



***“IMPIANTO DI  
POTABILIZZAZIONE:  
SEDIMENTAZIONE E  
MICROSTACCIATURA”***

**PROF.SSA PAOLA IODICE**

# Indice

<b>1</b>	<b>LA SEDIMENTAZIONE</b> .....	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>LE VASCHE DI SEDIMENTAZIONE</b> .....	<b>6</b>
2.1.	PARAMETRI DI PROGETTO .....	8
<b>3</b>	<b>MICROSTACCIATURA</b> .....	<b>10</b>
	<b>BIBLIOGRAFIA</b> .....	<b>14</b>



*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

# 1 La sedimentazione

Le acque grezze contengono diverse tipologie di sostanze di natura organica ed inorganica, qui di seguito classificati, che devono essere rimosse durante il trattamento di potabilizzazione:

solidi grossolani distinguibili in:

*solidi grossolani sedimentabili* (ghiaia, sabbia grossa, terriccio);

*solidi grossolani non sedimentabili* (foglie, piccola fauna, alghe);

*solidi sospesi* costituiti da particelle di dimensioni comprese tra 0,1 e 1  $\mu\text{m}$ :

che si distinguono in

*solidi sospesi sedimentabili* ( argilla, sabbia fine);

*solidi sospesi non sedimentabili* (microflora e microfauna, plancton).

solidi filtrabili costituite da:

sostanze colloidali costituite da particelle di dimensioni tali ( $10^{-7}$  -  $10^{-5}$  cm) da non poter essere separati dall'acqua con alcun trattamento meccanico;

sostanze disciolte o solute omogeneamente disperse allo stato molecolare o ionico nell'acqua.

Ricordiamo che le sostanze colloidali e le sostanze sospese non sedimentabili sono la causa prima della torbidità dell'acqua.

Il trattamento fisico che si utilizza per l'eliminazione di solidi sospesi non eliminati durante la fase di grigliatura è la sedimentazione.

Attraverso la sedimentazione si eliminano dall'acqua i solidi sospesi sedimentabili che restano quindi nella vasca per poi essere eliminati. Anche questa fase come la fase di grigliatura, è una fase di separazione poiché avrò due linee di trattamenti separati: l'acqua priva di solidi sospesi sedimentabili che eventualmente continuerà a subire trattamenti per renderla potabile, e lo scarto, in tal caso fango.

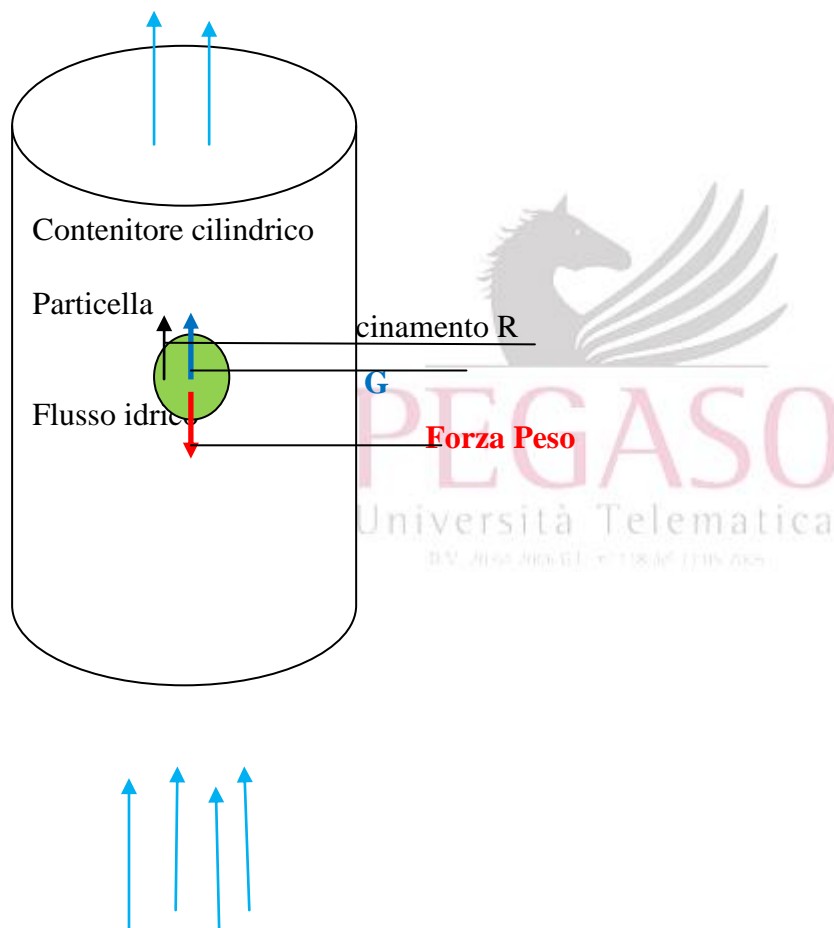
La sedimentazione sfrutta la forza di gravità per eliminare dall'acqua i solidi sedimentabili prevalentemente di natura inorganica (sabbie, terriccio, limo, ecc.).Viene adottata come pretrattamento fisico limitatamente alle acque con un'elevata torbidità ( $> 1.000$  mg/l) e/o con silice in sospensione. In questi casi viene inserita a monte della chiariflocculazione al fine di alleggerirne il carico in arrivo. La funzionalità è legata alla capacità di consentire la sedimentazione dei materiali inerti di diametro superiore a certi valori, che la pratica indica in 0,2-0,5 mm. Questi materiali infatti possono creare problemi ai successivi trattamenti poiché possono intasare tubazioni e canali,

