

Corso di Laurea Triennale in
“SCIENZE BIOLOGICHE”

Anno Accademico 2022-2023

IGIENE

Acque reflue

Prof.ssa Valeria Di Onofrio

valeria.dionofrio@uniparthenope.it



SIS

Scuola Interdipartimentale
delle **Scienze**, dell'**Ingegneria**
e della **Salute**

DIPARTIMENTO DI SCIENZE E TECNOLOGIE (DIST)

LA NORMATIVA DI RIFERIMENTO PER IL TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE

**D.lgs.
152/2006
art. 74**

Direttiva Comunitaria
91/271/CEE

- ➔ **ACQUE NATURALI SUPERFICIALI:** le acque interne (correnti o stagnanti), ad eccezione di quelle sotterranee, le acque di transizione e le acque costiere;
- ➔ **INQUINAMENTO IDRICO:** l'introduzione diretta o indiretta, a seguito di attività umana, di sostanze o di calore nell'acqua, che possono nuocere alla salute umana o alla qualità degli ecosistemi acquatici;
- ➔ **ACQUE REFLUE DOMESTICHE:** acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche;
- ➔ **ACQUE REFLUE INDUSTRIALI:** 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 e da quelle meteoriche di dilavamento;
- ➔ **ACQUE REFLUE URBANE:** il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, e/o di acque meteoriche di dilavamento, convogliate in reti fognarie e provenienti da agglomerato;
- ➔ **AGGLOMERATO:** l'area in cui la popolazione o le attività produttive sono concentrate in misura tale da rendere ammissibile, sia tecnicamente che economicamente in rapporto anche ai benefici ambientali conseguibili, la raccolta e il convogliamento in fognatura delle acque reflue urbane verso un sistema di trattamento o verso un punto di recapito finale;

TIPI DI CONTAMINANTI

- Naturali
- Artificiali
- ✳ Biodegradabili
- ✳ A degradabilità intermedia
- ✳ Non biodegradabili
- Sostanze disciolte o colloidali
- Sostanze sospese
 - Sedimentabili
 - Non sedimentabili

	DISCIOLTI			COLLOIDI			SOSPESI NON FILTRABILI	
μ	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}	1	10^1	10^2
mm	10^{-8}	10^{-7}	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	10^{-2}	10^{-1}
				FLOCCULABILI			SEDIMENTABILI	

Classificazione e campo di dimensioni delle particelle presenti in acqua

PROBLEMI LEGATI AI REFLUI

SANITARI

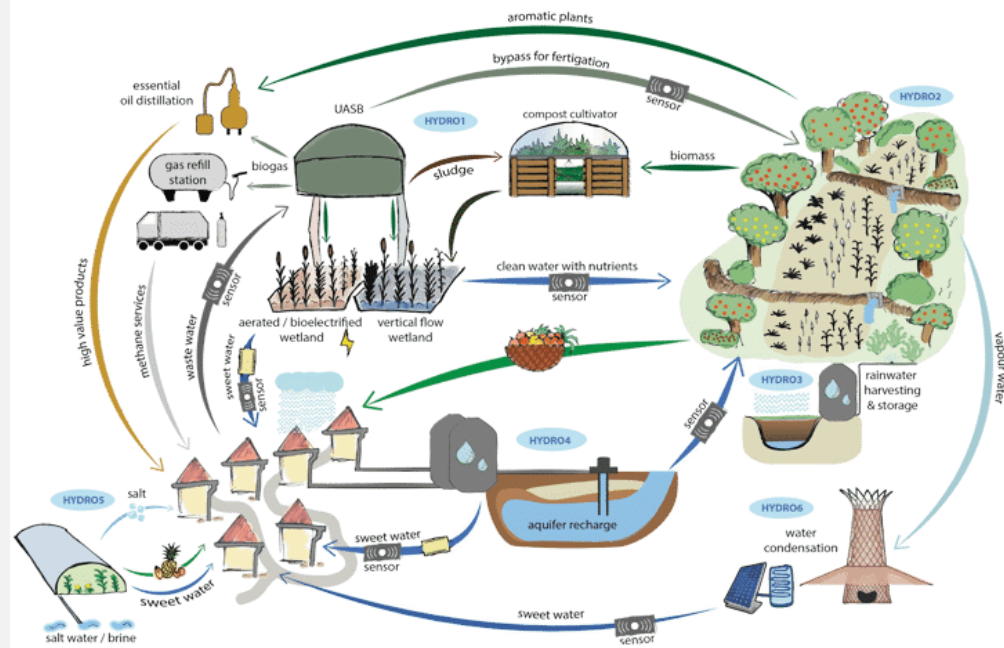
- ✓ pericolo infettivo e tossico
- ✓ bioaccumulo di contaminanti

AMBIENTALI

- ✓ putrefattivo
- ✓ alterazione degli ecosistemi
- ✓ problemi estetici



GESTIONE ACQUE REFLUE IN OTTICA DI ECONOMIA CIRCOLARE



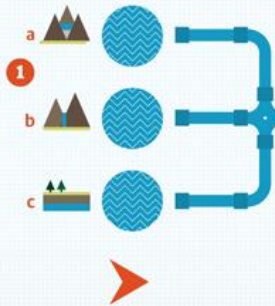
Prevede il riutilizzo dell'acqua depurata, prevalentemente in agricoltura, e nel recupero sostenibile delle risorse materiali ed energetiche contenute nelle acque reflue, trasformando così i depuratori in impianti di bio-raffinazione che convertono sostanze di scarto in prodotti utili, quali biogas e biometano, fertilizzanti (azoto, fosforo), sostanze organiche (cellulosa).

LA FILIERA DELL'ACQUA



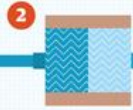
APPROVVIGIONAMENTO

Da invasi artificiali (a), sorgenti (b), e falde (c)



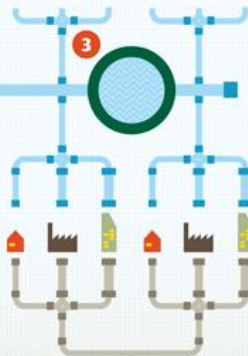
TRATTAMENTO

Potabilizzazione e disinfezione per eliminare gli inquinanti



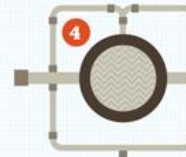
DISTRIBUZIONE

Somministrazione dell'acqua potabile all'utenza



COLLETTAMENTO

Raccolta e trasporto delle acque attraverso la fognatura



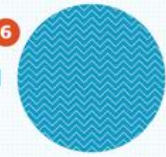
DEPURAZIONE

Eliminazione delle acque reflue dalle sostanze inquinanti non presenti nell'acqua erogata



ESPULSIONE

Le acque depurate vengono restituite all'ambiente



LE 6 TAPPE

1. Approvvigionamento
2. Trattamento
3. Distribuzione
4. Collettamento
5. Depurazione
6. Espulsione o smaltimento

La «FILIERA» DEI LIQUAMI

- ❖ Raccolta
- ❖ Allontanamento
- ❖ Trattamento
- ❖ Smaltimento

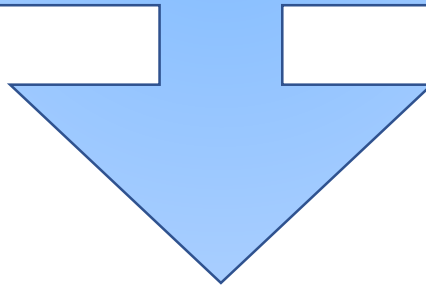
RACCOLTA

IMPIANTI DI SCARICO: insieme di tubazioni che permettono il corretto deflusso delle acque di apparecchi idrosanitari, evitando tutti quei problemi di igiene che possono insorgere qualora l'impianto non funzioni.

Acque nere: provenienti dagli apparecchi igienico-sanitari dei bagni, in particolari vasi e orinatoi.

