

TEXTILE, CHEMICAL & PROCESS ENGINEERING

Principi di trattamento acque innovativi per il riciclo e riuso nell'industria tessile

CHI È T.C.P. ENGINEERING?

T.C.P. Engineering è una società di consulenza ingegneristica che opera prevalentemente nei campi dell'*ingegneria di processo* e del *trasferimento tecnologico*.

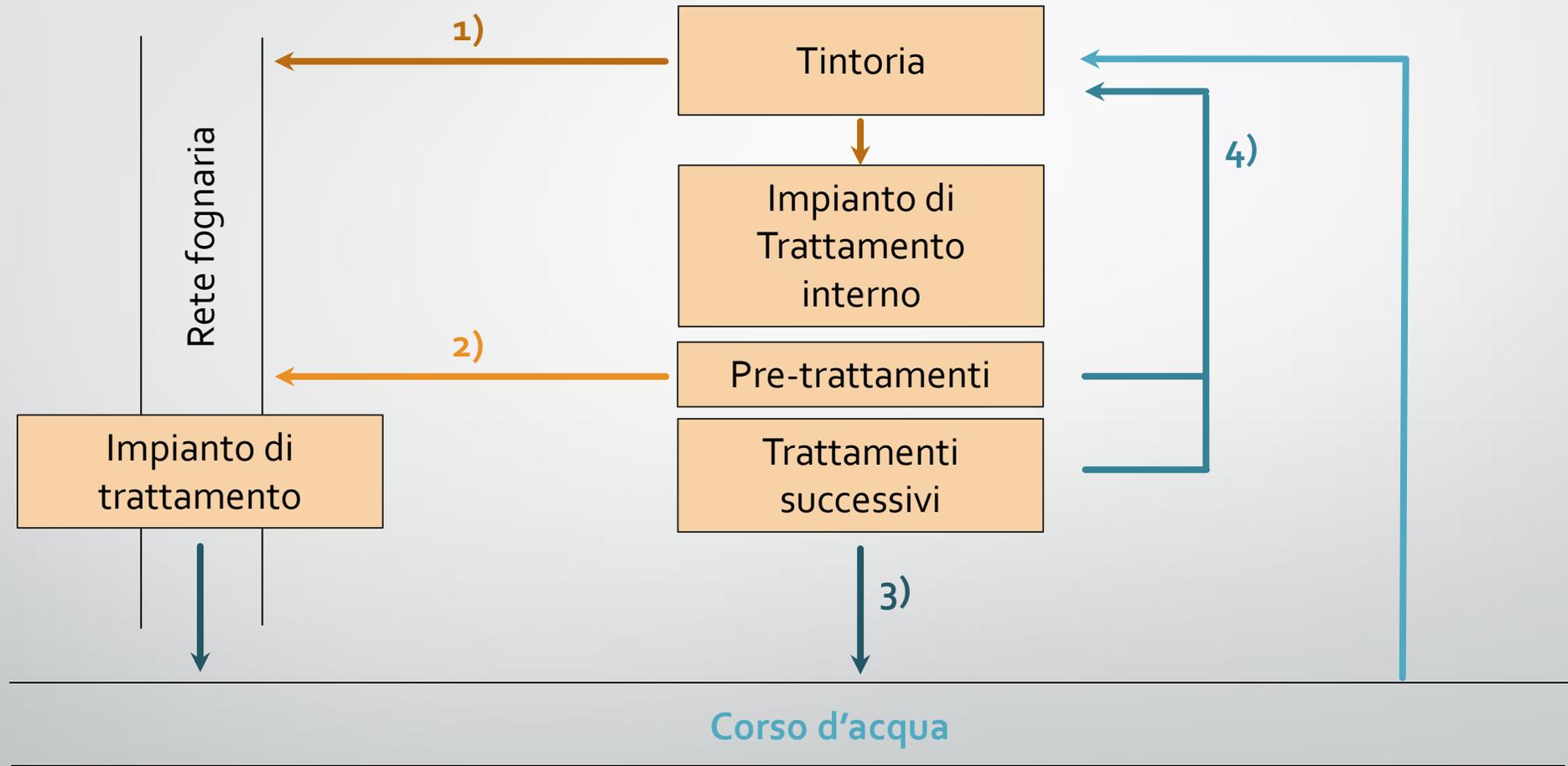
I soci hanno in attivo diversi anni di *esperienza nel mondo della ricerca applicata all'industria*, attraverso la partecipazione a diversi progetti di ricerca nazionali e internazionali.

La società fornisce servizi di *consulenza* e di *assistenza* per lo sviluppo di processi, *l'innovazione* e la risoluzione di problemi a partire dagli studi di fattibilità fino ad arrivare all'*ingegneria di dettaglio* e alla fornitura di *impianti "chiavi in mano"*.

Gestione dei reflui liquidi in uscita da un sistema produttivo industriale

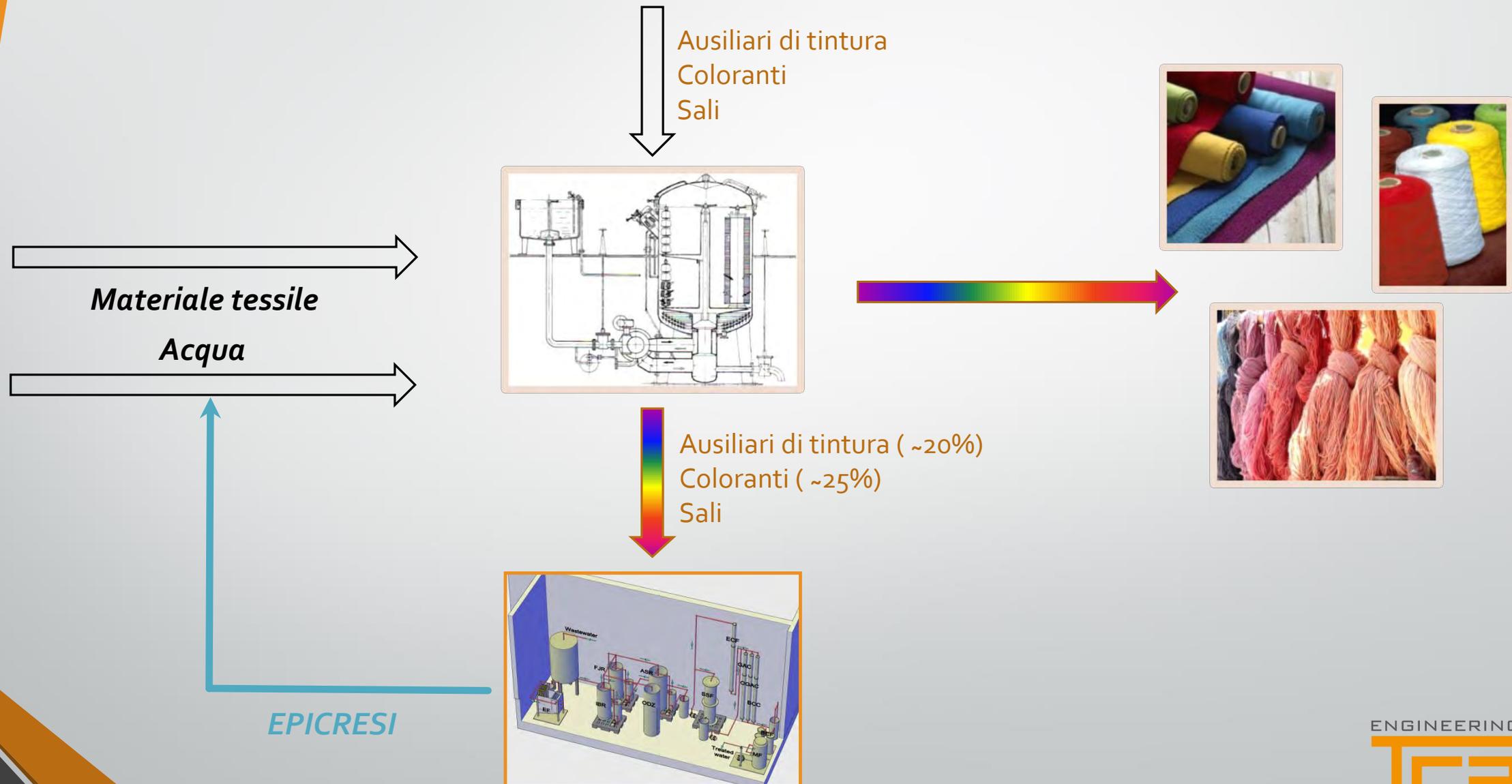
TRATTAMENTO DEI REFLUI LIQUIDI

PRINCIPI DI TRATTAMENTO



EPICRESI

TRATTAMENTO E RIUTILIZZO ACQUE - REFLUI DI TINTORIA



Caratterizzazione delle acque reflue

PARAMETRI FISICI

⇒ TEMPERATURA

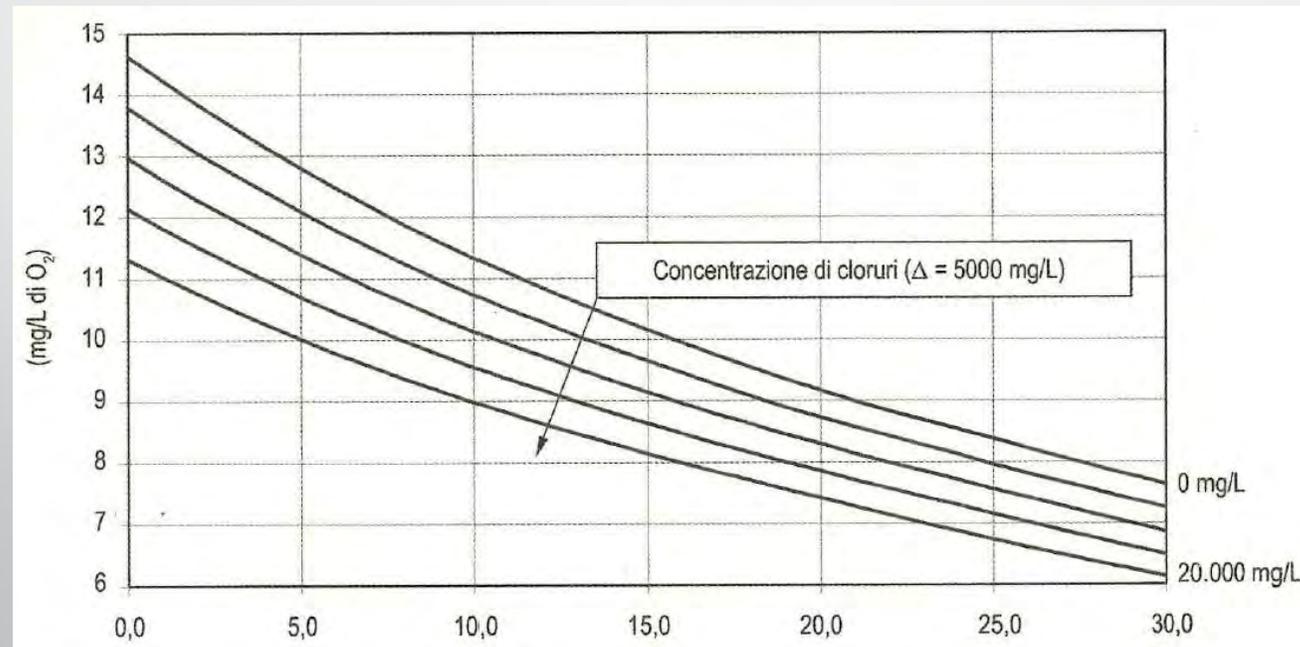
- Velocità delle reazioni biochimiche

Reazioni biochimiche

($20 < T < 60$) °C ↗ Temperatura di lavoro micro organismi

($0 < T$ e $T > 70$) °C ↗ Temperature di disattivazione

- Velocità delle reazioni biochimiche – solubilità O₂



PARAMETRI FISICI

⇒ COLORE

- Caratteristico del processo/sostanze utilizzate
- Refluo trattato potrebbe alterare la trasparenza delle acque e le reazioni di fotosintesi



È possibile che il colore possa essere permanente dopo il ***ciclo depurativo tradizionale***
Permesso lo scarico del refluo «colorato» se incolore dopo una certa diluizione (normata)

⇒ ODORE

- Caratteristico del processo
- Sintomo di reazioni di fermentazione anaerobica
- Refluo trattato sintomo di depurazione non corretta

⇒ CONDUCIBILITA' ELETTRICA

Informazione sul contenuto salino delle acque

PARAMETRI FISICI

⇒ SOLIDI



PARAMETRI CHIMICI

⇒ **COD** Chemical Oxygen Demand – Domanda chimica di ossigeno

Quantità di ossigeno necessario per ossidare per via chimica sostanze organiche ed inorganiche (biodegradabili e non biodegradabili) in un campione di refluo

- + proporzionale al carico inquinante
misura semplice e veloce (~ 3h)
- nessuna informazione sulla tipologia di sostanze inquinanti presenti

Parametro importante per il dimensionamento degli impianti di depurazione soprattutto per reflui industriali quando il BOD è influenzabile dalla presenza di contaminanti

PARAMETRI CHIMICI

⇒ **BOD₅** Biological Oxygen Demand – Domanda Biochimica di Ossigeno

Quantità di ossigeno richiesto dai microrganismi aerobici per assimilare e degradare la sostanza organica biodegradabile presente in un campione di refluo

- + tipologia di trattamento
misura indiretta quantità di sostanza biodegradabile
- misura dei soli composti organici biodegradabili (no tutta la sostanza organica)

solitamente **BOD₅ ≤ COD**

PARAMETRI CHIMICI

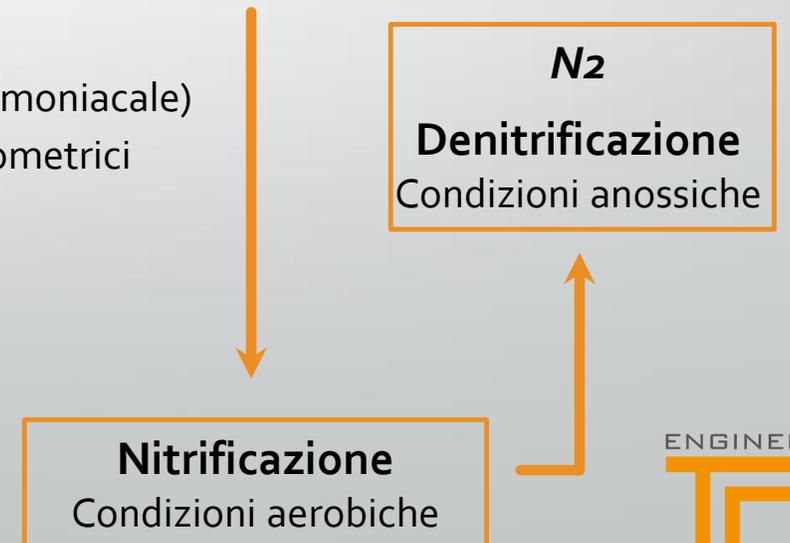
⇒ COMPOSTI DELL'AZOTO

Azoto totale	Azoto organico	⇒	proteine + composti organici
	Azoto ammoniacale	⇒	si forma in seguito ai trattamenti biologici
	Azoto nitroso (nitriti NO_2^-)	⇒	forma parzialmente ossidata
	Azoto nitrico (nitrati NO_3^-)	⇒	forma di azoto ossidata e più stabile

Parametro importante per il **dimensionamento** delle **apparecchiature che forniscono ossigeno** agli impianti biologici di nitrificazione - denitrificazione.

Azoto totale

Azoto organico	metodo Kjeldhal, metodo TKN (no ammoniacale)
Azoto ammoniacale	metodo di Nessler, metodi spettrofotometrici
Azoto nitroso (nitriti NO_2^-)	metodi spettrofotometrici
Azoto nitrico (nitrati NO_3^-)	metodi spettrofotometrici



PARAMETRI CHIMICI

⇒ COMPOSTI DEL FOSFORO

- Necessari per lo sviluppo della biomassa
- Determinabili per via spettrofotometrica

⇒ TENSIOATTIVI

Tensioattivi ionici (cationici e anionici) e non ionici quindi di diversa natura e con diverso grado di biodegradabilità

⇒ COMPOSTI ORGANICI DI SINTESI (solventi organici, fenoli, aldeidi, ...)

