



Università degli studi di Napoli Federico II

Scuola Politecnica e delle Scienze di Base  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Edile e  
Ambientale

Tesi di laurea triennale in Ingegneria per l'Ambiente  
e il Territorio

*«Trattamento di acque emulsionate  
esauste: confronto tra processi fisici,  
chimici e biologici »*

Relatore:  
Prof. Giuseppe D'Antonio

Candidata:  
Anna Alfano  
N49/467

Anno accademico 2015/2016

# COSA SONO LE ACQUE REFLUE INDUSTRIALI?

- Sono “qualsiasi tipo di acque reflue provenienti da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, differenti qualitativamente dalle acque reflue domestiche...” (D.Lgs. 152/2006).
- Prima di essere sversate in un corpo ricettore, devono essere sottoposte ad una serie di trattamenti volti alla rimozione degli inquinanti, le cui concentrazioni devono rispettare i limiti definiti nel D.Lgs.152/2006.

Parametri	Unità di misura	Scarico in acque superficiali	Scarico in pubblica fognatura
pH	-	5,5-9,5	5,5-9,5
Colore	-	Non percettibile con diluizione 1:20	Non percettibile con diluizione 1:40
Odore	-	Non deve essere causa di molestie	Non deve essere causa di molestie
Materiali grossolani	-	Assenti	Assenti
SST	mg/l	≤80	≤200
BOD <sub>5</sub>	mg/l	≤40	≤250
COD	mg/l	≤160	≤500

# ACQUE INDUSTRIALI PROVENIENTI DA PROCESSI DI RAFFREDDAMENTO E DI LUBRIFICAZIONE DI MACCHINE

- Sono acque emulsionate con un contenuto di olio mediamente al 7%;



- **OBIETTIVO:** valutare i possibili trattamenti di depurazione al fine di raggiungere il giusto compromesso tra il massimo risultato al minimo impegno economico.

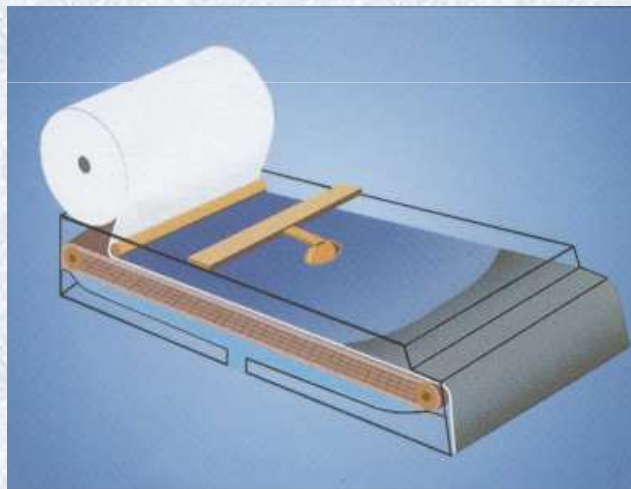
Parametri	Concentrazioni
Colore	Non percettibile con diluizione 1:5
Odore	Sgradevole
pH	8,25
Materiali grossolani	Assenti
SST	1270 mg/l
BOD <sub>5</sub>	16666 mg/l
COD	50000 mg/l
Alluminio	7,83 mg/l
Boro	243 mg/l

Parametri	Concentrazioni
Ferro	18,9 mg/l
Zinco	20,3 mg/l
Azoto ammoniacale	<0,020 mg/l
Tensioattivi totali	63,7 mg/l
Grassi e oli animali e vegetali	547 mg/l
Idrocarburi totali	474 mg/l

## SISTEMA DI DEPURAZIONE PRECEDENTE

### 1. Pretrattamento: filtro in tessuto non tessuto.

Le acque emulsionate ormai esauste vengono filtrate tramite un tessuto non tessuto che trattiene le particelle più grandi e fa passare il restante liquido da trattare.



