A background image featuring a vibrant blue color. The chemical formula H₂O is rendered in a 3D, liquid-like style, where the letters and numbers are formed by clear, glistening water droplets. The 'H' is on the left, the '2' is in the middle, and the 'O' is on the right. Numerous smaller, realistic water droplets of various sizes are scattered throughout the scene, creating a sense of freshness and movement. The lighting is bright, highlighting the transparency and reflections on the water surfaces.

Acqua azzurra, acqua chiara: la chimica nella depurazione

Orientamento consapevole, 14/05/2024
Dipartimento di Chimica

Dr. Francesco Nocito

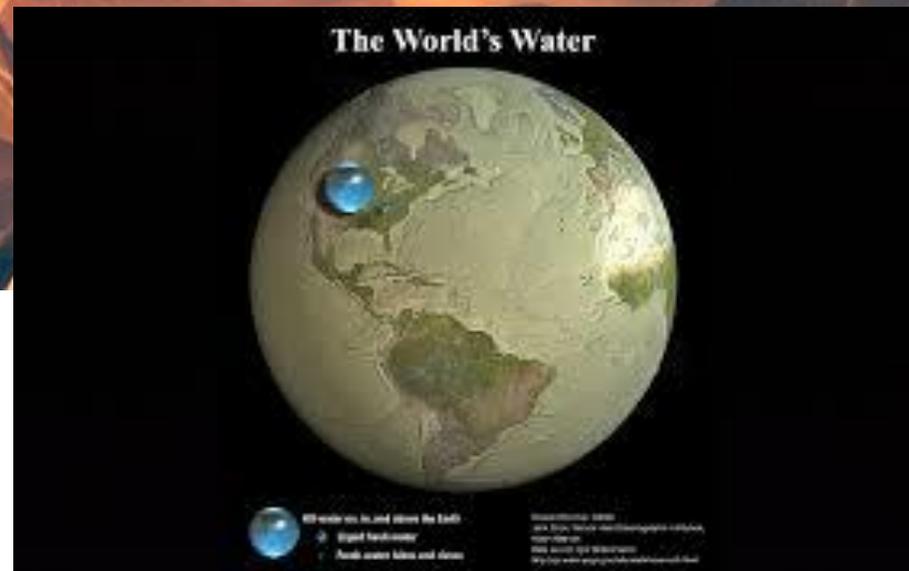
E' il bene più prezioso che abbiamo

- Ricopre oltre il 70% della superficie terrestre (96% negli oceani)
- Costituisce circa il 60% del peso corporeo nei maschi adulti, dal 50 al 55% nelle femmine e fino al 75% in un neonato
- Come acqua dolce la utilizziamo idratarci, preparare il cibo e per coltivare la terra, allevare animali oltre che per far funzionare le industrie
- Tutti i processi naturali si fondano sull'utilizzo di acqua in tutte le sue forme

4 000 000 000
YEARS AGO



2,5 000 000 000



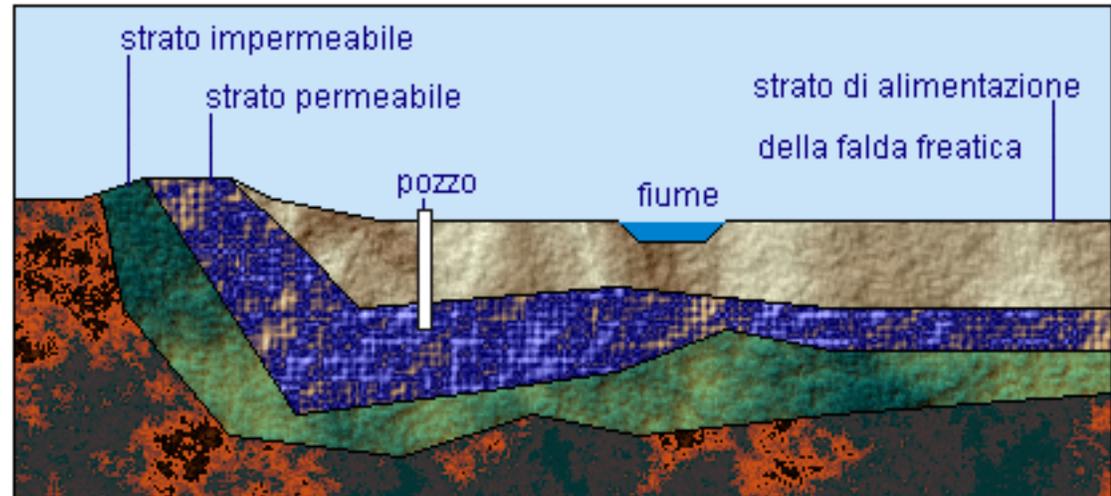
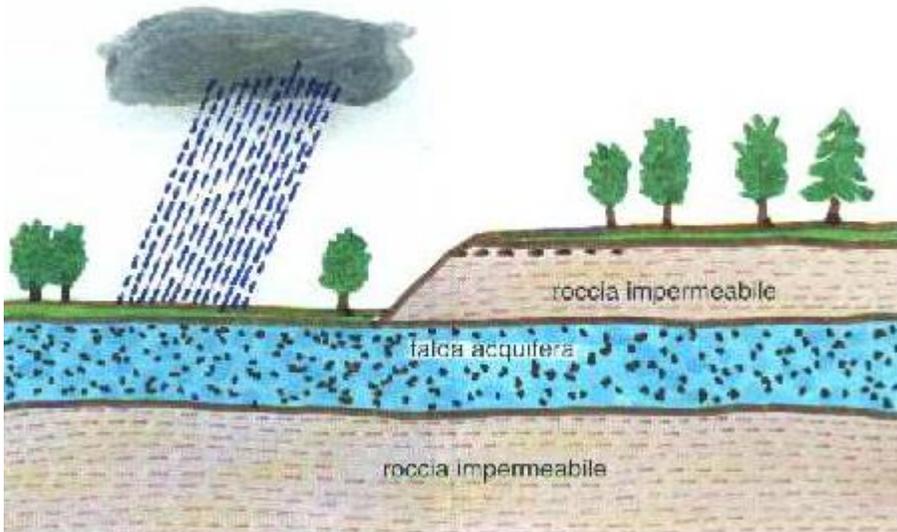
La disponibilità totale mondiale d'acqua è di **circa 1.386 miliardi di chilometri cubi** (1 chilometro cubo corrisponde a un miliardo di metri cubi). Di questi, il 96 per cento è salata. Inoltre, su tutta l'acqua dolce, oltre il 68 per cento è bloccata nei ghiacci delle calotte e dei ghiacciai.

Il ciclo idrologico



Ma da dove proviene l'acqua che beviamo?

- **acqua di falda, che viene estratta nel sottosuolo più profondo tramite pozzi e sistemi di pompaggio (in gergo tecnico "captazione")**: qualitativamente buona ma quantitativamente scarsa



- **Acqua sorgiva naturale (canali di raccolta)**



Ma da dove proviene l'acqua che beviamo?

- Sbarramenti di corsi d'acqua (acque superficiali dolci)



Come arriva a noi l'acqua che beviamo e non solo...

Acquedotto: Un acquedotto, dai termini latini **aqua** (acqua) e **ducere** (condurre), in ingegneria idraulica, è il complesso delle opere di presa, convogliamento e distribuzione dell'acqua necessaria ad una o più utilizzazioni: uso potabile, uso irriguo, uso industriale, ecc.



