

# **CHIMICA AMBIENTALE**

CdL triennale in  
Scienze e Tecnologie per l'Ambiente e la Natura

Docente  
Pierluigi Barbieri

**SSD Chimica dell'ambiente e dei beni culturali, CHIM/12**

## **AA 2020/2021 ASPETTI PROFESSIONALI DI CHIMICA APPLICATA**

21/04 La professione regolamentata del chimico, l'esame di stato, il codice deontologico - **Pierluigi Barbieri**

28/04 Seminario di **Alan Tonon**, chimico consulente industriale, ore 16.30

05/05 Seminario di **Sara Carmela Briguglio**, chimico SC Laboratorio Unico ARPA FVG ore 16.30

12/05 Seminario di **Ivano Battaglia**, chimico proprietario PMI ore 16.30

14/05 Seminario di **Stefano Tapparelli**, chimico, direttore impianto Kemira Italia, San Giorgio di Nogaro, ore 16.30

19/05 Seminario di **A. Massi Pavan** su energia solare fotovoltaica ore 14

21/05 Seminario **Paolo Jerkic ACEGAS APS AMGA (depuratore Trieste)** ore 9

26/05 Seminario di **Jessica Biasizzo**, dirigente chimico di ASUFC

04/06 Seminario di **Franco Sergo**, dottore commercialista – Società e libera professione - consulente aziendale ore 16.30

09/06 Seminario con **Antonella Canelli** («Gli strumenti economici di RA FVG a supporto delle professioni»)

18/06 Seminario di **Francesco Addobbati**, chimico consulente (formazione - sicurezza amianto ) aziendale

# Inquinamento delle acque: tipi di inquinanti

## ➤ Inquinamento Estetico-Organoleptico

(solidi sospesi, torbidità, colore, odore, sapore)

## ➤ Inquinamento Chimico

- ioni (conducibilità, durezza, alcalinità)

- deossigenazione (BOD, COD, TOC)

- eutrofizzazione (carichi di N e P)

- tossicità (ammoniacale, metalli, idrocarburi, fenoli, IPA, solventi clorurati, pesticidi, tensioattivi....)

## ➤ Inquinamento Termico (temperatura)

## ➤ Inquinamento Radioattivo

## ➤ Inquinamento Microbiologico

(batteri, virus, protozoi)

**Table 7.1. General Types of Water Pollutants**

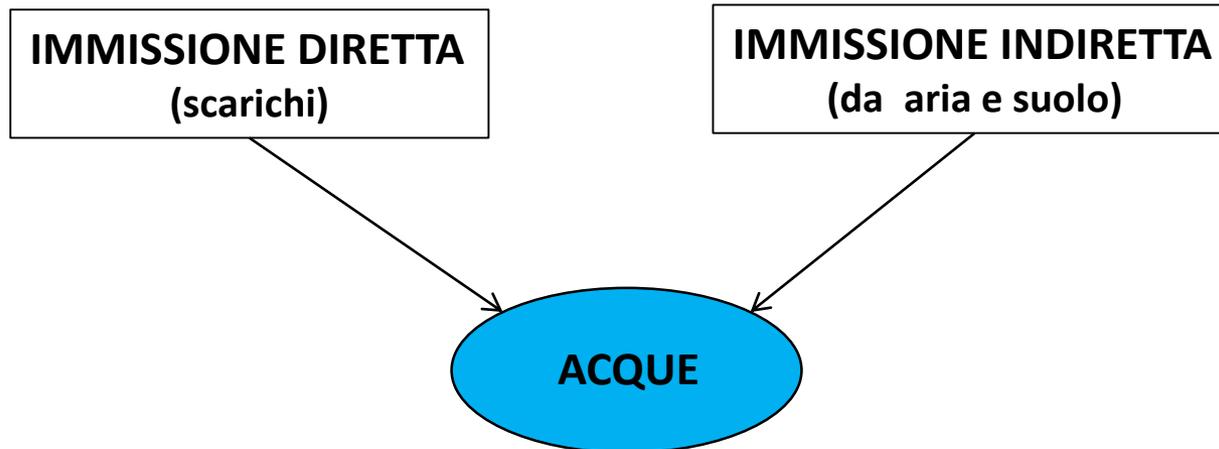
Class of pollutant	Significance
Trace Elements	Health, aquatic biota, toxicity
Heavy metals	Health, aquatic biota, toxicity
Organically-bound metals	Metal transport
Radionuclides	Toxicity
Inorganic pollutants	Toxicity, aquatic biota
Asbestos	Human health
Algal nutrients	Eutrophication
Acidity, alkalinity, salinity (in excess)	Water quality, aquatic life
Trace organic pollutants	Toxicity
Polychlorinated biphenyls	Possible biological effects
Pesticides	Toxicity, aquatic biota, wildlife
Petroleum wastes	Effect on wildlife, esthetics
Sewage, human and animal wastes	Water quality, oxygen levels
Biochemical oxygen demand	Water quality, oxygen levels
Pathogens	Health effects
Detergents	Eutrophication, wildlife, esthetics
Chemical carcinogens	Incidence of cancer
Sediments	Water quality, aquatic biota, wildlife
Taste, odor, and color	Esthetics

