in tempi molto lunghi: l'uomo tende a riprodurre lo stesso processo naturale all'interno degli impianti di depurazione, limitando i tempi e controllando la qualità e la quantità delle sostanze da trattare.

In sintesi, il processo di depurazione è un processo naturale riprodotto dall'uomo in volumi ridotti ed in tempi minori.

1. [LA DEPURAZIONE BIOLOGICA IN NATURA]

Le acque naturali utilizzano l'ossigeno in esse disciolto per eliminare le sostanze inquinanti e man mano che questo viene consumato dai batteri, altro ossigeno atmosferico si discioglie in acqua con un processo la cui cinetica è tanto più elevata quanto più rapido è il consumo di ossigeno.

L'ossigeno disciolto ha una solubilità limitata nell'acqua, solubilità che dipende dalla temperatura e dalla salinità della soluzione.

In acqua dolce, a 20°, tale solubilità è di appena 8-9 mg/l. Un apporto localizzato, con concentrazioni relative molto elevate di sostanze organiche biodegradabili, in un corpo idrico superficiale, può portare ad una totale scomparsa dell'ossigeno disciolto e tale situazione di completa anossia può innescare le reazioni biologiche anaerobiche, con relativo forte degrado qualitativo del corpo idrico.

Per quanto riguarda i fiumi, questo tipo di problema viene descritto efficacemente dalla cosiddetta curva a sacco, che permette di verificare la gravità dell'impatto ambientale di uno scarico inquinante che perviene in un ben preciso punto di un corso d'acqua (vedi fig. 3).

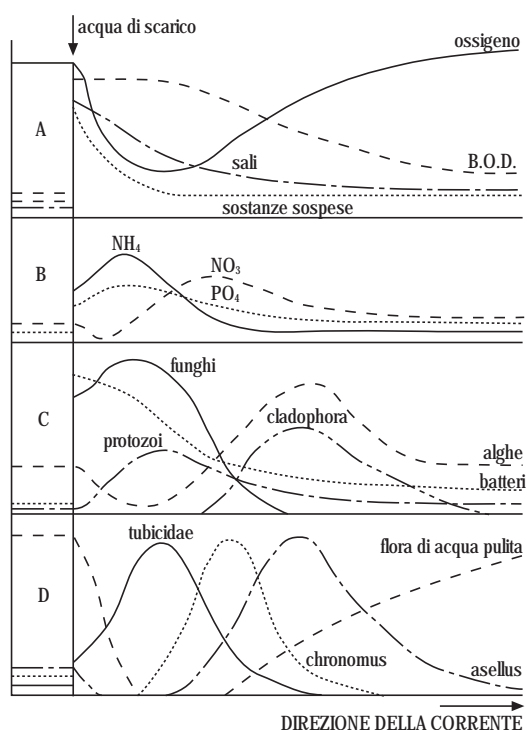


Fig. 3: Rappresentazione schematica della variazione delle caratteristiche chimiche, fisiche e biologiche di un corso d'acqua inquinato in un punto.

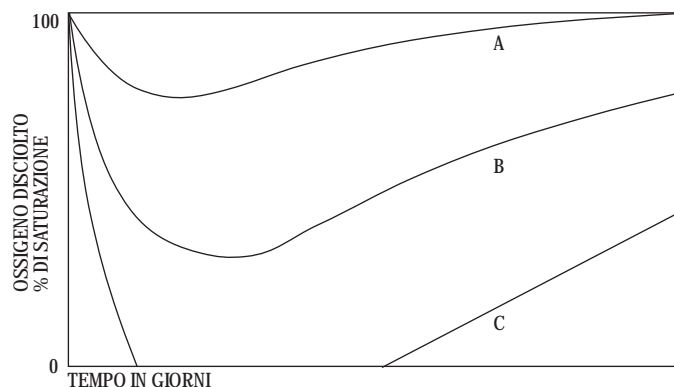


Fig. 4: Curve a sacco dell'ossigeno relative a corsi d'acqua con debole (A), forte (B) e fortissimo (C) carico inquinante.

Quando l'ossigeno disciolto giunge a zero, la curva a sacco individua la zona del fiume lungo la quale verrà cancellata qualunque forma di vita acquatica, vegetale o animale.

La fig. 5 mostra tre curve:

- la curva a sacco;
- la curva di riossigenazione, che indica l'andamento della concentrazione di ossigeno via via trasferito dall'atmosfera al mezzo liquido;
- la curva di deossigenazione, che indica la concentrazione di ossigeno disciolto che si avrebbe per effetto del progressivo consumo dell'ossigeno originariamente presente, se nel contempo non ci fosse la riossigenazione operata dallo scambio con l'atmosfera.

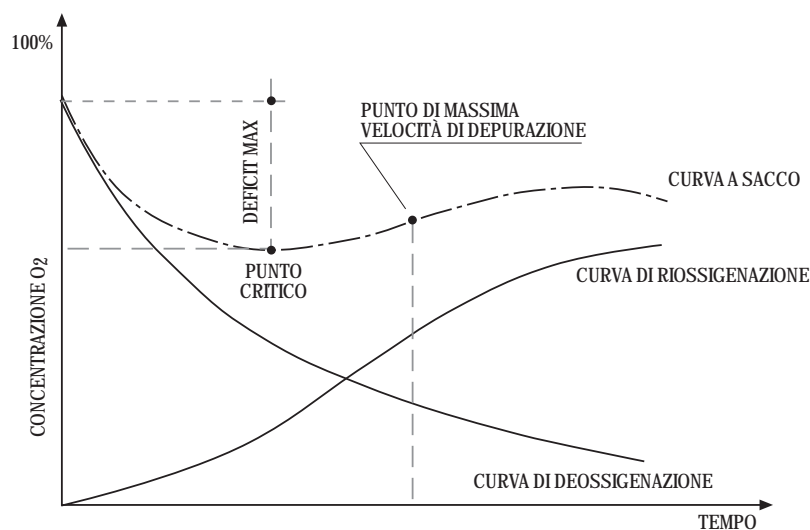


Fig. 5: Curva a sacco.

CLASSIFICAZIONE DEI LIQUAMI E PARAMETRI CHE LI CARATTERIZZANO.

Prof. Riccardo Maggiore

I liquami si distinguono in :

- liquami civili
- liquami industriali

I liquami civili presentano caratteristiche simili ed omogenee in tutte le parti del mondo, derivando dalle più comuni attività antropiche; i liquami industriali sono, invece, legati alle tipologie produttive e, quindi, ai processi produttivi in atto.

Tale differenziazione si ripercuote direttamente sulla tipologia dei trattamenti che possono essere eseguiti: i liquami civili possono essere depurati con metodi biologici; i liquami industriali possono essere depurati con metodi biologici o chimici a seconda delle concentrazioni e del tipo di inquinanti presenti allo scarico.

Le acque reflue urbane, a loro volta, si distinguono in :

- liquami forti
- liquami medi
- liquami deboli

La distinzione è effettuata in base alla quantità di sostanze organiche presenti; la composizione tipica dei tre tipi di liquami viene di seguito riportata:

PARAMETRO	CONCENTRAZIONE [mg/l]		
	LIQUAMI FORTI	LIQUAMI MEDI	LIQUAMI DEBOLI
Solidi totali	1.200	700	350
Solidi disciolti totali:	850	500	250
- non volatili	525	300	145
- volatili	325	200	105
Solidi sospesi totali:	350	200	100
- non volatili	75	50	30
- volatili	275	150	70
Solidi sedimentabili (ml/l)	20	10	5
BOD ₅ (richiesta biochimica di ossigeno)	300	200	100
TOC (carbonio organico totale)	300	200	100
COD (richiesta chimica di ossigeno)	1.000	500	250
Azoto (somma di tutte le forme, come N)	85	40	20
- organico	35	15	8
- ammoniacale	50	25	12
- nitrico	0	0	0
- nitroso	0	0	0
Fosforo (somma di tutte le forme, come P)	20	10	6
- organico	5	3	2
- inorganico	15	7	4
Cloruri	100	50	30
Alcalinità (come CaCO ₃)	200	100	50
Oli e grassi	150	100	50

Fig. 1: Caratteristiche dei liquami forti, medi e deboli.

1. [BOD E COD]

In base a quanto detto sopra, i batteri hanno bisogno di ossigeno per eseguire le operazioni di demolizione della sostanza organica. Si può, dunque, affermare che la misura dell'ossigeno necessario per i processi degradativi fornisce indirettamente la misura della sostanza organica presente nel liquame.

Il parametro che consente la valutazione del carico inquinante di un'acqua è il BOD (Biochemical Oxygen Demand). Esso viene definito come la quantità, in mg, di ossigeno utilizzato da una popolazione microbica eterogenea per demolire, in condizioni specificate di temperatura e tempo, il materiale organico biodegradabile presente in un litro d'acqua.

La misura del BOD viene effettuata determinando la quantità di ossigeno disciolto all'inizio e alla fine di un periodo di 5 giorni, in cui il campione d'acqua viene conservato in termostato alla temperatura di 20° e al buio; la differenza tra i due valori misurati rappresenta la quantità di ossigeno che i batteri hanno consumato per degradare le sostanze organiche presenti nell'acqua esaminata.

La determinazione del BOD₅ richiede tempi troppo lunghi ed è poco riproducibile, per cui spesso volte si ricorre alla determinazione di un altro parametro di inquinamento: il COD (Chemical Oxygen Demand). Il principio del metodo è basato sull'aggiunta, al campione di refluo, di una sostanza chimica (bicromato di potassio) che ossida le sostanze organiche ed eventualmente inorganiche presenti nell'acqua. Il valore del COD viene espresso come quantità equivalente di ossigeno consumato, in mg/l.

La determinazione del COD è rapida (richiede poco più di 2 ore) ed è abbastanza riproducibile, ma non coincide con il BOD, dal momento che il bicromato, essendo un forte ossidante chimico, è in grado di ossidare anche le specie organiche non biodegradabili ed alcune specie inorganiche.

Le esperienze hanno dimostrato che normalmente i due parametri, per i reflui civili, hanno un rapporto COD:BOD=2÷2.4; per gli scarichi industriali, data la natura degli stessi, non è detto che tale rapporto si mantenga, al contrario il COD può essere molto più elevato del BOD.

Valori elevati di tale rapporto indicano una scarsa biodegradabilità.

Una volta determinato il COD, noto il rapporto fra i due parametri, è possibile ricavare il valore di BOD₅.

2. [I SOLIDI]

Normalmente gli scarichi sono costituiti da una parte solida e da una parte liquida. La parte solida è composta dai solidi totali e dai solidi sedimentabili. I solidi totali sono costituiti dai disciolti totali e dai sospesi totali ed ognuna delle categorie è suddivisa in volatili e non volatili; tale differenziazione è legata alla natura stessa dei solidi e, quindi, differenti sono le metodologie di analisi:

- SST (Solidi Sospesi Totali): si determinano attraverso la filtrazione e il successivo essiccamento;
- SSV (Solidi Sospesi Volatili): si determinano bruciando in muffola a 550°C i solidi determinati precedentemente e calcolando la percentuale delle ceneri rispetto ai SST determinati;
- SDT (Solidi Disciolti Totali): si determinano dalla soluzione filtrata per la determinazione dei SST, svaporando a 100° la soluzione;
- SDV (Solidi Disciolti Volatili): si determinano bruciando in muffola a 550°C il prodotto del processo precedente ed eseguendo la differenza (espressa in percentuale sui SDT).

Per quanto riguarda i Solidi Sedimentabili, questi vengono eliminati attraverso un processo di sedimentazione primaria (la loro determinazione si ottiene mediante un cono Imhoff nel tempo di due ore).

3. [CARICO IDRAULICO E CARICO ORGANICO]

Il carico idraulico (o portata idraulica) esprime la quantità di acqua reflua che giunge al depuratore nell'unità di tempo (es. $m^3/giorno$, m^3/h).

Il carico organico indica, invece, la quantità di sostanze organiche che devono essere trattate, espresse in termini di BOD_5 , nell'unità di tempo (es. $kg BOD_5/giorno$).

Dividendo il carico organico giornaliero per il carico idraulico giornaliero si ottiene il BOD corrispondente ad ogni litro d'acqua, indicato come carico organico specifico.

L'afflusso di acqua reflua al depuratore non è costante, al contrario è caratterizzato da oscillazioni tra orari di punta e fasce orarie (quelle notturne) in cui il carico idraulico ed organico scendono fin quasi a zero.

Il grafico riportato in fig. 2 mostra le variazioni orarie di:

- portata;
- concentrazione del BOD_5 ;
- concentrazione dei solidi sospesi.

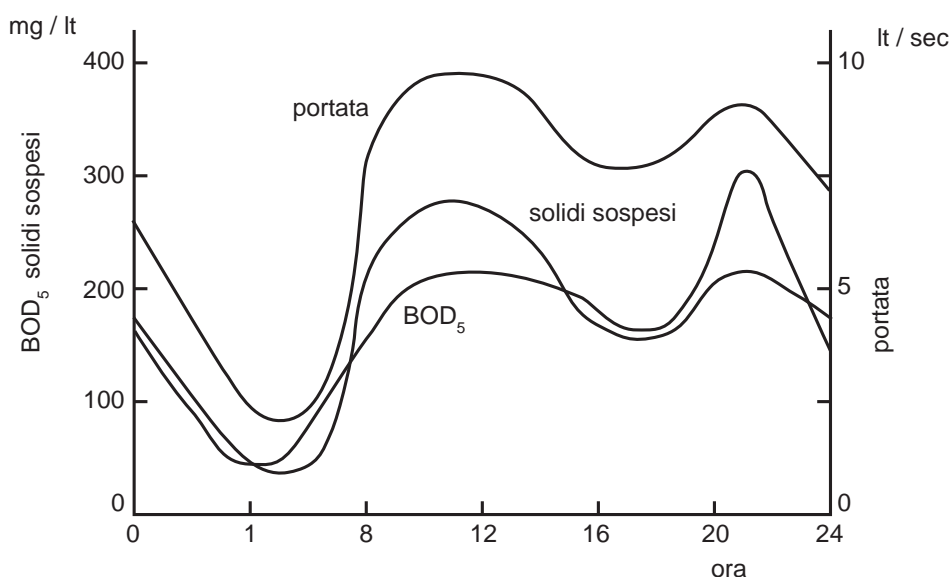


Fig. 2: Variazioni orarie di portata, concentrazione del BOD_5 , concentrazione di solidi sospesi registrate al terminale di una fognatura (da Mercialf & Eddy)

Per questo motivo è importante che gli impianti di depurazione siano provvisti di una vasca di accumulo ed equalizzazione, con un sistema di pompaggio che alimenti il depuratore in maniera costante. Alla base del corretto funzionamento di un impianto di depurazione vi è la costanza quali-quantitativa del refluo in entrata.

L'equalizzatore è dotato di un sistema di aerazione, che svolge due funzioni:

- evita l'insorgere di situazioni di anossia;
- provoca una preossidazione del refluo.

4. [ABITANTE EQUIVALENTE]

È 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.

In particolare, si definisce abitante equivalente un ipotetico abitante che consuma 250 l di acqua al giorno e produce 70 kg di BOD al giorno.

Bisogna considerare che in una città ci sono, oltre alle utenze civili, anche attività artigianali e industriali e per queste ultime va calcolato un numero di abitanti equivalenti corrispondente al BOD prodotto.

Ad esempio, nella provincia di Milano, considerando le attività industriali, si raggiunge il valore di 12.000.000 di abitanti equivalenti.

ESEMPIO:

Un'azienda industriale produce 50 mc/giorno di acque di scarico con un BOD₅ di 400 mg/l (= 400 g/mc). Il carico organico giornaliero (C_o) sarà pari a:

$$C_o = 50 \times 400 = 20.000 \text{ g/giorno (espresso in termini di BOD}_5\text{)}$$

Poiché un abitante equivalente (a.e.) produce giornalmente 70g di BOD₅, il suddetto carico organico sarà uguale a:

$$N \text{ a.e.} = \frac{C_o}{70} = \frac{20.000}{70} = 286 \text{ abitanti equivalenti}$$

PRINCIPI DI DEPURAZIONE BIOLOGICA. IL FANGO ATTIVO.

Prof. Riccardo Maggiore

1. [BIOCHIMICA DEI FANGHI ATTIVI]

In un'acqua inquinata da sostanze organiche, sottoposta ad aerazione, si formano lentamente delle colonie di microrganismi aerobi, che assumono l'aspetto di un fango fioccoso color nocciola; tale fango, detto fango attivo, è in grado di provocare una rapida ossidazione delle sostanze organiche biodegradabili contenute nell'acqua.

Nel campo della depurazione biologica i batteri sono senza dubbio i microrganismi che rivestono maggiore importanza, seguiti da funghi, muffe e virus.

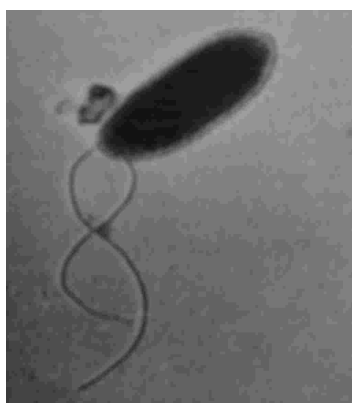


Fig. 1: Batterio visto al microscopio elettronico (40.000 ingrandimenti).

La cellula batterica produce all'esterno della propria membrana degli enzimi idrolitici che attaccano le proteine, i grassi e i carboidrati scindendoli rispettivamente in amminoacidi, acidi grassi e zuccheri semplici. Tali molecole, avendo modeste dimensioni, possono attraversare la membrana cellulare, al cui interno, poi, vengono riaggreate per generare nuovamente proteine, grassi e carboidrati.

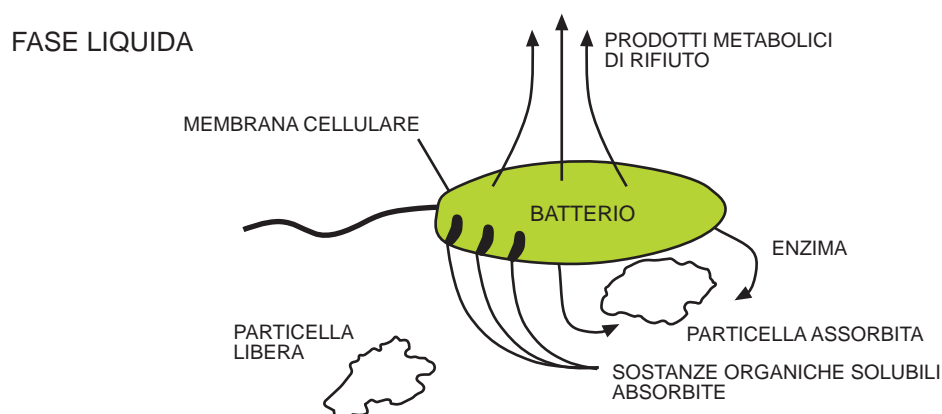


Fig. 2: Modalità di assimilazione delle sostanze da parte dei batteri.

Il metabolismo cellulare è divisibile in anabolismo e catabolismo.

L'anabolismo è la fase di sintesi dei biopolimeri (proteine, grassi, polisaccaridi), sostanze necessarie per la crescita e la riproduzione, la quale avviene con il meccanismo della duplicazione cellulare.

L'energia necessaria allo svolgimento dei processi di sintesi viene ottenuta attraverso reazioni esotermiche di ossidazione biochimica della sostanza organica, con produzione di anidride carbonica, nitrati, solfati, fosfati che permangono nell'acqua (processo catabolico) (fig. 3).

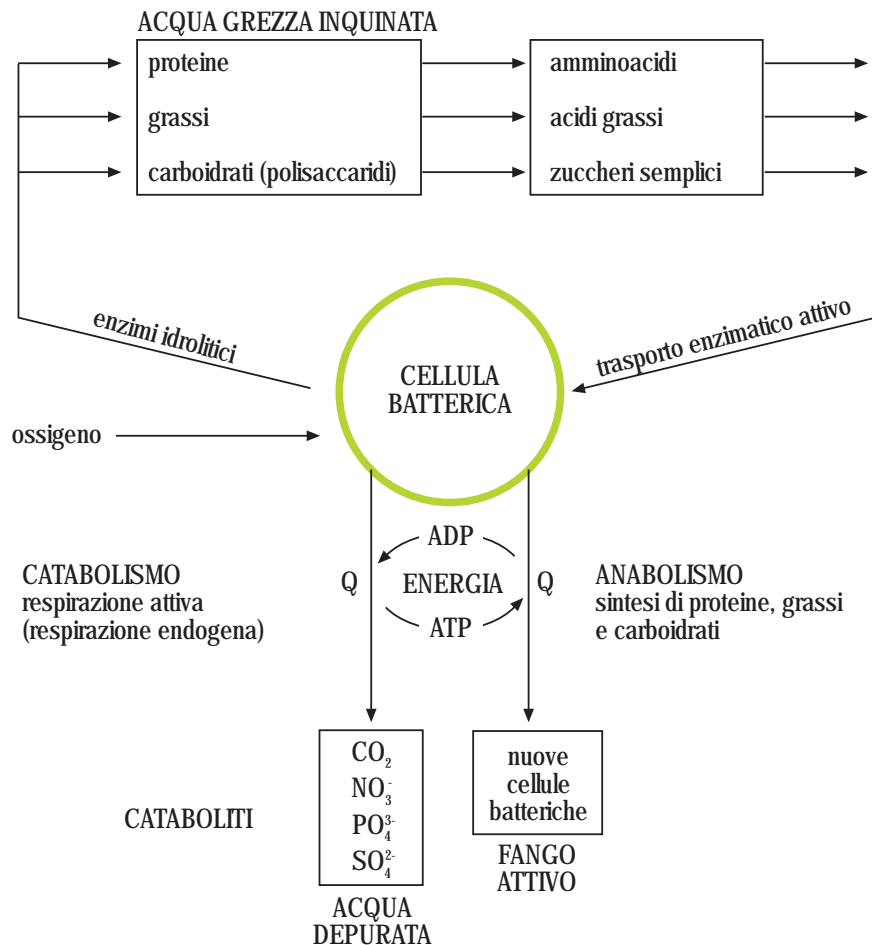
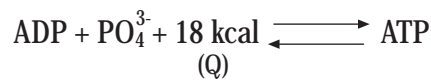


Fig. 3: La depurazione biologica è conseguenza dell'attività metabolica dei batteri.

Lo scambio di energia nella cellula viene realizzato attraverso la reazione:



ADP = adenosin-di-fosfato

ATP = adenosin-tri-fosfato

Ulteriori prodotti del metabolismo batterico sono delle sostanze polisaccaridiche (come il glicogeno) estromesse dai batteri stessi, con azione flocculante, cioè con la funzione di favorire l'aggregazione dando luogo a microflocchi, che poi man mano si ingrandiscono. Questa secrezione funge, in definitiva, da collante e il fenomeno è indicato come bioflocculazione.

In fig. 4 sono mostrate tali secrezioni così come appaiono al microscopio elettronico.



Fig. 4: La produzione di biopolimeri esocellulari conferisce ai batteri l'aspetto di un fiocco gelatinoso.

In queste condizioni l'acqua, originariamente trasparente, diventa torbida per la formazione di quello che viene definito 'fango a punta di spillo' (in inglese 'pin point sludge'); questo è il fango che si forma quando si avvia il depuratore.

I fiocchi di fango sono strutturalmente costituiti da uno scheletro formato da batteri filamentosi, con batteri di forma sferica (cocchi) che si aggregano tra i filamenti e danno consistenza al fiocco. Quando la cellula batterica trova carenza di nutrienti, può utilizzare le sostanze contenute nel protoplasma interno, cioè può trarre energia da se stessa: tale processo è definito come respirazione endogena, mentre i processi in cui vengono utilizzate le sostanze nutritive esterne alla cellula costituiscono la respirazione attiva.

Nel caso della respirazione endogena il fiocco riduce le sue dimensioni e si autodepura. Tutto ciò può essere misurato attraverso la determinazione dei solidi sospesi volatili (SSV). In particolare, si filtra il mixed liquor e si lascia il filtro in stufa a 180°; da qui si ottiene il peso del fango. Poi si porta lo stesso filtro in muffola a 550° per eliminare le sostanze organiche volatili. Per differenza, si ottengono i SSV, costituiti per lo più da glicogeno e sostanze organiche residue.

2. [FATTORE DI CARICO ORGANICO F_c]

F_c rappresenta la quantità di sostanza organica che viene fornita ad ogni kg di fango presente nella vasca di ossidazione di un depuratore a fanghi attivi ed è espresso in kg BOD₅/kg SS al giorno.

Il parametro esprime, in parole povere, la 'razione quotidiana' di cibo che ha a disposizione ogni kg di fango.

La scelta del fattore di carico organico deve essere soppesata sulla base dell'impianto che si deve realizzare.

Quando F_c è inferiore a 0.08 si assiste alla stabilizzazione del fango nella stessa vasca di ossidazione perché la sostanza organica è così poca che, dopo averla consumata, il fango mineralizza se stesso. Negli impianti ad ossidazione totale, il valore ideale di F_c è 0,07; negli impianti ad ossidazione parziale (come quelli comunali) $F_c = 0,3-0,35$. Con un fattore di carico così elevato, il fango attivo nella vasca di ossidazione può solo depurare il liquame grezzo (respirazione attiva) ma non se stesso. In questo caso, la respirazione endogena viene effettuata in un'altra vasca aerata (il digestore), dove il fango viene mineralizzato finché diventa stabile e non più putrescibile. Dall'analisi della curva di Wurhman è possibile determinare il rendimento depurativo percentuale (η) corrispondente ad ogni valore di F_c .

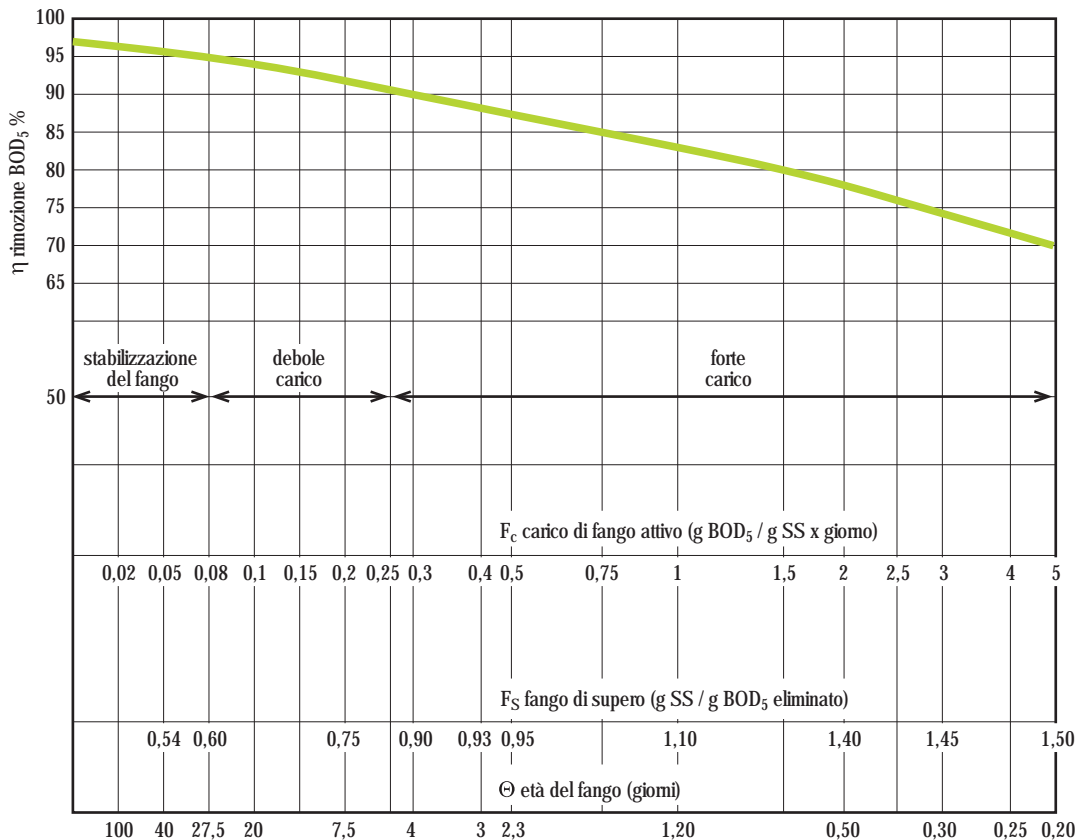


Fig. 5: Curva di Wurhman.