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

e a bruciare le apparecchiature elettromeccaniche (pompe). Con questo trattamento si raggiunge l'obiettivo di eliminare il 65-70% dei solidi sospesi e di migliorare la qualità dell'acqua da inviare ai trattamenti successivi.

Spieghiamo in generale il meccanismo della sedimentazione, considerando un sola particella sospesa e vediamo le grandezze fisiche che lo governano.

Consideriamo un contenitore cilindrico di sezione  $A$ , entro cui facciamo scorrere un flusso idrico con all'interno una particella sospesa con peso specifico superiore all'acqua.



Le forze che si esercitano sulla particella sono:

La forza Peso **P**

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

La spinta di Archimede  $G$

La forza di Trascinamento  $R$

Consideriamo trascurabile, la forza di Trascinamento  $R$ , ciò indica una condizione dell'acqua in quiete. Poiché il peso specifico  $\gamma$  dell'acqua  $<$  peso specifico  $\gamma$  della particella, la particella si depositerà sul fondo con una velocità  $u$  di sedimentazione.

Se considero anche la forza di trascinamento  $R$ , la particella tende a salire con una velocità  $v = Q/A$ , la velocità  $v$  dipende dalla portata  $Q$  e dalla sezione del contenitore  $A$ , ovvero dalla scelta ingegneristica per la sezione delle vasche di sedimentazione.

Quindi affinché la particella sedimenti sul fondo è necessario che  $\rightarrow u > v$ .

Ingegneristicamente, essendo  $Q$  non variabile, andremo a variare e valutare bene la Sezione  $A$  delle vasche di sedimentazione.

Considerando che  $u \cong v$  possiamo calcolare  $A = Q/u = Q/c_i$

con  $c_i$  = carico idraulico, ha le dimensioni di una velocità, rappresenta, in questo caso, la velocità di sedimentazione.



## 2 Le Vasche di Sedimentazione

La sedimentazione viene realizzata all'interno di apposite vasche, denominate anche decantatori, entro le quali l'acqua si muove con un flusso il più laminare possibile per un tempo sufficiente a consentire la sedimentazione delle particelle più pesanti. Tali vasche devono consentire:

- la separazione delle particelle di diametro superiore a 0,2-0,5 mm;
- la raccolta sul fondo delle particelle e la loro concentrazione e rimozione sotto forma di fango.

I decantatori, o vasche di sedimentazione o unità di sedimentazione, possono essere a flusso *orizzontale o verticale*.