# Inquinamento delle acque: elementi in tracce

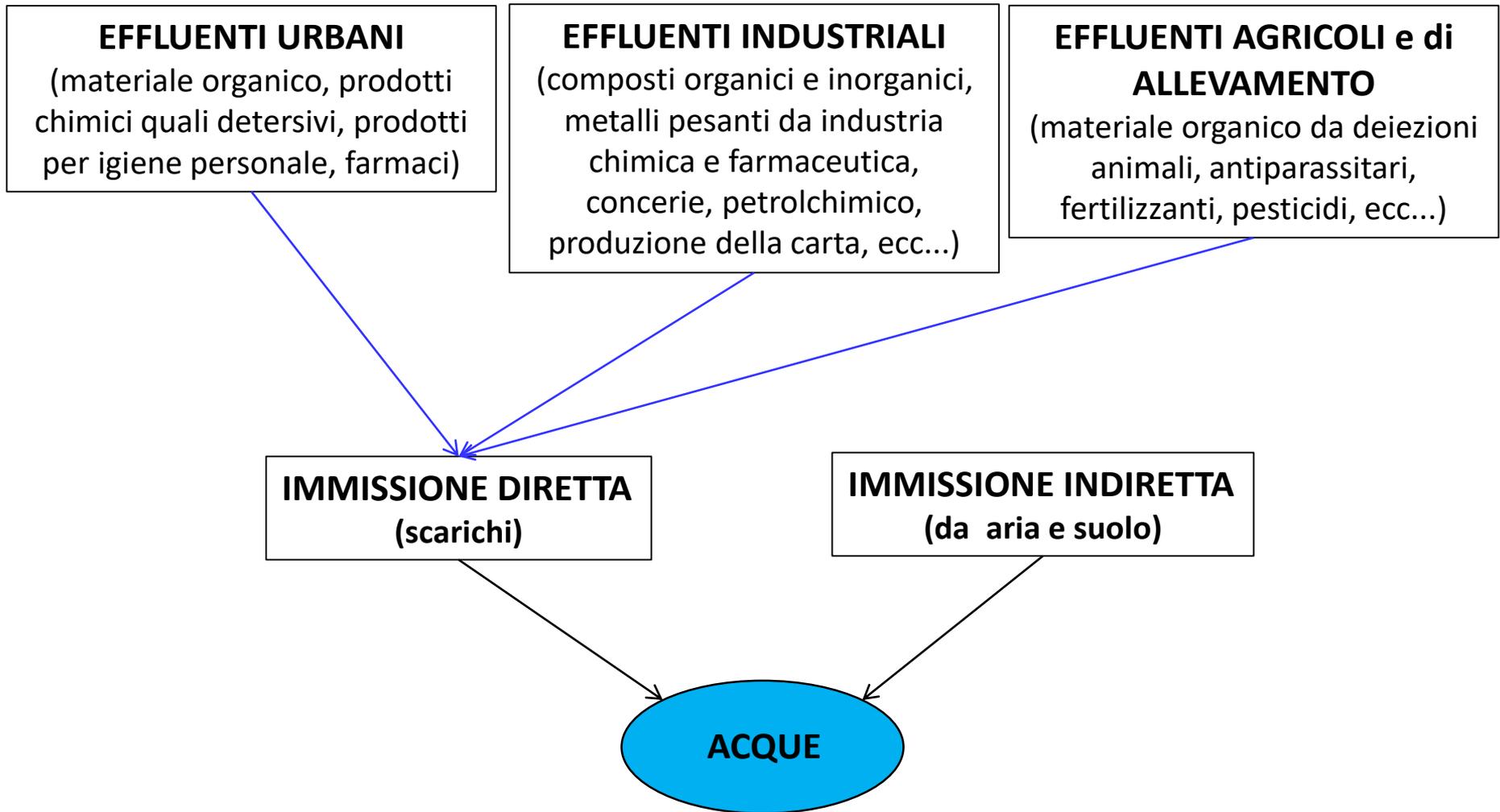
Alcuni elementi in tracce presenti nelle acque (cioè presenti in concentrazioni dell'ordine dei ppm o meno, ovvero mg/l o meno) sono essere essenziali per la vita, ma possono diventare estremamente tossici in caso di presenza in concentrazione elevata.

Element	Sources	Effects and Significance
Arsenic	Mining byproduct, chemical waste	Toxic <sup>1</sup> , possibly carcinogenic
Beryllium	Coal, industrial wastes	Toxic
Boron	Coal, detergents, wastes	Toxic
Chromium	Metal plating	Essential as Cr(III), toxic as Cr(VI)
Copper	Metal plating, mining, industrial waste	Essential trace element, toxic to plants and algae at higher levels
Fluorine (F <sup>-</sup> )	Natural geological sources, wastes, water additive	Prevents tooth decay at around 1 mg/L, toxic at higher levels
Iodine (I <sup>-</sup> )	Industrial wastes, natural brines, seawater intrusion	Prevents goiter
Iron	Industrial wastes, corrosion, acid mine water, microbial action	Essential nutrient, damages fixtures by staining
Lead	Industrial waste, mining, fuels	Toxic, harmful to wildlife
Manganese	Industrial wastes, acid mine water, microbial action	Toxic to plants, damages fixtures by staining
Mercury	Industrial waste, mining, coal	Toxic, mobilized as methyl mercury compounds by anaerobic bacteria
Molybdenum	Industrial wastes, natural sources	Essential to plants, toxic to animals
Selenium	Natural sources, coal	Essential at lower levels, toxic at higher levels
Zinc	Industrial waste, metal plating, plumbing	Essential element, toxic to plants at higher levels