Esiste una relazione che correla il fattore di carico organico con il volume della vasca di ossidazione e consente, quindi, la determinazione del valore di quest'ultimo:

$$F_c = \frac{Q \times L_i}{V \times C_a}$$

Q = carico idraulico (mc/giorno)

L_i (liquor) = BOD specifico (kg/mc)

C_a = concentrazione dei fanghi nella vasca (kg/mc)

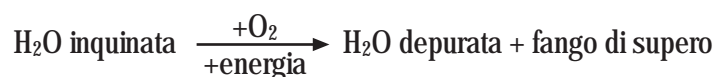
V = volume della vasca (mc)

Il rapporto $T = \frac{V}{Q}$ (h) è denominato tempo di ritenzione (o tempo di detenzione, o tempo di contatto).

Gli impianti ad ossidazione totale ($F_c < 0,08$), con vasche di ossidazione più grandi e maggiori consumi energetici, sono preferiti, per la loro semplicità, nei piccoli insediamenti (<2000 a.e.).

3. [FANGO DI SUPERO]

Durante il processo anabolico ha luogo la riproduzione cellulare che, ovviamente, comporta un aumento continuo della quantità di fango (fango di supero, cioè fango in eccesso). Ciò permette di fissare un principio fondamentale: non può esservi acqua depurata senza produzione di fango di supero.



Il fango di supero deve essere regolarmente allontanato, se si desidera che la concentrazione dei fanghi attivi nella vasca di ossidazione rimanga pressoché costante (da 3 a 5 kg SS/mc).

Una grandezza che caratterizza la produzione di fango di supero è il tasso di crescita del fango, definito come la percentuale di aumento giornaliero del peso di fango esistente nell'impianto. Esso rappresenta il rapporto percentuale fra la quantità di fango di supero (in peso) da estrarsi giornalmente (per mantenere costante la concentrazione del fango nella miscela aerata) e la quantità di fango (in peso), esistente nel sistema.

Una grandezza molto significativa è pure l'età del fango, che è esattamente la grandezza inversa del tasso di crescita, 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):

$$E \text{ (giorni)} = \frac{\text{kg SS}_{\text{ox}}}{\text{kg SS}_{\text{estratti/giorno}}}$$

La quantità complessiva di fango viene praticamente considerata, in genere, come quella presente nella fase di aerazione.

In definitiva, l'età del fango individua il tempo complessivo in cui il fango, in un impianto a fanghi attivi, soggetto a continuo ricircolo, soggiorna complessivamente nell'impianto, cioè il tempo di detenzione del fango.

Per acque reflue domestiche, esiste una diretta dipendenza del tasso di crescita del fango, e quindi anche dell'età del fango, dal fattore di carico organico F_c .

Il grafico di fig. 6 rappresenta l'andamento sperimentale dell'età del fango, dell'indice di produzione di fango e del tasso di crescita, al variare del fattore di carico organico.

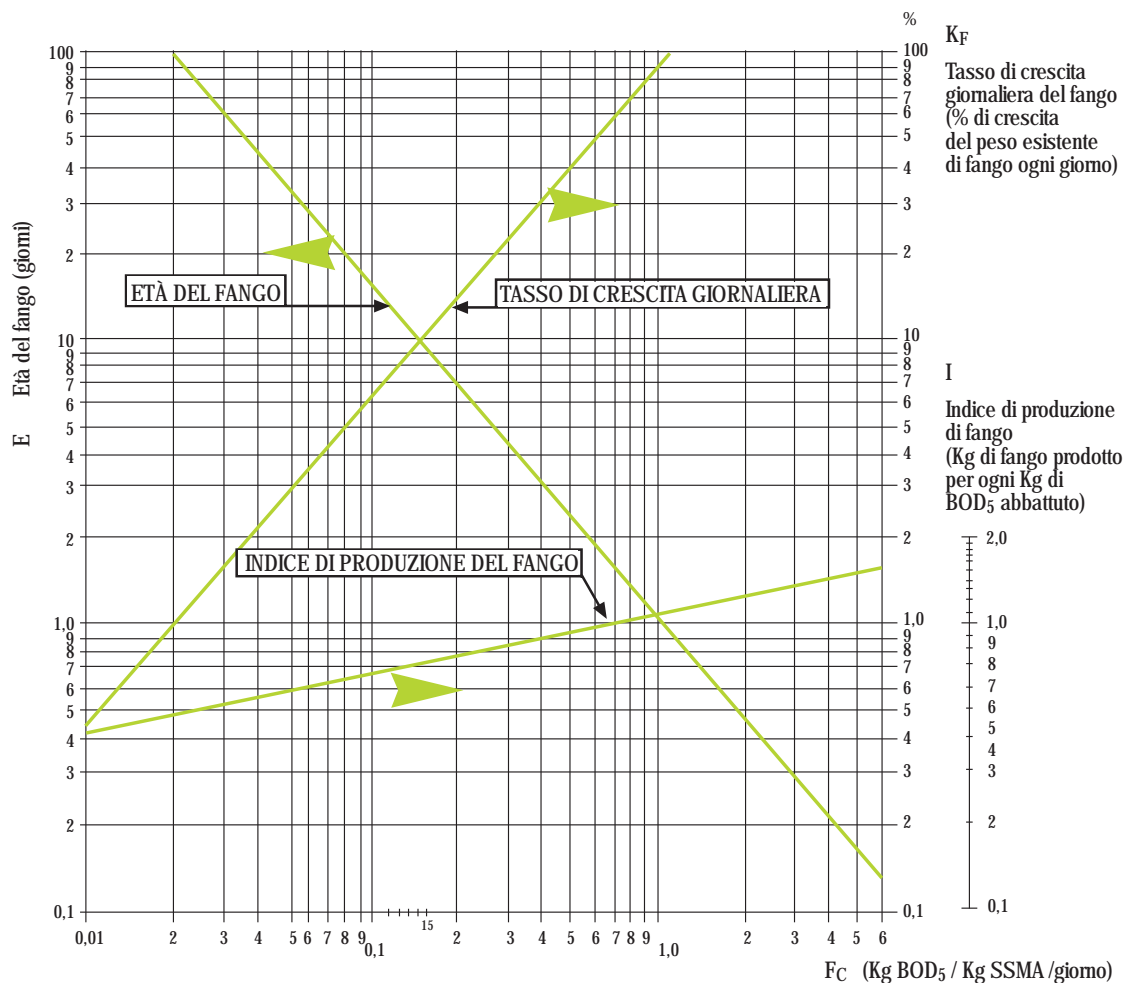


Fig. 6: Andamento dell'età del fango, dell'indice di produzione di fango e del tasso di crescita giornaliera, per impianti a fanghi attivi (dotati di sedimentazione primaria), al variare del fattore di carico organico F_c .

Per indice di produzione del fango si intende qui il peso di fango di supero prodotto per unità di peso di BOD₅ rimosso nell'impianto (kg SS/kg BOD₅ rimosso).

4. [SVI]

Il parametro Indice di Volume del Fango SVI (Sludge Volume Index) indica il volume, in millilitri, occupato da un grammo di fango attivo (prelevato dalla vasca di ossidazione), dopo 30 minuti di sedimentazione in un cono Imhoff. Si calcola nel modo seguente:

$$SVI = \frac{\text{volume di fango sedimentato (ml)}}{\text{peso del fango (g)}}$$

Un fango attivo di buona qualità presenta valori di SVI compresi tra 60 e 150 ml/g. Quando $SVI < 60$ i fanghi sono molto piccoli e compatti (pin point sludge); quando invece $SVI > 150$ i fiocchi sono distanti l'uno dall'altro e il fango, in tal caso, è eccessivamente rigonfio (fenomeno del bulking). In entrambi i casi possono aversi disfunzioni nella fase di sedimentazione. Il fango micronizzato ($SVI < 60$) è leggerissimo, per cui non sedimenta bene e viene facilmente trascinato via dall'acqua che esce dal sedimentatore. Nel caso invece del bulking ($SVI > 150$), il rigonfiamento del fango tende ad aumentare eccessivamente l'altezza del letto del fango, provocando trascinamenti di solidi insieme all'acqua depurata in uscita dal sedimentatore.

IMPIANTI DI DEPURAZIONE A FANGHI ATTIVI

Prof. Riccardo Maggiore

All'interno degli impianti di depurazione sono presenti una serie di trattamenti che possono essere così suddivisi:

- Trattamenti primari, di natura prevalentemente fisica o meccanica (ad esempio sedimentazione primaria, grigliatura, dissabbiatura);
- Trattamenti secondari, di natura biologica (ad esempio ossidazione biologica);
- Trattamenti terziari, di natura chimico-fisica (ad esempio filtrazione, denitrificazione, defosfatazione, etc.).

I primi due trattamenti sono sempre presenti negli impianti biologici, il terzo si trova solo negli impianti più grandi e complessi.

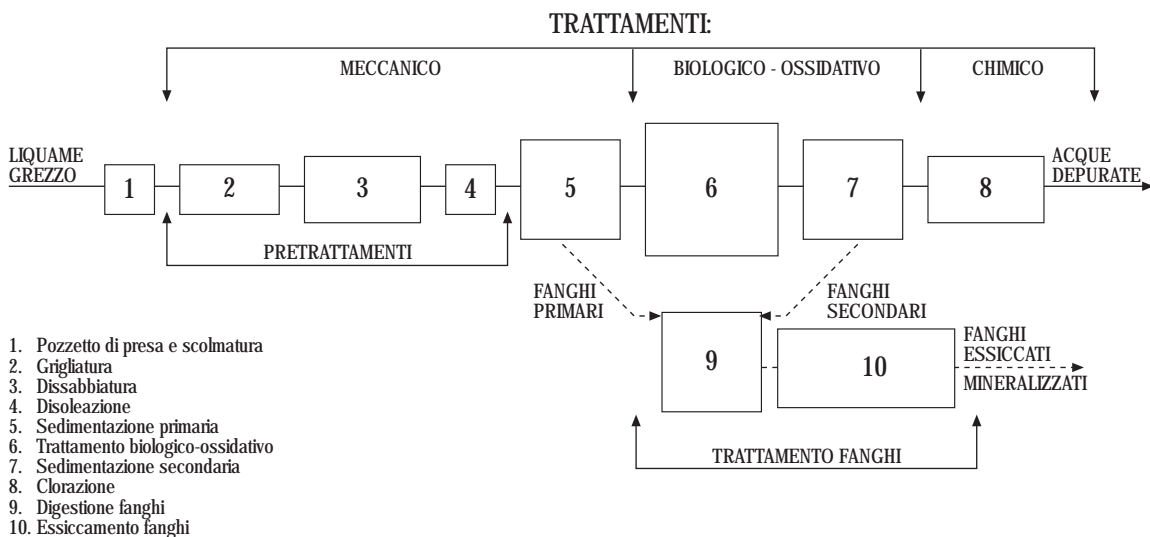


Fig. 1: Impianto di depurazione a fanghi attivi: trattamenti primari e secondari.

1. [TRATTAMENTI PRIMARI]

I trattamenti primari rispondono all'esigenza di eliminare dal refluo i corpi solidi, la cui degradazione ad opera dei batteri richiederebbe tempi troppo lunghi, trattandosi di un processo che interessa solo la superficie; in più, i corpi grossolani possono intasare e danneggiare pompe e macchinari.

Generalmente si preferisce ricorrere prima ad una grigliatura grossolana, che elimina i corpi più voluminosi ed è effettuata ad opera di griglie in acciaio con barre verticali distanziate tra di loro di 2÷3 cm; poi, ad una grigliatura fine, che è in grado di eliminare corpi con diametro di pochi millimetri.

La pulizia delle griglie può essere effettuata manualmente o, più convenientemente, in modo meccanizzato adottando diverse soluzioni: griglie ad arco, griglie a pettine, filtri rotativi a tamburo.

Il dissabbiatore elimina dal refluo le sabbie e tutte quelle particelle simili alle sabbie che possono danneggiare tubazioni e macchinari attraverso abrasione, erosione o intasamento.

2. [TRATTAMENTI SECONDARI: L'OSSIDAZIONE BIOLOGICA]

Da un punto di vista funzionale, il cuore di un impianto di depurazione biologica è rappresentato dal comparto di ossidazione biologica (OX) e sedimentazione secondaria (SED): il buon funzionamento dell'impianto e, di conseguenza, l'alto rendimento depurativo raggiungibile è strettamente connesso al buon dimensionamento del suddetto comparto, nonché alla sua corretta gestione.

La sezione di ossidazione biologica può essere così schematizzata:

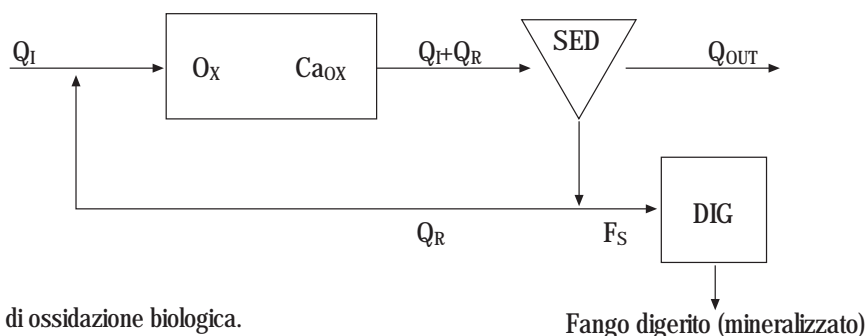


Fig. 2: Comparto di ossidazione biologica.

I microrganismi utilizzano le sostanze presenti nell'acqua da trattare come cibo per il loro sviluppo e come fonte energetica per il loro metabolismo.

I prodotti finali dell'ossidazione sono principalmente: anidride carbonica, solfati, nitrati, fosfati e acqua.

Negli impianti biologici è necessario mantenere una sufficiente concentrazione di fanghi attivi nella vasca di ossidazione, per consentire una rimozione delle sostanze organiche in un tempo ragionevolmente breve, calcolato in fase di progetto.

Se la concentrazione scende al di sotto di 3 g/l la depurazione non avviene efficacemente, pur mantenendo una concentrazione ottimale di ossigeno disciolto.

Il mantenimento del valore ideale di concentrazione dei fanghi è garantito da un sistema di ricircolo, la cui portata può variare in funzione della concentrazione dei fanghi e, durante la giornata, in funzione dei picchi di carico.

Dunque, il fango inviato al sedimentatore ritorna, attraverso il ricircolo, in vasca di ossidazione, dove, prima ancora della attività ossidativa, esercita la funzione di favorire la bioflocculazione, un meccanismo fondamentale nella depurazione.

È importante, a tal fine, che l'ingresso del ricircolo sia collocato in prossimità dell'ingresso del refluo, in modo che si abbia una miscelazione di quest'ultimo con i fanghi di ricircolo. In alcuni casi viene invece compiuto l'errore di introdurre il ricircolo nella zona corrispondente all'uscita del refluo, in corrispondenza del collegamento con il sedimentatore: ciò impedisce un efficace contatto fra il liquame grezzo ed il fango attivo (corto-circuito idraulico).

La portata del ricircolo obbedisce alla seguente relazione matematica:

$$C_a (Q_i + Q_r) = C_r^* Q_r$$

C_a e Q_i sono, rispettivamente, la concentrazione del fango in ossidazione e la portata in ingresso; analogamente, C_r e Q_r indicano la concentrazione del fango e la relativa portata nel ricircolo.

È possibile estrapolare il valore di C_r :

$$C_r = \frac{(Q_i + Q_r) * C_a}{Q_r}$$

La portata di ricircolo deve essere compresa nell'intervallo:

$$0.5 Q_i < Q_r < 2 Q_i$$

Questi due limiti sono però valori estremi, normalmente si tende ad avere portate ricadenti nella fascia centrale di tale intervallo (normalmente, $Q_r = Q_i$; in tal caso $C_r = 2C_a$).

In alcuni impianti, una parte del fango di ricircolo viene miscelata al refluo prima di entrare nel sedimentatore primario, al fine di sfruttare la sua capacità di bioflocculazione. Si ottiene così un risparmio nei costi di gestione, poiché si evita l'impiego di agenti flocculanti.

Anche la regolazione del letto del fango nel sedimentatore è fondamentale, se si tiene presente che in esso non vi è aerazione e il fango depositato, in attesa di entrare in ricircolo, ha a disposizione solo l'ossigeno residuo presente nell'acqua, che progressivamente si esaurisce. In presenza di un'elevata quantità di fanghi, l'ossigeno viene consumato molto velocemente, con rischio di anossia e sviluppo di ceppi anaerobici.

In un caso simile, ad esempio, conviene aumentare la portata di ricircolo, in modo da ridurre l'altezza del letto di fango ed abbassare il tempo di residenza nel sedimentatore.

3. [TRATTAMENTI SECONDARI: LA SEDIMENTAZIONE]

Il processo di sedimentazione costituisce una delle fasi più importanti del trattamento acque reflue ed è sfruttato sia come fase preliminare prima di trattamenti successivi (sedimentazione primaria), sia come fase finale (sedimentazione secondaria).

La sedimentazione secondaria deve soddisfare due requisiti:

- a) separare i fanghi attivi dall'acqua;
- b) addensare i fanghi del ricircolo.

Un esempio comune di vasca di sedimentazione è quello 'a letto di fango', mostrato in fig. 3.

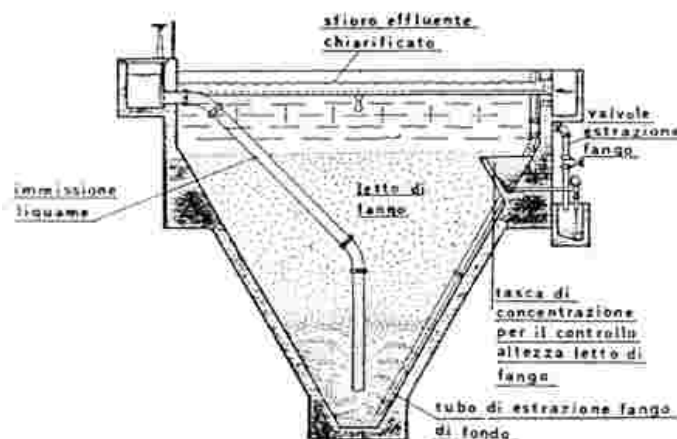


Fig. 3: Vasca di sedimentazione «a letto di fango».

La suddetta vasca ha pareti oblique con pendenza di circa 60°; questa forte inclinazione evita che il fango si depositi sulle pareti e consente piuttosto che scivoli verso il fondo, da cui viene poi estratto.

La condotta di immissione del liquame è sufficientemente profonda da pescare all'interno del letto: il refluo è costretto ad attraversare uno strato di fango, che in tal modo esercita una vera e propria azione di filtrazione sul liquame. Infatti, il fango del letto è costituito da particelle da tempo agglomeratesi in fiocchi sufficientemente grossi, tali da 'intrappolare' le particelle più minute presenti nel liquame. Si ottiene così un effetto depurativo senz'altro molto efficace.

Tali tipi di sedimentatore a "letto filtrante" sono tuttavia molto sensibili alle variazioni di flusso. Pertanto, più comunemente, nella maggior parte dei sedimentatori statici (senza organi in movimento) il liquame entra nella zona superiore all'interno di una gonna (chiamata anche campana o deflettore), cioè un cilindro (la cui parte superiore emerge dall'acqua) che costringe il liquame a scendere verso il basso, in modo da facilitare la sedimentazione dei solidi.

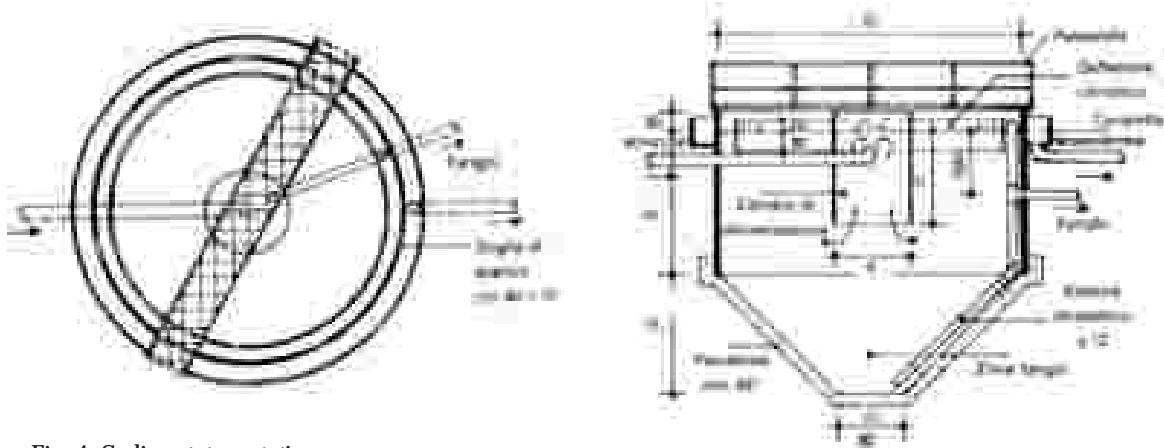


Fig. 4: Sedimentatore statico.

Per impianti che richiedono capacità superiori a 600 mc, i sedimentatori statici (come quello sopraindicato) diventerebbero troppo profondi, per cui si preferisce ricorrere a vasche 'a flusso longitudinale', con pendenza ridotta al 7-8% (fig. 5).

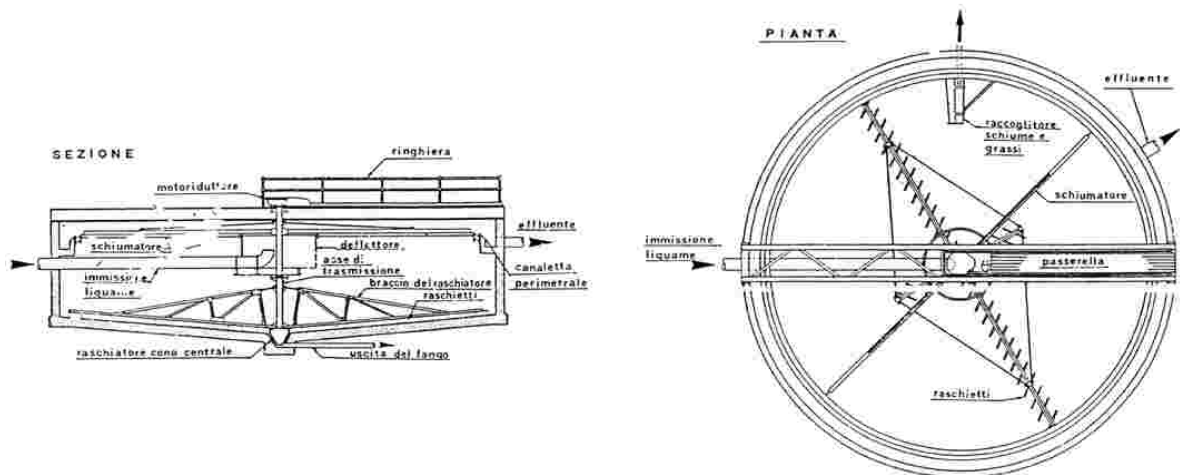


Fig. 5: Vasca di sedimentazione a pianta circolare, con raccolta meccanica del fango; azionamento del raschiatore da albero centrale.

Questi sedimentatori sono dotati di particolari dispositivi di raschiamento del fondo che, spostandosi molto lentamente, spingono il fango sedimentato verso le tramogge di raccolta; il trascinarsi del raschiatore avviene tramite un ponte con struttura metallica ('ponte raschiatore') incernierato su un supporto di sostegno al centro della vasca.

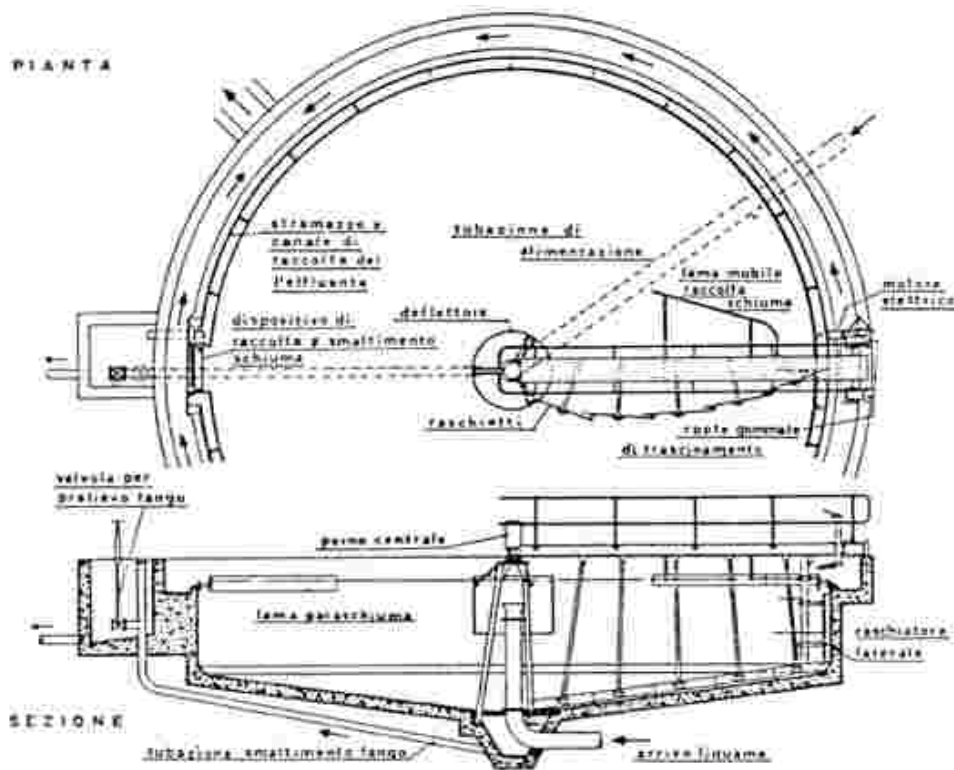


Fig. 6: Vasca di sedimentazione a pianta circolare, meccanizzata; azionamento del raschiatore con trazione periferica.