# SISTEMA DI DEPURAZIONE PRECEDENTE

## 2. Trattamento fisico: Ultrafiltrazione



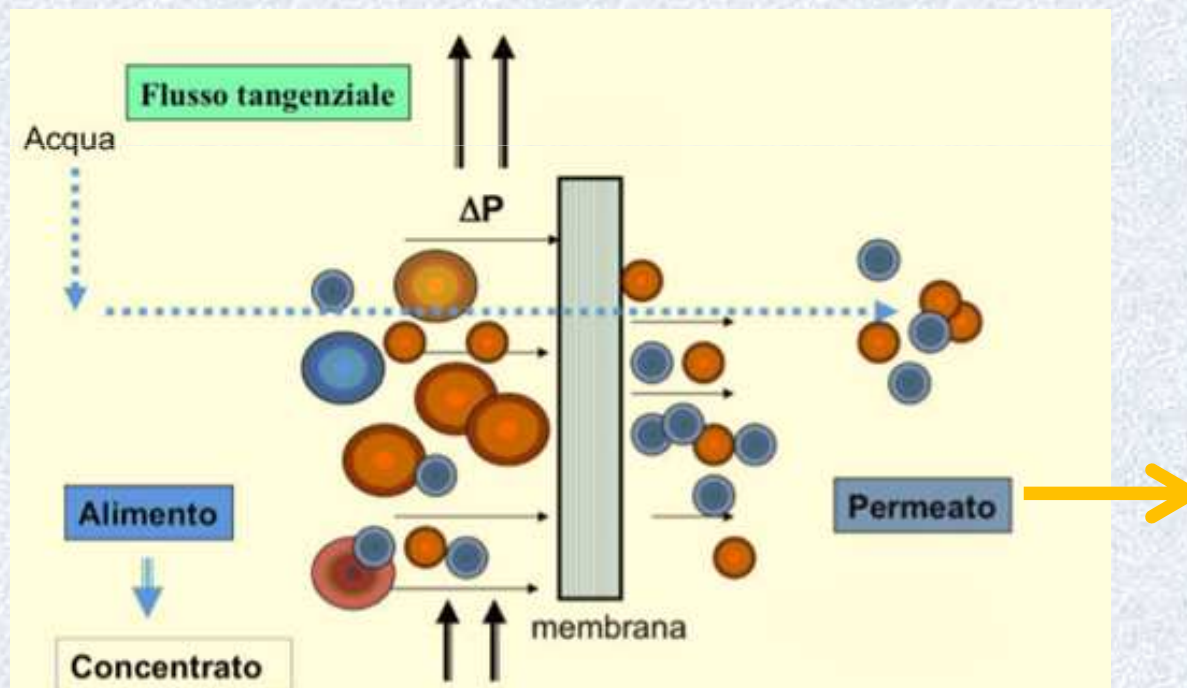
MEMBRANA

POMPA



# ULTRAFILTRAZIONE

Al contrario della filtrazione tradizionale perpendicolare, questa tecnologia di membrana opera in modo tangenziale facilitando la rimozione dei soluti dalla superficie di membrana.



# ULTRAFILTRAZIONE

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"><li>• Non richiede sostanze chimiche;</li><li>• Non viene impiegato calore, ma solo energia elettrica per il funzionamento della pompa.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• L'intasamento della membrana comporta perdita di produttività e impiego di acido formico e soda.</li></ul>

# ULTRAFILTRAZIONE

Parametri	Concentrazioni liquido in ingresso	Concentrazioni permeato	Limiti consorzio
Colore	Non percettibile con diluizione 1:5	Non percettibile con diluizione 1:5	Non percettibile con diluizione 1:40
Odore	Sgradevole	Sgradevole	Non deve essere causa di molestie
Temperatura	15°C	40°C	35°C
pH	8,25	9,75	5,5-9,5
Materiali grossolani	Assenti	Assenti	Assenti
SST	1270 mg/l	86,7 mg/l	100
BOD <sub>5</sub>	16666 mg/l	6200 mg/l	250
COD	50000 mg/l	18700 mg/l	500
Alluminio	7,83 mg/l	5,56 mg/l	2
Boro	243 mg/l	233 mg/l	4

Parametri	Concentrazioni liquido in ingresso	Concentrazioni permeato	Limiti consorzio
Ferro	18,9 mg/l	9,56 mg/l	4 mg/l
Azoto ammoniacale	<0,020 mg/l	<0,020 mg/l	30 mg/l
Zinco	20,3 mg/l	6,06 mg/l	1 mg/l
Tensioattivi totali	63,7 mg/l	11 mg/l	4 mg/l
Grassi e oli animali e vegetali	547 mg/l	12,3 mg/l	40 mg/l
Idrocarburi totali	474 mg/l	<0,050 mg/l	10 mg/l