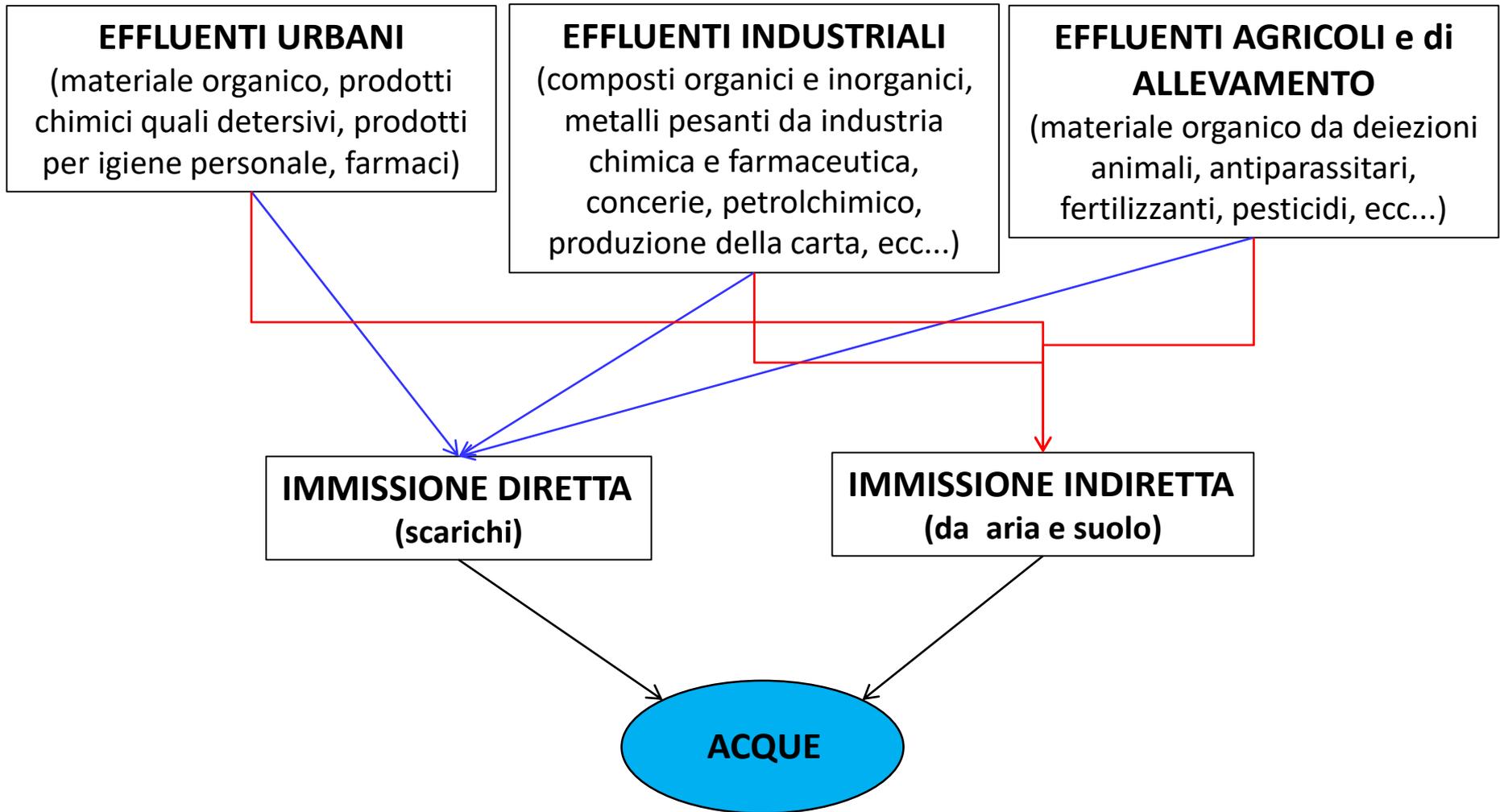
# Inquinamento delle acque: fonti



# Inquinamento delle acque: fonti



# Inquinamento delle acque: fonti



# Contaminanti presenti in acque di scarico industriali

Tab. 31/II – Principali contaminanti presenti nelle acque di scarico di alcune tipologie industriali [75, modificata].

Tipologia	Concrete	Cartiere	Chimiche e petrolchimiche	Raffinerie	Galvaniche e metallurgiche	Cementifici e lavorazione pietre	Tessili e tintorie	Minerarie	Distillerie e birrerie	Macelli e conserverie	Caseifici	Zuccherifici	Oli vegetali e margarine	Raffreddamento
pH	X	X	X	X	X	X	X	X					X	
Temperatura							X					X		X
Colore		X	X				X		X					
Odore	X		X											
Materiali grossolani	X	X	X			X		X	X	X	X	X		
Materiali sedimentabili	X	X	X			X		X	X	X	X	X		
Materiali in sospensione	X	X	X			X	X	X	X	X	X	X	X	
BOD e COD	X	X	X		X		X		X	X	X	X	X	
Metalli tossici	X	X	X		X			X						
Cianuri					X									
Cloro		X			X		X							X
Solfuri	X			X										
Solfiti		X												
Solfati	X		X	X	X									
Cloruri	X		X	X	X			X						
Fluoruri					X									
Fosfati			X					X						X
Grassi, oli vegetali e animali			X	X									X	
Fenoli			X		X								X	
Solventi organici			X											
Tensioattivi			X				X							
Pesticidi	X	X	X				X							

# Contaminanti presenti in acque di scarico urbano

**Table 7.4. Some of the Primary Constituents of Sewage from a City Sewage System**

Constituent	Potential sources	Effects in water
Oxygen-demanding substances	Mostly organic materials, particularly human feces	Consume dissolved oxygen
Refractory organics	Industrial wastes, household products	Toxic to aquatic life
Viruses	Human wastes	Cause disease (possibly cancer); major deterrent to sewage recycle through water systems
Detergents	Household detergents	Esthetics, prevent grease and oil removal, toxic to aquatic life
Phosphates	Detergents	Algal nutrients
Grease and oil	Cooking, food processing, industrial wastes	Esthetics, harmful to some aquatic life
Salts	Human wastes, water softeners, industrial wastes	Increase water salinity
Heavy metals	Industrial wastes, chemical laboratories	Toxicity
Chelating agents	Some detergents, industrial wastes	Heavy metal ion solubilization and transport
Solids	All sources	Esthetics, harmful to aquatic life

# Eutrofizzazione

E' un fenomeno di inquinamento secondario conseguente ad un eccesso di nutrienti, principalmente N e P sotto forma di nitrati e fosfati. Provoca:

- ❖ **Crescita** primaverile **abnorme** di alghe (fioritura) e seconda fioritura (autunnale)
- ❖ Accumulo in superficie e **ostacolo alla penetrazione della luce**
- ❖ Accumulo su fondali con putrefazione e **consumo di ossigeno** dall'acqua (condizioni di **anossia**)