Fig. 7: Particolare della vasca di sedimentazione di fig. 5
 a) Ponte raschiatore con ruote gommate di trascinamento.
 b) Raschiatore di fondo con raschietti disposti in forma elicoidale.

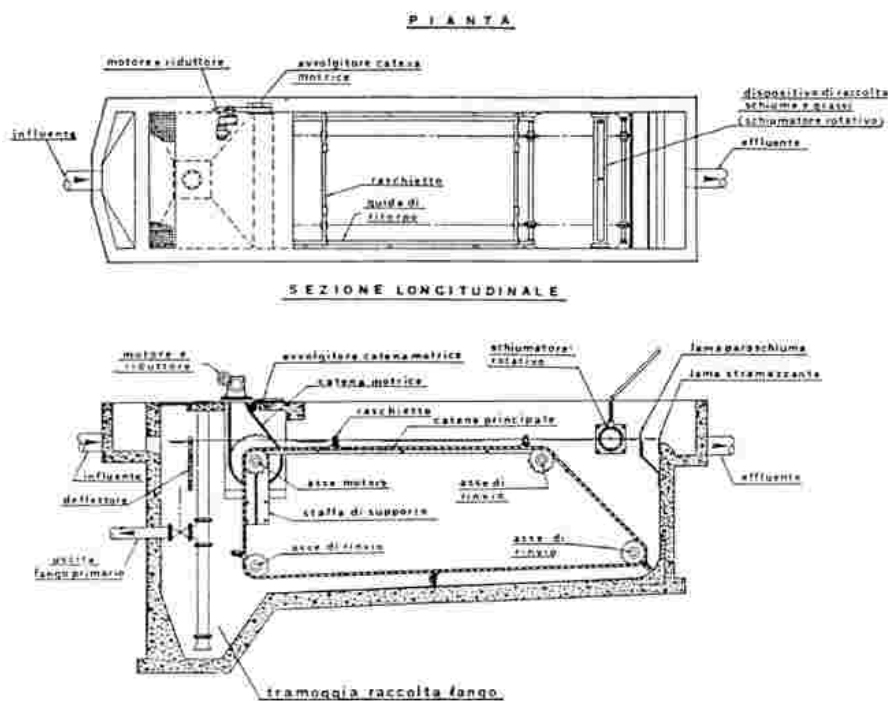


Fig. 8: Vasca di sedimentazione a pianta rettangolare, con raccolta meccanica del fango mediante raschiatore a catena.

La fig. 8 rappresenta invece una vasca di sedimentazione rettangolare a flusso longitudinale, con raccolta meccanica del fango mediante raschiatore a catena.

In genere, le vasche rettangolari sono preferite negli impianti medio-piccoli, laddove ci siano problemi di spazio che richiedano strutture compatte; negli impianti di grandi dimensioni sono invece preferite le vasche circolari.

In tutti i tipi di vasche è prevista anche una 'lama schiumatrice', che serve per intercettare le schiume galleggianti e convogliarle in un apposito dispositivo di raccolta ("scum box"), dal quale poi o vengono miscelate con i fanghi, o vengono addotte ad un trattamento indipendente.

Sulla sedimentazione secondaria si basa buona parte del processo di depurazione, in quanto è fondamentale ottenere una buona separazione tra l'acqua depurata e i fanghi.

Esiste una relazione tra i Solidi Sospesi in uscita dal sedimentatore e il BOD in uscita:

$$\text{BOD} = 10 + 0.43 \cdot \text{SS}$$

Si tratta di una formula ricavata da una media statistica, che tuttavia è ben rispettata quando la sedimentazione avviene in modo efficiente.

Spesse volte non si riesce a raggiungere una buona efficienza del processo di sedimentazione e ciò può essere attribuito a diversi fattori, alcuni dei quali (i principali) vengono qui riassunti.

A) TEMPO DI RITENZIONE t_r

Il tempo di ritenzione è l'intervallo di tempo che il refluo deve trascorrere nel sedimentatore:

$$2 < t_r < 8$$

Più piccolo è l'impianto, maggiore deve essere il tempo di ritenzione, poiché il sedimentatore è sottoposto a maggiori perturbazioni idrauliche.

Il calcolo di t_r può essere effettuato utilizzando il valore del volume del sedimentatore V e la portata in ingresso dell'impianto Q :

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

Il valore di 8 ore è comunque un limite estremo che di norma non viene mai raggiunto perché superando l'intervallo di 6 ore possono verificarsi fenomeni di anossia e putrefazione. Per grandi impianti (al di sopra di 5000 A.E.) è sufficiente un $t_r = 2\div 3$ ore.

B) VELOCITÀ ASCENSIONALE V_a

Rappresenta la velocità con cui l'acqua sale verso l'alto, nella vasca di sedimentazione, per raggiungere la grondaia di sfioro:

$$V_a \text{ (m/h)} = \frac{Q \text{ (mc/h)}}{S \text{ (mq)}}$$

Q è sempre la portata in ingresso; S è la superficie del sedimentatore.

Più grande è l'impianto, maggiore può essere V_a , ma in ogni caso essa è compresa fra i valori $0,3\div 1$ m/h. Per i piccoli impianti è opportuno limitare V_a al range $0,3\div 0,6$ (norme tedesche ATV), sulla portata di picco $Q_p=3Q_m$.

La velocità ascensionale dell'acqua esercita su ogni fiocco di fango una forza che deve essere inferiore alla forza di gravità cui la particella è sottoposta, altrimenti non si ha la sedimentazione dei fiocchi.

C) PORTATA DELLO STRAMAZZO Q_{str}

Con il termine stramazzo si definisce la canaletta situata al bordo della vasca, in cui confluiscono le acque di sfioro.

La portata allo stramazzo deve essere inferiore a 10 mc/h per ogni metro lineare, al fine di evitare una elevata velocità di sfioro tale da provocare trascinamenti di fanghi.

Solitamente lo stramazzo ha una conformazione 'a denti di sega', che permette di aumentare la lunghezza dello stramazzo all'aumentare della portata, in modo che la portata allo stramazzo rimanga costante.

D) ASPETTI STRUTTURALI (scorretta inclinazione del fondo-vasca)

L'ottimale funzionamento del processo può dipendere anche da aspetti strutturali: l'angolo del fondo-vasca deve avere una inclinazione di circa 60° ; un sedimentatore costruito con un'inclinazione scorretta non fa scivolare bene il fango sulle pareti, che tende così ad aderire su di esse.

E) PARATIA FERMAGRASSI

A circa 10 cm di distanza dal canale di sfioro, è localizzata una paratia fermagrassi, che per i $2/3$ si trova immersa nell'acqua, mentre per $1/3$ della sua altezza si trova al di sopra della superficie. La sua presenza contribuisce al miglioramento del processo di depurazione, impedendo ai fanghi flottanti (schiume, grassi, fanghi sfoccati) di uscire insieme all'acqua depurata.

4. [LA LINEA ARIA]

Analizziamo ora l'aspetto più importante nella depurazione: la quantità di ossigeno in vasca di ossidazione.

Negli impianti a fanghi attivi si cerca di superare l'unico limite che ha in natura l'autodepurazione dei corpi idrici: la modesta presenza di ossigeno disciolto, dovuta al fatto che la solubilizzazione può avvenire solo all'interfaccia tra acqua ed atmosfera.

L'ossigenazione delle acque sottostanti si attua solo in presenza di un forte idrodinamismo capace di rinnovare continuamente la superficie del corpo idrico. Nelle paludi, ad esempio, l'acqua in superficie è satura di ossigeno per uno spessore di pochi millimetri. Al di sotto di tale strato, le acque sottostanti (immobili) sono carenti di ossigeno.

Nei depuratori, il metodo più comune per arricchire in ossigeno il refluo fa uso di sistemi che insufflano aria dal fondo-vasca, facendo sì che tutta la massa idrica possa diventare un'interfaccia aria/acqua. È necessario ribadire che la concentrazione del fango non deve essere troppo elevata, altrimenti il refluo non si comporta più da fluido ma da materiale fangoso-semipalabile; l'aria insufflata incontra maggior difficoltà nell'attraversare la massa viscosa e dà luogo a grosse bolle, con conseguente diminuzione di ossigeno disciolto (lo scambio ossigeno/acqua è tanto maggiore quanto più piccole sono le bolle).

La concentrazione del fango in acqua non deve mai essere superiore al 6%; tuttavia nelle vasche di ossidazione si adottano, per diversi motivi, concentrazioni molto più basse (generalmente non superiori ai 5 g/l).

Un parametro che viene spesso adottato per determinare il fabbisogno di ossigeno è il fattore di richiesta di ossigeno F_0 , che rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per ogni kg di BOD ed è espresso in kg O_2 /kg $BOD_{abbattuto}$.

Nel grafico di fig. 9 è riportato il valore di F_0 in funzione del fattore di carico organico F_c .

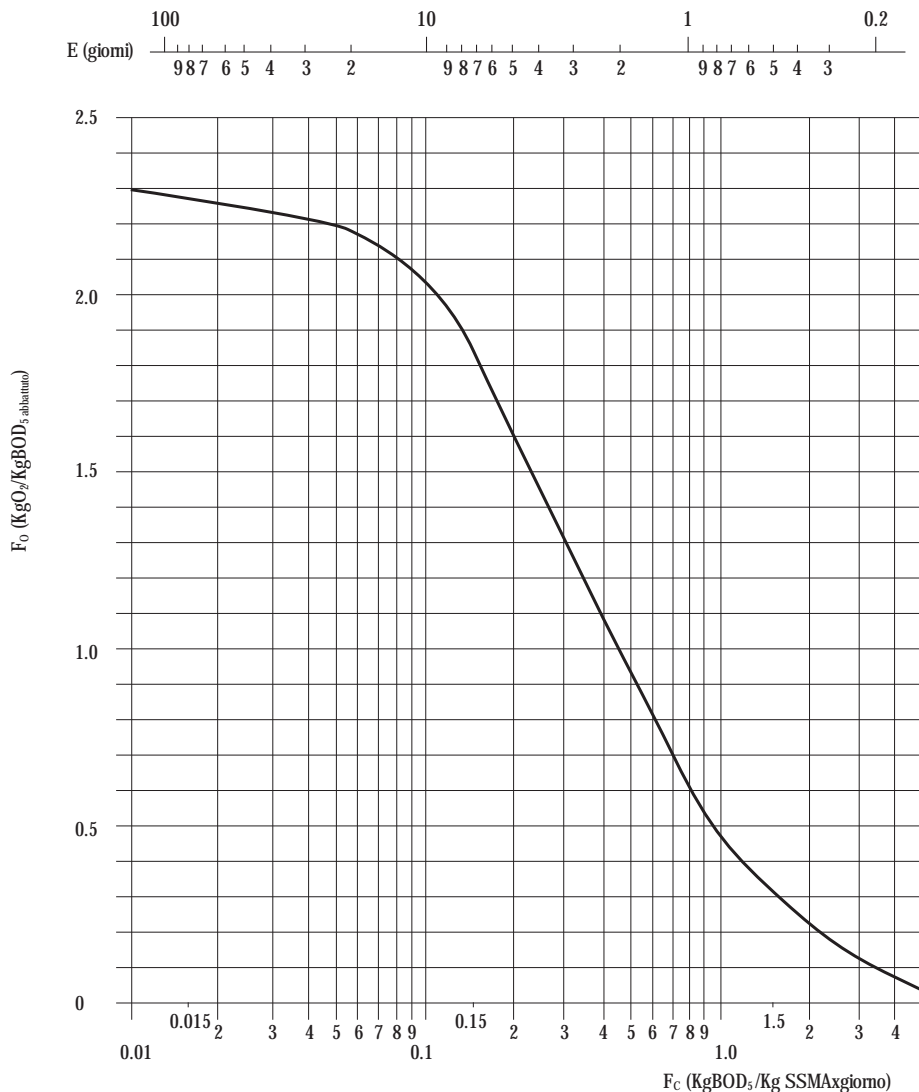


Fig. 9: Fattori di richiesta di ossigeno per impianti a fanghi attivi, in funzione del fattore di carico organico F_c e dell'età del fango E (richiesta della sola frazione carboniosa).

La curva riportata si riferisce al fattore di richiesta massimo, cioè tiene conto della quantità massima di ossigeno necessaria quando le temperature dell'acqua sono tali (15÷ 25°C) da accelerare i processi biochimici di ossidazione. Si noti che F_0 assume i valori più alti per valori di F_c molto bassi (al di sotto di 0.1).

Il fabbisogno di ossigeno varia in base al tipo di impianto: per impianti ad ossidazione totale (sprovvisti di digestore fanghi) sono necessari 2.1 kg O_2 / kg BOD ($F_c=0,08$), per impianti ad ossidazione parziale sono sufficienti 1.3 kg O_2 / kg BOD ($F_c=0,30$).

Per gli impianti ad ossidazione totale, il fabbisogno di ossigeno in vasca di ossidazione è maggiore perché, non essendovi il digestore, l'ossidazione degli inquinanti dell'acqua e la mineralizzazione del fango attivo devono avvenire entrambe nella vasca di ossidazione (l'ossigeno deve essere fornito in un unico stadio).

Al contrario, negli impianti ad ossidazione parziale ne è necessaria una minore quantità in fase di aerazione, perché la respirazione endogena è effettuata in un'unità distinta, per cui l'ossigeno deve essere fornito in 2 diverse fasi: ossidazione e digestione.

Bisogna ricordare poi che il fabbisogno di ossigeno varia al variare della temperatura, che influenza (come già detto) la cinetica d'azione batterica.

Ad esempio, quando si scende al di sotto di 10°C, la mineralizzazione del fango negli impianti ad ossidazione totale si mantiene efficiente solo se F_c è inferiore a 0.08.

5. [TRATTAMENTI TERZIARI: DENITRIFICAZIONE E DEFOSFATAZIONE]

Un noto problema legato alla presenza di azoto e fosforo nell'effluente degli impianti di depurazione è quello costituito dall'eutrofizzazione del corpo d'acqua ricettore.

Di conseguenza, in parecchi casi occorre provvedere ad una rimozione, più o meno spinta, di tali composti.

I processi attualmente più utilizzati per la rimozione dell'azoto prevedono, dopo la nitrificazione che ha luogo nella vasca di ossidazione, la successiva denitrificazione, anch'essa ottenuta per via biologica: dopo l'ossidazione biologica, con conseguente nitrificazione spinta, si ricircola l'effluente in testa alla vasca di ossidazione, in una zona con carenza di ossigeno, in modo che, nelle condizioni anossiche della vasca, s'instaurino quelle reazioni di denitrificazione (di cui si parlerà anche a proposito del rising), con sviluppo finale di azoto, che si libera nell'atmosfera.

La denitrificazione può avvenire nella stessa fase di ossidazione a fanghi attivi, in una zona della vasca non aerata (ma con lenta agitazione) oppure in vasche separate.

La rimozione del fosforo viene attuata mediante processi di precipitazione chimica ad opera di agenti coagulanti-flocculanti, quali solfato di alluminio e calce:



6. [LA LINEA FANGHI]

Le sostanze inquinanti che vengono eliminate dal flusso liquido tramite il processo depurativo danno luogo alla crescita di un fango che richiede un trattamento idoneo, cui segue lo smaltimento finale.

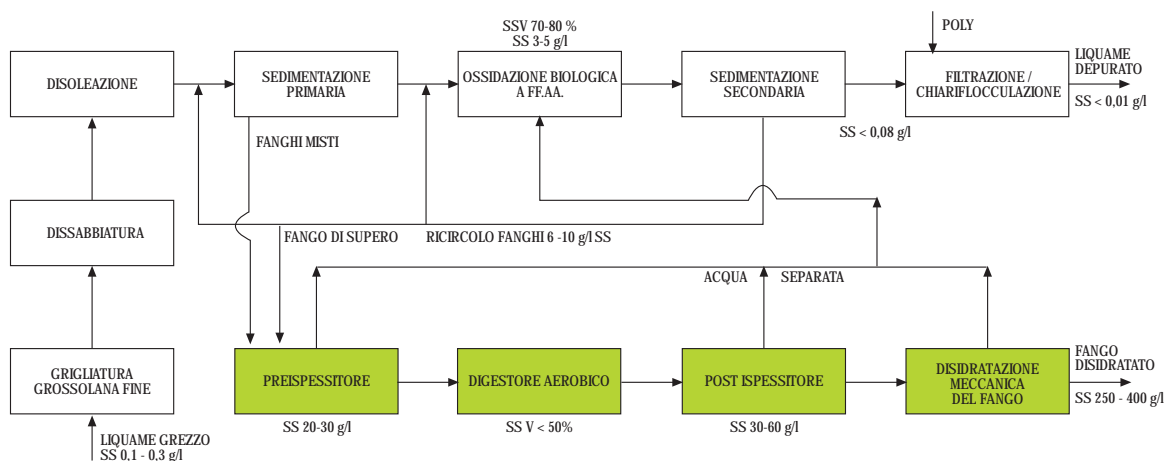


Fig. 10: Linea fanghi.

Accanto ad una linea «trattamento liquami», in ogni impianto di depurazione è pertanto individuabile una linea «trattamento fanghi», cui viene avviato il fango di supero.

I fanghi vengono inizialmente convogliati al pre-ispessitore (fig. 11), dove sedimentano per 24 ore; è conveniente non superare questo limite di tempo, o in ogni caso non andare oltre le 48 ore, poiché si corre il rischio di anossia e quindi di sviluppo di condizioni anaerobiche (con relativi cattivi odori).

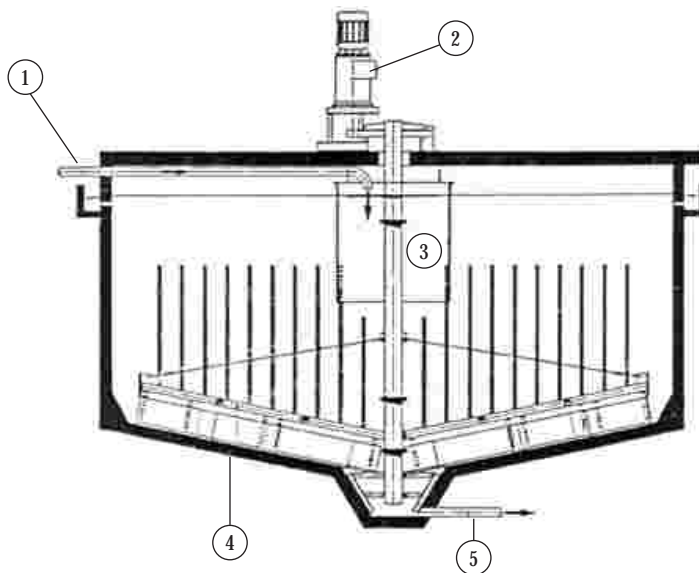


Fig. 11: Vasca di ispessimento.

- 1) Alimentazione; 2) Gruppo motoriduttore di azionamento; 3) Deflettore di ripartizione;
- 4) Braccio del raschiatore; 5) Uscita del fango ispessito.

Il pre-ispessitore è un serbatoio caratterizzato da un sistema di lame verticali che ruotano molto lentamente liberando l'acqua trattenuta tra i fiocchi e favorendo la deposizione sul fondo dei fanghi addensati.

Da qui i fanghi confluiscono al digestore aerobico, ove ha luogo il processo di respirazione endogena. Si assiste ad una forte diminuzione della concentrazione di solidi sospesi, che vengono degradati dai batteri, ad eccezione di macromolecole e catene polisaccaridiche come il glicogeno.

Per mantenere in sospensione i fanghi piuttosto concentrati (20-30 g/l) presenti nel digestore è necessario fornire una quantità notevole di energia. Nella aerazione superficiale, una turbina deve fornire circa 50W/mc. Pertanto, ad esempio, in una vasca da 500 mc è necessaria una turbina da 25 KW.

Quando l'aria viene immessa dal fondo mediante diffusori alimentati da una soffiante, la potenza di questa macchina si calcola sulla base di 30÷40 W/mc.

Nei digestori aerobici non è strettamente necessario calcolare l'aria necessaria per la mineralizzazione del fango, in quanto questa risulta inferiore a quella immessa sulla base dei calcoli precedenti, imposti dalla necessità di evitare che i fanghi precipitino sul fondo della vasca del digestore.

Il fango si dice digerito (o mineralizzato) quando i solidi sospesi volatili (SSV) risultano inferiori al 50% dei solidi sospesi totali (SST). La componente organica residua è costituita per lo più dal glicogeno che, per la sua lentissima biodegradabilità, non rende il fango putrescibile.

Le fasi successive sono costituite dal post-ispessimento e dalla disidratazione.

Quest'ultima operazione può essere effettuata su letti di essiccamento, oppure può essere ottenuta, ad esempio, meccanicamente mediante uso di filtro-presse (con cui si ottengono i migliori risultati, fig. 12) o di centrifughe, che hanno però un rendimento di disidratazione nettamente inferiore (s.s. 25-30%). Con una filtro-pressa si può arrivare ad un fango disidratato con s.s. 35-40%.

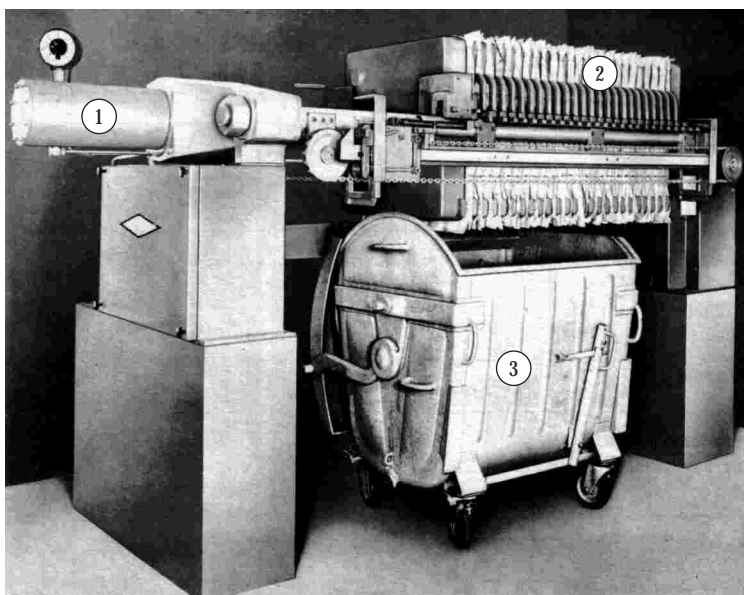


Fig. 12: Piccolo impianto di filtro-pressa.

1) pistone oleodinamico di azionamento; 2) filtro pressa; 3) contenitore di raccolta fango disidratato.

DISFUNZIONI DEGLI IMPIANTI A FANGHI ATTIVI: BULKING, RISING, FOAMING.

Prof. Riccardo Maggiore

Non di rado l'efficienza degli impianti di depurazione a fanghi attivi è minata da disfunzioni che sono imputabili alla tipologia e al comportamento dei microrganismi costituenti i fiocchi.

La tabella 1 elenca i fenomeni riscontrati con maggior frequenza, tra cui bulking, rising e foaming.

Descrizione del fenomeno	Cause probabili	Osservazione microscopica
Uscita costante di piccoli fiocchi con l'effluente, SVI basso (<70 mg/l).	Fango molto mineralizzato, lungo tempo di residenza o eccessiva turbolenza.	Fiocchi presenti, ma prevalentemente molto piccoli compatti, deboli (pin point senza struttura portante (carezza di macrostruttura).
Spesso strato di fango sulla superficie del sedimentatore, colore e odore normali).	Risalita del fango dovuta a processi di denitrificazione nel letto di fango sedimentato (rising).	Il fango è ricco di bolle di gas ma non eccessivamente di microrganismi filamentosi, fango e schiuma hanno la medesima composizione.
Schiuma sottile, biancastra, instabile sulle unità di trattamento.	Presenza di sostanze difficilmente biodegradabili (ad es. tensioattivi).	Nessuna influenza sulla struttura del fiocco di fango.
Schiuma spessa, marrone, stabile prevalentemente sul bacino aerato, strabordante.	Crescita eccessiva di alcuni batteri filamentosi o attinomiceti (foaming).	Schiuma ricca di Nocardia o Microthrix parvicella o tipo 1863.
Fango di consistenza gelatinosa, a volte accompagnato da SVI alto o schiuma spessa e grigiastra sulle vasche aerate, possibile fuoriuscita di fango col surmatante.	Bulking viscoso: o bulking non filamentoso: deficienza di nutrienti a volte accompagnata da alto F/M; eccesso di zuccheri nel liquame grezzo.	Fiocco ricco di forme zoogleeali e/o polisaccaridi esocellulari evidenziabili con test dell'inchistro di china.
SVI alto o molto alto (>150 mg/l), difficile separazione acqua/fango, acqua limpida finché non si verifica copiosa fuga di fango dal sedimentatore. Fanghi del ricircolo poco concentrati.	Bulking filamentoso: le cause differiscono in relazione ai microrganismi dominanti.	Fiocchi collegati tra loro da ponti costituiti da microrganismi filamentosi oppure fiocchi a maglia larga in cui i batteri crescono attaccati ai filamentosi, lasciando spazi vuoti (eccesso di macrostruttura).

Tab. 1: Disfunzioni degli impianti di depurazione a fanghi attivi.

1. [BULKING]

Il bulking è un fenomeno caratterizzato dalla formazione di un fango voluminoso e leggero, dotato di pessime caratteristiche di sedimentabilità.

Può essere evidenziato con la determinazione del parametro SVI (volume in ml di un grammo di fango), ottenuta con cono Imhoff.

Un valore di SVI superiore a 150 è indice di rigonfiamento del fango, quindi di bulking.

Esistono due tipi di bulking: bulking viscoso e bulking filamentoso.

Il primo caso si verifica quando i batteri producono elevate quantità di biopolimero extracellulare (glicogeno), dando origine a fiocchi di aspetto gelatinoso che trattengono notevoli quantità d'acqua. Ciò avviene per un eccesso di zuccheri nel liquame grezzo, con un rapporto sbilanciato fra carbonio organico, azoto e fosforo.

La miglior soluzione al problema consiste nel cercare di riequilibrare la composizione del refluo; infatti, un'efficiente attività metabolica dei microrganismi richiede che il rapporto $BOD_5 : N : P$ nel refluo sia pari a $100 : 5 : 1$.

In caso contrario, è necessario raggiungere tale rapporto fornendo dall'esterno le sostanze mancanti: l'azoto può essere fornito come urea o come fosfato ammonico, che arricchisce il refluo anche di fosforo, mentre il solo fosforo può essere introdotto come acido fosforico, prestando attenzione ad evitare sbalzi di pH.

Lo squilibrio nutrizionale ed anche le variazioni di pH possono essere causa di bulking filamentoso. In questa situazione, al microscopio, si osservano fiocchi a maglia larga in cui i batteri crescono attaccati ai filamentosi lasciando ampi spazi vuoti, con i diversi fiocchi collegati tra loro da ponti costituiti da microrganismi filamentosi.

Il monitoraggio del pH è fondamentale in un impianto a fanghi attivi, perché i batteri vivono solo se il pH è nel range $6.5 \div 8.5$ e comunque, anche all'interno di tale intervallo, uno sbalzo di più di una unità nell'arco di 24 ore è sufficiente a provocare lo sviluppo delle specie filamentose, e quindi del bulking.

