

Depurazione delle acque di scarico

Balboni Fabrizio
(Burgo Marzabotto)

Relazione finale
6° Corso di Tecnologia per tecnici cartari
1998 / 99



**Scuola Interregionale
di tecnologia
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50
37138 Verona

Indice

1. Premessa: politica ambientale del gruppo Burgo	pag. 1
2. Introduzione	pag. 5
2.1 Il ruolo dell'acqua	
2.2 Legislazione sulle acque	
2.3 Parametri per la caratterizzazione delle acque	
2.3.1 BOD e COD	
3. Acque inquinate	pag. 13
3.1 I livelli di inquinamento delle acque	
3.2 Cause dell'inquinamento	
3.3 Eutrofizzazione	
3.4 Sostanze inquinanti	
4. I processi di depurazione	pag. 16
5. Descrizione dei processi	pag. 17
5.1 Trattamenti meccanici	
5.1.1 Grigliatura	
5.1.2 Equalizzazione ed omogeneizzazione	
5.1.3 Sedimentazione	
5.1.3.1 Coagulazione	
5.1.3.2 Flocculazione	
5.1.4 Flottazione	
5.1.5 Filtrazione	
5.2 Trattamenti biologici	
5.2.1 Ossidazione a fanghi attivati	
5.2.2 Ossidazione su filtri percolatori	
5.2.3 Ossidazione su biodischi	
5.3 Trattamenti chimico-fisici	
5.3.1 Neutralizzazione	
5.3.2 Precipitazione	
5.3.3 Chiariflocculazione	
5.3.4 Disinfezione	
6. Trattamenti dei fanghi	pag. 31
6.1 Ispessimento e disidratazione	
6.2 Digestione aerobica e anaerobica	

6.3 Condizionamento

6.3.1 Condizionamento chimico

6.4 Essiccamento

6.5 Combustione

7. Depuratore della cartiera Burgo di Marzabotto pag. 35

7.1 Grigliatura e sollevamento

7.2 Omogeneizzazione e ripresa

7.3 Flocculazione

7.4 Chiarificazione

7.5 Rilancio fanghi

1. Premessa: politica ambientale del gruppo Burgo

Oggi la politica ambientale è un elemento fondamentale per qualsiasi attività.

Per questo motivo qualsiasi sito industriale è molto impegnato nella risoluzione di questo oneroso problema che sta pian piano distruggendo il nostro bellissimo e forse unico pianeta.

Il gruppo Burgo è indubbiamente uno dei gruppi più importanti per la produzione di carta in Italia e perciò è anche molto impegnato in una seria politica ambientale che preservi il prezioso e delicato ecosistema esterno che circonda le sue cartiere.

Come testimonianza di questo nuovo modo di operare del nostro gruppo si allega di seguito una dichiarazione dell'Ingegnere Giuseppe Lignana Amministratore Delegato e Direttore Generale del Gruppo Burgo.

“Così come è già avvenuto per l'azione che ha portato ai significativi traguardi raggiunti nel campo della sicurezza e igiene del lavoro, della prevenzione dal rischio di incendi e al conseguimento della certificazione del Sistema di Qualità, il nostro Gruppo ha deciso di intraprendere e sviluppare un programma di certificazione ambientale secondo la norma ISO 14001.

L'obiettivo che si vuole cogliere è quello di creare un sistema gestionale integrato all'interno del quale il miglioramento continuo delle prestazioni aziendali sia perseguito nel pieno rispetto della normativa vigente e nella piena consapevolezza degli aspetti di compatibilità ambientale conseguenti.

La Burgo quindi intende:

- Aumentare la propria conoscenza degli aspetti ambientali, al fine di attivare programmi che permettano di gestire l'attività d'impresa secondo i principi dello “sviluppo compatibile”, in accordo con i vincoli operativi, finanziari, di competitività.
- Promuovere all'interno dell'azienda la conoscenza delle normative ambientali,
- Sviluppare la propria attività industriale.
 - perseguendo a tutti i livelli l'impegno nella prevenzione dell'inquinamento;
 - minimizzando l'impatto del ciclo produttivo sugli elementi e le risorse naturali nel rispetto delle esigenze delle comunità locali;
 - indirizzando la ricerca e sviluppo per la messa a punto di tecnologie e prodotti cartari competitivi in linea con gli sviluppi della compatibilità ambientale;
 - promuovendo l'uso efficace dei materiali;
 - orientando le scelte in materia di nuovi investimenti e di nuove tecnologie secondo l'ottica della compatibilità ambientale.
- Elaborare politiche di approvvigionamento di beni e di servizi maggiormente consapevoli dei principi di compatibilità ambientale.

- Individuare a tutti i livelli della struttura aziendale i centri di specifiche responsabilità in materia ambientale, promuovendo - al contempo - una diffusa consapevolezza sull'argomento.

Giuseppe Lignana,
Amministratore Delegato e D.G.
Torino, aprile 1998

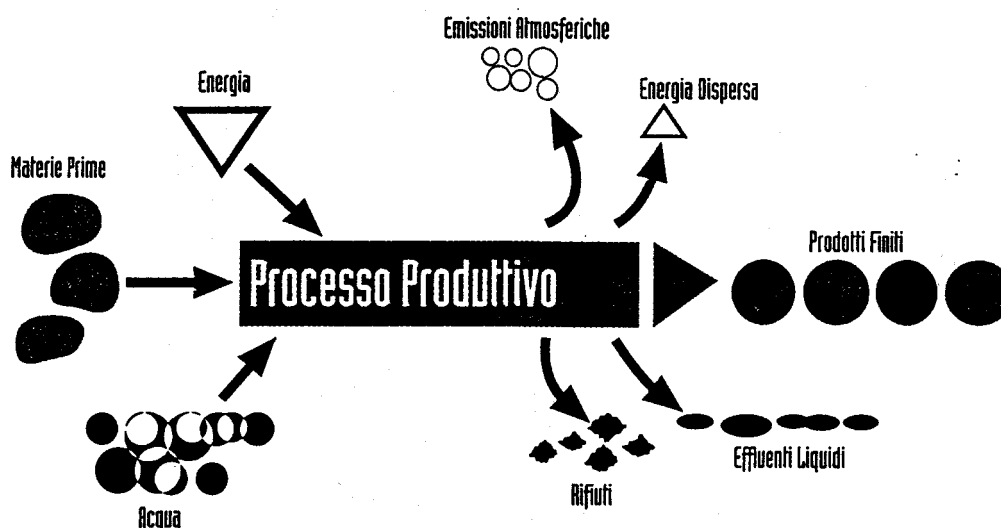
Si allega a pagina seguente una breve descrizione di come l'attività di un sito produttivo interagisce con l'ambiente.

COME L'ATTIVITÀ DI UN SITO PRODUTTIVO INTERAGISCE CON L'AMBIENTE?

Un'attività produttiva interagisce con l'ambiente poiché comporta l'utilizzo di risorse naturali (materie prime, acqua, combustibili).

Tali impatti sono normalmente gestiti, ma possono anche essere conseguenze di incidenti.

I rifiuti possono essere smaltiti in discariche, oppure destinati al riutilizzo in altri processi produttivi, o inceneriti con o senza recupero energetico. I processi di decomposizione dei rifiuti richiedono molti anni e possono comportare il rilascio di inquinanti nel suolo. L'incenerimento dei rifiuti produce ceneri ed emissioni atmosferiche.



L'utilizzo di combustibili per la produzione di energia (elettrica, termica), ad esempio, è sempre associata ad un'emissione di fumi in atmosfera: tali emissioni contribuiscono a fenomeni quali effetto serra, piogge acide, ecc.

Infine è da tenere presente che anche tutte le attività connesse ad un sito produttivo, quali ad esempio l'approvvigionamento di materie prime e la distribuzione dei prodotti finiti, comportano degli impatti indiretti sull'ambiente (traffico, rumore, ecc.).

Le attività industriali comportano anche altri impatti sull'ambiente, quali:

- scarico di effluenti liquidi
- generazione di rifiuti
- produzione di rumore
- impatto visivo

2. Introduzione

2.1 Il ruolo dell'acqua

L'acqua, sul nostro pianeta, è un componente assai abbondante, e tale da costituire sicuramente uno degli elementi di maggiore caratterizzazione del pianeta stesso. Non è casuale il fatto che essa abbia portato alla formazione della vita e che sia tuttora essenziale nei processi biologici che sono alla base della materia vivente.

Sulla superficie terrestre l'acqua è presente in diverse forme, soggette ad un insieme di equilibri dinamici che vedono il continuo spostamento di enormi masse di acqua tra idrosfera, atmosfera e litosfera. Si stima che siano presenti sulla terra circa 1,5 miliardi di km^3 di acqua di cui il 97% è negli oceani mentre circa il 3% è l'acqua dolce di fiumi, laghi, ghiacciai, ecc. Soltanto lo 0.001% si trova nell'atmosfera allo stato di vapore. Infine, la quantità di acqua che fa parte della biosfera, pur rappresentando solamente lo 0.00003% del totale, è quel quantitativo attorno al quale ruotano tutte le problematiche relative al mantenimento della vita sulla terra.

Esiste infatti una continua serie di interazioni, sia naturali che artificiali tra la biosfera da un lato e idrosfera, litosfera e atmosfera dall'altro. Queste interazioni hanno sempre fatto parte, per il passato, di equilibri naturali tra cui, primo tra tutti per importanza qualitativa e quantitativa, il ciclo dell'acqua.

L'uomo, in quanto componente della biosfera, ha sempre interagito in modo naturale con questo ciclo; ma in tempi recenti, con l'avvento dell'industrializzazione, i suoi interventi si sono alquanto intensificati e diversificati ed hanno talvolta prodotto delle perturbazioni di non facile controllo, sia per le crescenti quantità di acqua prelevate, sia per la qualità della stessa acqua che viene restituita al ciclo base profondamente alterata (inquinamento).

Per evidenziare l'aspetto quantitativo di questa interazione si possono citare alcuni dati. Si valuta ad esempio che il consumo medio di acqua pro capite sia di circa 1 tonnellata/giorno, di cui 60 kg rappresentano la quota industriale, 850 kg la quota agricola e soltanto 90 kg la quantità relativa agli impieghi domestici. Il valore elevato delle quote indirette può essere maggiormente chiarito osservando i consumi di acqua necessari per ottenere taluni prodotti rappresentativi: 1 kg di carne bovina richiede 30000 kg di acqua, 1 kg di frumento ne richiede 800, 1 kg di acciaio 100, 1 kg di carta da 30 a 100.

L'aspetto qualitativo può essere invece evidenziato osservando semplicemente che un insediamento urbano da un milione di abitanti produce scarichi per decine di migliaia di metri cubi giornalieri, con un contenuto di sostanze in soluzione o in sospensione di alcune centinaia di tonnellate.

Alla luce di questi dati appare evidente che i processi naturali di autodepurazione (sedimentazione, ossidazione, adsorbimento, ecc.) non sono più sufficienti, in un numero sempre crescente di casi, a recuperare le caratteristiche originali delle acque e che il problema di questo recupero debba essere affrontato e risolto, almeno in parte, dall'uomo con la depurazione.