Tab. VII.19 Fonti di apporto dell'azoto e del fosforo nei laghi

	<i>N</i>	<i>P</i>
<i>Fonti controllabili</i>		
Insedimenti urbani	12,5 g/ab · giorno	1,5 g/ab · giorno
Detersivi domestici	—	0,2 g/ab · giorno
Fognature urbane	15-100 mg/l	5-20 mg/l
Liquami domestici depurati fino al 2° stadio	8-50 mg/l	3-10 mg/l
Liquami industriali	variabile	variabile
<i>Fonti non controllabili</i>		
Fiumi affluenti	—	0,01-1 mg/l
Acque sotterranee	variabile	variabile
Drenaggio di aree coltivate	0,11 g/m <sup>2</sup> · anno	0,135 g/m <sup>2</sup> · anno
Drenaggio di aree coltivate	—	0,05-1,0 mg/l
Drenaggio di aree prative e pascoli	0,85 g/m <sup>2</sup> · anno	0,071 g/m <sup>2</sup> · anno
Drenaggio di aree boschive	0,24 g/m <sup>2</sup> · anno	0,008 g/m <sup>2</sup> · anno
Drenaggio di aree improduttive	0,18 g/m <sup>2</sup> · anno	0,006 g/m <sup>2</sup> · anno
Animali lacustri (anatre)	480 g/capo · anno	90 g/capo · anno
Precipitazioni sul lago	0,58 g/m <sup>2</sup> · anno	0,044 g/m <sup>2</sup> · anno

# Capacità acque di autorigenerarsi (processi)

## Fisici

- Diluizione
- Sedimentazione
- Adsorbimento
- Abrasione
- Scambio ionico

## Chimici

- Reazioni acido-base
- Reazioni redox
- Complessazione
- Chelazione
- Precipitazione
- Flocculazione
- Idrolisi

## Biologici

- Degradazione da batteri, muffe, funghi, etc...
- Ingestione da parte di organismi superiori (sostanze sospese)
- Assimilazione vegetale (sostanze solubili)
- Assimilazione animale (catena alimentare)

# Capacità acque di autorigenerarsi (processi)

## Fisici

- Diluizione
- Sedimentazione
- Adsorbimento
- Abrasione
- Scambio ionico

## Chimici

- Reazioni acido-base
- Reazioni redox
- Complessazione
- Chelazione
- Precipitazione
- Flocculazione
- Idrolisi

Le acque "rispondono" ad agenti esterni che ne perturbano l'equilibrio cercando di raggiungere un nuovo equilibrio

## Biologici

- Degradazione da batteri, muffe, funghi, etc...
- Ingestione da parte di organismi superiori (sostanze sospese)
- Assimilazione vegetale (sostanze solubili)
- Assimilazione animale (catena alimentare)

# Capacità acque di autorigenerarsi (processi)

## Fisici

- Diluizione
- Sedimentazione
- Adsorbimento
- Abrasione
- Scambio ionico

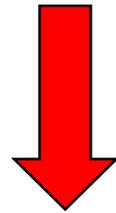
## Chimici

- Reazioni acido-base
- Reazioni redox
- Complessazione
- Chelazione
- Precipitazione
- Flocculazione
- Idrolisi

## Biologici

- Degradazione da batteri, muffe, funghi, etc...
- Ingestione da parte di organismi superiori (sostanze sospese)
- Assimilazione vegetale (sostanze solubili)
- Assimilazione animale (catena alimentare)

Le acque "rispondono" ad agenti esterni che ne perturbano l'equilibrio cercando di raggiungere un nuovo equilibrio



La capacità di autorigenerarsi ha un limite!

# Sviluppo sostenibile e risorsa idrica

Obiettivi globali al 2030:



# Sviluppo sostenibile e risorsa idrica

## Obiettivi globali al 2030:

**6.1** By 2030, achieve universal and equitable access to safe and affordable drinking water for all

**6.2** By 2030, achieve access to adequate and equitable sanitation and hygiene for all and end open defecation, paying special attention to the needs of women and girls and those in vulnerable situations

**6.3** By 2030, improve water quality by reducing pollution, eliminating dumping and minimizing release of hazardous chemicals and materials, halving the proportion of untreated wastewater and substantially increasing recycling and safe reuse globally

**6.4** By 2030, substantially increase water-use efficiency across all sectors and ensure sustainable withdrawals and supply of freshwater to address water scarcity and substantially reduce the number of people suffering from water scarcity

**6.5** By 2030, implement integrated water resources management at all levels, including through transboundary cooperation as appropriate

**6.6** By 2020, protect and restore water-related ecosystems, including mountains, forests, wetlands, rivers, aquifers and lakes

**6.A** By 2030, expand international cooperation and capacity-building support to developing countries in water- and sanitation-related activities and programmes, including water harvesting, desalination, water efficiency, wastewater treatment, recycling and reuse technologies

**6.B** Support and strengthen the participation of local communities in improving water and sanitation management

**6** CLEAN WATER AND SANITATION



# Acque reflue e liquami

- I centri urbani sottopongono a trattamenti i propri **liquami grezzi** (non trattati) provenienti dalle abitazioni, da fabbricati e dalle industrie (anche alimentari) attraverso **un sistema di fogne per liquami grezzi (acque nere)**, prima che il residuo liquido si riversi in un corpo ricettivo idrico naturale vicino (fiume, lago, mare).
- Acqua piovana e neve sciolta scorrono su strade e superfici lastricate, con minore contaminazione e vengono raccolte spesso separatamente in **fognature per acque piovane (acque chiare)** che giungono direttamente al corpo idrico naturale.
- A volte con precipitazioni elevate c'è tracimazione e sversamento di refluo non trattato nel corpo ricettivo idrico naturale.