I danni provocati dal bulking sono evidenti: i fanghi non si separano adeguatamente dall'acqua depurata nelle vasche di sedimentazione secondaria, ma al contrario cominciano ad uscire insieme all'effluente trattato, che, di conseguenza, subisce un forte aumento di BOD e COD dovuto ai solidi sospesi. Viene, in questo modo, compromessa l'efficacia globale di tutto il processo di depurazione.

In caso di bulking è necessario intervenire immediatamente per limitare l'enorme volume di fango nel sistema ed il metodo più semplice consiste nell'aumentare il ricircolo ed eliminare una maggior quantità di fango di supero.

Un altro metodo è la clorazione, che va effettuata sul ricircolo fanghi oppure in vasca di ossidazione nel punto di ingresso del ricircolo. L'operazione è molto delicata, perché deve portare alla scomparsa dei batteri filamentosi, ma non dei fiocco-formatori.

Alcuni testi consigliano di aggiungere il cloro in modo tale da avere, nel ricircolo fanghi, una concentrazione di $5 \div 20$ mg/l, ma in realtà questa quantità non sempre può andar bene; se l'impianto è stato ben alleggerito di fanghi può rivelarsi eccessiva.

Più correttamente, altri Autori consigliano un'aggiunta di cloro nel range $2 \div 10$ kg Cl_2 /1000 kg SS nel mixed liquor.

Il cloro viene generalmente aggiunto sotto forma di ipoclorito di sodio, $NaClO$ al 14% di Cl_2 (cioè 14 g/100 ml, quindi 140 g/l).

2. [RISING]

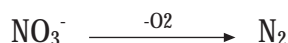
Con questo termine si intende il fenomeno per cui i fanghi galleggiano nel sedimentatore finale e, a seconda dell'entità del fenomeno, possono anche formare grossi strati, fino a 20 e più cm.

La causa della risalita è da imputarsi alla formazione di grossi blocchi di fango ricchi di bollicine, che risalgono in superficie ed 'esplodono' (per effetto della diminuzione di pressione), liberandosi dal fango che torna così a sedimentare: si dice che il sedimentatore è in ebollizione.

È necessario distinguere due tipi di rising: rising settico e rising da denitrificazione.

Il primo caso è dovuto alla formazione, sul fondo del sedimentatore, di gas maleodoranti prodotti da anossia ed è caratterizzato da un fango molto scuro. Può essere dovuto a cause strutturali, in particolare insufficiente inclinazione del fondo della vasca (nei sedimentatori statici) o malfunzionamento del raschia-fanghi (nei sedimentatori dinamici).

Il rising da denitrificazione è invece causato dalla formazione di bolle di azoto, generate da un processo di denitrificazione:



La denitrificazione avviene quando, in seguito ad un eccessivo processo di nitrificazione nella vasca di aerazione, si verifica un accumulo di ioni nitrato e contemporaneamente, nella vasca di sedimentazione, una carenza di ossigeno; in simili condizioni si sviluppa una popolazione di batteri denitrificanti che, attraverso la trasformazione del nitrato in azoto, riescono a ricavare l'ossigeno necessario alla sopravvivenza.

Il fenomeno può essere bloccato aumentando la velocità del ricircolo, onde ridurre lo stazionamento del fango nel sedimentatore e favorire l'arrivo di liquame fresco, ossigenato, dalla vasca di ossidazione.

Al contempo, si riduce la nitrificazione, riducendo l'aerazione nella vasca di ossidazione. Il fenomeno si blocca quando il nitrato scende al di sotto di 5-7 ppm.

2. [FOAMING]

È il fenomeno per cui si assiste alla formazione di una schiuma marrone, molto spessa e viscosa, dovuta ad un'eccessiva proliferazione di alcuni microrganismi, come il batterio aerobico Nocardia.

I principali problemi derivanti dalla presenza di schiume possono essere così riassunti:

- se non bloccate giungono al sedimentatore e ne ricoprono la superficie determinando un forte aumento del tenore dei solidi sospesi in uscita;
- nei climi caldi la schiuma è soggetta a fenomeni di putrefazione, mentre nei climi freddi può gelare, provocando il blocco del sedimentatore;
- in casi gravi si può avere lo sfioro della schiuma dalle pareti delle vasche, con conseguenti pericoli per la salute degli operatori.

Le soluzioni più efficaci consistono nell'aumentare la rimozione del fango di supero e abbassare così l'età del fango, oppure nel 'bombardare' la superficie con forti spruzzi d'acqua, possibilmente clorata, che consentono una rottura meccanica della schiuma, oppure ancora nella rimozione fisica delle schiume (da non ricircolare in ossidazione).

Tipo di trattamento	Modalità d'applicazione	Meccanismo del funzionamento
1) Variazione tasso di ricircolo.	Note le caratteristiche del sistema e quelle di sedimentabilità del fango, si incrementa la portata di ricircolo parallelamente al crescere dello SVI finché il carico di solidi ammissibile per il sedimentatore secondario lo consente.	Rimozione veloce dei solidi dal sedimentatore secondario prima che il sovraccarico di solidi provochi la fuga di fango con l'effluente.
2) Riduzione del flusso di fango al sedimentatore secondario.	a) Estrazione di fango. b) Utilizzazione del bacino aerato come zona di stoccaggio dei fanghi tramite: - alimentazione frazionata; - sistemi a stabilizzazione e contatto; - combinazioni di stabilizzazione e contatto e alimentazione frazionata.	Limitare il carico di solidi applicato al sedimentatore secondario: a) riducendo la massa totale di fanghi nel sistema; b) riducendo la massa di fango nei 2 comparti del sistema (vasca aerata e sedimentatore secondario).
3) Appesantimento del fango.	Alimentare la miscela aerata con liquame non chiarificato.	Fornire alla miscela aerata del particolato che faciliti la sedimentazione.
4) Addizione di polimeri sintetici.	a) Dosaggio di polimeri organici (cationici ad alto peso molecolare) soli o in combinazione con altri flocculanti. Dose: da ricercare con Jar Test. Punto di immissione: nella miscela aerata alla fine del bacino aerato o al centro del sedimentatore II. b) Dosaggio di sali ($FeCl_3$ o calce o sali di Al). Dose: da stimare caso per caso. Punto di immissione: nella miscela aerata.	a) Coagulazione e flocculazione dei fiocchi di fango; più veloce rilascio dell'acqua trattenuta dal fango. b) Appesantimento del fango ad opera del voluminoso precipitato che si forma tra il metallo ione e l'acqua.
5) Trattamento con sostanze tossiche per i microorganismi.	Cloro gas o ipoclorito di sodio. Dose: da stimare caso per caso partendo dalla "massa totale di fango del sistema". Si calcola come: - dose giornaliera $[kgCl_2/t VSS \cdot d]$ - dose locale $[kgCl_2/t VSS]$ - concentrazione $[mg/l Cl_2]$ - frequenza di esposizione $[d^{-1}]$	Uccisione selettiva dei batteri filamentosi: il cloro libero intacca velocemente i filamenti che si trovano all'esterno del fiocco, ma non agisce sui batteri all'interno del fiocco.

Tab. 2: Metodi di intervento su bulking e foaming.

USI DELLA CALCE NEL TRATTAMENTO DEI FANGHI

Dott. Marco Montruccoli - Dott. Roberto Moreschi - Ing. Riccardo Ricci

I fanghi di supero provenienti dalla linea “trattamento liquami” sono ancora in genere caratterizzati da un elevato grado di putrescibilità: se lasciati all'aria, la notevole quantità di sostanze organiche ancora presente entra in fermentazione settica, con sviluppo di odori molesti, e il fango acquisisce caratteristiche chimico-fisiche che male si adattano ai trattamenti successivi.

Nei liquami di origine civile sono presenti grandi quantità di microrganismi patogeni che rendono notevolmente pericolosa la manipolazione del fango per gli operatori degli impianti di depurazione, e per coloro che provvedono allo smaltimento finale.

In particolare nei piccoli-medi impianti, in cui manca assistenza continua, diventa altamente consigliabile, o addirittura indispensabile, una fase finale di stabilizzazione del fango, che consenta di ottenere un fango non più putrescibile (cioè biologicamente quasi inattivo), facilmente manipolabile, e che nel contempo consenta di ridurre sostanzialmente la carica batterica.

La stabilizzazione del fango può essere ottenuta o per via biologica (digestione del fango), o per via chimica.

Di seguito analizziamo la stabilizzazione chimica con calce.

1. [LA STABILIZZAZIONE CHIMICA CON CALCE]

Mentre con i processi biologici la stabilizzazione/digestione del fango è ottenuta con una degradazione biologica delle sostanze organiche, con i reattivi chimici la stabilizzazione può essere raggiunta o creando un ambiente con condizioni tali da rendere impossibile la vita e lo sviluppo dei microrganismi, oppure con reazioni ossidanti, che degradano chimicamente le sostanze organiche.

La stabilizzazione con calce ha il duplice scopo di ridurre in maniera rilevante il potere fermentescibile del fango evitando inconvenienti sanitari nel loro riutilizzo o smaltimento, e di ridurre drasticamente la mobilità di eventuali sostanze pericolose solubili o solubilizzabili presenti, per lo smaltimento a discarica.

Le finalità del trattamento a calce possono essere riassunte come segue:

- bloccare i processi di decomposizione dei residui organici putrescenti;
- distruggere i microrganismi, uova, larve di parassiti e insetti pericolosi per la salute dell'uomo;
- consolidare i materiali fangosi, riducendone eventualmente anche il peso per facilitarne lo smaltimento finale;
- ottenere materiali tecnicamente ed economicamente riutilizzabili

2. [LA CALCE]

La calce è un prodotto ottenuto per cottura del carbonato di calcio e/o di magnesio a temperature comprese tra i 900 e i 1100 °C, in modo da liberare anidride carbonica e ottenere l'ossido derivato secondo la seguente reazione:



L'ossido di calcio in uscita dal forno viene generalmente frantumato, macinato e/o separato prima di essere trasferito al silo di stoccaggio. Dal silo la calce viva viene spedita all'utente finale oppure viene trasferita all'impianto di idratazione in cui, con l'aggiunta di acqua, si ottiene l'idrossido di calcio (calce spenta) sotto forma di una polvere fine.

Per le sue caratteristiche chimico-fisiche e la sua economicità, la calce è largamente utilizzata in molteplici applicazioni nel campo del disinquinamento: dalla desolfurazione dei fumi alla potabilizzazione delle acque.

3. [LA REAZIONE CHIMICA]

La calce viva reagisce piuttosto rapidamente con l'acqua contenuta nei fanghi formando idrossido di calcio: ogni kg di CaO consuma 0,32 litri d'acqua e contemporaneamente si libera calore



La velocità, e conseguentemente la quantità di calore liberato per reazione nell'unità di tempo, dipende dalla reattività della calce utilizzata.

L'idrossido di calcio è una base forte bivalente e si decompone completamente in soluzione acquosa negli ioni Ca^{2+} e 2OH^- .

La solubilità dell'idrossido di calcio in acqua è bassa: 1.65 g/l a 20°C; ciò nonostante il pH raggiunge il valore di 12,45.

Pertanto l'idrossido di calcio può reagire con tutti i composti di natura acida (H_2S - CO_2 - acidi organici) con la formazione dei sali corrispondenti.

La neutralizzazione combina 2 molecole di un acido monobasico con una molecola di calce idrata, con la formazione del corrispondente sale di calcio.

Nel caso in cui il fango contenga anche sostanze di tipo acido, come bicarbonato solubili o acidi organici, in aggiunta a quello liberato per idratazione della calce, si può avere svolgimento di altro calore, per salificazione dei predetti composti con la calce:



4. [ASPETTI TECNOLOGICI]

Con l'aggiunta al fango di calce fino a portare il pH a valori dell'ordine di 11-12, è praticamente inibita la vita dei batteri e dei microrganismi in genere, e anche dei parassiti particolarmente resistenti: le salmonella, per esempio, sono completamente eliminate a valori di pH intorno a 12. Con il trattamento a calce otteniamo anche l'eliminazione degli odori sia per la riduzione della attività batterica, sia per l'effetto neutralizzante della calce sugli acidi volatili (acetico, propionico, solfidrico,

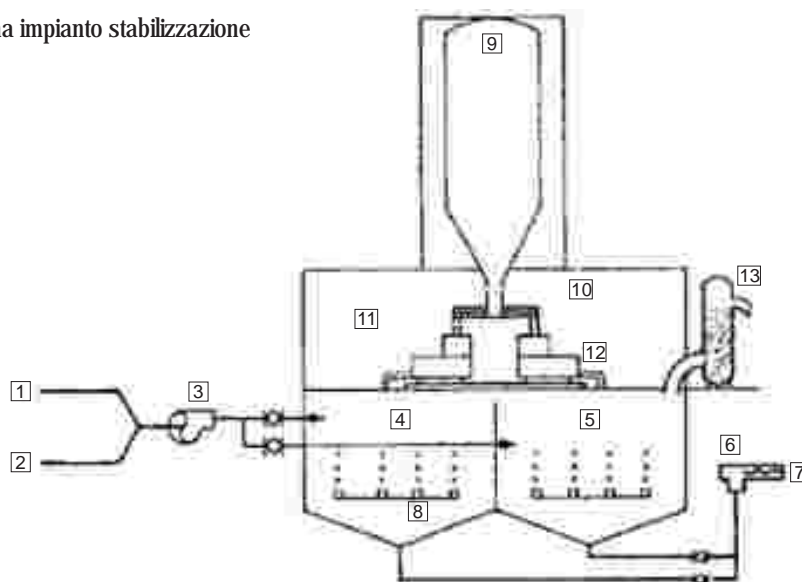
ecc.) originati dalle fermentazioni o dai processi di anaerobiosi: la riserva di alcalinità fornita dalla calce libera assicura che l'attività biologica sarà inibita a lungo, consentendo anche prolungati stoccaggi dei fanghi trattati.

La fig. 1. illustra lo schema di un impianto di stabilizzazione con calce di fanghi liquidi.

L'impianto è del tipo discontinuo o "a cariche", con due vasche nelle quali la calce, sotto forma di latte di calce, è miscelata intimamente con il fango.

Impianti di tipo discontinuo sono i più adatti per le piccole-medie potenzialità, data la maggiore semplicità dei sistemi di dosaggio e la garanzia di un processo più controllato.

Fig. 1: Schema impianto stabilizzazione



1) fango primario di supero; 2) fango attivo di supero; 3) triturazione; 4 e 5) vasche di miscelazione; 6) pompa fango; 7) fango stabilizzato verso il trattamento di disidratazione; 8) diffusori d'aria; 9) silo calce viva; 10) coclea di richiamo e dosaggio calce; 11) alimentatore volumetrico; 12) vasche di spegnimento calce; 13) unità di controllo degli odori.

Nel caso rappresentato in figura, la miscelazione tra fango e calce è effettuata a mezzo di aria compressa; frequenti sono le applicazioni di miscelatori meccanici.

La stabilizzazione così raggiunta non è permanente, nel senso che il fango allo stato liquido è a contatto con l'atmosfera e si determina un abbassamento progressivo del pH, tanto più rapido quanto più elevata è la temperatura ambientale.

L'abbassamento del pH è dovuto:

- all'anidride carbonica assorbita dall'atmosfera;
- all'anidride carbonica prodotta dalle reazioni biologiche dei batteri sopravvissuti e di quelli che s'installano successivamente sul fango;
- a fermentazioni di tipo anaerobico acido che si possono instaurare nella massa del fango

Il fango così trattato può quindi essere gestito allo stato liquido oppure successivamente disidratato; in questo secondo caso l'aggiunta di calce permette di ottenere un fango già condizionato per la disidratazione meccanica.

Affinché la reazione sia completa, il tempo di contatto nella vasca di miscelazione è opportuno che sia di almeno 30 minuti; tempi di detenzione più elevati si adottano quando s'intende affidare alla vasca anche una funzione di polmone per l'alimentazione continua di fango da stabilizzare e un funzionamento discontinuo del sistema di disidratazione che sta a valle, oppure quando si intenda effettuare un ispessimento contemporaneo, in impianti di tipo continuo, arrestando i miscelatori e lasciando sfiorare l'acqua del fango.

Nel caso di impianti di piccola potenzialità (per i quali, come si è visto, è sempre opportuno adottare lo schema discontinuo), il volume della vasca di reazione conviene che sia tale da raccogliere la produzione di fango di supero di una intera giornata, da stabilizzare in una sola volta.

La tab. 1 riporta i dosaggi indicativi di calce che occorre aggiungere ai vari tipi di fanghi, per mantenerli, con temperatura ambientale di 20°C, un pH = 11 per oltre 14 giorni: come si vede, i dosaggi variano da un minimo del 10% ad un massimo del 60% del peso di solidi nel fango.

Tipo di fango	Dosaggio di calce in g / kg di MS nel fango	
	CaO	Ca(OH) ₂
Primario	76-114	100-150
Di fossa settica	76-227	100-300
Biologico da impianto a fanghi attivi convenzionale	227-379	300-500
Da precipitazione chimica con Al	303-454	400-600
Da precipitazione chimica con Fe	265-454	350-600

Tab. 1

È opportuno che i dosaggi siano sempre verificati con prove dirette, in quanto possono variare in funzione delle condizioni dell'impianto, della temperatura ambientale (valori minori con basse temperature) e delle caratteristiche del fango.

Un vantaggio rilevante del trattamento con calce risiede nel fatto che, se il pH viene portato a valori superiori a 12, s'induce una vera e propria disinfezione spinta del fango, cioè con rendimenti elevatissimi nella riduzione della carica di batteri, virus e parassiti (dell'ordine del 99,9%), superiori a quelli attuabili con la stabilizzazione anaerobica e ulteriormente maggiori rispetto a quelli realizzabili con la stabilizzazione aerobica.

Il trattamento di stabilizzazione con calce può trovare interessanti applicazioni nei seguenti casi particolari:

- in piccoli impianti in cui il fango liquido deve soggiornare per un certo tempo in una vasca di accumulo, prima di essere portato ad un impianto centralizzato;
- come trattamento di emergenza, quando la fase di stabilizzazione biologica vada fuori esercizio per riparazione nelle vasche o per disfunzioni nel processo biologico;
- nel caso di impianti con stabilizzazione biologica del fango, che risultino sovraccaricati, oppure in quei casi in cui, solo in alcuni periodi dell'anno, si presenti la necessità di stabilizzare il fango per via diversa da quella biologica (tipiche sono le località di villeggiatura, con popolazione ampiamente fluttuante).

5. [RECUPERO DEI FANGHI IN AGRICOLTURA]

Lo smaltimento ottimale dei fanghi di risulta richiede attente valutazioni tecnico-economiche.

Un significativo esempio di recupero di risorse dai rifiuti è il riutilizzo agronomico dei fanghi come sostanza ammendante e apportatrice di elementi fertilizzanti per le coltivazioni.

Ovviamente i fanghi da smaltire sul terreno devono possedere opportuni requisiti chimici e biologici per essere utilizzati con vantaggio economico e sicurezza sanitaria.

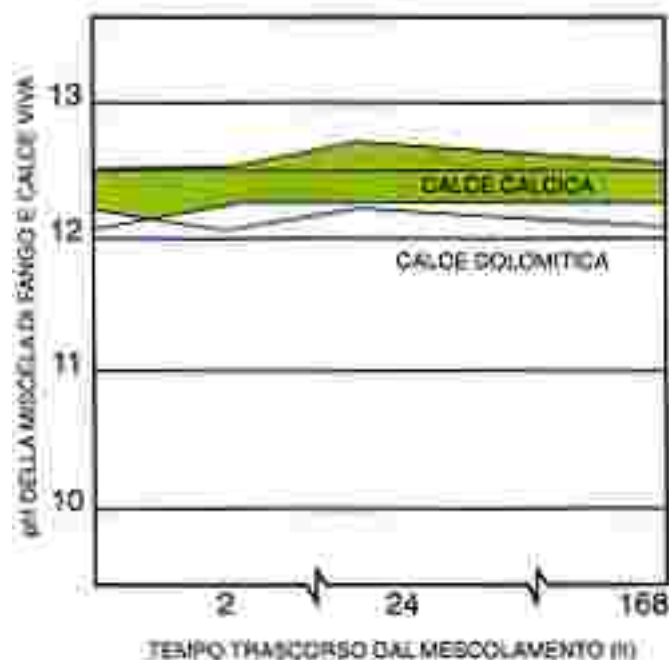
Il rischio di contaminazione dell'ambiente dovuto allo smaltimento dei fanghi sul terreno dipende non solo dalle concentrazioni dei patogeni nel fango, ma anche dal fatto che questo può fungere da veicolo di diffusione di organismi in grado di sopravvivere all'esterno dell'ospite: alcuni di questi possono inoltre sopravvivere per lunghi periodi nel suolo. Somministrazioni ripetute di fango finiscono per aumentare la concentrazione di questi organismi, oppure possono essere presenti nei fanghi e nei terreni sotto forma di uova o cisti, particolarmente resistenti ai vari agenti ambientali.

Quando si vuole smaltire il fango a scopo agricolo, è necessario procedere ad una vera e propria disinfestazione eliminando praticamente i microrganismi patogeni. La disinfestazione è automaticamente associabile alla stabilizzazione chimica con calce; questa si attua generalmente con piccole aggiunte di calce all'interno di semplici mescolatori al fango già disidratato.

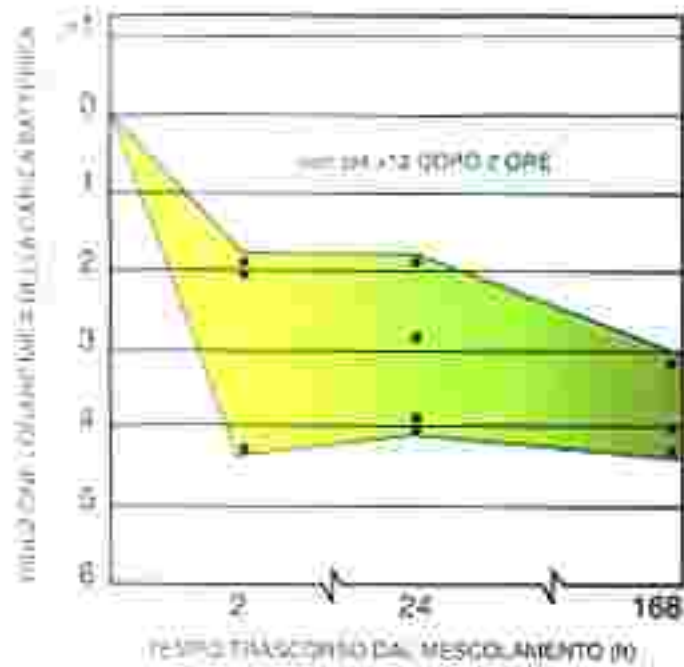
In questo modo la calce, grazie alla sua azione combinata di incremento del pH e di calore sviluppato consente un notevole livello di igienizzazione.

L'ente americano EPA (Environment Protection Agency) ha inserito questo trattamento tra quelli adatti a ridurre la carica batterica dei fanghi da riutilizzare in agricoltura (U.S. E.P.A. "Criteria for classification of soil waste disposal facilities and practices" -1979).

Nella fig 2. è mostrata la variazione del pH del fango trattato con calce viva in funzione del tempo.



Per lo stesso trattamento in fig. 3 possiamo osservare il livello di inattivazione della carica batterica e la sua evoluzione nel tempo.



A seconda delle tipologie e della provenienza del fango, bisogna calcolare per ogni caso specifico, l'esatta quantità di calce necessaria al trattamento.

Considerando solo il calore liberato per lo spegnimento dell'ossido di calcio, si può calcolare:

- il tenore di umidità finale ottenibile trattando il fango iniziale con una certa quantità di calce viva:

- la quantità di calce viva necessaria per conseguire una certa umidità finale:

dove:

U = umidità percentuale del fango dopo il trattamento

X = secco percentuale del fango prima del trattamento

Y = kg di ossido di calcio da aggiungere a 100 kg di fango da trattare

Facendo un esempio pratico: per raggiungere una percentuale di sostanza secca pari al 40-45% in un fango biologico disidratato, tramite nastro pressa sono necessari quantitativi di CaO nell'ordine di 0.2-0.6 kg per kg di sostanza secca. In questo caso le temperature saranno nell'ordine di 80°C. naturalmente le temperature raggiunte sono direttamente dipendenti dalle tipologie impiantistiche utilizzate, dalle caratteristiche delle calci utilizzate e da quelle del fango da trattare.

Una recente ricerca scientifica commissionata dall'Associazione europea della calce EuLA a 4 università europee (Università di Nancy in Francia, Università di Hohenheim in Germania, l'Università di Barcellona in Spagna e l'Università di Portsmouth in UK) ha messo in evidenza il beneficio dell'effetto combinato degli alti valori del pH e dell'alta temperatura dovuta alla reazione del fango con la calce viva. È stato dimostrato che le uova di ascari sono completamente distrutte ad un pH di 12 mantenendo una temperatura di 55°C per 75 minuti oppure una temperatura di 60°C per soli 8 minuti. Nelle miscele omogenee la calce viva reagisce con l'umidità presente nel fango. La CaO si combina con l'acqua per il 32% del suo proprio peso causando un significativo effetto essiccante e un incremento di temperatura (durante l'idratazione si produce una forte reazione esotermica).

Il fango stabilizzato ha caratteristiche fisiche diverse a seconda del trattamento subito, di norma molto differenti da quelle del fango fresco: non sono più distinguibili i componenti originari, e l'aspetto è quello di un terriccio di colore grigio chiaro, odore modesto di ammoniaca, che tende a liberarsi per effetto dell'alto pH e svanisce in breve tempo.

Nella tabella 2 è indicata una composizione tipo del fango igienizzato con calce.

Proprietà tipiche di un fango trattato con calce (% sulla sostanza secca)						
N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	O.M.*	C/N**
3,3	3,5	0,3	22,3	0,6	46	9,7

* Materia organica

** Carbonio / Azoto

Questo materiale di risulta non è più un fango, ed ha buone caratteristiche nutritive per i terreni agricoli. Le caratteristiche fisiche sono molto differenti da quelle del fango fresco: l'aspetto non è sgradevole, ha un colore grigio chiaro, un odore modesto di ammoniaca e soprattutto è facilmente trasportabile e spandibile.

Questo rende la stabilizzazione con calce uno dei più avanzati trattamenti per il riutilizzo dei fanghi in agricoltura.

La calce un prodotto estremamente versatile al servizio dell'ambiente.

L'ANALISI BIOLOGICA DEI FANGHI ATTIVI

Dott.ssa Serena Raspanti

Una corretta politica gestionale deve prevedere un adeguato programma di monitoraggio e controllo dei processi depurativi. Per un impianto di depurazione a Fanghi Attivi, le rilevazioni dei più comuni parametri di controllo chimico-fisici normalmente effettuate in laboratorio forniscono unicamente informazioni di tipo statico, puntuale, riferite cioè ad un particolare momento della realtà del processo di depurazione, che, proprio perché biologico, è invece dinamico ed in continua evoluzione.

L'elemento fondamentale sui cui si basa il processo biologico di depurazione è il fiocco di Fango Attivo, quell'agglomerato gelatinoso costituito da sostanze sospese organiche ed inorganiche, e colonizzato da microrganismi viventi (Batteri, Protozoi, Metazoi) il cui equilibrio biologico e funzionale è di primaria importanza per il conseguimento di un'adeguata rimozione delle sostanze inquinanti.