**L'acqua in natura non è mai H₂O.
Per le sue qualità solventi la sua
composizione all'utilizzo riassume il
suo percorso**



L'ACQUA "DESTINATA AL CONSUMO UMANO" deve possedere, tutte le caratteristiche biologiche, fisiche, fisico-chimiche e chimiche per tutti gli usi (individuali, familiari, sociali) cui è destinata

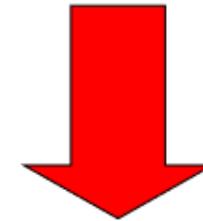
Acque "da bere"

- idonee al consumo umano (potabili)
 - di rubinetto
 - imbottigliate
- minerali
- di sorgente

EFFETTI

- Delle caratteristiche naturali
- Degli inquinamenti

} dell'acqua



SULLA SALUTE UMANA

- Se l'acqua risulta potabile (analisi chimiche e microbiologiche), può essere direttamente imbottigliata: acque minerali naturali
- Possono essere molto diverse tra loro

ACQUA MINERALE NATURALE
CLAVDIA
DALLE ANTICHE SORGENTI TERMALI
DELL'IMPERATORE CLAVDIO

ACQUA MINERALE NATURALE
MICROBIOLOGICAMENTE PURA

CARATTERE EFFERVESCENTE

La sua lieve effervescenza naturale e il suo sapore inconfondibile solleticano il palato e lo spirito fin dall'epoca romana. La maestosa villa di epoca tardo-repubblicana, presente nel parco dell'Acqua Clavdia, fu infatti edificata durante gli ultimi anni del consolato di Giulio Cesare al fine di valorizzare e preservare le qualità della fonte.

Può avere effetti diuretici • Conservare in ambiente asciutto e pulito, privo di odore, al riparo dalla luce intensa e fonti di calore. Non congelare e richiudere dopo l'uso • Lotto e da consumarsi preferibilmente entro il: vedi indicazioni sulla bottiglia.

SEM
naturalmente acqua | grupposem.it



8 052747 860005

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI PERUGIA
Dipartimento di Chimica, Biologia e Biotecnologie
Analisi chimica e chimico-fisica

Temperatura dell'acqua alla sorgente (°C)	21,4
Residuo fisso a 180°C (mg/L)	656
Concentrazione degli ioni idrogeno alla temperatura dell'acqua alla sorgente (pH)	5,78
Conducibilità elettrica specifica a 20°C (µS/cm)	940
Anidride carbonica libera alla sorgente (mg/L)	908

Elementi caratterizzanti (mg/L)

Calcio Ca ²⁺	101	Cloruri Cl ⁻	50,8
Potassio K ⁺	71,3	Solfati SO ₄ ²⁻	43,2
Sodio Na ⁺	55,0	Nitrati NO ₃	8,46
Magnesio Mg ²⁺	20,2	Fluoruri F ⁻	1,45
Bicarbonati HCO ₃ ⁻	426	Silice SiO ₂	81,8

PERUGIA 18/01/2017

Sorgenti CLAVDIA S.r.l.
Via Nuova Circonvallazione, 57/B • 47923 Rimini
ITALIA
Imbottigliata presso lo stabilimento di Anguillara Sabazia (ROMA)
Via della Sorgente Clavdia, 5

ACQUA MINERALE NATURALE
CLAVDIA
DALLE ANTICHE SORGENTI TERMALI
DELL'IMPERATORE CLAVDIO

EFFERVESCENTE NATURALE

dal Cuore del Lazio al Cuore della Gente,
per un Sano Stile di Vita

1,51e

ACQUA MINERALE NATURALE
CLAVDIA
DALLE ANTICHE SORGENTI TERMALI
DELL'IMPERATORE CLAVDIO

EFFERVESCENTE NATURALE

1,51e

dal Cuore del Lazio al Cuore della Gente,
per un Sano Stile di Vita






Classificazione di acque minerali in base al contenuto di ioni specifici

Bicarbonatica	bicarbonato >600 mg/L
Solfatata	solfo >200 mg/L
Clorurata	cloruro >200 mg/L
Calcica	calcio >150 mg/L
Magnesiaca	magnesio >50 mg/L
Fluorurata	fluoro >1 mg/L
Ferruginosa	Fe ⁺² >1 mg/L
Acidula	CO ₂ libera >250 mg/L
Sodica	sodio >200 mg/L
Iposodica	sodio <20 mg/L

Principali Rischi Igienici

```
graph TD; A[Principali Rischi Igienici] --> B(Infettivo); A --> C(Chimico);
```

Infettivo

Chimico

Inquinanti microbiologici

virus

- Virus epatite A ed E
- Enterovirus
- Rotavirus
- Agente di Norwalk
- Adenovirus

- Entamoeba histolytica
- Giardia lamblia
- Cryptosporidium parvum

protozoi

- Salmonelle
- Shigelle
- Vibrioni
- E. Coli
- Campylobacter jejuni
- Stafilococchi
- Pseudomonas
- Micobatteri (tubercolari e anonimi)
- Clostridi anaerobi
- Leptospire

- Metazoi parassiti (ascaridi e ossiuri)
- Ecc.

Metalli e metalloidi:
da falda, da cessioni, da processo

Parametro	Valore parametrico
Al	200 µg/L
As	10 µg/L
Cd	5,0 µg/L
Cr	50 µg/L
Cu	1,0 mg/L
Fe	200 µg/L
Hg	1,0 µg/L
Mn	50 µg/L
Ni	20 µg/L
Sb	5,0 µg/L
Se	10 µg/L
Pb	10 µg/L
V	140 µg/L

Anioni:
da falda, da attività industriali o agricole/scarichi

Parametro	Valore parametrico
B	1,0 µg/L
Cl ⁻	250 mg/L
CN ⁻	50 µg/L
F ⁻	1,50 mg/L
NO ₂ ⁻	0,50*# mg/L
NO ₃ ⁻	50# mg/L
SO ₄ ²⁻	250 mg/L

* 0,10 mg/L all'uscita di impianti di trattamento

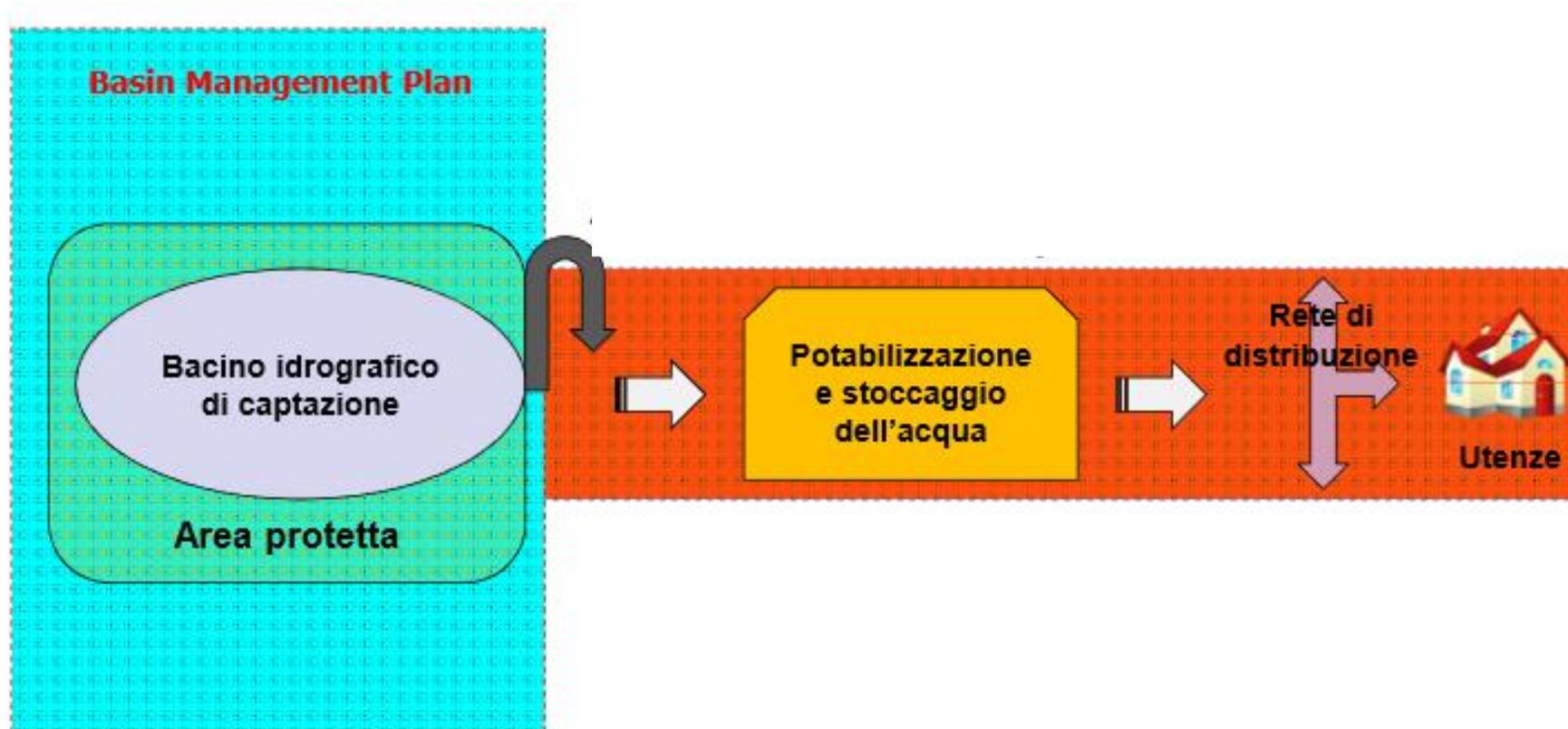
$$\# \sum_{NO_2}^{NO_3} \frac{C}{VP} \leq 1$$

