

# Il trattamento delle acque di scarico

**Landoni Luca**  
(Binda)

Relazione finale  
3° Corso di Tecnologia per tecnici cartari  
**1995/96**



**Scuola Interregionale  
di tecnologia  
per tecnici Cartari**

Via Don G. Minzoni, 50  
37138 Verona

# INDICE

- 1) Processo primario di depurazione
  - 1.1) Pretrattamento
  - 1.2) Sedimentazione
  - 1.3) Flottazione
  
- 2) Sistema di depurazione acque reflue Cartiere Vedano Olona
  - 2.1) Reflui provenienti dalle macchine continue
  - 2.2) Reflui provenienti dall'impianto di patinatura
    - 2.2.1) Separazione solidi/liquidi mediante centrifuga
  
- 3) Processo biologico di depurazione
  - 3.1) Ossidazione con sistema R.S.A.(return sludge aeration)
    - 3.1.1) Descrizione
    - 3.1.2) Funzionamento
    - 3.1.3) Dosaggio nutrimenti
  - 3.2) Sedimentazione
    - 3.2.1) Descrizione
    - 3.2.2) Acque
    - 3.2.3) Fanghi
  - 3.3) Addensamento fanghi e disidratazione
    - 3.3.1) Descrizione
    - 3.3.2) Addensamento
    - 3.3.3) Disidratazione
    - 3.3.4) Stabilizzazione

Allegato-1 Schema dell'impianto biologico R.S.A.

Allegato-2 Trattamento reflui macchina continua

Allegato-3 Trattamento reflui impianto di patinatura

## 1) PROCESSO PRIMARIO DI DEPURAZIONE (CHIMICO-FISICO)

### INTRODUZIONE

I procedimenti di depurazione delle acque di scarico possono essere più o meno complicati e onerosi in dipendenza del grado d'inquinamento ed anche della necessità di dover riciclare parte o tutta l'acqua trattata. Dovendo illustrare un sistema classico di depurazione, ritengo opportuno suddividere lo stesso nei seguenti stadi:

#### 1.1) PRETRATTAMENTO

Ha il compito di eliminare dal refluo i componenti grossolani, relativamente facili da separare, quali i sassi, i pezzi di legno, di plastica, di metallo, ovvero i solidi in genere. Viene effettuato all'ingresso dell'impianto di depurazione, e consiste di una semplice operazione di grigliatura o stacciatura; il livello di separazione è, in genere, molto spinto e dipende dal sistema di pulizia della griglia, che può essere manuale o meccanico. Comune l'impiego di una serie di pettini i cui denti metallici si inseriscono tra le barre, asportando il grigliato. Per evitare intasamenti e rigurgiti sul percorso, queste trappole devono essere bypassabili in caso di cattivo funzionamento, deviando il flusso su di un'altra linea.

#### 1.2) SEDIMENTAZIONE

Con questo processo fisico si ottiene la separazione dei solidi sospesi per effetto gravitazionale. La velocità di caduta delle particelle dipende dalla viscosità del liquido, dalla forma e dalle dimensioni e dal peso delle particelle stesse.

Il processo di sedimentazione viene chiamato primario quando ha lo scopo di eliminare i solidi sedimentabili presenti; secondario o finale quando rimuove i fanghi formati nei trattamenti chimici o biologici.

I sedimentatori sono vasche dimensionate in modo da ridurre a valori bassi la turbolenza e garantire al flusso d'acqua in essa convogliata, un tempo minimo di permanenza, sufficiente da permettere la deposizione dei solidi sospesi.

La sedimentazione avviene generalmente in due fasi:

- Prima fase (coagulazione/flocculazione). E' originata dall'aggiunta di minime quantità di sostanze chimiche, che inserendosi nel gioco delle cariche elettriche, provocano l'agglomerarsi delle particelle in fiocchi.
- Seconda fase (decantazione). I solidi sospesi tendono a separarsi dalla fase liquida e a raccogliersi come fango sul fondo del sedimentatore.

La decantazione inizia quando i fiocchi hanno raggiunto una determinata dimensione e per il loro peso cominciano a scendere verso il fondo.

Le sostanze chimiche che provocano la flocculazione possono essere naturali come il solfato di alluminio o il policloruro di alluminio, oppure sintetiche, tipo le poliacrilammidi cationiche o anioniche. Molto efficace è l'impiego sinergico di PAC più poliacrilammide.

