

# Trattamenti acque reflue

## Trattamenti acque reflue

Le acque di scarico inquinate devono essere sottoposte, prima del trattamento vero e proprio, ad un **pretrattamento**.

Il pretrattamento consiste in una o più operazioni fisiche o meccaniche.

Scopo del pretrattamento è quello di separare elementi che per natura o dimensione renderebbero difficoltoso il buon funzionamento dell'impianto di depurazione.

## Trattamenti acque reflue

*Le operazioni di pretrattamento più note sono :*

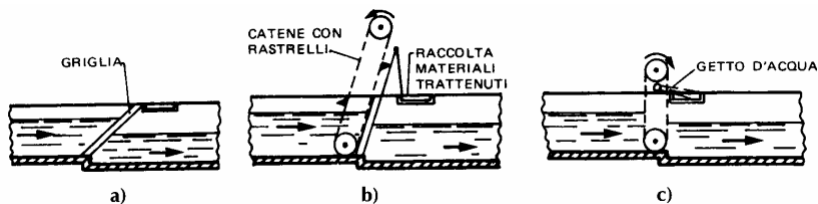
***Grigliatura***

***Dissabbiatura***

***Disoleazione***

## Trattamenti acque reflue

### Pretrattamento : grigliatura



*Si distingue tra griglie :*

- *fisse o mobili*
- *diritte o curve*
- *verticali o inclinate*
- *a pulizia manuale o motorizzata*

## Trattamenti acque reflue

Pretrattamento : grigliatura

*Distinzione in grigliatura : luce libera fra le sbarre delle griglie*

- 3 - 10 mm grigliatura fine
- 10 - 25 mm grigliatura media
- 30 – 100 mm grigliatura grossolana o pre-grigliatura

*La velocità media dell'acqua attraverso le griglie è compresa tra 0,60 ed 1 m/s.  $V_{max} = 1,2 - 1,50$  m/s*

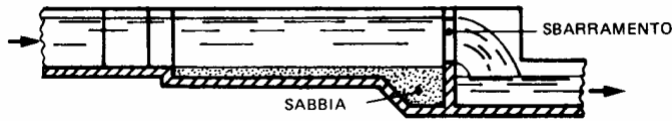
## Trattamenti acque reflue

Pretrattamento :  
dissabbiatura

- Consiste nella separazione dalle acque da trattare - siano esse primarie o di scarico - **delle sostanze sabbiose, argillose, minerali**, ecc. che, oltre a creare depositi nei condotti, potrebbero danneggiare le pompe o altri apparecchi del successivo impianto di trattamento.
- La separazione avviene in vasche nelle quali l'acqua in arrivo diminuisce di velocità e permane per un tempo sufficiente per far sedimentare la sabbia in essa contenuta.
- Si possono usare vasche a **sezione rettangolare** nelle quali la velocità dell'acqua diminuisce e resta costante per l'intera lunghezza.

## Trattamenti acque reflue

## Pretrattamento : dissabbiatura



### Schema di principio di un dissabbiatore.

I detriti sedimentatisi sul fondo della vasca vengono asportati manualmente o mediante sistemi meccanici: fra questi ultimi, citiamo - in quanto già noti - gli *air lift* e gli elevatori a tazze .

## Trattamenti acque reflue

## Pretrattamento : disoleazione

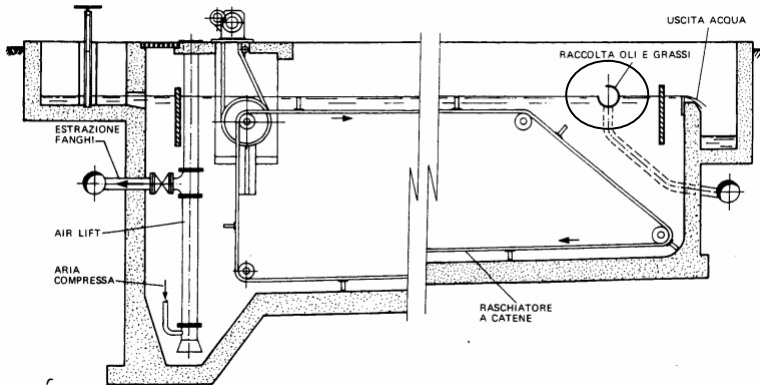
- In genere, gli oli liberi (cioè non emulsionati) ed i grassi che si trovano nelle acque reflue sono più leggeri dell'acqua e quindi tendono a galleggiare: pertanto, riducendo la velocità di efflusso delle acque, si favorisce la separazione degli oli e dei grassi.

- L'*American Petroleum Institute* (A.P.I.) ha elaborato apposite norme per il dimensionamento delle vasche utilizzate, oltre che per un'eventuale sedimentazione, per separare gli oli ed i grassi.

- Le vasche, se sono dimensionate secondo le indicazioni precisate - consentono di separare particelle oleose aventi un diametro almeno uguale a 100 *micron*.

## Trattamenti acque reflue

## Vasca di disoleazione tipo A.P.I. funzionante anche come dissabbiatore



Impianti Meccanici

9

## Trattamenti acque reflue

## *I trattamenti veri e propri si dividono in :*

**Trattamenti primari** : decantazione ( o sedimentazione )  
, coagulazione, flottazione - *hanno per scopo  
l'eliminazione di elevate percentuali di sostanze  
sedimentabili e parte delle sostanze in sospensione.*

**Trattamenti secondari** : depurazione biologica,  
precipitazione chimica.

**Trattamenti terziari** : adsorbimento, filtrazione,  
defosfatazione, denitrificazione, sterilizzazione.



Impianti Meccanici

10

## Trattamenti acque reflue

**“ La decantazione consiste nella separazione fisica di due fasi insolubili fra di loro, sfruttando la gravità “.**

L'acqua grezza è costretta a compiere, in vasche di forma parallelepipedica o cilindrica, percorsi del tipo raffigurato nelle figure che seguono.

Sul fondo della vasca decantano particelle granulari e particelle coagulate

## Trattamenti acque reflue

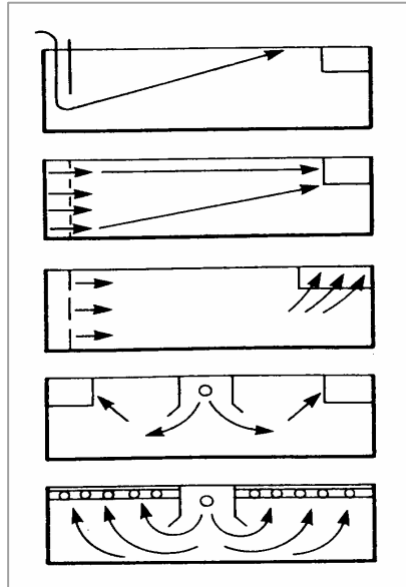
**Decantazione diffusa :**  
**Particelle poco concentrate e velocità di caduta incrementata nella discesa.**

**Decantazione frenata :**  
**Particelle concentrate ( > 500 mg/l ) e velocità di caduta rallentata nella discesa.**

Si denota una netta demarcazione fra massa fangosa ed il liquido sovrastante.

## Trattamenti acque reflue

Percorsi che  
l'acqua grezza  
compie nei vari  
tipi di  
sedimentatori



Impianti Meccanici

13

## Trattamenti acque reflue

La velocità di caduta di una particella granulare sferica e relativamente grande, in un liquido in quiete.