Esempi di sostanze cancerogene presenti nell'acqua

<u>Derivati del petrolio:</u>	
<ul style="list-style-type: none">- oli- PAH- naftaleni- cherosene	Raffinerie, impianti petrolchimici, petroliere, stazioni di servizio, strade asfaltate, contenuti nei pesticidi
<u>Derivati del carbone:</u>	
<ul style="list-style-type: none">- pece- catrame- creosoto- antracene- Aromatici policiclici	Forni a carbone, distillerie di catrame impianti di trattamento del legno
<u>Amine aromatiche, nitro-composti:</u>	
<ul style="list-style-type: none">- benzidine- 4 aminobifenili- B naftilamine	Tintorie ed industria della gomma, industria tessile, industria farmaceutica, industria plastica
<u>Pesticidi:</u>	
<ul style="list-style-type: none">- DDT- Dieldrina- Aramite	Industrie produttrici, applicazione

Le acque superficiali hanno bisogno di potabilizzazione

La potabilizzazione dell'acqua (o purificazione dell'acqua) **consiste nella rimozione delle sostanze contaminanti dall'acqua grezza per ottenere un'acqua che sia idonea al normale consumo domestico.**



IL CICLO DELL'ACQUEDOTTO



Per essere destinate alla produzione di acque potabili, **le acque dolci superficiali sono classificate dalle Regioni nelle categorie A1, A2 e A3, secondo le caratteristiche fisiche, chimiche e microbiologiche**; di conseguenza sono sottoposte a trattamenti diversi

D.lgs. 152/2006 e s.m.i.:

classificazione di acque dolci per la produzione di acque potabili

Tabella 1/A: requisiti per la classificazione

N	Parametro	Unità di misura	A1		A2		A3	
			G	I	G	I	G	I

Elenco di 46 parametri:

chimico-fisici, organolettici, organoclorurati, tensioattivi, fenoli, HC e OC, IPA, pesticidi, O₂, NO₃⁻, F⁻, CN⁻, Cl⁻, N-kjeldahl, elementi pesanti

G: valore guida
I: valore imperativo

A1: trattamento fisico semplice + disinfezione

A2: trattamento fisico e chimico normale + disinfezione

A3: trattamento fisico e chimico spinto + affinamento + disinfezione

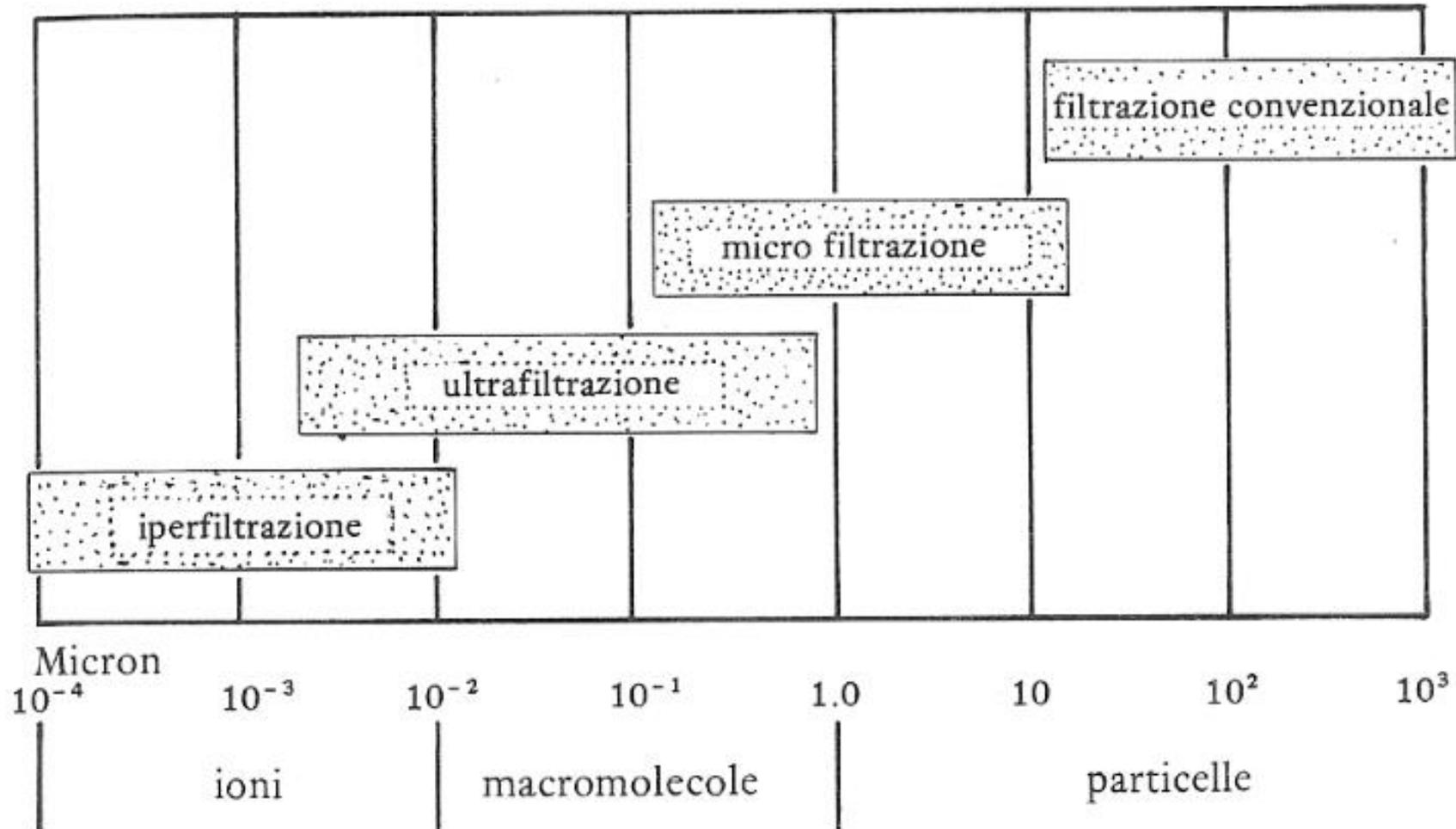
>A3: uso in via eccezionale previo trattamento avanzato

Deroghe ai limiti di Tab. 1/A:

- per inondazioni / catastrofi naturali
- in condizioni meteo/geografiche particolari (alcuni parametri)
- per arricchimento naturale
- nei laghi con profondità < 20 m, rinnovo acqua > 1 anno, senza scarichi (alcuni parametri)

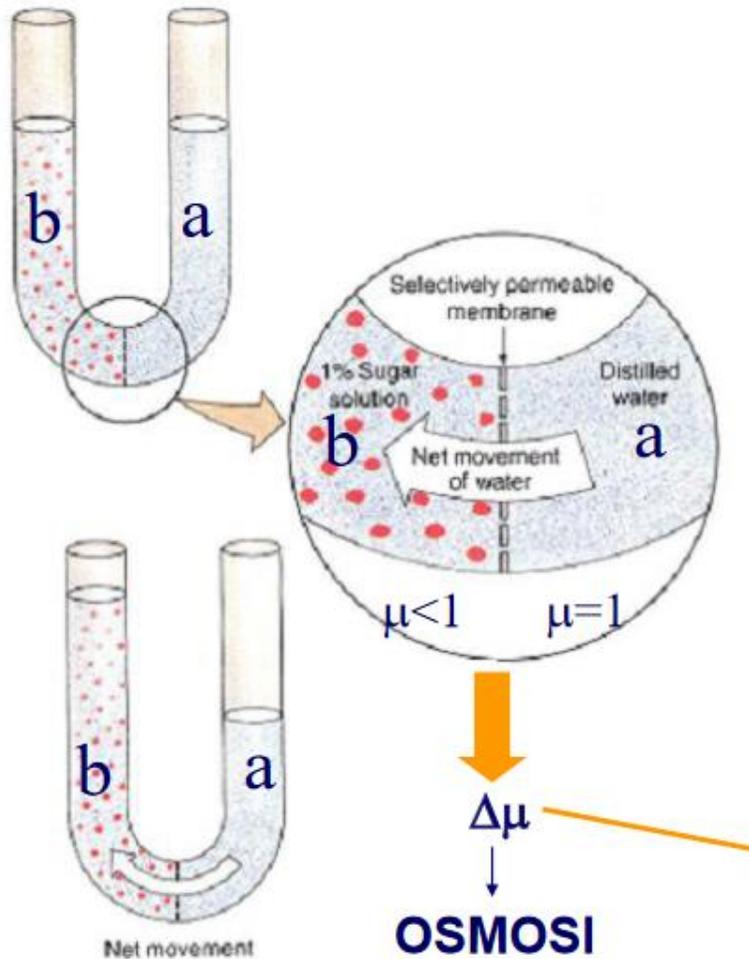
Metodi fisici

Sistemi a membrana: microfiltrazione, ultrafiltrazione, osmosi inversa (separazione)

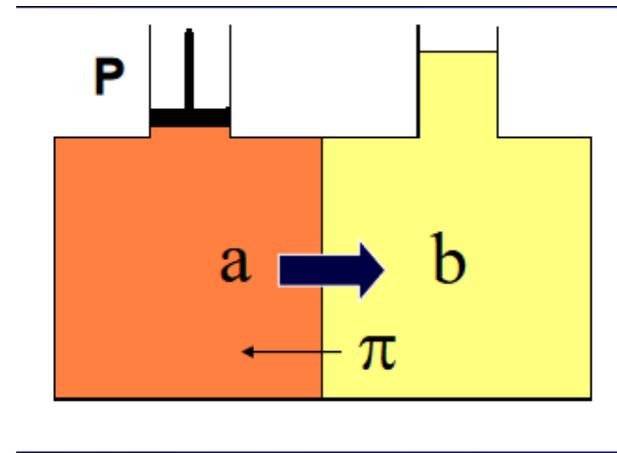


Sistemi a membrana: osmosi inversa

La forza motrice che agisce nell'osmosi inversa è la differenza fra la pressione applicata e la pressione osmotica della soluzione che agisce in senso contrario



μ potenziale chimico



Bisogna considerare che:

- La pressione osmotica aumenta all'aumentare della concentrazione
- Necessita l'applicazione di pressioni molto elevate
- L'efficienza diminuisce con l'aumentare della differenza di concentrazione
- Il retentato ha costi di smaltimento elevati

$$dV / dt = K A (\Delta p - \Delta \pi) \quad \text{Permeabilità}$$

Con K e A costanti che dipendono dalla membrana e dalla soluzione

Sistemi di disinfezione chimici (inattivazione)

I principali agenti ossidanti sono:

- aria,
- ossigeno,
- ozono,
- perossido d'idrogeno,
- permanganato di potassio,
- cloro e ipocloriti,
- biossido di cloro.

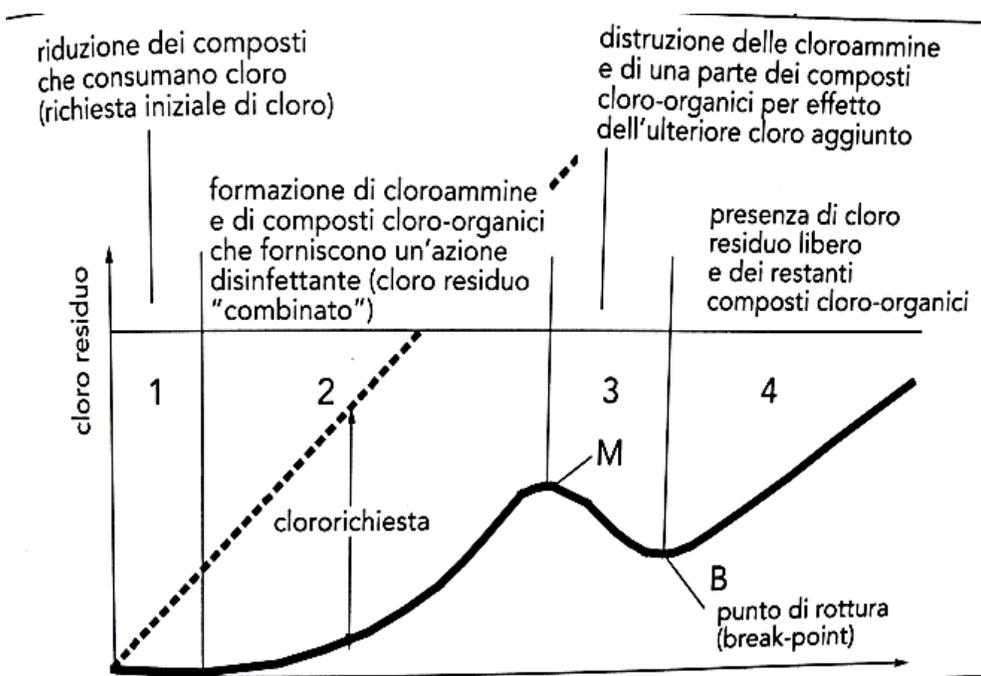
I meccanismi di inattivazione sono:

- Distruzione della struttura cellulare (membrana)
- Inibizione delle funzionalità della membrana
- Interferenza con i processi metabolici (azione sulla sintesi enzimatica)

Si definiscono:

- **Cloro libero** si riferisce a tutti i composti a base di cloro, come l'acido ipocloroso e l'ipoclorito, i quali hanno un alto poter disinfettante
- **Cloro combinato** è quando il cloro libero si combina con i contaminanti, diminuisce il potere ossidante e aumenta il potere tossico
- **Cloro residuo** è la quantità di disinfettante rimasta nell'acqua al momento dell'analisi, è un parametro normato con un valore massimo consigliato di 0,2 mg/l
- **Cloro totale** è la somma di tutte le specie di cloro libero e combinato presenti nel campione

Clorazione al break-point



Acqua reflua che contiene H_2S , nitriti, sostanze organiche ossidabili, azoto organico e NH_3 .

Il cloro residuo viene misurato dopo un tempo di contatto di 30 minuti.