Le vasche di sedimentazione possono essere a pianta rettangolare o a pianta circolare con flusso radiale, dove il refluo viene immesso al centro della vasca e sfiora chiarificato lungo l'anello perimetrale esterno.

Il fango sedimentato viene raccolto sul fondo da raschie rotative che lo convogliano in una tramoggia, da dove viene pompato all'impianto di addensamento.

In questo processo finale il fango deve essere portato, con centrifughe o macchine addensatrici a più tele filtranti, ad una densità conveniente per il trasporto ai luoghi di smaltimento.

L'acqua chiarificata può essere immessa in un corso d'acqua superficiale solo se rientra nei limiti specificati dalla Tabella A e parzialmente può essere riciclata come acqua di processo.

### 1.3) FLOTTAZIONE

In alternativa al processo di sedimentazione sono abbastanza diffusi i flottatori ad aria disciolta; nel primo (decantazione) la separazione dei solidi sospesi avviene in un periodo di quiete del fluido, mentre nel secondo la separazione avviene nel passaggio del fluido, in uno stato di turbolenza. Lo spazio necessario per un depuratore a flottazione è circa il 15% di quello richiesto da una vasca di sedimentazione.

Per il funzionamento di un flottatore sono necessari sia l'aggiunta di un piccolo quantitativo di flocculante, che il riciclo pressurizzato di una frazione della portata; il costo di esercizio è leggermente superiore rispetto a quello di un sedimentatore, ma può essere controbilanciato dal costo di installazione, della superiore efficienza, dalla maggiore densità dei fanghi estratti e dalla economicità di spazio.

## 2) SISTEMI DI DEPURAZIONE ACQUE REFLUE CARTIERA BINDA VEDANO OLONA

La produzione dello stabilimento di Vedano Olona (carte speciali patinate per affissione, imballaggi flessibili, etichette, carti naturali) determinano la presenza di due tipi di reflui da trattare nell'impianto di depurazione:

2.1) Reflui provenienti dal ciclo produttivo delle macchine continue.

2.2) Reflui provenienti dall'impianto di patinatura.

In tali condizioni per evitare che gli elevati livelli di COD delle acque di patinatura (COD 1500-3000 ppm) vadano ad inficiare la resa del sistema depurativo, sono state costituite due linee di trattamento separate nelle quali si interviene all'abbattimento dei carichi inquinanti presenti nei due reflui di cui sopra.

2.1) Trattamento acque reflue dalle macchine continue

Le acque provenienti dal ciclo di depurazione delle macchine continue vengono raccolte in una stazione di pompaggio ed inviate, previo trattamento con policloruro di alluminio in ragione di 80-100 ppm, nella vasca di equalizzazione situata in testa al decantatore primario. L'aggiunta di policloruro di alluminio in questa posizione permette di ottenere una coagulazione ottimale del materiale fibroso contenuto nel refluo.

Successivamente le acque omogeneizzate vengono addittivate di poliacrilammide anionici e vanno ad alimentare un decantatore primario (volume del decantatore 800 m<sup>3</sup>) a pianta circolare nel quale avviene la separazione tra la fase liquida e solida del refluo. L'elevata efficienza del sistema (80-85%), permette di scricare nel corpo ricevente (Fiume Olona) un'acqua perfettamente in linea con i valori previsti dalle normative che regolano gli scarichi industriali (Tabella A della Legge Merli). Per la natura delle produzioni tipiche dello stabilimento, i fanghi sedimentati non possono essere riutilizzati nella fabbricazione della carta e vengono quindi sottoposti ad una fase di disidratazione. Una volta prelevati dal decantatore e raccolti in un'apposita tina di stoccaggio, i fanghi vengono

addizionati di poliacrilammide cationica ed inviati ad una prima fase di addensamento attraverso un sistema filtrante tipo Akse (metodo di disidratazione analogo al polidisk). Tale macchina ci permette di innalzare il contenuto di secco del nostro fango da 3,5 a un 8%.

Per poter incrementare ulteriormente il secco del fango fino ad un valore di densità conveniente per il trasporto nei luoghi di smaltimento, il fango in uscita dall'addensatore a dischi va ad alimentare una pressa a vite tipo Aku Press attraverso la quale raggiunge un tenore di secco del 35-40%. Le acque che si originano dal processo di disidratazione (filtro a dischi e pressa a vite) pur mantenendo un basso carico inquinante vengono rilanciate nella vasca di omogeneizzazione in testa all'impianto, ripercorrendo così la fase di decantazione.