# Acque reflue e liquami

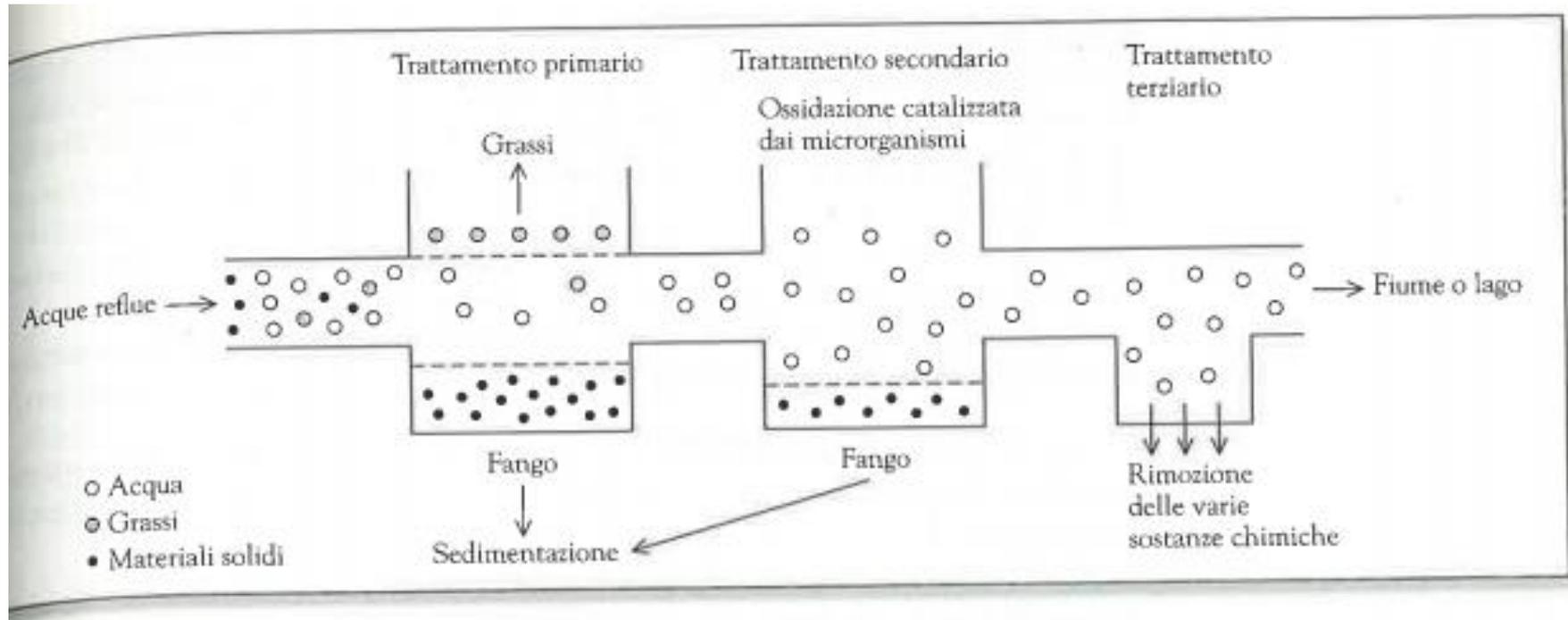
- I centri urbani sottopongono a trattamenti i propri **liquami grezzi** (non trattati) provenienti dalle abitazioni, da fabbricati e dalle industrie (anche alimentari) attraverso **un sistema di fogne per liquami grezzi (acque nere)**, prima che il residuo liquido si riversi in un corpo ricettivo idrico naturale vicino (fiume, lago, mare).
- Acqua piovana e neve sciolta scorrono su strade e superfici lastricate, con minore contaminazione e vengono raccolte spesso separatamente in **fognature per acque piovane (acque chiare)** che giungono direttamente al corpo idrico naturale.
- A volte con precipitazioni elevate c'è tracimazione e sversamento di refluo non trattato nel corpo ricettivo idrico naturale.
- La componente principale dei liquami è rappresentata, oltre che dall'acqua, dalla **materia organica di origine biologica**.
- La materia organica è presente soprattutto in forma di **particelle** sia **macroscopiche** (es. foglie, ramaglie, etc...) sia **microscopiche** (es. colloidali).

# Costituenti primari di reflui urbani

**Table 7.4. Some of the Primary Constituents of Sewage from a City Sewage System**

Constituent	Potential sources	Effects in water
Oxygen-demanding substances	Mostly organic materials, particularly human feces	Consume dissolved oxygen
Refractory organics	Industrial wastes, household products	Toxic to aquatic life
Viruses	Human wastes	Cause disease (possibly cancer); major deterrent to sewage recycle through water systems
Detergents	Household detergents	Esthetics, prevent grease and oil removal, toxic to aquatic life
Phosphates	Detergents	Algal nutrients
Grease and oil	Cooking, food processing, industrial wastes	Esthetics, harmful to some aquatic life
Salts	Human wastes, water softeners, industrial wastes	Increase water salinity
Heavy metals	Industrial wastes, chemical laboratories	Toxicity
Chelating agents	Some detergents, industrial wastes	Heavy metal ion solubilization and transport
Solids	All sources	Esthetics, harmful to aquatic life

# Trattamento delle acque reflue



Le fasi di trattamento delle acque reflue prevedono:

- **TRATTAMENTO PRIMARIO:** precipitazione e sedimentazione dei solidi;
- **TRATTAMENTO SECONDARIO:** ossidazione con  $O_2$  e microrganismi;
- **TRATTAMENTO TERZIARIO:** eventuale trattamento per ri-ottenere acqua potabile (ove possibile).