Fase 1: il cloro appena aggiunto reagisce con tutte le molecole reattive (H_2S , nitriti, sostanze fac. Ossid. - *richiesta iniziale di cloro*)

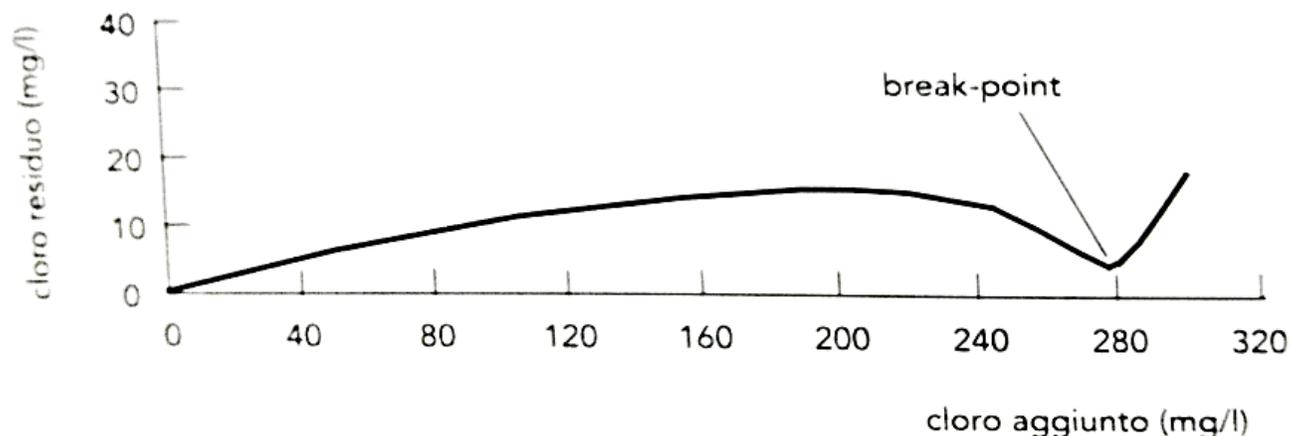
Fase 2: reazione con sostanze azotate e ammoniaca con potere disinfettante basso ma persistente- *cloro residuo combinato*

Punto M: esaurimento di tutte le sostanze azotate

Fase 3: il cloro aggiunto distrugge le clorammine formate prima con formazione di N_2 e Cl^- **fino al punto B in cui restano sostanze non più attaccabili**

Fase 4: il cloro da qui in poi aggiunto **è quello attivo alla disinfezione**

L'ammoniaca consuma molto cloro $2 NH_3 + HClO \rightarrow N_2 + 3 H_2O + 3 HCl$
in teoria 7,6 moli di Cl_2 per 1 mole di $N-NH_3$



Inoltre va considerato:

- L'abbassamento del pH (formazione di HCl)
- Aumento della salinità (cloruri)

Acqua inquinata

Quando in essa sono presenti sostanze estranee a quelle naturalmente presenti (organiche, sospese, colloidali, coloranti, tossiche...) o in ogni caso si trova in uno stato tale che risulta alterato l'equilibrio biologico e chimico/fisico "naturale" dell'acqua (temperatura più elevate), comportando inconvenienti all'ecosistema.



Definizioni importanti

- **ACQUE REFLUE:** Le acque reflue sono tutte le acque che in seguito al loro utilizzo in ambito domestico o industriale, **necessitano di un trattamento** (depurazione) prima di poter essere reimmesse nell'ambiente o riutilizzate.
- **ACQUE DI SCARICO :** (art. 74 lettera ff, D.Lgs. 152/06)
“Qualsiasi **immissione** effettuata esclusivamente tramite un sistema stabile di collettamento che collega senza soluzione di continuità il ciclo di produzione del refluo con il **corpo ricettore** (acque superficiali, sul suolo, nel sottosuolo e in rete fognaria), indipendentemente dalla loro natura inquinante, **anche sottoposte a preventivo trattamento di depurazione.**”
- **RIFIUTI LIQUIDI:** (art. 256 del d.lgs. 152/06)
“**acque reflue di cui il detentore si disfa**, senza versamento diretto nei corpi ricettori, ma avviandole allo smaltimento, trattamento o depurazione a mezzo di trasporto su strada o comunque, senza canalizzazione»
- **ACQUE REFLUE DOMESTICHE:** (art. 74, lettera g, D.Lgs. 152/06)
“acque reflue provenienti da insediamenti di tipo residenziale e da servizi e derivanti prevalentemente dal metabolismo umano e da attività domestiche”.
- **ACQUE REFLUE URBANE:** (art. 74 lettera i, D.Lgs. 152/06)
“acque reflue domestiche o il miscuglio di acque reflue domestiche, di acque reflue industriali, ovvero meteoriche di dilavamento convogliate in reti fognarie, anche separate, e provenienti da agglomerato”.
- **ACQUE REFLUE INDUSTRIALI:** (art. 74, lettera h, D.Lgs. 152/06)
“qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od installazioni in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque reflue meteoriche di dilavamento”.

Caratteristiche delle acque di rifiuto: acque civili

Acque puramente domestiche non esistono più

Acque civili fresche

- Colore: normalmente grigio
- Ossigeno disciolto: 1-2 mg/L
- Odore: sui generis (pungente ma non fastidioso)

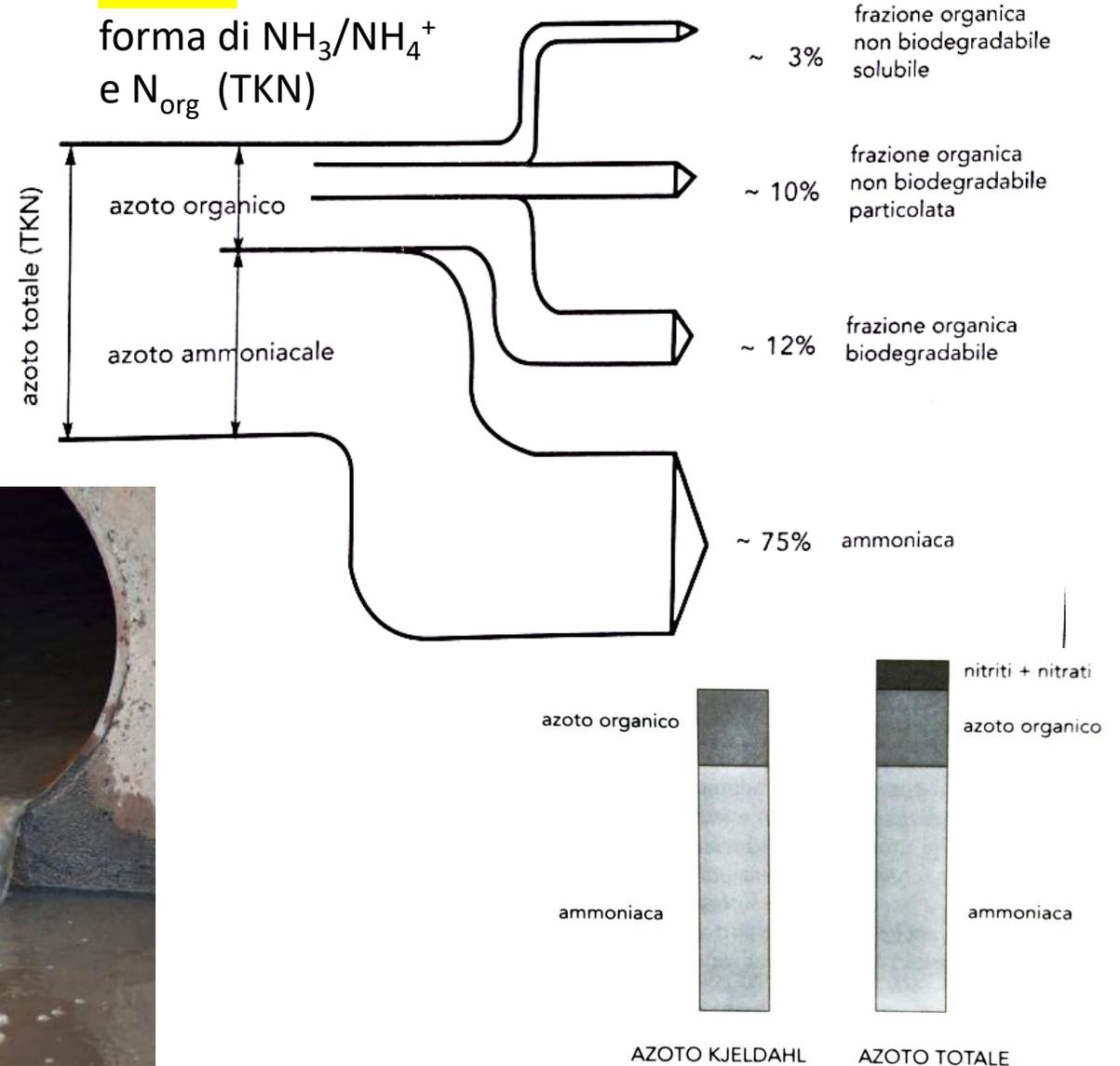
Acque civili settiche:

- Colore: tendente al nero
- Ossigeno disciolto: circa 0 mg/L
- Odore: molto sgradevole (solfuri e mercaptani)



$\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ = invecchiamento dell'acqua

Azoto: si trova in forma di $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ e N_{org} (TKN)

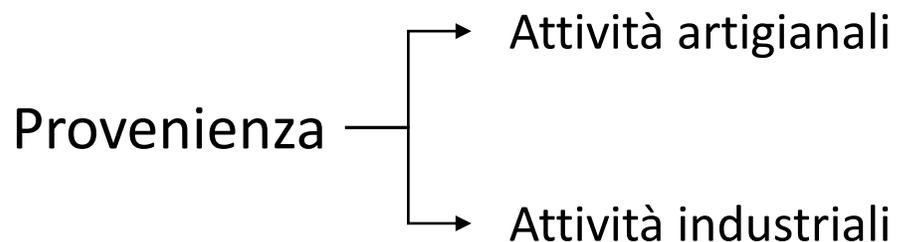


Valori medi per acque reflue domestiche

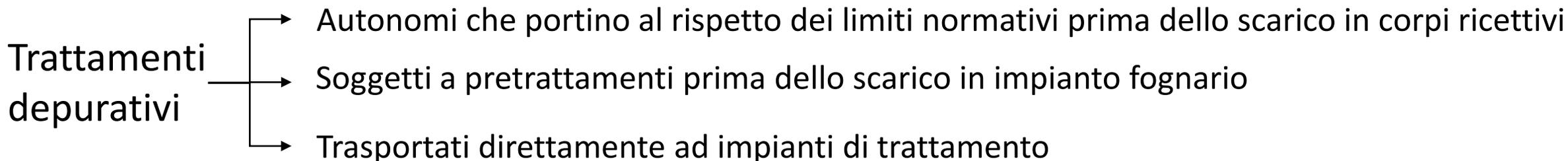
Parametro	Liquame forte	Liquame medio	Liquame debole
BOD ₅ , mg/l	450	300	170
COD, mg/l	1.000	500	250
TOC, mg/l	3.00	200	100
Solidi totali, mg/l	1.200	700	350
Solidi disciolti totali, mg/l	850	500	250
minerali, mg/l	525	300	145
organici, mg/l	325	200	105
Solidi sospesi totali, mg/l	350	220	100
minerali, mg/l	75	55	20
organici, mg/l	275	165	80
Solidi sedimentabili, ml/l	20	10	5
Azoto totale, mg N/l	85	40	20
Azoto organico, mg N/l	35	15	8
Azoto ammoniacale, mg N/l	50	25	12
Fosforo totale, mg P/l	10	6	3
Fosforo organico, mg P/l	5	3	1
Fosforo inorganico, mg P/l	15	7	2
Oli e grassi, mg/l	100	50	30

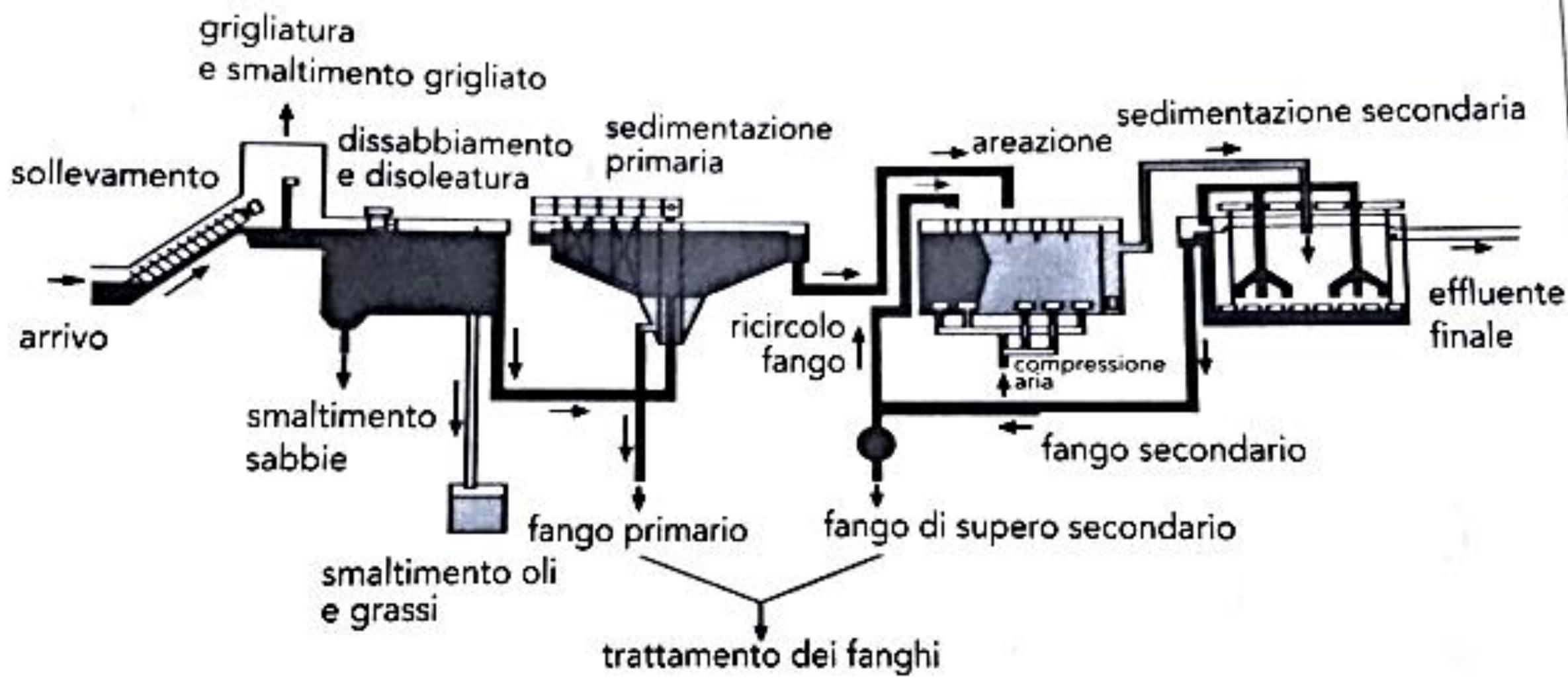
Acque reflue industriali

Definizione: Qualsiasi tipo di acque reflue scaricate da edifici od impianti in cui si svolgono attività commerciali o di produzione di beni, diverse dalle acque reflue domestiche e dalle acque meteoriche di dilavamento.