Può essere calcolata in prima approssimazione con:

$$v \approx \frac{1}{18} \frac{g \Delta \rho d^2}{\mu}$$

**Legge di Stokes**

Impianti Meccanici

14

## Trattamenti acque reflue

$v$  = velocità di decantazione di una particella sferica (m/s)

$g$  = accelerazione di gravità (  $9,81 \text{ m/s}^2$  )

$d_1$  = massa volumica della particella (  $\text{kg/m}^3$  )

$d_2$  = massa volumica della soluzione torbida (  $\text{kg/m}^3$  )

$d$  = diametro della particella (m)

$\rho$  = viscosità del fluido (  $\text{kg/m} \cdot \text{s}$  )

**Correzioni ai risultati per tenere conto di :**

**forma reale delle particelle**

**concentrazione delle particelle**

**velocità di movimento del fluido**

## Trattamenti acque reflue

Per particelle di sabbia con  $d_1 = 2,65 \text{ Kg/dm}^3$

Si possono considerare i valori della Tabella seguente per :

$d$  = diametro della particella di sabbia

$v_1$  = velocità di sedimentazione per fluido a velocità orizzontale nulla

$v_2$  = velocità di sedimentazione per fluido a velocità orizzontale uguale a  $V$

$v_3$  = velocità di sedimentazione per fluido a velocità orizzontale  $0,30 \text{ m/s}$

$V$  = velocità orizzontale critica di trascinamento della particella depositata



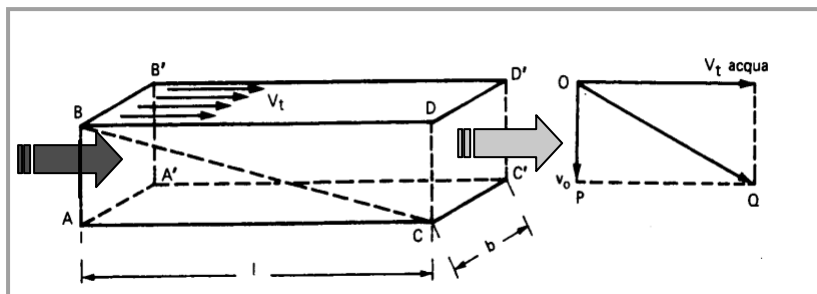
## Trattamenti acque reflue

d [cm]	0,005	0,010	0,020	0,030	0,040	0,050	0,10	0,20	0,30	0,50	1,00
$v_1$ [cm/s]	0,2	0,7	2,3	4,0	5,6	7,2	15	27	35	47	74
$v_2$ [cm/s]	0	0,5	1,7	3,0	4,0	5,0	11	21	26	33	
$v_3$ [cm/s]	0	0	1,6	3,0	4,5	6,0	13	25	33	45	65
V [cm/s]	15	20	27	32	38	42	60	83	100	130	190

Velocità di sedimentazione dei granelli di sabbia

## Trattamenti acque reflue

### Decantatori a flusso orizzontale



Schema - Vasca di sedimentazione a forma  
parallelepipedica



## Trattamenti acque reflue

La particella sarà soggetta a due velocità costanti: di caduta  $v_o$  e di traslazione  $V_t$  con :

$$v_o \approx \frac{h}{l} V_t$$

$h$  = altezza dell'acqua nella vasca

$l$  = lunghezza della vasca

## Trattamenti acque reflue

Se  $b$  = larghezza della vasca e  $A = b \cdot l$  è la superficie del fondo della vasca

$Q = hbV_t$  è la portata d'acqua che arriva alla vasca

$$v_o \approx \frac{Q}{bl}$$

e quindi

$$v_o \approx \frac{Q}{A}$$

**Portata specifica**

## Trattamenti acque reflue

*La portata specifica , espressa in  $m^3/m^2 \cdot h$  è indipendente dalla profondità della vasca*

$$v_o \propto \frac{h}{t}$$

*In genere le particelle eliminate hanno velocità di  $v_o = 0,2 - 0,4 \text{ mm/s}$*

$$Q/A = 0,9 - 1,8 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot h$$

## Trattamenti acque reflue

Altri parametri adottati in pratica :

-  $t = Ah/Q = 2 - 6 \text{ h}$  ( tempo di ritenzione )

-  $V_t = 10 - 20 \text{ mm/s}$

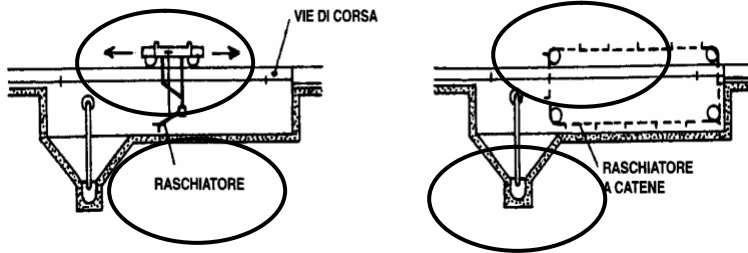
- valori di  $h/b = 0,3 - 0,5$

- valori di  $b = 2 - 10 \text{ m}$

- valori di  $h = 2 - 4 \text{ m}$

- valori di  $l = 20 - 40 \text{ m}$

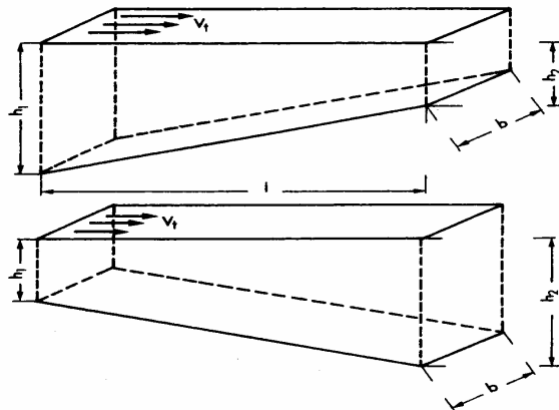
## Trattamenti acque reflue



Carroponte e convogliatore a catene dotati di lame raschianti per la pulizia del fondo delle vasche di sedimentazione

## Trattamenti acque reflue

Bacini di  
sedimentazione a  
fondo inclinato



## Trattamenti acque reflue

Esistono inoltre bacini di sedimentazione aventi il fondo inclinato, ascendente o discendente .

Se  $h_1$  e  $h_2$  misurano rispettivamente l'altezza dell'acqua in corrispondenza delle pareti di **entrata** e di **uscita**, si può pervenire alla seguente espressione:

$$v_o = \frac{Q}{bl} \cdot \frac{2}{h_1/h_2 + 1}$$

## Trattamenti acque reflue

Bacini di sedimentazione aventi il fondo inclinato, ascendente o discendente .

Fattore correttivo

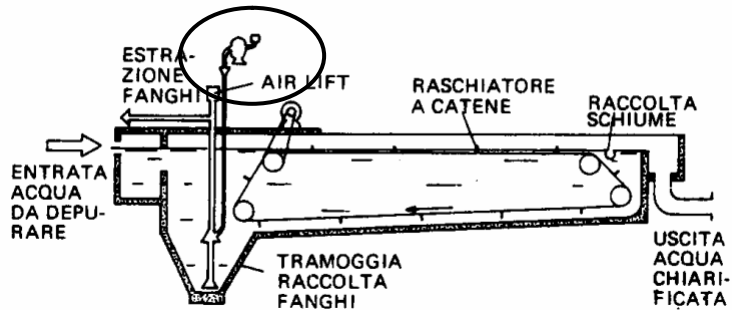
$$> 0 < 1$$

se  $h_1 < 0 > h_2$

$$\frac{2}{h_1/h_2 + 1}$$

Ne consegue che a parità di  $Q$ ,  $b$ ,  $l$ , il bacino a fondo discendente decanta meno bene del bacino a fondo orizzontale, mentre il bacino a fondo ascendente decanta meglio. **È questo il motivo per cui i decantatori a flusso orizzontale hanno di solito il fondo in ascesa.**

## Trattamenti acque reflue



Vasca di sedimentazione a flusso orizzontale e fondo ascendente, con raschiatori montati su catene e *air lift* per l'evacuazione continua dei fanghi

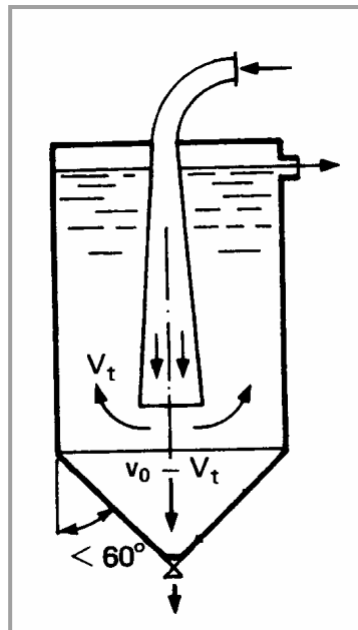
Impianti Meccanici

27

## Trattamenti acque reflue

### Decantatori a flusso ascendente

- *particelle non leggere*
- $V_o > - V_t$  [ costante ]
- *minore spazio*
- *minore t*
- *costo maggiore*



Impianti Meccanici

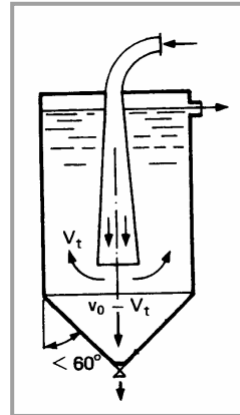
28

## Trattamenti acque reflue

## Decantatori a flusso ascendente

Grazie alla inversione del moto cui l'acqua è costretta ed alla forza di gravità, le particelle si depositano sul fondo della vasca.

Tempo di ritenzione compreso tra 1 e 3 ore



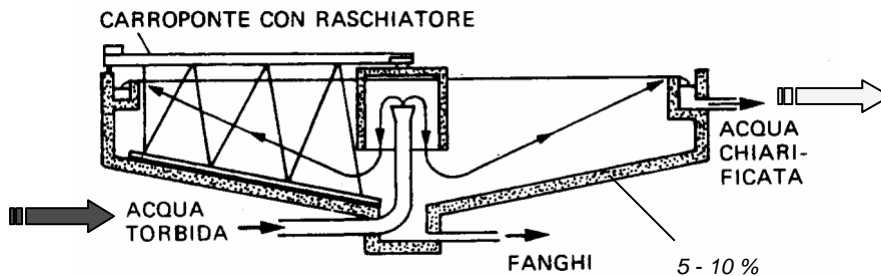
Impianti Meccanici

29

## Trattamenti acque reflue

## Decantatori circolari

Per acque contenenti sostanze colloidali



Nella zona di immissione vengono aggiunte sostanze coagulanti atte a favorire la formazione di fiocchi

Impianti Meccanici



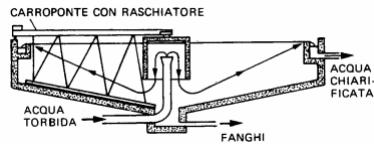
30

## Trattamenti acque reflue

### Decantatori circolari

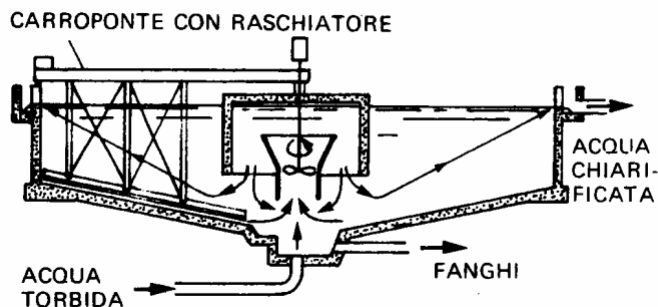
Per acque contenenti  
sostanze colloidali

Nella fase di risalita dell'acqua, vale a dire nel settore di maggiore sezione ( e quindi con velocità ridotta ), i fiocchi formatisi sedimentano sul fondo della vasca, trascinando le sostanze in sospensione.



## Trattamenti acque reflue

Decantatore circolare con  
ricircolo dei fanghi ( pendenza  
del fondo 5% - 10% )





## **Trattamenti acque reflue**

Quando l'acqua da trattare contiene particelle molto fini [ diametro < 10 micron oppure sospensioni colloidali che impediscono la formazione di fiocchi, il processo di sola sedimentazione avrebbe efficienze molto basse e richiederebbe bacini di decantazione troppo grandi

Si ricorre allora ai procedimenti di

### **COAGULAZIONE / FLOCCULAZIONE**

## **Trattamenti acque reflue**

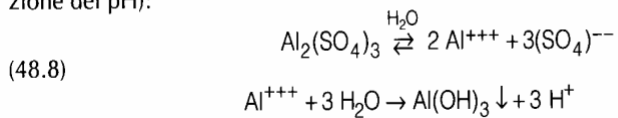
### **COAGULAZIONE / FLOCCULAZIONE**

Il processo di coagulazione ( detto anche flocculazione ) consiste nello sciogliere nell'acqua da trattare sali di ferro o di alluminio, i quali idrolizzandosi danno luogo ad idrati fioccosi insolubili ed attenuano le forze elettrostatiche repulsive.

**Tali idrati sedimentano facilmente, trascinando le particelle in sospensione.**

## Trattamenti acque reflue

a) Solfato di alluminio, che, sciolto in acqua, per idrolisi dà luogo alla formazione di idrato di alluminio (avente carica positiva) e acido solforico (con conseguente riduzione del pH):



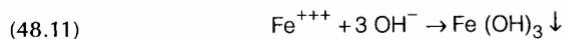
Flocculazione con sali di ferro o alluminio

Impianti Meccanici

35

## Trattamenti acque reflue

b) Cloruro ferrico, che, sciolto in acqua, dà luogo alla formazione di acido cloridrico e di fiocchi di idrato ferrico:



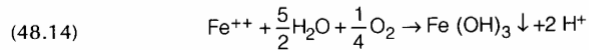
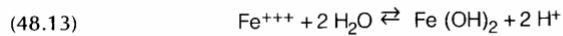
Flocculazione con sali di ferro o alluminio

Impianti Meccanici

36

## Trattamenti acque reflue

c) Solfato ferroso, il quale, nell'acqua, dà luogo dapprima a idrato ferroso e poi, per reazione con l'ossigeno disciolto nell'acqua, a idrato ferrico:



Flocculazione con sali di ferro o alluminio

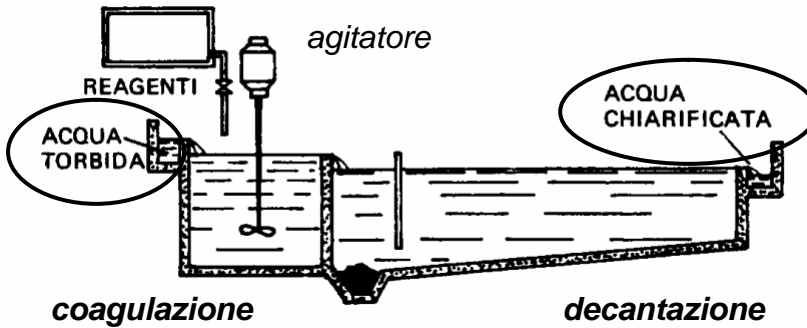
## Trattamenti acque reflue

I fiocchi che si formano per azione dei coagulanti possono essere ingranditi in volume e peso mediante :

- diffusione rapida e violenta del coagulante nell'acqua;
- aumento della temperatura;
- correzione del pH della soluzione;
- agitazione ( mediante agitatori ad elica, aeratori );
- sostanze note come ausiliari della coagulazione.

## Trattamenti acque reflue

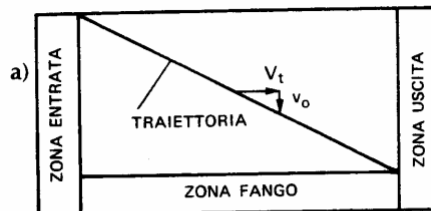
Alla coagulazione segue una decantazione per la separazione del precipitato fioccoso



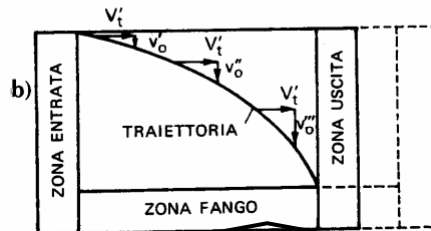
Impianto di coagulazione e sedimentazione

## Trattamenti acque reflue

Impianto di sedimentazione semplice



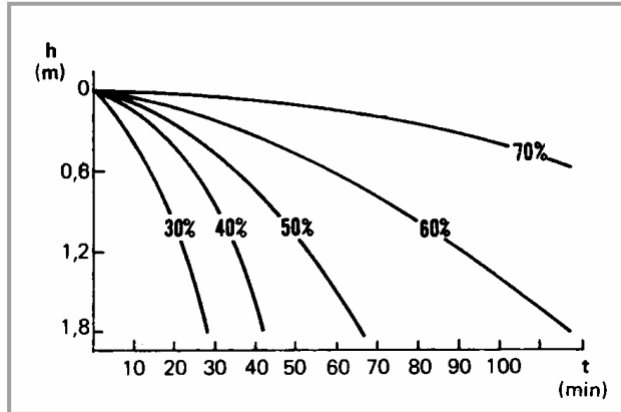
Impianto di coagulazione e sedimentazione



Vasche più corte

## Trattamenti acque reflue

Prove sperimentali



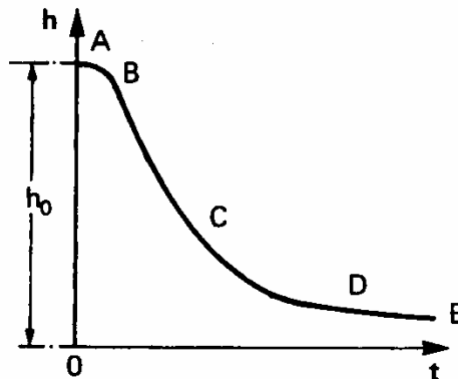
Velocità di caduta in funzione di h e del tempo di sedimentazione [ in% la quota particelle sedimentate obiettivo ]