## VALUTAZIONE DI NUOVI PROCESSI

### ALTERNATIVA N°1: UTILIZZO DEI “PRODOTTI BIO”

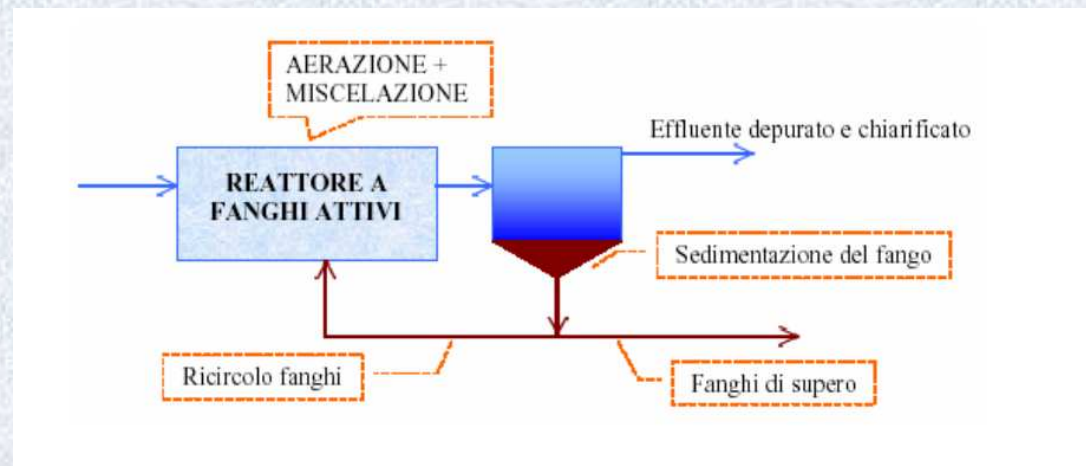
Si potrebbero sostituire gli oli ricchi di sostanze inquinanti con gli equivalenti “bio”, cioè quelli esenti da nitriti, cloro, boro, formaldeide e ammine secondarie.

PRODOTTI	COSTO PRODOTTI CHIMICI	COSTO PRODOTTI BIO
LUBROREFRIG. TIPO MECAFLUID/S NF5 (CIST.KG.1040)-POS 17	63026 €	109791 €
MECAFLUID/D 128 FT (1000 LT) ORD.90064 P.27	44229 €	77047 €
OLIO HUSOLI 220 HG- (FUSTO DA 179 KG) ORD 90064- POS 12	11546 €	20113 €
HIDROBAK 68 CISTERNETTE DA 880 kg POS.	7628 €	13288 €
DETERGENTE MECACLEAN AL PER LAV. SUPP. ITF . 90064/19 (20.4)	6445 €	11227 €
OLIO HIDROBAK 32 IN CISTERNETTE (875) ORD.90064-P.25	7574 €	13178 €
OLIO HIDROBAK 150- (FUSTO DA 179 KG) ORD 90064- POS 3	4708 €	8201 €
MECACLEAN EXP (SOSTITUISCE IL KEICOTE E CLEANIR)	3536 €	6159 €
OLIO HUSOLI 68 HG- (FUSTO DA 176 KG) ORD 90064-POS 11	3928 €	6842 €
OLIO MECAFLUID T 162- (FUSTO DA 219 KG) ORD 90064-POS 14	6780 €	11824 €
ANTISCHIUMA SCH 024- (SECCHIO DA 21 KG) ORD 90064-POS 22	2531 €	4409 €
OLIO HIDROBAK 10- (FUSTO DA 171 KG) ORD 90064-POS 6	3109 €	5415 €
OLIO HIDROBAK 68- (CISTERNA DA 10000 KG) ORD 90064-POS 1	2064 €	3595 €
OLIO VARCUT 2508 PER BROCCIATRICE VARINELLI	1877 €	3287 €
OLIO HUSOLI 68 HGD PER SC (conf. 18)	1734 €	3020 €
<b>TOTALE</b>	<b>170715 €</b>	<b>297396 €</b>

# VALUTAZIONE DI NUOVI PROCESSI

## ALTERNATIVA N°2: TRATTAMENTO BIOLOGICO

Esso è basato su reazioni metaboliche di microrganismi che per il proprio fabbisogno utilizzano le sostanze organiche presenti nella soluzione consumando una certa quantità di ossigeno.



## ALTERNATIVA N°2: TRATTAMENTO BIOLOGICO

VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"><li>• Non richiede sostanze chimiche.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Molti inquinanti presenti possono esercitare attività tossica nei riguardi di microrganismi rallentando e determinando il blocco dell'attività metabolica;</li><li>• Bisogna provvedere all'aerazione e agitazione nella vasca di ossidazione per garantire un intimo contatto tra cibo (sostanza organica biodegradabile), batteri e ossigeno e per impedire fenomeni di sedimentazione che possono provocare la morte dei microrganismi aerobi, producendo tossine;</li><li>• Il processo è influenzato dalla temperatura, dal grado di miscelazione, dal pH;</li><li>• Le volumetrie sono molto grandi e i tempi di detenzione sono molto lunghi;</li><li>• Il fango estratto deve essere stabilizzato.</li></ul>

## ALTERNATIVA N°2: TRATTAMENTO BIOLOGICO

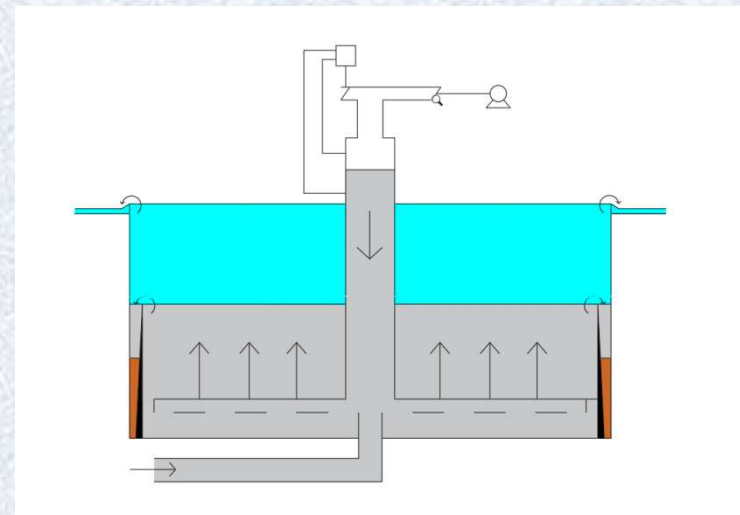
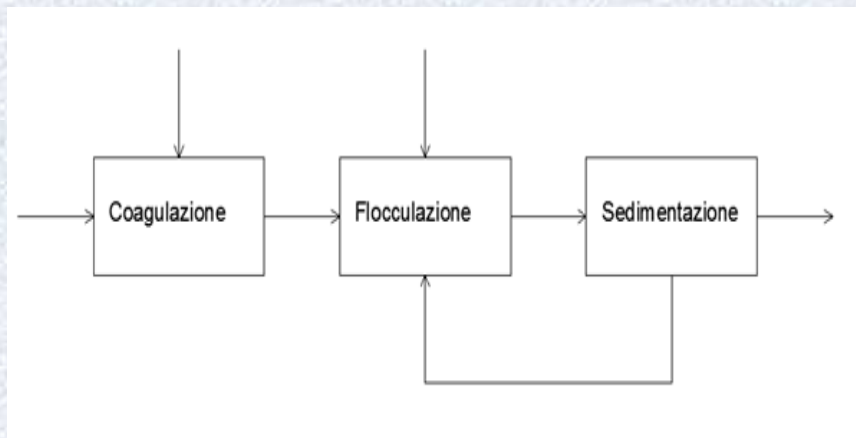
Parametri	Concentrazioni liquido in ingresso	Concentrazioni effluente depurato	Limiti consorzio
Materiali grossolani	Assenti	Assenti	Assenti
SST	1270 mg/l	92 mg/l	100
BOD <sub>5</sub>	16666 mg/l	1580 mg/l	250
COD	50000 mg/l	7000 mg/l	500
Alluminio	7,83 mg/l	1,1 mg/l	2
Boro	243 mg/l	110 mg/l	4
Ferro	18,9 mg/l	3,56 mg/l	4 mg/l
Azoto ammoniacale	<0,020 mg/l	<0,020 mg/l	30 mg/l
Zinco	20,3 mg/l	0,8 mg/l	1 mg/l
Tensioattivi totali	63,7 mg/l	157 mg/l	4 mg/l
Grassi e oli animali e vegetali	547 mg/l	38 mg/l	40 mg/l
Idrocarburi totali	474 mg/l	8 mg/l	10 mg/l

# VALUTAZIONE DI NUOVI PROCESSI

## ALTERNATIVA N°3: TRATTAMENTO CHIMICO

Esso consta di 3 fasi:

- Coagulazione, che consiste nel fare diminuire le cariche elettriche delle particelle colloidali in sospensione con l'aggiunta di elettroliti;
- Flocculazione, in cui gli elettroliti non utilizzati precedentemente, reagendo con i sali presenti nell'acqua, danno vita a composti di natura organica insolubili e fioccosi, la cui superficie attrae i colloidali e li lega a sé;
- Sedimentazione, in cui le particelle fioccosi decantano.