- CONOSCENZA ESATTA DEL PROCESSO PRODUTTIVO
- CONOSCENZA ESATTA DELLA VARIETA' DI SOSTANZE MICRO E MACRO INQUINANTI

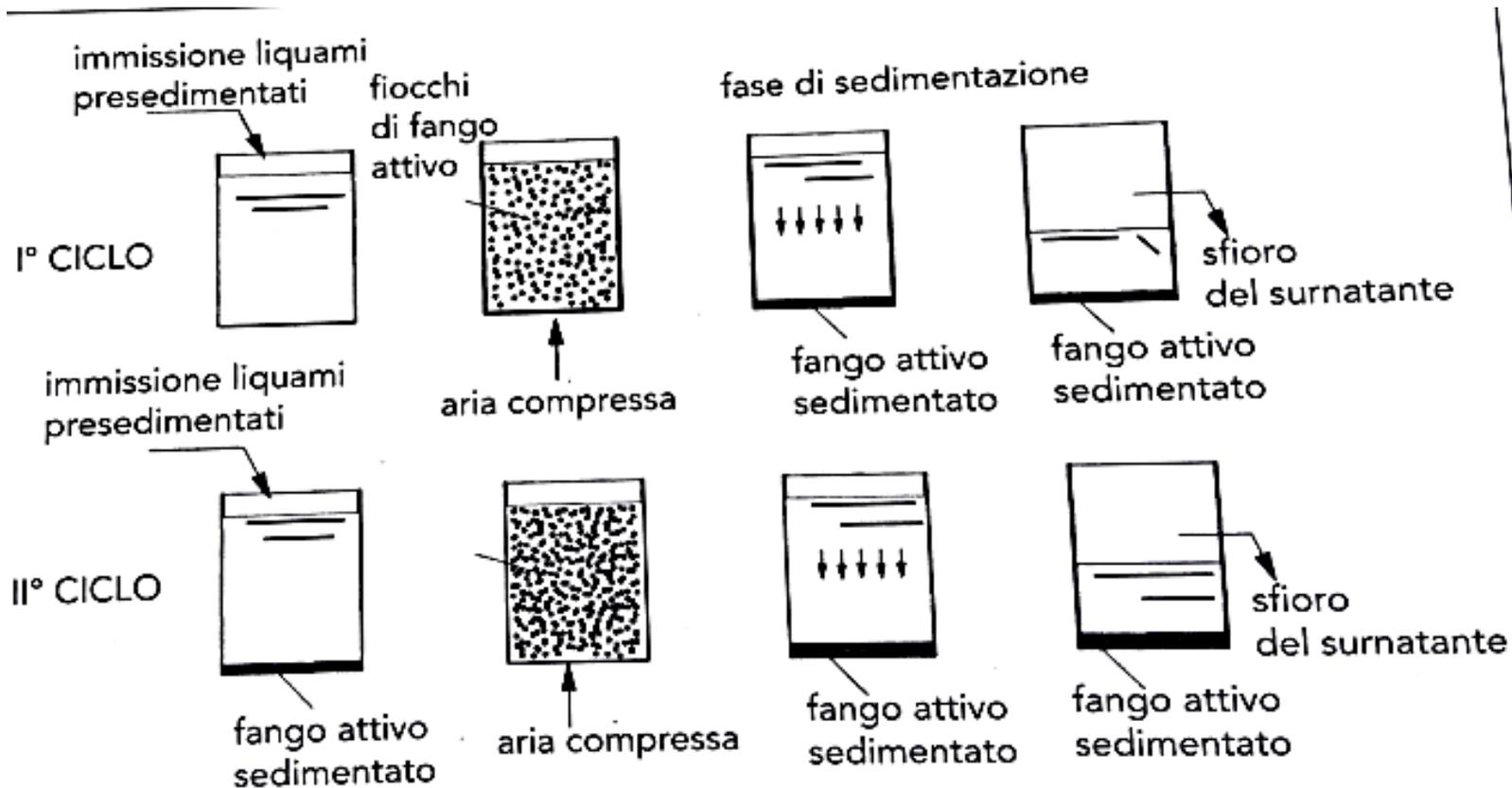




Impianto a fanghi attivi

Si dividono in sistemi a

- Biomassa sospesa
- Biomassa adesa (MBR, Membrane Biological Reactors)
- Discontinui (SBR, Sequencing Batch Reactors)
- Continui



1° sistema a fanghi attivi messo a punto da Arden e lockett nel 1913

- Elevata efficienza
- Elevati costi
- Elevati tempi morti

Vasca di ossidazione



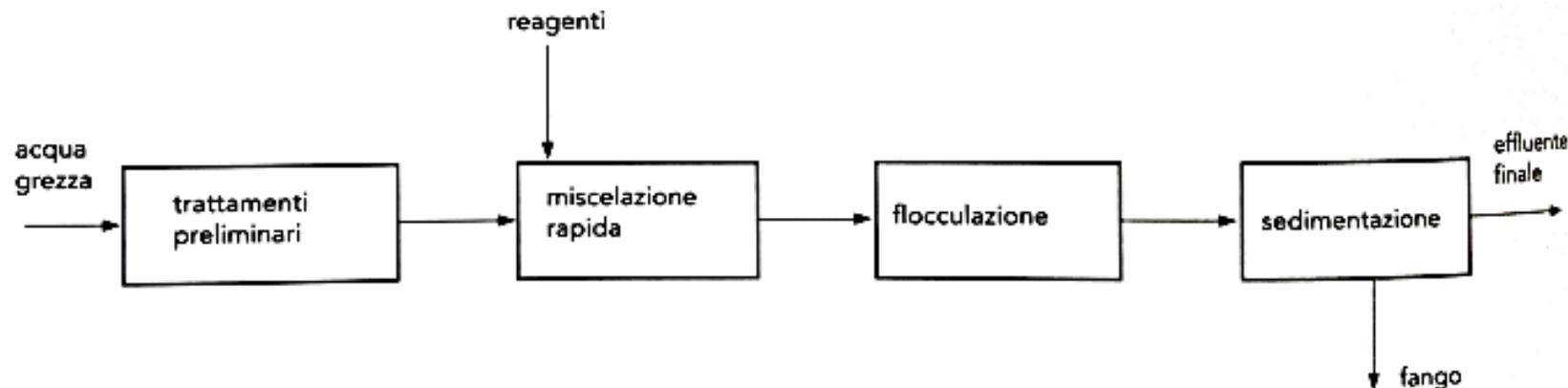
Copyright: Depurtecnica Trattamento Acque



TRATTAMENTI DI PRECIPITAZIONE CHIMICA

Processo richiede l'aggiunta di reattivi chimici capaci di alterare lo stato fisico di solidi sospesi o solubili allo scopo di permetterne la rimozione attraverso un processo di sedimentazione o flocculazione.

- Rientrano molto spesso nei trattamenti preliminari di acque reflue industriali
- Aiuta l'abbattimento di composti del fosforo non biodegradabili
- E' particolarmente adatto all'abbattimento di sostanze tossiche (metalli pesanti, alcuni solfuri...)
- Migliorano la sedimentabilità del fango
- Migliorano l'ispessività del fango
- Migliorano la centrifugabilità del fango
- Oggi i costi degli additivi chimici sono relativamente bassi
- Vengono utilizzate soluzioni molto diluite
- Particolarmente utili in casi di reti di fognatura corte o fredde
- In alcuni casi può rappresentare l'unico sistema di trattamento acque



I reagenti chimici da aggiungere possono essere di diverso tipo:

- Organici
- Inorganici
- Cationici
- Anionici
- Polielettroliti
- Multi-compositi

Molte sostanze di natura sia organica che inorganica sono presenti nelle acque in **sospensione colloidale**.

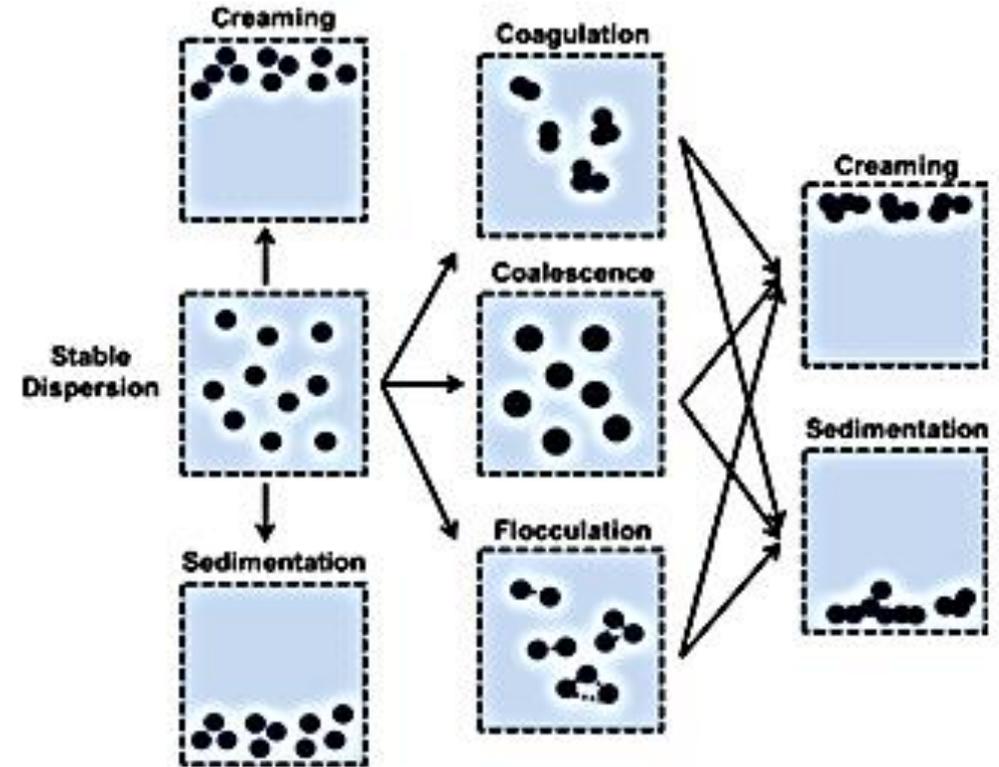
LE PARTICELLE COLLOIDALI, NON SONO MAI IN QUIETE, MA SOGGETTE AL MOTO BROWNIANO (MOVIMENTO DISORDINATO). FINCHÉ LE PARTICELLE RESTANO PICCOLE, LA SEDIMENTAZIONE (MOTO ORDINATO DOVUTO ALLA GRAVITÀ) È SOPRAFFATTA DALL'AGITAZIONE TERMICA, E NON AVVIENE.