Impianti Meccanici

41

## Trattamenti acque reflue

Legge di Kynch per  
particelle coagulate con  
concentrazioni elevate



Variatione dell'altezza dello strato superiore di una torbida in  
vasca in funzione del tempo

Impianti Meccanici

42

## Trattamenti acque reflue

Per **FLOTTAZIONE** si intende la separazione e la raccolta sulla superficie libera, dei materiali in sospensione in un liquido :

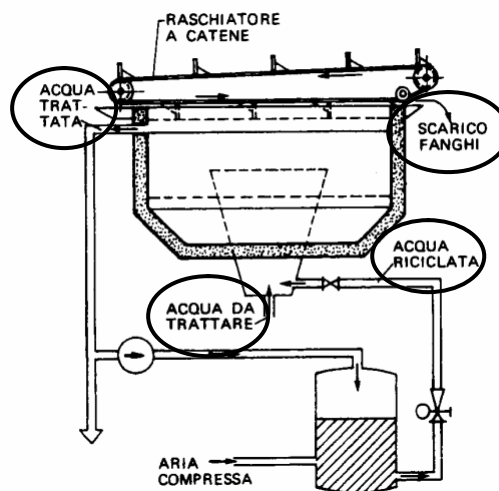
Tale separazione si ottiene mediante bolle d'aria o di gas molto piccole che inglobano le particelle da eliminare e le portano in superficie

### Aeroflottazione

Impianti Meccanici

43

## Trattamenti acque reflue



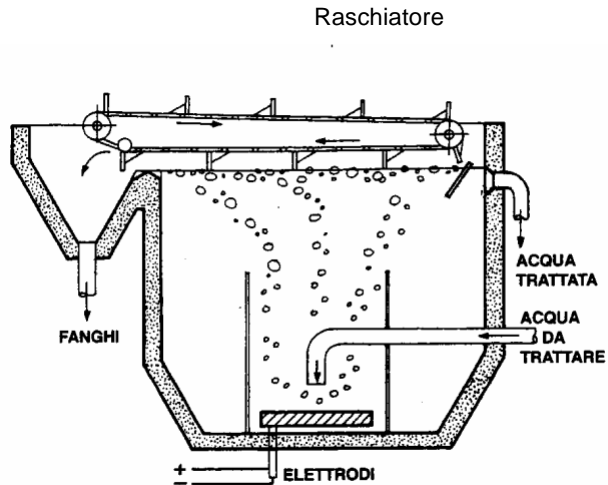
Impianto di aeroflottazione con raschiatore

Impianti Meccanici

44

## Trattamenti acque reflue

## Impianto di elettroflottazione con raschiatore



Impianti Meccanici

45

## Trattamenti acque reflue

## Depurazione biologica

### Depurazione biologica anaerobica

### Depurazione biologica aerobica

- Letti batterici o filtri percolatori
- Fanghi attivi

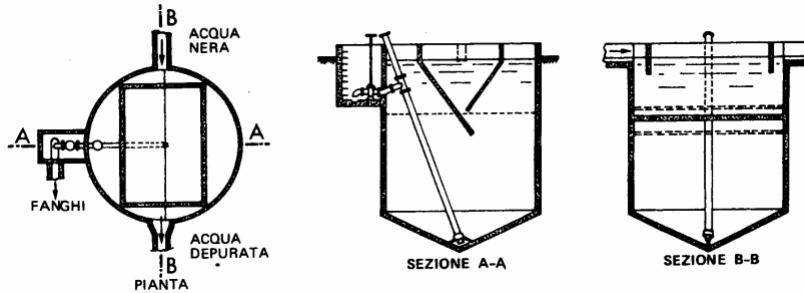
Depurazioni biologiche

Impianti Meccanici

46

## Trattamenti acque reflue

### Depurazione biologica anaerobica



Schema di fossa settica o di Imhoff

## Trattamenti acque reflue

Le fosse settiche o Imhoff : queste consistono in una camera di sedimentazione superiore ed una camera sottostante di raccolta dei fanghi

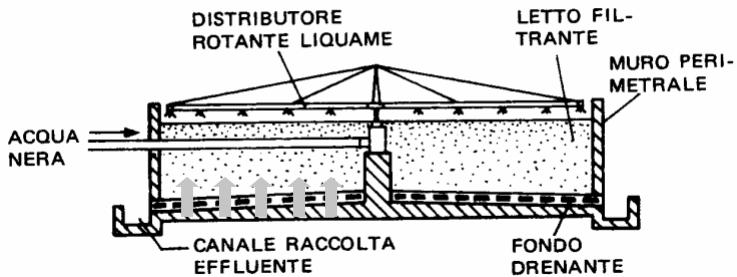
Le materie sedimentabili scivolano lungo le pareti inclinate nella sottostante camera di gestione (demolizione anaerobica)

### Fosse settiche



# Trattamenti acque reflue

## Depurazione biologica aerobica

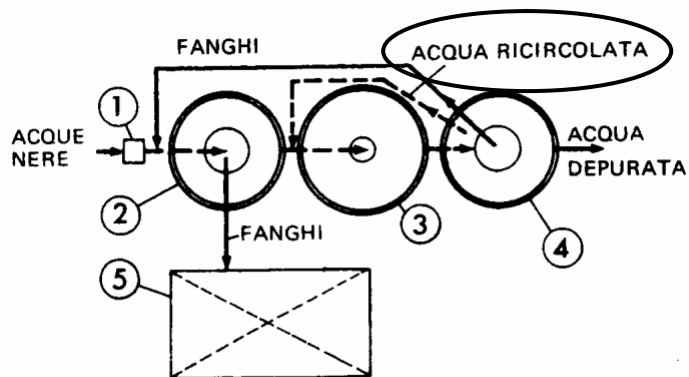


Filtro percolatore

Impianti Meccanici

49

# Trattamenti acque reflue



1. Pretrattamento - 2. Decantatore primario - 3. Letto batterico - 4. Decantatore finale - 5. Trattamento fanghi.

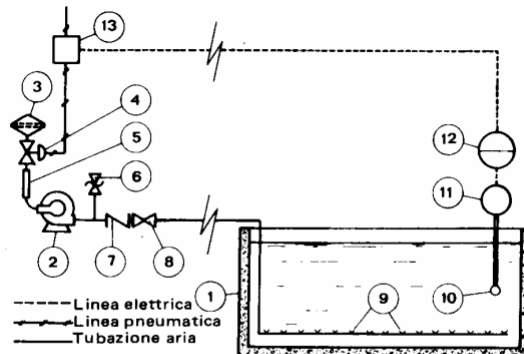
Impianto di depurazione biologica con filtro percolatore

Impianti Meccanici

50

## Trattamenti acque reflue

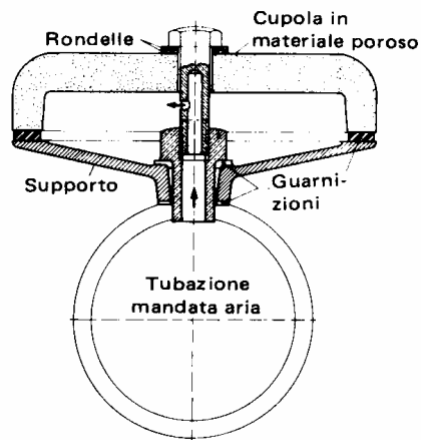
### Impianto a fanghi attivi con diffusori



1. Vasca di aerazione - 2. Elettroventilatore - 3. Filtro aria -  
 4. Valvola modulante - 5. Silenziatore - 6. Valvola di sicurezza -  
 7. Valvola di ritegno - 8. Valvola a sfera - 9. Diffusori d'aria -  
 10. Sensore di ossigeno - 11. Trasmettitore - 12. Regolatore -  
 13. Convertitore elettropneumatico.

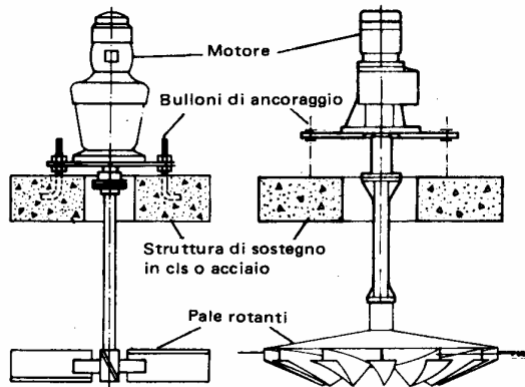
## Trattamenti acque reflue

Diffusore aria



a) Particolare di un diffusore d'aria

## Trattamenti acque reflue



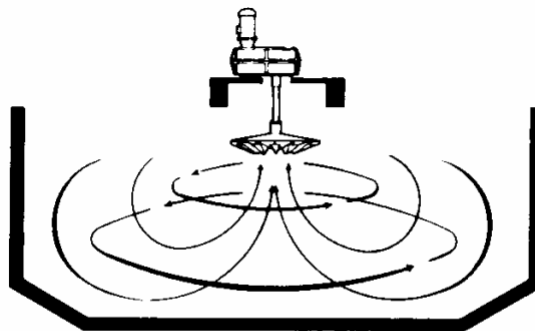
b) Aeratori ad asse verticale e pale rotanti

aeratori

Impianti Meccanici

53

## Trattamenti acque reflue

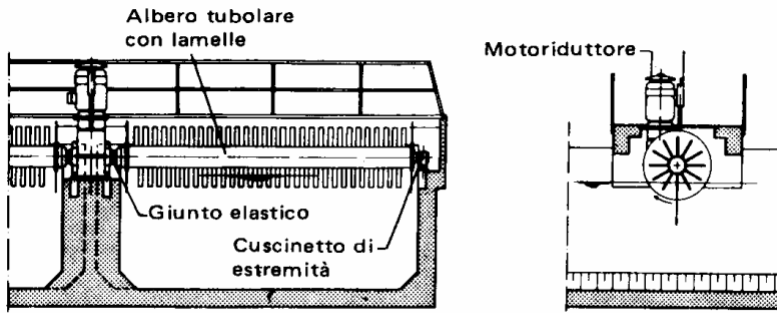


c) Esempificazione della funzione  
degli aeratori ad asse verticale

Impianti Meccanici

54

## Trattamenti acque reflue



d) Aeratore ad asse orizzontale a lamelle

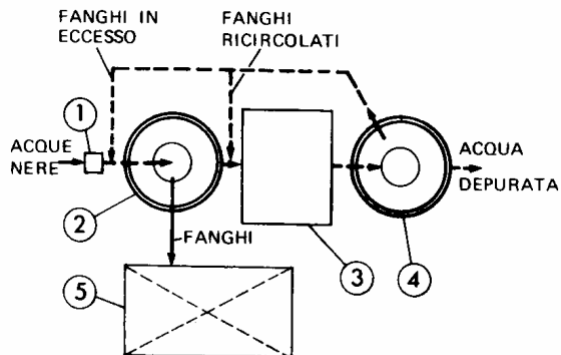
aeratori

Impianti Meccanici

55

## Trattamenti acque reflue

>90%  $BOD_5$



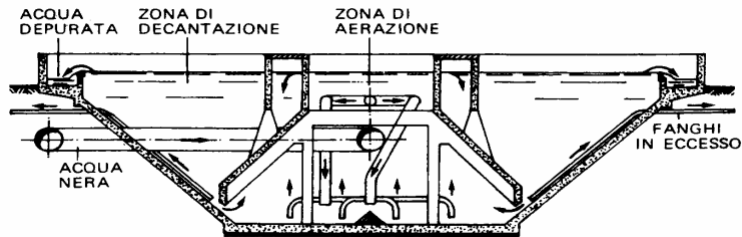
1. Pretrattamento - 2. Decantatore primario - 3. Vasca di aerazione - 4. Decantatore finale - 5. Trattamento fanghi.

Schema di impianto di depurazione biologica a fanghi attivi

Impianti Meccanici

56

## Trattamenti acque reflue



Impianto di trattamento biologico combinato

## Trattamenti acque reflue

La depurazione biologica può risultare compromessa da:

- presenza di sali di metalli pesanti, cianuri
- temperatura e pH dell'acqua in arrivo
- insufficienza di azoto e fosforo
- detersivi in eccesso
- sovraccarichi di portata dell'effluente

Fattori di limitazione

## Trattamenti acque reflue

### PRECIPITAZIONE CHIMICA

Soluzioni diluite da soluzione concentrate

Soluzioni diluite da prodotti solidi

Commento

## Trattamenti acque reflue

### PRECIPITAZIONE CHIMICA

Aggiungendo determinate sostanze ed eventualmente modificando le condizioni di temperatura o di pressione e/o di pH, si formano composti insolubili o poco solubili con le sostanze indesiderabili contenute nell'acqua, le quali in tal modo possono venire separate (normalmente per **decantazione**).

Ad **esempio**, la precipitazione chimica è utilizzata per trasformare i metalli pesanti in composti insolubili: di solito si agisce sul pH della soluzione portandola in campo alcalino (pH 8+10).

## **Trattamenti acque reflue**

### **PRECIPITAZIONE CHIMICA**

#### **A) Soluzioni diluite da soluzione concentrate**

#### **B) Soluzioni diluite da prodotti solidi**

*A questo punto, è opportuno ricordare come si preparano le soluzioni e le sospensioni necessarie per le varie reazioni chimiche. I reagenti necessari per il trattamento delle acque sono a volte dosati direttamente sotto forma concentrata, a volte impiegati da prodotti solidi.*

## **Trattamenti acque reflue**

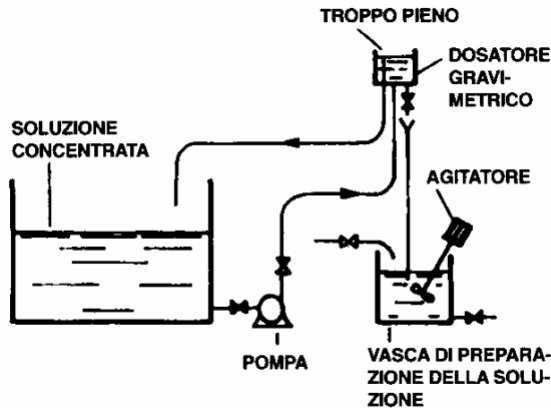
### **PRECIPITAZIONE CHIMICA**

#### *1) Soluzioni diluite da soluzioni concentrate*

Dal serbatoio in cui è immagazzinata, la soluzione concentrata viene pompata in un recipiente sopraelevato e di qui alimentata alla vasca di diluizione : un agitatore può favorire la diluizione stessa.

## Trattamenti acque reflue

Preparazioni di soluzioni diluite  
partendo da soluzioni concentrate



Impianti Meccanici

63

## Trattamenti acque reflue

### PRECIPITAZIONE CHIMICA

2) *Soluzioni diluite da prodotti solidi.* Si ricorre a sistemi del tipo schematizzato in figura (il reagente è disposto in un cestello forato immerso nell'acqua della vasca ed un agitatore meccanico o ad aria compressa provoca l'omogeneizzazione della soluzione).

Impianti Meccanici

64



## Trattamenti acque reflue



Preparazioni di soluzioni diluite partendo da solidi

## Trattamenti acque reflue

### TRATTAMENTI TERZIARI

Si individuano come *trattamenti terziari* quelli previsti a valle dei trattamenti primari ed eventualmente secondari (quando si tratta di acque nere o di acque molto inquinate) al fine di ridurre ulteriormente le sostanze in sospensione ed il BOD,

- il tenore di azoto e di fosforo;
- il tenore degli agenti tensioattivi o simili;
- il colore, il COD non biodegradabile, ecc.

Le acque che hanno subito la depurazione terziaria possono essere riutilizzate per impieghi industriali e/o civili. I trattamenti terziari ai quali si fa più sovente ricorso sono i seguenti: adsorbimento - filtrazione - defosfatazione - denitrificazione - sterilizzazione.

## Trattamenti acque reflue

### L'ADSORBIMENTO

L'adsorbimento consiste nel fissaggio di una molecola (detta adsorbita) sulla superficie di un materiale (detto adsorbente), sotto l'azione di forze fisiche e chimiche. Si chiamano *adsorbenti* quelle sostanze aventi facoltà di captare e trattenere le molecole organiche. Fra le più note, ricordiamo il carbone attivo, la silice, l'argilla fine espansa, l'allumina e le resine macroporose non ioniche.

## Trattamenti acque reflue

### LA FILTRAZIONE

**Filtrazione a filtri superficiali** : le particelle da separare hanno dimensioni superiori a quelle dei fori del filtro.

**Filtrazione con filtri volumetrici** : le particelle hanno dimensioni inferiori a quelle dei fori del filtro.

Filtrazione

## Trattamenti acque reflue

Realizzano una filtrazione superficiale:

- filtri a rete
- filtri pressa
- filtri sotto vuoto
- filtri a tamburo ( ricoperti di filo di ferro o plastica)
- filtri a cartuccia

## Trattamenti acque reflue

Realizzano una filtrazione volumetrica:

- filtri volumetrici a strati
- filtri volumetrici a letti filtranti

$$V \propto \frac{P}{\eta R} \propto k \Delta P$$

$V$  = velocità di filtrazione

$P$  = perdita di carico

$\eta$  = viscosità dinamica

$R$  = resistenza del mezzo

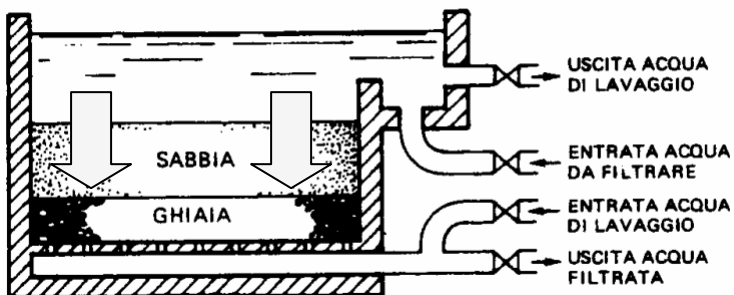
## Trattamenti acque reflue

Caratteristica o resa di un filtro = portata  
di acqua smaltita nell'unità di tempo  
dalla unità di superficie [ $m^3/m^2 \cdot h$ ]

Filtri superficiali : rese da 5 a 30  $m^3/m^2 \cdot h$

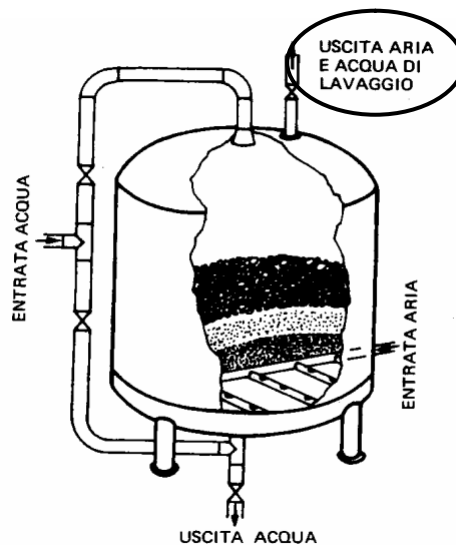
Filtri volumetrici : rese da 0,5 a 5 kg per metro  
cubo di materiale filtrante

## Trattamenti acque reflue



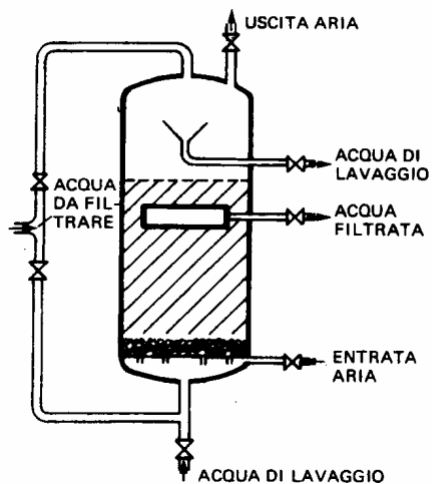
**Filtro a gravità ( Lenti o veloci )**

## Trattamenti acque reflue



Filtri chiusi o *a pressione*

## Trattamenti acque reflue



Filtri a pressione ( Tipo immedium )

## **Trattamenti acque reflue**

### **La DEFOSFATAZIONE**

Consiste in una precipitazione chimica a mezzo di reattivi ( coagulazione ), seguita da una fase di decantazione o di flottazione

Trattamenti terziari

Impianti Meccanici

75

## **Trattamenti acque reflue**

### **LA STERILIZZAZIONE**

Le acque, siano esse naturali oppure provenienti da impianti di trattamento, contengono dei microorganismi (alghe, protozoi, funghi), i quali, se in numero elevato oppure di tipo particolare, possono rendere le acque stesse dannose per l'organismo umano e quindi non potabili.

Trattamenti terziari

Impianti Meccanici

76

D'altra parte, quando le acque sono utilizzate negli impianti industriali, tali microorganismi possono, in particolari condizioni di temperatura, luce, presenza di sostanze nutritive; ecc. - riprodursi fino ad intasare reti ed apparecchi, dare luogo a cattivi odori, favorire o promuovere la corrosione.

Per eliminare i microorganismi dannosi o patogeni, si ricorre industrialmente ad uno dei seguenti metodi di sterilizzazione delle acque.

**LA STERILIZZAZIONE**

Clorazione ( Ipoclorito di sodio, Cloro liquido o gassoso, Clorammine )

Ozonizzazione

Raggi ultravioletti



## Trattamenti acque reflue

Clorazione ( Ipoclorito di sodio, Cloro liquido o gassoso, Clorammine )

- 1) L'ipoclorito di sodio, immesso nell'acqua da trattare nella quantità occorrente mediante pompe dosatrici o anche per gravità:



L'ipoclorito di sodio, adatto per piccoli impianti, tende ad innalzare il pH dell'acqua;

Clorazione

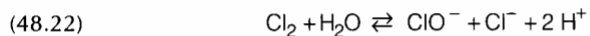
Impianti Meccanici

79

## Trattamenti acque reflue

Clorazione ( Ipoclorito di sodio, Cloro liquido o gassoso, Clorammine )

- 2) Il cloro liquido o gassoso (11), disciolto in acqua mediante appositi dosatori automatici:



Il cloro, adatto per grandi impianti, tende ad abbassare il pH dell'acqua.

Clorazione

Impianti Meccanici

80



## **Trattamenti acque reflue**

## Impianto di ozonizzazione dell'acqua

Com'è noto, l'ozono  $O_3$  è un gas instabile, che tende a trasformarsi in ossigeno esercitando contemporaneamente una energica azione sterilizzante.

## **Trattamenti acque reflue**

## Impianto di ozonizzazione dell'acqua

Industrialmente, l'ozono si produce comprimendo aria atmosferica, essiccandola e facendola passare fra due elettrodi (eventualmente ricoperti con un dielettrico) sottoposti ad una differenza di potenziale.

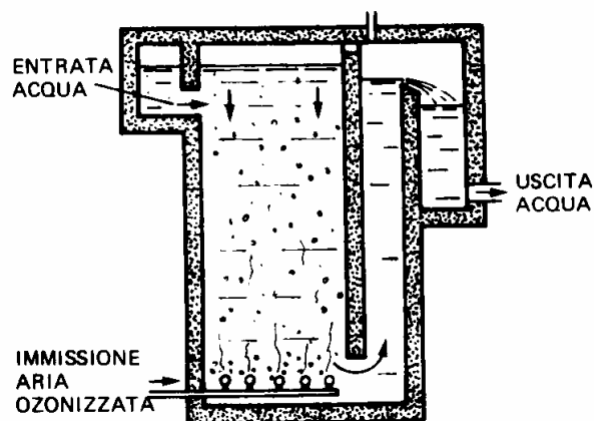
## Trattamenti acque reflue

## Impianto di ozonizzazione dell'acqua

Il costo di produzione dell'ozono è piuttosto elevato per cui il suo impiego è generalmente limitato alla sterilizzazione di acque potabili (che con tale trattamento risultano inodori ed insapori).

## Trattamenti acque reflue

## Impianto di ozonizzazione dell'acqua



## Trattamenti acque reflue

### RAGGI ULTRAVIOLETTI

La sterilizzazione dell'acqua mediante raggi ultravioletti si attua facendo passare l'acqua in un condotto al centro del quale si trova un tubo di quarzo che racchiude la lampada sorgente di raggi ultravioletti

Trattamenti terziari

Impianti Meccanici

85

## Trattamenti acque reflue

### RAFFREDDAMENTO DELL'ACQUA

*A) Raffreddamento mediante aria atmosferica*

*B) Raffreddamento mediante un fluido ausiliario (aria atmosferica) con l'acqua a circuito chiuso*

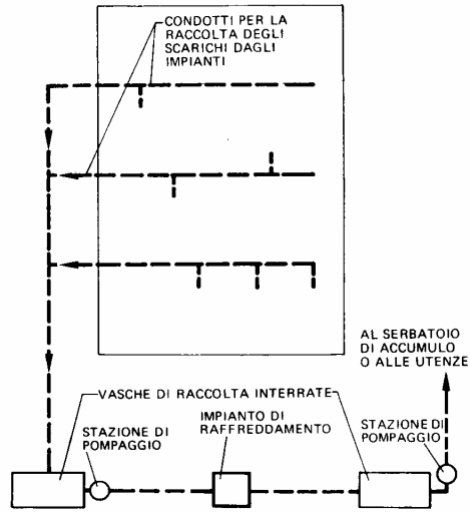
*C) Impiego di gruppi frigoriferi*

Impianti Meccanici

86

## Trattamenti acque reflue

## Impianti di raffreddamento



Recupero, raffreddamento e  
ricircolo dell'acqua industriale

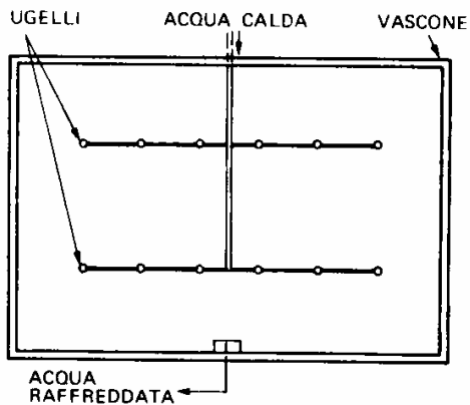
Impianti Meccanici

87

## Trattamenti acque reflue

## Impianti di raffreddamento

Raffreddamento  
dell'acqua ottenuto  
frazionando lo  
scarico con ugelli su  
vasca di accumulo  
Perdita in volume 3%

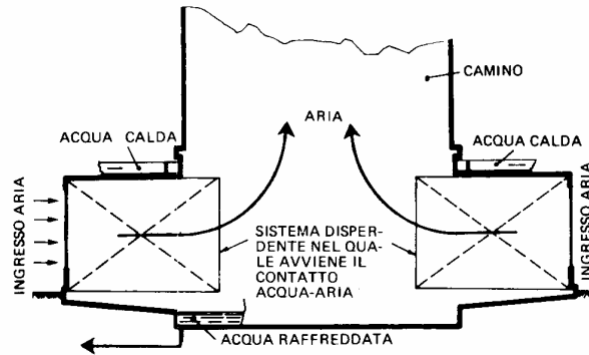


Impianti Meccanici

88

## Trattamenti acque reflue

## Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica



Torre evaporativa a tiraggio naturale

Impianti Meccanici

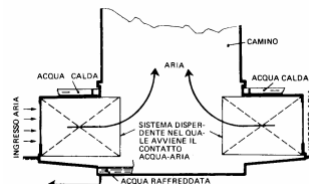
89

## Trattamenti acque reflue

## Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica

*Raffreddamento dell'acqua per :*

- parziale evaporazione
- trasmissione termica a convezione fra acqua ed aria (10 - 40 %)



Torre evaporativa a tiraggio naturale

Impianti Meccanici

90

## **Trattamenti acque reflue**

### **Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica**

Il principio di raffreddamento proprio delle torri è il seguente: l'acqua calda, scendendo lungo la torre, viene a contatto con l'aria atmosferica, capace di favorire il raffreddamento dell'acqua stessa per parziale evaporazione e per trasmissione termica a convezione fra acqua e aria; la trasmissione provoca il raffreddamento dell'acqua, purché, evidentemente, la temperatura dell'acqua sia maggiore di quella dell'aria.

## **Trattamenti acque reflue**

### **Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica**

La parte di calore sottratta all'acqua per semplice convezione è più o meno importante, a seconda della temperatura dell'aria entrante nella torre; per temperature dell'aria di circa  $0^{\circ}\text{C}$  (in inverno), lo scambio termico convettivo è circa il 40% dello scambio totale; per temperature dell'aria di circa  $25^{\circ} + 30^{\circ}\text{C}$  (in estate), lo scambio convettivo non supera il 10% del totale.

## **Trattamenti acque reflue**

### **Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica**

Il frazionamento dell'acqua in gocce è ottenuto a mezzo di opportuni sistemi disperdenti: piatti orizzontali metallici sovrapposti in posizioni sfalsate, celle a nido d'ape in legno o plastica.

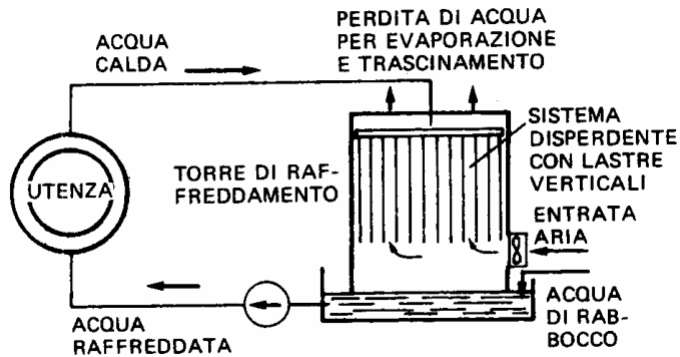
La suddivisione dell'acqua in strati sottili è invece realizzata a mezzo di lastre di materiali plastici, disposte in verticale e opportunamente distanziate fra di loro. La distribuzione dell'acqua sui sistemi disperdenti è ottenuta con dispositivi appropriati posti al di sopra dei sistemi stessi (ugelli polverizzatori, tubi bucherellati, vaschette a stramazzo).

## **Trattamenti acque reflue**

### **Raffreddamento per mezzo di aria atmosferica**

Il frazionamento dell'acqua in gocce è ottenuto a mezzo di opportuni sistemi disperdenti: piatti orizzontali metallici sovrapposti in posizioni sfalsate, celle a nido d'ape in legno o plastica.

## Trattamenti acque reflue



Impianti Meccanici

95

## Trattamenti acque reflue

### Perdite di acqua nella torre di raffreddamento

- per trascinamento
- per evaporazione

$$P = A \left( \frac{X_u}{X_e} - 1 \right) + V$$

$P$  = quantità acqua evaporata (kg/h)

$A$  = portata d'aria (kg aria/h)

$X_u$  = umidità assoluta aria uscente

$X_e$  = umidità assoluta aria entrante

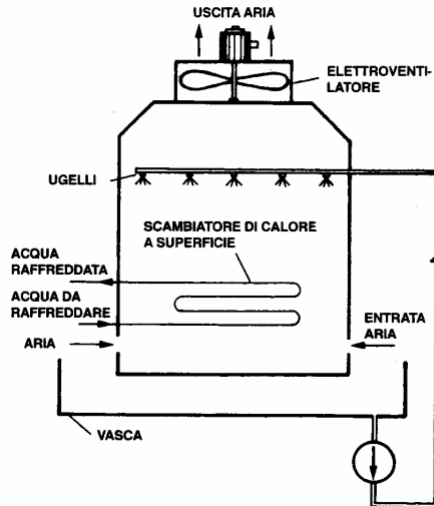
Impianti Meccanici

96



## Trattamenti acque reflue

*Raffreddamento  
per mezzo di aria  
atmosferica  
con acqua a circuito  
chiuso*



Refrigeratore "bagnato" ad aria

## Trattamenti acque reflue

### Gruppo frigorifero

La temperatura di raffreddamento dell'acqua ottenibile - in estate - con i sistemi di raffreddamento dianzi indicati, è soprattutto funzione delle condizioni atmosferiche (temperatura dell'aria al bulbo secco e temperatura dell'aria al bulbo umido).

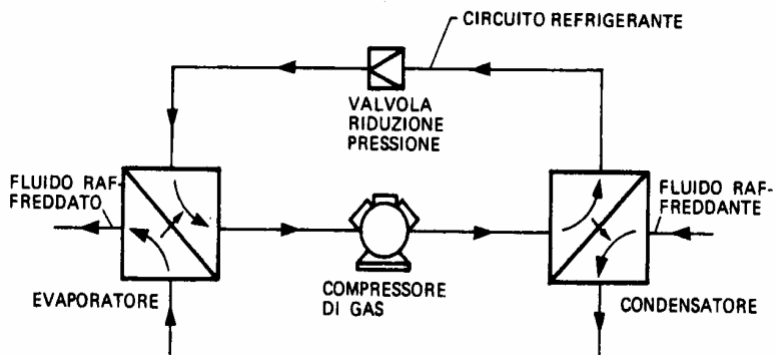
## Trattamenti acque reflue

## Gruppo frigorifero

Poiché tali condizioni atmosferiche variano continuamente risulta evidente che, mentre la temperatura minima può essere eventualmente aumentata (miscelando l'acqua raffreddata con l'acqua calda di ritorno dagli impianti) la temperatura massima non può essere assolutamente diminuita. Allorché necessita un raffreddamento più spinto, si rende pertanto indispensabile l'impiego di gruppi frigoriferi.

## Trattamenti acque reflue

## Gruppo frigorifero



## Trattamenti speciali acque reflue

### Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica

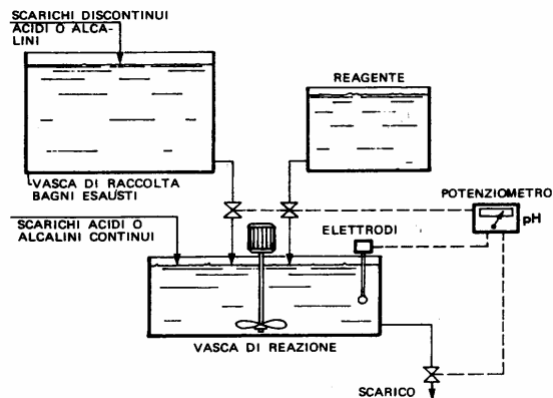
In genere, le acque residue dell'industria meccanica contengono sostanze inorganiche, le quali sono sovente tossiche o nocive.

I metodi di trattamento delle acque residue dell'industria meccanica sono genere di tipo chimico-fisico all'interno di opportune vasche.

## Trattamenti specifici delle acque reflue

### Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica

Neutralizzazione di uno scarico acido od alcalino



# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica

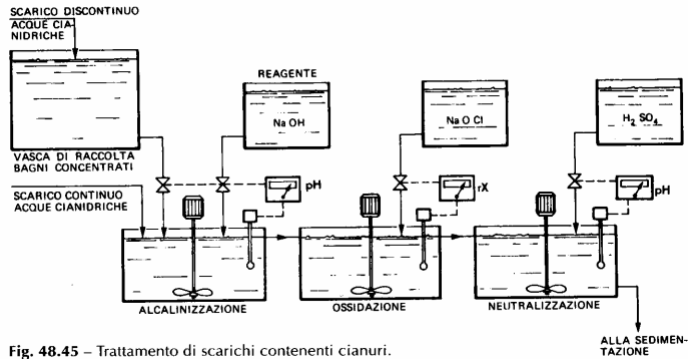


Fig. 48.45 – Trattamento di scarichi contenenti cianuri.

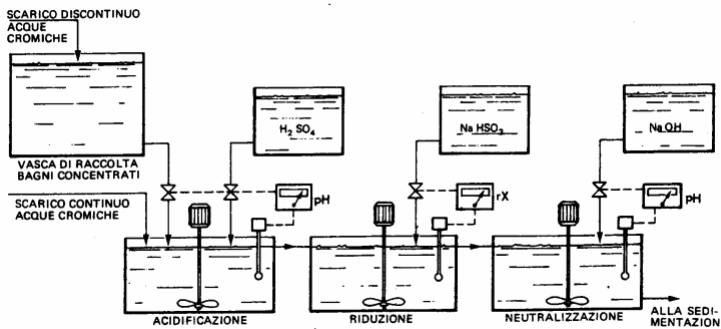
### Trattamento di scarichi contenenti cianuri

Impianti Meccanici

103

# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica



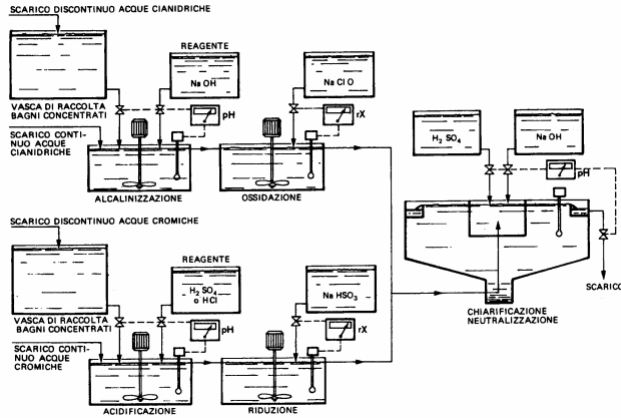
### Trattamento di scarichi contenenti cromo esavalente

Impianti Meccanici

104

# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica

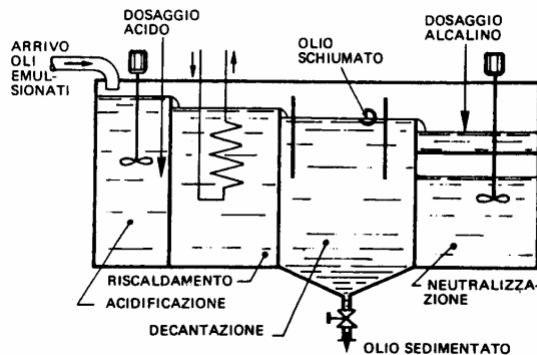


Trattamento di scarichi contenenti cianuri e cromati di metalli  
Impianti Meccanici

105

# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica



Trattamento di acque contenenti oli emulsionati

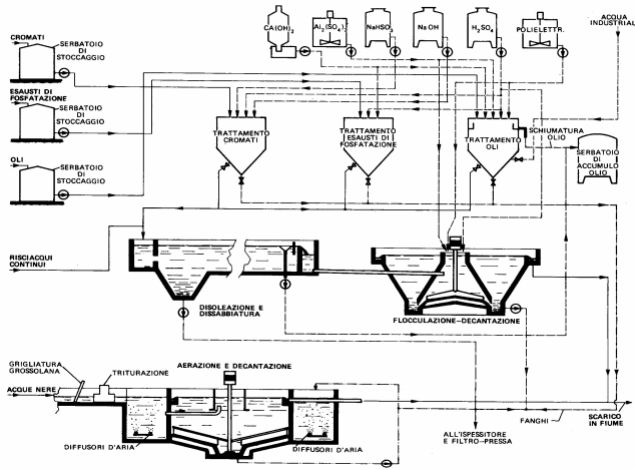
Impianti Meccanici

106



# Trattamenti specifici delle acque reflue

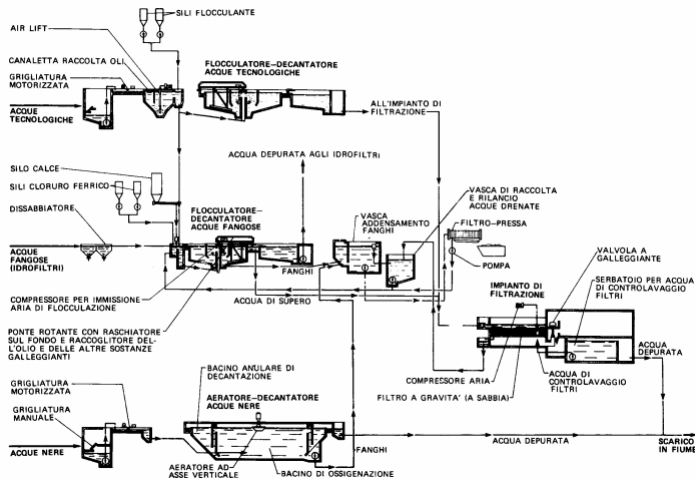
## Depurazione delle acque residue dell'industria meccanica



109

# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue industria fonderia ghisa

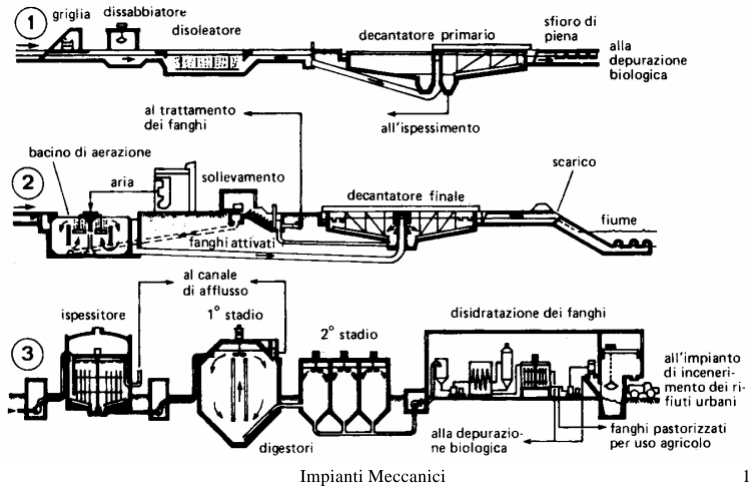


Impianti Meccanici

110

# Trattamenti specifici delle acque reflue

## Depurazione delle acque residue di origine urbana



111

# Trattamenti acque reflue

Titolo

Testo

XX

XX

XX

XX

XX

XX

Commento

Impianti Meccanici

112



**Trattamenti  
acque reflue**

Testo

Commento

Impianti Meccanici

113