In tale ambito, l'analisi microscopica del fiocco di fango si propone come importante tecnica routinaria di indagine biologica da affiancare alle usuali rilevazioni chimico-fisiche, rientrando tra i parametri di controllo di tipo A (vedi Tab. 1) e da effettuarsi con una frequenza consigliata in base alla potenzialità dell'impianto (vedi Tab. 2).

L'analisi microscopica del fiocco di fango si propone come:

- Tecnica analitica di monitoraggio della situazione relativa al popolamento dei FF.AA. (Protozoi, Metazoi, Batteri filamentosi) e alla struttura del fiocco, consentendo di esprimere un giudizio sulla funzionalità del processo biologico di depurazione, con l'ausilio di opportuni indicatori.
- Tecnica analitica di diagnosi delle principali disfunzioni di un impianto a FF.AA., riconducibili alla struttura del fiocco e alla sua cattiva sedimentabilità, permettendo di identificarne correttamente le cause per poi mettere in atto gli interventi più adatti al ripristino della piena efficienza del processo depurativo, con i minori effetti negativi sulla qualità dell'effluente e il minor costo.

TIPO DI CONTROLLO	RILEVAZIONI
A	Analisi microscopica dei fanghi (in laboratorio)
A	Ossigeno disciolto
C	pH
B	Potenziale di ossido riduzione (ORP) nella fase anaerobica e anossica
A	Temperatura
A	Altezza dei fanghi nei sedimentatori secondari
A	Concentrazione dei fanghi attivi come solidi sospesi e solidi volatili (in campo e/o in laboratorio)
A	Analisi visiva del fango attivo
A	Analisi visiva dell'effluente finale
A	Prova di sedimentazione del fango attivo (volume del fango)
C	Prova di sedimentazione dell'effluente finale
A	Indice di sedimentabilità (SVI o DSVI) (in laboratorio)
C	Indice di galleggiamento
C	Indice di bioflocculazione (in laboratorio)
C	Potere schiumogeno o indice di schiuma (in laboratorio)
B	Concentrazione di ammoniaca, nitrati, nitriti, fosforo (in campo e/o in laboratorio)
C	OUR o SOUR (velocità di respirazione dei fanghi) eventualmente AUR,NUR (in laboratorio)

Tab. 1: Parametri di controllo più comuni da rilevare negli impianti di depurazione

Controlli tipo A: Condizioni normali di funzionamento

Controlli tipo B: Condizioni normali di funzionamento di impianti che consentono la rimozione di azoto e fosforo

Controlli tipo C: Condizioni anomale di funzionamento

Test di attività biologica: OUR (Oxygen Utilisation Rate); NUR (Nitrogen Utilisation Rate); AUR (Ammonia Utilisation Rate)

POTENZIALITÀ (A.E.)	FREQUENZA MINIMA CONSIGLIABILE
> 2.000	quindicinale
> 10.000	settimanale
> 50.000	bisettimanale
> 100.000	trisettimanale

Tab. 2: Frequenza consigliata per i parametri di tipo A e B, in funzione della potenzialità dell'impianto di depurazione

1. [L'ECOSISTEMA "VASCA DI OSSIDAZIONE"]

L'impianto biologico a FF.AA può essere considerato un vero e proprio ecosistema, seppur artificiale, che sfrutta lo stesso principio di autodepurazione di un corso d'acqua naturale, ma soggetto a condizioni estreme. Ha una peculiare struttura (componenti e fattori abiotici e biotici) ed un ben preciso funzionamento (nello spazio e nel tempo).

STRUTTURA DI UN ECOSISTEMA NATURALE

COMPONENTI	abiotiche: aria, gas atmosferici, acqua, minerali, rocce	biotiche: organismi animali e vegetali
FATTORI	abiotici: fisici, chimici, alimentari (qualità e quantità cibo)	biotici: relazioni inter e intraspecifiche tra gli organismi
FUNZIONAMENTO	nello spazio: catene e reti alimentari	nel tempo: successione ecologica delle specie

STRUTTURA DI UN ECOSISTEMA ARTIFICIALE A FANGO ATTIVO

COMPONENTI	abiotiche: struttura dell'impianto	biotiche: organismi decompositori (batteri e funghi) organismi consumatori (protozoi e metazoi)
FATTORI	abiotici: fisici (clima, temperatura, luce, turbolenza) chimici (natura del liquame, O.D.) alimentari (quantità e qualità del cibo)	biotici: relazioni inter e intraspecifiche (predazione, competizione)
FUNZIONAMENTO	nello spazio: catene e reti alimentari	nel tempo: successione ecologica

La presenza di nutrienti e biomassa in vasca di ossidazione determina l'instaurarsi di una rete trofica particolare, con passaggio di materia ed energia tra le sue componenti biotiche, come schematicamente rappresentato in figura 1.

I decompositori (Batteri - Funghi) rappresentano il primo livello. Sono organismi saprofiti che si nutrono della sostanza organica morta disciolta nel liquame. La loro crescita sarà influenzata dalla qualità e quantità di cibo, ossia dalle caratteristiche del liquame, nonché dalle condizioni di esercizio dell'impianto. I consumatori (Protozoi ciliati e flagellati e piccoli Metazoi) s'inseriscono nella catena trofica a livelli superiori. Si tratta di organismi saprofiti, batteriofagi, onnivori e carnivori, che si nutrono principalmente dei batteri dispersi nel liquame e di altri organismi. La loro crescita dipende dalla disponibilità di prede.

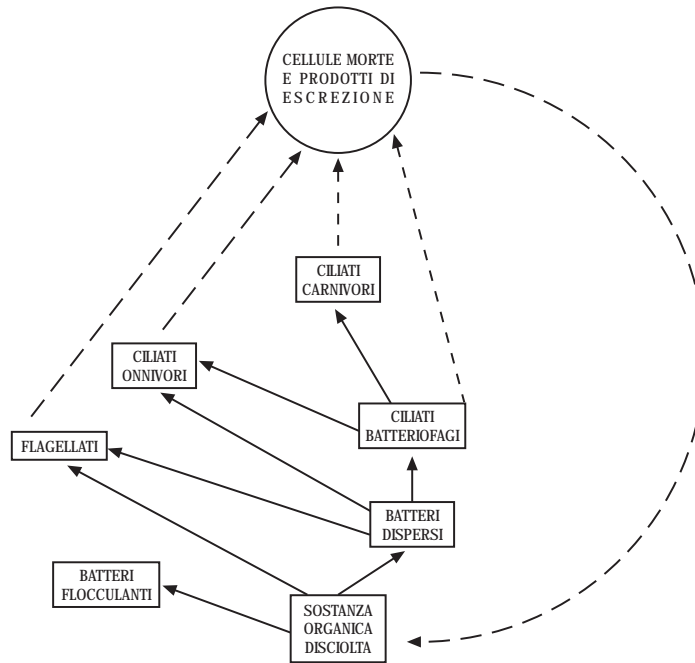


Fig. 1: Rete trofica in impianti di depurazione (Madoni P.)

L'efficienza del processo depurativo dipende quindi dall'equilibrio ecologico che s'instaura tra le diverse categorie di organismi, ciascuna con un ben preciso ruolo trofico e funzionale, nonché precise necessità metaboliche. Si tratta di popolazioni in continua competizione per il cibo, per cui i batteri dispersi sono predati dai flagellati eterotrofici e dai ciliati batteriofagi, che a loro volta diventano preda degli organismi carnivori. Qualsiasi variazione delle condizioni ambientali in vasca di ossidazione si rifletterà in un cambiamento della composizione delle comunità. Infatti, sia i Batteri che i Protozoi si riproducono per scissione binaria, una modalità di riproduzione per cui da una cellula madre si ottengono due nuove cellule figlie identiche ed in tempi relativamente brevi (0.5-100 ore). Tale tempo caratterizza la velocità di crescita ed è definito tempo di duplicazione o di generazione. Grazie a ciò tali microrganismi possono reagire prontamente ai cambiamenti delle condizioni chimico-fisiche ambientali dell'ecosistema di cui fanno parte (pH, sostanze tossiche, ossigeno, temperatura, variazioni nella concentrazione di substrato). Sono utilizzati pertanto come indicatori biologici, organismi cioè che manifestano sensibilità differente ai diversi fattori e la cui presenza, scomparsa o eccessiva proliferazione a danno di altri organismi è strettamente legata alla causa che l'ha determinata.

L'analisi microscopica dei FF.AA. comprende due tipi di analisi:

- L'analisi della Microfauna, che permette di stimare l'efficienza di depurazione di un impianto;
- La caratterizzazione dei batteri filamentosi, che permette di diagnosticare le cause delle principali disfunzioni.

2. [CARATTERIZZAZIONE DELLA MASSA DEI BATTERI FILAMENTOSI]

È un'analisi quali-quantitativa della popolazione batterica dei fanghi che permette di diagnosticare le principali disfunzioni di un impianto sulla base dell'alterazione della struttura dei fiocchi dovuta all'eccessiva proliferazione dei filamentosi. Se i batteri fiocco-formatori sono responsabili della microstruttura dei fiocchi, i batteri filamentosi sono responsabili della macrostruttura, ossia dello scheletro filamentoso grazie al quale i fiocchi di fango possono aumentare le dimensioni e la resistenza alle sollecitazioni meccaniche. In un fango che sedimenta bene, la popolazione filamentosa è inferiore al 10% della biomassa totale del FA. Nei casi di disfunzione, l'eccessiva proliferazione dei batteri filamentosi a danno dei fiocco-formatori altera tale percentuale. Dato che i batteri filamentosi differiscono l'uno dall'altro per quanto riguarda la richiesta di substrato, di nutrienti e di capacità metaboliche, lo sviluppo delle varie specie dipenderà dalle caratteristiche del liquame e dalle particolari condizioni operative dell'impianto. È stato dimostrato infatti che esiste un buon legame tra la specie di filamentoso presente e la causa che ne ha determinato lo sviluppo (Eikelboom e Van Buijsen, 1981; Jenkins et al., 1993).

L'identificazione, tramite analisi microscopica, delle singole specie è quindi fondamentale per una corretta diagnosi della patologia e successivo intervento operativo.

3. [ESEMPI DI APPLICAZIONE DELLA CARATTERIZZAZIONE DEI FILAMENTOSI]

Il Bulking è una delle principali disfunzioni di un impianto a FF.AA, che si manifesta con l'improvviso deterioramento della sedimentabilità dei fanghi attivi al punto che essi non si separano adeguatamente nel sedimentatore secondario, si riduce la compattazione e si assiste ad un rigonfiamento del fango, che comincerà ad uscire con l'effluente depurato. Esistono due tipi di Bulking:

- Bulking filamentoso: sono numerose le cause che possono portare a tale fenomeno e vengono messe in relazione al tipo di organismo filamentoso dominante.
- Bulking viscoso: è dovuto alla presenza di biopolimeri esocellulari o alla crescita eccessiva di forme di *Zooglea* spp. immerse in capsule gelatinose, che trattenendo una grande quantità di acqua provocano un aumento del volume dei fanghi.

In entrambi i casi l'analisi delle caratteristiche di sedimentabilità tramite l'indice del volume dei fanghi ci conferma la disfunzione ($SVI > 150 \text{ ml/g}$), ma solo l'analisi microscopica del campione di miscela aerata (ML) ci permetterà di identificare gli organismi responsabili e quindi distinguere le due tipologie di disfunzione. In Tab. 3 sono riportati alcuni esempi di batteri filamentosi e loro valore indicatore. Come si vede una stessa specie può essere indicatore biologico di una singola causa o di più cause contemporaneamente.

CAUSE	ORGANISMO INDICATORE
Basso ossigeno disciolto	tipo 1701, S.natans, H.hydraxis, tipo 1863
Basso F/M (rapporto cibo/organismi)	M.parvicella, H.hydraxis, GALO., tipo 0041, 0675, 0092, 0581, 0961, 0803
Liquami settici/solfuri	Thiothrix sp., Beggiatoa, tipo 021N
Nutrienti carenti	Thiothrix sp., S.natans, tipo 021N, H.hydraxis, tipo 0041 e 0675
Elevate concentrazioni di RBCOD	tipo 021N, S.natans, Thiothrix sp., H.hydraxis
Basso pH	Funghi

Tab. 3: Microrganismi filamentosi e loro valore indicatore

Il Bulking filamentoso è cosiddetto perché è dovuto all'eccessiva proliferazione e dominanza di diverse specie di batteri filamentosi. Il 1701 ad es: si accresce tipicamente all'interno dei fiocchi creando una sorta di struttura a "maglia larga", per cui i fiocchi stessi risultano leggeri, con ampi spazi vuoti al centro e forma irregolare (vedi fig. 2).

Questo filamentoso si trova come causa di Bulking in impianti domestici, industriali o misti soprattutto se alimentati con liquami ricchi di composti carboniosi facilmente biodegradabili e ricchi di amido (latterie, industrie della birra, della trasformazione della carne e frutta, industrie cartarie). Può essere considerato un buon indicatore perché la sua presenza è associata ad un singolo fattore, ossia la bassa concentrazione di ossigeno disciolto (0.01-0.03 mg/l).

M.parvicella invece è un tipo di batterio filamentoso responsabile di Bulking in impianti che trattano liquami particolarmente ricchi di oli e grassi, in condizioni operative di basso F/M (rapporto carico organico/biomassa in vasca di ossidazione) e quindi lunghe età del fango. Tra le due grandezze esiste infatti una proporzionalità inversa, per cui, quanto più basso è il F/M del fango, tanto maggiore sarà il tempo di ritenzione della biomassa, condizione che comporterà lo sviluppo selettivo delle specie di filamentosi a crescita lenta. M.parvicella è un filamentoso a crescita estremamente lenta, si sviluppa meglio in condizioni di bassa temperatura resistendo anche al di sotto degli 8° C, non prolifera in zone ben aerate e si sviluppa tipicamente in lunghi filamenti che creano dei "ponti" di collegamento tra i fiocchi, come mostrato in fig. 3.

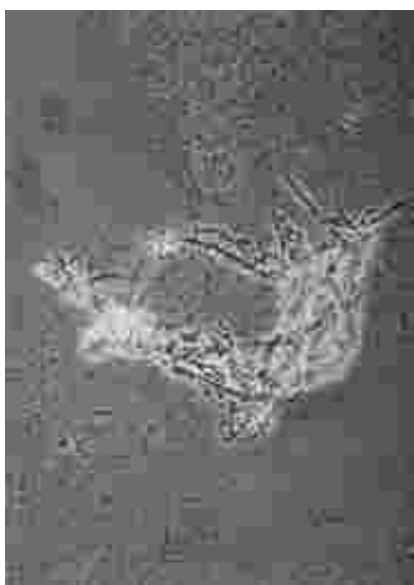


Fig. 2: fiocco a maglia larga, 400x c.f.



Fig. 3: fiocchi collegati da ponti, 400x c.f.

Il Bulking viscoso è una disfunzione tipica di alcuni scarichi industriali quali latterie, lavorazione del vino, zuccherifici, che sono ricchi di sostanze carboniose rapidamente biodegradabili (RBCOD) ma poveri di azoto e/o fosforo, quindi in condizioni di sbilanciamento di nutrienti.

L'analisi microscopica dei fanghi dimostra che non si tratta di eccessivo sviluppo di filamentosi, quanto o crescita eccessiva di forme di Zooglea spp, batteri dalla tipica disposizione a gruppi, immersi in capsule gelatinose oppure dovuto alla presenza di bopolimeri extracellulari. Questi esopolimeri sono colloidali idrofili che trattengono una grande quantità di acqua, producendo un aumento dell'indice di volume dei fanghi.

La conferma di tale disfunzione sarà data dal Test dell'inchiostro di china, una tecnica che utilizza la capacità di questo tipo di inchiostro di introdursi all'interno dei fiocchi. Nel caso di fiocchi viscosi, la matrice esopolisaccaridica gelatinosa che li avvolge impedisce la penetrazione delle particelle di carbone che costituiscono l'inchiostro e si osserveranno larghe zone chiare su fondo nero, così come mostrato nelle figure 4 e 5.



Fig. 4: fiocco viscoso prima del test di china, 100x c.f.

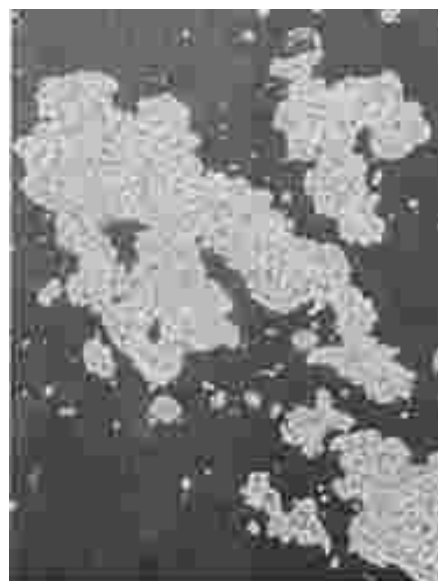


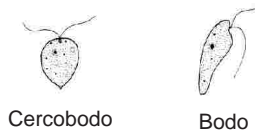
Fig. 5: fiocco viscoso dopo il test di china, 100x c.f.

4. [ANALISI DELLA MICROFAUNA]

Si tratta di un'analisi quali-quantitativa della composizione della Microfauna dei FF.AA, in grado di dare utili indicazioni sull'attività biologica del fango sulla base della struttura della comunità di Protozoi e Metazoi che in esso si sviluppa. In particolare, si basa sull'utilizzo dei Protozoi Ciliati come indicatori di performance depurativa degli impianti, dato che è stato dimostrato che tali microrganismi migliorano la qualità dell'effluente attraverso la predazione della maggior parte dei batteri dispersi nel ML (mixed liquor) (Curds et al., 1968).

Qui di seguito sono riportati alcuni esempi di tali microrganismi, divisi in gruppi funzionali.

**PICCOLI PROTOZOI
FLAGELLATI**
(5-10 μm)



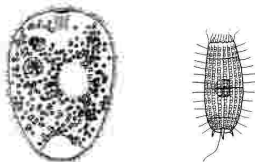
Sono dotati di flagelli e si nutrono di batteri dispersi e di sostanze disciolte. Nuotano rotando lentamente.

**PROTOZOI CILIATI BATTERIOFAGI:
FORME MOBILI DI FONDO**
(40-70 μm)



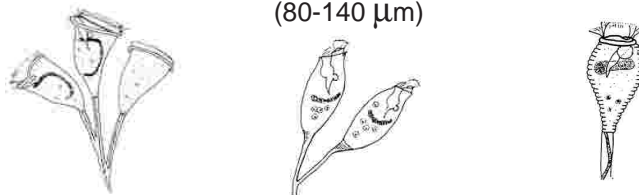
Sono dotati di ciglia, sia per il movimento che per la filtrazione delle particelle sospese e dei batteri dispersi. Vivono a stretto contatto dei fiocchi di fango.

**PROTOZOI CILIATI
CARNIVORI**
(50-400 μm)



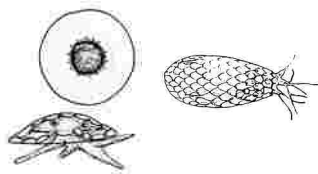
Predano batteri, alghe, flagellati e ciliati.

**PROTOZOI CILIATI BATTERIOFAGI:
FORME SESSILI**
(80-140 μm)



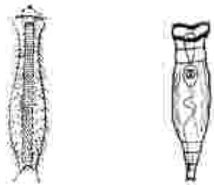
Possono essere coloniali o singoli, si attaccano al substrato mediante un peduncolo, rigido o contrattile, filtrano le particelle sospese grazie a delle membranelle.

AMEBE CON TECA
(20-200 μm)



Sono dotate di pseudopodi, con cui si muovono e catturano particelle di detrito e batteri.

METAZOI
(100-500 μm)



Si tratta di organismi pluri-cellulari. La loro presenza nei FF.AA. è sporadica.

SUTTORI
(50-200 μm)



Sono dotati di tentacoli e sono predatori.

Da ricerche effettuate sulla dinamica di colonizzazione della Microfauna, è risultato che dalla fase di avvio di un impianto sino alla fase di stabilizzazione si susseguono tre fasi distinte, ciascuna delle quali sarà caratterizzata da una tipica struttura in specie. I Protozoi ciliati natanti batteriofagi sono tipici della prima fase, quando sono molto numerosi i batteri dispersi e pochi ancora i fiocco-formatori. I ciliati natanti saranno sostituiti dalle forme sessili e mobili di fondo nella seconda fase, quando il fango è già ben strutturato, essendo questi ultimi dei filtratori molto più efficienti delle forme natanti. Infine la terza fase, quella di stabilizzazione, è composta da una Microfauna ricca e diversificata in specie, che riflette le condizioni di stabilità in vasca di aerazione, con bilanciamento tra carico organico e fango prodotto, rimosso e riciclato.

L'analisi della Microfauna serve a dare un giudizio sull'efficienza di depurazione dei FF.AA., e per essere efficiente, un FA deve possedere contemporaneamente queste tre caratteristiche:

1. Alta densità della Microfauna ($\geq 10^6$ organismi per litro);
2. Microfauna composta principalmente da forme mobili di fondo e sessili, con i flagellati praticamente assenti;
3. Comunità altamente diversificata, cioè composta da diversi gruppi e ciascuno con diverse specie; nessun gruppo o specie deve dominare oltre un fattore 10.

Quando ciò non si verifica, significa che qualche fattore ha alterato gli equilibri trofici, impedendo lo sviluppo della maggior parte delle specie e favorendo lo sviluppo di quelle più tolleranti a tale fattore. I più comuni fattori limitanti possono essere l'ingresso nel liquame di sostanze tossiche, un carico organico troppo forte o troppo debole, carenza di ossigenazione. La Tab. 4 mostra come dall'analisi microscopica è possibile rilevare l'associazione tra gruppo di organismi dominante, possibile causa o cause di disfunzione e conseguente performance depurativa.

GRUPPO DOMINANTE	EFFICIENZA	POSSIBILI CAUSE
Piccoli flagellati	Scarsa	Fango poco ossigenato; carico troppo forte; apporto di sostanze in fermentazione
Piccoli ciliati natanti (< 50 μ m)	Mediocre	Tempo di contatto del liquame troppo breve; fango poco ossigenato
Grandi ciliati natanti (> 50 μ m)	Mediocre	Carico troppo forte
Ciliati mobili di fondo	Buona	
Ciliati sessili + mobili di fondo	Buona	
Ciliati sessili	In ribasso	Fenomeni transitori (carico discontinuo; estrazione recente di fanghi; lento tempo di ricircolo)
Piccole amebe nude e flagellati	Scarsa	Carico elevato non facilmente degradabile
Amebe con teca	Buona	Basso carico del fango; liquame diluito; buona nitrificazione

Tab. 4: Alcune situazioni particolari nel funzionamento dell'impianto che possono essere rilevate all'analisi microscopica.

Gruppi positivi sono considerati i mobili di fondo, i sessili e le amebe con teca, significa cioè che la loro presenza e dominanza è indice di buona efficienza depurativa; gruppi negativi sono i piccoli flagellati, i ciliati natanti e i ciliati sessili *Vorticella microstoma* e *Opercularia* spp., la cui dominanza indica mediocre o scarsa efficienza depurativa. Ad es: *Opercularia* spp. si ritrova in modeste quantità in un fango attivo in buone condizioni. Il numero però aumenta quando s'instaurano condizioni di stress, come l'ingresso in impianto di un liquame di origine industriale contenente sostanze tossiche, oppure in condizioni di carenza di ossigeno. Di quest'ultima condizione, in particolare, è anche valido indicatore la *Vorticella microstoma*, un sessile singolo non coloniale, che è normalmente presente nella fase di avvio dell'impianto per poi essere sostituita dalle altre specie (soprattutto dalla *V.convallaria*) dominanti nella fase stabile.

Le amebe con teca, sono altri importanti protozoi, che colonizzano i fanghi di impianti che funzionano a basso carico e che in particolare operano la rimozione dell'azoto. Indicano in generale buona nitrificazione e buona efficienza depurativa. I piccoli flagellati invece, che dominano la Microfauna nelle fasi di avvio dell'impianto nutrendosi soprattutto dei batteri dispersi, col tempo saranno sostituiti dai ciliati batteriofagi. Quindi la massiccia presenza di questi Protozoi in un fango maturo è associata ad una cattiva efficienza depurativa dovuta principalmente a tre cause (vedi Tab. 4).

Per quanto riguarda i Metazoi (Rotiferi, Nematodi e Gastrotrichi), la loro presenza viene rilevata solo perché contribuiscono alla densità totale della Microfauna, ma non sono indicatori di alcuna caratteristica dei liquami o particolare disfunzione del processo depurativo.

Ai risultati ottenuti dall'analisi microscopica, in termini di abbondanza e diversità in specie della Microfauna, verrà applicato l'Indice Biotico del Fango (SBI), un metodo che consente di definire la qualità biologica del fango mediante valori numerici convenzionali che saranno convertiti in classi di qualità del fango con relativo giudizio di efficienza depurativa, come mostrato in *Tab. 5*.

VALORE SBI	CLASSE	GIUDIZIO
8 - 10	I	Fango ben colonizzato e stabile, ottima attività biologica; alta efficienza depurativa.
6 - 7	II	Fango ben colonizzato e stabile, attività biologica sub-ottimale; discreta efficienza depurativa.
4 - 5	III	Insufficiente depurazione biologica dell'impianto; mediocre efficienza depurativa.
0 - 3	IV	Cattiva depurazione biologica dell'impianto; bassa efficienza depurativa.

Tab. 5: Conversione dei valori di SBI in classi di qualità del fango con relativo giudizio

5. [METODO DI CAMPIONAMENTO, CONSERVAZIONE E TRASPORTO]

Per l'analisi microscopica dei batteri filamentosi, la raccolta dei campioni di fango attivo può essere effettuata in un qualunque punto della vasca di aerazione, evitando, se presenti, le zone di ristagno, e comunque in punti non troppo vicini né alle pareti della vasca né alle turbine. Evitare di raccogliere il materiale flottante; se presenti schiume prelevare a parte un campione, perché l'analisi microscopica della schiuma fornirà una prima e preziosa informazione sulla causa che l'ha determinata: batteri, tensioattivi o materiale esocellulare.

Nel caso di schiume nel sedimentatore secondario, è opportuno fare un prelievo anche qui, sia di un campione di fango che di schiuma.

La raccolta della miscela aerata potrà essere effettuata con un qualsiasi contenitore, anche un secchio di plastica legato ad una fune. Dato che per l'analisi microscopica è sufficiente una modesta quantità di miscela aerata, è opportuno versare dal campionatore un quantitativo di 250 ml in un contenitore di plastica da 500 ml, riempito cioè al 50% del volume totale, onde evitare l'instaurarsi di un ambiente settico.

Durante il trasporto dei campioni dall'impianto al laboratorio di analisi, se non trascorrono più di 8-10 ore, non c'è bisogno di alcun accorgimento particolare. Solo in caso contrario è opportuno sistemare i campioni in un refrigeratore portatile.

I campioni devono essere analizzati appena possibile; in caso contrario dovranno essere conservati in frigorifero a 4-5°C; se provengono da impianti ad alto carico devono essere analizzati entro 3 o 4 gg., se provengono da impianti a basso carico possono essere analizzati anche dopo 8-10 gg. dalla data del campionamento.