- Possono esercitare una **attività tossica o imbibente** nei confronti delle popolazioni batteriche
- Possono essere **bioaccumulabili** e poco o per nulla biodegradabili

PARAMETRI CHIMICI

⇒ OSSIGENO DISCIOLTO

- Reflui non trattati → instaurazione processi anaerobici
- Reflui trattati → concentrazione insufficiente, deossigenazione corpo idrico ricettore

⇒ pH

misura immediata \rightsquigarrow *informazione sulla tipologia di trattamento da effettuare*

$5.5 < \text{pH} < 8.5$ \rightsquigarrow trattamento biologico

$\text{pH} < 5.5$ e $\text{pH} > 8.5$ \rightsquigarrow trattamento biologico con correzione del pH oppure altra operazione

PARAMETRI

D.L. 152/2006, ALLEGATO 5 PARTE III

PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	GENERICO EFFLUENTE DA TINTORIA
pH	-	7.0 - 8.0
COD	mg/L	800 - 1000
Cloruri	mg/L	800 - 1000
Solfati	mg/L	200 - 400
Tensioattivi Anionici	mg/L	3 - 5
Tensioattivi Non ionici	mg/L	20 - 30
SST	mg/L	150 - 200
Conducibilità	μS/L	3000 - 5000
Torbidità	mg/L	30 - 50

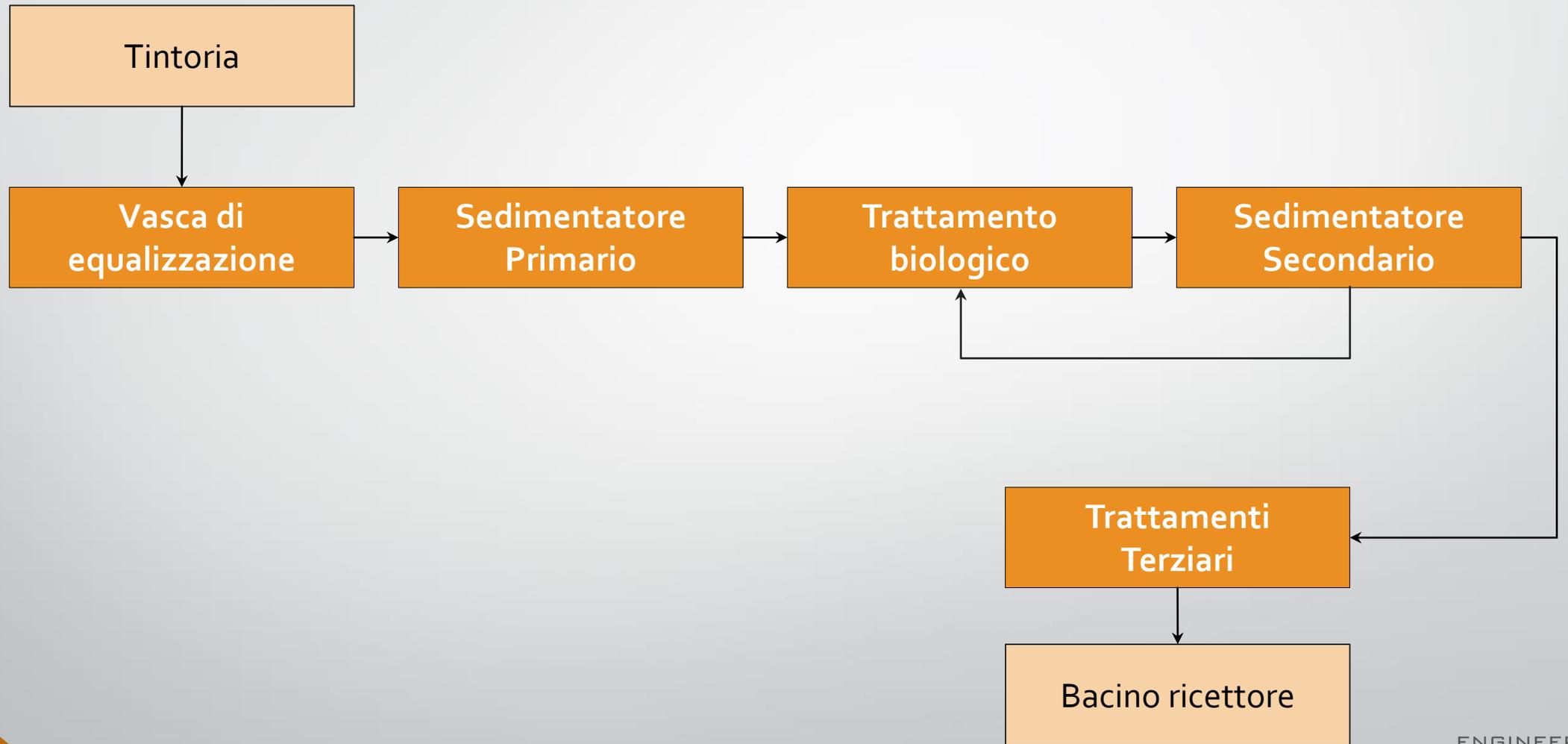


Impianto trattamento reflui liquidi

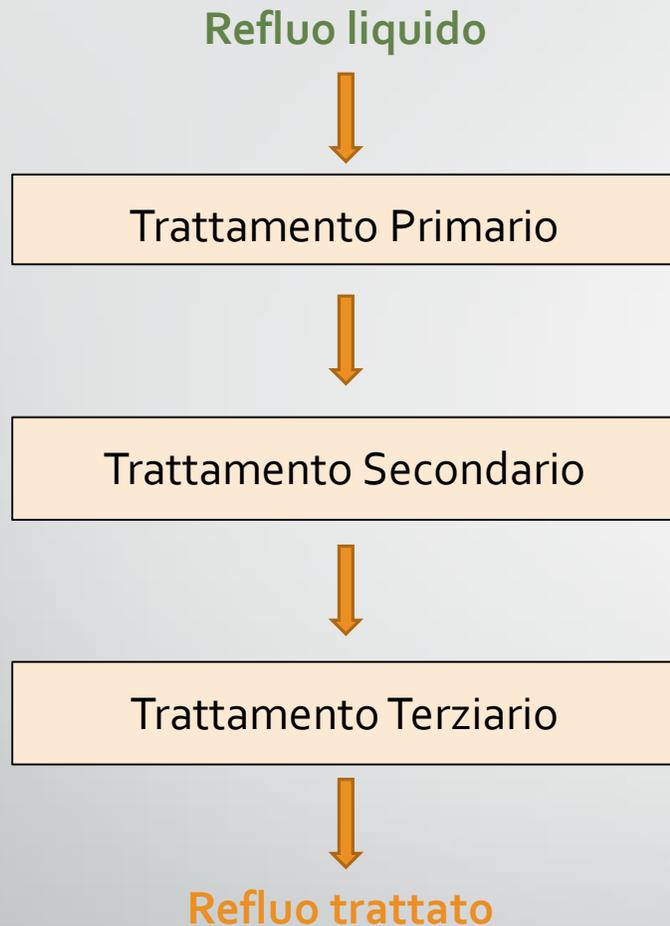


PARAMETRI	UNITA' DI MISURA	LIMITI DI LEGGE SCARICO IN ACQUE SUPERFICIALI	LIMITI DI LEGGE SCARICO IN RETE FOGNARIA
pH	-	5.5 - 9.5	5.5 - 9.5
COD	mg/L	< 160	< 500
BOD ₅	mg/L	< 40	< 250
Cloruri	mg/L	< 1200	< 1200
Solfati	mg/L	< 1000	< 1000
Tensioattivi totali	mg/L	< 2	< 4
SST	mg/L	< 35	< 35
Cr VI	mg/L	< 0.2	< 0.2
Cr Totale	mg/L	< 2	< 4
N -NH ₄ ⁺	mg/L	< 15	< 30
N -NO ₃ ⁻	mg/L	< 20	< 30
N-NO ₂ ⁻	mg/L	< 0.6	< 0.6
P totale	mg/L	< 10	< 10
SST	mg/L	< 35	< 35
colore	-	Non percettibile diluizione 1:20	Non percettibile diluizione 1:40

IMPIANTO TRATTAMENTO REFLUI LIQUIDI



TRATTAMENTI REFLUI LIQUIDI



~>

fisico – meccanico

Scopo: *riduzione sostanze sedimentabili e parte delle sostanze in sospensione*

~>

biologico

Scopo: *riduzione della sostanza organica*

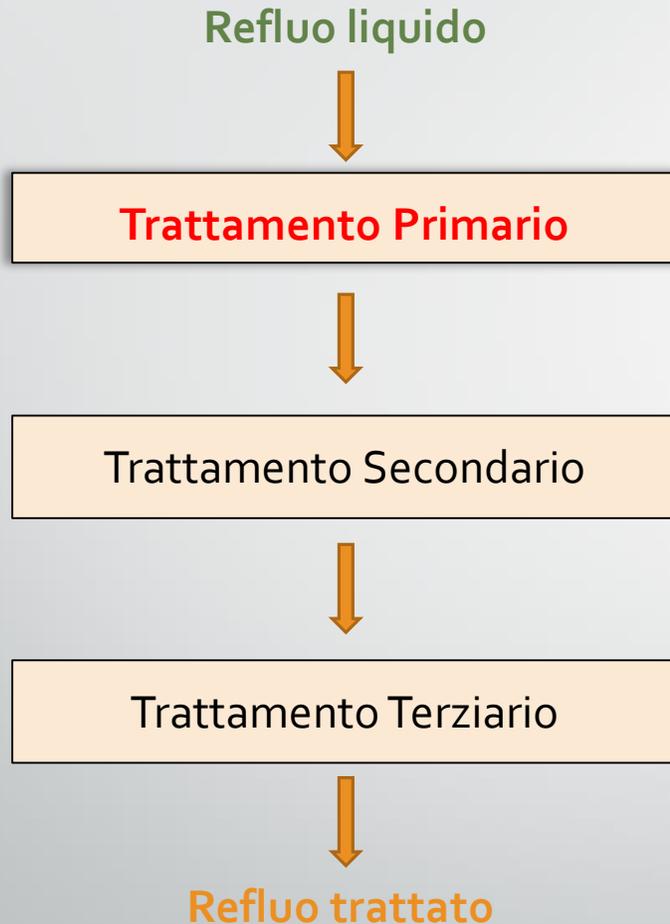
~>

chimico - fisico

Scopo: *raffinamento delle caratteristiche dell'acqua*

TRATTAMENTI REFLUI LIQUIDI

TRATTAMENTI PRIMARI



Operazioni iniziali che trattano il refluo in modo che sia processabile dai trattamenti biologici o chimico-fisici successivi

Trattamenti *fisici - meccanici*

- ⇒ Grigliatura
- ⇒ Equalizzatore
- ⇒ Sedimentazione primaria
- ⇒ Flottazione

Trattamento *chimico*

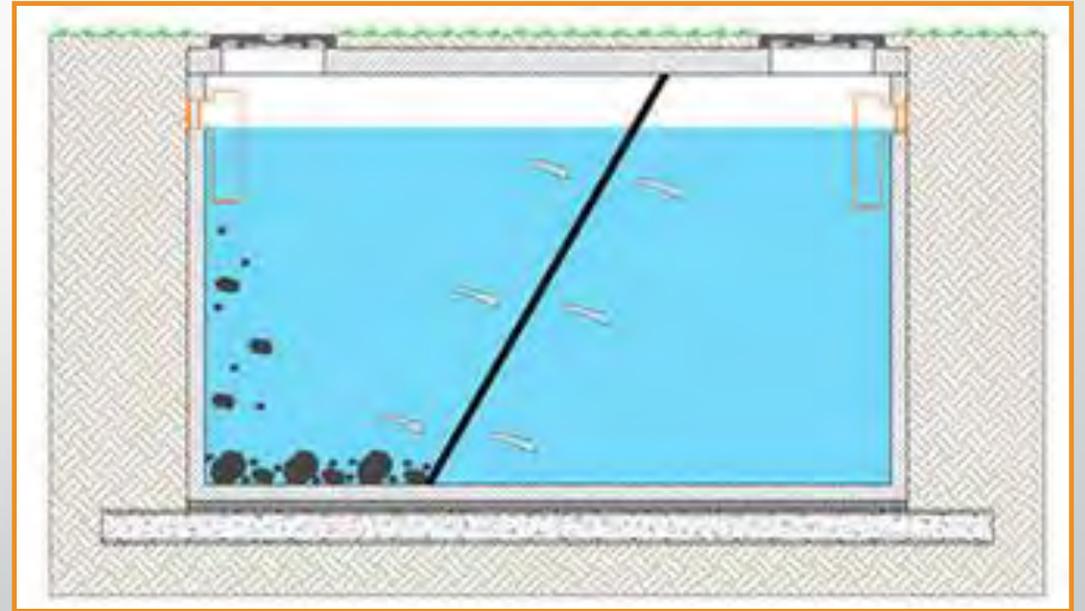
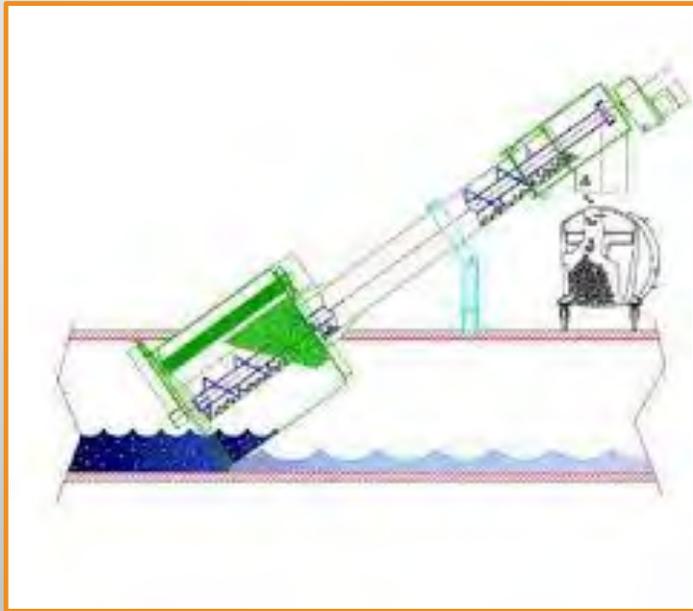
- ⇒ Controllo/Regolazione del pH

GRIGLIATURA

- Trattamento **Meccanico**
- Rimozione del materiale più grossolano e delle fibre



Salvaguardia delle apparecchiature a valle



EQUALIZZATORE

- Bacino di accumulo
- Tempo di residenza sufficientemente lungo ($\tau = 24\text{h}$)



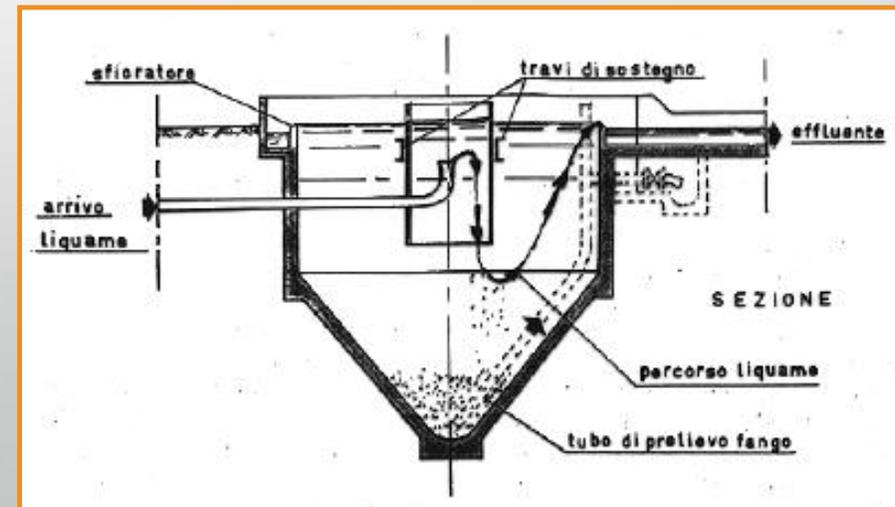
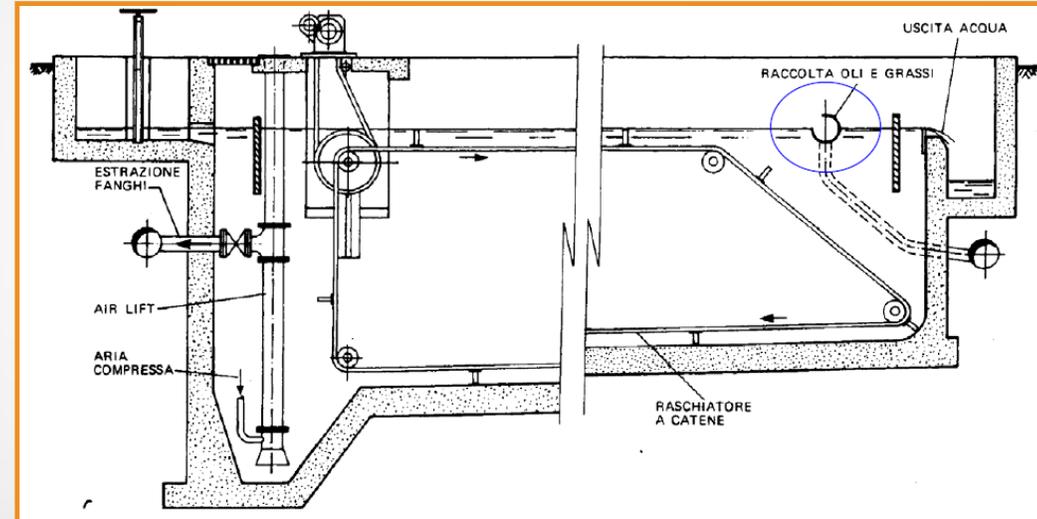
Garantire una **portata di alimentazione costante** all'impianto

Omogenizzare gli scarichi (eventualmente discontinui) in termini di portata e di inquinanti

Evitare picchi portata/concentrazione che potrebbero ridurre le efficienze di trattamento

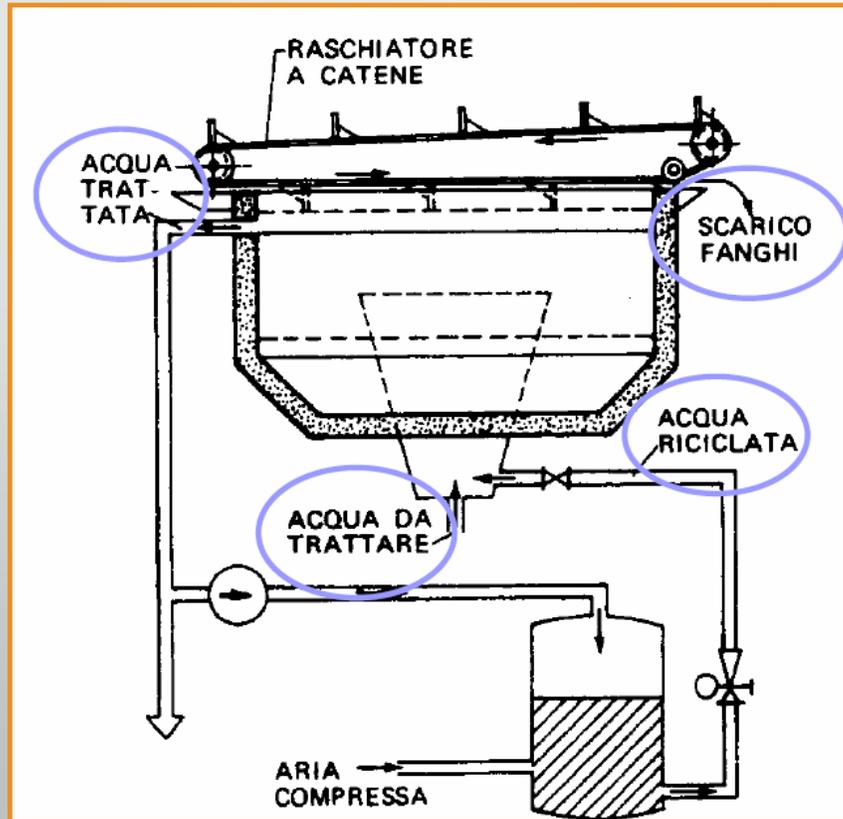
SEDIMENTAZIONE PRIMARIA

- Trattamento *Fisico*
- Trattamento opzionale: valutabile a seconda della presenza di solidi sedimentabili

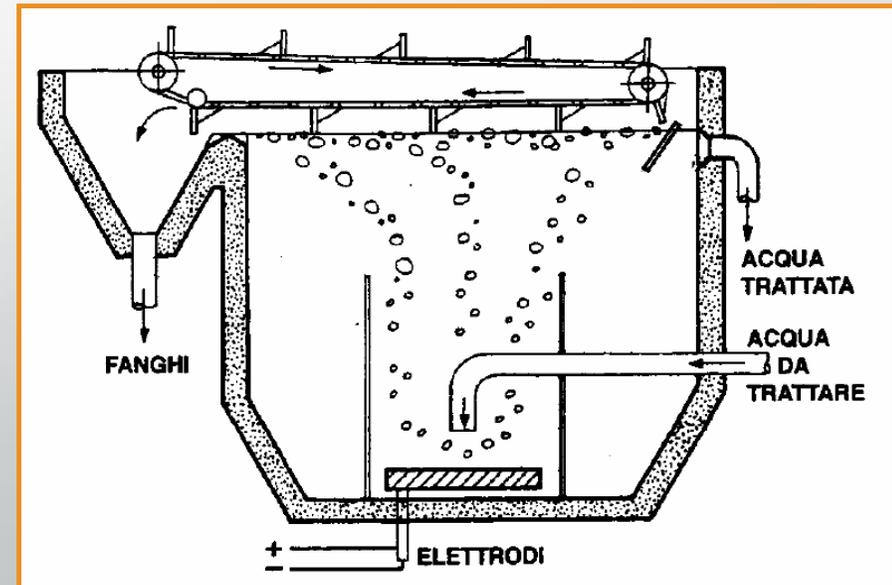


FLOTTAZIONE

- Trattamento **Fisico** → si sfrutta la variazione di densità per la separazione di particelle solide/liquide
- Il materiale viene raccolto sulla superficie del refluo ($\rho < 1000 \text{ kg/m}^3$)
- Aggiunta di aria per facilitare la separazione
(bolle fini \Rightarrow aggregazione attorno alla particella solida \Rightarrow riduzione della densità)
- Particelle fini - diametro $< 10 \mu\text{m}$

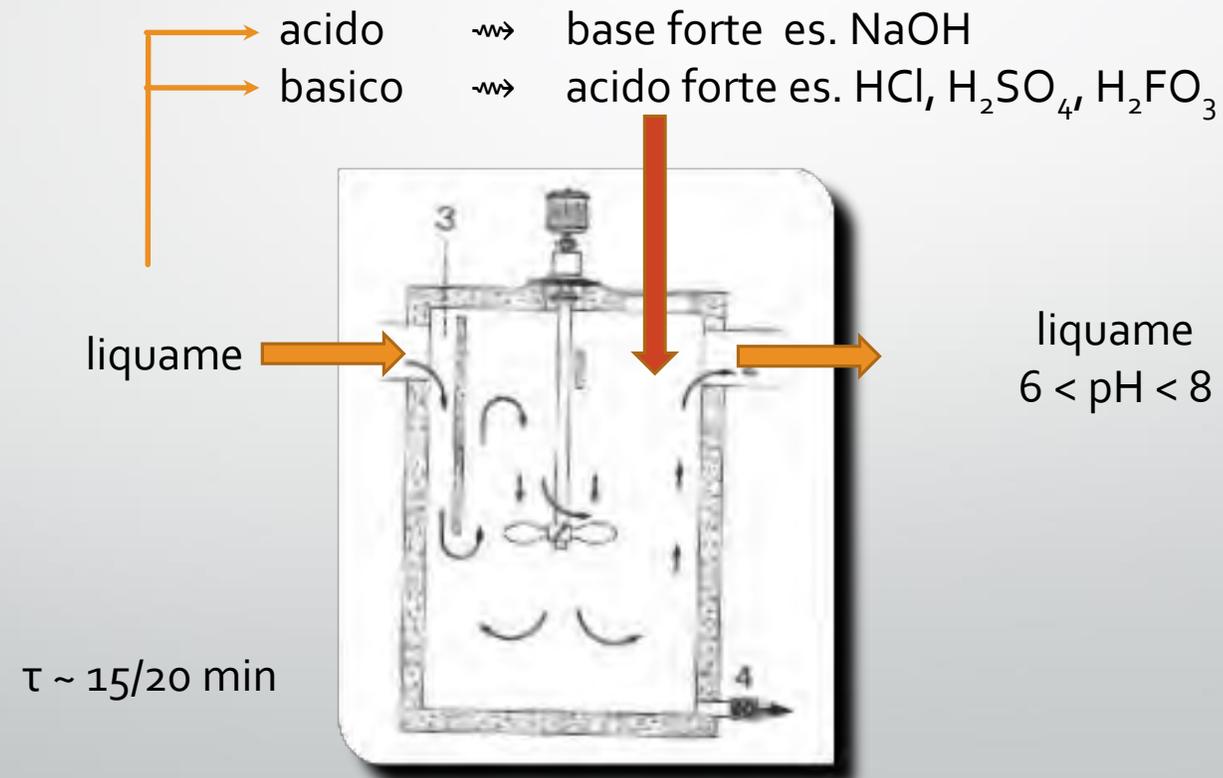


Destabilizzazione della soluzione (es catodo/anodo Fe/Al)
Incrementare l'efficienza di rimozione oli
Costi operativi: mediamente $0,40 \text{ €/m}^3$



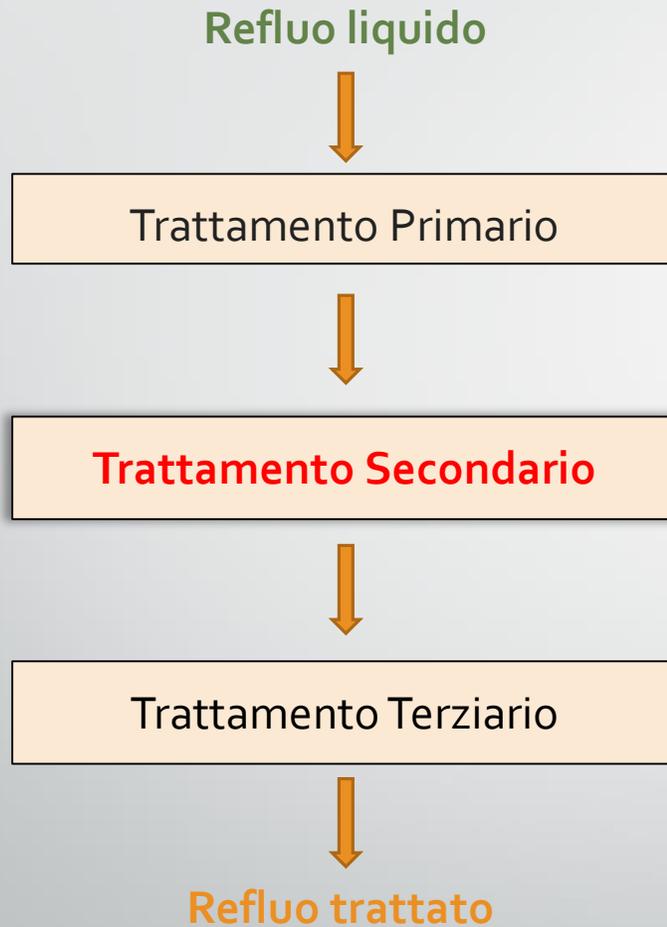
CONTROLLO DEL PH

- Trattamento *Chimico*
- Creazione dell'ambiente ottimale per la fauna batterica nei trattamenti secondari
- Possibilità di formazione di materiale sedimentabile



TRATTAMENTI REFLUI LIQUIDI

TRATTAMENTI SECONDARI

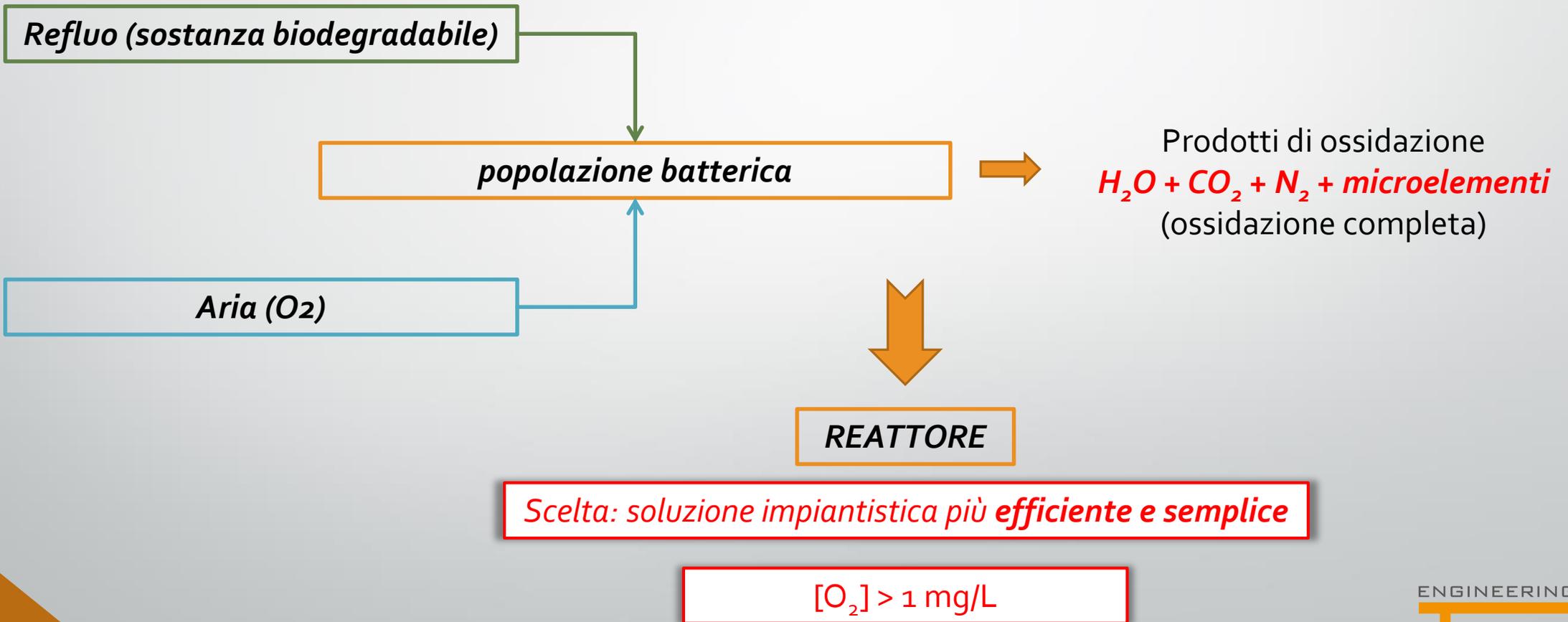


Trattamenti biologici. In particolare utili per la rimozione della sostanza organica. Sono trattamenti opzionali.

- Depurazione biologica *aerobica*
- Depurazione biologica *anaerobica*

TRATTAMENTI AEROBICI

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO



TRATTAMENTI AEROBICI

FABBISOGNO DI OSSIGENO

Fabbisogno di O₂

- Contributo chimico
- Respirazione cellulare
- Contributo alla nitrificazione



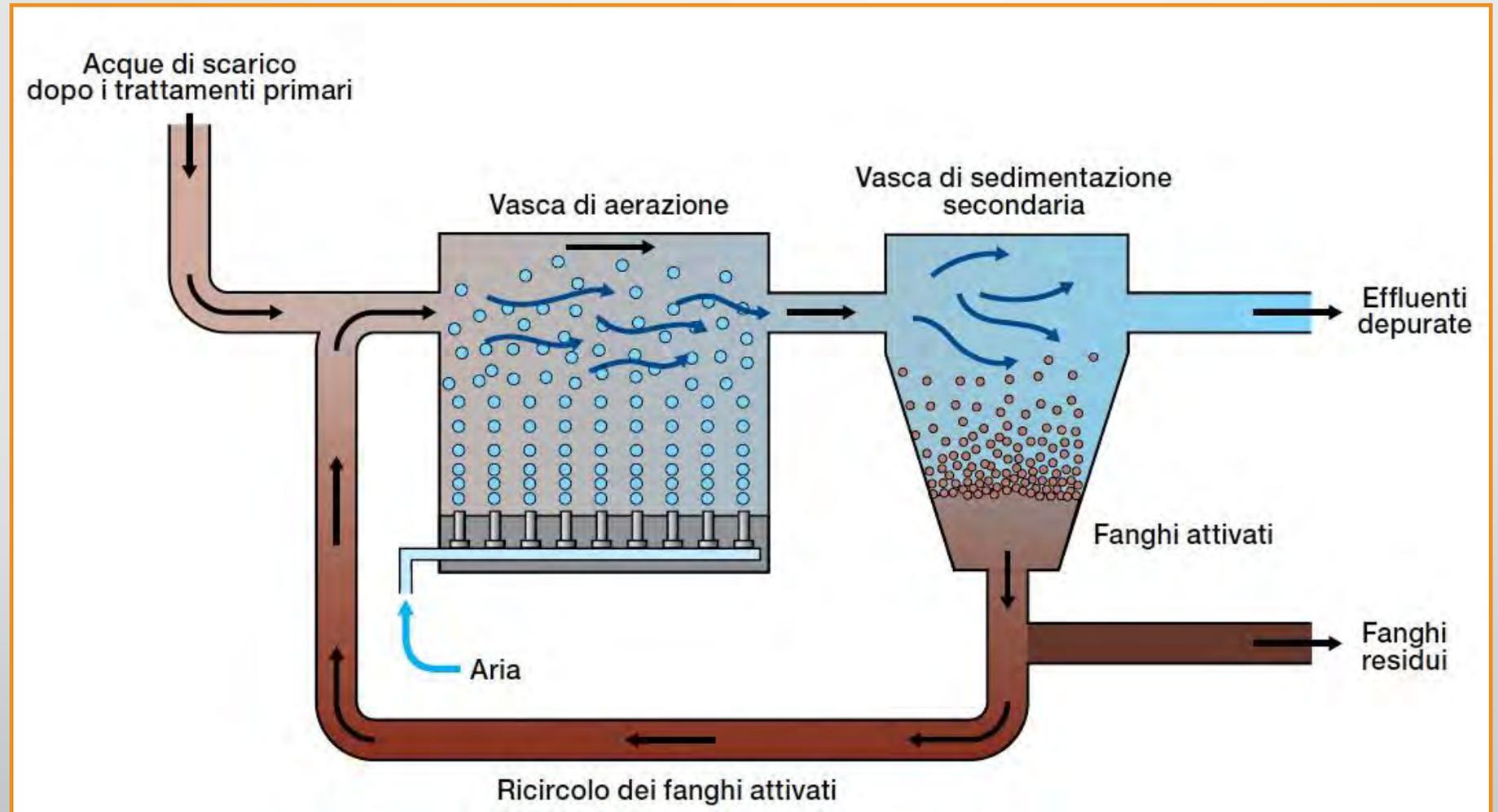
nitrito



nitrate

REATTORE A FANGHI ATTIVI

REATTORE A BIOMASSA SOSPESA



FATTORI LIMITANTI

- ⇒ sali di metalli pesanti *→ veleno flora batterica*
- ⇒ cianuri *→ veleno flora batterica*
- ⇒ sovraccarichi di portata del refluo *→ non si da il tempo necessario alla sostanza organica di assorbire le sostanze nutrizionali*
- ⇒ temperatura e pH refluo in ingresso *→ possibilità di disattivazione dei batteri*
- ⇒ insufficienza di azoto e fosforo *→ elementi fondamentali per il metabolismo cellulare*
- ⇒ tensioattivi in eccesso *→ effetto film: riduzione degli scambi dei metaboliti cellulari*

NITRIFICAZIONE - DENITRIFICAZIONE

SCOPO → riduzione *eutrofizzazione* bacini accettori

Rimozione dell'ammoniaca →

Nitrificazione



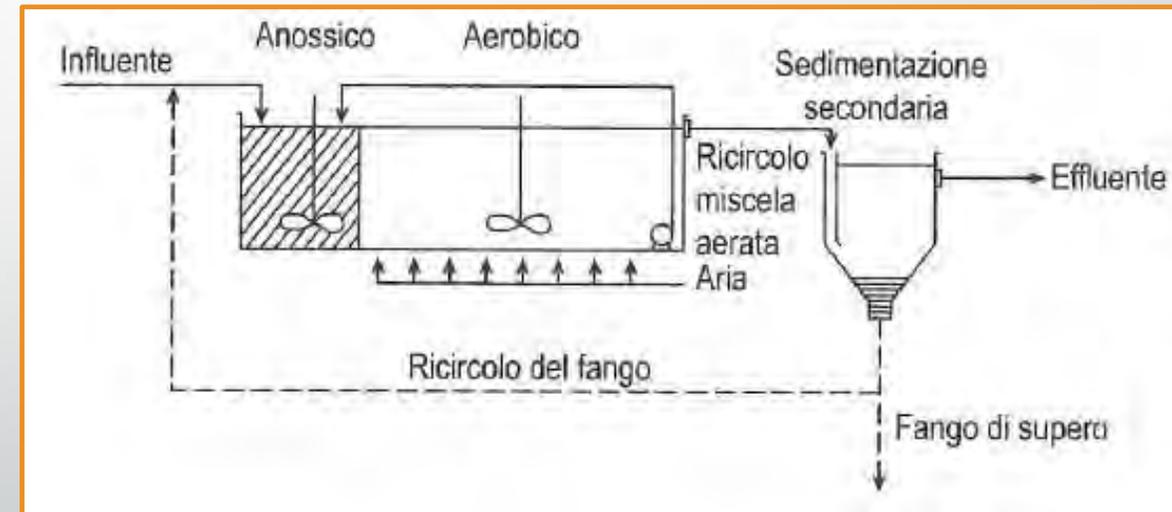
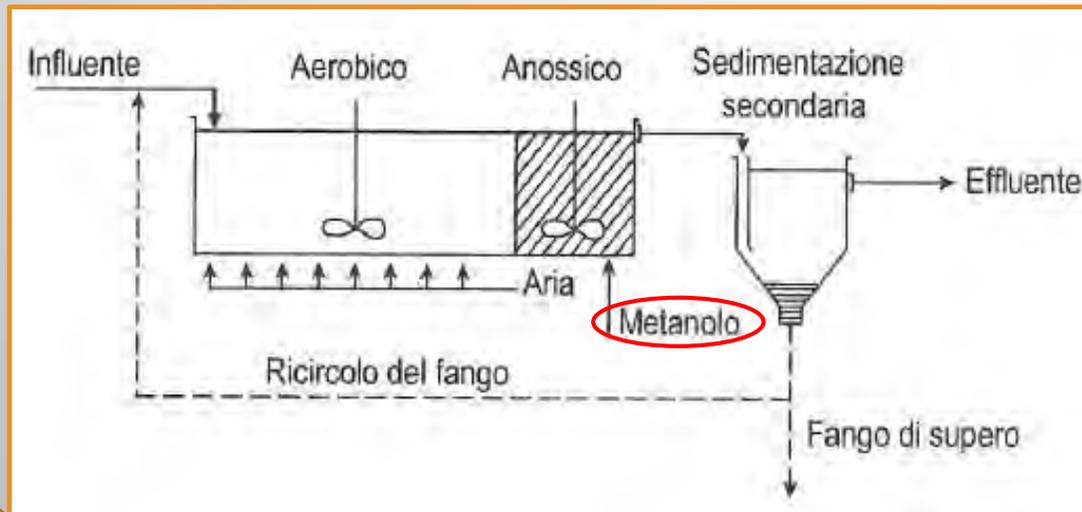
Condizioni aerobiche
batteri utilizzano O_2 molecolare

Rimozione dei nitrati →

Denitrificazione



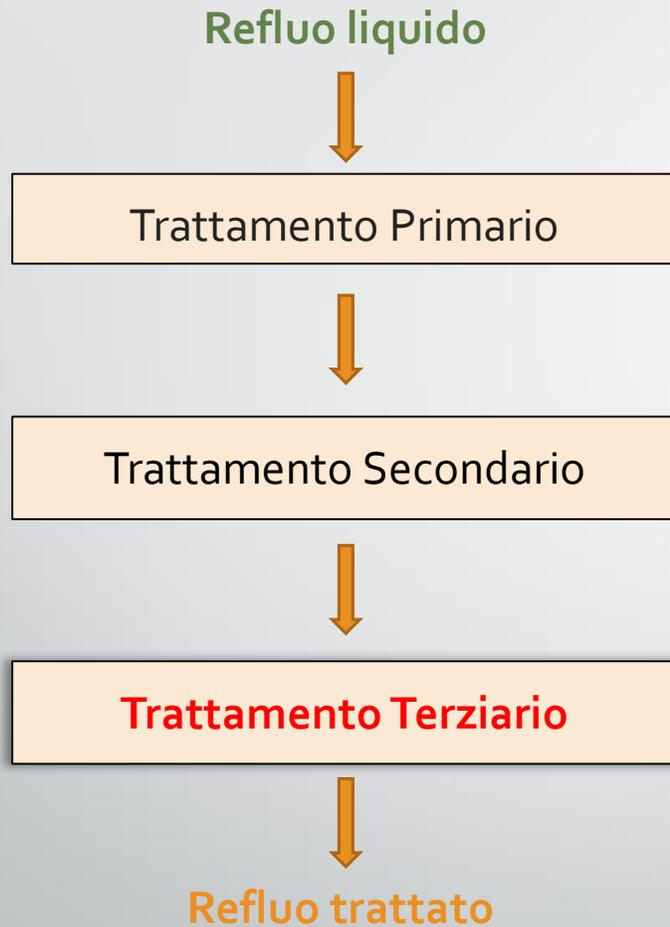
Condizioni anossiche
batteri utilizzano O_2 non molecolare



* Eventuale stripping N_2 con aria

TRATTAMENTI REFLUI LIQUIDI

TRATTAMENTI TERZIARI



Trattamenti finali utili a ridurre il carico inquinante, in modo da renderlo compatibile con il recapito finale prescelto

BOD
COD non biodegradabile (recalcitrante)
colore
contenuto salino
tenore tensioattivi o simili
tenore di azoto
tenore di fosforo
sostanze in sospensione

TRATTAMENTI TERZIARI

TRATTAMENTI CHIMICO - FISICI

- Apparecchiature ***a valle dei trattamenti primari e/o secondari***
- Presenza di composti non-biodegradabili, imbibenti/tossici vs microrganismi → *No processi biologici*
- Presenza di composti biodegradabili → discontinuità del carico → *No popolazione batterica stabile*
- Pretrattamento biologico
- Post trattamento biologico

Meglio un trattamento chimico-fisico o un trattamento biologico?

- Generalmente più onerosi rispetto i processi biologici (costo reattivi)
- Preferiti quando vi sono parametri di facile controllo (es. pH)
- Ridotta o nulla produzione di fanghi

TRATTAMENTI TERZIARI

TRATTAMENTI CHIMICO - FISICI

Trattamenti

- ⇒ Adsorbimento
- ⇒ Filtrazione
- ⇒ Trattamenti a membrana
- ⇒ Chiariflocculazione
- ⇒ Ossidazione chimica
- ⇒ Ossidazione Avanzata
- ⇒ Stripping
- ⇒ Evaporazione - Distillazione

ADSORBIMENTO

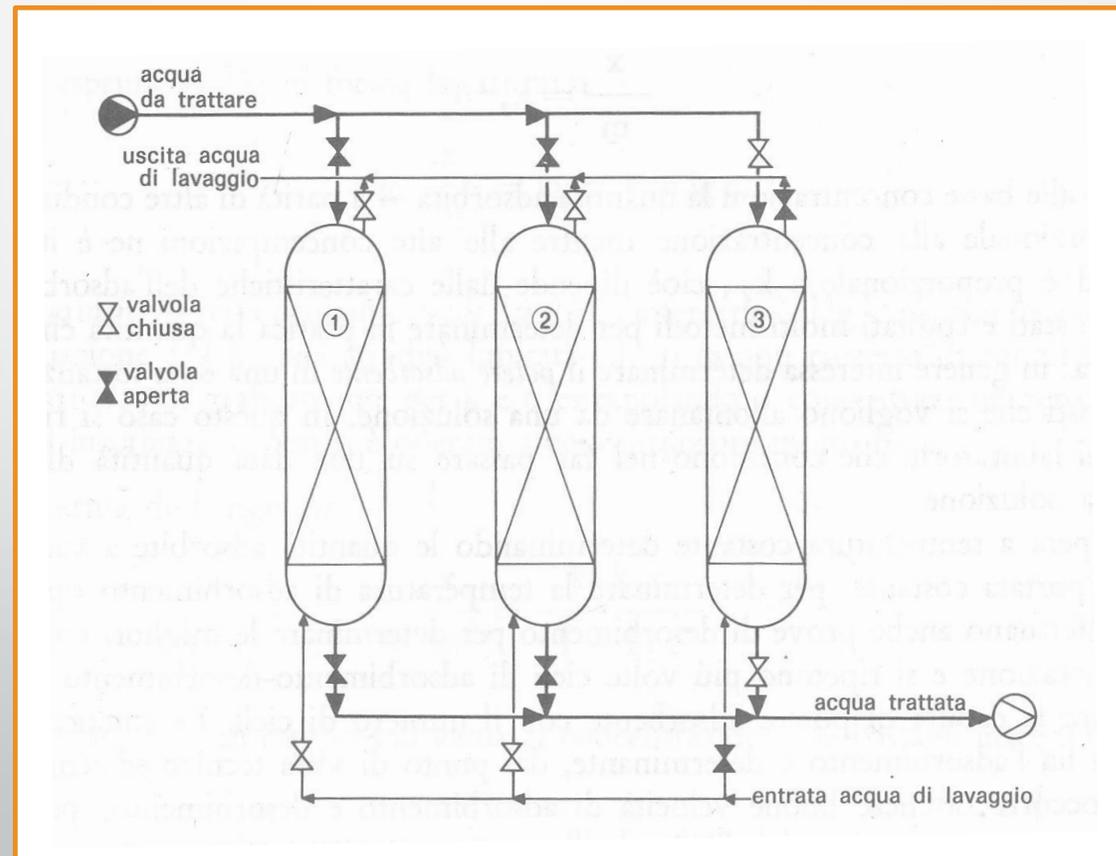
Adsorbimento \Leftrightarrow adesione di una molecola ad una superficie per via chimica o fisica

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**.

Adsorbato sostanza trattenuta dall'adsorbente (es. molecole di coloranti non biodegradabili, tensioattivi)

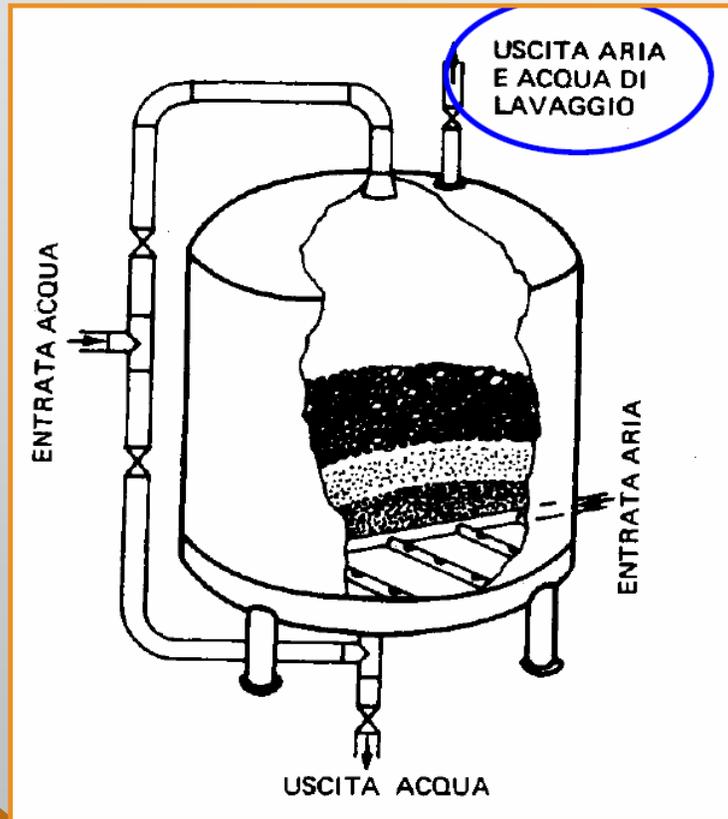
Rimozione tensioattivi CA in polvere

1. Assorbimento tensioattivo
2. Abbattimento potere schiumogeno
3. CA supporto di crescita biomassa
4. Degradazione tensioattivo



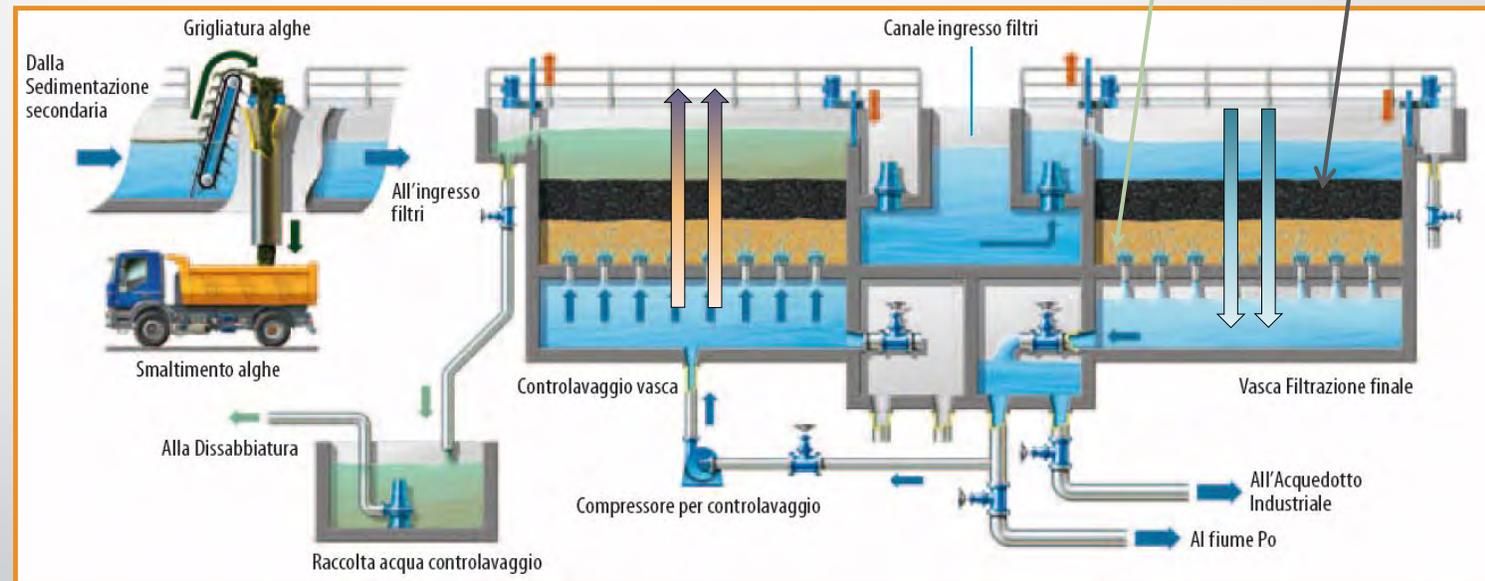
FILTRAZIONE

- Utilizzati per la **rimozione dei solidi sospesi e colloidali** da acque che hanno già subito un trattamento depurativo di tipo biologico o chimico-fisico.
- Esistono diverse tipologie di sistemi di filtrazione



Filtro chiuso o a pressione

Lavaggio e contro-lavaggio sono alternati in modo da rendere l'apparecchiatura continua



Filtro a gravità

TRATTAMENTI A MEMBRANA

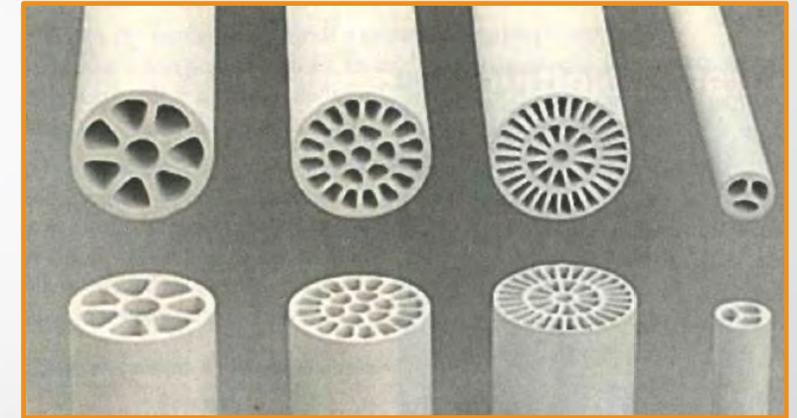
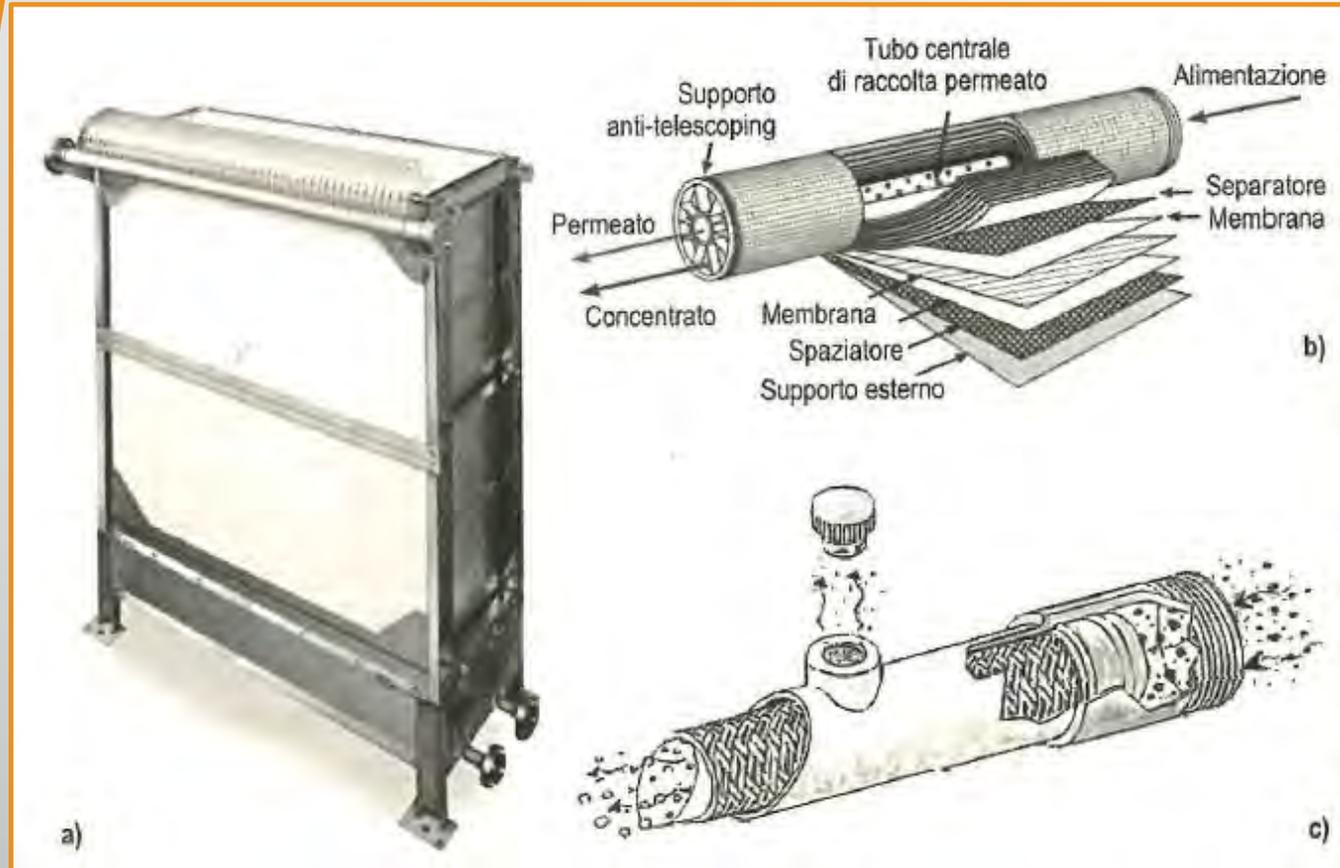
- Barriere fisiche selettive
- Sistemi di filtrazione tangenziali
- **Forza motrice** del trattamento a membrana è la **pressione**
- La tipologia di membrana è scelta in funzione del soluto da trattenere

Processo	Sigla	Pressione [atm]	Particelle separabili		Consumi Energetici [kWh/m ³]	Esempi inquinanti
			[nm]	[Dalton]		
Microfiltrazione	MF	0,1 - 5	> 100	> 200.000	0,025	Colloidi, batteri, solidi sospesi
Ultrafiltrazione	UF	0,5 - 5	> 5	> 10.000	0,125 – 0,25	Coloranti, tensioattivi, ausiliari, colloidi
Nanofiltrazione	NF	10 - 15	> 1	> 200	0,45	Tensioattivi, ausiliari
Osmosi inversa	RO	20 - 80	> 0,1	> 50	2,0 – 6,5	Ioni, Sali

cutoff della membrana

Aumento dei costi di processo

TRATTAMENTI A MEMBRANA



Membrane tubolari ceramiche

- a) *Membrane piane per sistema MBR*
- b) *Membrana RO a spirale*
- c) *Membrana RO tubolari*

TRATTAMENTI A MEMBRANA

ASPETTI PRATICI

Fouling ⇔ Sporciamento

- Riduzione volume pori
- Occlusione pori
- Gel adesivo (polarizzazione di concentrazione)

Fouling reversibile

- Accumulo di costituenti
- Precipitazione di sali

Fouling irreversibile

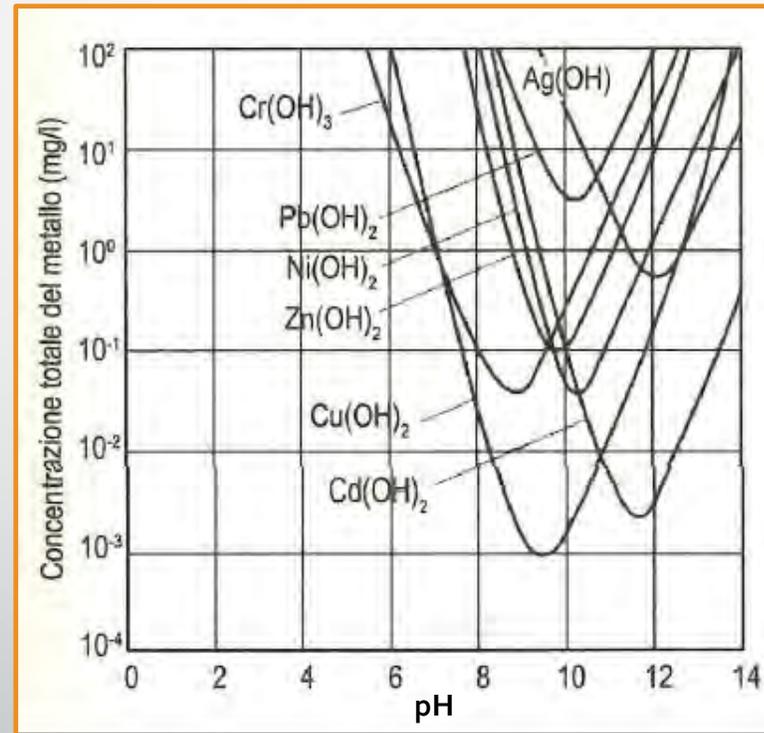
- Attacchi batterici
- Ossidazione chimica
- Reazioni tra componenti presenti in soluzione con la membrana

Rimedi

- Trattamenti chimico-fisici, filtrazione, adsorbimento (a monte delle membrane)
- Trattamenti con membrane in serie
- Creazione di turbolenza (se in presenza di solidi in alimentazione)
- Utilizzo sistemi di disinfezione (in generale UV)
- Tecniche per evitare precipitazioni indesiderate (aggiunta di sostanze additive)

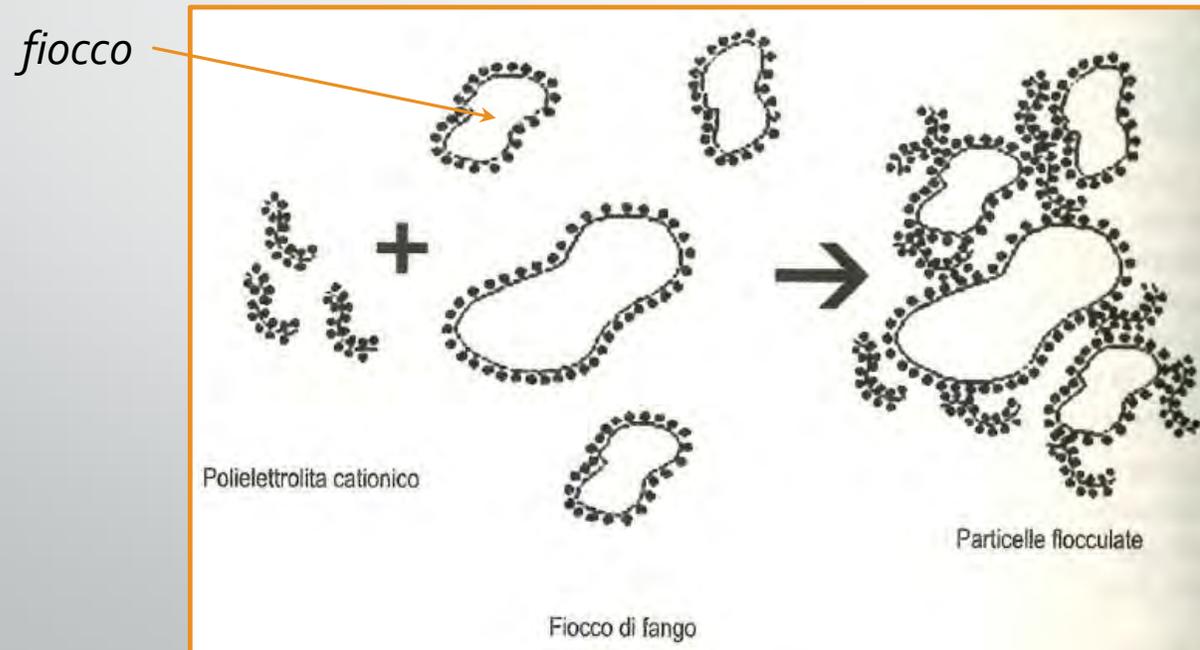
PRECIPITAZIONE CHIMICA

- Utilizzata principalmente per la rimozione di particelle metalliche dal refluo
- Sostanze *in soluzione*
- Introduzione di **additivi** → precipitazione soluto → allontanamento precipitato
- Allontanamento tramite filtrazione, flottazione, sedimentazione



CHIARIFLOCCULAZIONE

- **Precipitazione chimica** sia di composti *in soluzione* che di *solidi sospesi* (non facilmente allontanabili)
- Additivi: sali di metalli trivalenti (Al, Fe)
 - 1) **destabilizzazione** (di carica) dei colloidi → coagulazione → sedimentazione
 - 2) produzione di idrossidi metallici → **formazione di fiocchi** → precipitazione con tutte le specie e le sostanze che reagiscono
- Aggiunta di flocculanti (polielettroliti) ⇒ facilitano la sedimentazione ingrandendo i fiocchi prodotti



Coagulanti

Solfato di alluminio
Cloruro di alluminio
Idrossido di calce
Cloruro Ferrico
Solfato ferrico

OSSIDAZIONE CHIMICA

Utilizzi

- Degradazione di ***inquinanti refrattari ai trattamenti biologici***
 - Degradazione completa
 - Degradazione parziale trattamenti biologici
- Precipitazione di ***metalli***
 - Riduzione della solubilità e incremento della precipitazione

Esempi di ***agenti ossidanti***

- Fluoro
- ***Ozono***
- Acqua ossigenata
- ***Ipoclorito*** / Cloro gassoso

OSSIDAZIONE CHIMICA

AGENTE OSSIDANTE: CLORO

- Cloro utilizzato sottoforma di *ipoclorito* di potassio o sodio oppure di cloro gassoso (gas tossico e manipolazione difficile)
- Ossidazione alcalina dei cianuri e dell'*ammoniaca*



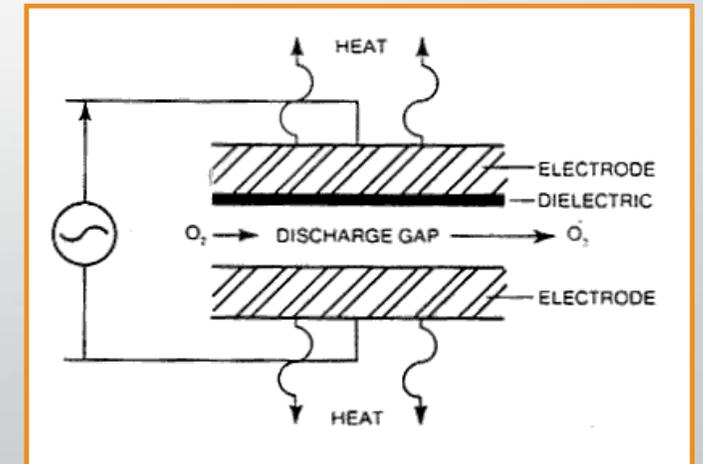
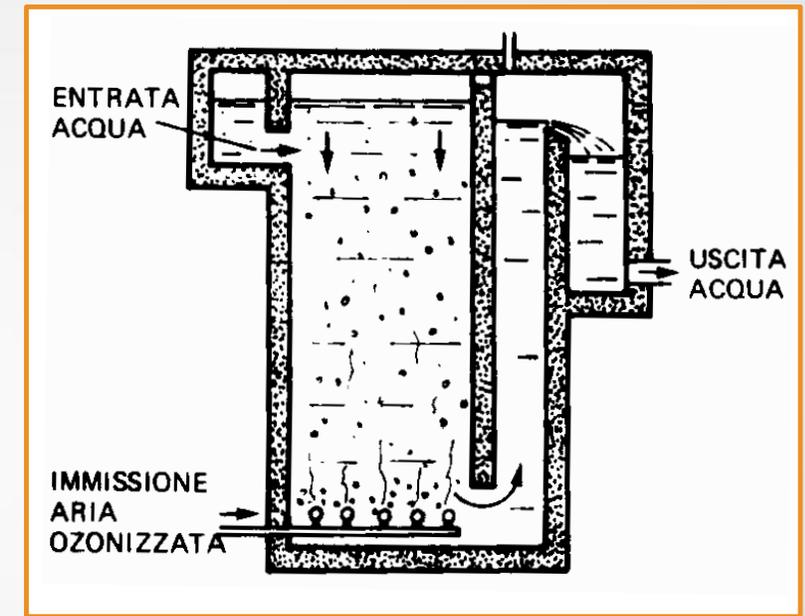
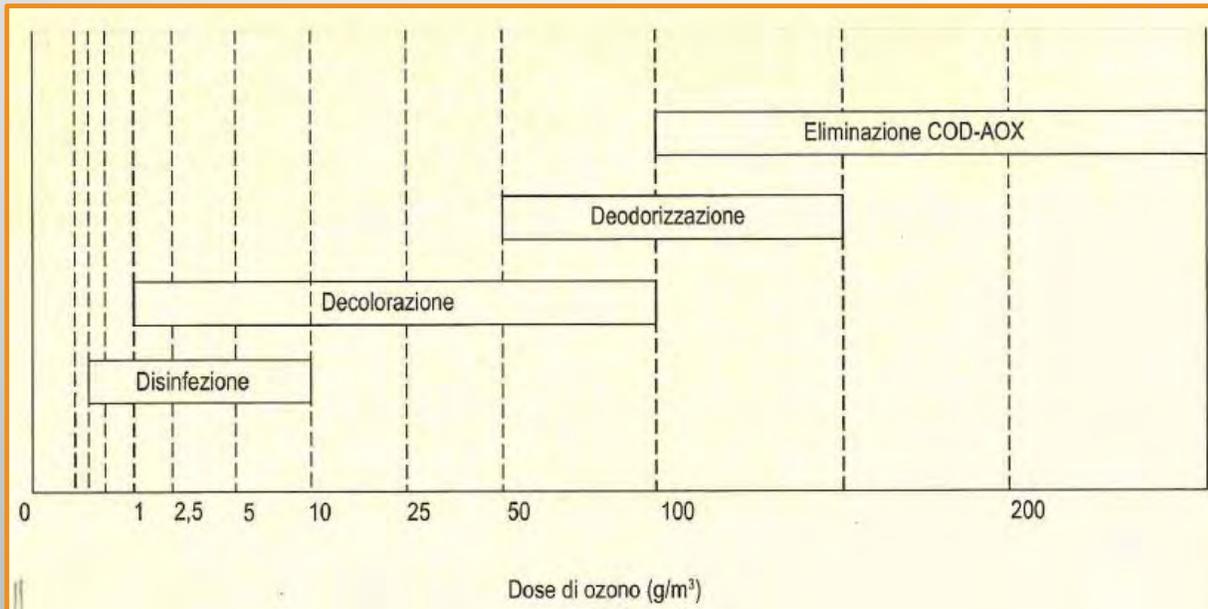
Esistono anche reazioni parallele: il cloro reagisce anche con le **sostanze organiche** eventualmente presenti