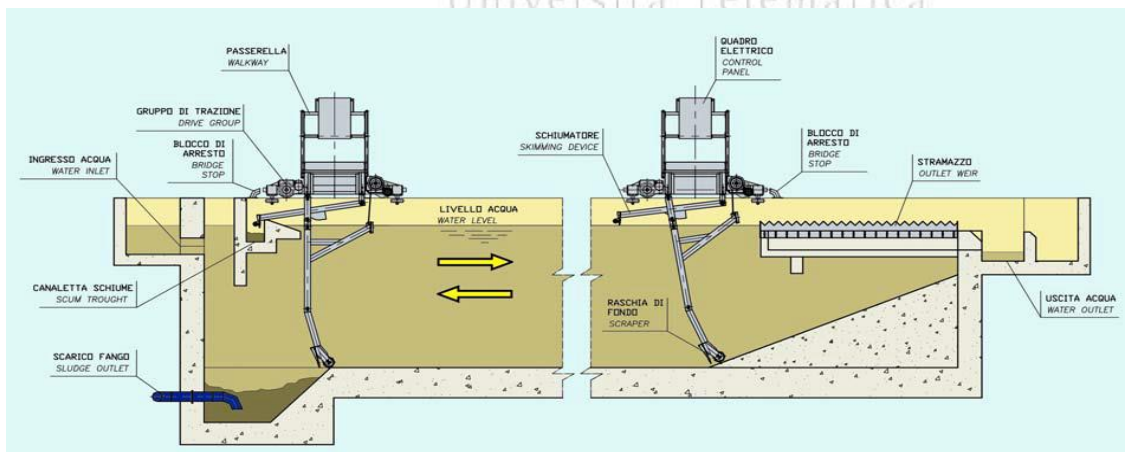
I decantatori a flusso orizzontale o dissabbiatori a canale, sono costituiti da una o più vasche in parallelo a sezione rettangolare molto allungata. Queste vasche vengono percorse in senso orizzontale dall'acqua ed hanno delle dimensioni tali da far assumere al fluido una velocità tale da consentire, nel tempo di attraversamento, la sedimentazione sul fondo della maggior parte delle particelle sedimentabili; decantatori a flusso verticale o a flusso ascensionale sono di norma a sezione circolare.

In queste vasche l'ingresso dell'acqua grezza può essere centrale dall'alto; in questo caso l'acqua, per poter fuoriuscire dalla vasca stessa è costretta a percorrere una traiettoria tortuosa; infatti prima deve spostarsi verticalmente verso il basso per poter passare sotto un deflettore concentrico, detto camino, successivamente, superato l'ostacolo camino, deve risalire e superare uno stramazzo posto lungo il perimetro della vasca. Il liquido stramazato viene raccolto da una canaletta e trasportato al trattamento successivo. Lungo questo percorso, tutte le particelle di tipo granuloso che hanno una velocità di sedimentazione superiore alla velocità ascensionale della corrente vengono trattenute nella vasca. In pratica la sedimentazione dipende dalla superficie della vasca e non dal suo volume. Infatti a parità di portata del flusso ascensionale ( $Q_a$ ), maggiore è la superficie ( $A$ ) della vasca, minore è la velocità del flusso ascensionale ( $v_a=Q_a/A$ ), maggiore è la percentuale di particelle che sedimenta.

Il materiale sedimentato viene convogliato verso una tramoggia ricavata sul fondo della vasca, mediante raccoglitori meccanici che spazzano il fondo stesso, e da qui pompato alla linea trattamento fanghi. Le dimensioni delle vasche dipendono dal tempo di detenzione il quale è