Per l'analisi della Microfauna valgono le stesse modalità e stesso luogo di raccolta della miscela aerata valide per l'analisi dei batteri filamentosi. In caso di schiuma, utilizzare per campionatore bottiglie di fondo con cordicella legata al tappo, oppure bottiglie di Rutner. Per quanto riguarda la quantità da prelevare ai fini dell'analisi, è sufficiente versare dal campionatore 250-500 ml di miscela aerata in un contenitore da 1 litro, con l'accortezza di omogeneizzare (mescolando) la stessa miscela prima del travaso. Anche in questo caso, riempire il contenitore al 50 % del volume totale, serve a lasciare l'aria sufficiente a non creare condizioni di anossia durante il trasporto. Infatti, in questo caso, l'attività biologica del fango è tale, che l'ossigeno disciolto nella miscela aerata viene completamente utilizzato dai microrganismi in un breve arco di tempo (20-30 minuti). Trascorso tale periodo, possono verificarsi profonde alterazioni nella comunità microbica ed in generale nella fisiologia del sistema. In caso di percorsi lunghi dall'impianto al laboratorio di analisi, durante il trasporto è dunque indispensabile aerare il campione di fango per mezzo di un insufflatore d'aria con setto poroso alimentato da una batteria. Il campione di fango, infine, dovrà essere analizzato al max 5 ore dopo il prelievo.

6. [BIBLIOGRAFIA]

- AGAC, Reggio Emilia (1994) "I principali microrganismi filamentosi del fango attivo" Quaderno tecnico n° 5;
- Madoni P. (1994); "La microfauna nell'analisi di qualità biologica dei fanghi attivi - Indice biotico del fango (SBI)";
- Vismara R. (1998); Depurazione biologica; Hoepli.

TRATTAMENTI PRIMARI: GRIGLIATURA, DISSABBIATURA, DISOLEAZIONE.

Ing. Giampaolo Maria Salmeri

In tutti i processi “naturali” o “artificiali” di depurazione, prima di sottoporre i liquami ai veri e propri processi di depurazione, risulta sempre opportuno o indispensabile provvedere a dei trattamenti preliminari, aventi lo scopo di eliminare parti grossolane, abrasive, oleose, etc. che non possono essere ammesse ai trattamenti successivi, pena tutta una serie d’inconvenienti ai processi o ai macchinari, o addirittura l'impossibilità di operare.

I trattamenti preliminari, normalmente di tipo meccanico, comportano un abbattimento di sostanze, di batteri e di inquinamento che incrementano il rendimento depurativo della fase di depurazione biologica dell'impianto (vedi tab. 1 relativamente alla fase di stacciatura fine).

Tipo di processo	Rendimento % in sostanza organica		
	Primo stadio	Secondo	Terzo
1. Stacciatura fine	1-2	20-25	15-20
2. Stacciatura nel secondo stadio	1-2	40-50	15-20
3. Stacciatura grossolana	40-50	25-30	20-25
4. Stacciatura per via chimica	5-10	40-50	20-25
5. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	20-30	40-50	20-25
6. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	10-15	40-50	20-25
7. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	10-15	40-50	20-25
8. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	10-15	40-50	20-25
9. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	10-15	40-50	20-25
10. Stacciatura grossolana per staccatura di sostanze a base	10-15	40-50	20-25

Tab. 1: Rendimento depurativo di alcuni trattamenti di depurazione (F. Durante, La depurazione delle acque di fognatura, p. 44)

1. [GRIGLIATURA]

Nei liquami si trovano corpi grossolani di ogni genere che è necessario allontanare allo scopo di evitare di introdurli negli impianti, evitando danni alle successive fasi di trattamento. In base alla spaziatura tra le maglie si distinguono:

Tipologia di griglia	Spaziatura tra le maglie [mm]
Griglia grossolana	40 ÷ 100
Griglia media	20 ÷ 40
Griglia sottile	10 ÷ 20

Nei piccoli impianti, la raccolta del materiale grigliato è spesso eseguita manualmente, dato che una meccanizzazione comporta sempre un onere di costo non indifferente; tuttavia, tenendo conto che la grigliatura costituisce l'operazione più sgradevole nella gestione di un impianto e che una pulizia della griglia non eseguita con frequenza potrebbe provocare vistosi fenomeni di rigurgito idraulico sul canale di alimentazione, è auspicabile (anche se sono presenti difficoltà economiche) prevedere sempre un processo automatico di pulizia.

La tipologie di griglie automatiche più adoperate sono:

- Griglia ad arco, ideale per i canali di limitata profondità (fig. 1);
- Griglia verticale, ideale per canali profondi (fig. 2).

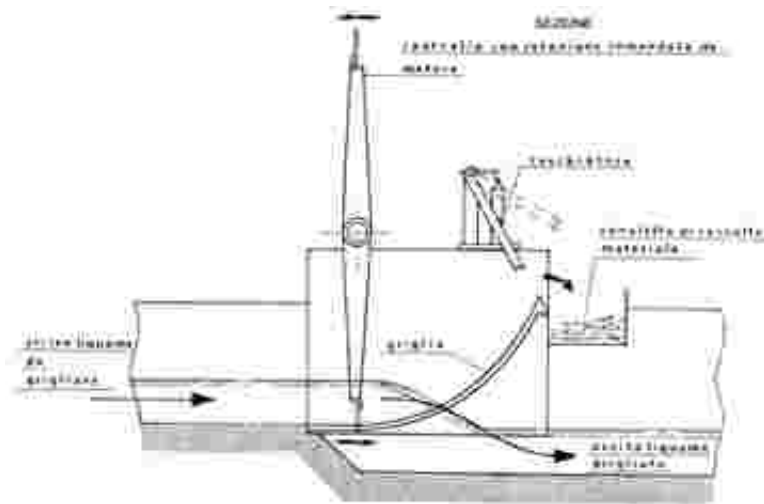


Figura 1: schema di funzionamento griglia ad arco (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 58).

Il principio di funzionamento è il medesimo per entrambe: il flusso della corrente impatta contro le barre della griglia; a seconda della spaziatura disponibile viene bloccato il materiale che, attraverso poi l'azione degli organi di movimento, viene sollevato e convogliato nell'apposito box di raccolta.

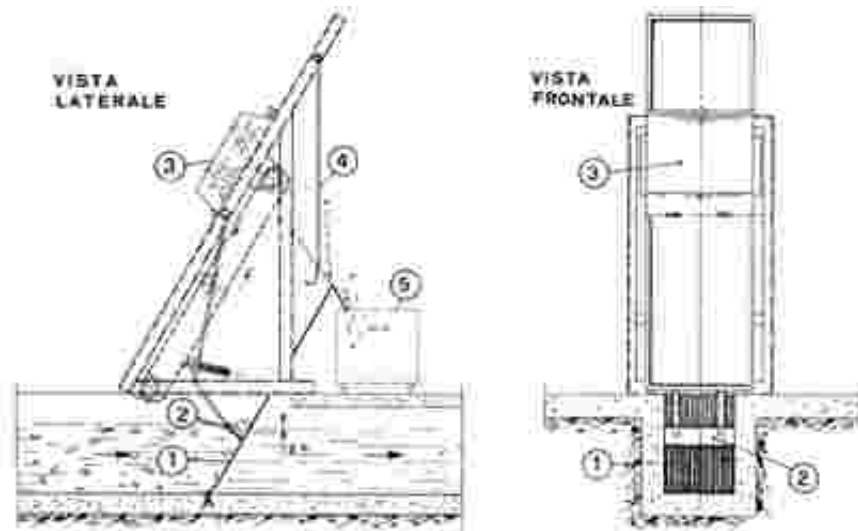


Figura 2: schema di funzionamento griglia verticale (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 59).

Il materiale grigliato viene raccolto in appositi contenitori, di dimensioni varie, che vanno dai normali sacchi in polietilene, ai containers adottati sui grandi impianti; nei piccoli impianti, il materiale grigliato può essere smaltito con i rifiuti solidi urbani cittadini come un normale rifiuto domestico. Tuttavia, non appena la potenzialità supera qualche centinaio di abitanti, occorrono sistemi di smaltimento autonomi.

In impianti di adeguate dimensioni, si tende anche ad adottare una pressatura del materiale grigliato, onde ridurre al minimo i volumi da manipolare.

1.1. STACCIATURA

Risultati simili a quelli attuabili con la grigliatura, si ottengono con la staccatura, che consiste nel fare passare il liquame grezzo attraverso reti metalliche o lamiere forate, in genere supportate da un cilindro metallico rotante, con pulizia automatica, attuata con vari dispositivi.

Le aperture di passaggio possono essere anche di pochi millimetri, al limite anche inferiore al millimetro, per cui la quantità di materiale raccolto è normalmente assai superiore a quella raccolta con la grigliatura fine.

Con tali dispositivi si ottengono diminuzioni dei vari parametri d'inquinamento (5-10% per il BOD₅, 10% solidi sospesi, 10% carica batterica), con notevole incremento del rendimento depurativo finale dell'impianto.

2. [DISSABBIATURA]

La presenza nelle acque di rifiuto di sabbie e di altre sostanze abrasive o pesanti, può comportare notevoli inconvenienti negli impianti di depurazione o, comunque, in tutti i sistemi di smaltimento delle acque di rifiuto in cui sono presenti tubazioni o macchinari che possono essere erosi o intasati, nonché vasche che possono venire riempite da materiale inerte (che altrimenti ne diminuirebbe la capacità utile).

Assieme alle sabbie, vengono eliminate tutte quelle particelle e corpi che hanno caratteristiche di peso specifico ed idrodinamiche analoghe a quelle delle vere sabbie. In particolare, il dissabbiamento costituisce una fase delicata del trattamento dei liquami, in quanto deve provvedere ad una separazione differenziata dei solidi: non deve catturare troppe sostanze sospese (in questo modo, infatti, si accumulerebbero nel dissabbiatore anche molte sostanze organiche putrescibili), né troppo poche (in questo modo, infatti, una parte delle sabbie sfuggirebbero entro l'impianto, inficiando il funzionamento del dissabbiatore stesso).

Sulla base del principio di funzionamento si distinguono:

- Dissabbiatori a canale;
- Dissabbiatori aerati;
- Dissabbiatori a immissione tangenziale.

I dissabbiatori a canale, che sfruttano il principio dell'azione della forza di gravità (vedi fig. 3), sono in genere caratterizzati da una sezione rettangolare con pareti conformate in maniera tale da consentire il convogliamento del materiale decantato verso il punto più basso (per agevolare la raccolta).



Figura 3: principio di funzionamento dissabbiatore (F. Durante, La depurazione delle acque di fognatura, p. 56).

Al fine di consentire la sedimentazione della sola sabbia occorre mantenere una velocità del flusso pari a circa 0,30 m/s, per cui tali dispositivi vengono accompagnati da altrettanti che consentono di mantenere costante la velocità del flusso in ingresso.

In generale, in base a considerazioni di natura fisica (velocità di caduta della sabbia) e geometrica, si ha che

$$L = (20 \div 25) H$$

avendo indicato con L la lunghezza del canale e con H l'altezza dello stesso.

I dissabbiatori aerati sfruttano il principio dell'azione del moto a spirale (vedi fig. 4) applicato alle particelle di sabbia: l'aria, immessa lateralmente nel canale, determina un moto rotazionale nella massa liquida che, essendo altresì dotata di un moto longitudinale, assume in definitiva un moto a spirale; le particelle organiche più leggere sono mantenute in sospensione per un effetto di "flottazione" e di "turbolenza controllata" indotta dallo stato di agitazione del fluido. La sabbia, spinta verso il fondo dall'azione della gravità e dalla forza centrifuga, viene trascinata verso una fossa laterale a mezzo di un convogliatore a vite e quindi viene estratta tramite un estrattore idropneumatico. L'aria sul fondo viene insufflata attraverso un sistema di diffusori d'aria a bolle fini.

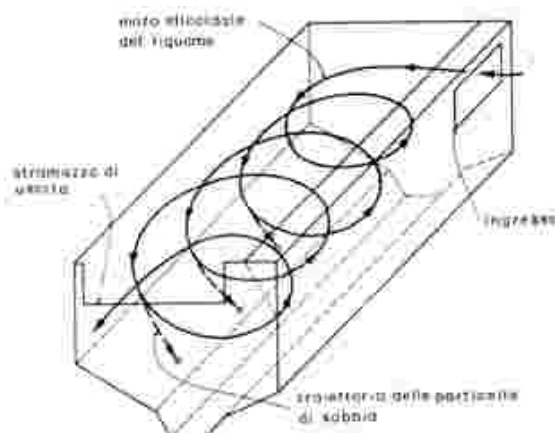


Figura 4: principio di funzionamento dissabbiatore aerato (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 80).

I dissabbiatori ad immissione tangenziale (vedi fig. 5) sono impianti di tipo compatto, di modesto ingombro, a pianta circolare, che consentono di attuare un soddisfacente grado di abbattimento delle sabbie.

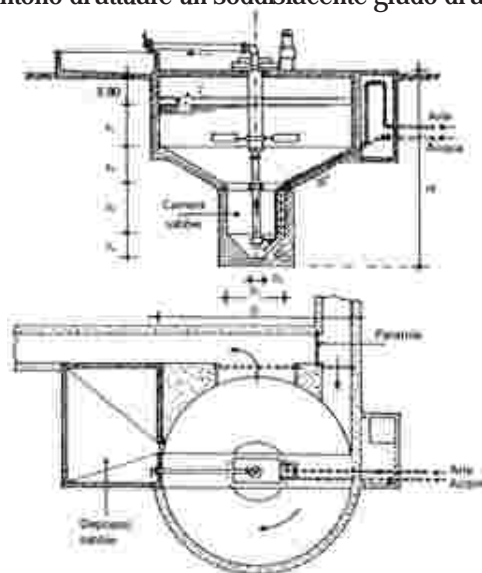


Figura 5: dissabbiatore a immissione tangenziale (F. Durante, La depurazione delle acque di fognatura, p. 71)

La velocità del liquame è regolata a mezzo di un agitatore centrale ad asse verticale, mosso da un motore elettrico, consentendo di svincolarsi dalla portata del liquame e quindi dalla sua velocità che è il parametro fondamentale per il funzionamento dell'apparecchiatura.

Le sabbie sedimentate vengono estratte tramite un dispositivo air-lift e successivamente inviate ad un pozzetto di raccolta.

3. [DISOLEAZIONE]

Il trattamento di disoleazione si rende necessario laddove gli scarichi provenienti al depuratore contengano elevate concentrazioni di oli e grassi (scarichi provenienti da fabbriche, autorimesse, autofficine, etc.). Il loro abbattimento si rende necessario al fine di evitare gravi inconvenienti in tutte le varie fasi di trattamento biologico aerobico, con relativa diminuzione del rendimento depurativo dell'impianto.

In particolare, oli e grassi, aderendo ai fiocchi di fango, ostacolano la sedimentazione del fango, nonché l'adsorbimento nutritivo e gli scambi d'ossigeno; la fuga di fango dal comparto diminuisce la quantità di fango del sistema, con conseguente scadimento della capacità depurativa dell'impianto (oltre che un effetto di inquinamento massiccio).

Sulla base dei volumi in gioco e delle modalità di manutenzione, esistono differenti tipologie applicative:

- Pozzetto di disoleazione;
- Disoleatore statico;
- Disoleatore a pacco lamellare;

Il pozzetto di disoleazione, ideale per le piccole abitazioni, (vedi fig. 6) rappresenta l'applicazione più semplice.

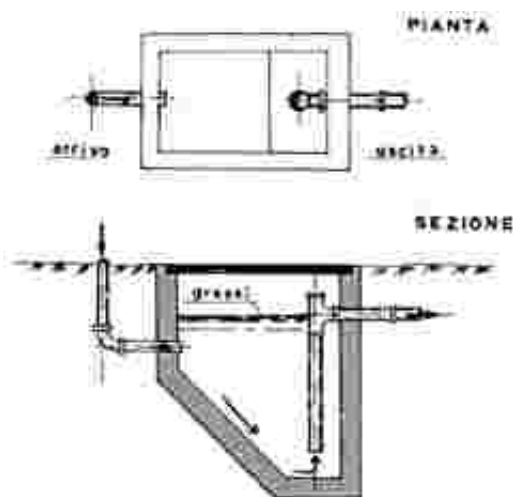


Figura 6: pozzetto di disoleazione (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 87).

Nel caso di utilizzatori di una certa importanza, si passa a dispositivo di costruzione più elaborata: il disoleatore statico (vedi fig. 7), in particolare, può essere adoperato nel caso in cui i volumi da trattare siano rilevanti (stazioni di servizio e di lavaggio degli autoveicoli, grandi ristoranti, grandi cucine aziendali, etc.).

Il comparto di raccolta, in questo caso, deve essere adeguatamente dimensionato sulla base dei previsti svuotamenti, nonché sulla base della possibilità di prevedere la raccolta anche di sostanze pesanti sul fondo del manufatto.

Nel caso in cui si voglia realizzare una disoleatura particolarmente efficiente in spazi ridotti, può essere realizzata la tipologia di disoleatore a pacchi lamellari (vedi fig. 8): il refluo, costretto al passaggio tra le lamelle, entra in un regime di moto laminare, consentendo la flottazione degli oli e dei grassi verso la parte superiore del comparto e la sedimentazione dei fanghi nella parte inferiore del medesimo comparto.

I rendimenti depurativi nella rimozione di oli e grassi sono dell'ordine del 60 – 70%; in alcuni casi, al fine di incrementare l'efficienza del sistema, possono essere adoperati particolari soluzioni disemulsionanti.

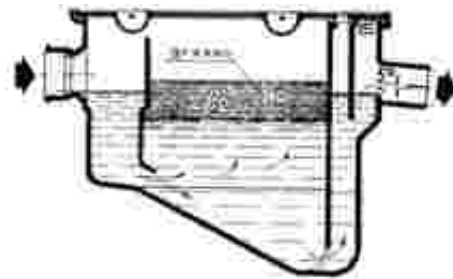


Figura 7: disoleatore statico (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 88).

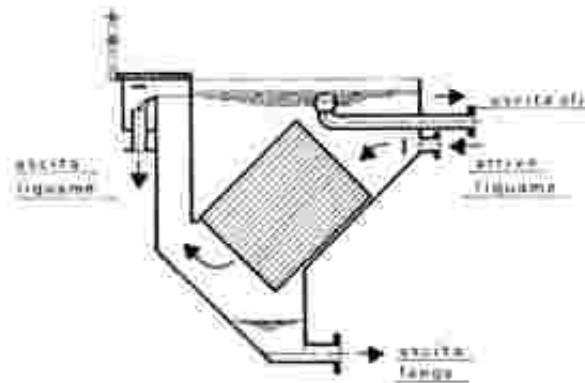


Figura 8: disoleatore a pacco lamellare (L. Masotti, Depurazione delle acque, p. 89).

SISTEMI DI DISIDRATAZIONE DEL FANGO.

Ing. Giampaolo Maria Salmeri

Il processo di disidratazione del fango si rende necessario al fine di limitare i costi legati allo smaltimento: in questo modo si risolve il problema legato al trasporto di una massa di tara costituita da acqua.

La disidratazione del fango consente di portare la sua consistenza fino al cosiddetto stato "solido", ovvero "palabile", e cioè fino a quando il fango può essere conformato in cumuli mantenendo la propria forma e può essere agevolmente raccolto per essere successivamente trasportato.

I sistemi di disidratazione si distinguono in:

Sistemi naturali:

- Letti di essiccamento;
- Filtri a sacchi;

Sistemi artificiali (meccanici):

- Filtro a vuoto;
- Nastro-pressa;
- Filtro-pressa;
- Centrifuga.

1. [LETTI DI ESSICCAMENTO]

I letti di essiccamento costituiscono il sistema più antico e più semplice di disidratazione "naturale" (vedi fig.1).

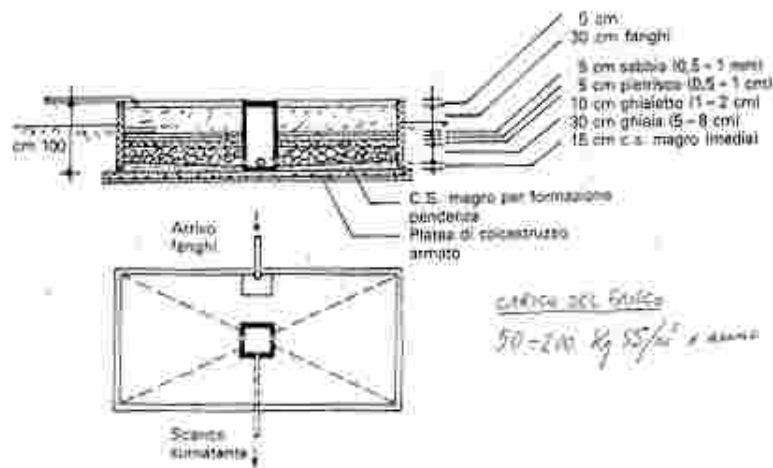


Figura 1: Particolare letti di essiccamento.

La disidratazione avviene in due diverse fasi:

- Prima di tutto per effetto del drenaggio attraverso gli strati di sabbia e ghiaia, fino alle tubazioni di raccolta sottostanti (processo che si sviluppa prevalentemente nei primi due gironi);
- Quindi per effetto dell'evaporazione naturale dell'acqua, provocata dalla temperatura ambientale e dai raggi solari, favorita, anche, dalla formazione di estese fenditure sulla superficie della massa del fango.

Una volta che il fango è sufficientemente disidratato (ha rilasciato un buon tenore in acqua), esso viene raccolto e quindi portato allo smaltimento finale.

Il loro impiego può essere previsto per:

- Economicità come costo di impianto;
- Limitato costo di esercizio (relativamente all'impiego di particolari reagenti chimici di condizionamento);
- Possibilità di raggiungere bassi tenori di umidità del fango.

Tuttavia presentano alcuni svantaggi:

- Necessità di disporre di ampie aree;
- Elevati costi di manodopera (rispetto ad altri sistemi meccanici).

Data, comunque, la facilità di realizzazione è buona norma ricorrere ai letti di essiccamento come strutture ausiliarie di emergenza, di dimensioni complessive ridotte, da utilizzare nel caso di malfunzionamenti e necessità di manutenzione di altri dispositivi.

Normalmente si realizzano batterie di filtri in modo tale da rispettare i tempi previsti dai processi di disidratazione e, quindi, i tempi di stazionamento del fango (40 - 100 gg. da quanto riportato in letteratura).

2. [FILTRI A SACCO]

Si tratta sempre di sistemi naturali, basati sul principio di funzionamento dei letti (drenaggio iniziale, quindi evaporazione).

Si utilizzano sacchi drenanti di "tessuto non tessuto" che, una volta riempiti, consentono il drenaggio dell'acqua contenuta nel fango, trattenendo la parte solida.

Lo stesso sacco può essere utilizzato più volte finché non viene completamente riempito.

Una volta ricolmo verrà sostituito da un sacco nuovo sacco.

3. [SISTEMI MECCANICI]

Rappresentano una valida alternativa ai letti di essiccamento. Si tratta di dispositivi di disidratazione artificiale e normalmente presentano più elevati costi (non solo come costi di macchinario, ma anche come costi energetici e di manutenzione).

Il loro utilizzo è legato all'uso di prodotti per il "condizionamento" del fango, ovvero per quel processo che consente di rendere facilmente disidratabile il fango e, quindi, "catturare" la maggiore quantità possibile di particelle solide presenti nel fango.

L'utilizzo dei "condizionatori" comporta un incremento dei costi di gestione di simili apparecchiature.

L'utilizzo di prodotti "condizionatori" è dovuto al fatto che il fango, sia fresco che stabilizzato, contiene un'elevata percentuale di sostanze colloidali che lo rendono difficilmente disidratabile.

Il sistema di condizionamento più utilizzato è quello chimico.

Questo è realizzato immettendo nel fango reagenti chimici (i più utilizzati sali di ferro ed alluminio, polielettroliti organici), la cui azione ha un duplice effetto:

1. Coagulazione, con conseguente neutralizzazione dei legami intramolecolari esistenti fra le particelle di fango e l'acqua legata (che può liberarsi, così, nel successivo trattamento di disidratazione);
2. Flocculazione delle particelle fini del fango e, conseguentemente, agglomerazione in particelle più grosse, al fine di incrementare la sedimentabilità del fango stesso.

Un tipico impianto di disidratazione meccanica è, dunque, composto da (vedi fig. 2):

1. Sistema di preparazione soluzione condizionante;
2. Sistema di dosaggio soluzione condizionante (rappresentato, in genere, da pompe dosatrici);
3. Vasca di condizionamento (con tempo di contatto di circa 5 – 15 minuti), in cui si avvia il processo di coagulazione, aiutato da sistemi di agitazione;
4. Vasca di maturazione (con tempo di contatto di circa 15 – 30 minuti), in cui si completa la flocculazione e l'ingrossamento dei fiocchi, aiutato da sistemi di agitazione;
5. Sistema di disidratazione finale.

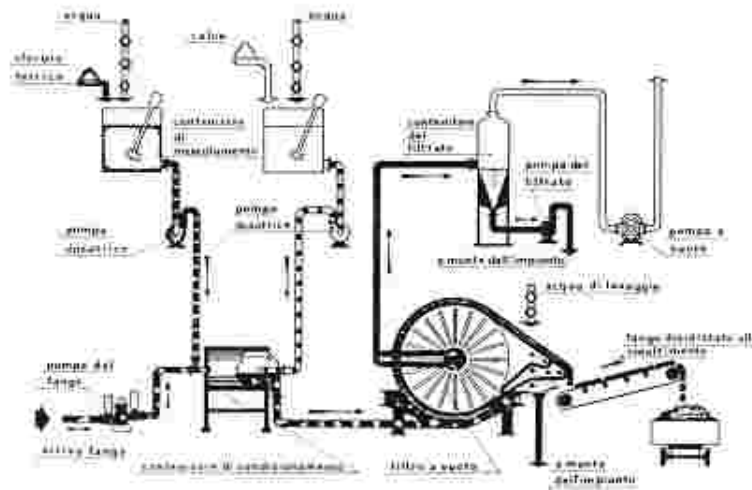


Figura 2: Schema tipico impianto di disidratazione meccanica.

Il sistema a filtri a vuoto è un sistema che sfrutta il principio della "depressione", con la conseguente filtrazione attraverso una tela filtrante (vedi fig. 3).

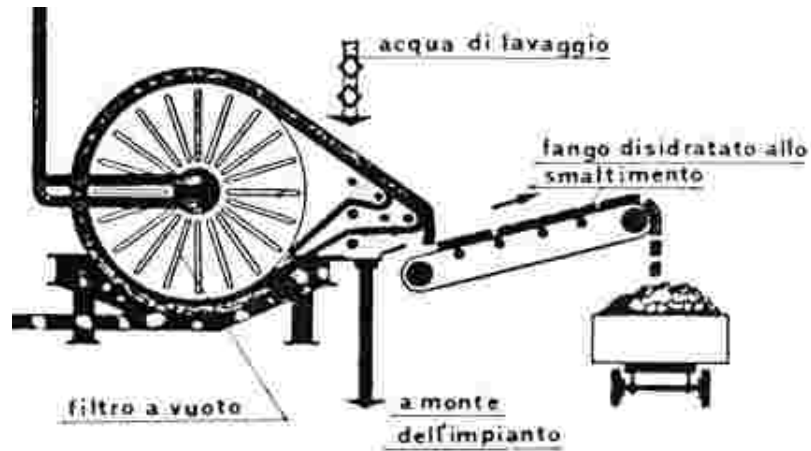


Figura 3: Impianto di disidratazione con filtri a vuoto.