# Trattamento primario

Il trattamento primario è un trattamento di tipo **MECCANICO**:

- **particelle più grossolane** (sabbia e sedimento/limo) vengono rimosse, facendo defluire, attraverso **griglie**, l'acqua che viene poi lentamente raccolta in appositi bacini, le vasche di calma;
- sul fondo del bacino si forma un **fango**, in superficie si forma e galleggia «**grasso liquido**» (grassi, oli, cere, prodotti di saponi con Ca e Mg), rimovibile ("*deoleazione*");
- il 30% circa del BOD viene rimosso;
- si ottiene la così detta "**acqua chiarificata**".

# Trattamento secondario

L'acqua chiarificata ha un BOD ancora elevato, nocivo per la sopravvivenza della fauna ittica. Il BOD principalmente associato a particelle organiche colloidali, quindi microscopiche.

Il trattamento secondario è un trattamento di tipo **BIOLOGICO** :

- gran parte della materia organica sospesa e disciolta in acqua **viene ossidata** biologicamente dai microorganismi a  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  o convertita in fango, rimovibile dall'acqua.
- L'ossidazione biologica riduce il BOD a livelli  $< 100$  ppm (**circa il 10% BOD iniziale**).

# Trattamento secondario

L'acqua chiarificata ha un BOD ancora elevato, nocivo per la sopravvivenza della fauna ittica. Il BOD principalmente associato a particelle organiche colloidali, quindi microscopiche.

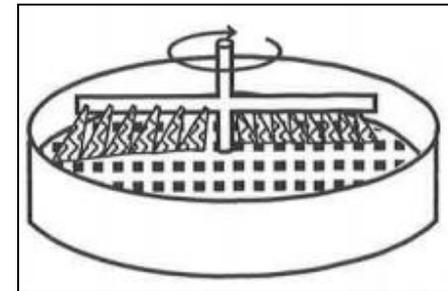
Il trattamento secondario è un trattamento di tipo **BIOLOGICO**:

- gran parte della materia organica sospesa e disciolta in acqua **viene ossidata** biologicamente dai microorganismi a  $\text{CO}_2 + \text{H}_2\text{O}$  o convertita in fango, rimovibile dall'acqua.
- L'ossidazione biologica riduce il BOD a livelli  $< 100$  ppm (**circa il 10% BOD iniziale**).
- I microrganismi aerobi svolgono **in alcune ore** quanto in natura avverrebbe in settimane.
- Avviene anche una parziale **nitrificazione**, conversione di composti azotati a nitrati e  $\text{CO}_2$ .

# Trattamento secondario (2)

Possono essere utilizzate diverse tecniche:

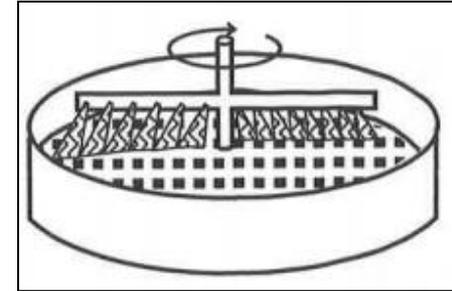
- ❖ **FILTRI A GOCCIOLAMENTO:** l'acqua reflua viene spruzzata su un letto di sabbia o ghiaia o materiale plastico ricoperto di microorganismi.
- ❖ **FILTRI ROTANTI o FILTRI OSCILLANTI:** sono reattori biologici con film di microorganismi, senza necessità di aerazione con pompe a basso consumo di energia. Il film è fissato su sassi o dischi di polietilene.



# Trattamento secondario (2)

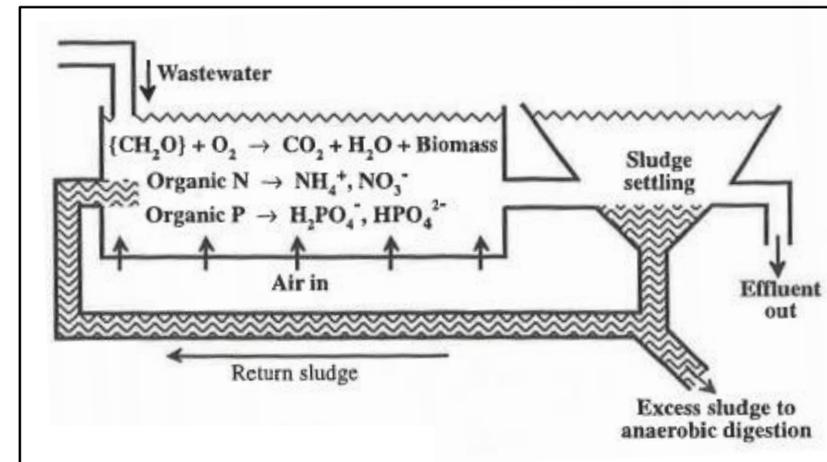
Possono essere utilizzate diverse tecniche:

- ❖ **FILTRI A GOCCIOLAMENTO:** l'acqua reflua viene spruzzata su un letto di sabbia o ghiaia o materiale plastico ricoperto di microorganismi.
- ❖ **FILTRI ROTANTI** o **FILTRI OSCILLANTI:** sono reattori biologici con film di microorganismi, senza necessità di aerazione con pompe a basso consumo di energia. Il film è fissato su sassi o dischi di polietilene.



## ❖ PROCESSO A FANGHI ATTIVI

- i microorganismi sono presenti in una vasca di aereazione con riciclo dei fanghi;
- $O_2$  viene pompato all'interno (più costoso di altri metodi);
- vengono mantenute condizioni ottimali per la crescita dei microorganismi;
- il riciclo garantisce l'ossidazione totale della biomassa e delle sostanze ossidabili => riduzione BOD.



# Trattamento terziario

Se la qualità dell'acqua ottenuta dai primi due processi lo permette, è possibile ottenere acqua per uso potabile dopo un ulteriore trattamento (terziario o **AVANZATO**).