## ALTERNATIVA N°2: TRATTAMENTO CHIMICO

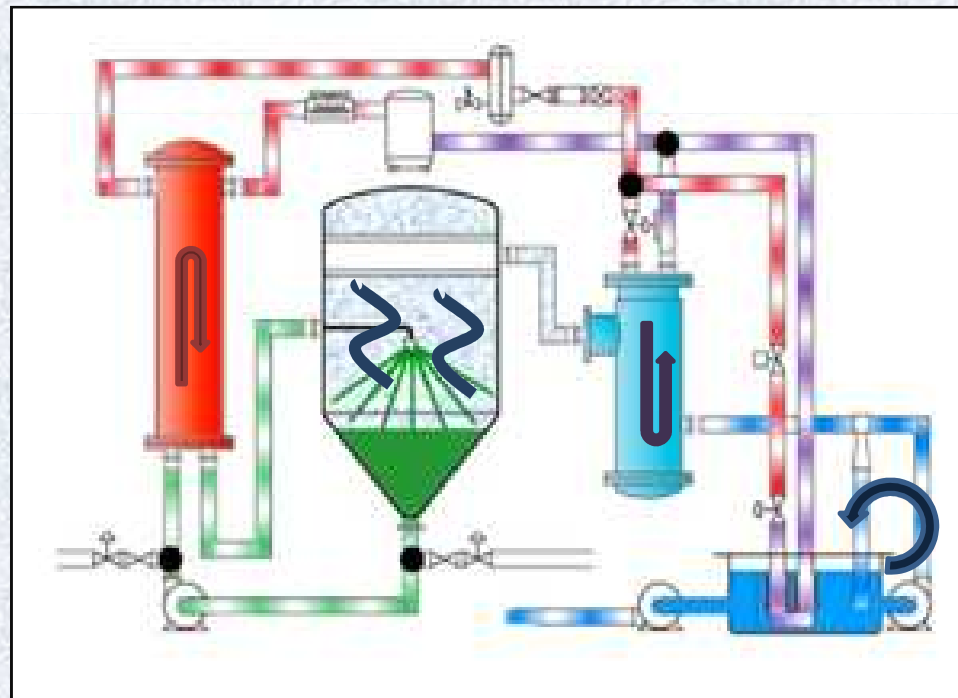
VANTAGGI	SVANTAGGI
<ul style="list-style-type: none"><li>• Assenza di apparecchiature per la movimentazione del fango;</li><li>• Concentrazione del sedimentato elevata;</li><li>• Facilità di conduzione.</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Il costo dei reagenti è molto alto, specialmente quello dei polielottroliti;</li><li>• Il processo è influenzato dalla temperatura, dal grado di miscelazione, dal pH;</li><li>• Il fango estratto deve essere stabilizzato.</li></ul>

## ALTERNATIVA N°2: TRATTAMENTO CHIMICO

Parametri	Concentrazioni liquido in ingresso	Concentrazioni effluente depurato	Limiti consorzio
Materiali grossolani	Assenti	Assenti	Assenti
SST	1270 mg/l	322 mg/l	100
BOD <sub>5</sub>	16666 mg/l	400 mg/l	250
COD	50000 mg/l	6300 mg/l	500
Alluminio	7,83 mg/l	3,38 mg/l	2
Boro	243 mg/l	11,8 mg/l	4
Ferro	18,9 mg/l	3,15 mg/l	4 mg/l
Azoto ammoniacale	<0,020 mg/l	<0,020 mg/l	30 mg/l
Zinco	20,3 mg/l	2,87 mg/l	1 mg/l
Tensioattivi totali	63,7 mg/l	3,8 mg/l	4 mg/l
Grassi e oli animali e vegetali	547 mg/l	39 mg/l	40 mg/l
Idrocarburi totali	474 mg/l	110 mg/l	10 mg/l

## L'EVAPORAZIONE

Viene utilizzata una fonte di calore per fare evaporare i liquidi. L'evaporazione viene accelerata dall'attivazione del vuoto che permette di usufruire di una quantità di energia termica esigua perché il liquido evapora non ad una temperatura di  $100^{\circ}\text{C}$ , ma da  $25^{\circ}$  a  $35^{\circ}\text{C}$ .