Acque bianche: le acque usate per il lavaggio delle strade, quelle di raffreddamento che vengono dalle industrie, oppure quelle superficiali come pioggia o acque meteoritiche.

Acque grigie: provenienti da apparecchiature nelle quali vengono utilizzati detersivi, come lavelli da cucina, lavabi, lavabiancheria.



Devono essere raccolte e convogliate, attraverso diramazioni di scarico, in condotte di solito verticali fino agli impianti di trattamento in loco o in fognatura.

ALLONTANAMENTO

- **Fognatura statica**

Consiste nel conservare i liquami nel luogo stesso della raccolta, lasciando che essi subiscano in sito una parziale o totale trasformazione per poi essere smaltiti in depuratore. Per esempio il pozzo nero, non più utilizzato.

- Pozzi percolanti
- Pozzi a tenuta (non percolanti)

- **Fognatura dinamica a sistema separato**

Costituita da due distinti sistemi di canali (detti rispettivamente “neri” e “bianchi”), uno che raccoglie e convoglia le acque usate di origine civile e/o industriale e l’altro che raccoglie e convoglia le acque di origine meteorica.

- **Fognatura dinamica a sistema misto**

Raccoglie nella stessa canalizzazione sia le acque di tempo asciutto (acque reflue di insediamenti civili e/o produttivi) che quelle di origine pluviale.

UBICAZIONE

- ***idonea posizione plano-altimetrico*** rispetto al sistema fognario da servire. Si deve preferire il convogliamento delle acque reflue all'impianto per gravità
- ***dimensioni dell'area*** destinata alla realizzazione dell'impianto
- presenza di un ***idoneo recapito*** finale dove convogliare la portata depurata
- presenza di ***falda freatica***
- presenza di aree soggette a ***rischio di inondazione***
- presenza di ***preesistenze aree archeologiche e storico-culturale***, e di valenze naturalistiche e paesaggistiche
- idonea ***distanza dai centri abitati*** in modo da proteggerli da rumori e odori molesti.
- idonea ***distanza dalle opere di adduzione dell'acqua potabile*** per scongiurare inquinamenti

REFLUI: LE QUANTITÀ

Consumo di acqua pro-capite in Italia 428 litri/abit. Giorno
(dati ISTAT 2018)

✓ **Abitanti Comune di Napoli**

Nel comune di Napoli la **popolazione residente**, costituita dalle persone aventi dimora abituale nello stesso comune, ammonta a 1.004.500 unità.

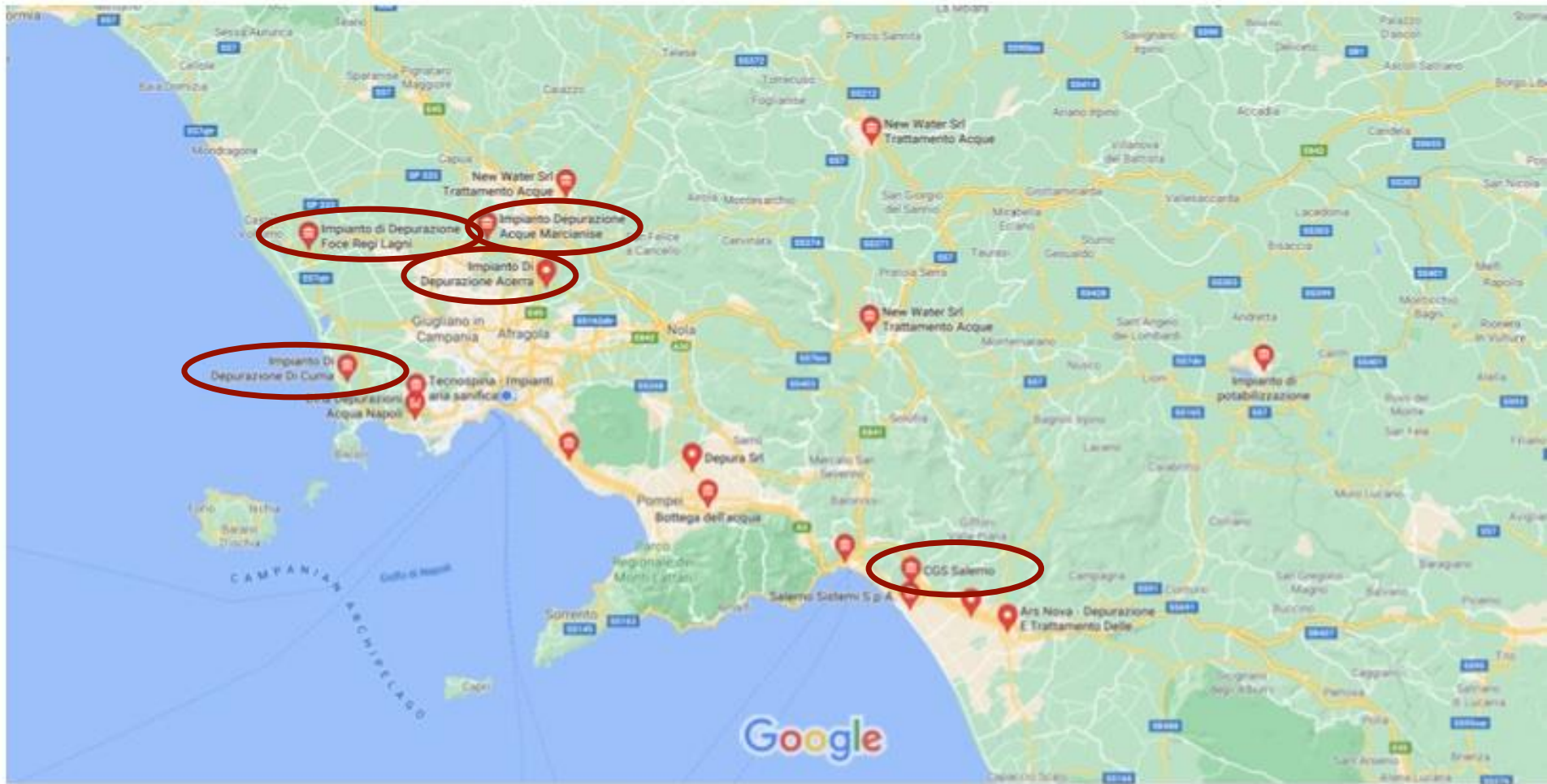
✓ **Abitanti Regione Campania
Censimento Campania 2021**