Attenzione in presenza di composti a base di Fe e Mn fenomeni di torbidità

OSSIDAZIONE CHIMICA

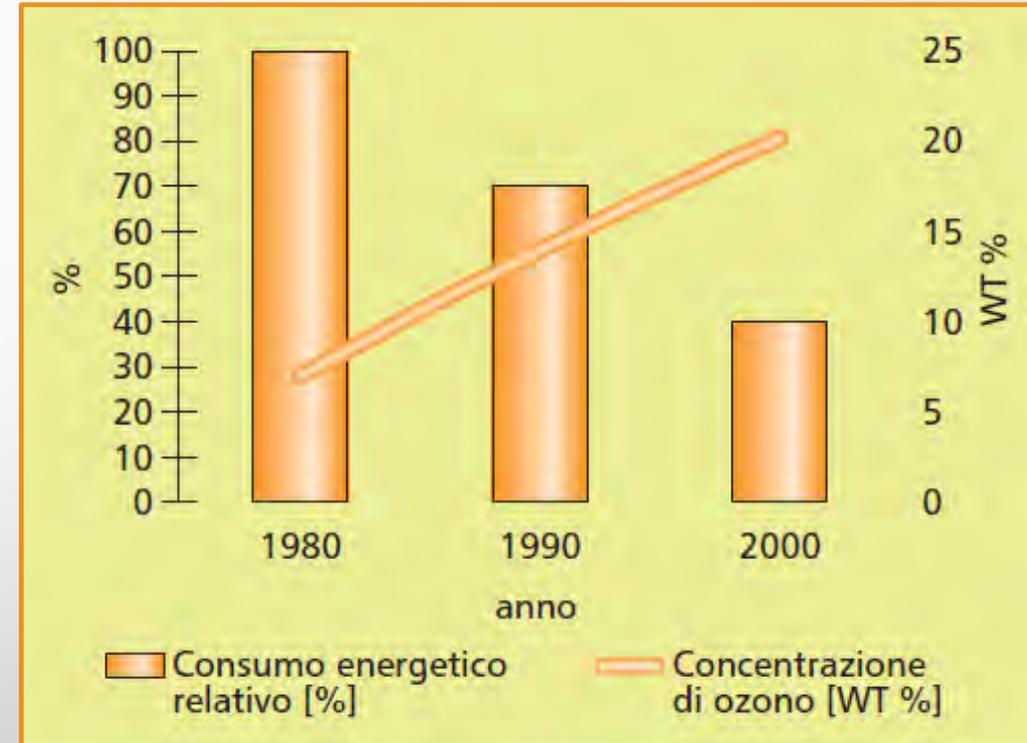
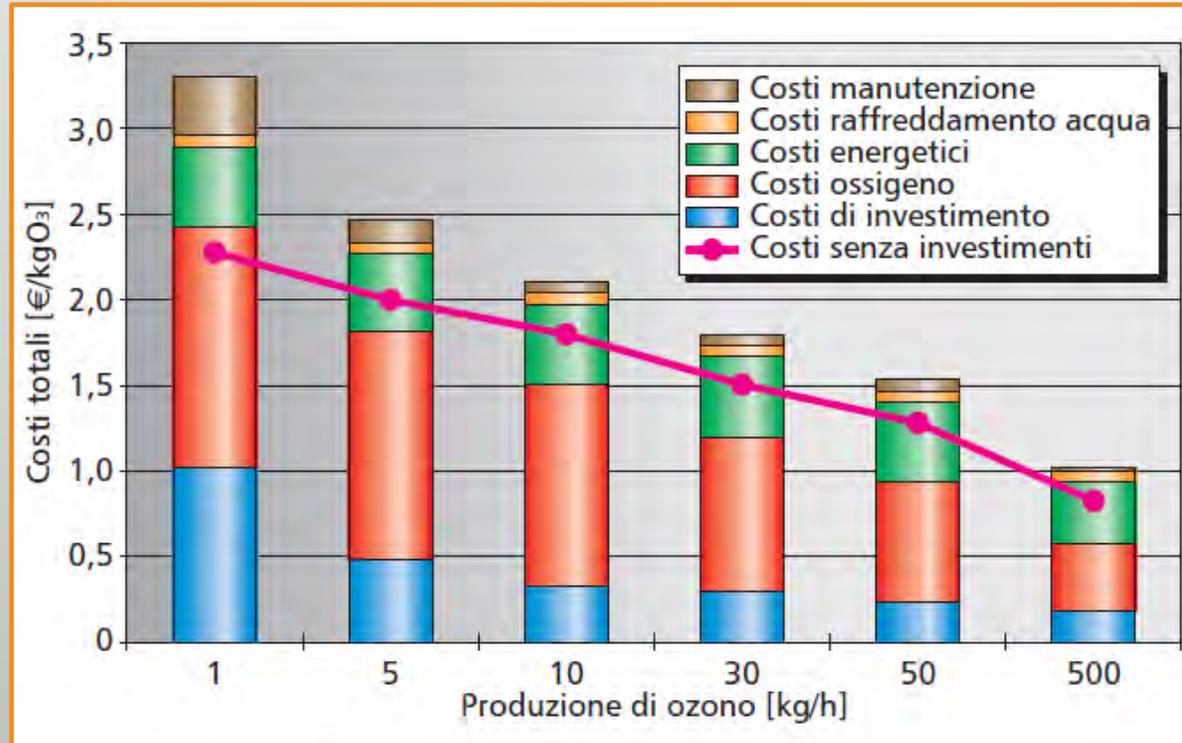
AGENTE OSSIDANTE: OZONO

- Produzione a partire da *aria o ossigeno*
- Rivolto alla rimozione di sostanze chimiche non biodegradabili e/o tossiche-inibenti
- Azione: *riduce il colore*
riduzione sostanze organiche
riduzione tensioattivi



OSSIDAZIONE CHIMICA

AGENTE OSSIDANTE: OZONO



Costo trattamento ↓ (miglioramento delle tecnologie) ↑ impiego (non solo più disinfezione)

DECOLORAZIONE CON O₃ - RIUTILIZZO

Tintura industriale
rocche di lana

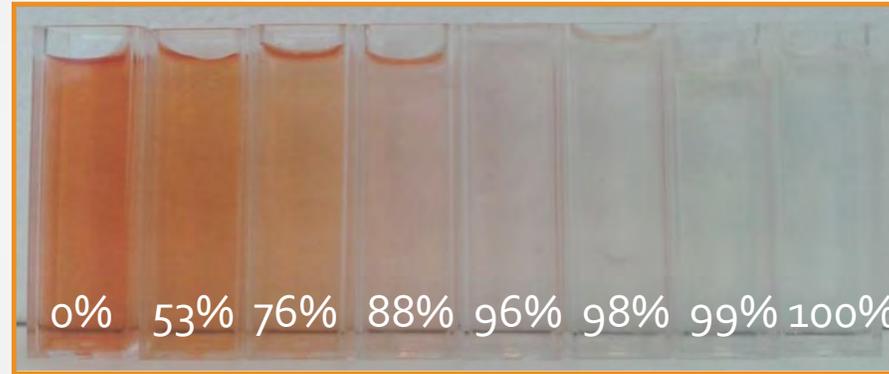
refluo

Trattamento di
decolorazione con
ozono

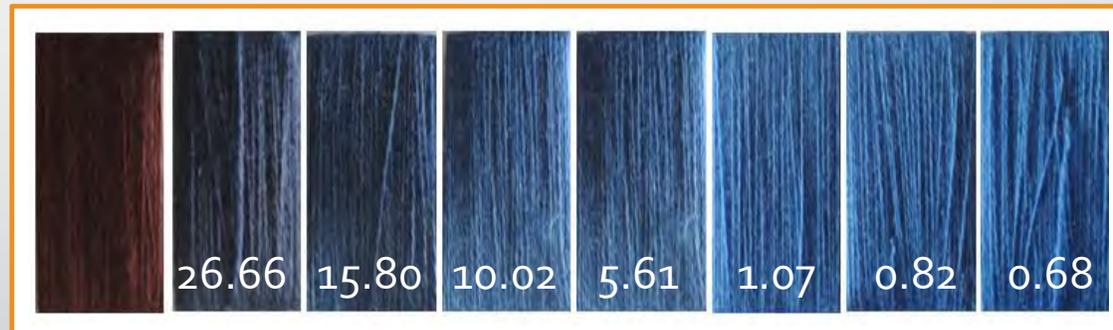
refluo decolorato

Tintura con acqua
decolorata

Analisi
spettrofotometrica
del filo tinto



Campione di
riferimento
tinto con acqua
pura



$$\Delta E \leq 1$$



PROCESSI DI OSSIDAZIONE AVANZATA

AOP (ADVANCED OXIDATION PROCESS)

Sistemi di trattamento con combinazione di più trattamenti ossidativi operanti in contemporanea

a) Sistemi omogenei senza radiazione

- O_3 + perossidi
- O_3 + alcali
- **Perossidi + Fenton (svantaggio tempi trattamento lunghi, precipitazioni)**
- **O_3 + US**
- **Cavitazione idrodinamica**

b) Sistemi omogenei con radiazione

- O_3 + UV
- Perossidi + UV/US
- Fotofenton (perossidi + Fenton)

c) Sistemi eterogenei con radiazione

- TiO_2 + UV/ O_3 /perossidi

Reattore UV



PROCESSI DI OSSIDAZIONE AVANZATA



US strumenti che generano vibrazioni a frequenze superiori alle frequenze udibili dall'orecchio umano

Azione US:

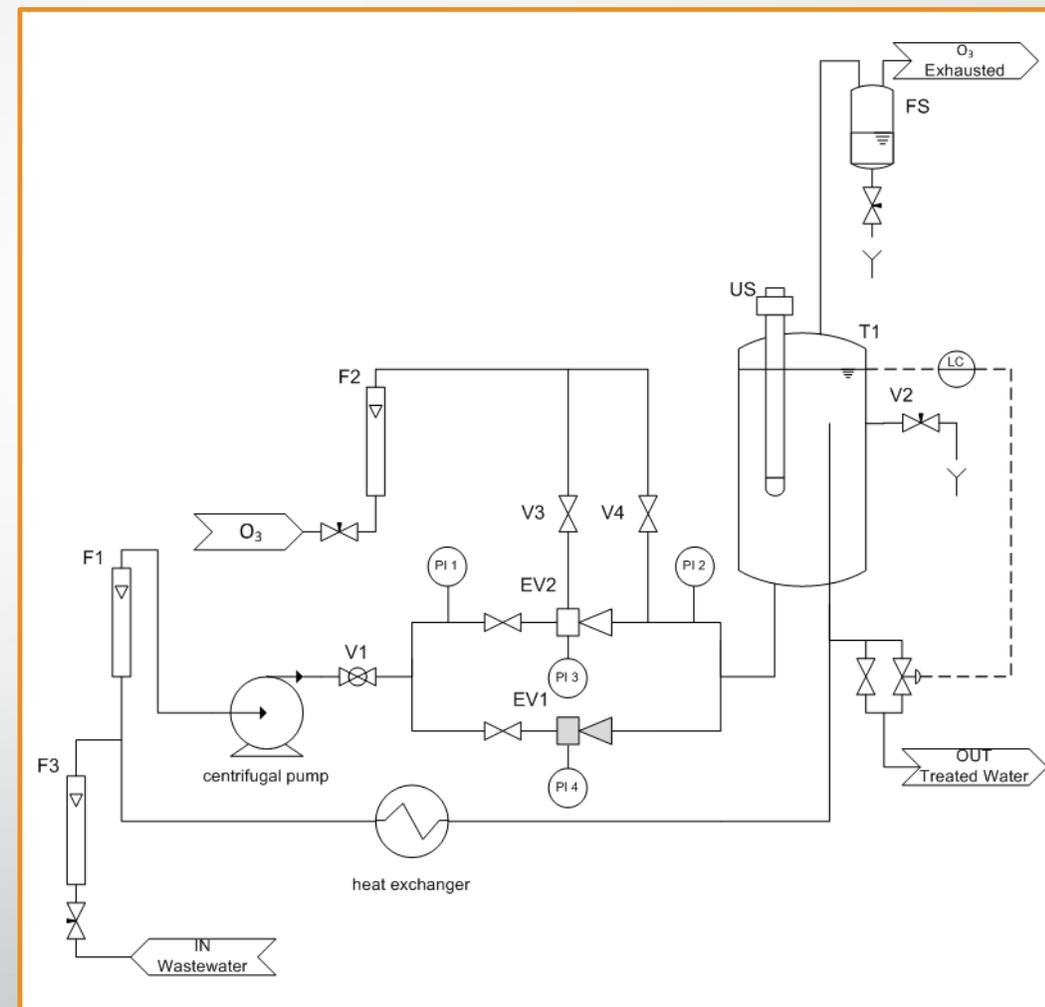
radicalica \Rightarrow formazione di radicali $OH\cdot$ (effetto minimo)

meccanica

Rottura degli aggregati di colorante

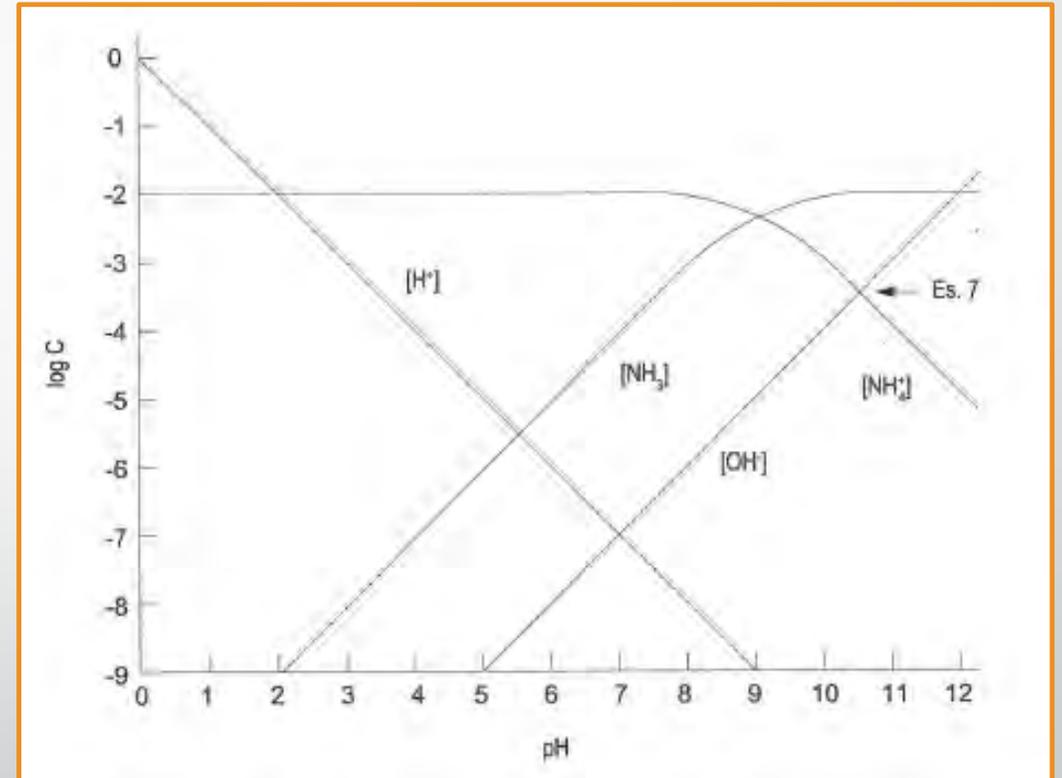
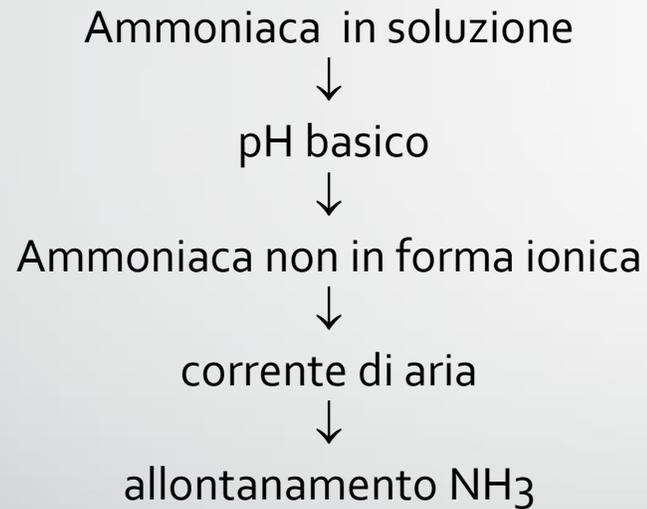