I colloidi possono essere idrofobici, con limitata attrazione per l'acqua (instabili), o idrofilici con elevata attrazione (stabili).

COAGULAZIONE: 2 particelle collidono e per attrazione (WdW) formano particelle più grandi

COALESCENZA: 2 particelle si attraggono e si fondono formandone una più grande(perdita di identità)

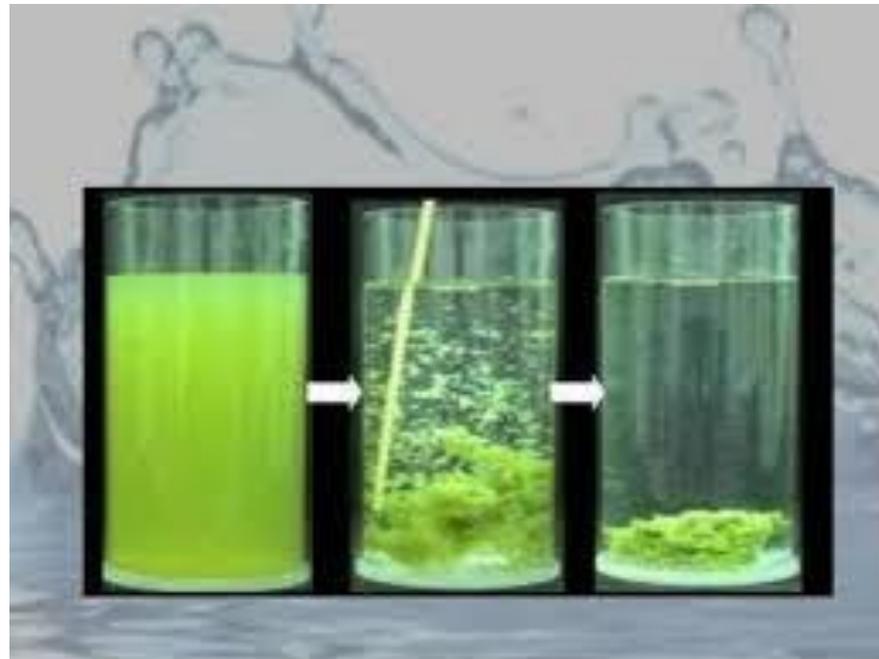
FLOCCULAZIONE: 2 o più particelle formano legami interparticellari



Qual è la soluzione????

Per aggregare le particelle tra loro occorre ridurre le cariche elettriche superficiali o eliminarne gli effetti. Ciò può essere realizzato:

- **aggiungendo ioni** capaci di determinare potenziali elettrici per ridurre le cariche superficiali dei colloidali, od elettroliti capaci di ridurre lo spessore dello strato diffuso
- **aggiungendo polimeri organici** a lunga catena (polielettroliti), capaci di adsorbire e legare i colloidali tra di loro formando aggregati di maggiori dimensioni.
- **aggiungendo reattivi chimici specifici** che formano ioni metallici idrolizzati.

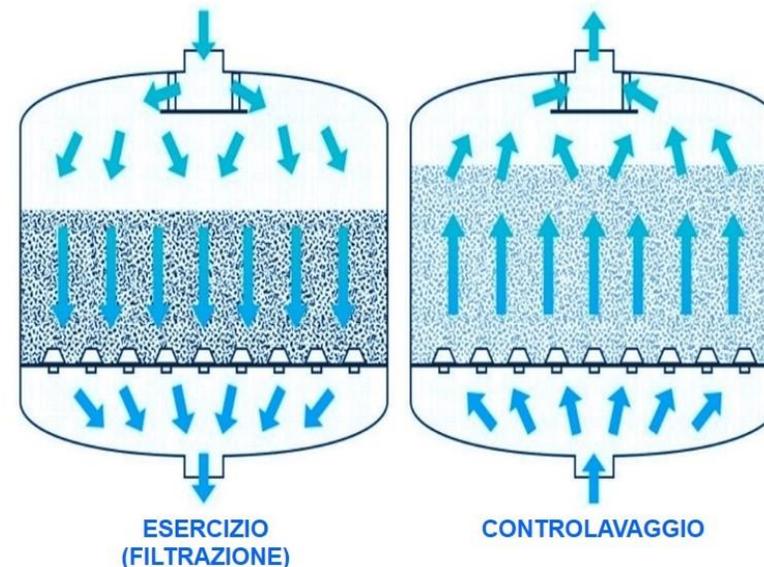
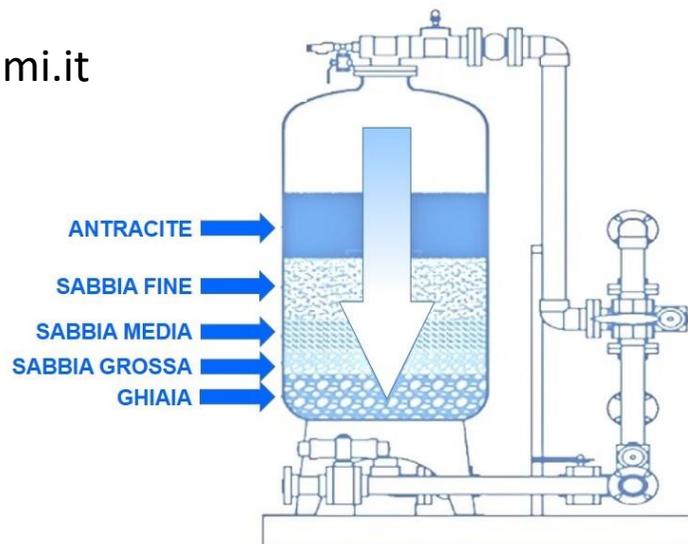


Sezione di filtrazione: filtri a sabbia e a carboni attivi

La filtrazione a sabbia è un processo che consiste nella rimozione dei **solidi sospesi** nel fluido, realizzata mediante passaggio del fluido attraverso un filtro costituito da un **letto di sabbia, supportato da uno strato di ghiaia di spessore variabile e da un sistema di drenaggio**. Il materiale di cui è costituito il mezzo filtrante è comunemente composto da silice, antracite, granato o ilmenite.

Il processo consiste nel passaggio in pressione dell'acqua da trattare attraverso un letto filtrante. Il materiale rimosso dall'acqua rimane intrappolato nel letto filtrante; questo genera un progressivo intasamento del filtro che viene periodicamente lavato in controcorrente, in maniera automatica, grazie alla centralina di controllo impianto e le valvole idropneumatiche.

Osmo sistemi.it





CONCLUSIONE

L'ACQUA E' UN BENE PREZIOSO,
FATENE UN USO PARSIMONIOSO E
INTELLIGENTE