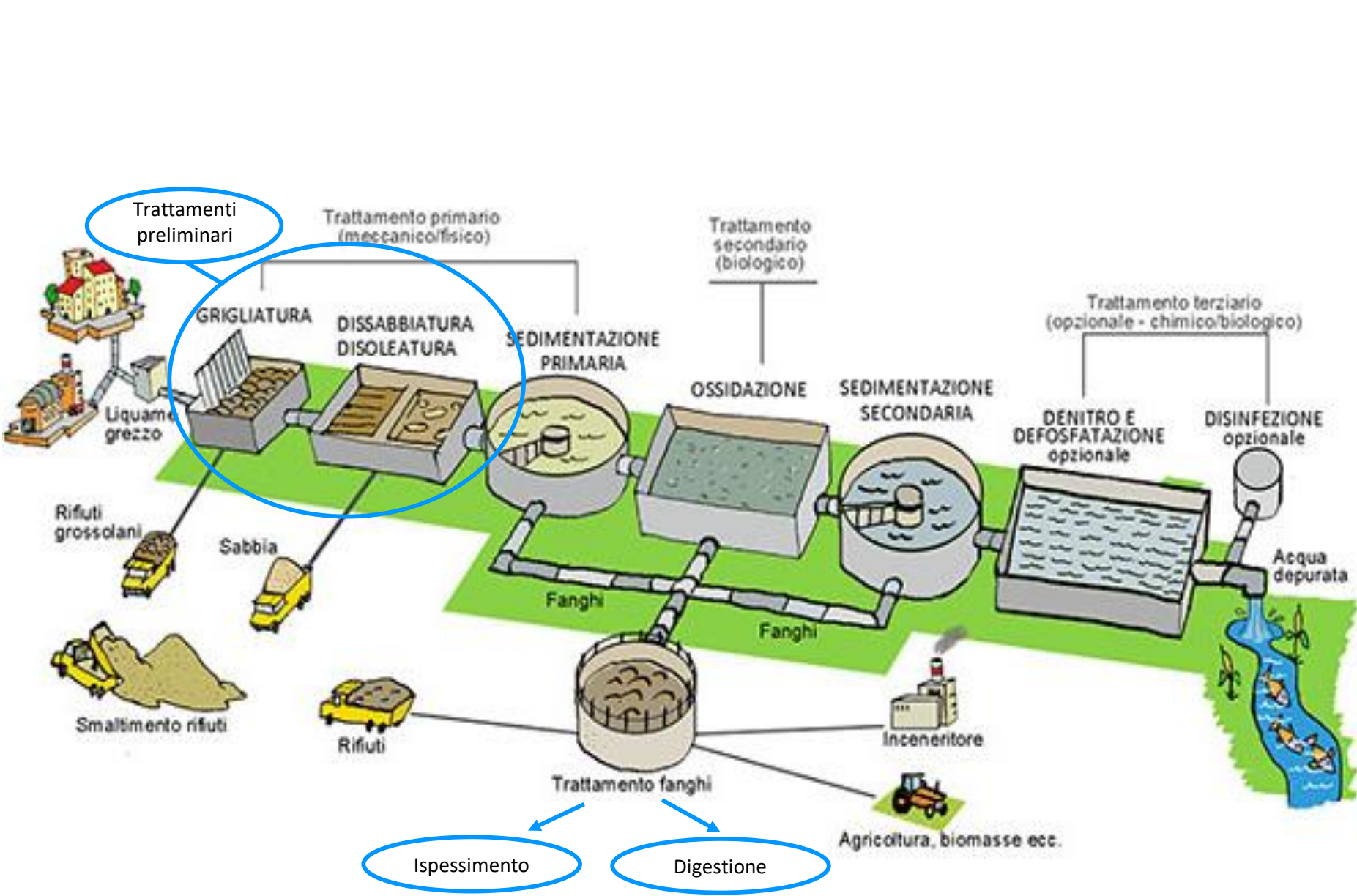
La popolazione censita in Campania al 31 dicembre 2019 ammonta a 5.712.143 unità.

✓ **Volume reflui Napoli** 316.000 m³/giorno

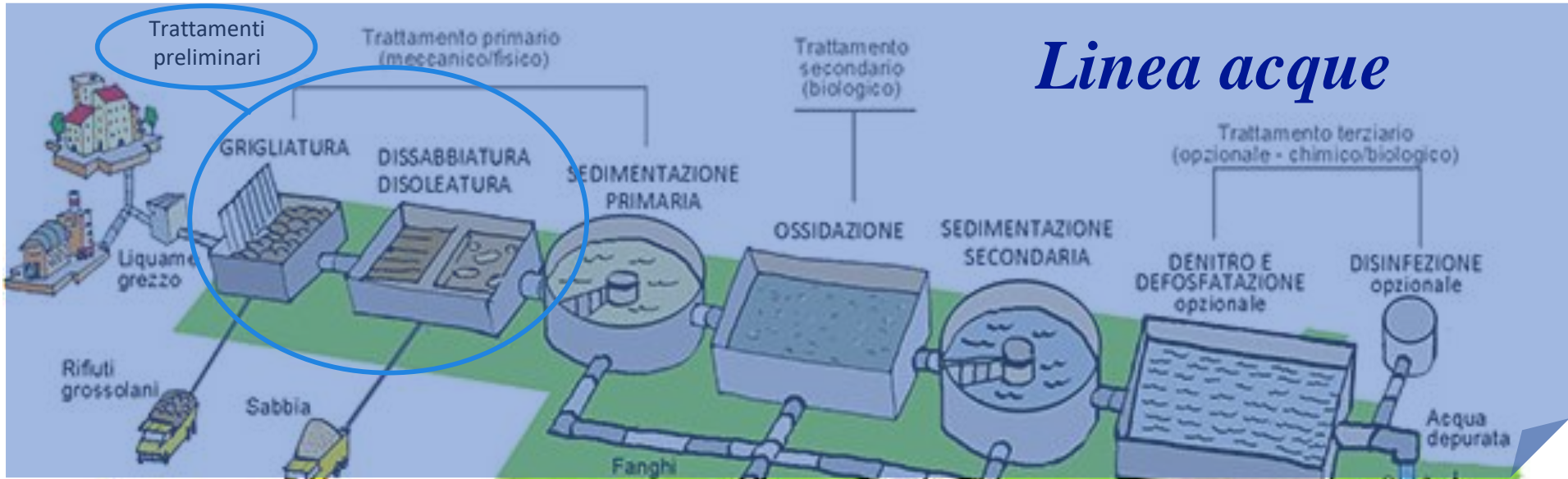
✓ **Volume reflui Campania** 1.730.000 m³/giorno

Google Maps impianto di depurazione





Linea acque



Linea fanghi

TRATTAMENTI PRELIMINARI

Allontanano i materiali sospesi e neutralizzano o trasformano le sostanze inorganiche nocive.

- ✓ Grigliatura
- ✓ Dissabbiatura
- ✓ Disoleatura



TRATTAMENTI PRELIMINARI



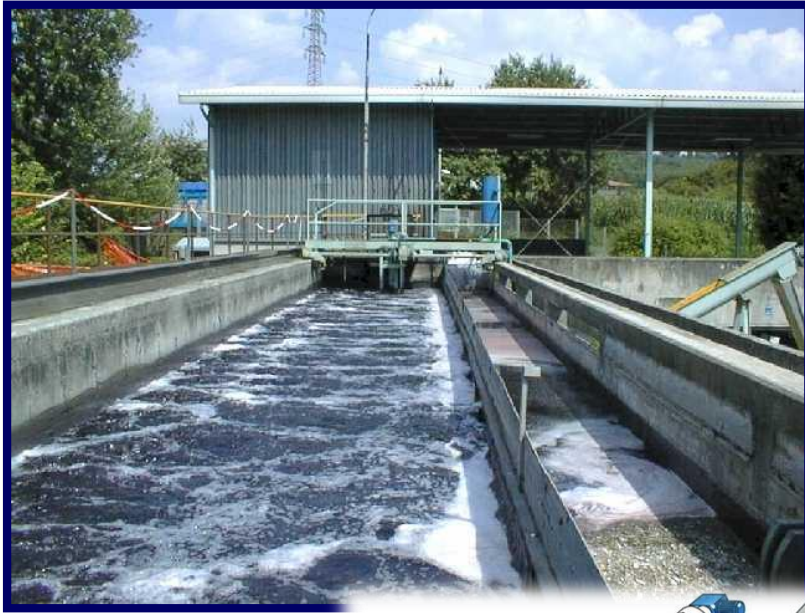
➤ *Grigliatura grossolana*

➤ *Grigliatura fine*



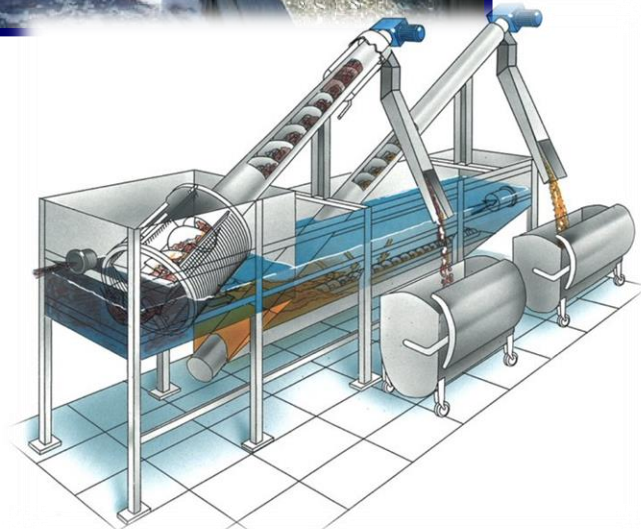
Di regola la prima fase del trattamento preliminare prevede una grigliatura **GROSSOLANA** seguita da un'altra griglia più **FINE**.