Coloranti dispersi
dimezzamento tempo di decolorazione al 98%



STRIPPING

- Rimozione NH_3 in alte concentrazioni
- A basse concentrazioni di NH_3 trattamenti a membrana o biologici

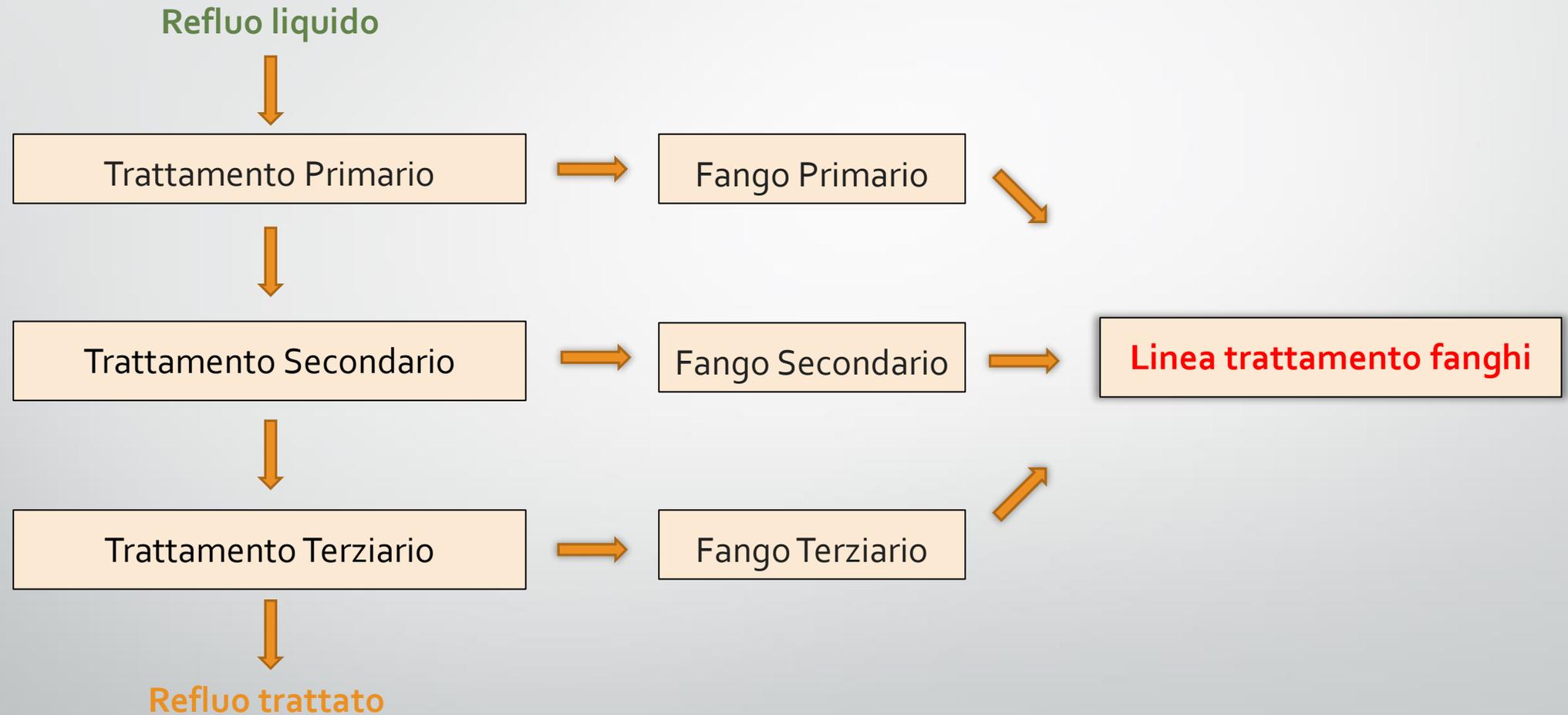


EVAPORAZIONE - DISTILLAZIONE

- Elevato costo di impianto
- Elevato costo di esercizio (utilizzo di combustibile ad hoc)
- Reflui concentrati non trattabili con metodologie differenti
es. reflui con elevato contenuto salino (RO non utilizzabile)
disponibilità di calore residuo o a basso costo

TRATTAMENTI REFLUI LIQUIDI

TRATTAMENTO FANGHI



TRATTAMENTO FANGHI

I fanghi contengono **tutti gli inquinanti rimossi** dal trattamento **in forma concentrata**

Elevato tenore di **solidi volatili** e sostanza facilmente putrescibile \Rightarrow **trattamento anaerobico**

Elevato contenuto di **solidi minerali** (no trattamento biologico) \Rightarrow **stabilizzazione chimica**

Il trattamento può essere gestito in **modalità separata o in combinazione** (fanghi misti)

Biogas

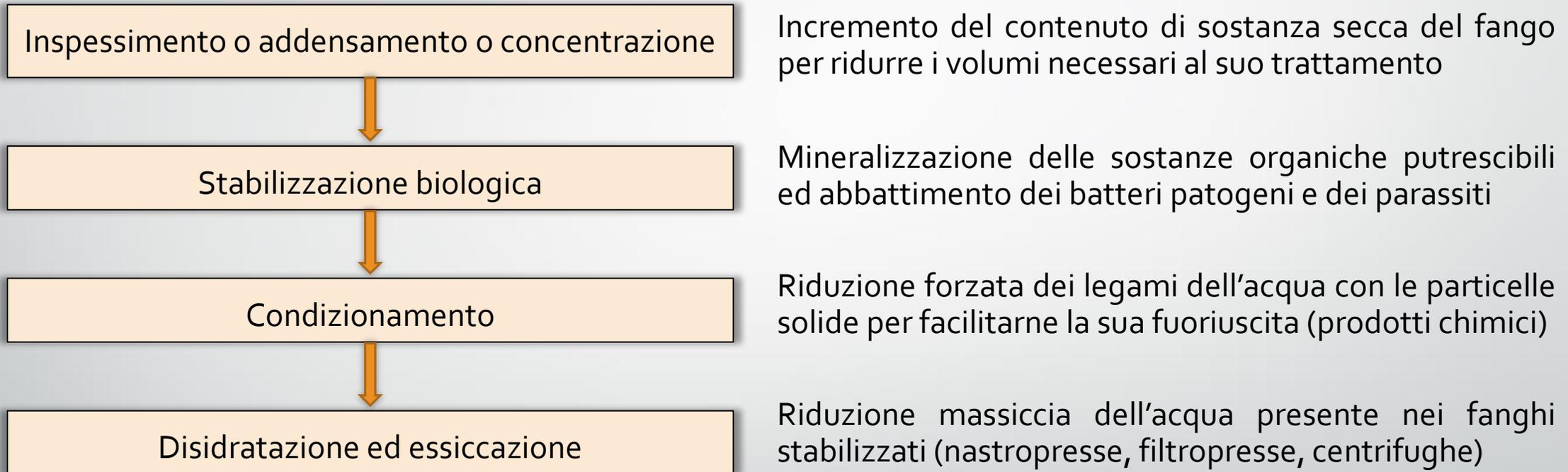
Incenerimento

Discarica

Agricoltura

TRATTAMENTO FANGHI

Trattamento fanghi misti: riduzione sostanza putrescibile e contenuto di acqua



Trattamenti biologici alternativi

TRATTAMENTI BIOLOGICI INNOVATIVI

Sistemi di trattamento *alternativi ai convenzionali*

Trattamenti Biologici

- SBR - *Sequencing Batch Reactor*
- **MBR** - *Membrane Biological reactor*
- **MBBR** - *Moving Bed BioReactor*
- **SBBGR** - *Sequencing Batch Biofilter Granular Reactor*

Possono operare in sostituzione o in abbinamento ai sistemi tradizionali

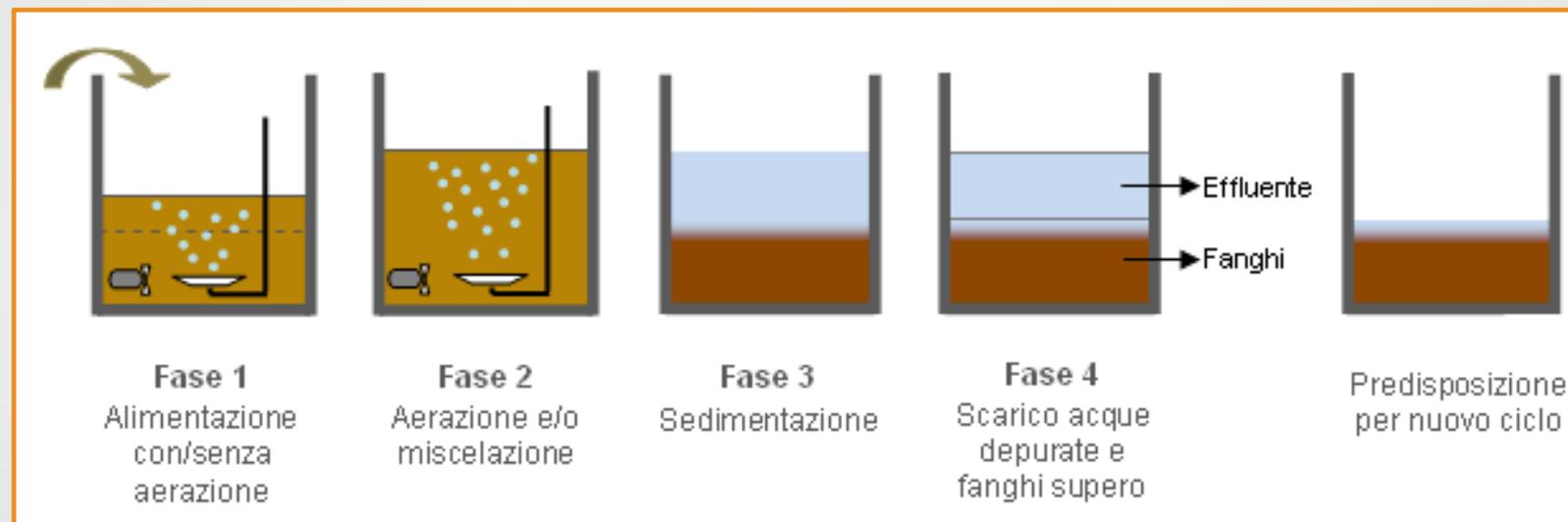
Permettono di conseguire particolari finalità:

- Riduzione dei costi di esercizio
- Incrementare le rese depurative
- Maggiore costanza nel tempo del rendimento di depurazione
- Maggiore affidabilità
- Riduzione dello spazio occupato

SBR - SEQUENCING BATCH REACTOR

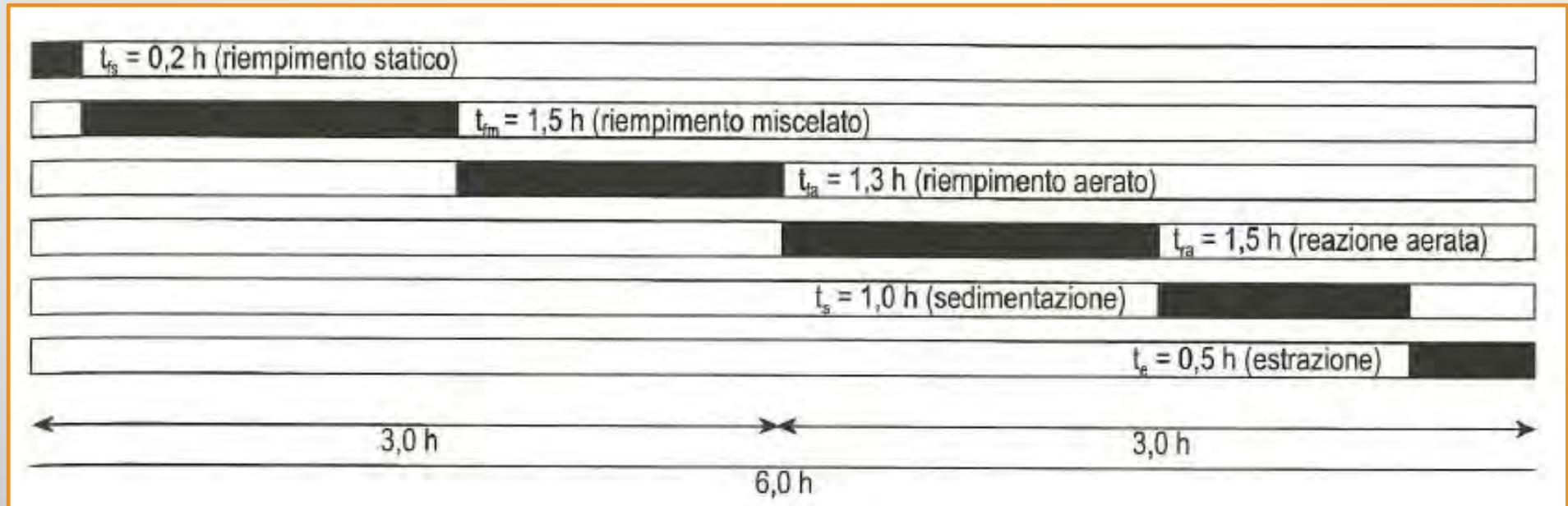
- Processo discontinuo
- Reazione biologica (riduzione COD e composti N) + sedimentazione in un unico reattore

Vasca di
equalizzazione



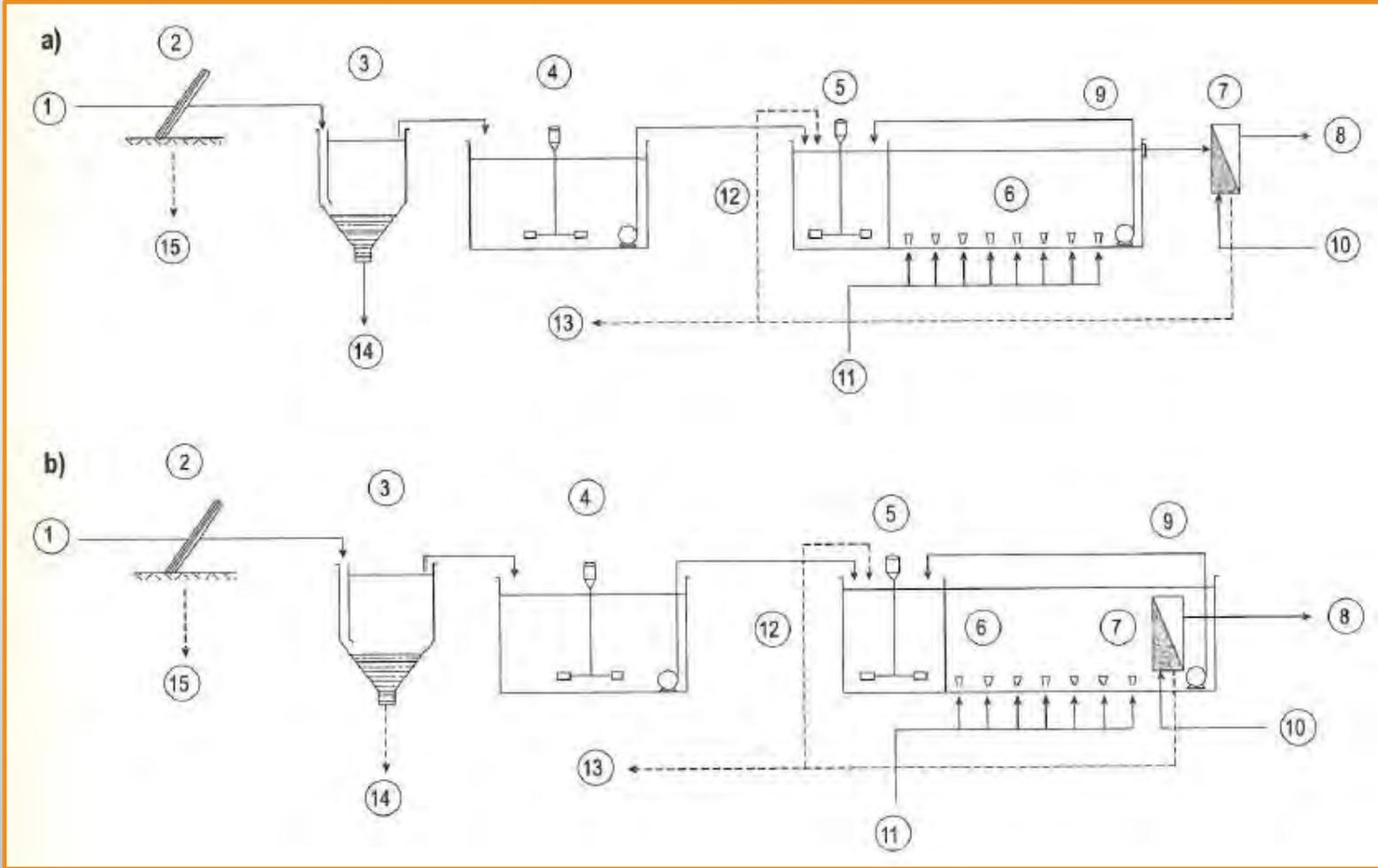
- Omogeneità refluo influente ⇒ protezione biomassa
- Assenza vasca di sedimentazione ⇒ riduzione costi