## 2.2) Trattamento acque di patinatrice e patine residue

Come precedentemente illustrato i reflui provenienti dall'impianto di patinatura della carta, non possono essere miscelati alle altre acque industriali prima di un trattamento preventivo costituito principalmente da:

2.2.1) Fase di destabilizzazione della patina.

2.2.2) Separazione solidi/liquidi mediante centrifuga.

### 2.2.1) Fase di destabilizzazione

Le acque provenienti dalla cucina patine e dalla patinatrice, unitamente ad eventuali e ridotte quantità di patine residue, vengono raccolte in una stazione di pompaggio, ed inviate previo trattamento con policloruro di alluminio in ragione di 700-800 ppm, in una tina polmone avente capacità pari a 20m<sup>3</sup>. In questa prima fase si ha un'azione di destabilizzazione dei lattici contenuti nella patina, con conseguente formazione di microflocchi parzialmente coagulati. Successivamente la patina destabilizzata e coagulata viene addizionata di poliacrilammide anionica ed inviata in un cono di ispessimento attraverso il quale viene alimentato il cono decantatore krofta. In questo punto dell'impianto avviene la separazione definitiva tra la fase liquida e la fase solida. Le acque chiarificate, avendo un ridotto carico inquinante ed una ridotta portata possono

essere a questo punto inviate nella vasca di omogeneizzazione in testa al depuratore primario miscelandosi così alle altre acque industriali.

### 2.2.2) Separazione fase solida/liquida attraverso centrifuga

Dal cono krofta i fanghi ispessiti attraverso la decantazione, vengono prelevati da una pompa mono, addizionati di poliacrilammide anionica, ed inviati ad una centrifuga di tipo  $\alpha$  Laval. La parte centrifugata, raggiunto un tenore di secco del 24-28%, viene raccolta in contenitori asportabili e smaltita successivamente come rifiuto speciale (il riutilizzo in produzione come additivo di carica nella carta non è possibile per il medesimo motivo del fango fibroso, vedi punto 2.2.1). Le acque che si originano dall'operazione di centrifuga ritornano in testa al cono krofta, subendo così un'ulteriore decantazione.

## 3) PROCESSO BIOLOGICO DI DEPURAZIONE

Il solo processo di sedimentazione (o di flottazione) può a volte non essere sufficiente a rendere l'acqua di qualità accettabile per il corpo ricevente a cui è destinato. La presenza di sostanze organiche in soluzione può mantenere alti i valori di COD/BOD5 più di quanto ammesso dalla legge contro l'inquinamento. Occorre allora sottoporre il refluo chiarificato ad un successivo stadio di depurazione biologica. Tra i vari sistemi di trattamento biologico prenderemo ora in esame il tipo a fanghi attivi con sistema RSA (return sludge aeration). Il ciclo di trattamento è composto dalle seguenti fasi:

3.1) Ossidazione con sistema R.S.A.

3.2) Sedimentazione

3.3) Addensamento fanghi e disidratazione

### 3.1) OSSIDAZIONE

#### 3.1.1) Descrizione

Il sistema ossidativo R.S.A. (return sludge aeration) rappresenta la fase principale del trattamento. Il principio di tale processo differisce dai sistemi di trattamento a fanghi attivi convenzionali per una seconda vasca di aerazione, nella quale il fango di ricircolo, raccolto dal fondo del decantatore finale, è miscelato ed energicamente riaerato, prima di fare il suo ingresso nella vera e propria vasca di aerazione.

Riguardo alle caratteristiche del fango attivo, con tale pratica si ottengono i seguenti vantaggi:

A) Il fango viene riportato alle condizioni aerobiche;

B) Si ottiene una degradazione della parte di inquinante residuo.

Il processo risulta il seguente:

Lo scarico proveniente dal primario alimenta la vasca di aerazione, all'ingresso della quale viene miscelato con il fango attivo riareato. Nella vasca di aerazione i processi biologici trasformano la sostanza organica secondo meccanismi analoghi a quelli di autodepurazione di un corso d'acqua. La differenza sta nel fatto che il trattamento avviene in unità costruite appositamente e con concentrazioni batteriche molto più elevate, per cui le trasformazioni avvengono con una velocità e con un rendimento molto maggiore. Le condizioni nei quali i processi si svolgono sono aerobiche, ovvero i microrganismi eterotrofi utilizzano il carbonio delle sostanze organiche contenute nello scarico come materia prima per la sintesi cellulare e come fonte di energia, formando anidride carbonica con l'ossigeno.

La caratteristica principale dei processi aerobici consiste nella utilizzazione dell'ossigeno fornito in condizioni favorevoli a mantenere l'attività dei microrganismi.

Ne risulta la produzione di materiale biologico flocculento disperso nella massa del liquido (fanghi attivi). Questi fiocchi di materiale biologico aggregano le particelle colloidali fini ed adsorbono altre sostanze disciolte. Perché questa massa biologica si mantenga attiva, occorre che la concentrazione di ossigeno in soluzione non sia mai inferiore ad un certo livello; perciò quando il consumo di ossigeno è elevato, occorre rifornirlo continuamente con dispositivi adeguati (aeratori). Un carico inquinante in ingresso costante ( $\text{COD} \times \text{m}^3/\text{h} = \text{K}$ ) garantisce ai sistemi un funzionamento regolare.

### 3.1.2) Funzionamento

Lo scarico proveniente dal sistema chimico-fisico accede alle vasche di aerazione. Qui si miscela con i fanghi riareati provenienti dalla vasca di riareazione. In tal modo ha inizio l'assimilazione della sostanza organica da parte dei batteri presenti nei fiocchi di fango attivo. Questo sistema è consigliato per valori pressoché costanti di BOD e COD da rimuovere.

Completato il percorso attraverso le vasche di aerazione, la miscela aerata passa alla fase di decantazione.

### 3.1.3) Dosaggio nutrienti

La materia organica di cui i microrganismi sono composti, contiene, oltre al carbonio anche azoto e fosforo in quantità costanti secondo la proporzione classica C:N:P = 100:5:1. Il carbonio necessario al metabolismo dei batteri è contenuto nelle acque di scarico entranti nel biologico. Il fosforo e l'azoto spesso scarseggiano in tali acque e potrebbero pertanto rappresentare il fatto limitante alla crescita batterica, con grave pregiudizio per il processo depurativo. Può essere quindi necessario dosare nell'impianto fosforo (come  $H_3PO_4$ ) e azoto (come urea) per mantenere il rapporto C:N:P entro valori ottimali.

## 3.2) SEDIMENTAZIONE

### 3.2.1) Descrizione

La funzione della vasca di sedimentazione dei fanghi attivi è di separare la biomassa batterica dalle acque. La separazione dei solidi rappresenta infatti lo stadio finale per la produzione di un'acqua di scarico ben chiarificata, avente un basso contenuto di COD/BOD<sub>5</sub> e solidi sospesi ed è nello stesso tempo la fase più critica di tutto il processo a fanghi attivi. La vasca in calcestruzzo è a pianta circolare con forma leggermente inclinata verso la parte centrale, in modo da favorire la raccolta del fango da parte delle raschie. Le acque entrano centralmente nella vasca e dopo la deviazione verso il basso ad opera del deflettore circolare, percorrono radialmente la vasca verso lo stramazzo circonferenziale. Durante tale percorso le sostanze fioccosse più pesanti si separano e decantano.

Il movimento della raschia trascinata dal ponte sospinge delicatamente verso il centro grazie alla particolare forma di cui è dotata la vasca di sedimentazione.

### 3.2.2) Acqua

L'acqua entra centralmente dal basso della vasca e risale lungo un tubo verticale terminante in un divergente tronco conico. Di qui accede alla camera di distribuzione delimitata da una sorta di gomma circolare avente la funzione di distribuire in modo ottimale la miscela. Con moto radiale ascendente le acque risalgono fino a raggiungere lo stramazzo di uscita posto lungo la parete circonferenziale e quindi sfiorano nella canaletta laterale, fino a raggiungere il pozzetto delle acque chiarificate.

### 3.2.3) Fanghi

I fanghi si separano nel percorso dal centro alla periferia della vasca e sedimentano sull'intero fondo del decantatore. Allo scopo di provvedere alla loro raccolta è installato un ponte raschiatore/aspirante essenzialmente costituito da una travata mobile a cui sono fissate le raschie di fondo ed i sifoni posti in adiacenza alla parte centrale della vasca. Le raschie, infatti, trascinate dal ponte, mosso da apposito motore elettrico, sospingono il fango verso la parte centrale della vasca. Qui, intorno al nucleo centrale di distribuzione, è ricavata una zona leggermente ribassata a forma di cono circolare entro la quale si muovono i sifoni aspiranti solidali al ponte. I sifoni, una volta adescati per mezzo di apposita pompa per vuoto, travasano il fango dal fondo della vasca fino alla canaletta di raccolta fanghi posta lungo la parte esterna del "fungo". Poiché questi si muovono insieme al ponte e sono in numero di 2 è assicurato un rapido ed uniforme prelievo del fango, a differenza di quanto avviene per i decantatori semplicemente raschiati dove la zona di prelievo del fango non può che essere puntuale.

Un'ulteriore aiuto al prelievo del fango è dato dalla pompa a mezzo ponte. Questa aspira il fango a circa la metà della raschia principale e lo scarica direttamente nella canaletta del fango.

Una pompa centrifuga porterà il fango nella vasca di riareazione permettendone successivamente il ritorno alla fase di ossidazione.

## 3.3) TRATTAMENTO DEI FANGHI DI SUPERO

### 3.3.1) Descrizione

Il processo di depurazione biologica, crea la formazione di materiale biologico flocculento (fango), che deve essere costantemente rimosso attraverso fasi determinate .

Il trattamento dei fanghi biologici di supero ha inizio con il prelievo dalla vasca di reazione a mezzo di una pompa mono. Sulla tubazione che conduce alla sezione di trattamento fanghi è installato un misuratore di portata con funzione anche di totalizzatore, in modo da tenere sotto controllo i quantitativi spurgati. La scelta di prelevare il fango dalla vasca di reazione piuttosto che dal pozzetto fanghi attivi al decantatore è dettata prevalentemente da ragioni igieniche e di freschezza del fango stesso. Poichè infatti il grado di digestione naturale del fango è molto bassa, è ragionevole supporre che anche la sua putrescibilità sia elevata. Pertanto, se lo spurgo è effettuato partendo dal bacino di riaerazione dove i fiocchi fangosi hanno la possibilità di inglobare ossigeno il rischio di maleodorazione è ridotto.

### 3.3.2) Addensamento

Sulla tubazione di aspirazione della pompa mono di trasferimento dei fanghi di supero alla fase di trattamento, avviene la prima iniezione di polielettrolita che ha la funzione di migliorare la separazione dei fiocchi dalle acque.

Successivamente la miscela fangosa perviene al serbatoio di reazione/flocculazione dove i fiocchi si accrescono per coagulazione e le acque si separano. Un agitatore elettromeccanico provvede a fornire la giusta potenza per la reazione. Di qui i fanghi passano alla tavola piana drenante che è costituita da un nastro piano trascinato da rulli. Il nastro è in tessuto con una particolare fibra che permette la separazione del fango dalle acque.

Al di sopra del nastro il fango viene in contatto con una serie di vomeri che hanno la funzione di rivoltarlo continuamente in modo da favorire il rilascio e quindi il drenaggio delle acque.

### 3.3.3) Disidratazione

Alla fine del percorso sul nastro il fango, che ha già perduto una parte cospicua della frazione acquosa di cui era composto, stramazza dentro un serbatoio/buffer dal quale una pompa mono provvede a risollevarlo al secondo flocculatore/separatore. Entro tale serbatoio, anche questo agitato, e grazie ad una ulteriore dose di polielettrolita è di nuovo innescata la realizzazione di coagulazione/flocculazione e la successiva separazione dalla parte acquosa. In uscita dal serbatoio il fango flocculato perviene alla pressa a nastro entro la quale, grazie alle azioni di taglio via via crescenti che i due teli, in mezzo ai

quali viene compresso il fango, esercitano sul fango stesso, una grande quantità di acqua viene rilasciata. Alla fine del suo percorso nella pressa, il fango viene scaricato entro un mescolatore a coclee (secco fango biologico 20-25%).

#### 3.3.4) Stabilizzazione

Questa fase ha la funzione di miscelare la calce idrata con il fango disidratato in modo da renderlo biologicamente stabile, ed accrescendo il contenuto di secco finale ad un valore che ne permetta il corretto smaltimento in discarica (30-35%). Per l'accumolo ed il dosaggio della calce, è installato un silo avente una capienza di circa 30 m<sup>3</sup>. Il silo è posizionato adiacente all'edificio in cui sono installati i sistemi di disidratazione.

La tubazione di scarico del silo sale lateralmente ad esso fino al filtro a maniche poste in sommità. La calce accumulata al suo interno è estratta per mezzo di un sistema automatico di fluidizzazione ad aria compressa. L'aria essicata viene immessa per mezzo di particolari ugelli alla base conica del serbatoio. I getti d'aria opportunamente posizionati permettono alla calce di cadere entro una tramoggia. Di qui una coclea a giri variabili alimenta direttamente il mescolatore. In uscita dal mescolatore, calce e fango disidratato risultano miscelati. Successivamente una serie di coclee provvede ad allontanarli all'esterno e a sollevarli entro uno scarrabile.

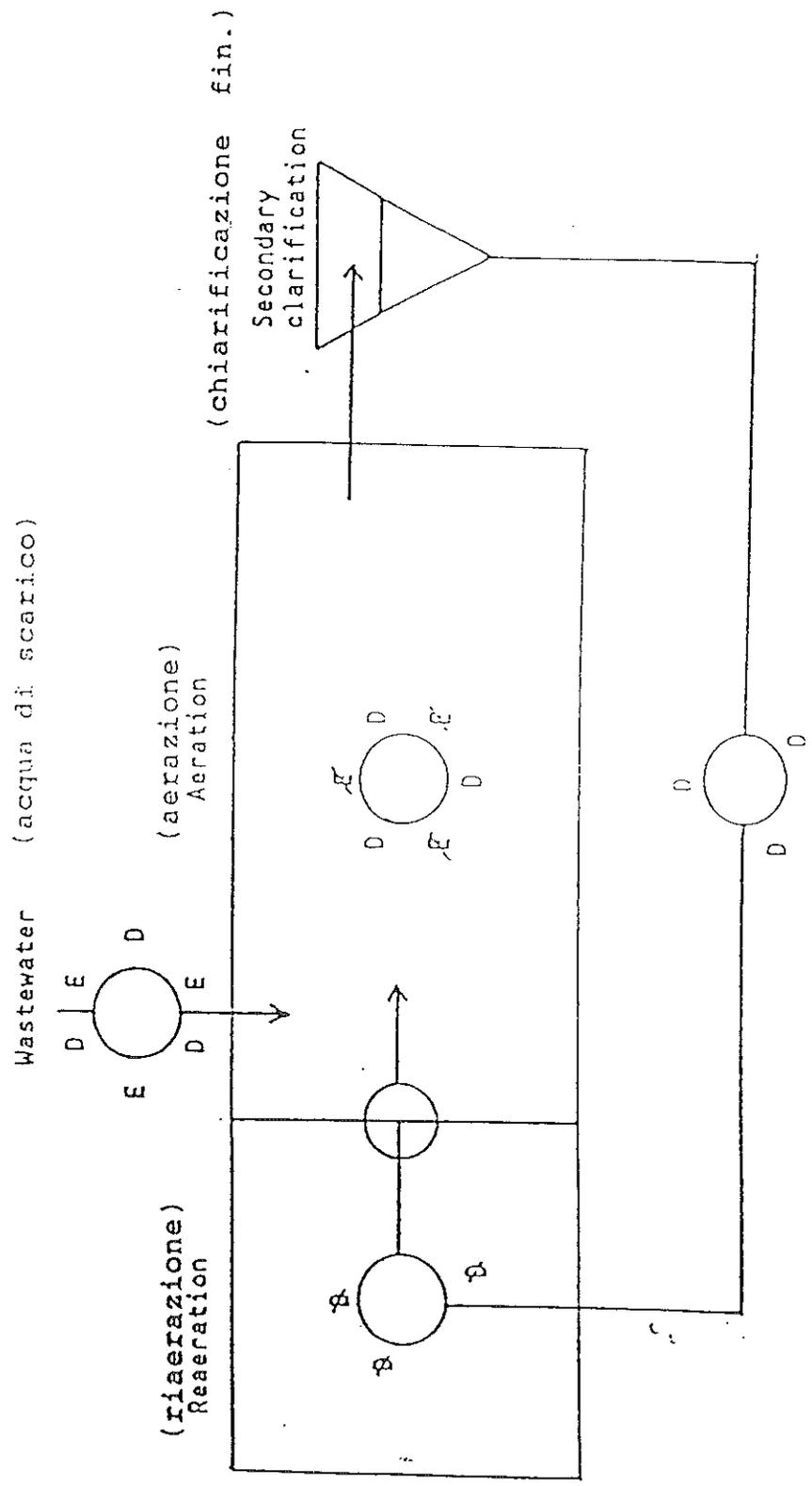
L'ultima coclea posta in alto sorretta da tralicci e tiranti, è dotata di due serrande motorizzate più un'apertura libera di estremità in modo da permettere il caricamento uniforme ed ottimale dello scarrabile di accumulo.

# RSA - BIOLOGY

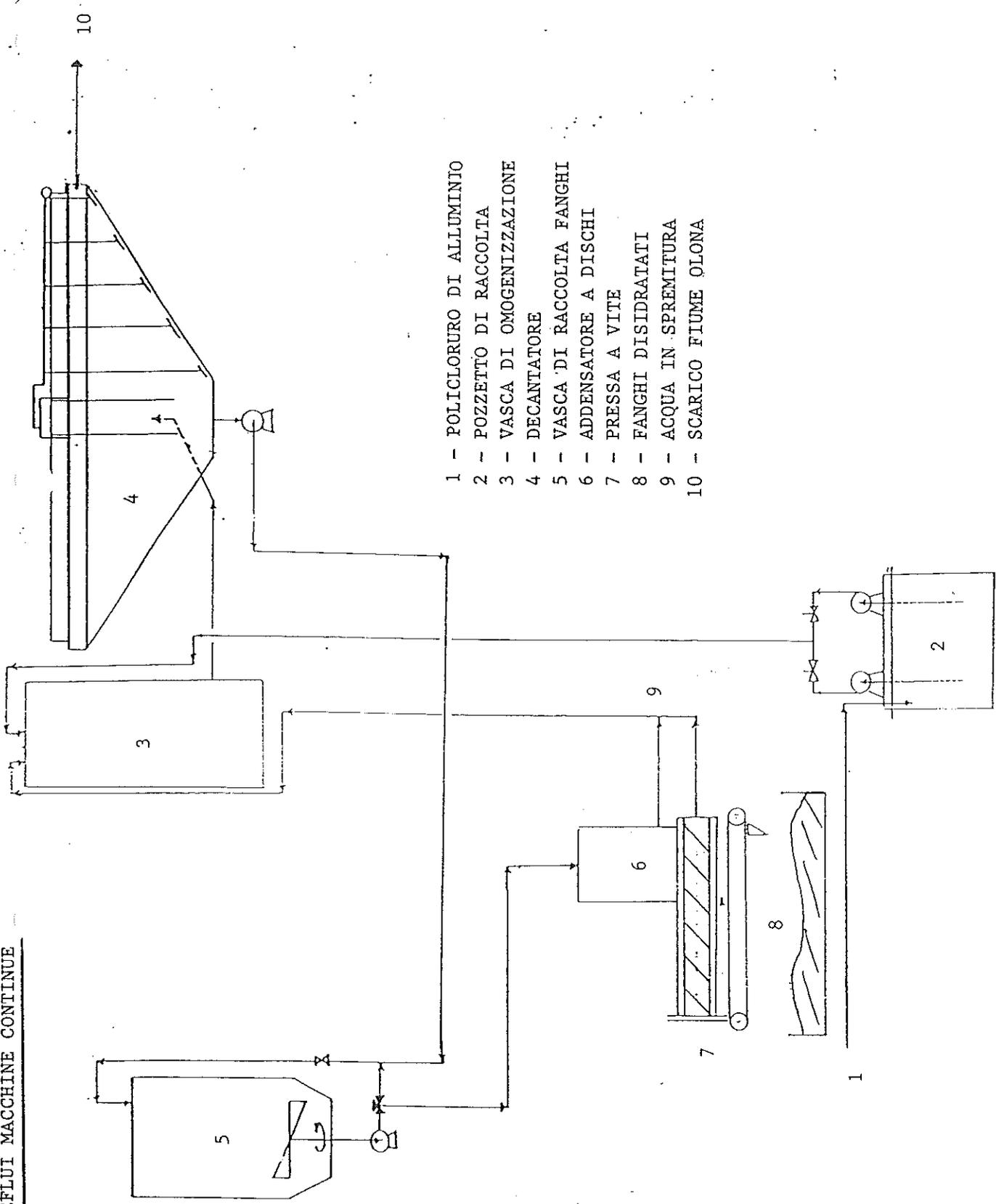
(biologico tipo R.S.A.)

## Impact on degradation

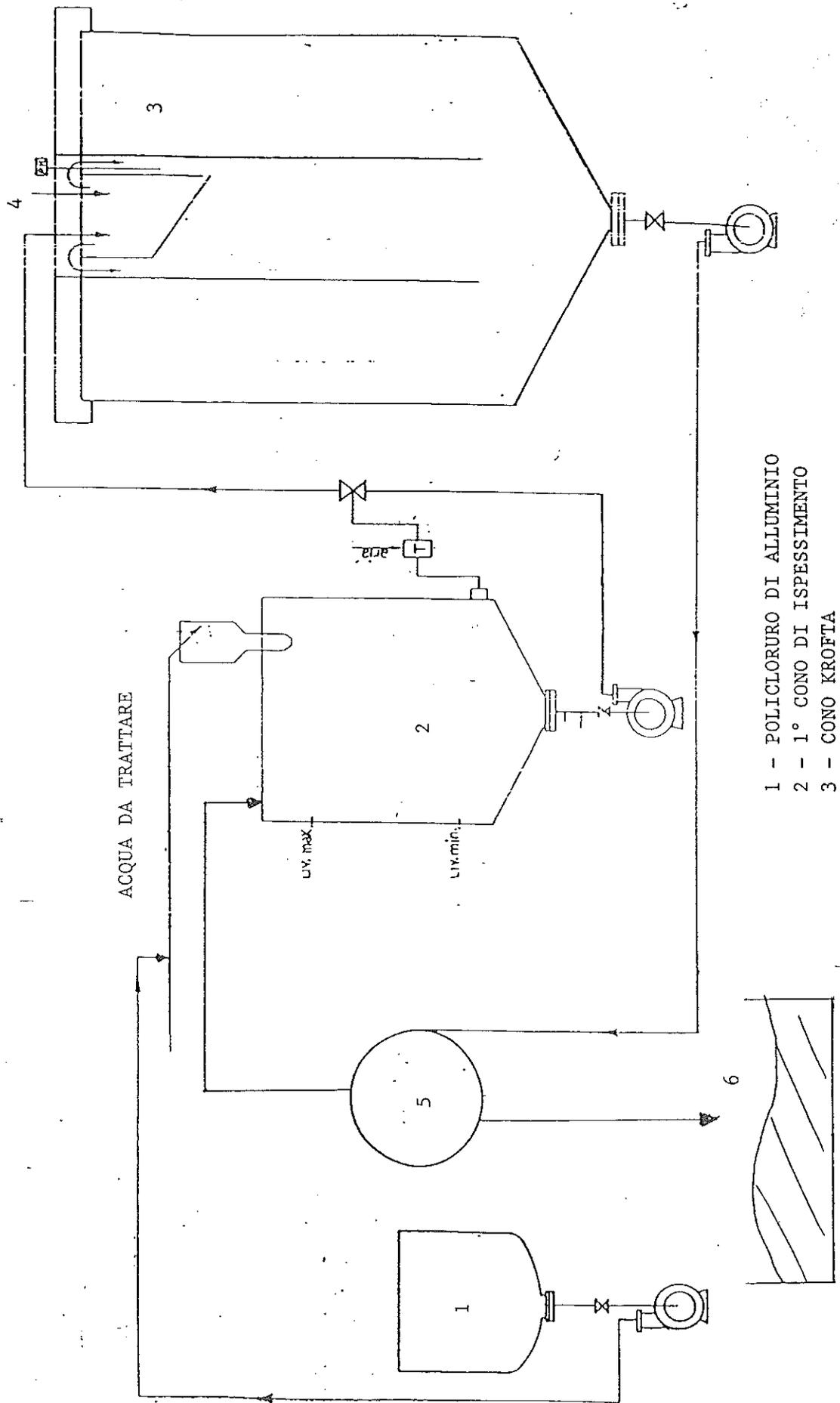
(impatto sulla rimozione)



D = Difficult to degrade (difficile da rimuovere)  
 E = Easy to degrade (facile da rimuovere)



TRATTAMENTO REFLUI IMPIANTO DI PATINAIURA



- 1 - POLICLORURO DI ALLUMINIO
- 2 - 1° CONO DI ISPESIMENTO
- 3 - CONO KROFTA
- 4 - P.A.A.
- 5 - CENTRIFUGA
- 6 - PATINA ADDENSATA