TRATTAMENTI PRELIMINARI



Dissabbiatura

È prevista per l'allontanamento di terricci e degli altri materiali inorganici di diametro $> 0,2$ mm presenti in sospensione nelle acque di rifiuto (quali ad esempio pezzetti di vetro e di metallo, sassolini e in genere tutti i materiali pesanti e abrasivi).



TRATTAMENTI PRELIMINARI

Disoleatura

Introdotta a valle delle griglie e dei dissabbiatori, quando sia accertato che oli e grassi siano presenti nei reflui in quantità tali da influenzare negativamente i trattamenti successivi, soprattutto con riferimento ai trattamenti biologici.

Gli oli tendono a *rivestire le materie biologiche* impedendo così il contatto di queste con l'O₂ limitando il trattamento ossidativo.

A volte ha lo scopo di recuperare gli oli e i grassi presenti nei reflui al fine del loro riutilizzo.

Il trattamento di disoleazione si fonda sul **minor peso specifico** di grassi e oli rispetto all'acqua, che ne consente il galleggiamento.



TRATTAMENTI PRIMARI

Trattamenti chimico-fisici

Lo **scopo** è separare i **solidi sospesi sedimentabili** che non si sono fermati nei precedenti trattamenti.

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA

- ➔ Avviene in **bacini** in cui si crea una zona di **calma** che permette la sedimentazione di materia per gravità.
- ➔ I **bacini** si distinguono in base alla **direzione** di **flusso** del refluo tra ingresso e uscita:
 - *flusso verticale;*
 - *flusso orizzontale longitudinale;*
 - *flusso orizzontale radiale.*
- ➔ Il **tempo** di **permanenza** del refluo, scelto per il dimensionamento del bacino, è generalmente di 2h.
- ➔ Questa fase porta all'abbattimento di solidi sospesi compreso tra 50-60% e di BOD₅ tra 25-30%.

SEDIMENTAZIONE PRIMARIA



TRATTAMENTI SECONDARI

Tendono a ridurre il tenore di inquinanti organici

Ossidazione biologica

biodegradazione da parte di microrganismi di tutte le sostanze organiche presenti nell'acqua da depurare, fino a trasformarle in sostanze più semplici ed innocue dal punto di vista ambientale



TRATTAMENTI BIOLOGICI

La biomassa batterica cresce restando **ADESA A UNA SUPERFICIE**

ADESA

Biomassa

DISPERSA

Presenza di **flocchi liberi** di muoversi all'interno della massa liquida



LETTI PERCOLATORI

Vasche circolari di grandi dimensioni riempite con materiale inerte: pietrisco, ghiaia...(filtro).

Il liquame è fatto cadere a pioggia.

Si forma un film biologico (BIOFILM) sulla superficie del materiale.

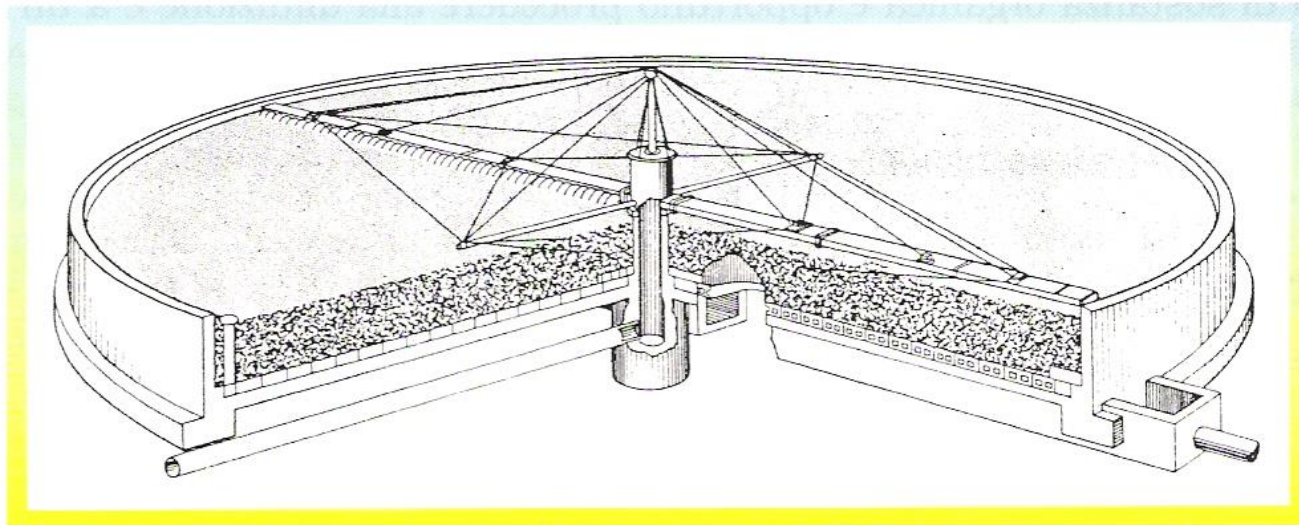
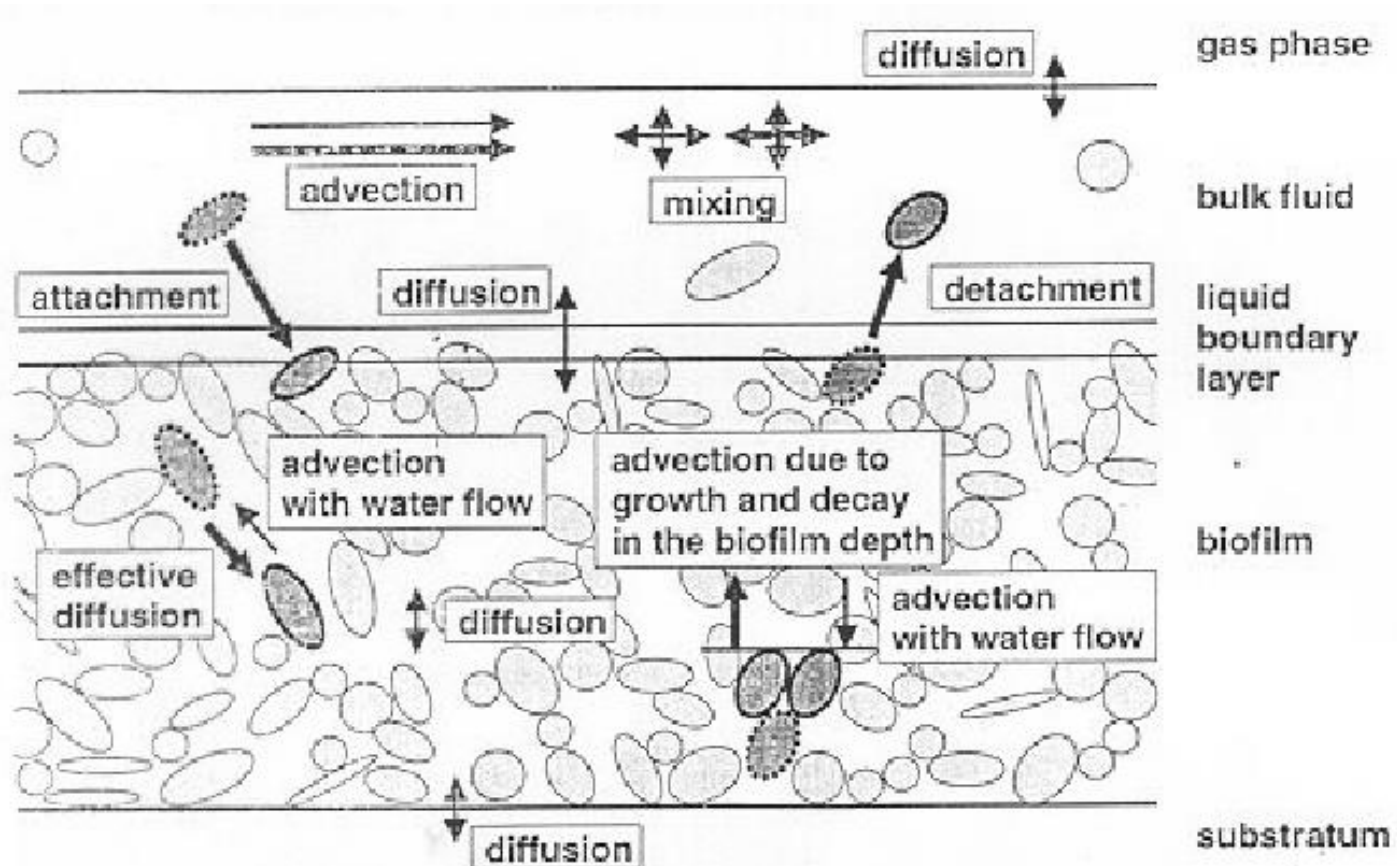


Fig. 16.3. Schema di filtro percolatore.

COMPOSIZIONE DEL BIOFILM

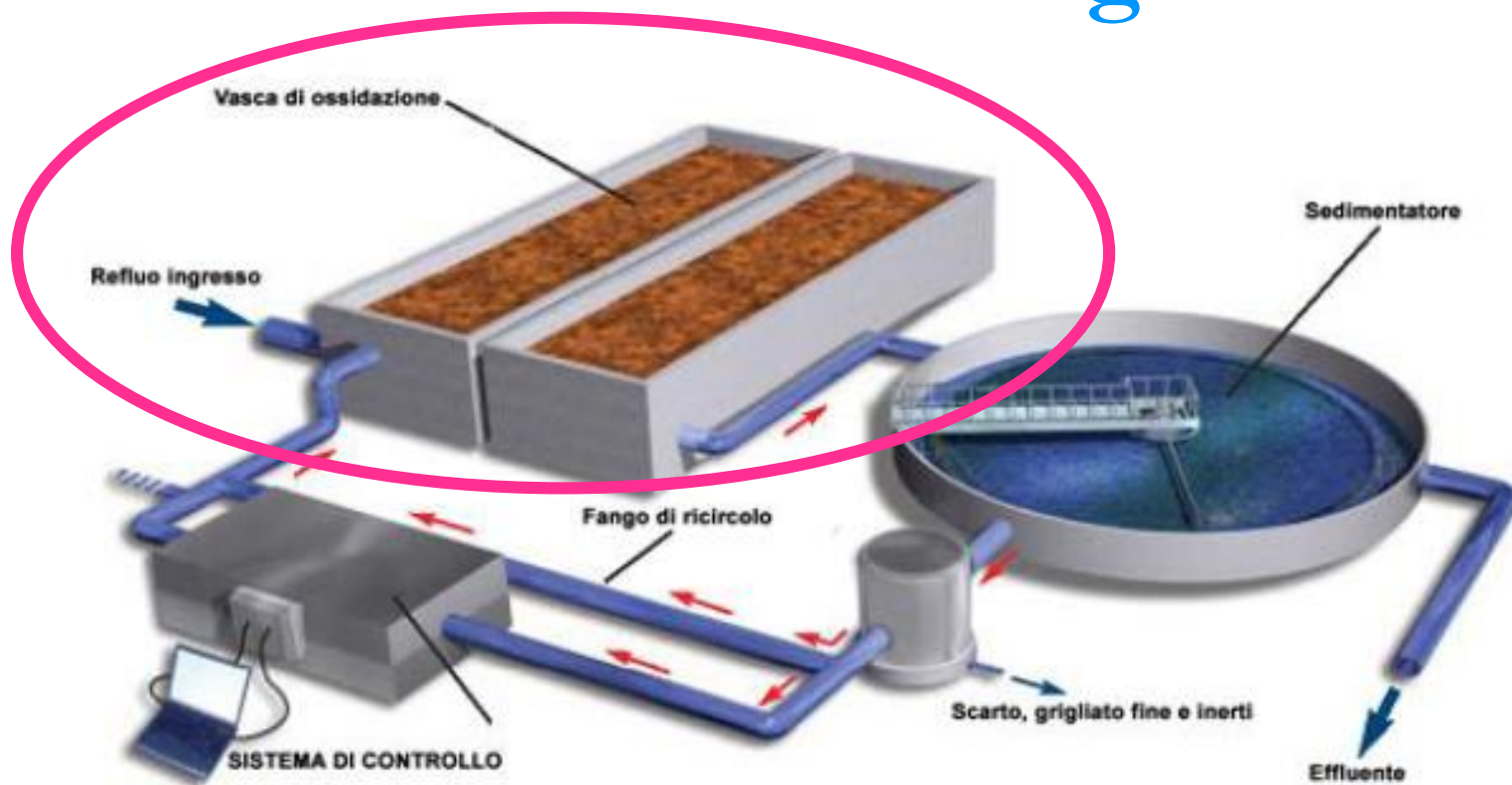
- ✓ Microorganismi adesi ad un materiale di supporto.
- ✓ Matrice di esopolimeri organici di origine microbica.
- ✓ Materiali inorganici in sospensione che aderiscono.



TRATTAMENTI SECONDARI

Ossidazione biologica

IMPIANTO A FANGHI ATTIVI



Lagune areate: sono sistemi a fanghi attivi, formati però da vasche molto estese e poco profonde (50 cm), senza sistemi di aerazione forzata. Sistema di trattamento discontinuo.

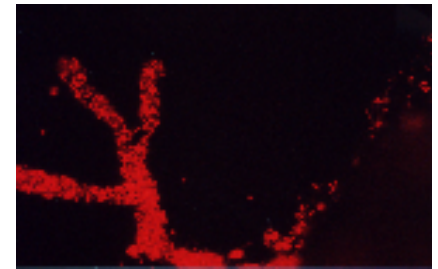
BIOMASSA DISPERSA – FANGHI ATTIVI



FANGO ATTIVO

Il fango attivo è costituito da componenti organiche ed inorganiche che si aggregano a formare i cosiddetti fiocchi. Questi contengono diverse specie di microrganismi:

- **FIOCIFORMATORI:** *Pseudomonas*, *Achromobacter*, *Alcaligenes*,...capaci di convertire substrato organico in glicocalice (strato contenente polisaccaridi che circonda la parete cellulare) che consente alle cellule di formare aggregati batterici favorendo la bioflocculazione.
- **FILAMENTOSI:** favoriscono la compattezza del fiocco costituendo lo scheletro su cui si accumulano sostanze inerti, altri batteri, ecc. Tra i microrganismi filamentosi nei fanghi attivi si possono trovare funghi, attinomiceti e batteri che presentano caratteristico accrescimento a filamento.



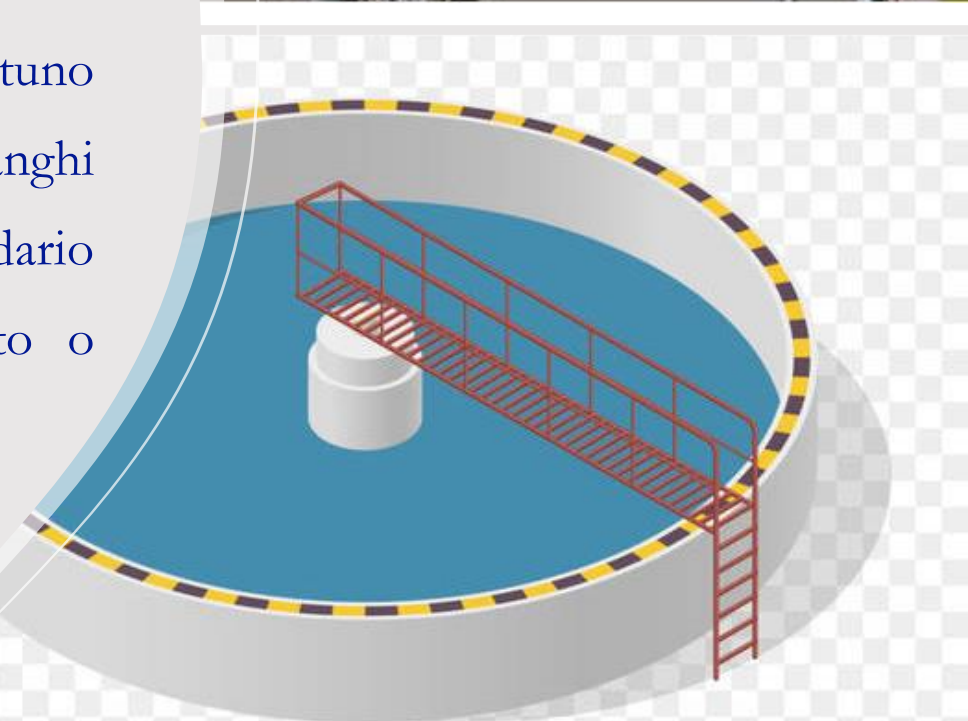
FATTORI CHE INFLUENZANO LA FORMAZIONE DEL FIOCCO

- ***Rigonfiamento (bulking) dei fiocchi:*** i microrganismi filamentosi si espandono verso l'esterno del fiocco, il quale diventa gelatinoso e trattiene acqua; la sedimentazione viene ostacolata.
- ***Formazione di schiume biologiche:*** sono dovute anch'esse a microrganismi di forma filamentosa, che si accrescono sulla superficie delle vasche formando masse rigide che disturbano la sedimentazione.
- ***Crescita dispersa:*** per la presenza di tensioattivi o sostanze tossiche i batteri non aderiscono fra loro, e non determinano più la formazione di fiocchi.
- ***Formazione di fiocchi troppo piccoli (pin point):*** l'effluente è torbido, i solidi rimangono in sospensione e non si ha alcuna separazione di sedimento.

SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

Segue la fase ossidativa e ha il compito di separare i fanghi biologici dal resto del refluo chiarificato o trattato.

Infatti, dopo un tempo opportuno trascorso nella vasca di ossidazione, i fanghi attivi passano al sedimentatore secondario dove si separano dal refluo trattato o chiarificato.



SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

Nel sedimentatore secondario

VICINANZA DEL PELO LIBERO

refluo chiarificato (l'acqua trattata, più chiara)



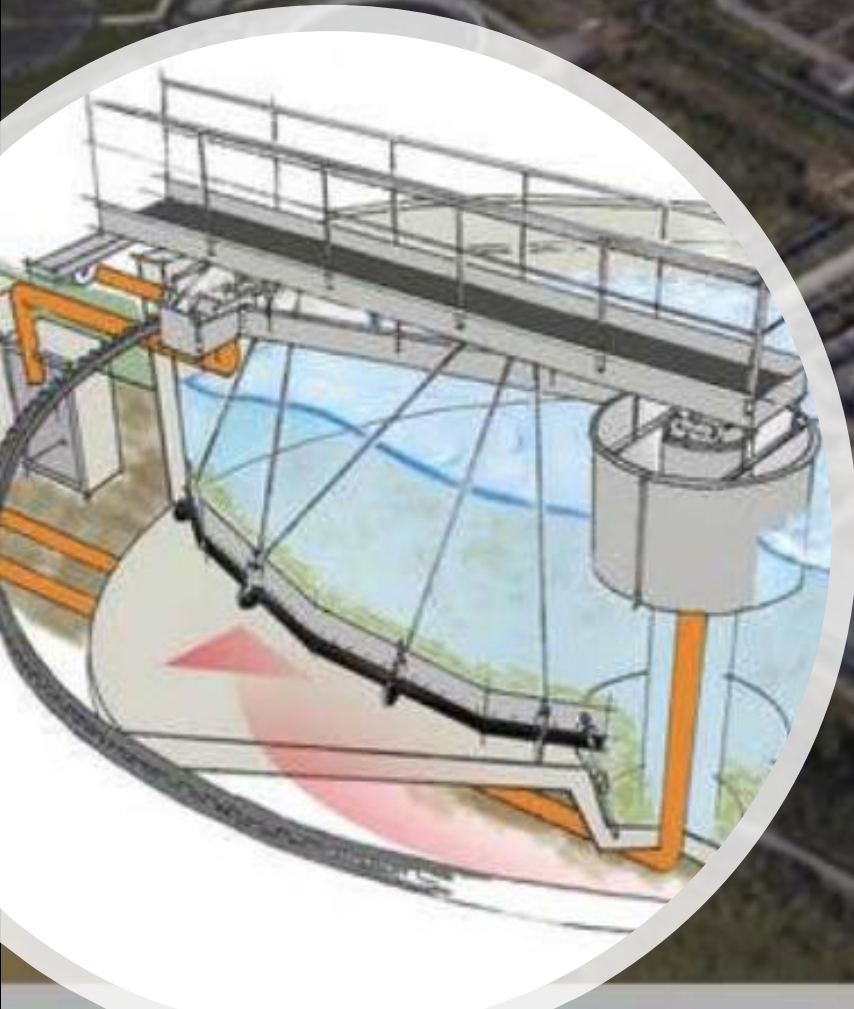
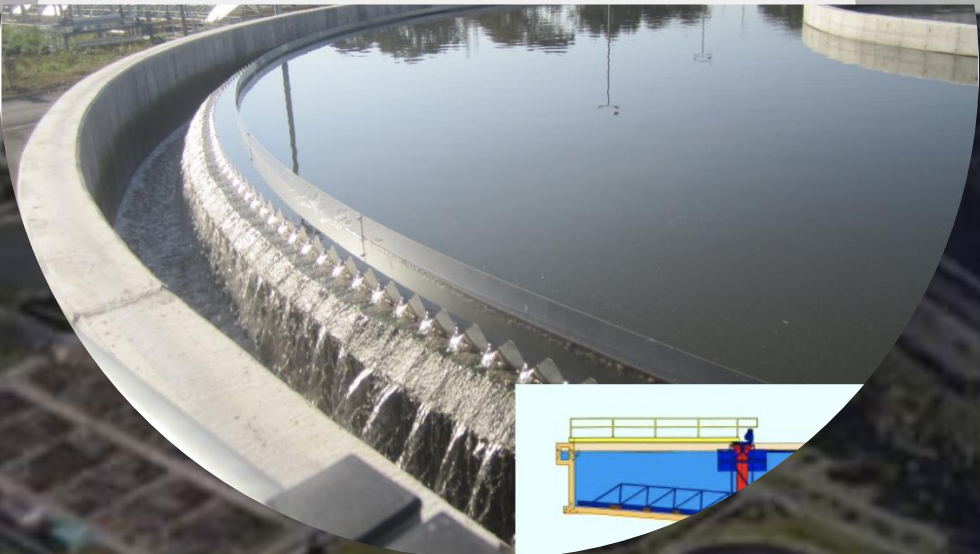
(*linea acque*) verrà avviato ad ulteriori trattamenti come la denitrificazione, la defosfatazione e la disinfezione

FONDO

accumulo fanghi biologici sedimentati



(*linea fanghi*) possono essere pompate nuovamente nella vasca di ossidazione o nel primo sedimentatore per migliorare le caratteristiche dei fanghi primari; possono subire l'ispessimento, la digestione e altri trattamenti finalizzati allo smaltimento a norma di legge