2.2 Legislazione sulle acque

L'inquinamento dei corpi idrici, molti dei quali hanno rappresentato da sempre una sicura fonte di approvvigionamento per l'uomo, ha assunto recentemente proporzioni tali da destare serie preoccupazioni per l'utenza.

In seguito alle implicazioni anche di natura politica e sociale del fenomeno, si sono resi necessari interventi di tipo legislativo finalizzati al recupero, almeno parziale, delle caratteristiche originarie dei corpi idrici inquinati.

Sia a livello nazionale che internazionale questi interventi sono tutti relativamente recenti e hanno quindi seguito e non preceduto il fenomeno dell'inquinamento inteso nelle sue attuali proporzioni, per cui il ruolo principale è quello di contenere entro limiti accettabili una situazione in atto già più o meno deteriorata.

Allegata una tabella della direttiva CEE 80/788.

PARAMETRO ANALITICO	ESPRESSIONE DEI RISULTATI	VALORE SODDISFACENTE	VALORE MASSIMO AMMISSIBILE
Temperatura	°C	12	25
Ioni idrogeno	pH	6,5 - 8,5	\
Conduttività	S/cm (a 20 °C)	400	\
Durezza	mg/l, Ca	60	60
Residuo secco	mg/l (a 180 °C)	\	1500
Ossidabilità	mg/l, O ₂ (KMnO ₄)	2	5
Idrocarburi	µg/l	\	10
Areni	µg/l	\	0,2
Fenoli	µg/l	\	0,5
Tensioattivi	µg/l	\	200
Antiparassitari	µg/l	\	0,5
Calcio	mg/l	100	\
Magnesio	mg/l	30	50
Sodio	mg/l	20	175
Potassio	mg/l	10	12
Alluminio	µg/l	50	200
Ferro	µg/l	50	200

PARAMETRO ANALITICO	ESPRESSIONE DEI RISULTATI	VALORE SODDISFACENTE	VALORE MASSIMO AMMISSIBILE
Manganese	µg/l	20	50
Rame	µg/l	100	\
Zinco	µg/l	100	\
Argento	µg/l	\	10
Bario	µg/l	100	\
Cloruri	mg/l, Cl	25	\
Solfati	mg/l, SO ₄	25	250
Nitrati	mg/l, NO ₃	25	50
Nitriti	mg/l, NO ₂	\	0,1
Ammoniaca	mg/l, NH ₄	0,05	0,5
Azoto Kjeldahl	mg/l, N ₂	\	1
Fosforo	µg/l, P ₂ O ₅	400	5000
Boro	µg/l, B	1000	\
Fluoro	µg/l, F, (12 °C)	\	1500
Arsenico	µg/l	\	50
Cadmio	µg/l	\	5
Cromo	µg/l	\	50
Mercurio	µg/l	\	1
Nichelio	µg/l	\	50
Piombo	µg/l	\	50
Antimonio	µg/l	\	10
Selenio	µg/l	\	10
Cianuri	µg/l, CN	\	50
Coliformi totali	NPP	\	< 1
Coliformi fecali	NPP	\	< 1

Tabella 1: Direttiva CEE 80/788 concernente la qualità delle acque destinate al consumo umano.
Estratto dall'allegato 1.

Il materiale legislativo prodotto fino ad oggi costituisce un prezioso riferimento sicuramente indispensabile per intraprendere una qualsiasi azione volta a salvaguardare il patrimonio idrico.

In campo nazionale, il primo provvedimento legislativo che si occupi del problema nella sua globalità è la legge 319 del 10/05/1976, comunemente nota come legge Merli.

Per quanto riguarda i contenuti, la legge 319 affronta il problema dell'inquinamento da un punto di vista abbastanza generale.

Essa infatti stabilisce dapprima i compiti dello stato e degli atti territoriali, dà indicazioni per l'attuazione del censimento dei corpi idrici, quindi fissa i limiti di accettabilità degli scarichi ed infine regola gli aspetti amministrativi, indicando tariffe e sanzioni. In relazione al particolare interesse che i limiti di accettabilità possono comportare viene riportato in tabella 2 uno stralcio dell'allegato A della legge in oggetto.

SOSTANZA	VALORE	SOSTANZA	VALORE
pH	5,5 - 9,5	Solfuri	1
BOD	40	Solfiti	1
COD	160	Solfati	1000
Metalli tossici	3	Cloruri	1200
Alluminio	1	Fluoruri	6
Arsenico	0,5	Fosforo	10
Bario	20	Ammoniaca	15
Boro	2	Azoto nitroso	0,6
Cadmio	0,02	Azoto nitrico	20
Cromo III	2	Oli vegetali	20
Cromo VI	0,2	Oli minerali	5
Ferro	2	Fenoli	0,5
Manganese	2	Aldeidi	1
Mercurio	0,005	Solventi aromatici	0,2
Nichel	2	Solventi azotati	0,1
Piombo	0,2	Solventi clorurati	1
Rame	0,1	Tensioattivi	2
Selenio	0,03	Pesticidi clorici	0,05
Stagno	10	Pesticidi fosforici	0,1
Zinco	0,5	Coliformi totali	20000
Cianuri	0,5	Coliformi fecali	12000
Cloro attivo	0,2	Streptococchi fecali	2000

Tabella 2:

Limiti massimi di accettabilità per gli scarichi relativi ad alcuni parametri analitici.

Estratto da tabella A allegata alla legge Merli.

Le concentrazioni sono espresse in mg/l.

Colibatteri e streptococchi in MPN/100 ml.

MPN = numero più probabile

La legge Merli è stata successivamente integrata in data 08/10/1976 (legge 690) e in data 24/12/1979 (legge 650). Ciò unitamente ad altre 20 tra decreti ministeriali, delibere del comitato dei ministri, ecc. rappresenta il nostro patrimonio legislativo a tutela delle acque dall'inquinamento.

2.3 Parametri per la caratterizzazione delle acque

Le acque dei corpi idrici naturali sono sede di processi ossidoriduttivi, ai quali partecipano numerose coppie redox presenti, assai spesso in piccole concentrazioni ma del cui equilibrio dipendono in modo rilevante le caratteristiche generali dell'acqua. Tutti questi equilibri sono più o meno collegati, direttamente o indirettamente, alla quantità di ossigeno disciolto ed al contenuto globale di sostanze riducenti che con l'ossigeno stabiliscono tutta una serie di rapporti complessi, ma decisivi per la vita del corpo idrico.

Va subito precisato, infatti, che un'acqua risulta tanto più attiva e favorevole alla vita quanto più il bilancio tra riducenti e ossigeno è favorevole a quest'ultimo.

Si hanno sostanzialmente due tipi di processi che possono alterare questo bilancio in un senso o nell'altro. Un primo tipo è di natura prettamente chimica e comporta prevalentemente reazioni o catene di reazioni chimiche di ossidoriduzione. Un secondo tipo è di natura biochimica e si realizza attraverso processi che rientrano nel metabolismo dei microrganismi autotrofi presenti nell'acqua, ed in cui l'ossigeno ha un ruolo essenziale in quanto viene consumato, all'interno di questi microrganismi, per ossidare le sostanze organiche assunte dagli stessi (sostanze biodegradabili).

Ai fini di valutare le caratteristiche di un'acqua sotto l'aspetto ossidoriduttivo vengono utilizzati numerosi parametri tra cui i più importanti sono il BOD e il COD.

2.3.1 Bod e Cod

Domanda biochimica di ossigeno (Bod)

Questo parametro rappresenta una misura della quantità di ossigeno consumata per l'ossidazione biologica delle sostanze organiche biodegradabili ad opera degli autotrofi e pertanto fornisce indicazioni su un importante aspetto dei processi di depurazione delle acque.

Occorre precisare che la sua determinazione viene condotta in condizioni operative rigorosamente standardizzate, con l'intento di riprodurre almeno in parte le condizioni naturali in cui avvengono i processi biologici in esame. In effetti, data la grande eterogeneità di situazioni che si possono presentare anche all'interno di uno stesso corpo idrico è assai difficile che questo scopo sia rag-

giunto. Ne segue che il BOD assume una certa validità principalmente come contributo di informazioni, da integrarsi a quelle provenienti da altri parametri.

Domanda chimica di ossigeno (Cod)

Con tale parametro si intende valutare la quantità di ossigeno richiesta per l'ossidazione delle sostanze riducenti presenti nell'acqua.

Il processo naturale di ossidazione viene simulato in laboratorio in condizioni standardizzate, facendo uso di ossidanti energici (bicromato, permanganato), che risultano attivi sulla maggior parte di sostanze organiche (anche biodegradabili), e inorganiche, come ad esempio i cloruri. In base a tali considerazioni è lecito supporre che i valori di COD risultino sistematicamente superiori a quelli del corrispondente BOD. In effetti ciò è quasi sempre vero, anche se esistono alcune sostanze che possono essere ossidate solo per via biologica e quindi conteggiate nel BOD ma non nel COD.

Si allega inoltre, nella pagina successiva, una tabella contenente i parametri analitici di importanza prioritaria negli scarichi di cartiera.

PARAMETRI	CARTIERE
pH	X
Temperatura	
Colore	X
Odore	
Materiali grossolani	X
Materiali sedimentabili	X
Materiali in sospensione	X
BOD	X
COD	X
Materiali tossici totali	X
Cianuri	
Cloro	X
Solfuri	
Solfiti	X
Solfati	
Cloruri	
Fluoruri	
Fosfati	
Grassi e oli animali e vegetali	
Oli minerali	
Fenoli	
Solventi organici	
Tensioattivi	
Biocidi (insetticidi ecc.)	X
Saggio di tossicità	X

Tabella 3: Parametri analitici di importanza prioritaria negli scarichi di cartiera.

3. Acque inquinate

Le direttive CEE indicano cosa significa inquinare artificialmente le acque, così esprimendosi: *“L’inquinamento idrico è l’effetto dello scarico in ambiente acquoso di sostanze o di energie tali da compromettere la salute umana, da nuocere alle risorse degli esseri viventi e, più in generale, al sistema ecologico idrico e da costituire ostacolo a qualsiasi legittimo uso delle acque, comprese le attività ambientali”*.

L’inquinamento artificiale è oggi di gran lunga il più diffuso e grave, ma è chiaro che tutte le acque contenenti sostanze od energie con conseguenze del tipo di quelle provocate dall’inquinamento prodotto dall’uomo sono da considerare inquinate. Ad esempio, sono inquinate le acque naturali divenute gassose per dilavamento dei calanchi appenninici e le acque stagnanti che lo sviluppo di fauna e flora abbia prima eccessivamente impoverito d’ossigeno e successivamente arricchito di microrganismi di putrefazione anaerobica.

3.1 Livelli d’inquinamento delle acque

L’inquinamento delle acque può svilupparsi a tre livelli.

Esistono infatti:

- modifiche delle qualità delle acque dovute a cause naturali insopprimibili, in quanto l’acqua piovana a contatto con certi ambienti aerei e col suolo porta in soluzione ed in sospensione sostanze minerali e biologiche (inquinamento naturale);
- inquinamento derivante dall’apporto non naturale di inquinanti di varia specie in quantità peraltro non superiore alla capacità d’autodepurazione dell’acqua (inquinamento indotto temporaneo);
- un terzo e più grave stato d’inquinamento avviene quando gli inquinanti sono tali, qualitativamente e quantitativamente, da inibire la capacità d’autodepurazione dell’acqua e da provocare quindi degrado permanente del corpo idrico (inquinamento indotto permanente).