SBR - SEQUENCING BATCH REACTOR



MBR – MEMBRANE BIOLOGICAL REACTOR

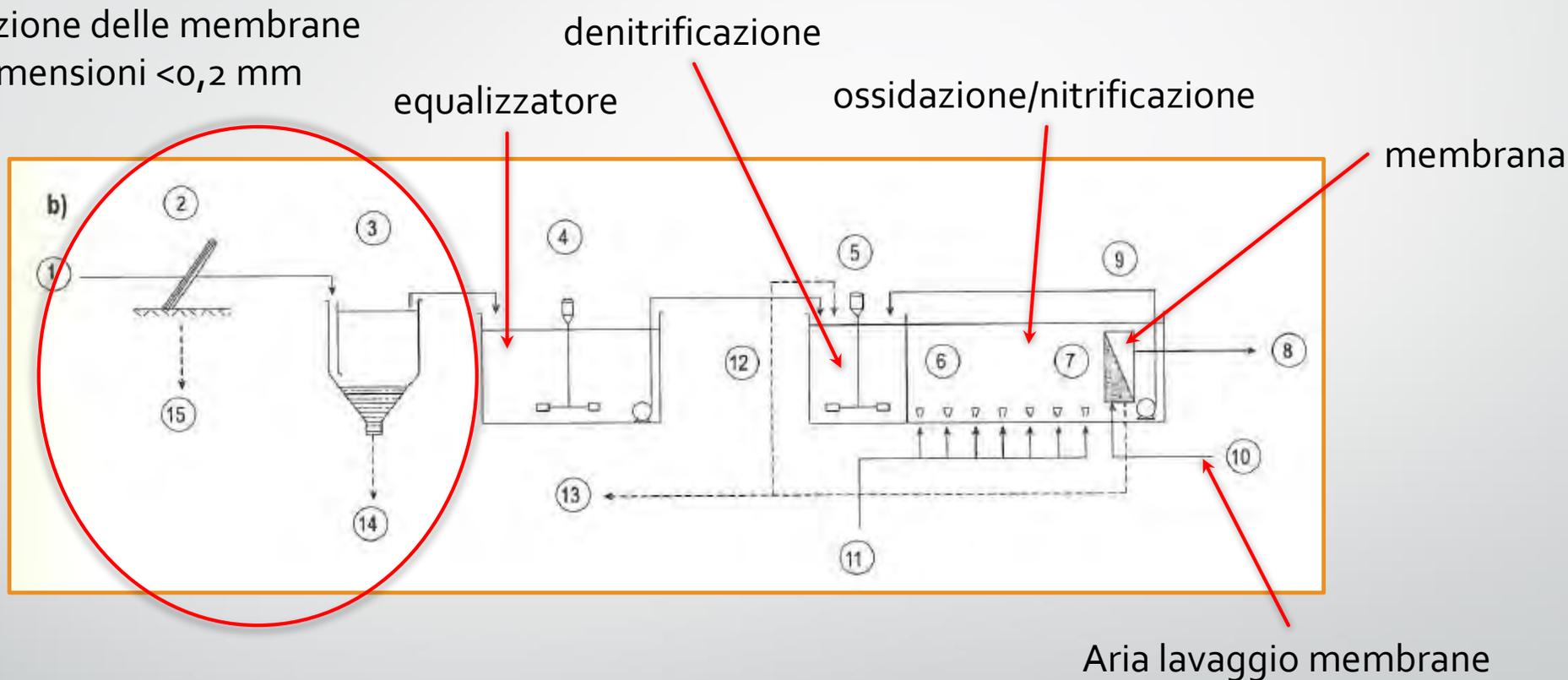
Sistema membrane esterne alla vasca



Sistema membrane interne alla vasca

MBR – MEMBRANE BIOLOGICAL REACTOR

Protezione delle membrane
dimensioni <0,2 mm

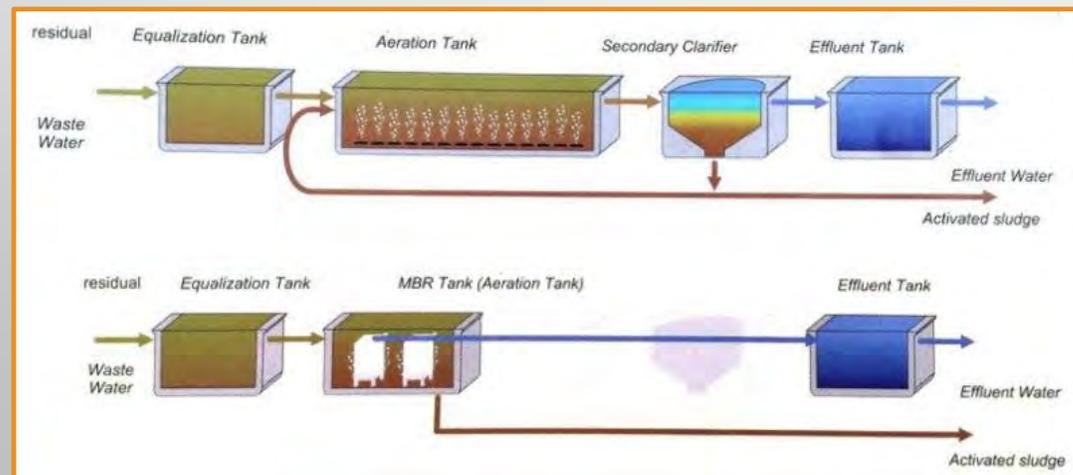


Necessarie pompe ricircolo vasca di ossidazione
per incrementare la turbolenza e la pulizia delle membrane

MBR – MEMBRANE BIOLOGICAL REACTOR

⇒ Vantaggi

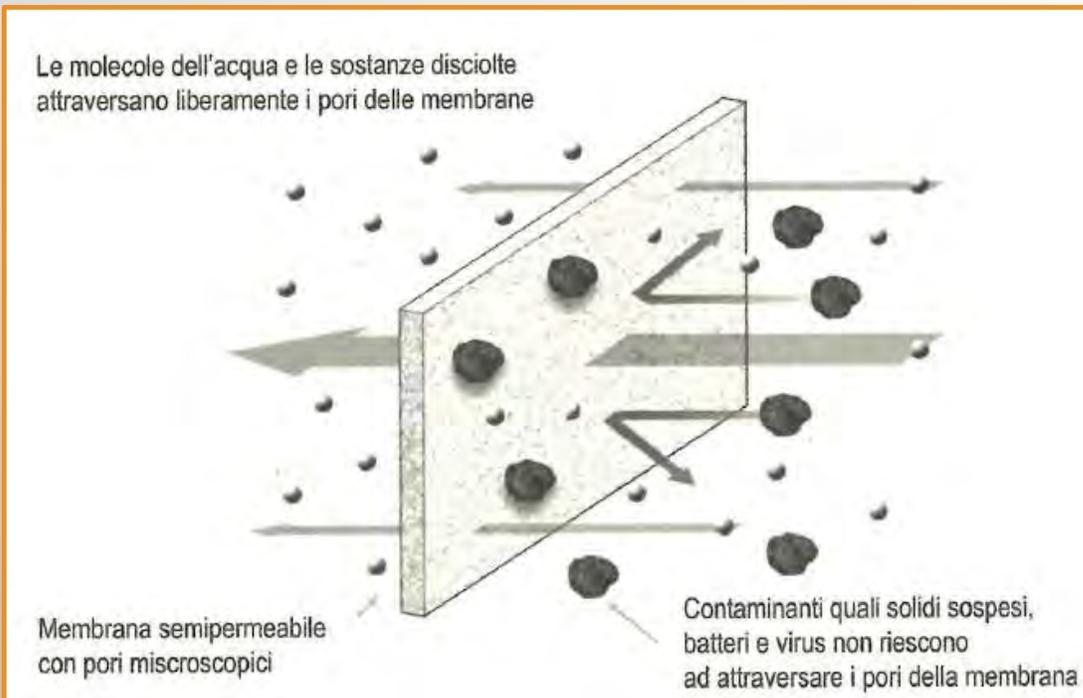
- **Ridotte dimensioni** impiantistiche (impianti coperti a basso impatto ambientale)
- **No fase di sedimentazione secondaria** (riduzione ingombro)
- Minore volume della vasca di ossidazione a parità di carico organico entrante
- **Elevata efficienza di rimozione** dei contaminanti con possibilità di riutilizzo nei cicli produttivi
- Assenza di disfunzionamenti gestionali (no wash out della biomassa, assenza bulking, ...)
- Le **elevate età del fango** portano ad una **produzione minore di fanghi di supero**, con conseguente riduzione dei costi per lo smaltimento.
- Consentono di **potenziare impianti esistenti**, contenendo al minimo gli interventi sulle strutture murarie.
- Vengono **realizzati in moduli** e possono quindi essere ampliati senza particolari difficoltà.



MBR – MEMBRANE BIOLOGICAL REACTOR

⇒ Svantaggi

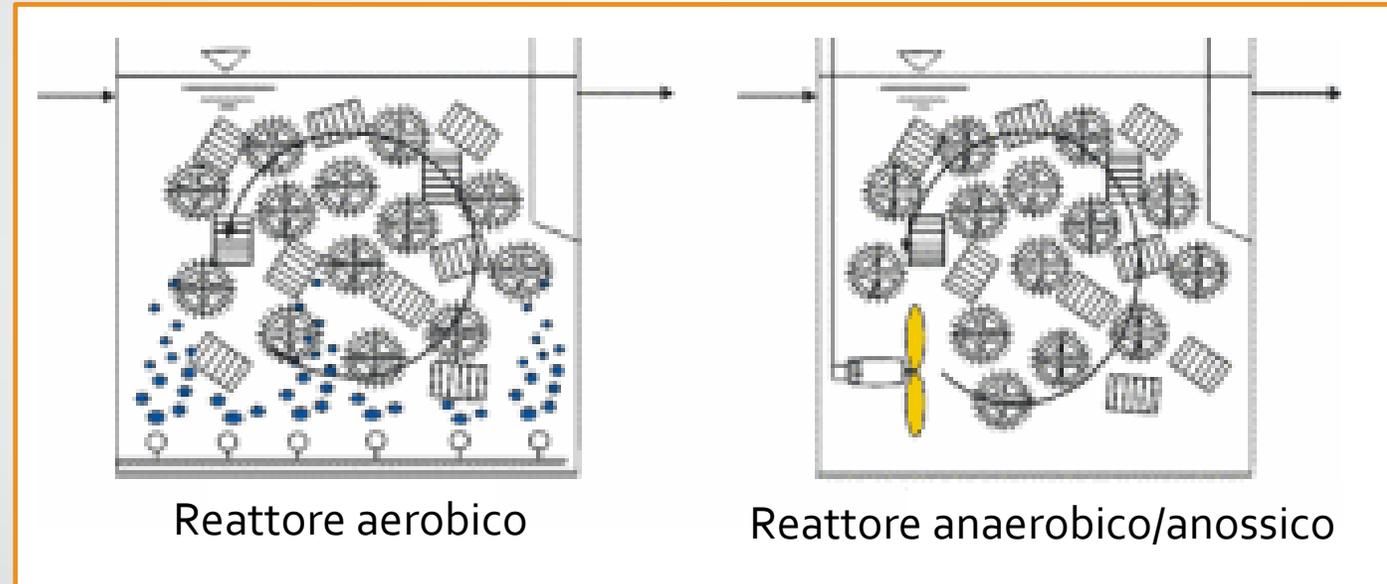
- Costo delle membrane (riduzione dei costi nel tempo)
- Gestione delle membrane



- **Fouling** o sporramento pori (controlavaggio o lavaggio chimico)
 - interno intasamento pori
 - esterno occlusione dei pori
- **Deterioramento** chimico-fisico ⇒ equalizzatore
- Accumulo interfaccia soluto con formazione di uno strato limite
- **Stima costo energetico**
 - FA 0,15 kWh/m³
 - MBR 0,3 – 0,8 kWh/m³
- **Costi di gestione** considerando la gestione del fango
MBR < FA

MBBR – MOVING BED BIOREACTOR

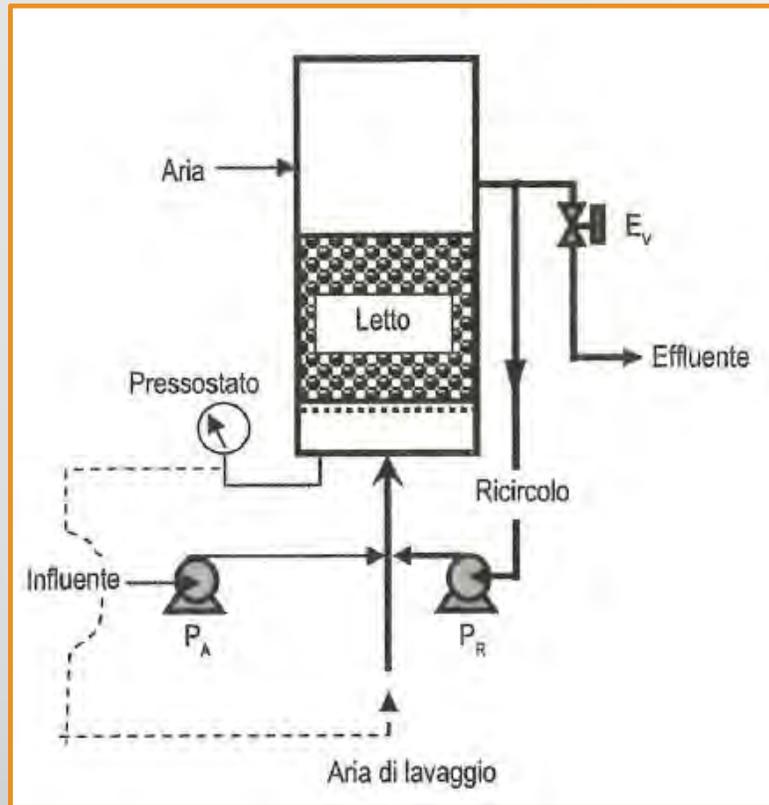
- La biomassa batterica si sviluppa su dei **supporti porosi** (incremento concentrazione del fango)
- Le vasche sono simili a quelle a fanghi attivi (presenza rete a maglia grossolana in uscita dal reattore)



Il film che si produce per attrito dallo spoglio del riempimento deve essere separato a valle del reattore in un sedimentatore

Non vi è ricircolo dei fanghi secondari

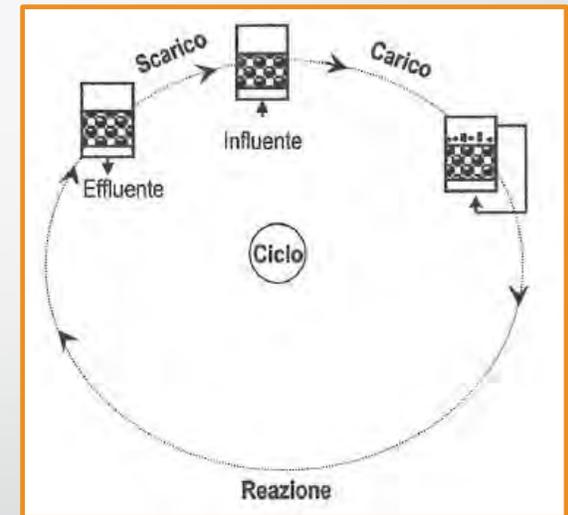
SBBGR - SEQUENCING BATCH BIOFILTER GRANULAR REACTOR



- Reattore a flusso ascendente (sperimentale)
- Trattamento discontinuo
- Riempimento
- Aerazione in zona esterna al riempimento

Fasi di funzionamento

1. Carico
2. Reazione
3. Scarico



Aumento concentrazione biomassa nel reattore



Aumento età del fango



Riduzione fango da smaltire (5/6 volte rispetto FA)

FITODEPURAZIONE

IRIDRA S.r.l.

Trattamento terziario impianto di depurazione di Bulgarograsso (CO) per decolorazione inquinanti del settore tessile



Portata trattata

9-22 m³/giorno (impianto pilota)

Tipologia di impianto

HF aerato + FWS aerato (tecnologia FBA™)

Anno di realizzazione

2016

Fotogallery

Tecnologia utilizzata	Paesi	% di rimozione	
HF	Australia	COD	64-72
VF	Regno Unito	BOD	66
HF-VF	Tanzania	TSS	93
	Portogallo	Colore	72-90
	Slovenia		
	Giappone		
	Italia		

Vymazal, J. (2014). Constructed wetlands for treatment of industrial wastewaters: a review. *Ecological Engineering*, 73, 724-751.



**GRAZIE
PER L'ATTENZIONE**

T.C.P. ENGINEERING S.R.L.

c/o Città Studi S.p.A.

C.so Pella 2/B - 13900, Biella

www.tcpengineering.com info@tcpengineering.com

BIBLIOGRAFIA

- Acque reflue, progettazione e gestione di impianti per il trattamento e lo smaltimento.
G. De Feo, S. De Gisi, M. Galasso
Dario Flaccovio Editore, 2012
- Ingegneria della acque reflue, trattamento e riuso.
Metcalf, Eddy
McGraw-Hill, 2003, 4^a edizione
- Treatment of wastewater from textile dyeing by ozonization
G. Actis Grande
Tesi di Dottorato
- <http://www.iridra.eu/it/>