CIRCUITO DEL  
VUOTO



## L'EVAPORAZIONE

- L'evaporazione sotto vuoto risulta estremamente flessibile dato che può gestire una vasta gamma di contaminanti senza alterare il funzionamento del sistema allo stesso tempo;
- Produce un distillato di alta qualità e un residuo oleoso concentrato pronto per lo smaltimento;
- Richiede poca manutenzione.

## L'EVAPORAZIONE

In realtà, in questa azienda, si è adottato un altro tipo di sistema che risulta ancora più conveniente: quello a doppio effetto, cioè con due camere di evaporazione. Esso utilizza il vapore prodotto dal primo evaporatore come fluido di riscaldamento per il secondo evaporatore, nel contempo i vapori cedendo energia termica condensano. Ciò permette una riduzione del consumo di energia elettrica superiore del 40% rispetto ai sistemi a singolo effetto.



# L'EVAPORAZIONE

<b>Parametri</b>	<b>Concentrazioni liquido in ingresso</b>	<b>Concentrazioni effluente depurato</b>	<b>Limiti consorzio</b>	<b>Limiti scarico in acque superficiali</b>
Materiali grossolani	Assenti	Assenti	Assenti	Assenti
SST	1270 mg/l	0,5 mg/l	100 mg/l	80 mg/l
BOD <sub>5</sub>	16666 mg/l	18 mg/l	250 mg/l	40 mg/l
COD	50000 mg/l	45,2 mg/l	500 mg/l	160 mg/l
Alluminio	7,83 mg/l	0,8 mg/l	2 mg/l	1 mg/l
Boro	243 mg/l	0,22 mg/l	4 mg/l	2 mg/l
Ferro	18,9 mg/l	1,9 mg/l	4 mg/l	2 mg/l
Azoto ammoniacale	<0,020 mg/l	<0,020 mg/l	30 mg/l	15 mg/l
Zinco	20,3 mg/l	0,045 mg/l	1 mg/l	0,5 mg/l
Tensioattivi totali	63,7 mg/l	0,4 mg/l	4 mg/l	2 mg/l
Grassi e oli animali e vegetali	547 mg/l	1 mg/l	40 mg/l	20 mg/l
Idrocarburi totali	474 mg/l	0,7 mg/l	10 mg/l	5 mg/l

# SISTEMA DI DEPURAZIONE ATTUALE

- Ultrafiltrazione con evaporazione

Nonostante l'evaporatore risulta un impianto molto vantaggioso, esso viene accoppiato all'ultrafiltrazione per ottenere un ulteriore risparmio economico sul costo dello smaltimento del concentrato.

1°CASO	2°CASO
<pre>graph LR; A[ULTRAFILTRAZIONE] --&gt; B[EVAPORAZIONE]; A --&gt; C[CONCENTRATO cod. 16708]; B --&gt; D[CONCENTRATO cod. 130508];</pre>	<pre>graph LR; A[EVAPORAZIONE] --&gt; B[CONCENTRATO cod. 16708];</pre>
<p>CONCENTRATO cod. 16708 COSTO SMALTIMENTO: 237 €/TON PRODUZIONE: 10 TON/mese COSTO MENSILE: 2370 €/mese</p> <p>CONCENTRATO cod. 130508 COSTO SMALTIMENTO: 63 €/TON PRODUZIONE: 9 TON/mese COSTO MENSILE: 567 €/mese</p> <p><b>COSTO MENSILE TOTALE: 2937 €/mese</b></p>	<p>CONCENTRATO cod. 16708 COSTO SMALTIMENTO: 237 €/TON PRODUZIONE: 19-20 TON/mese</p> <p><b>COSTO MENSILE TOTALE: 4600 €/mese</b></p>

## CONCLUSIONI

L'evaporatore è l'unico impianto di depurazione che ha riportato i valori delle acque di scarico nei parametri imposti dalla legge. Risulta essere la scelta migliore perché soddisfa appieno le aspettative aziendali, sebbene richieda un investimento importante di circa 200.000 € che sarà ammortizzato in pochi anni.



***GRAZIE DELL'ATTENZIONE***