3.2 Cause dell’inquinamento

Le cause dell’inquinamento naturale dell’acqua (compresa la salsedine marina) sono da sempre in primo luogo la struttura lito-biosferica della terra, l’attività esogena della terra e certi fenomeni meteorologici.

Fattori artificiali dell'inquinamento delle acque sono essenzialmente gli scarichi di fognature civili, quelli d'effluenti industriali e quelli connessi con l'attività agrario-zootecnica, cui talvolta consegue l'innescarsi di processi inversi all'autodepurazione, qual è, in sostanza, l'eutrofizzazione.

Gli scarichi di fognature civili portano nelle acque soprattutto prodotti del metabolismo umano con relativa carica batterica, inquinanti derivati da attività domestiche (alimentazione e lavaggio) e rifiuti convogliati dal drenaggio di strade, piazzali ed officine.

Gli scarichi di effluenti industriali, contenenti residui delle materie prime e dei prodotti intermedi e finali delle lavorazioni, hanno composizione variabile seconda del tipo di industria che li fornisce.

Gli scarichi inerenti attività agrario-zootecnica apportano alle acque soprattutto liquami metabolici e di lavorazione di mattatoio e lattiero casearie, pesticidi e concimi dilavati.

3.3 Eutrofizzazione

L'eutrofizzazione è termine che indica l'eccessivo accrescimento e moltiplicazione disordinata di vegetali acquatici, soprattutto di alghe, per effetto della presenza nelle acque di dosi assai elevate di sostanze nutritive.

Principali responsabili dell'eutrofizzazione sono i composti azotati e fosforati provenienti da scarichi civili o industriali e dal dilavamento dei fertilizzanti in agricoltura.

I laghi con modesto ricambio d'acqua e gli stagni in genere sono particolarmente interessati da questo fenomeno che, dopo essersi impostato, rende inospitale l'ambiente per pesci ed altre forme di vita aerobiche, pur se gli si interrompe l'apporto di sostanze nutritive.

Avviene infatti che l'eccessivo sviluppo di vegetali di breve vita, come le alghe, porta in putrefazione grandi quantità di materiale organico ciò richiede gran consumo d'ossigeno per la tendenza dei residui organici a trasformarsi in CO₂ e H₂O. In questa stessa trasformazione tornano a rendersi disponibili fosforo ed azoto che nuovamente favoriscono, per quanto possibile, il risviluppo di vegetali, mantenendo l'ambiente permanentemente impedito per i viventi aerobici.

3.4 Sostanze inquinanti

Le sostanze inquinanti si possono suddividere in quattro categorie fondamentali:

- Materiali galleggianti come oli, grassi e comunque tutte quelle sostanze insolubili e meno densi dell'acqua.

Questi materiali creano un film sulla superficie dell'acqua inibendo o comunque rallentando la penetrazione delle radiazioni solari. Inoltre interferiscono sulla riareazione naturale dell'acqua distruggendo la flora e spesso sono anche tossici per gli organismi acquatici.

- Materiali mantenuti in sospensione dalla turbolenza che si depositano sul fondo come fango e inibiscono l'attività autodepuratrice dell'acqua agendo sui microrganismi. I materiali di tipo organico tendono a decomporsi utilizzando l'ossigeno presente. Mancando l'ossigeno insorgono i fenomeni di eutrofizzazione e di putrefazione.
- Sostanze disciolte: sono anche le più numerose e comprendono acidi, basi, ioni di metalli pesanti, insetticidi e altre sostanze tossiche che rendono l'acqua non potabile. Le sostanze organiche, l'ammoniaca e i prodotti riducenti come i solfiti e i sali ferrosi consumano l'ossigeno disciolto nell'acqua. Esistono inoltre altre sostanze che non vengono degradate dai microrganismi, come erbicidi, pesticidi, ecc. e altre sostanze che possono conferire all'acqua odore, colore e/o sapore.
- Materiali biologici presenti in un'acqua sotto forma di organismi animali e vegetali che influiscono sulla qualità della stessa. I batteri possono distruggere piante e animali sviluppando odori però in condizioni favorevoli provocano il processo di autodepurazione. I funghi sono simili ai batteri, le alghe sono organismi che si nutrono di sostanze inorganiche con sviluppo di ossigeno. In presenza di sostanze nutrienti si riproducono in abbondanza e morendo consumano l'ossigeno con produzione di odori e sapori. Gli animali microscopici possono essere utili per la regolazione della crescita di alghe e batteri.

4. Processi di depurazione

Per eliminare o ridurre la quantità delle sostanze inquinanti si utilizzano vari tipi di processi di depurazione a seconda delle loro funzioni:

- separazione di materiali galleggianti e di materiali in sospensione;
- insolubilizzazione e successiva separazione di sostanze disciolte;
- rimozione di sostanze disciolte;
- trasformazione di sostanze biodegradabili;
- disinfezione da microrganismi.

I processi di depurazione possono essere classificati sia in ordine della loro successione sia in funzione dei processi utilizzati.

La prima classificazione si suddivide in:

- Pretrattamenti come grigliatura, equalizzazione e omogeneizzazione, neutralizzazione.
- Trattamenti primari come flottazione, sedimentazione e precipitazione. Questi trattamenti servono per ridurre la quantità di sostanze sospese o galleggianti.
- Trattamenti secondari come ossidazione a fanghi attivati o su filtri percolatori. Questi trattamenti riducono notevolmente i colloidi e le sostanze sospese.
- Trattamenti terziari come nitrificazione, chiariflocculazione, filtrazione, scambio ionico. Questi sono detti anche trattamenti avanzati e riducono gli elementi nutritivi e tutte quelle sostanze disciolte o sospese in maniera molto più spinta rispetto al trattamento secondario.

La seconda classificazione si suddivide in:

- trattamenti meccanici come grigliatura, equalizzazione e omogeneizzazione, flottazione;
- trattamenti biologici come ossidazione su fanghi attivati, su filtri percolatori, nitrificazione;
- trattamenti chimico-fisici come neutralizzazione, coagulazione, flocculazione, precipitazione chimica, disinfezione.

Per ciò che riguarda la suddivisione del trattamento dei fanghi si ha:

- trattamenti meccanici come ispessimento e disidratazione;
- trattamenti biologici come digestione aerobica o anaerobica;
- trattamenti chimico-fisici come condizionamento chimico, disinfezione, essiccamento e combustione.

5. Descrizione dei processi

5.1 Trattamenti meccanici

I trattamenti di depurazione meccanici separano dalle acque tutti i solidi grossolani presenti nel refluo da trattare.

5.1.1 Grigliatura

La grigliatura è di solito il primo stadio che si ha negli impianti di depurazione. È utilizzata per l'eliminazione di solidi grossolani come carta, plastica, pezzi di legno, ecc.

La grigliatura si ottiene facendo passare l'acqua attraverso una griglia che può essere a barre, a maglie o a piatti forati a seconda della larghezza delle aperture. Il materiale raccolto nelle griglie può essere separato sia automaticamente che manualmente; questo può essere sia raccolto tal quale che sminuzzato in appositi trituratori e rimesso in circolo dopo la griglia.

I problemi maggiori che si possono verificare nelle operazioni di grigliatura sono:

- difficoltà nello smaltimento del materiale grigliato;
- accumulo eccessivo di sabbia nelle unità di grigliatura;
- passaggio attraverso la griglia di solidi di dimensioni tali da intasare le unità successive;
- arresto del rastrello nelle griglie;
- rotore fermo nei trituratori;
- solidi di dimensioni eccessive in uscita dai trituratori.

La maggior parte di queste disfunzioni provoca intasamenti nell'impianto e la formazione di cattivi odori dovuti al ristagno.

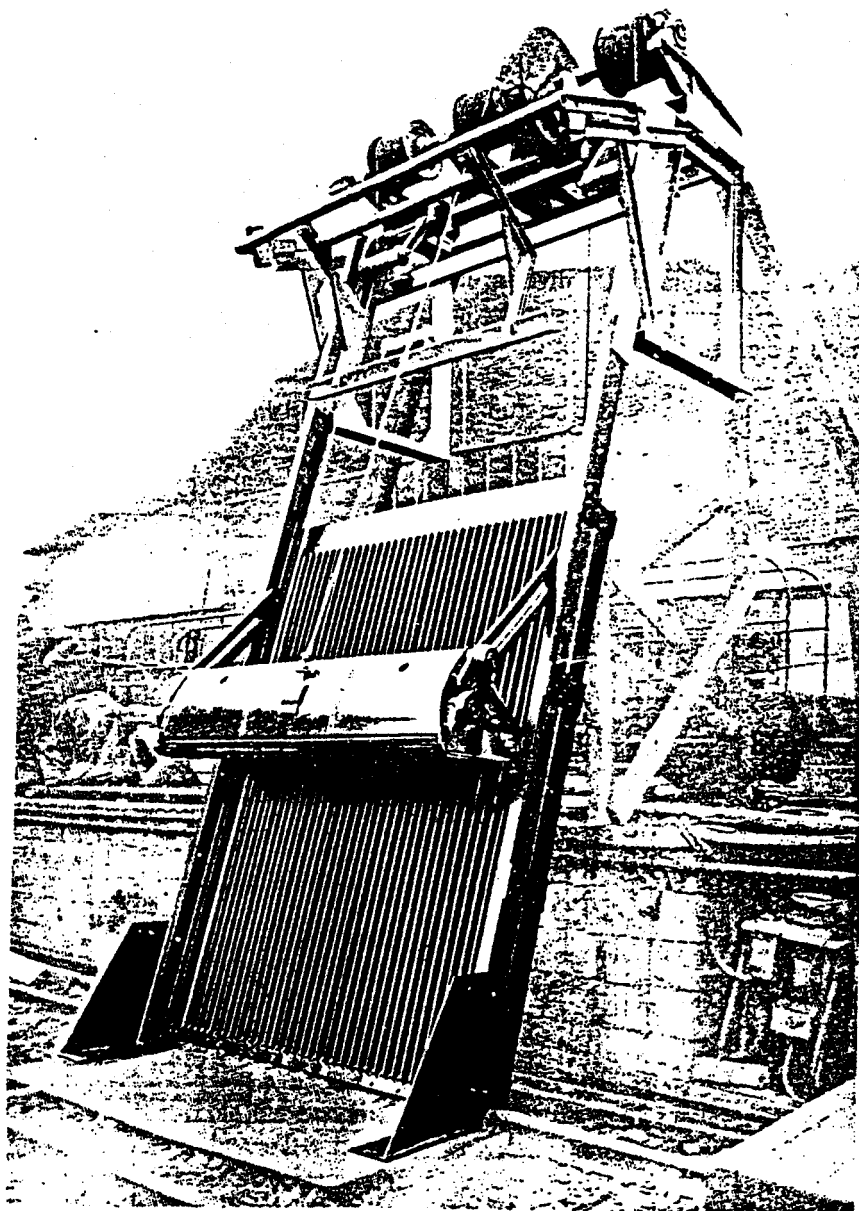


Fig. 1 - Griglia a pulizia meccanica (*Passavant Impianti*).