La Nastro-prensa, di contro, sfrutta il principio della “pressione” esercitata meccanicamente su una tela filtrante (vedi fig. 4).

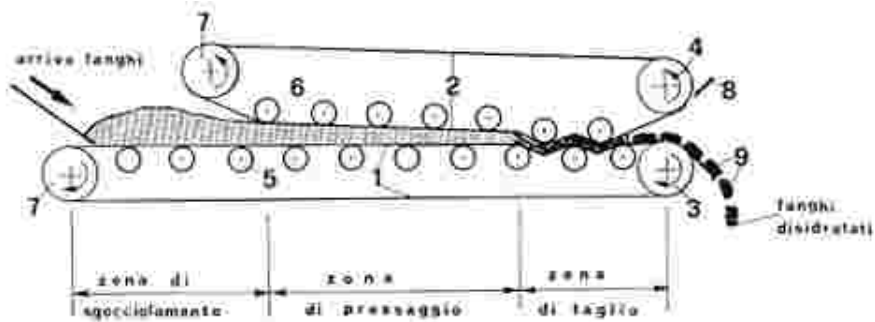


Figura 4: Impianto di disidratazione nastro-prensa.

La Filtro-prensa, invece, è un sistema che sfrutta il principio della “pressione” idraulica (circa 20 kg/cm²) esercitata meccanicamente su piastre verticali (vedi fig. 5).

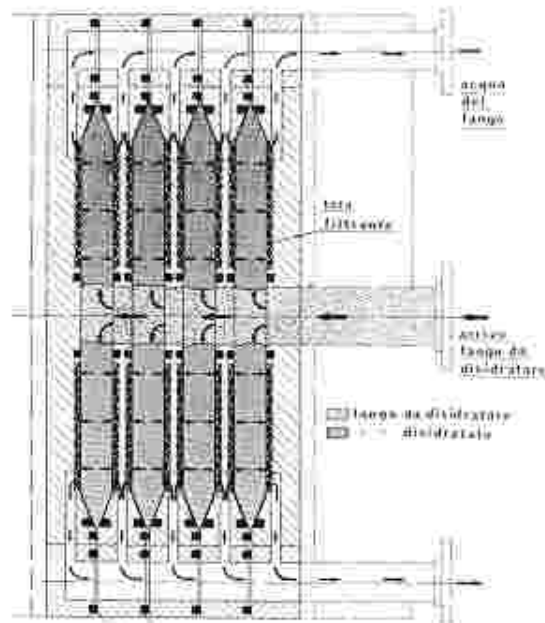


Figura 5: Principio di funzionamento filtroprensa.

Una volta disidratato la “torta” di fango viene raccolta in basso, per effetti dell’allontanamento delle piastre.

Si procede, di norma, a “batch”:

1. Riempimento piastre;
2. Pressurizzazione e filtrazione;
3. Distacco “torta”;
4. Pulizia tele.

La centrifuga sfrutta il principio della “forza centrifuga” applicata ai volumi di fango in ingresso (vedi fig. 6).

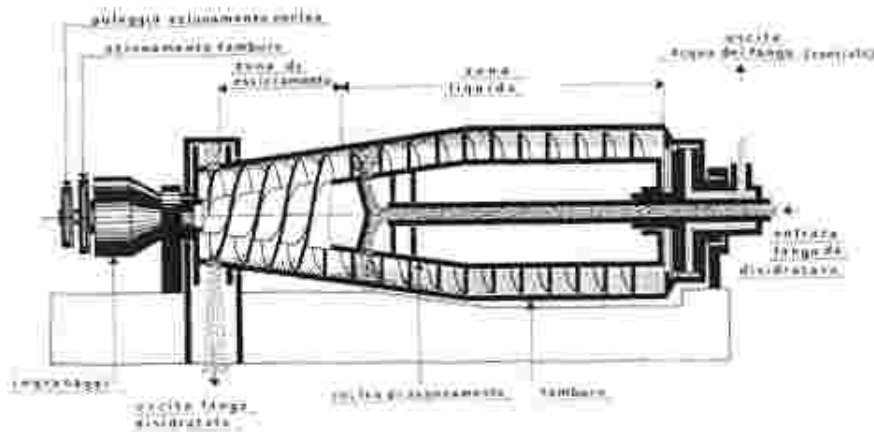


Figura 6: Principio di funzionamento centrifuga

La separazione del fango, in pratica, avviene mediante una vera e propria sedimentazione, più rapida rispetto a quella naturale (dovuta alla sola forza G) per l'effetto della rotazione (2.000 giri/min) che genera una forza pari a circa 3.000 – 3.500 G.

SISTEMI DI AERAZIONE.

Ing. Giampaolo Maria Salmeri

Perché nella vasca di ossidazione possa avvenire l'azione abbattimento della sostanza organica, occorre somministrare al liquame, in funzione del suo BOD₅, una certa quantità di ossigeno, che è contenuto nell'aria e quindi bisogna somministrare una certa quantità di aria.

La somministrazione di aria può essere effettuata principalmente mediante i seguenti sistemi:

- insufflatori d'aria (soffianti);
- aeratori di superficie (turbine, mixer);
- aeratori sommersi (flo-get, radial-get, air-mixer);

1. [INSUFFLATORI D'ARIA]

Con gli insufflatori d'aria viene insufflata aria, attraverso tubazioni, nella massa liquida a mezzo di ossigenatori, disposti a differenti profondità, costituiti da strutture di diverso materiale (acciaio inox, plastica o ceramica), munite di fori, opportunamente disposti o di fenditure in modo che l'aria proveniente dalla soffiante si possa frazionare in bolle di dimensioni diverse e quindi possa interessare tutta la massa del liquame.

I più comuni tra tali dispositivi sono le soffianti: una girante "palettata", calettata sull'albero motore, genera una compressione dell'aria aspirata (filtrata) e quindi un'espulsione alla prevalenza fissata (vedi fig. 1).

La somministrazione di ossigeno in vasca avviene, dunque, attraverso i diffusori d'aria.



Figura 1: Principio di funzionamento soffiante d'aria.

A seconda della posizione in cui si pongono gli ossigenatori nella vasca di ossidazione ed in funzione delle dimensioni di quest'ultima, gli impianti possono essere di vario tipo (vedi fig. 1-2-3):

- aerazione dall'intero fondo, indicato per elevate richieste di ossigeno;
- aerazione a spirale, adatto per bacino con forma allungata, aventi una lunghezza massima di 6 m. È consigliabile per una buona resa che la larghezza sia come massimo i 2/3 dell'altezza del battente;
- aerazione a spirale stretta, adatta a bacini con larghezza massima di 3,5 m.

La resa d'ossigeno dei diffusori è riportata in appositi grafici, utili alla determinazione del numero di diffusori da disporre in vasca.

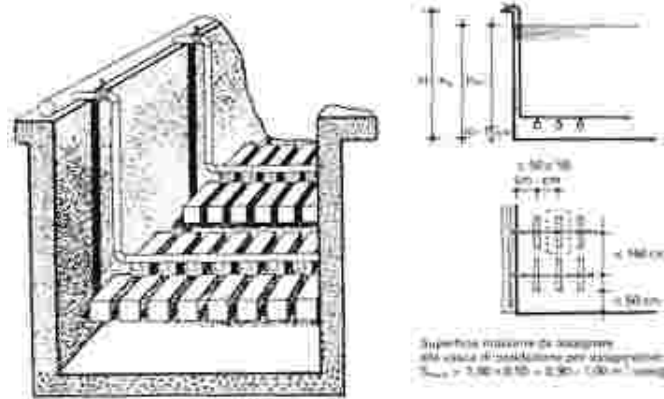


Figura 2: Aerazione dall'intero fondo.

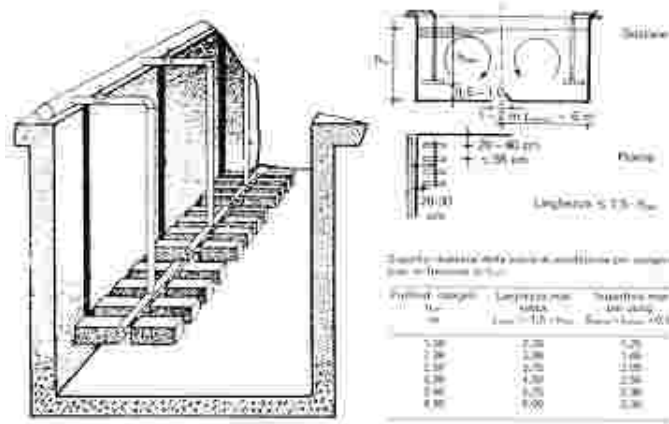


Figura 3: Aerazione a spirale.

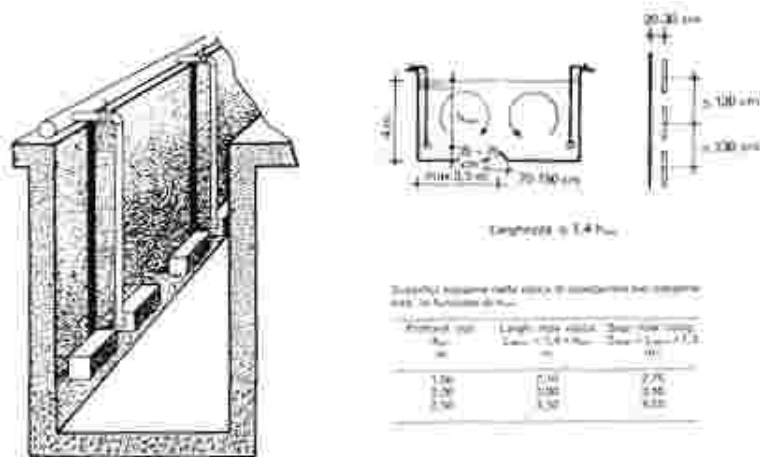


Figura 4: Aerazione a spirale stretta.

2. [AERATORI DI SUPERFICIE]

Con tale sistema di aerazione, il liquame della vasca di ossidazione è soggetto ad un continuo rimescolio ottenuto a mezzo della rotazione delle pale della macchina per cui, nella vasca, avvengono dei movimenti rotatori del liquame che lo espongono all'aria ed avviene il trasferimento di una parte dell'ossigeno alla massa liquida (vedi fig. 5).

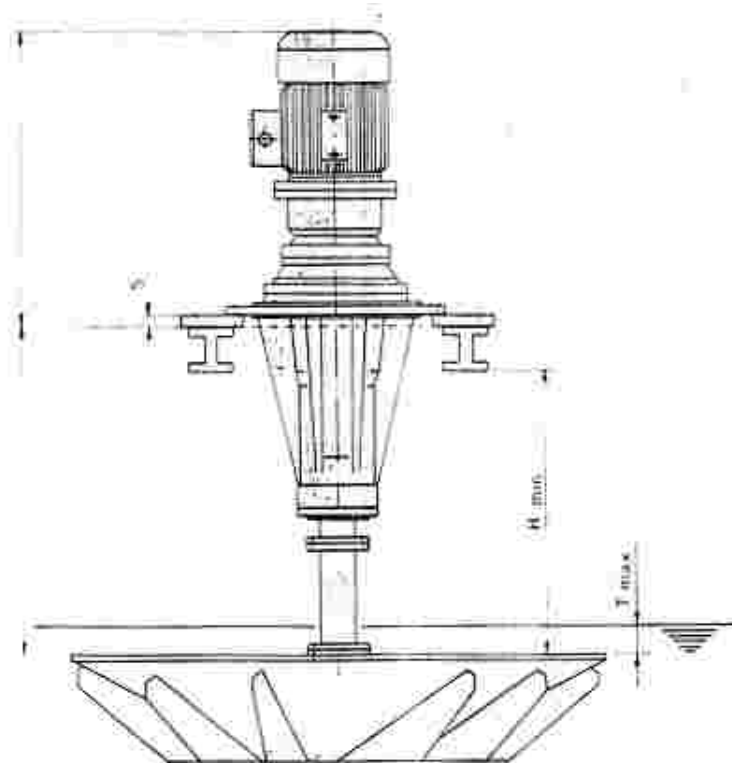


Figura 5: Turbine di aerazione.

3. [AERATORI SOMMERSI]

Si tratta di sistemi che utilizzano elettropompe sommergibili opportunamente accessoriate per captare aria alla pressione atmosferica e trasferirla al liquame.

Tra i più diffusi sistemi del genere troviamo:

- Aeratori Flo-get, consentono di trasferire aria al liquame captandola direttamente alla pressione atmosferica ed immettendola nel liquido con getto lineare;
- Aeratori Radial-get, consentono di trasferire aria al liquame captandola direttamente alla pressione atmosferica e trasferendola al liquame tramite diffusione radiale;
- Aeratori Airmixer, si tratta di un'unità composta da un mixer accoppiato ad un anello convogliatore dotato di diffusori di aria proveniente da una soffiante esterna.

Il sistema Flo-get (vedi fig. 6) è basato sull'accoppiamento di una o più elettropompe sommergibili con uno o più eiettori.

Il flusso generato dall'elettropompa attraversa un ugello tarato, fuoriuscendo attraverso il tubo di miscelazione ed il diffusore.

Il flusso primario, passando attraverso l'ugello tarato aumenta notevolmente la sua velocità, creando nella zona d'aspirazione un condizione stabile di depressione, con la conseguente aspirazione dell'aria.

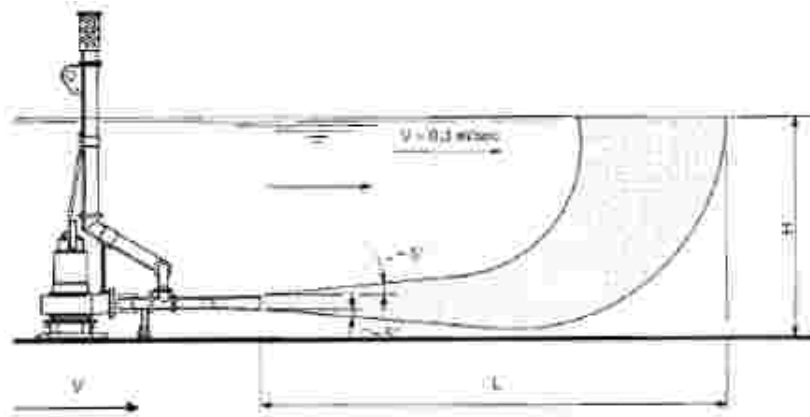


Figura 6: Aeratore sommerso Flo-get.

L'installazione del sistema Flo-get comporta la verifica di alcuni accorgimenti:

- La distanza tra la sezione d'uscita dell'eiettore e la parete, o l'ostacolo più vicino, deve essere superiore a $2,5 H$ (battente idraulico della vasca);
- La distanza tra inizio del getto di un Flo-get e l'aspirazione di una unità successiva non deve essere inferiore a $2,5 H$;
- La massima distanza tra le unità Flo-get non deve superare $8 H$;
- I getti dei Flo-get non devono essere orientati uno contro l'altro.

Il rendimento di dissoluzione dell'ossigeno è funzione del tempo di permanenza in acqua delle bolle d'aria e della loro dimensione: con tale sistema di ossigenazione le bolle compiono un percorso ascensionale parabolico, per cui il tempo di permanenza risulta prolungato rispetto ad un percorso tendenzialmente verticale (sistema a diffusori).

Lo sviluppo senza ostacoli dell'intero getto dell'eiettore è d'importanza fondamentale per ottenere le migliori rese di trasferimento possibili. La lunghezza del getto aerato dipende dall'immersione del Flo-get, dalla velocità di uscita della miscela acqua/aria e dalla velocità del flusso circostante: la lunghezza per i normali valori di immersione deve essere compresa tra 1 e 2,5 volte il battente d'acqua.

Il sistema Radial-get è studiato per vasca a pianta quadrata o circolare, nelle quali agisce su un'ampia superficie senza creare zone di calma con problemi di sedimentazione (vedi fig. 7).

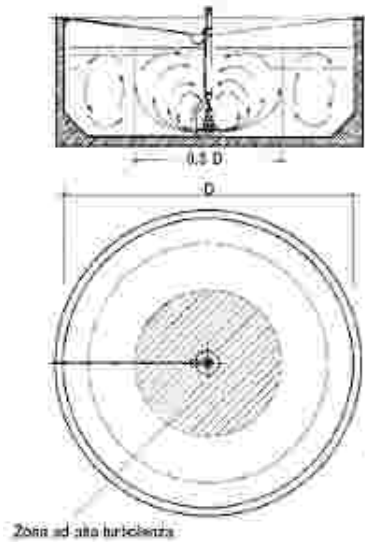


Figura 7: Aeratore sommerso Radial-gate.

STERILIZZAZIONE DEI REFLUI DEPURATI

Ing. Salvatore Torrisi

1. [CENNI NORMATIVI]

Le tecniche di sterilizzazione si evolvono in funzione dell'obiettivo finale, determinato dalla normativa:

- D.Lgs. 152/99: introduce il concetto di "RIUSO" delle acque reflue trattate;
- D.Lgs. 258/00: modifica alcuni articoli del 152/99 e all'art. 26 prescrive che il Ministero dell'Ambiente e del Territorio emanerà un decreto per favorire il recupero ed il successivo riutilizzo.
- D.M. 185/03: stabilisce destinazioni d'uso e requisiti di qualità delle acque reflue ai fini del riutilizzo.

Il Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n. 185 determina le destinazioni d'uso ammissibili delle acque reflue recuperate:

- irriguo;
 - civile (lavaggio strade, reti duali);
 - industriale (processo, raffreddamento, lavaggio);
- regola un unico parametro microbiologico (come il 152/99):

Escherichia Coli

- 152/99 - 5.000 UFC/100 mL;
- 185/03 - 10 UFC/100 mL (80% dei campioni) e 100 UFC/100mL puntuale max.

2. [FINALITÀ]

Si analizzano i vantaggi ed i limiti dei diversi sistemi di disinfezione presi in esame per determinare il raggiungimento dell'obiettivo in funzione di:

- rischi igienico-sanitari;
- costi di impianto;
- costi di gestione;
- facilità di impiego;
- possibilità di monitoraggio.

3. [METODI DI DISINFEZIONE]

- Processi chimici: cloro gas, ipoclorito di sodio, biossido di cloro, ozono, acido peracetico;
- Processi meccanici: ultrafiltrazione;
- Processi fisici: raggi ultravioletti.

4. [CLORO, GAS E IPOCLORITO DI SODIO]

VANTAGGI

- Azione disinfettante ad ampio spettro;
- Buon potere ossidante;

ACIM

- Economico;
- Facilità di impiego;
- Facilità di monitoraggio;
- Non necessita di essere generato in loco.

LIMITI

- L'elevata reattività nel caso di sostanze organiche può portare a "reazioni di addizione" con formazione di sottoprodotti di riconosciuta attività cancerogena e mutagena;
- Si sta indagando sulle interazioni del cloro sui materiali plastici;
- Innesco processi corrosivi (se impiegato in alte concentrazioni, necessarie per il raggiungimento dell'obiettivo).

5. [BLOSSIDO DI CLORO]

VANTAGGI

- Azione disinfettante ad ampio spettro;
- Buon potere ossidante;
- Maggiore stabilità rispetto al cloro: disinfezione di copertura;
- Formazione limitata di THM (composti organici alogenati);
- Facilità di monitoraggio.

LIMITI

- Elevati costi di impianto (impossibilità di stoccaggio);
- Formazione di cloriti;
- Innesco processi corrosivi (se impiegato in alte concentrazioni, necessarie per il raggiungimento dell'obiettivo).

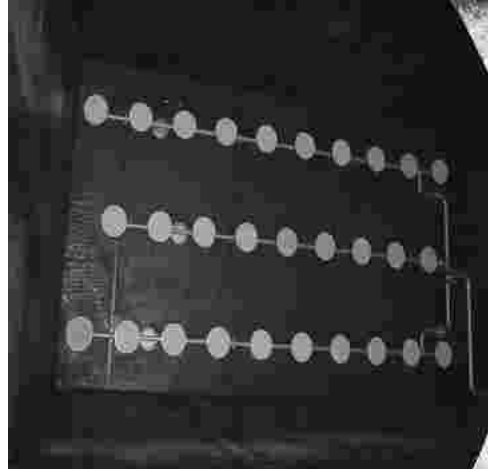
6. [CLORO GAS, IPOCLORITO, BLOSSIDO DI CLORO]

LIMITI

Il nuovo obiettivo da raggiungere è il limite maggiore delle tecniche tradizionali, poichè comporterebbe alte concentrazioni che creerebbero l'innescamento di processi corrosivi e la formazione di sottoprodotti cancerogeni con elevato rischio igienico-sanitario.

7. [OZONO]

- L'ozono è uno dei più forti ossidanti che può essere prodotto su scala industriale;
- E' un allotropo dell'ossigeno la cui molecola triatomica tende a trasformarsi rapidamente in ossigeno;
- La molecola di ozono reagisce velocemente e selettivamente con un largo numero di componenti;
- La produzione può essere effettuata da qualunque gas contenente ossigeno (aria, ossigeno puro).
- Le esperienze in campo ambientale sono limitate e, quindi, i risultati sono mutuati da quelli avuti negli impianti di potabilizzazione.



VANTAGGI

- Migliore disinfettante contro batteri e virus;
- Ottimo potere ossidante;
- Riduzione di odore e colore;
- Nessuna formazione di THM;
- Facilità di monitoraggio.

LIMITI

- Instabile nel tempo;
- Necessità di impiegare materiali ozono-resistenti: PVC rigido ad elevato spessore, PTFE, HYPALON, INOX;
- Elevati costi di impianto (produzione in sito) e di gestione.

8. [RAGGI ULTRAVIOLETTI]

E' il sistema di disinfezione più "ecologico" in quanto i raggi ultravioletti sono riconducibili a naturali oscillazioni elettromagnetiche (spettro 100-400 nanometri);

Si dividono in UV-A, UV-B, UV-C; all'interno della gamma di questi ultimi le radiazioni a 254 nanometri hanno un effetto assolutamente letale sugli esseri viventi;

Come per l'ozono, le esperienze si riferiscono ad impianti di potabilizzazione.



VANTAGGI

- Evitano la formazione di by-products;
- Non alterano le caratteristiche chimiche dell'acqua;
- E' impossibile sovradosare;
- Bassi costi di impianto;
- Bassi costi di gestione.

LIMITI

- Nessuna disinfezione a valle della lampada;
- Necessità di acque limpide e poco incrostanti;
- Manutenzione per la pulizia dei quarzi.

9. [ACIDO PERACETICO]

VANTAGGI

- Azione disinfettante ad ampio spettro;
- Facilità di impiego;
- Bassi costi di impianto (possibilità di stoccaggio).

LIMITI

- Limitate conoscenze riguardo la formazione di sottoprodotti indesiderati;
- Costi di gestione.

10. [CONCLUSIONI]

Da quanto precedentemente espresso si deduce che non esiste il disinfettante "ideale" e che probabilmente la soluzione si deve ricercare nell'utilizzo combinato di alcuni dei trattamenti analizzati.

Dal punto di vista igienico-sanitario il trattamento più sicuro è quello dei raggi ultravioletti la cui efficacia è però limitata dalla torbidità.

Pertanto la soluzione scelta (Impianto di depurazione del Comune di Catania) è quella di combinare:

Ozono + Raggi Ultravioletti (abbattimento escherichia coli $90\% + 90\% = 99\%$)

in modo da sfruttare il potere decolorante dell'ozono a monte di un trattamento con raggi ultravioletti che così risulti efficace.

[PREMESSA]

AUTOMAZIONE + TELECONTROLLO = ACCOPPIATA VINCENTE

Automatizzando un impianto di depurazione, motorizzando tutti i dispositivi di comando delle varie apparecchiature e installandovi un sistema di telecontrollo si ottiene l'accoppiata vincente.

Lo stesso dicasi per qualsivoglia tipo di impianto (filtrazione, potabilizzazione, pompaggio...), in quanto, in un impianto nel quale tutti i macchinari sono gestiti da dispositivi automatici che ne regolano il funzionamento e gli allarmi, e da dispositivi di telecontrollo che consentono il monitoraggio remoto, si riescono ad ottenere indubbi vantaggi dal punto di vista gestionale e, conseguentemente, economico.

A questo proposito, nella presente relazione parleremo dei seguenti argomenti:

- 1 Descrizione delle componenti impiantistiche, delle principali apparecchiature elettromeccaniche presenti, dei trattamenti depurativi, e dello schema classico di un impianto di depurazione biologica a fanghi attivi (ff.aa.).
- 2 Individuazione delle logiche di funzionamento delle apparecchiature elettromeccaniche.
- 3 Progettazione di un quadro elettrico di comando.
- 4 Descrizione dei sistemi di automatismo.
- 5 Descrizione dei sistemi di telecontrollo.

1. [COMPONENTI IMPIANTISTICHE, APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE, TRATTAMENTI DEPURATIVI, SCHEMA CLASSICO DI UN IMPIANTO DI DEPURAZIONE BIOLOGICA A FANGHI ATTIVI]

1.1 COMPONENTI IMPIANTISTICHE

Le principali componenti impiantistiche presenti in un impianto di depurazione biologica a fanghi attivi sono:

- sistemi di grigliatura;
- sistemi di sollevamento;
- sistemi di regolazione;
- sistemi di ossigenazione;
- sistemi di filtrazione;
- sistemi di disinfezione.

1.2 APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE

Le principali apparecchiature elettromeccaniche presenti in un impianto di depurazione biologica a fanghi attivi sono:

per i sistemi di grigliatura

- griglie manuali ;
- griglie automatiche;
- vibrovagli;

per i sistemi di sollevamento

- elettropompe sommergibili;
- elettropompe centrifughe;
- elettropompe monovite;

per i sistemi di regolazione

- elettrovalvole;

per i sistemi di ossigenazione

- aeratori sommersi;
- soffianti con diffusori d'aria;
- turbine;
- mixer;

per i sistemi di filtrazione

- filtri a sabbia;

per i sistemi di disinfezione

- sistemi di dosaggio (pompe dosatrici);
- sistemi a raggi UV;

per i sistemi di controllo e comando

- sensori, trasduttori;
- strumenti di misura;
- quadri elettrici di comando, PLC, centraline elettroniche.

1.3 TRATTAMENTI DEPURATIVI

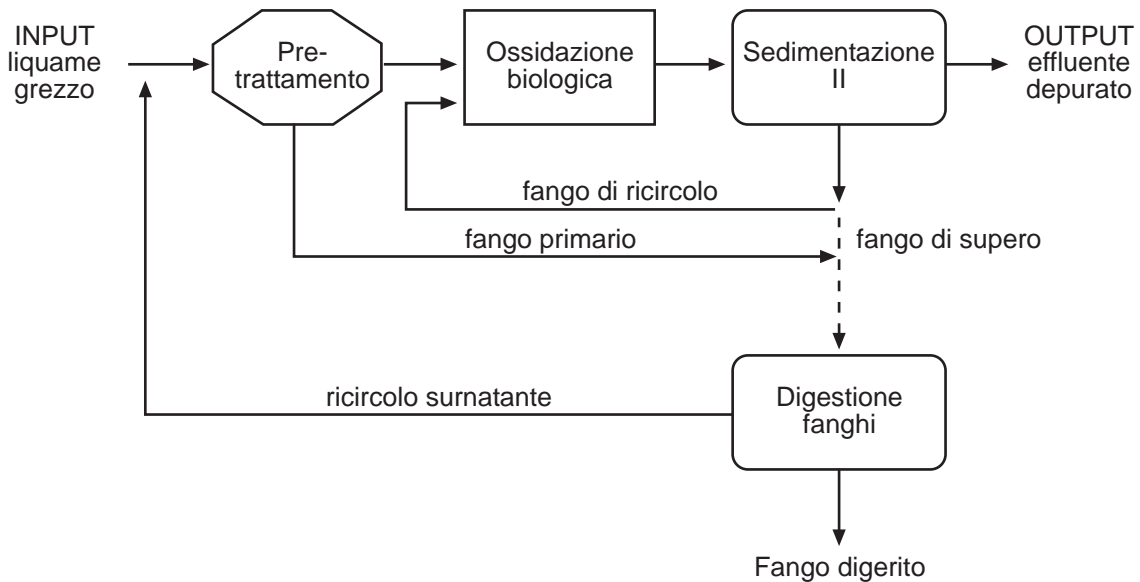
TRATTAMENTI PRELIMINARI:
GRIGLIATURA
DISOLEATURA
DISSABBIATURA

TRATTAMENTI PRIMARI:
SEDIMENTAZIONE PRIMARIA
EQUALIZZAZIONE

TRATTAMENTI SECONDARI:
FANGHI ATTIVI
LETTI PERCOLATORI
DISCHI BIOLOGICI

TRATTAMENTI TERZIARI:
STERILIZZAZIONE CHIMICA (CLORAZIONE)
STERILIZZAZIONE FISICA (RAGGI UV)
FILTRAZIONE

1.4 SCHEMA CLASSICO IMPIANTO A FF.AA.



2. [LOGICHE DI FUNZIONAMENTO DELLE APPARECCHIATURE ELETTROMECCANICHE]

2.1 LOGICHE DI FUNZIONAMENTO

Per consentire il corretto ed ottimale funzionamento di un impianto di depurazione biologica, occorre, in fase progettuale, definire al meglio le LOGICHE DI FUNZIONAMENTO delle varie apparecchiature elettromeccaniche, conoscendo le quali, si può progettare lo schema elettrico funzionale del Quadro Elettrico di Comando.

APPARECCHIATURA

Griglie automatiche
Vibrovagli

Elettropompe di sollevamento
(Pompe sommergibili, pompe centrifughe)

Aeratori sommersi
Soffianti aria
Turbine
Mixer
Filtri a sabbia

LOGICA FUNZIONAMENTO

Il comando viene dato da interruttori di livello a galleggiante (lo stesso che comanda le elettropompe di sollevamento):

- di massimo (per l'avvio)
- di minimo (per lo spegnimento)

Il comando viene dato da interruttori di livello a galleggiante:

- di massimo (per l'avvio)
- di minimo (per lo spegnimento)

Il comando viene dato da timer programmabili, con eventuale doppio consenso da interruttori di livello a galleggiante (di minimo per lo spegnimento), o da sistemi elettronici (PLC, centraline elettroniche a microprocessore ...)

Altri dati fondamentali che occorre preventivamente stabilire, per definire al meglio le logiche di funzionamento, sono:

- i tempi di funzionamento;
- la contemporaneità;
- il numero di macchine a scambio.

3. [PROGETTAZIONE DI UN QUADRO ELETTRICO DI COMANDO]

3.1 QUADRI ELETTRICI DI COMANDO

Per progettare il Quadro Elettrico di Comando di un impianto di depurazione, dopo aver definito le logiche di funzionamento, occorre conoscere i dati di targa delle singole apparecchiature elettromeccaniche, e cioè:

a) Alimentazione elettrica (Volt):

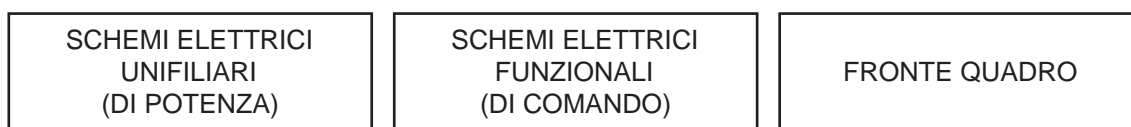
Monofase 230 Vac; Trifase 400 Vac; Trifase con neutro 400/230 Vac; SELV 24/12 Vac.

b) Potenza elettrica (kW).

3.2 DATI TARGA

Conoscendo i dati di targa delle singole apparecchiature, si dimensionano i dispositivi di comando elettromeccanici (timer, interruttori di livello, stager, avviatori) o elettronici (PLC, centraline elettroniche) ed i dispositivi di protezione (interruttori automatici, salvamotori, relè termici, teleruttori, fusibili).

3.3 SCHEMI ELETTRICI



Gli schemi elettrici sono un allegato che deve obbligatoriamente essere allegato ad un Quadro Elettrico (norma CEI 17-13) e la cui chiarezza ed intelleggibilità è di fondamentale importanza nella comprensione del funzionamento di un impianto.

Negli schemi elettrici unifilari (vedi allegato 1) vengono riportati i dispositivi di protezione e comando, con tutte le caratteristiche tecniche relative (potenza, tensione, corrente assorbita, tarature, ...) e le caratteristiche dei cavi elettrici di alimentazione (tipologia cavo, sezione, ...).

Negli schemi elettrici funzionali (vedi allegato 2) vengono riportati schematicamente tutti i collegamenti funzionali tra i vari dispositivi di comando (contatti ausiliari, pulsanti, relé, contattori, relè termici) e segnalazione (lampade spia di funzionamento o anomalia).

Nei fronte quadro (vedi allegato 3) sono indicate le caratteristiche dimensionali dell'armadio elettrico e si visualizza la disposizione delle singole apparecchiature (di misura, di protezione, di comando, ...).

4. [DESCRIZIONE DEI SISTEMI DI AUTOMATISMO]

4.1 AUTOMATISMI

I dispositivi che consentono di automatizzare il funzionamento di un impianto (centraline elettroniche a microprocessore, PLC, timer e temporizzatori programmabili, interruttori di livello a galleggiante, elettrodi, sensori, ...) sono normalmente installati:

- o all'interno del Quadro Elettrico di Comando;
- o all'interno di singoli quadretti o centralini a bordo macchina;
- o all'interno ad armadi modulari tipo rack.

In alcuni casi, le case costruttrici forniscono le apparecchiature complete già di centrali di comando ed automazione, con il relativo software, o altri dispositivi (stager regolabili, ...).

4.2 AUTOMATISMI: SOFTWARE

Software dedicati consentono di gestire tutte le apparecchiature elettromeccaniche e gli strumenti di misura presenti in un impianto, automatizzandone l'accensione e/o lo spegnimento in base alle logiche di funzionamento previste.

Le centraline elettroniche a microprocessore di ultima generazione stanno gradualmente sostituendo i convenzionali PLC, con costi inferiori e soprattutto una flessibilità maggiore per quanto riguarda la programmazione e la configurazione, non necessitando di particolari conoscenze informatiche o di linguaggi di programmazione: software appositamente dedicati registrano tutti i dati e consentono, anche all'operatore meno esperto, di richiamare le funzioni che gli interessano o di modificare a piacimento i valori di taratura di qualsivoglia apparecchiatura collegata al sistema automatico.

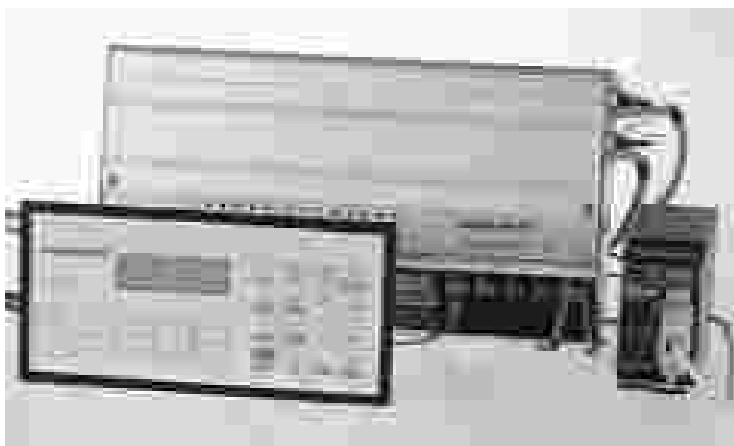


Fig. 1: Centralina di comando.

4.3 VANTAGGI DELL'AUTOMAZIONE

1. Gestione e controllo automatico del funzionamento di tutti i componenti l'impianto;
2. Riduzione dei costi di gestione;
3. Controllo automatico dei parametri bio-chimici dell'impianto e dosaggio automatico di reagenti o prodotti specifici;

4. Possibilità di far intervenire in automatico le apparecchiature specifiche e predisposte all'intervento in caso di malfunzionamenti o guasti, secondo quanto programmato preventivamente.
5. Maggiore accuratezza nelle misure. Adoperando moderne centraline elettroniche a microprocessore, che basano le funzioni di misura, regolazione e controllo su segnali analogici, con convertitori Analogico/Digitali (A/D) a 14 e 1/4 bit, si ottengono valori più accurati di misura (di livello, portata, troppo pieno, ...), rispetto a tradizionali PLC che basano le acquisizioni dei dati su convertitori A/D a 10 o 12 bit, che forniscono invece una risoluzione del segnale inferiore.
6. Ottimizzazione del funzionamento. Con sistemi di automazione, si possono impostare programmi di funzionamento in alternanza delle apparecchiature, ottimizzandone il funzionamento e la durata.

5. [TELECONTROLLO]

5.1 TELECONTROLLO - COMPONENTI

I sistemi intelligenti di telecontrollo consentono il controllo a distanza di uno o più impianti di depurazione. Necessitano di più unità periferiche (installate presso i singoli impianti) e di una unità centrale (installata ad esempio in un ufficio tecnico) che, collegata ad un normale personal computer munito di modem, controlla e gestisce tutte le unità periferiche e quindi tutti gli impianti dove sono installate.

Con tali sistemi intelligenti di telecontrollo è possibile effettuare operazioni di qualsiasi natura da postazioni remote, senza interventi di personale tecnico sul posto, sfruttando le normali reti telefoniche o reti GSM.

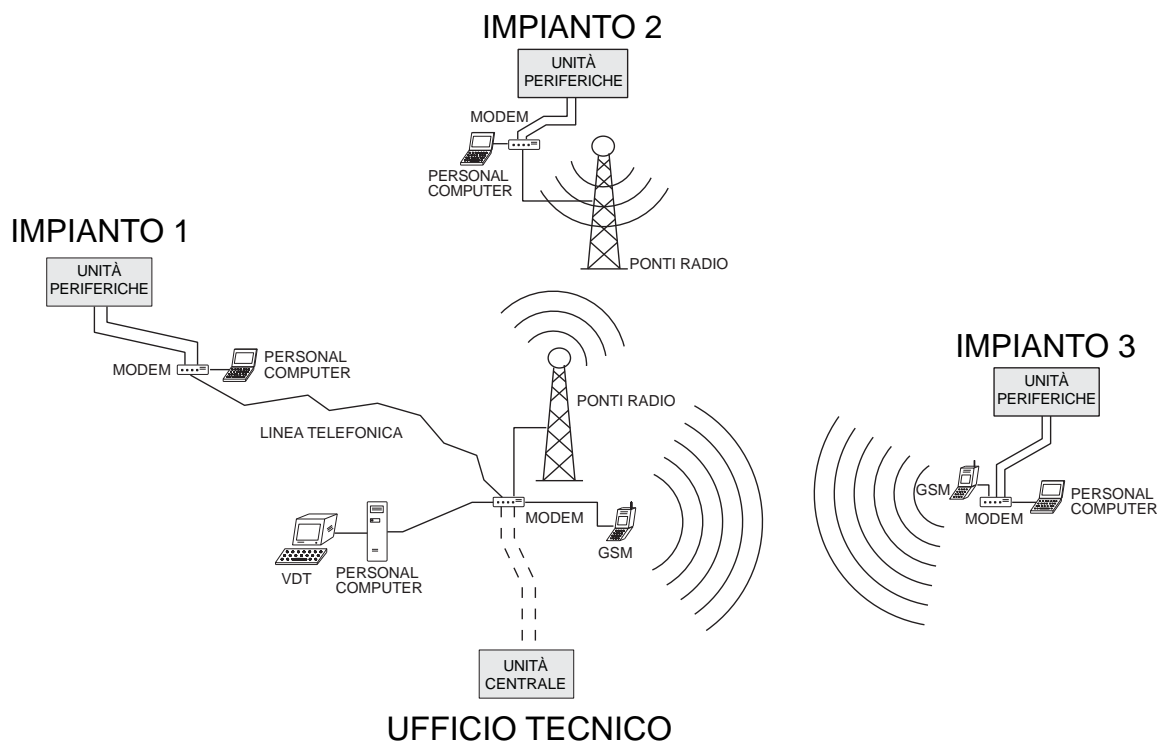
In impianti dotati di sistemi di telecontrollo, tutti i dati operativi di funzionamento rilevati dalle singole unità periferiche, che possono anche funzionare in maniera autonoma ed intelligente, possono essere automaticamente memorizzati ed utilizzati per la realizzazione di rapporti e statistiche, per la gestione di allarmi, e la programmazione degli interventi di manutenzione sui singoli impianti.

Le informazioni fornibili in tempo reale sono:

Portata ingresso	Livello	Stato allarmi
Portata uscita	Troppo pieno	Stato misure
Ore funzionamento	Stato ingressi	Stato pompe
Numero avviamenti	Stato uscite	Consumi energia

5.2 TELECONTROLLO - SCHEMATICO

Le unità periferiche (installate presso i singoli impianti) possono essere collegate alla unità centrale tramite un normale modem di comunicazione su linee telefoniche convenzionali (linee commutate, dedicate, ISDN, ...), ponti radio, o rete GSM.



5.3 TELECONTROLLO - SOFTWARE

Software dedicati consentono di monitorare e gestire, da postazioni remote, tutte le apparecchiature elettromeccaniche e gli strumenti di misura presenti in un impianto.

Anche in tale caso le centraline elettroniche a microprocessore di ultima generazione stanno sostituendo i convenzionali PLC, consentendo una flessibilità maggiore. Software appositamente dedicati consentono, anche all'operatore meno esperto, da una postazione remota, di richiamare le funzioni che gli interessano, o di modificare a piacimento i valori di taratura di qualsivoglia apparecchiatura monitorata dal sistema di telecontrollo.

5.4 TELECONTROLLO - VANTAGGI

I vantaggi di un sistema di telecontrollo possono essere riassunti nei seguenti punti:

- Gestione e controllo da postazione remota di uno o più impianti;
- Riduzione costi di gestione, diminuendo la frequenza degli interventi in loco ed il numero di personale da impiegare;
- Controllo in tempo reale del funzionamento di tutti i componenti l'impianto, tramite videate dinamiche sul proprio PC;
- Controllo in tempo reale dei parametri bio-chimici dell'impianto;
- Possibilità di variare in tempo reale i parametri e le tarature delle apparecchiature il dosaggio reagenti, ...
- Possibilità di inviare a postazioni remote, presidiate 24 ore al giorno, eventuali allarmi o segnali di malfunzionamento, consentendo di intervenire in tempo reale;
- Possibilità di sfruttare anche le reti GSM ed inviare messaggi SMS di allarme su telefoni cellulari GSM;

- Possibilità di memorizzare dati, rapporti e statistiche, registrando e conteggiando cronologicamente allarmi ed eventi anche di più impianti remoti;
- Possibilità di usare un PC portatile per trasferirvi tutti i dati memorizzati nelle unità periferiche, adoperando semplici cavi seriali.

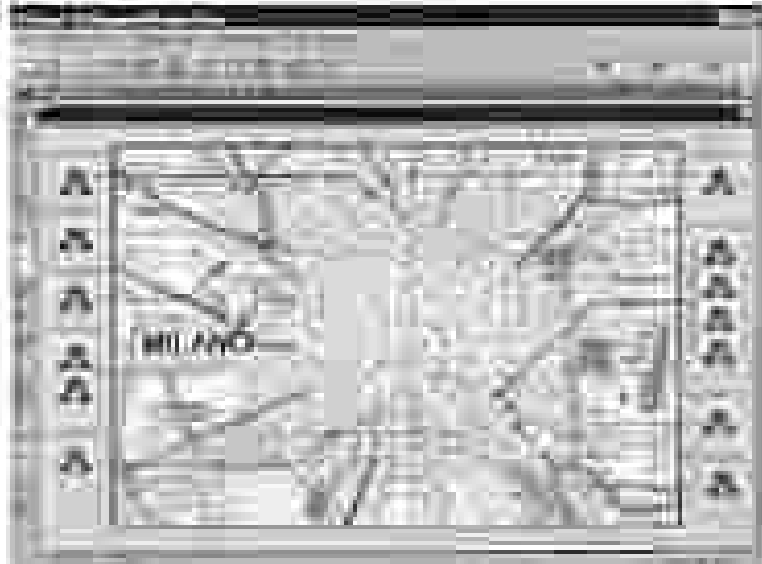


Fig. 2: Videata su PC

5.5 TELECONTROLLO - RIDUZIONE DEI COSTI DI GESTIONE

Uno dei vantaggi principali del telecontrollo è la riduzione dei costi di gestione, che, soprattutto negli impianti medio-grandi, rappresenta un costo non indifferente.

Riducendo in maniera significativa il numero di persone necessarie per il controllo dell'impianto, o il numero di ore di intervento delle stesse, si ha un abbattimento non indifferente dei costi. Questo consente di ammortizzare in brevissimo tempo i costi aggiuntivi per le apparecchiature necessarie per il telecontrollo (centraline, modem, PC, GSM o linea telefonica dedicata) e, nel tempo, consente un risparmio notevole.

Anche per gli impianti piccoli il telecontrollo può rappresentare un vantaggio economico non indifferente, consentendo di ridurre o annullare del tutto le visite giornaliere di gestione (che possono anche diventare mensili) avendo sempre sotto controllo, in tempo reale, tutti i parametri di funzionamento e gli allarmi.

5.6 TELECONTROLLO - STIMA ECONOMICA DEI VANTAGGI

Ipotesi:

Se 100 è il costo annuo per gestire l'impianto, di cui:

- 50 costo consumi energia elettrica;
- 30 costo personale;
- 20 costo prodotti chimici, analisi di laboratorio e parti di ricambio,

con il telecontrollo, riducendo di due terzi il costo annuo del personale (ad es. da 30 a 10) e del 10-20% il costo dell'energia elettrica, fermo restando il costo c, il costo annuo complessivo si riduce da 100 a 70 (risparmio annuo complessivo di circa il 30%).

6. [BIBLIOGRAFIA]

Fulvio Durante: *La depurazione delle acque di fognatura*, Hoepli

Luigi Masotti: *Depurazione delle acque*, Calderini

EMEC

ITT Flygt S.p.A.

SIATA

7. [RINGRAZIAMENTI]

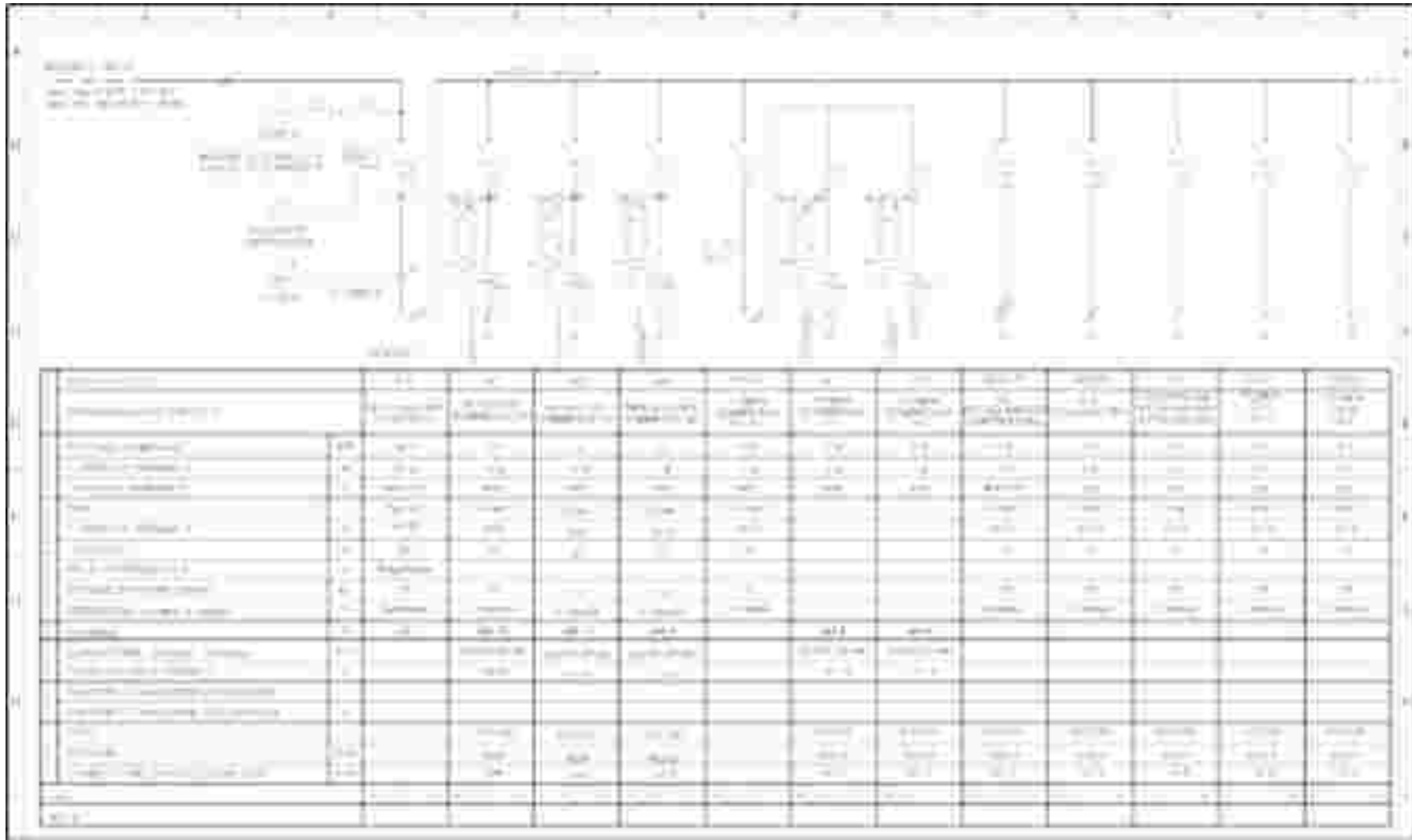
P.I. Giovanni D'Agostino

Dott. Prof. Riccardo Maggiore

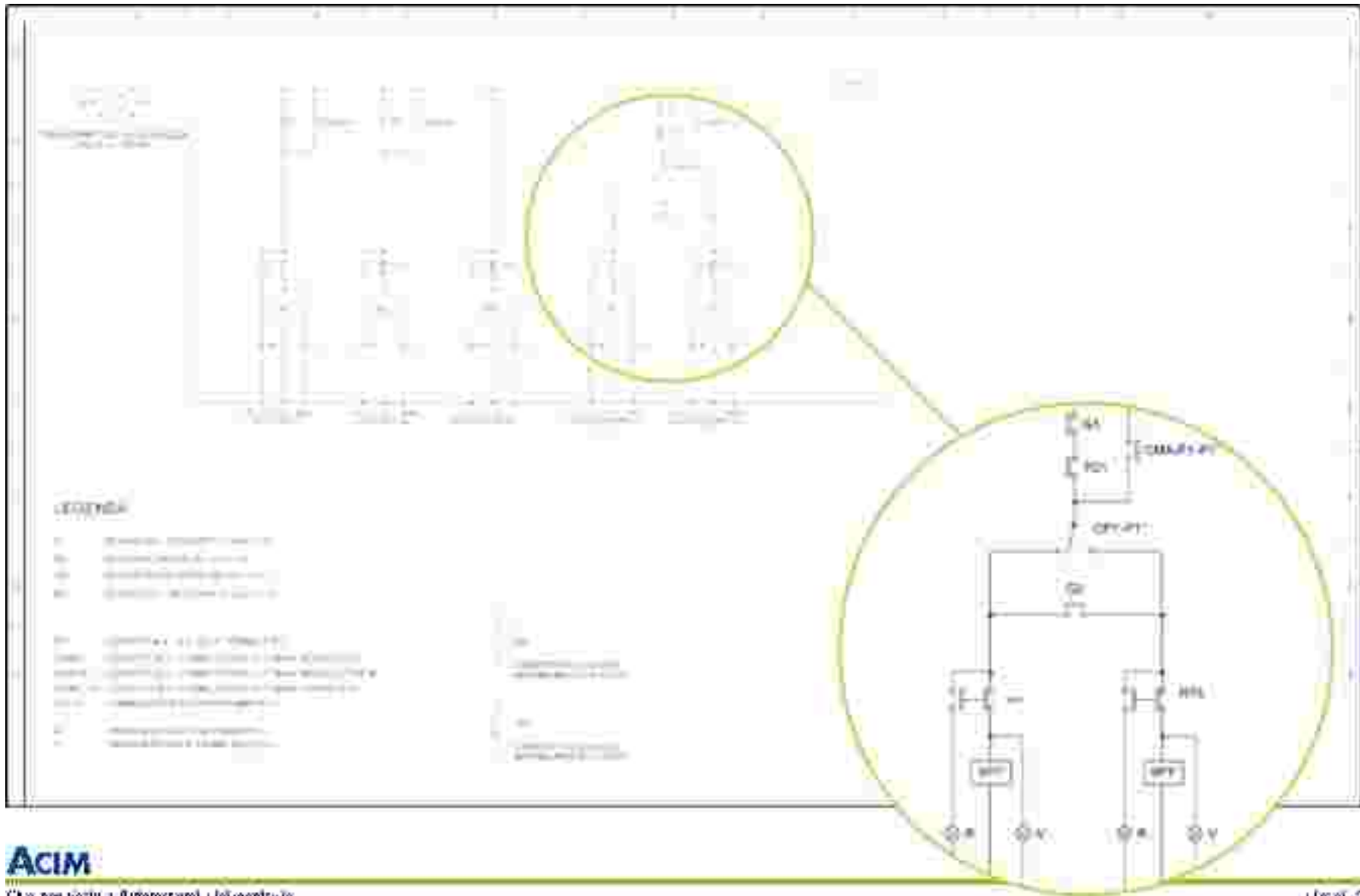
Dott.ssa Enrica Rivoli

Dott. Ing. Giampaolo Salmeri

Allegato 1 SCHEMI ELETTRICI UNIFILIARI (DI POTENZA)



Allegato 2 SCHEMI ELETTRICI FUNZIONALI (DI COMANDO)



Allegato 3 SCHEMI ELETTRICI (FRONTE QUADRO)