Il trattamento terziario prevede:

- Ulteriore **riduzione del BOD** per rimozione del materiale colloidale con sali di Al;
- Rimozione dei **composti organici disciolti** (es.  $\text{CHCl}_3$ ) e alcuni metalli pesanti, per assorbimento su carbone attivo;
- Rimozione del **fosfato**;

# Trattamento terziario

Se la qualità dell'acqua ottenuta dai primi due processi lo permette, è possibile ottenere acqua per uso potabile dopo un ulteriore trattamento (terziario o **AVANZATO**).

Il trattamento terziario prevede:

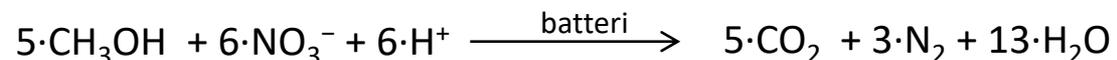
- Ulteriore **riduzione del BOD** per rimozione del materiale colloidale con sali di Al;
- Rimozione dei **composti organici disciolti** (es.  $\text{CHCl}_3$ ) e alcuni metalli pesanti, per assorbimento su carbone attivo;
- Rimozione del **fosfato**;
- Rimozione dei **metalli pesanti** (per precipitazione con idrossido o solfuro);
- Rimozione di **Fe** (a pH elevato con un forte ossidante per disgregare i leganti organici di  $\text{Fe}^{2+}$  e ottenere ossidi di  $\text{Fe}^{3+}$  che precipitano);

# Trattamento terziario

Se la qualità dell'acqua ottenuta dai primi due processi lo permette, è possibile ottenere acqua per uso potabile dopo un ulteriore trattamento (terziario o **AVANZATO**).

Il trattamento terziario prevede:

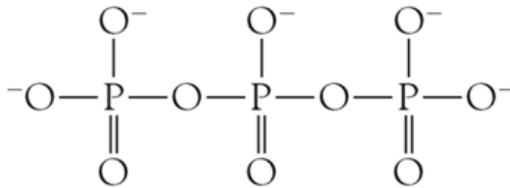
- Ulteriore **riduzione del BOD** per rimozione del materiale colloidale con sali di Al;
- Rimozione dei **composti organici disciolti** (es.  $\text{CHCl}_3$ ) e alcuni metalli pesanti, per assorbimento su carbone attivo;
- Rimozione del **fosfato**;
- Rimozione dei **metalli pesanti** (per precipitazione con idrossido o solfuro);
- Rimozione di **Fe** (a pH elevato con un forte ossidante per disgregare i leganti organici di  $\text{Fe}^{2+}$  e ottenere ossidi di  $\text{Fe}^{3+}$  che precipitano);
- Rimozione di **sali di  $\text{NH}_4^+$** : o (a) si alza il pH a 11 con calce e si gorgoglia aria per liberare  $\text{NH}_3$  dalla fase liquida (*stripping*), o (b) si utilizzano resine a scambio ionico;
- Rimozione di **composti organici dell'N**: avviene in due fasi (I) batteri nitrificanti ossidano composti azotati a  $\text{NO}_3^-$  (II) poi si opera con batteri denitrificanti per ottenere  $\text{N}_2$ , aggiungendo anche metanolo quale sostanza da ossidare:



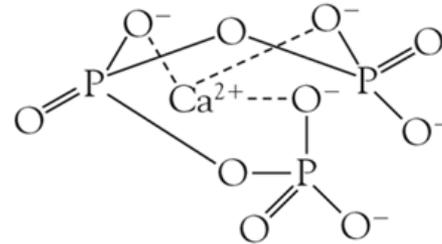
# Rimozione del fosfato

- Per rimuovere il fosfato si aggiunge  $\text{Ca}(\text{OH})_2$ , facendo precipitare sali insolubili ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  o  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ).

(a)

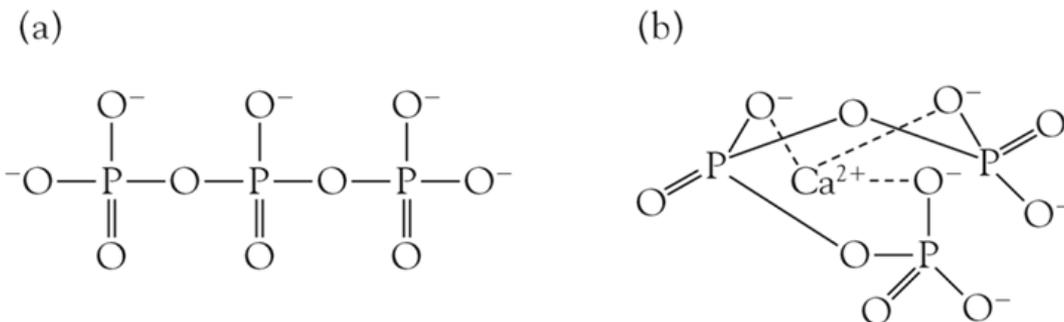


(b)



# Rimozione del fosfato

- Per rimuovere il fosfato si aggiunge  $\text{Ca(OH)}_2$ , facendo precipitare sali insolubili ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  o  $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3\text{OH}$ ).