SEDIMENTAZIONE SECONDARIA

TRATTAMENTI TERZIARI

Importantissimi per permettere una depurazione ancora più efficace e spinta

A MONTE
DELLA VASCA DI
OSSIDAZIONE

A VALLE DEL
PROCESSO
OSSIDATIVO

MIGLIORANO

le caratteristiche del fango biologico con il conseguente aumento della resa dell'ossidazione biologica

l'acqua chiarificata (che verrà scaricata nel corpo recettore dopo aver subito tutti i dovuti trattamenti)

il fango biologico (che viene ricircolato in parte nella vasca di prima sedimentazione, in parte nella vasca di ossidazione, e in parte smaltito dopo opportuni trattamenti)



TRATTAMENTI TERZIARI

- ✓ trattamenti chimico-fisici (chiariflocculazione)
- ✓ trattamenti meccanici (filtrazione su carboni attivi o su filtri a sabbia)
- ✓ trattamenti biologico-naturali (fitodepurazione, lagunaggio)
- ✓ trattamenti biologici (nitrificazione, denitrificazione e defosfatazione)
- ✓ trattamenti di disinfezione

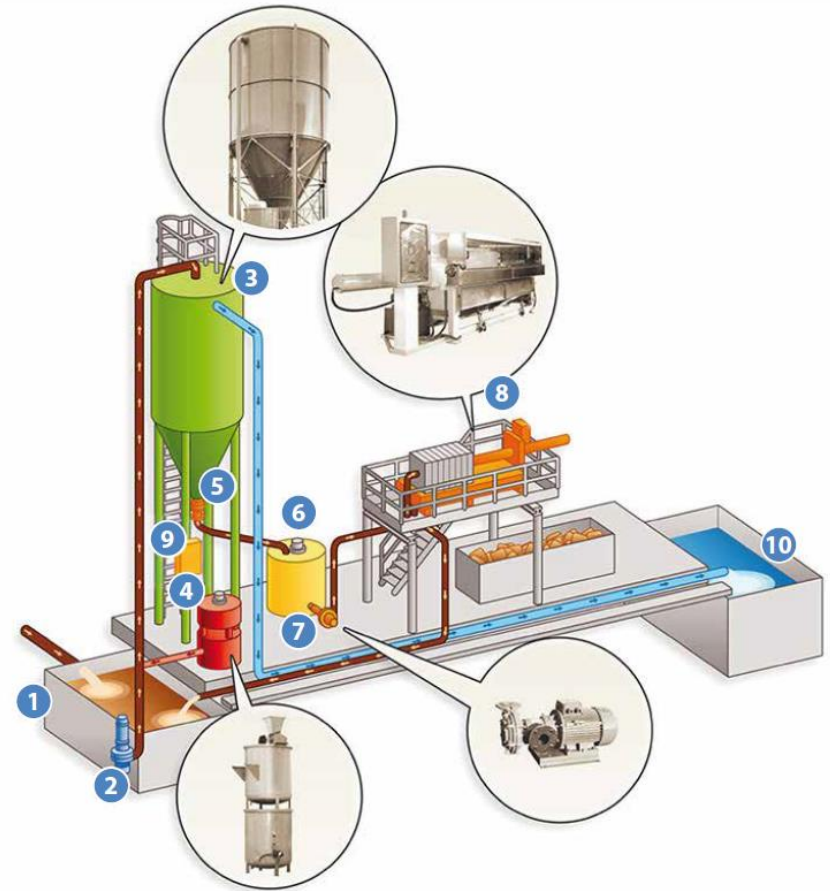
CHIARIFLOCCULAZIONE

Consiste nella **precipitazione di sostanze sospese non sedimentabili** che durante questo processo formano via via aggregati di maggiori dimensioni fino a costituire un precipitato che si deposita sul fondo della vasca utilizzata per il trattamento.

Questo processo permette, a seconda di come viene eseguito:

- ✓ la chiarificazione delle acque trattate
- ✓ la precipitazione di alcuni metalli
- ✓ la riduzione di COD e BOD
- ✓ la defosfatazione
- ✓ rimozione di oli e grassi

Questo trattamento può essere effettuato a monte dell'ossidazione biologica e/o sull'effluente dell'ossidazione biologica.



- 1- POZZO DI RACCOLTA
- 2- POMPA SOMMERSA
- 3- CHIARIFICATORE
- 4- CENTRALINA PREPARAZIONE E DOSAGGIO POLIELETTROLITA
- 5- VALVOLA PNEUMATICA SCARICO FANGHI
- 6- VASCA ACCUMULO FANGHI
- 7- POMPA PER ALIMENTAZIONE FILTROPRESSA
- 8- FILTROPRESSA
- 9- QUADRO ELETTRICO
- 10- VASCA STOCCAGGIO ACQUA CHIARIFICATA

RIMOZIONE DELL'AZOTO

L'azoto nelle acque di scarico può essere presente in diverse forme:

- AZOTO ORGANICO
- AZOTO AMMONIACALE
- AZOTO NITROSO
- AZOTO NITRICO

L'eliminazione dei composti azotati dai reflui avviene mediante **DUE FASI**:

- LA NITRIFICAZIONE
- LA DENITRIFICAZIONE

Nei reflui in arrivo nell'impianto, una buona parte della sostanze organiche a base d'azoto se completamente biodegradata si trova sotto forma di ammonio NH_4^+ , mentre ai fini della denitrificazione servono soprattutto i nitrati NO_3^- .

Pertanto per attuare la rimozione completa delle sostanze azotate è necessario preventivamente effettuare una **nitrificazione** (che avviene principalmente nella vasca di **aerazione**) mediante la quale, in condizioni aerobiche e in presenza di O_2 avviene l'ossidazione biologica di NH_4^+ a NO_2^- (NITRITO) e di NO_2^- a NO_3^- (NITRATO) (*Nitrosomonas* spp. e i *Nitrobacter* spp.)

Successivamente, nella vasca NON OSSIGENATA o ANOSSICA di **denitrificazione**, i nitrati NO_3^- vengono convertiti in azoto molecolare gassoso N_2 dai batteri anaerobi (*Pseudomonas aeruginosa*, *Pseudomonas denitrificans*, *Paracoccus denitrificans*, *Thiobacillus denitrificans*).

RIMOZIONE DEL FOSFORO

La presenza di quantità eccessive di fosforo nei reflui civili e industriali porta alla formazione di fenomeni di **EUTROFIZZAZIONE** nel corpo ricettore.

Il fosforo ha l'inconveniente di non poter essere ridotto in forma gassosa e liberato nell'atmosfera.

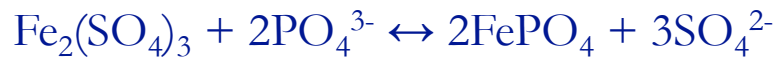
In un impianto convenzionale a fanghi attivi si ha già una rimozione parziale del fosforo (20-30%), con trattamenti specifici si può arrivare al **90%**.

L'eliminazione specifica del fosforo viene realizzata mediante un trattamento **chimico-fisico** di chiariflocculazione o mediante un trattamento **biologico**.

DEFOSFATAZIONE CHIMICA

È un trattamento di chiariflocculazione attraverso il quale si favorisce la precipitazione del fosforo soprattutto sotto forma di fosfati insolubili.

solfato ferrico, o cloruro ferrico con aggiunta di calce spenta che incrementa il pH, le reazioni sono:



con produzione di FePO₄ insolubile – **AUMENTO DEL FANGO DEL 40%**

DEFOSFATAZIONE BIOLOGICA

Avviene mediante l'utilizzo di ceppi batterici fosfo-accumulanti, come *Acinetobacter* spp., in grado di accumulare polisfosfati all'interno della cellula.

DISINFEZIONE

La disinfezione serve principalmente ad abbattere la presenza di tutti i patogeni nell'effluente depurato (**BATTERI, FUNGHI, VIRUS**). Essa può avvenire tramite:

- CLORAZIONE
- USO DI ACIDO PERACETICO
- OZONIZZAZIONE
- RAGGI UV

CLORAZIONE

È il procedimento più utilizzato per la depurazione microbiologica delle acque. Esso reagisce ossidando le sostanze organiche e inorganiche e inattivando i microrganismi.

ACIDO PERACETICO

È un potente biocida che basa la sua azione sull'alterazione di strutture cellulari come enzimi e membrane. È particolarmente instabile pertanto viene commercializzato in soluzioni al 5% o 15% pronto per essere solubilizzato nelle giuste quantità nelle acque da depurare.

OZONIZZAZIONE

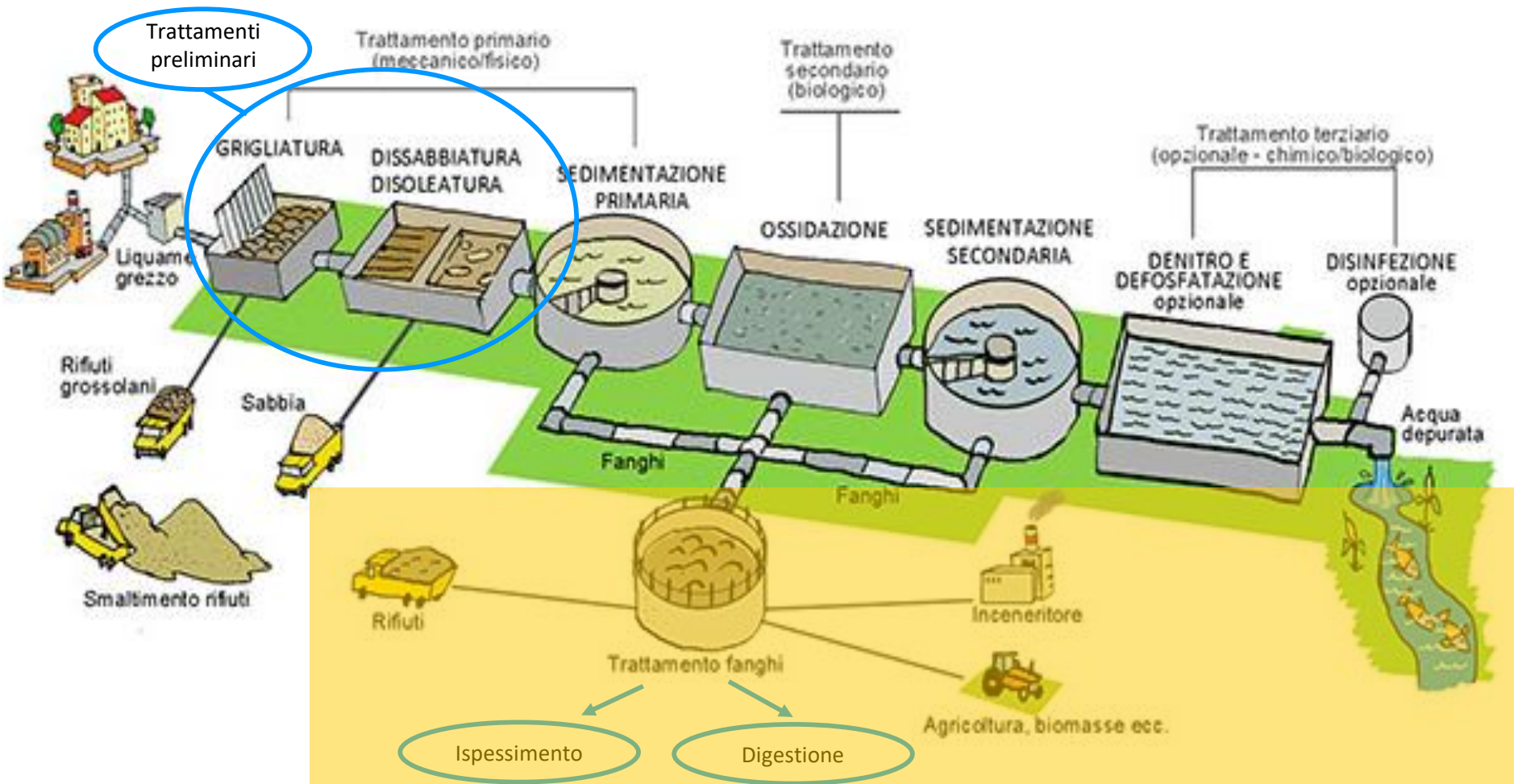
È una tecnica di disinfezione delle acque che impiega ozono (O_3), prodotto mediante scariche elettriche ad alto voltaggio, in una apposita camera nella quale viene fatto passare un flusso d'aria o di O_2 .

RAGGI UV

Alternativamente alle sostanze chimiche, la disinfezione dell'acqua può avvenire utilizzando luce ultravioletta

L'EFFLUENTE FINALE





Linea fanghi

TRATTAMENTO FANGHI

I fanghi provenienti dalla sedimentazione **primaria** e quelli **secondari** vengono **omogeneizzati** (mescolati mediante mezzi meccanici o per insufflazione di aria) al fine di rendere uniforme la loro composizione prima di inviarli ai trattamenti successivi.

I fanghi ottenuti nella dalla **linea acque** sono altamente **putrescibili**, vengono **stabilizzati** in modo da renderli idonei al successivo **essiccamento** e **smaltimento**.



LE FASI PRINCIPALI RELATIVE AL TRATTAMENTO DEI FANGHI

❖ **PREISPESSIMENTO (O ADDENSAMENTO O CONCENTRAZIONE)**

Questa fase serve ad aumentare il contenuto di sostanza secca del fango in modo da ridurre i volumi necessari al suo trattamento.

❖ **STABILIZZAZIONE (DIGESTIONE)**

Ha la funzione di mineralizzare parte delle sostanze organiche putrescibili ed eliminare i batteri patogeni e i parassiti normalmente presenti nel fango.

❖ **POSTISPESSIMENTO**

Ha la funzione di aumentare ulteriormente il contenuto di sostanze solide nei fanghi stabilizzati.

❖ **CONDIZIONAMENTO**

Ha la funzione di indebolire i legami dell'acqua con le particelle solide per facilitarne la sua fuoriuscita.

❖ **DISIDRATAZIONE E ESSICCAMENTO**

Serve ad eliminare una buona parte dell'acqua presente nei fanghi stabilizzati.

❖ **INCENERIMENTO O COMPATTAZIONE**

Costituiscono la fase che precede lo smaltimento finale.

RIUTILIZZO DELLE ACQUE REFLUE

Ai fini del riutilizzo delle acque reflue, l'attenzione deve essere posta:

- 🔹 alla prevenzione dell'inquinamento alla fonte attraverso il divieto o il controllo puntuale nell'uso di alcune sostanze contaminanti;
- 🔹 alla raccolta e trattamento delle acque reflue in modo efficace e diffuso;
- 🔹 all'affinamento dei reflui e la loro distribuzione per farne una fonte alternativa di acqua, sicura ed economica, sia per l'irrigazione che per le industrie e per l'ambiente;
- 🔹 alla possibilità di recuperare energia e materiali presenti nelle acque reflue urbane, quali nutrienti come il fosforo e prodotti chimici come biopolimeri o cellulosa, riutilizzabili nell'industria o nell'agricoltura.

DESTINAZIONI DEGLI EFFLUENTI

■ Irrigazione

- Riutilizzo diretto (in uso nei Paesi ove le disponibilità idriche sono limitate)
- Immissione in corpi idrici superficiali

DESTINAZIONI DEI FANGHI

- Coadiuvanti nell'industria di produzione di materiale edile
- Collocazione in discariche controllate
- Ammendanti
- Compostaggio
- Incenerimento

Le diverse destinazioni sono condizionate dalle caratteristiche qualitative dei fanghi (ad es. contenuto in metalli pesanti)

Regolamento (UE) 2020/741



Con la sua approvazione e pubblicazione, nel maggio 2020, viene sancito e promosso il riutilizzo delle acque reflue urbane depurate in condizioni sicure al fine di aumentare l'approvvigionamento idrico, alleviare la pressione su risorse idriche troppo sfruttate e consentire il riciclo di elementi nutrienti in sostituzione dei concimi chimici