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

funzione delle caratteristiche dei solidi sedimentabili presenti nelle acque grezze e del tipo di decantatore prescelto. Tra solidi inerti e solidi organici che costituiscono il fango c'è differenza perché i solidi organici tendono a portarsi più acqua e quindi avremo che il fango è più ricco d'acqua. Il fango di raccolta sarà tanto più ricco di acqua quanto maggiore sarà la capacità di ritenuta dell'acqua. Ciò non riguarda le acque di categoria A1 che presentano un basso contenuto di solidi organici. La pulizia delle vasche a flusso orizzontale si ottiene meccanicamente o con l'utilizzo di un carroponete o con un sistema a catena. Il sistema a carroponete prevede l'installazione sulla vasca di un carroponete con un braccio e una spatola. Quando il carroponete si muove nel verso opposto della corrente il braccio viene immerso e la spatola raschiando il fondo trascina il fango di sedimentazione in tramoggia. La spatola viene immersa inclinata a quota di pelo libero per garantire anche l'eliminazione di eventuali solidi sospesi non rimossi in fase di grigliatura. Il sistema di pulizia a catena invece prevede l'installazione sulle due pareti più lunghe della vasca di 4 pulegge sulle quali viene fatta correre una doppia catena solidale con dei raschietti che provvedono alla pulizia del fondo. Il sistema a carroponete è un sistema meno robusto meccanicamente, rispetto del sistema a catena in quanto la catena è sempre in movimento. Inoltre è più sensibile alla corrosione essendo il braccio del carroponete esposto sia all'aria che all'acqua, mentre la catena è sempre immersa in acqua; altro punto di criticità del sistema a carroponete è che in zone fredde si possono formare strati di neve e ghiaccio che ostacolano la corsa del carroponete. Il vantaggio invece è nella manutenzione che essendo esterna non si è a contatto con la vasca. In definitiva il sistema a catena è più conveniente.



**Figura1** Vasca Rettangolare

Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)



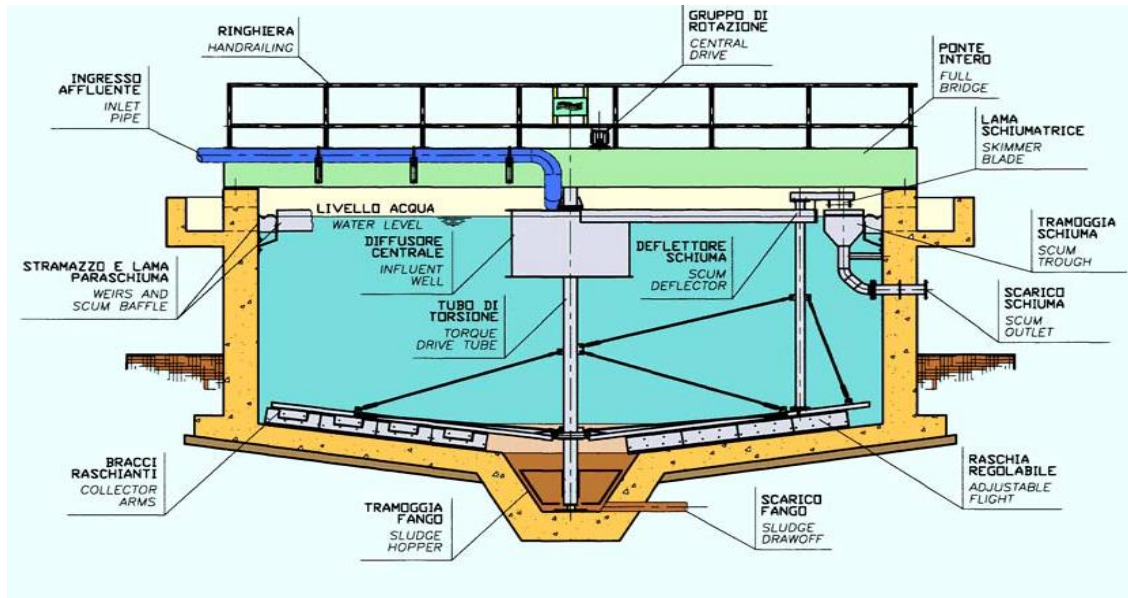


Figura 2 Vasca Circolare

## 2.1. Parametri di progetto

Procediamo al calcolo di alcuni parametri di progetto per la fase di sedimentazione per una vasca a pianta circolare. L'altezza utile  $H$  della vasca, deve essere sufficientemente elevata per far sì che realmente il flusso sia verticale. Generalmente poniamo  $H=3$  m. Fissata la sezione  $A$  e l'altezza  $H$ , possiamo calcolare il volume  $V$  della vasca  $V= A \cdot H$ . Il tempo medio di permanenza della corrente idrica in un certo Volume lo chiamiamo Tempo di Detenzione  $t_d= V/Q$ , si misura in ore. A seconda del tipo di vasca può variare dalle 2 alle 8 ore. Fissando come parametro di progetto  $t_d$  e non  $H$  possiamo ricavarci il  $V$  volume della vasca con la formula inversa  $V= t_d \cdot Q$ . Inoltre ricordiamo che il diametro della sezione solitamente non supera i 6 metri perché i costi dello scavo per diametri superiori diventano eccessivi, si realizzano allora o più vasche per un massimo di 6, per un problema di gestione e manutenzione, o si preferiscono altri tipi di sezione. Nel progetto di vasche di tipo rettangolare abbiamo un vicolo di larghezza dovuto al sistema di pulizia per il fondo della vasca essendo il carroponete di dimensioni non superiori agli 8 metri (se necessario si realizza il carroponete su misura per larghezze superiori). Invece per la lunghezza se non è adeguata, non avviene il processo di sedimentazione in maniera completa. Nel progetto si pone il vincolo che il

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*





### 3 Microstacciatura

Nel caso in cui il corpo idrico di approvvigionamento è un lago, dopo la prima fase di grigliatura non si effettua la fase di sedimentazione, per la natura morfologica del lago che avendo acque in quiete è ricco di sostanze algali molto piccole e leggere (rappresentano la sostanza organica) che sedimentano molto lentamente. Per eliminare tali sostanze viene effettuato un trattamento simile alla filtrazione detto di Microstacciatura. I microstacci sono le unità che realizzano il processo sono costituiti da un cilindro rotante (tamburo o noria) in acciaio inox ad asse orizzontale, chiuso alle sue estremità e parzialmente immerso in una vasca, su cui è montata una rete metallica anch'essa in materiale inossidabile.

L'acqua filtra attraverso la rete all'interno del cilindro e viene inviata verso i successivi trattamenti, mentre il materiale viene trattenuto sulla sua superficie. Nella rotazione, una porzione del tamburo emerge permettendo così di liberare la rete dai materiali trattenuti mediante spruzzi d'acqua. L'acqua di lavaggio viene raccolta in una canaletta e inviata alla linea fanghi. Gli stacci e i microstacci sono costruttivamente simili, differenziandosi solo per le dimensioni dei fori delle reti filtranti che per i microstacci si attesta nell'ordine di grandezza di 0,10 mm, 0,01 mm. Le aperture di passaggio possono essere anche di pochi millimetri per cui il trattamento risulta più efficiente della grigliatura fine. Oltre alla possibilità di trattenere materiali particolarmente piccoli, la stacciatura presenta il vantaggio, rispetto alla grigliatura, di trattenere tutto il materiale che abbia almeno una dimensione di misura superiore al passo della rete.

L'inconveniente principale della stacciatura è però la facilità con cui avvengono gli intasamenti e la necessità di frequenti operazioni di manutenzione e di pulizia.

La stacciatura può essere applicata solamente nel caso di acqua con una bassa concentrazione di solidi sospesi. Le perdite di carico durante il processo di microstacciatura variano, a causa dell'intasamento delle maglie del microstaccio stesso, in funzione del volume di acqua stacciata, secondo la seguente relazione:

$$d\Delta H_{t,T} / dV_u = I_F \cdot \Delta H_{t,T}$$

in cui :

$\Delta H_{t,T}$  =perdite di carico al tempo t e alla Tempertura T, m;

$V_u$ =volume di acqua stacciata per unità di superficie del microstaccio,m;

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

$I_F$  = indice di filtrabilità, parametro di natura empirica, funzione delle caratteristiche dell'acqua e dello staccio  $m^{-1}$ .

Integrando l'equazione a partire dalla condizione iniziale  $t = t_0$ , rappresentata dalle perdite di carico a staccio pulito,  $\Delta H_{t_0, T}$  si ha:

$$\ln \frac{\Delta H_{t, T}}{\Delta H_{t_0, T}} = I_F \cdot V_u$$

Il volume di acqua stacciato per unità di superficie del microstaccio, a sua volta, può essere calcolato in funzione della portata in trattamento  $Q$ , del numero di giri effettuato nell'unità di tempo,  $n$ , e della superficie bagnata,  $A_B$ , attraverso la relazione:

$$V_u = \frac{Q}{n \cdot A_B}$$

Per cui si ha:  $\ln \frac{\Delta H_{t, T}}{\Delta H_{t_0, T}} = I_F \cdot \frac{Q}{n \cdot A_B}$  e quindi  $n = \frac{Q \cdot I_F}{\ln \frac{\Delta H_{t, T}}{\Delta H_{t_0, T}} \cdot A_B}$

La pulizia del microstaccio si esegue facendolo ruotare intorno al proprio asse ed investendo la parte superiore con un getto d'acqua in pressione, che stacca il materiale raccolto nei fori e lo fa precipitare in una canaletta fissa posta al di sotto. La quota dell'asse dello staccio è superiore al palo libero del flusso idrico della vasca perché ci sono perdite di carico. I microstacci non vengono realizzati su misura ma esistono direttamente in produzione pertanto nelle fasi di progetto siamo vincolati alle loro dimensioni. Se ne prevedono sempre più di uno perché possono rompersi o possono essere sottoposti a manutenzione. In genere si realizzano in strutture simmetriche. La microstacciatura come la sedimentazione è una Fase di separazione a due uscite, un'uscita acqua che nel caso di acque di categoria A1 va alla disinfezione per le altre categorie ai successivi trattamenti, e un'uscita per la linea Fango.



**Figura 4.** *Microstaccio*

Dopo la microstaccatura o la sedimentazione, a seconda se abbiamo una presa da lago o da fiume, il ciclo di trattamento si completa con un processo di disinfezione.

Per i prodotti di scarto della separazione, grigliato e fango dobbiamo ricordare che la normativa ci impone lo smaltimento del grigliato come rifiuto solido urbano, mentre i fanghi se non presentano le caratteristiche di stabilità e palabilità non possono uscire dall'impianto.

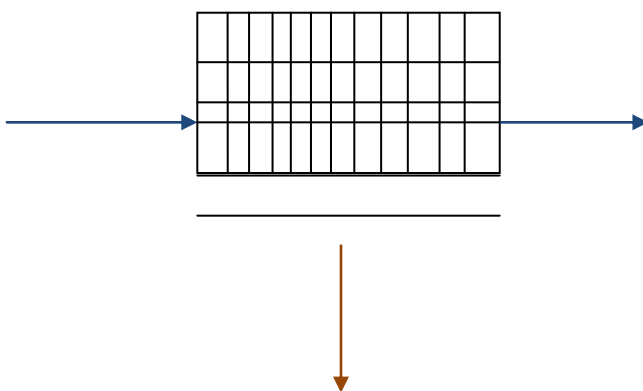
Un fango è Palabile quando si può sollevare con una pala, è stabile quando non è soggetto a reazioni di trasformazione.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*



**Figura 5. Impianto di potabilizzazione di Cremona: Ingresso dell' acqua dopo il sollevamento su un griglia a nastro**

Il simbolo grafico che identifica la fase di microstaccatura nel ciclo di trattamento di un impianto di Potabilizzazione è il seguente:



dove con la freccia azzurra indichiamo la linea acqua e con la freccia marrone la linea fanghi.

*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*

## Bibliografia

- R. Canziani “Trattamenti Di Potabilizzazione”, Hoelpi, 2005
- G.d’Antonio “Ingegneria Sanitaria Ambientale”, Hoelpi 2011



*Attenzione! Questo materiale didattico è per uso personale dello studente ed è coperto da copyright. Ne è severamente vietata la riproduzione o il riutilizzo anche parziale, ai sensi e per gli effetti della legge sul diritto d'autore (L. 22.04.1941/n. 633)*