5.1.2 Equalizzazione ed omogeneizzazione

Le acque inviate al depuratore non hanno sempre la stessa portata e la stessa concentrazione delle varie sostanze inquinanti.

Per evitare che queste variazioni possano pregiudicare il buon funzionamento dell'impianto si raccolgono tutte le acque di scarico in una vasca di accumulo che serve a rendere costante la portata nelle unità successive (equalizzazione); inoltre questa vasca ha anche la funzione di rendere la concentrazione degli inquinanti il più costante possibile (omogeneizzazione).

Le problematiche maggiori legate al funzionamento di questo impianto sono legate al non funzionamento degli agitatori che devono sempre essere presenti e funzionanti in modo che gli inquinanti non si depositino sul fondo delle vasche.

5.1.3 Sedimentazione

La sedimentazione si basa sul principio della separazione dall'acqua, posta in condizioni di quiete, in una vasca rettangolare o di forma circolare, dei materiali più densi che si andranno poi a sedimentare sul fondo di queste vasche.

I materiali sedimentabili possono essere di tipo granulare, come la sabbia, o flocculenti, come ossidi inorganici o fanghi biologici. I primi sedimentano spontaneamente mentre i secondi devono formare fiocchi per poter sedimentare.

Con la sedimentazione si ottiene anche una prima separazione di alcune particelle colloidali che aderiscono per adsorbimento ai fiocchi dei fanghi.

I reattivi chimici utilizzati per migliorare la velocità e la facilità di sedimentazione sono il solfato di alluminio (chiamato normalmente allume con formula chimica Al_2O_3) che facilita la formazione di fiocchi; l'ambiente nel quale agisce l'allume deve essere mantenuto tamponato in quanto l'intervallo di azione ottimale di formazione dei fiocchi è molto ristretto.

Per aumentare l'azione coagulante dell'allume lo si supporta spesso con l'aggiunta nelle acque di un polielettrolita che aumenta la dimensione dei fiocchi e aumenta per ciò la velocità di sedimentazione degli stessi.

I sedimentatori più comuni sono di forma circolare al centro dei quali viene immessa l'acqua in ingresso, mentre quella in uscita viene raccolta all'esterno mediante l'ausilio di stramazzi. I fanghi si depositano sul fondo della vasca che è inclinato a forma di cono e vengono raschiati da lame raschiafanghi che non devono creare elevate turbolenze in modo da non sollevare i fanghi già depositati e soprattutto non devono asportare totalmente i fanghi in quanto quello già depositato agisce come aiuto alla sedimentazione del fango che è presente e non ancora depositato.

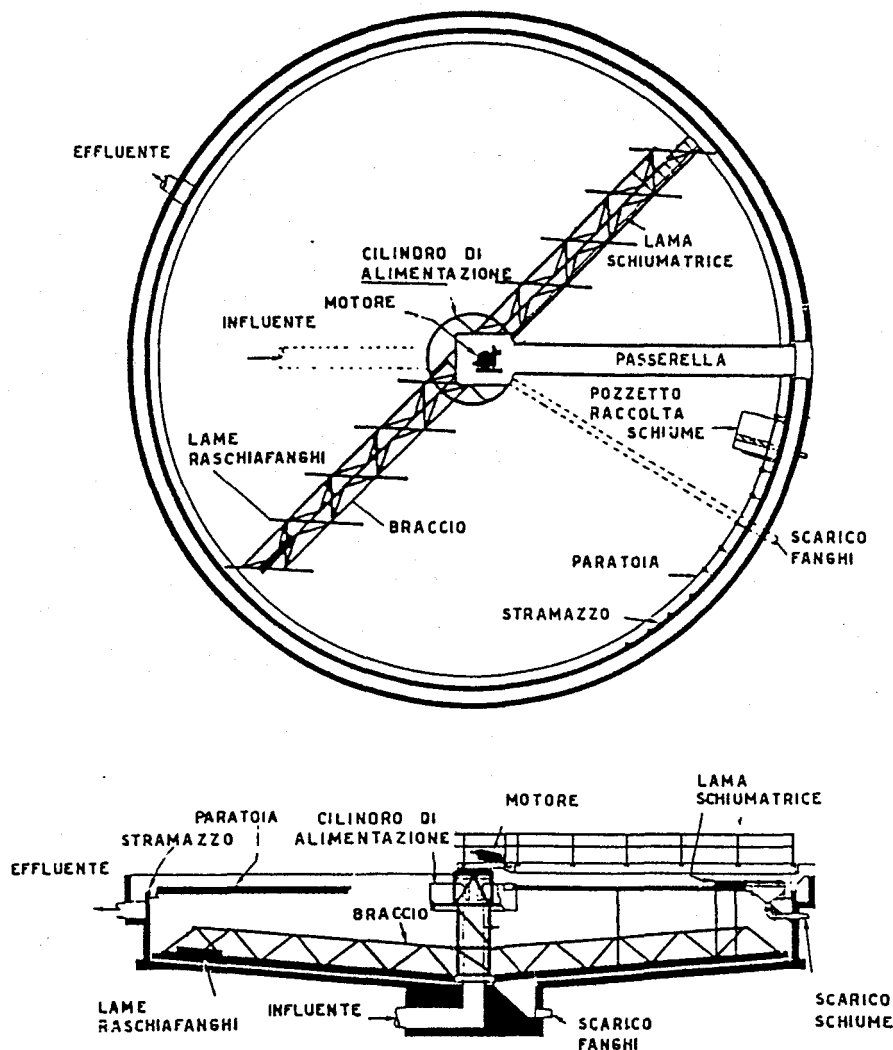


Fig. 2 - Sedimentatore circolare con meccanismo raschiasfango a due bracci

5.1.3.1 Coagulazione

Con il processo di sedimentazione non è possibile far precipitare tutte le sostanze presenti nelle acque sotto forma di colloidali. La non sedimentazione di queste particelle è dovuta soprattutto alla non coagulazione delle stesse in quanto sono tutte caricate negativamente e quindi si respingono tra di loro.

Per rendere possibile la sedimentazione di queste particelle è necessario rendere quasi nulle le repulsioni tra di loro e per questo motivo si aggiunge all'acqua una sostanza chiamata polielettrolita che si lega a varie particelle di colloide creando fiocchi che poi possono sedimentare.

5.1.3.2 Flocculazione

I fiocchi formatisi durante la coagulazione è assai improbabile che possano sedimentare completamente e in modo abbastanza veloce; per questo motivo si rende necessaria l'aggiunta di un agente flocculante.

Questa sostanza permette, mediante adsorbimento sulla propria superficie, la formazione di fiocchi di dimensioni e peso molto elevati che sedimentano molto più velocemente e molto più facilmente.

Molto importante è mantenere le acque in agitazione lenta in quanto un leggero movimento favorisce l'incontro tra le varie particelle e quindi la formazione di fiocchi molto grandi. Una agitazione piuttosto energica, al contrario, porterebbe alla rottura dei fiocchi.

Le maggiori disfunzioni che possono verificarsi in questi impianti sono:

- presenza di fango settico galleggiante, contenente bolle di gas, sulla superficie del liquido;
- presenza di liquami con caratteristiche settiche nella vasca di sedimentazione;
- bassa efficienza di rimozione dei solidi sedimentabili;
- funzionamento non corretto del sistema di raccolta fanghi;
- bassa efficienza di rimozione dei materiali galleggianti;
- sedimentazione eccessiva nei canali di ingresso all'unità operatrice;
- difficoltà di estrazione del fango dal pozzetto di raccolta;
- fuoriuscita di fango dal sedimentatore secondario;
- presenza di fango galleggiante nella vasca di sedimentazione secondaria.

5.1.4 Flottazione

La flottazione sfrutta il principio inverso a quello della sedimentazione; infatti consiste nel portare in superficie le particelle in sospensione che hanno una densità uguale o comunque prossima a quella dell'acqua.

L'azione di trasporto in superficie delle particelle in sospensione è esplicata da microbollicine di aria che vengono insufflate nella vasca di flottazione, oppure la creazione delle microbolle è dovuta ad un doppio passaggio delle acque che vengono prima portate in pressione e saturate di aria e successivamente riportate ad una pressione minore che permette ad una quantità di aria di liberarsi e trasportare in superficie le particelle colloidali in sospensione.

La schiume così prodotte in superficie vengono asportate mediante uno sfioratore e le acque chiarificate vengono asportate dal fondo se non sono presenti materiali pesanti che possono sedimentare, altrimenti vengono estratte ad una certa profondità e i fanghi vengono raschiati mediante azione meccanica.

La flottazione è facilitata mediante l'uso di additivi chimici che modificano l'adesione tra i solidi e l'aria facilitando il contatto tra di essi; le sostanze più usate per la flottazione sono i sali di ferro o di alluminio e additivi organici.

Inoltre è necessario l'utilizzo di una piccola quantità di flocculante che favorisce l'adesione tra varie particelle che creano così intrecci dove è più facile che si incastrino le bollicine di aria.

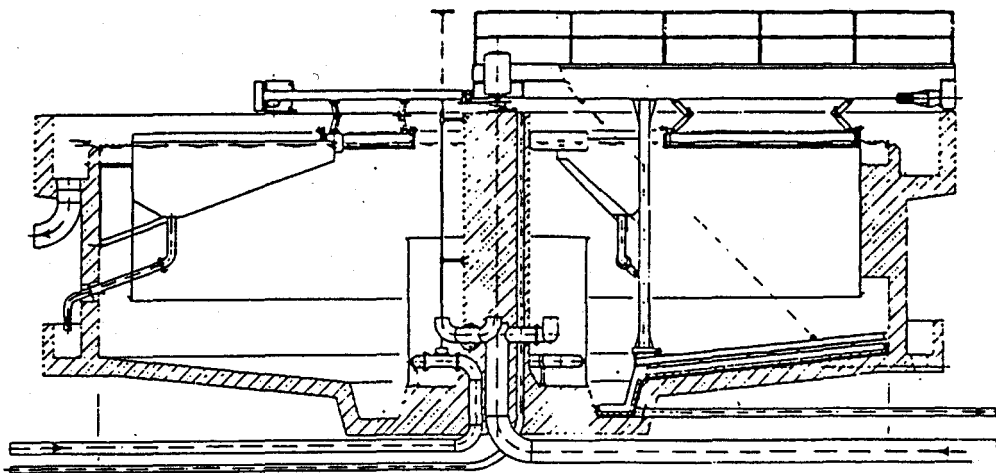


Fig. 3 - Flottatore circolare (*Siderpol*).

5.1.5 Filtrazione

L'acqua in uscita da questi trattamenti può ancora contenere al suo interno una discreta quantità di solidi fini che non sono stati separati a causa delle loro piccole dimensioni.

Per evitare che questi portino disagi, in quanto possono far aumentare i valori di inquinamento dell'acqua facendola uscire dai valori limite della tabella A della legge Merli, si può effettuare una filtrazione per rimuoverli.

Possono essere utilizzati sia filtri a maglie molto fini sia filtri con mezzo poroso. La filtrazione può avvenire sia per gravità che per differenza di pressione.

I filtri a maglie fini sono di solito cilindrici e immersi solo parzialmente nell'acqua da trattare; l'acqua filtrata passa all'interno mentre i solidi si depositano all'esterno dei filtri. Vengono chiamati microstacci e la loro pulizia avviene per controlavaggio.

I filtri a letto poroso vengono identificati a seconda del tipo di materiale usato; esistono così i filtri a terra di diatomee, i filtri a letti di sabbia, ecc.

Tutti i filtri vengono puliti in controcorrente e per allungare i cicli di lavoro o per aumentare la velocità di filtrazione si possono utilizzare filtri a letto poroso costituiti da vari strati di granulometria a densità differenti.

Gli strati a densità maggiore e granulometria inferiore sono posti in basso al filtro mentre quelli di granulometria maggiore e densità minore si trovano più in alto nel filtro. In questo modo si ottiene una maggior durata del ciclo di filtrazione in quanto le sostanze che costituiscono la torbidità nell'acqua vengono tratteneute su una superficie maggiore; inoltre durante il controlavaggio si mantiene la separazione dei vari strati.

Le problematiche più frequenti sono:

- rapido aumento delle perdite di carico attraverso il filtro;
- destratificazione del mezzo filtrante;
- eccessivo sporcamento della superficie filtrante;
- contenuto di solidi eccessivamente elevato in entrata.

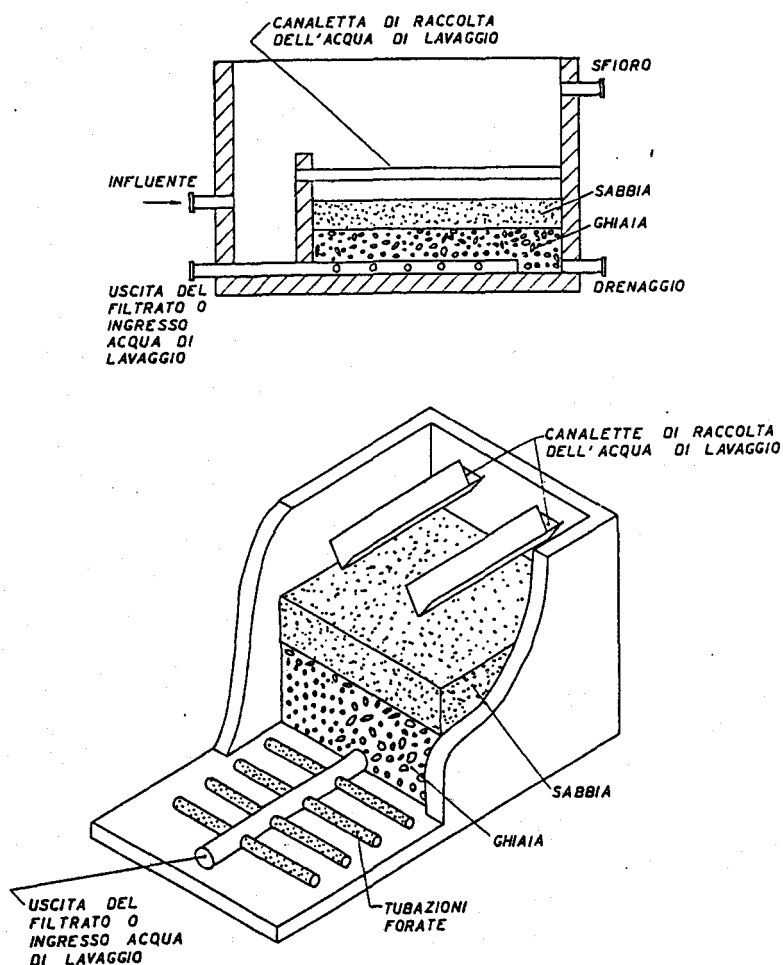


Fig. 4 - Filtro a sabbia a gravità.

5.2 Trattamenti biologici

Nei processi precedenti le sostanze inquinanti disciolte nell'acqua non vengono rimosse se non, in parte, nella chiariflocculazione.

Queste sostanze possono essere rimosse mediante processi biologici o, al limite, processi chimico-fisici.

I processi biologici operano nello stesso modo in cui agiscono i processi di autodepurazione in un'acqua naturale, solo che i trattamenti di depurazione agiscono in ambiente molto più concentrato in modo che le reazioni avvengano ad una velocità notevolmente maggiore.

Queste trasformazioni possono avvenire sia in ambiente aerobico che in ambiente anaerobico. Nel primo caso gli organismi eterotrofi utilizzano il carbonio come fonte di energia e lo trasformano in anidride carbonica utilizzando l'ossigeno presente; nel secondo caso gli organismi autotrofi utilizzano l'energia liberata dall'ossidazione di prodotti inorganici come nitrati e solfati, o direttamente dal sole.

I processi aerobici utilizzano l'ossigeno disciolto nell'acqua in modo da mantenere le condizioni favorevoli a mantenere in vita i microrganismi e a ottenere anche la migliore attività degli stessi.

Questi processi producono una quantità di materiale biologico flocculento che rimane attaccato alle superfici di trattamento (filtri percolatori) o rimane disperso nel liquido da trattare (fanghi attivati). Questi fiocchi hanno il duplice impiego di aggregare le particelle colloidali fini presenti e di adsorbire sulla loro superficie altre sostanze disciolte.

Per mantenere questa massa biologica sempre attiva ed utilizzabile è molto importante che il livello di ossigeno non scenda mai sotto ad un certo livello che altrimenti comprometterebbe l'esatto funzionamento del sistema di depurazione.

5.2.1 Ossidazione a fanghi attivati

L'ossidazione a fanghi attivati, nella versione fondamentale, avviene in vasche nelle quali avviene un insufflamento di ossigeno o di aria mediante aeratori meccanici. L'aria o l'ossigeno vengono dispersi nel liquido da trattare mediante l'utilizzo di turbine sommerse o di diffusori costituiti da supporti porosi come porcellana o certi tipi di plastica.

Le vasche sono di solito in cemento e di forma rettangolare con gli angoli smussati in modo da evitare che si formino zone di ristagno e di deposizione del fango.

Solitamente si opera in modo che una vasca grande venga suddivisa in varie vasche più piccole per evitare eventuali straripamenti e per rendere più semplice la pulizia rendendo possibile l'alternanza nelle varie vasche.

Le vasche sono solitamente a contatto con l'aria, sono cioè a cielo aperto. Il fondo della vasca molto spesso è inclinato verso i pozzetti di scolo per rendere più semplice lo svuotamento per le periodiche pulizie e manutenzioni.

Nelle vasche si ha sia la produzione di materiale biologico per ossidazione microbica sia adsorbimento di materiale che si lega in fiocchi; è quindi necessario che questi fiocchi siano mantenuti dispersi tramite un'adeguata agitazione che può essere data sia da mezzi meccanici sia tramite l'insufflazione di aria all'interno delle vasche.

È necessario che le bolle prodotte siano di piccola taglia in quanto le bolle grandi offrono una minore superficie di contatto tra l'aria e l'acqua.

Infine l'acqua già trattata, che si dirige all'uscita, viene inviata ad un sedimentatore secondario che opererà la separazione tra l'acqua e la massa biologica.

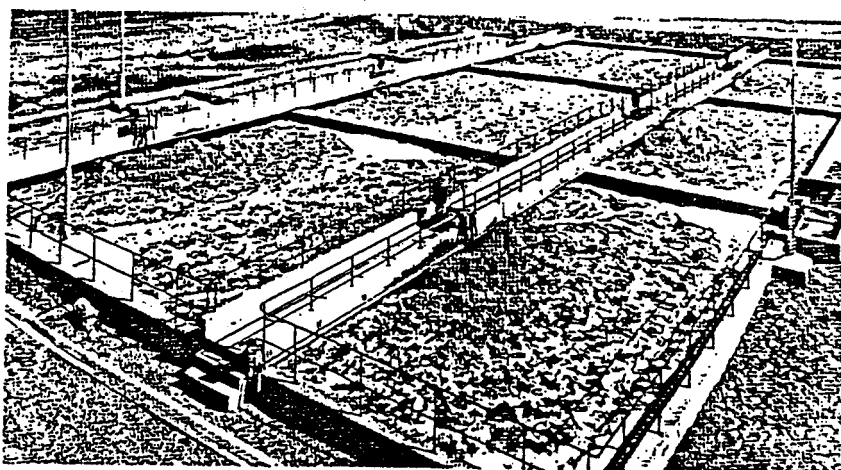


Fig. 5 - Vasca di ossidazione con aerazione a turbina (*Degrémont Italia*).

5.2.2 Ossidazione su filtri percolatori

I filtri percolatori possono essere di due tipi: formati da uno strato poroso grossolano disposto alla rinfusa come sassi o carbone fossile o costruiti con materiali di forma prestabilita disposti ad alveare, come mattoni o fogli di plastica.

Le strutture con cui sono formati questi filtri percolatori danno l'opportunità di avere una vasta superficie di contatto per unità di volume.

Questa superficie è molto importante in quanto è qui che si deposita il film biologico attivo.

La distribuzione del liquido da trattare avviene mediante un sistema a bracci rotanti o mediante spruzzatori posti sopra tutta la superficie del letto; il liquido, scorrendo sul film depositato sul fondo del filtro percolatore, viene demolito dalle sostanze organiche presenti.

L'acqua viene separata mediante un sistema di drenaggio posto sul fondo del filtro; questa viene poi mandata ad un sedimentatore secondario che separa l'acqua dal fango biologico che si è staccato dal filtro percolatore.

Dato che la massa cellulare in eccesso si stacca continuamente dal filtro e fuoriesce con l'acqua è necessario che questa venga rinnovata continuamente nel filtro. L'ossigeno utilizzato per la demolizione degli inquinanti è quello già presente nell'acqua, quello che assorbe l'acqua durante la sua distribuzione sul letto e quello che si discioglie naturalmente sul liquido nel letto poroso.

La concentrazione dell'ossigeno è variabile e dipende soprattutto dalla velocità in cui esso è utilizzato dai processi biologici e dalla velocità con cui esso è rabboccato dall'atmosfera esterna. Per aumentare la quantità di ossigeno disciolto nel letto si può utilizzare un metodo di tiraggio artificiale.

Inoltre, per diminuire la quantità di ossigeno consumato si può operare diminuendo la concentrazione della sostanza organica riciclando una parte dell'acqua trattata, in quanto velocità di consumo e concentrazione della sostanza organica sono direttamente proporzionali.

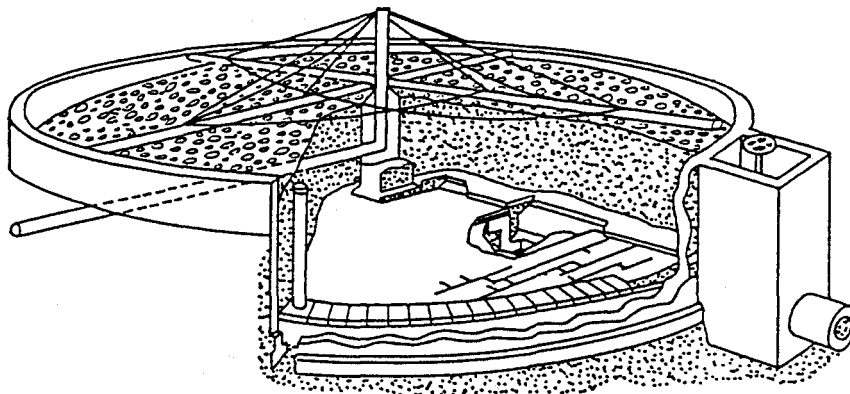


Fig. 6 - Filtro percolatore (Dorr-Oliver).

5.2.3 Ossidazione su biodischi

Sulla stessa base del processo a filtri percolatori si basa il processo a ossidazione su biodischi.

È costituito da una vasca semicilindrica orizzontale nella quale sono posti i dischi che sono a loro volta sorretti da un albero centrale motorizzato.

Sono costituiti di materiale sintetico (polietilene) ad alta densità e di forma a spicchio in modo che su ogni disco ne possano venire sistemati una serie.

Questa struttura è per la maggior parte esposta all'aria, mentre circa il 40% è immerso all'interno dell'acqua da depurare.

Essendo l'albero motorizzato, questi dischi sono esposti alternativamente all'acqua inquinata e all'aria; sulla loro superficie si formerà uno strato di flora batterica aerobica che utilizzerà come nutritivi le sostanze organiche inquinanti presenti nell'acqua da depurare, mentre il film liquido trasportato all'esterno dai dischi permette l'assorbimento di aria sullo strato stesso che così assicura lo sviluppo continuo della flora aerobica.

L'eccesso di carica batterica si distacca dai dischi e perciò si rende necessaria la sua separazione dall'acqua trattata mediante uno stadio di sedimentazione secondario.

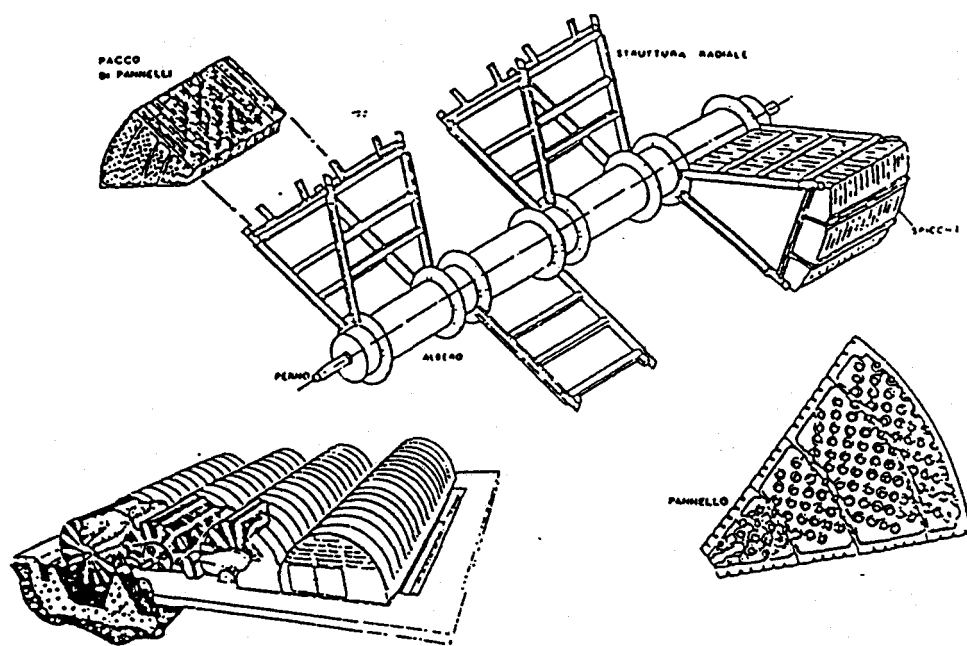


Fig. 7 - Sezione schematica e d'assieme di dischi biologici.

5.3 Trattamenti chimico-fisici

I processi di depurazione chimico-fisici sono quei trattamenti che permettono la separazione e la successiva rimozione delle sostanze inquinanti attraverso la modificazione del loro stato chimico e fisico.

Appartengono a questa categoria la neutralizzazione, la precipitazione, la coagulazione, la flocculazione e la disinfezione.

5.3.1 Neutralizzazione

La neutralizzazione è un processo che serve come correttore del pH dell'acqua mediante l'aggiunta di una sostanza acida o di una sostanza basica a seconda dei casi. Questo è dovuto al fatto che il pH dell'acqua deve variare tra 6,5 e 7,5 (valore compatibile con la protezione delle acque recipienti) in base ai processi di depurazione prescelti.

Per neutralizzare acque con un pH basico si utilizzano generalmente acido solforico (H_2SO_4), acido cloridrico (HCl) o anidride carbonica (CO_2).

Invece per neutralizzare acque che presentano un pH acido si possono utilizzare sostanze come carbonato di calcio (CaCO_3), calce viva (CaO), calce idrata [$\text{Ca}(\text{OH})_2$] o soda caustica (NaOH).

5.3.2 Precipitazione

La precipitazione è quell'operazione chimica che consiste nell'aggiungere all'acqua da depurare un reagente tale che determini la formazione di una sostanza insolubile con l'elemento o la sostanza da eliminare.

La precipitazione molto spesso può essere preceduta da una ossidazione o da una riduzione in modo che lo stato di ossidazione delle sostanze da eliminare sia il più reattivo possibile con il precipitante e il più insolubile possibile in acqua.

5.3.3 Chiariflocculazione

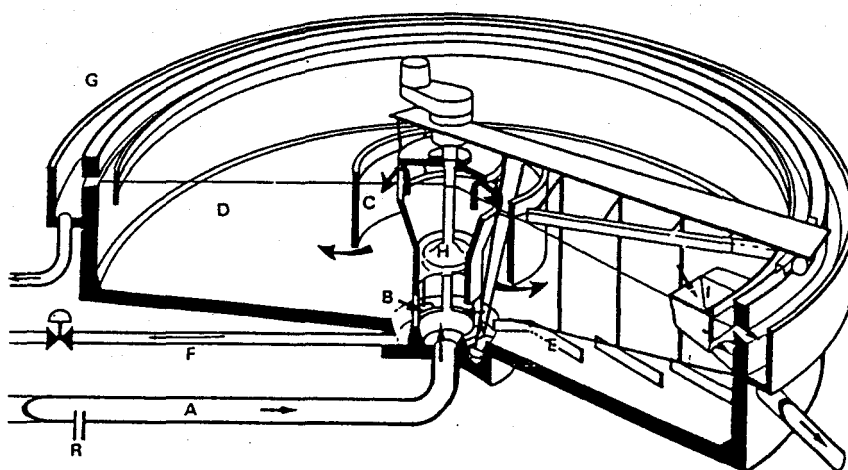
Le tre operazioni, di trattamento delle acque di scarico, miscelazione, flocculazione e sedimentazione possono essere sviluppate in un'unica sede detta chiari-flocculatore.

Questo procedimento avviene in due fasi separate: la prima consiste nella neutralizzazione delle cariche elettriche superficiali, delle particelle inquinanti, responsabili della non aggregazione di queste in grandi fiocchi capaci di sedimentare.

La seconda, invece, consiste nell'adsorbimento chimico-fisico su sostanze flocculanti di una notevole quantità di particelle che porta alla formazione di fiocchi più grossi e pesanti capaci di sedimentare.

Come già detto le sostanze più usate sono l'allume e vari polielettroliti.

L'agitazione nelle vasche deve essere attentamente controllata in quanto una agitazione insufficiente porterebbe alla non formazione dei fiocchi, mentre una agitazione troppo energica, al contrario, porterebbe alla disgregazione dei fiocchi già formati.



A: alimentazione; B: riciclo fanghi; C: zona di flocculazione; D: zona di decantazione; E: lame raschiafanghi; F: estrazione fanghi; G: canaletta di raccolta del chiarificato; H: agitatore; I: scarico dei materiali galleggianti; R: immissione reagenti

Fig. 8 - Chiariflocculatore (*Degrémont Italia*).

5.3.4 Disinfezione

Con la disinfezione si eliminano quasi completamente organismi tipo virus e batteri che potrebbero risultare pericolosi in quanto questi sono patogeni.

La disinfezione può avvenire sia fisicamente che chimicamente che meccanicamente.

I disinfettanti chimici più comuni sono il cloro (e alcuni suoi composti), lo jodio (J_2), il bromo (Br_2), l'ozono (O_3), l'acqua ossigenata (H_2O_2), alcuni acidi e alcune basi. I più usati nella disinfezione delle acque di scarico sono quelli ad azione ossidante (tra i quali il cloro).

I disinfettanti chimici sono il calore e le radiazioni; il calore non è utilizzabile per la acque di scarico in quanto dopo la disinfezione bisognerebbe riportare la temperatura dell'acqua ad un valore accettabile nei confronti del corso d'acqua accettabile. Le radiazioni utilizzate maggiormente sono quelle gamma (come quelle emesse da isotopi come ^{60}Co) dotate di un potere di penetrazione molto elevato che possono essere utilizzate sia per la disinfezione dell'acqua che per la disinfezione dei fanghi.

La rimozione meccanica degli agenti patogeni avviene normalmente nei vari processi di trattamento delle acque di scarico, soprattutto durante i processi biologici nei quali vengono eliminati circa il 95-98% dei batteri.

6. Trattamenti dei fanghi

La maggior parte dei processi visti precedentemente portano alla formazione di fanghi che devono poi essere trattati in maniera da poter essere smaltiti senza procurare inconvenienti all'ambiente circostante.

I fanghi secondo le leggi attuali vengono classificati come rifiuti speciali non pericolosi (composti da circa il 50% di cariche e il 50% circa di fibre con un grado di secco di circa il 38-40%) e quindi, per questo motivo, possono venire riutilizzati in percentuali variabili a seconda dell'uso.

Gli smaltimenti più utilizzati per i fanghi sono:

- discarica;
- attività produttive per la fabbricazione dei laterizi, nei quali si utilizza circa il 10% di fanghi e circa il 90% di argilla; le fibre presenti nei fanghi a contatto con il calore bruciano e creano microporosità che rendono più isolanti i mattoni così fabbricati;
- copertura di discariche con l'utilizzo di circa il 33% di fanghi al 27% di secco e 66% di terreno vergine, ne consegue che si utilizza circa il 20% di fanghi al 40% e circa 80 parti di terreno su cento;
- inoltre un'altra possibilità di utilizzo dei fanghi è quella del recupero ambientale come la copertura di vecchie cave e la percentuale di utilizzo è uguale a quella che si usa per la copertura delle discariche;
- un altro utilizzo è quello per il fondo di rilevati stradali o pacciamature.

La deposizione in discarica dei fanghi deve essere autorizzata, mentre per il riutilizzo deve essere autorizzato il trasporto ed il riutilizzatore deve denunciare l'uso di questi fanghi.

Per quanto riguarda i fanghi della cartiera Burgo di Marzabotto si ha che circa il 10-15% dei fanghi finisce in discarica, l'85-90% viene riutilizzato nella percentuale del 15 per la fabbricazione di laterizi mentre il resto è utilizzato come recupero ambientale di vario genere.

Per quanto riguarda il vero e proprio trattamento dei fanghi esistono vari modi.

6.1 Ispessimento e disidratazione

L'ispessimento è normalmente il primo stadio di trattamento dei fanghi. Esso può avvenire sia per gravità che per flottazione.

Con questo metodo la concentrazione dei fanghi aumenta solo di pochi punti percentuali ma il volume degli stessi diminuisce notevolmente e quindi diminui-

sce notevolmente anche il costo dei trattamenti successivi, compreso lo smaltimento.

Gli ispessitori a gravità sono molto simili ai sedimentatori, ma a differenza di questi la sedimentazione del fango è dovuta all'elevata concentrazione di questo che permette una sedimentazione di massa; inoltre sono molto più profondi e molto più inclinati sul fondo.

Uno dei metodi più usati per la disidratazione dei fanghi è l'utilizzo di nastropresse che sono formate fondamentalmente da due nastri che schiacciano al loro interno il fango operando una separazione del liquido dal solido.

Al fango viene aggiunto del polielettrolita in modo che si formino dei fiocchi di grandezza abbastanza elevata che facilitano la separazione tra solido e liquido.

Il grado massimo di secco ottenibile con una nastropressa è di circa il 50/60%.

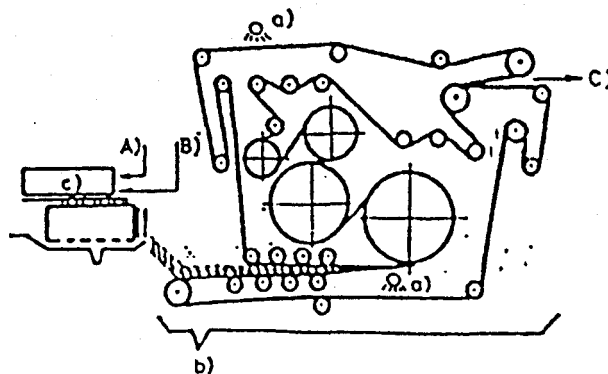


Fig. 9 - Schema di una nastropressa.

6.2 Digestione aerobica e anaerobica

La digestione è uno dei pochi trattamenti biologici utilizzati per il trattamento dei fanghi.

La digestione anaerobica avviene in serbatoi chiusi ed isolati dall'aria.

Il liquido all'interno è mantenuto in mescolazione mediante il ricircolo di un gas o mediante agitazione meccanica ed inoltre è mantenuto ad una data temperatura.

In queste condizioni la flora microbica distrugge i composti organici complessi trasformandoli in composti semplici come l'acido acetico (CH_3COOH) mediante idrolizzazione e fermentazione. Queste sostanze formate vengono ulteriormente distrutte e trasformate in metano (CH_4) e anidride carbonica (CO_2).

Queste trasformazioni, per avvenire, hanno bisogno di controlli specifici sul pH, l'alcalinità, l'assenza di ossigeno e di inibitori, la temperatura.

La digestione dei fanghi è molto lenta, sull'ordine dei 10-30 giorni o più; il gas prodotto contiene una elevata concentrazione di metano, circa il 60-65%, che

quindi può essere utilizzato sia come combustibile o addirittura come carburante in motori speciali.

La digestione può avvenire anche in vasche aerate, simili a quelle per il trattamento con fanghi attivati; questa però richiede minori costi di investimento ma maggiori costi di operazione dovuti alla necessità di una costante aerazione delle vasche.

6.3 Condizionamento

Con il termine condizionamento si intende quell'operazione eseguita sui fanghi per renderli, ad esempio, più idonei ad essere disidratati.

Esistono vari tipi di condizionamento come il condizionamento chimico e il condizionamento termico, però il più usato è il condizionamento chimico, in quanto quello termico non è ancora uscito dalla fase sperimentale.

6.3.1 Condizionamento chimico

Con il condizionamento chimico si intende aggiungere ai fanghi una sostanza che abbia il duplice scopo di destabilizzare e agglomerare le particelle fangose.

Nella prima fase agisce riducendo, o al limite neutralizzando, le cariche elettrostatiche delle particelle, nella seconda fase, invece, provoca l'agglomerazione, delle stesse particelle, in fiocchi facilmente sedimentabili. È perciò possibile dire, per cui, che il condizionamento chimico modifica la struttura dei fanghi in modo che essi presentino una fase solida aggregata in grossi fiocchi e una uniforme distribuzione degli spazi vuoti fra i fiocchi così da facilitare il passaggio dell'acqua durante la disidratazione meccanica.

6.4 Essiccamento

La disidratazione meccanica dei fanghi porta ad un secco di circa il 50% non adatto ad uno stoccaggio semplice dei fanghi.

L'essiccamento permette di ridurre la quantità di umidità dei fanghi mantenendone comunque le eventuali qualità fertilizzanti degli stessi. L'essiccamento termico avviene mediante l'uso di gas di combustione che deve unirsi ai fanghi in maniera che dopo che i fanghi sono stati disidratati non raggiungano la temperatura di ignizione.

6.5 Combustione

I fanghi così trattati possono venire utilizzati come fertilizzanti, distribuiti in discariche controllate o per mille altri scopi differenti; oppure possono venire spediti ad inceneritori che provvederanno al successivo incenerimento degli stessi. L'uso di olio combustibile in questi bruciatori non è necessario, se non in avviamento, perché il combustibile è lo stesso fango in entrata. L'incenerimento avviene in forni a piani o a letto fluidizzato a temperature variabili tra i 550 C e i 1000 C.

L'incenerimento dei fanghi può essere evitato se l'utilizzo finale dei fanghi è destinato ad un uso agricolo.

7. Depuratore della Cartiera Burgo di Marzabotto

Il processo di depurazione dello stabilimento di Marzabotto si articola nelle seguenti fasi:

- grigliatura e sollevamento;
- omogeneizzazione e ripresa;
- flocculazione;
- chiarificazione;
- rilancio fanghi.

7.1 Grigliatura e sollevamento

I reflui da trattare pervengono nella vasca di sollevamento attraverso un canale a cielo aperto nel quale è installata una griglia di tipo verticale. Lo scopo della griglia è quello di trattenere ed eliminare dai reflui quei materiali grossolani che dovessero essere eventualmente presenti. La griglia, che è azionata da un motore elettrico, è comandata ciclicamente in automatico da un timer.

Nel canale di grigliatura è inoltre presente un elettrolivello di allarme, il quale nel caso si verifichi un anomalo innalzamento del livello dei reflui nel canale, provvede acusticamente a segnalare l'anomalia.

La stazione di sollevamento è costituita da un pozzetto predisposto e dimensionato per l'alloggiamento di 4 pompe di sollevamento di tipo centrifugo sommerso. Le pompe sono comandate in automatico dai rispettivi elettrolivelli. Le prime tre pompe funzionano una in soccorso dell'altra, mentre per le punte di portata è previsto il funzionamento della 4^a pompa, in base al livello nella vasca di sollevamento.

7.2 Omogeneizzazione e ripresa

La vasca di omogeneizzazione è costituita da un bacino avente una capacità utile di 2500 m³.

Scopo della sezione di omogeneizzazione è quella di mediare le punte di portata e quelle di inquinanti, al fine di inviare al successivo trattamento di chiariflocculazione reflui aventi caratteristiche qualitative e quantitative le più costanti possibile.

In questa vasca i reflui sono mantenuti in movimento da 2 miscelatori e due aeratori sommersi, queste apparecchiature sono dotate di un sistema per l'aspirazione mediante eiezione di una determinata quantità di aria, che ha lo

scopo di mantenere in vasca un tenore di ossigeno tale da evitare lo sviluppo di emanazioni maleodoranti derivanti dalla possibile degradazione anaerobica delle sostanze organiche presenti.

Questo livello è corredato da una serie di soglie per il controllo e il comando di un misuratore che calcola i m³ contenuti nella vasca e di conseguenza comanda le pompe e i miscelatori.

La quantità di liquido presente nella vasca e il controllo delle soglie di comando è rilevabile mediante appositi strumenti montati a bordo quadro comando.

Successivamente i reflui opportunamente miscelati vengono ripresi da tre pompe ed inviati alla successiva sezione di flocculazione.

La quantità di reflui inviata alla flocculazione è regolata tramite una stazione di regolazione automatica costituita dal misuratore di portata ad induzione elettromagnetica e dalla valvola a farfalla modulante.

7.3 Flocculazione

La sezione di flocculazione è costituita da due vasche aventi una capacità di circa 160 m³ e un conseguente tempo di ritenzione dei reflui pari a circa 4 minuti ogni vasca, alla portata di progetto.

In considerazione dei dati relativi alle acque da trattare, che presentano un pH compreso tra 6 e 8 è previsto un dosaggio di cloruro di alluminio (AlCl₃) e un dosaggio di polielettrolita nella seconda.

Le vasche sono attrezzate con agitatori a lenta rotazione per la dissoluzione e la miscelazione dei reagenti con sonde di rilevamento.

7.4 Chiarificazione

L'acqua flocculata va per gravità in un chiarificatore a ricircolo di fanghi "Turbocirculator", calcolato ad una velocità media di 1,2 m/h.

Il "Turbocirculator" è un decantatore-chiarificatore costituito da una vasca avente le seguenti dimensioni:

- diametro interno: 32,00 m;
- h parte cilindrica: 3,80 m;
- fondo inclinato di circa 8° circa.

Esso è composto da:

- "pivot" centrale attrezzato di turbina con pale a profilo "Sabe" per permettere un flusso a pistone, con camera di reazione nella parte alta dello stesso;
- una gonna in lamiera per spingere il liquame in uscita dal pivot verso il fondo della vasca;

- ponte raschiante di tipo tradizionale con velocità periferica di 4 cm/secondo che convoglia i fanghi decantati verso il pozzetto concentratore posto alla radice del pivot;
- canala periferica di raccolta acqua chiarificata con anteposta lamiera stramaz-zante regolabile.

L'acqua da trattare è immessa nel pivot centrale del chiarificatore, ove tramite un elicomiscelatore aspira dal concentratore centrale i fanghi depositatisi in precedenza e li pone in intimo contatto con l'acqua da trattare, favorendo così la formazione di nuovi fiocchi e la loro successiva decantazione coadiuvata dal solfato di alluminio e dal polielettrolita.

I fanghi che si depositano sul fondo del decantatore vengono convogliati, tramite la raschia di fondo del ponte raschiatore, nel pozzetto centrale da dove vengono estratti per mezzo di una tubazione.

L'acqua chiarificata raccolta nella canalina perimetrale viene scaricata in fogna. I fanghi prodotti vengono inviati per mezzo di pompe alla disidratazione.

La concentrazione del fango all'uscita del diffusore centrale è di circa il 10-15% dopo 20 minuti di sedimentazione; mentre nel pozzetto centrale.

L'altezza del letto dei fanghi nel decantatore deve raggiungere un livello all'incirca di 0,80-1,00 m al di sotto del pelo libero, meglio se inferiore tenendo conto dell'eventuale trascinalimento che si può verificare a portata piuttosto elevata.

Per un buon funzionamento del decantatore è necessario che si verifichino le seguenti condizioni:

- portata costante senza sbalzi eccessivi;
- dosaggio corretto rispetto alle prove di flocculazione;
- giusta concentrazione nel letto di fanghi e nel concentratore;
- ricircolo di fanghi non ostacolato;
- durante ogni abbassamento della portata il fango, presente sul fondo del decantatore, si concentra e ad ogni aumento della portata si espande.

Se la portata non è costante questi cambiamenti del fango possono causare un insufficiente ricircolo dello stesso quando la portata diminuisce bruscamente; oppure se si verifica la condizione opposta avviene la risalita nella zona di decantazione con conseguente aumento della torbidità.

Si deve verificare saltuariamente che venga rispettato il dosaggio dei reagenti nella quantità stabilita dalle prove di laboratorio, e che le concentrazioni dei reattivi siano quelle stabilite.

Se si osservasse una risalita di fiocchi non uniforme (sfocchettamento) nella zona di flocculazione, controllare il pH in diversi parti del turbocirculator ed intervenire di conseguenza.

7.5 Rilancio fanghi

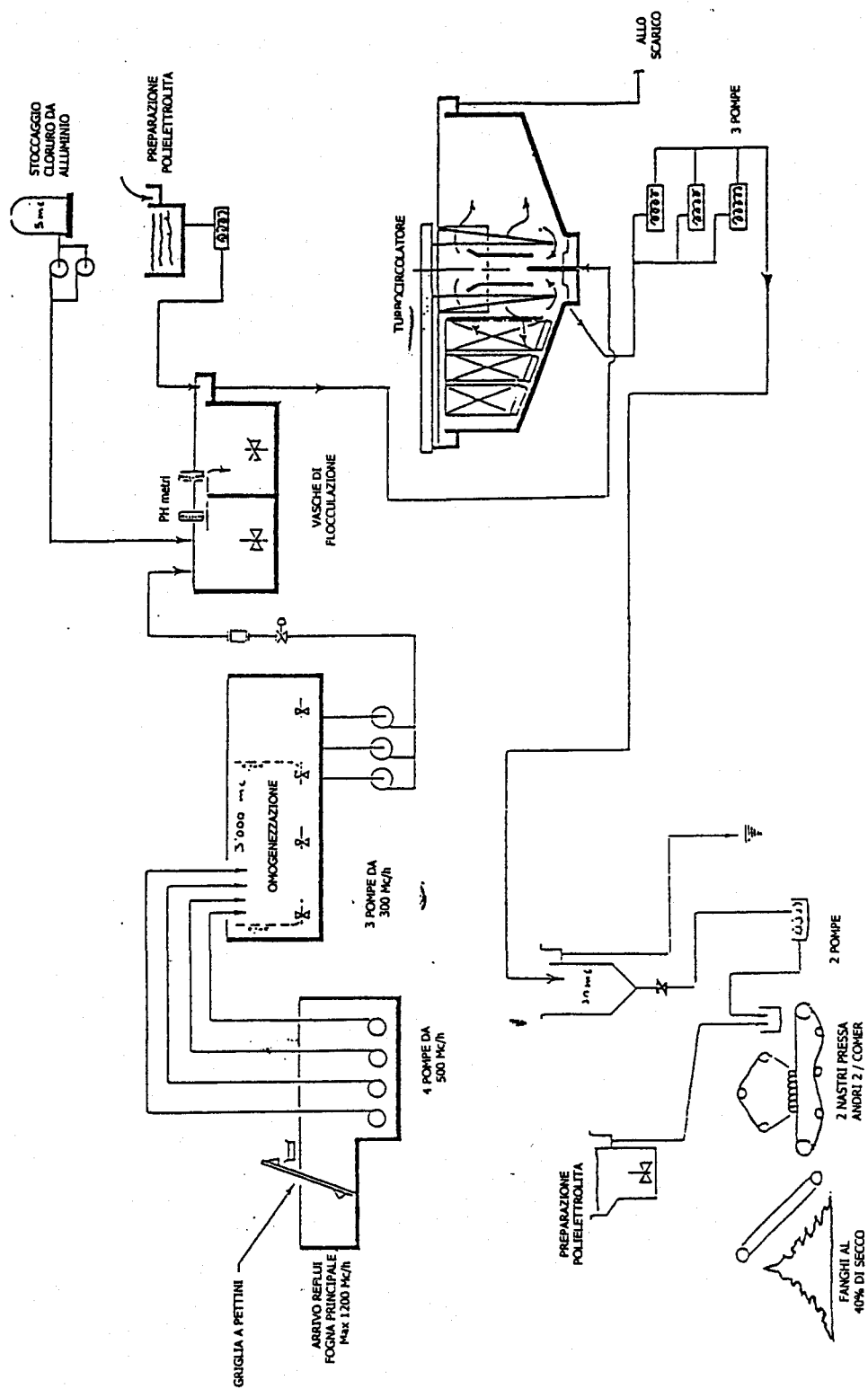
I fanghi depositati sul fondo del chiarificatore vengono prelevati da tre pompe monovite ed inviati al sistema di disidratazione consistente in una nastropressa “Comer” più una nastropressa “Andriz” di scorta.

Il funzionamento in automatico di queste pompe è asservito al funzionamento delle pompe di ripresa; se è in funzione una pompa di ripresa si avvia una pompa rilancio fanghi, se sono in funzione due pompe di ripresa si avviano due pompe di rilancio fanghi. Idem per la terza pompa.

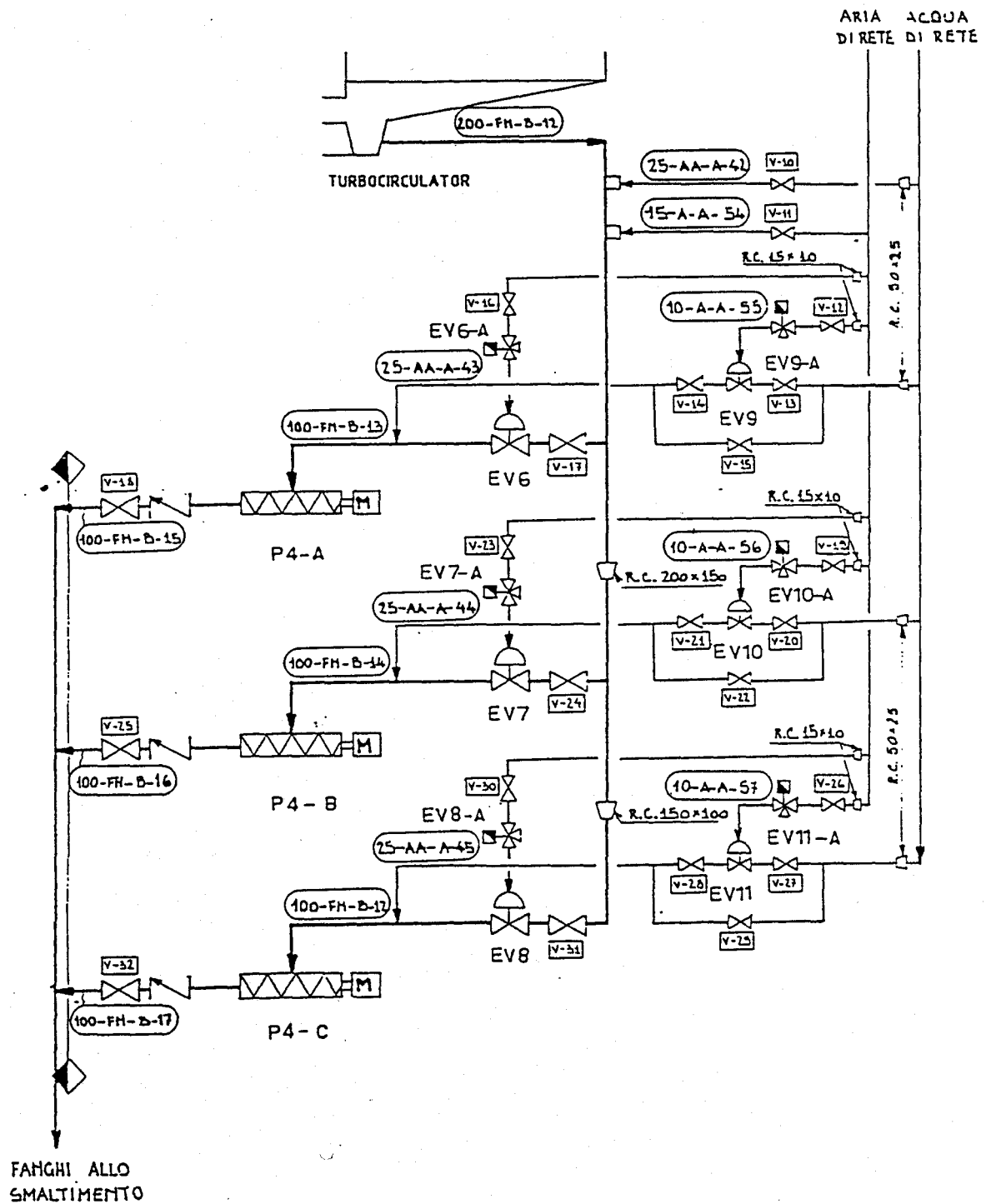
La prerogativa che caratterizza questo sistema di estrazione fanghi è il lavaggio automatico delle pompe e della tubazione premente; tale sistema è così articolato come segue.

Ogni qualvolta si arresta una qualsiasi delle tre pompe si chiude la rispettiva valvola pneumatica di intercettazione e contemporaneamente si apre l'elettrovalvola per l'immissione dell'acqua di lavaggio per un tempo tale da consentire il lavaggio della pompa. Qualora le tre pompe risultassero inattive per un tempo superiore alle 4 ore si chiudono tutte le valvole pneumatiche di intercettazione, si aprono tutte quelle di lavaggio ed entrano in funzione automaticamente le pompe fanghi per un ulteriore tempo che garantisca il lavaggio completo di tutta la tubazione di mandata.

Schema dell'impianto della cartiera Burgo di Marzabotto



Schema dei controlli per il lavaggio delle pompe rilancio fanghi e della tubazione premente



Bibliografia

- Roberto Passino - “La conduzione degli impianti di depurazione delle acque di scarico” - (*E.S.A.C. Edizioni Scientifiche – A. Cremonese – Roma*)
 - Industria della carta n. 6 1996 - “La normativa europea per l’ambiente e l’industria della carta”
 - Industria della carta n. 6 1996 - “La fertilizzazione con il fango scaricato dalle cartiere”
 - Industria della carta n. 5 1996 - “Verso la chiusura dei cicli”
 - Industria della carta n. 5 1996 - “Inquinamento: prevenzione e riduzione integrata”
 - Roberto Vacca - “La qualità globale”
(*Sperling & Kupfer Editori*)
 - Fantei, Sturma, Soprani - “Microbiologia e depurazione”
 - Mark Steele - “Waterwater cleaning”
 - AA.VV. – “Enciclopedia della chimica”
(*Garzanti*)
 - A. Cacciatore, E. Stocchi – “Impianti chimici industriali – Vol. 1”
(*Edisco - Torino*)
 - Eugenio Stocchi – “Chimica industriale – Vol. 1”
(*Edisco - Torino*)
 - Appunti raccolti durante le lezioni del corso cartari nell’anno scolastico 1994/1995
Paolo Zaninelli
 - Appunti raccolti durante la lezione tenuta dal tecnico della “Sulzer divisione depurazione acque”
 - Appunti ed informazioni raccolte in cartiera
 - Cristoforetti T. A. – “Manuale di conduzione dell’impianto di depurazione della cartiera Burgo di Marzabotto”
-