**Table 8.1. Chemical Precipitants for Phosphate and Their Products**

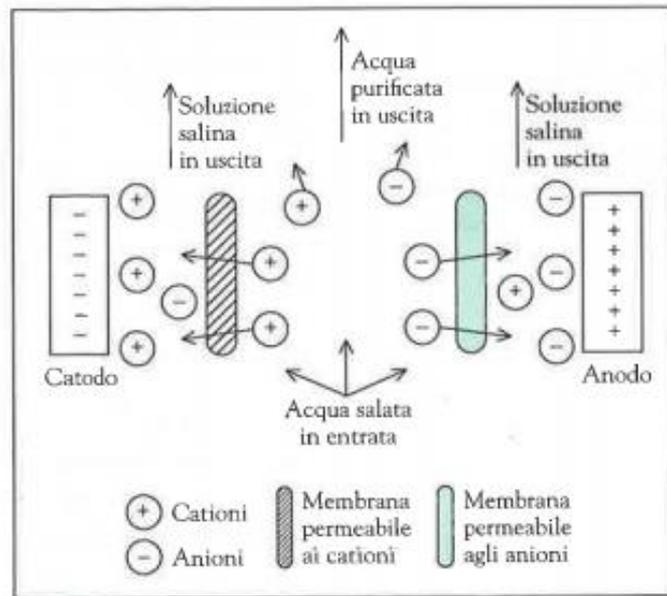
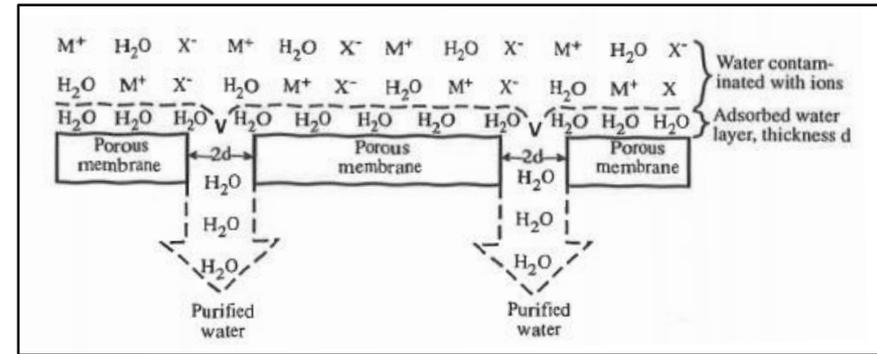
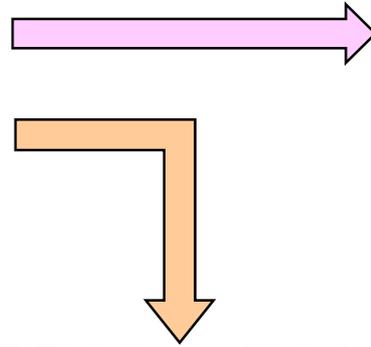
Precipitant(s)	Products
$\text{Ca(OH)}_2$	$\text{Ca}_5\text{OH(PO}_4)_3$ (hydroxyapatite)
$\text{Ca(OH)}_2 + \text{NaF}$	$\text{Ca}_5\text{F(PO}_4)_3$ (fluorapatite)
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	$\text{AlPO}_4$
$\text{FeCl}_3$	$\text{FePO}_4$
$\text{MgSO}_4$	$\text{MgNH}_4\text{PO}_4$

- I fosfati possono essere rimossi anche per **adsorbimento su solidi**, ad es. allumina ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ).

# Riduzione della salinità

- La decomposizione delle sostanze organiche e biologiche durante la **fase secondaria** del trattamento delle acque reflue comporta in genere la **produzione di sali inorganici**.
- Gli ioni inorganici sono rimossi con processo di dissalazione con:

- Osmosi inversa
- Elettrodialisi
- Scambio ionico



# Trattamento biologico dei reflui e dei liquami

## ➤ Fitodepurazione:

- viene costruita una piccola palude artificiale in cui crescono piante (giunchi e canne);
- la decontaminazione avviene ad opera di batteri che proliferano nella rizosfera delle piante;
- le piante assorbono metalli pesanti attraverso l'apparato radicale;
- il vantaggio principale è che non vengono prodotte ingenti quantità di fanghi da smaltire (cosa che avviene nel trattamento "classico") ;
- uno svantaggio è la necessità di evitare l'imputridimento della vegetazione per evitare un innalzamento eccessivo del BOD.

# Trattamento biologico dei reflui e dei liquami

## ➤ Fitodepurazione:

- viene costruita una piccola palude artificiale in cui crescono piante (giunchi e canne);
- la decontaminazione avviene ad opera di batteri che proliferano nella rizosfera delle piante;
- le piante assorbono metalli pesanti attraverso l'apparato radicale;
- il vantaggio principale è che non vengono prodotte ingenti quantità di fanghi da smaltire (cosa che avviene nel trattamento "classico") ;
- uno svantaggio è la necessità di evitare l'imputridimento della vegetazione per evitare un innalzamento eccessivo del BOD.

## ➤ Fosse settiche :

- sono camere di cemento che ricevono acque di scarico di una o più abitazioni in comunità rurali dove non è disponibile una rete fognaria;
- contengono sostanze solide, ma grassi e oli salgono in superficie e possono essere rimossi;
- i batteri si nutrono del fango depositato sul fondo, liquefacendoli progressivamente;
- l'acqua parzialmente depurata passa in una seconda camera dove viene ulteriormente decontaminata.

# Trattamento dei fanghi degli impianti di depurazione

- Il fango prodotto durante i trattamenti primario e secondario delle acque reflue è composto principalmente da acqua e materiale organico;
- I fanghi sono quindi ricchi anche di sostanze nutritive e possono, in specifici casi, essere utilizzati come fertilizzanti spargendoli nei campi agricoli **MA** c'è il rischio che veicolino sostanze inquinanti in esse contenute (es. metalli pesanti e inquinanti organici persistenti);

# Trattamento dei fanghi degli impianti di depurazione

- Il fango prodotto durante i trattamenti primario e secondario delle acque reflue è composto principalmente da acqua e materiale organico;
- I fanghi sono quindi ricchi anche di sostanze nutritive e possono, in specifici casi, essere utilizzati come fertilizzanti spargendoli nei campi agricoli **MA** c'è il rischio che veicolino sostanze inquinanti in esse contenute (es. metalli pesanti e inquinanti organici persistenti);
- I fanghi possono essere ridotti in volume (circa di 1000 volte) lasciando proseguire la digestione anaerobia da parte dei batteri per alcune settimane, si può recuperare l'acqua surnatante. Dopo questa fase di riduzione i fanghi vengono conferiti come **rifiuto** per l'incenerimento o per la discarica;
- In alcuni casi possono essere utilizzati per produrre energia da biogas in appositi bioreattori:

