

ABBANO A	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	
		Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

**APPUNTI
PER ADDETTI ALLA CONDUZIONE
IMPIANTI DI POTABILIZZAZIONE**

MODULO 3

IL PROCESSO DELLA FILTRAZIONE

1. FILTRAZIONE

La filtrazione è un processo di separazione che utilizza il passaggio di una miscela liquido-solido attraverso uno strato poroso (filtro) che trattiene le particelle solide e lascia passare il liquido (filtrato).

1.1 I meccanismi della filtrazione:

in funzione delle caratteristiche delle particelle da separare e del materiale filtrante impiegato possono intervenire i tre seguenti principali meccanismi: trattenimento, fissazione e distacco.

1.2 meccanismo di trattenimento.

Può essere essenzialmente di due tipi:


- *filtrazione meccanica*: essa trattiene tutte le particelle solide di dimensioni maggiori di quelle della maglia del filtro o di quella determinata dalle particelle che, già depositatesi, formano esse stesse materiale filtrante. Quanto più fine è il materiale filtrante tanto più interviene questo fenomeno. Lo stesso è pertanto poco significativo in un filtro costituito da materiale grossolano ma di grande importanza nella filtrazione attraverso maglie fitte (microfiltrazione).
- *Deposito sul materiale filtrante*: la particella in sospensione segue la linea di corrente del liquido. La sua dimensione, in relazione alla dimensione dei grani, può consentirle di attraversare il letto filtrante senza essere trattenuta. In ogni modo diversi fenomeni determinano la variazione della traiettoria della particella facendola entrare in contatto con il materiale filtrante. Alcuni di questi fenomeni sono i seguenti:
 - **intercettazione diretta per attrito;**
 - **diffusione per moti Browniani;**
 - **inerzia della particella;**
 - **decantazione della particella.**

1.3 Meccanismo di fissaggio.

Il fissaggio delle particelle sulla superficie del materiale filtrante è favorito dalla bassa velocità del flusso ed è determinato da forze fisiche (coesione, ostruzione) e forze di adsorbimento (principalmente forze di Van der Waals).

1.4 Meccanismo di distacco.

Sotto l'effetto dei meccanismi precedenti, conseguentemente al deposito di solidi sospesi, all'interno del letto filtrante si produce una diminuzione di spazio di passaggio del fluido che ne comporta l'aumento della velocità. I solidi già depositati possono staccarsi e trattenuti più avanti nel materiale filtrante o passare nel liquido filtrato.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

Le particelle solide contenute in un liquido e quelle colloidali più o meno flocculate non hanno le stesse caratteristiche e non reagiscono ai suddetti meccanismi nelle medesime proporzioni. La filtrazione diretta di un liquido in cui le particelle sospese mantengono il loro stato originale e la loro carica elettrica è quindi ben differente rispetto a quella di un liquido già coagulato.

1.5 Intasamento e lavaggio del materiale filtrante.

L'intasamento è la graduale ostruzione degli interstizi del materiale filtrante. L'intasamento provoca l'aumento della perdita di carico.

Se il funzionamento avviene a pressione di alimentazione costante, la portata del filtrato diminuisce. Se si vuole mantenere la portata del filtrato costante, bisogna aumentare la pressione dell'alimentazione come aumenta l'intasamento.

La velocità dell'intasamento dipende da:

- Il materiale da trattenere: quantità dei solidi sospesi contenuti nel liquido, capacità di coesione, attitudine alla proliferazione (alghe e batteri).
- Velocità di filtrazione.
- Caratteristiche dell'elemento filtrante: dimensione dei pori, omogeneità, forma del materiale.

Il filtro inizia ad intasarsi, quando raggiunge la massima perdita di carico prevista per costruzione. In questa situazione bisogna ripristinare le condizioni iniziali d'efficienza ed economicità di esercizio effettuando il lavaggio.

1.6 Filtrazione su letto granulare

L'acqua da trattare passa attraverso un letto filtrante costituito da materiale granulare; l'altezza dello strato è un parametro importante e dipende dal tipo di filtro impiegato. I solidi sospesi sono trattenuti negli spazi intergranulari nella gran parte dell'altezza dello strato. Il ciclo di funzionamento del filtro è generalmente monitorato *in due modi*.

1.7 Misura ed evoluzione della qualità dell'acqua filtrata.

La figura mostra l'evoluzione della torbidità del filtrato durante il ciclo di funzionamento del filtro e ne definisce i periodi caratteristici di funzionamento:

- c = periodo di maturazione,
- b = periodo di funzionamento normale,
- d = inizio di sfondamento del filtro,
- e = limite di torbidità accettabile; la torbidità dell'acqua filtrata raggiunge questo valore in un tempo t_1

1.8 Misura ed evoluzione della perdita di carico.

La stessa figura mostra anche il grafico che rappresenta l'evoluzione della perdita di carico P in

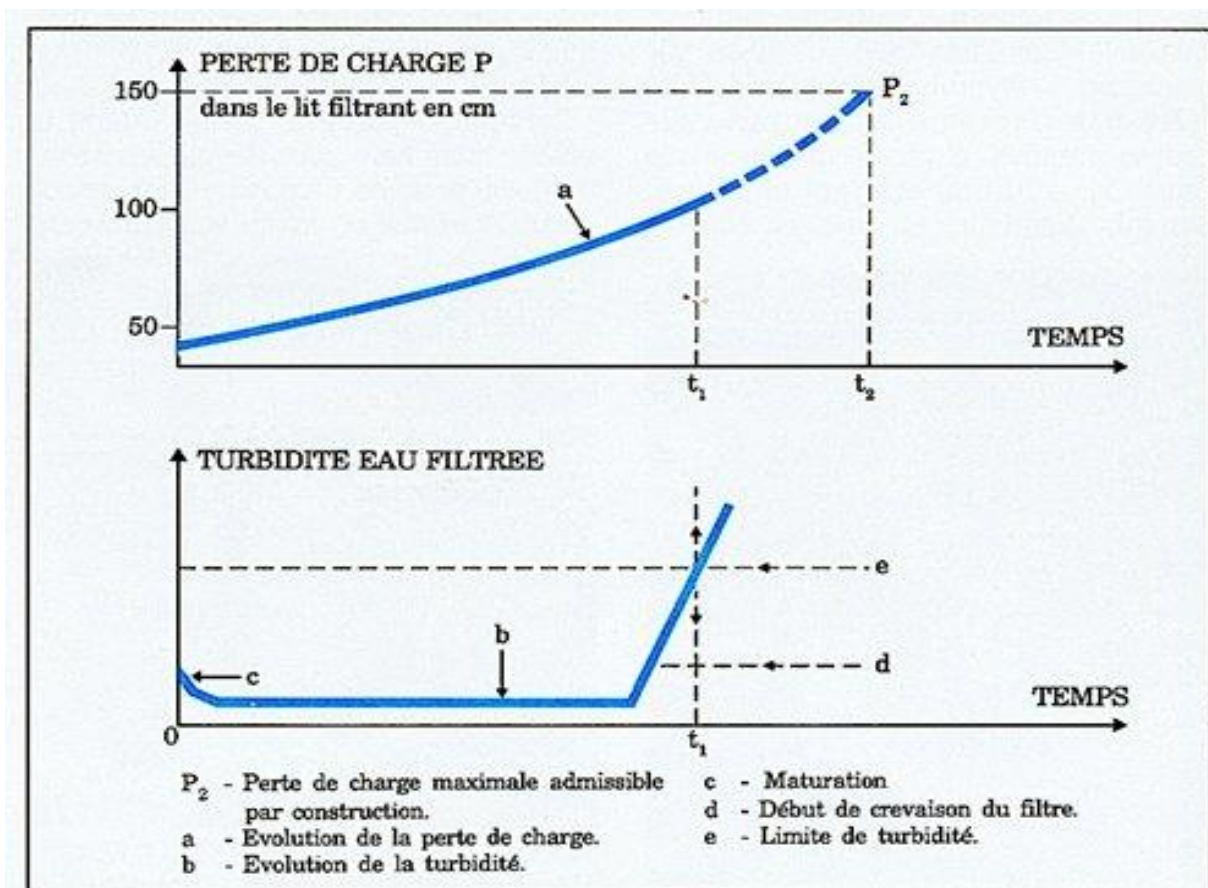


Figure 64. Courbes de filtration sur lit granulaire.

funzione del tempo. In funzione delle caratteristiche costruttive del filtro, è individuato il valore di perdita di carico massima che il filtro non potrà superare; per esempio $P_2 = 150$ cm di colonna d'acqua. Questa perdita di carico è raggiunta dopo un tempo t_2 , caratteristica importante del ciclo di funzionamento del filtro.


1.9 Ottimizzazione del ciclo di funzionamento del filtro.

Per mantenere il funzionamento ottimale del filtro nel corso del suo ciclo di funzionamento è necessario che il filtro raggiunga la massima perdita di carico P_2 corrispondente al tempo t_2 prima che si presenti il fenomeno di sfondamento al tempo t_1 . Quindi:

$$t_1 \geq t_2$$

I tempi caratteristici t_1 e t_2 dipendono da una serie di parametri scelti in fase di costruzione del filtro e del materiale filtrante nonché dai parametri dell'acqua da trattare:

- Taglia effettiva del materiale filtrante.
- Altezza del letto filtrante.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

- Aumento della perdita di carico.
- Velocità di filtrazione.
- Capacità di coesione del fiocco trattenuto.
- Concentrazione dei solidi sospesi.

1.10 Caratteristiche fisiche


Un materiale filtrante è generalmente definito dai seguenti differenti fattori:

- **la granulometria:** dimensione dei grani
- **la taglia effettiva:** dimensione corrispondente alla percentuale del 10% del campione di materiale filtrante.
- **il coefficiente di uniformità**
- **la forma dei grani:** spigolosi (materiale frantumato), o rotondi, sabbia di fiume e di mare. Si ottengono delle acque filtrate di qualità simili, con un materiale angoloso di taglia effettiva inferiore a quella di un materiale a grani rotondi. A parità di granulometria, l'incremento, di perdita di carico è inferiore con i grani spigolosi che con i grani rotondi, perché contrariamente a ciò che si può pensare, i grani spigolosi si incastrano meno facilmente gli uni negli altri rispetto ai grani rotondi, e lasciano delle sezioni di passaggio più grandi.
- **la friabilità:** permette di scegliere i materiali opportuni per essere utilizzati in filtrazione, senza rischio di produzione di detriti a causa delle operazioni di lavaggio. Un materiale troppo friabile è da evitare, soprattutto in un filtro che funziona dall'alto in basso ed il cui lavaggio si conclude con una fase di espansione con sola acqua perché eventuali detriti formati bloccano le incrostazioni in superficie.
- **la perdita all'acido:** è evidente che non si può tollerare una perdita all'acido rilevante quando l'acqua è soggetta a contenere del gas carbonico aggressivo o della acidità minerale.
- **la densità dei grani** costituenti il mezzo filtrante.
- **le densità apparenti** nell'aria e nell'acqua.
- **altre caratteristiche specifiche** tipiche dei materiali adsorbenti, come il carbone attivo.

1.11 Natura del mezzo poroso.

La sabbia quarzifera è stata il primo dei materiali utilizzati per la filtrazione, ed è ancora il materiale di base per la maggior parte dei filtri attualmente impiegati.

L'antracite o il marmo possono essere impiegate al suo posto, quando è necessario evitare ogni traccia di silice nei trattamenti industriali, o quando il loro approvvigionamento è più facile.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

Certi filtri utilizzano una combinazione di diversi materiali (filtri multistrato). La sabbia può essere associata allora all'antracite, a della graniglia, a della pirolusite, ecc., purché la friabilità di questi materiali sia scarsa così come la loro perdita all'acido.

Infine, la filtrazione può effettuarsi su del carbone attivo granulato, sufficientemente resistente:

- in sostituzione della sabbia dopo un trattamento di decantazione quando si vuole eliminare al tempo stesso i fiocchi residui e contrastare per adsorbimento un inquinamento,
- in secondo stadio di filtrazione per un trattamento di affinamento semplice o di dechlorazione.

1.12 Scelta della granulometria di uno strato filtrante.

La scelta di questo parametro è da valutare in base allo spessore dello strato ed alla velocità di filtrazione. Esso dipende dalla natura dell'acqua da filtrare (filtrazione diretta d'acqua grezza, filtrazione di acqua decantata, filtrazione biologica di acqua residuale secondario o terziario), e dalla qualità dell'acqua che si desidera ottenere. Dipende anche dal tipo di filtro utilizzato, filtro in pressione o filtro aperto, e della perdita di carico disponibile.

Nel caso più diffuso, il senso di filtrazione è discendente. Secondo il tipo di lavaggio adottato si distinguono tre tipi di filtrazione, che corrispondono ad una scelta di granulometrie differenti:

- *La filtrazione su strato di materiale omogeneo:*


il lavaggio di questo materiale è effettuato con aria ed acqua, senza espansione idraulica nella fase finale di risciacquatura. Ne risulta un'omogeneità perfetta dello strato di filtrazione: la granulometria del materiale filtrante è la stessa alla base ed alla sommità dello strato filtrante. Durante il ciclo di funzionamento, il fronte di filtrazione progredisce regolarmente, questo facilita il controllo del ciclo di filtrazione.

- *La filtrazione su strato di materiale eterogeneo:*

il lavaggio si esegue solo con acqua, o quando si ha una fase finale di risciacquatura con espansione idraulica del materiale in cui si osserva una ristatificazione dei materiali filtranti di diverse caratteristiche. I grani più grossi sono alla base del filtro, mentre i grani più fini sono in superficie. Durante il ciclo di filtrazione, il materiale fine riceve l'acqua da filtrare contenente tutto il materiale sospeso da trattenere, mentre il materiale più grosso riceve un'acqua più pulita: il controllo del ciclo di filtrazione è allora più difficile, i cicli sono più corti, considerando l'effetto di setacciatura che il materiale fine realizza alla superficie del filtro.

- *Filtrazione a più strati filtranti:*

Le osservazioni precedenti hanno portato a mettere in opera una filtrazione realizzata con due o più strati filtranti (filtrazione multistrato).

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione

Per evitare l'effetto di setacciatura provocata dai i grani di sabbia più fine in una filtrazione su strato eterogeneo e favorire la penetrazione delle impurità in tutto lo spessore del filtro, si sostituisce uno strato di sabbia fine con uno di materiale più leggero e di cui la taglia effettiva è superiore a quella della sabbia. La scelta della granulometria di ciascuno dei due strati deve essere fatta con cura; è legata alla possibilità di metterli in espansione in modo simile con lo stesso consumo di acqua di lavaggio, per potere riclassificarli al termine di ogni lavaggio, prima della rimessa in filtrazione.

1.13 Lavaggio del mezzo filtrante.

Il lavaggio è un'operazione molto importante. Se effettuata inadeguatamente provoca l'intasamento permanente di alcune zone, lasciando una ridotta sezione di passaggio all'acqua; conseguentemente la perdita di carico aumenta più rapidamente e la filtrazione diventa localmente più veloce e meno efficace.

Per lavare il materiale filtrante, lo si sottopone ad un flusso d'acqua, dal basso verso l'alto, deputato a staccare le impurità ed a convogliarle in un canale di scarico. Simultaneamente il materiale filtrante deve essere agitato nella corrente d'acqua. Allo scopo si possono adoperare diversi metodi.


1.14 Lavaggio per espansione con sola acqua.

Si sottopone il materiale filtrante ad un flusso di acqua sufficientemente elevato per determinarne l'espansione, detto flusso deve provocare l'aumento del volume apparente minimo del 15%.

In seno allo strato in espansione si originano allora correnti convettive, il materiale filtrante dunque in alcune zone circola verso il basso ed in altre verso l'alto. In conseguenza di ciò, può accadere che parti dello strato compatto di fango, che forma una crosta sulla superficie del materiale filtrante, siano trascinate in profondità e, sotto l'azione di correnti di elevata turbolenza, formino delle palle dure e voluminose (mud-balls).

Si può ovviare a ciò rompendo la crosta superficiale con l'aiuto di violenti zampilli di acqua sotto pressione, distribuita o da ugelli girevoli o fissi, (lavatori di superficie).

Questa procedura di lavaggio esige molte precauzioni ed impone di misurare il valore dell'espansione del materiale filtrante. Il suo più grave difetto è di comportare una stratificazione granulometrica, concentrando le porzioni fini di materiale filtrante in superficie e creando, di fatto, una condizione sfavorevole ad una filtrazione dall'alto in basso.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

1.15 Lavaggio simultaneo con aria ed acqua senza espansione.

Un secondo metodo, adesso generalizzato, consiste nell'utilizzare un debole flusso di acqua, insufficiente per provocare, l'espansione della sabbia, ed agitare allo stesso tempo lo strato filtrante per mezzo di un'insufflazione di aria compressa. La sabbia non è più sottoposta ad espansione, ed essendo la crosta superficiale disgregata uniformemente dall'aria, non possono formarsi i "mud-balls".

Durante il periodo di soffiatura, più il flusso di acqua di lavaggio è elevato e più veloce ed efficace è il lavaggio. Il valore minimo di portata dell'acqua da adottare per un lavaggio efficace ed il valore massimo da non superare per evitare una perdita di materiale filtrante, dipendono sia dal tipo di materiale sia dalla tecnologia del filtro.

Quando le impurità sono state rimosse dal materiale filtrante e raccolte nello strato di acqua compreso tra il letto di sabbia e la canale di scarico, bisogna "sciacquare", in altri termini sostituire detto strato di acqua fangosa con acqua limpida.


Diversi metodi di risciacquatura possono essere adottati dopo l'arresto della fase di agitazione con aria:

- continuare il controlavaggio a portata costante finché l'acqua di scarico diventa chiara. Il tempo di quest'operazione è tanto più breve quanto è maggiore la portata d'acqua, (deve sempre essere superiore a $12 \text{ m}^3 / \text{hxm}^2$), e quanto è minore l'altezza dello strato d'acqua sopra il letto di materiale filtrante.
- aumentare la portata di acqua durante la risciacquatura per portarla almeno a $15 \text{ m}^3 / \text{hxm}^2$.
- dilavare la superficie del filtro con una corrente orizzontale d'acqua grezza o d'acqua decantata contemporaneamente al flusso di controlavaggio.
- prosciugare l'acqua fangosa situata al di sopra del letto filtrante e ripulire la superficie dello stesso come nel caso precedente.

1.16 Lavaggio con aria ed acqua, utilizzata successivamente.

Questo metodo di lavaggio è impiegato quando la densità del materiale filtrante non permette di utilizzare, simultaneamente, l'aria e l'acqua di lavaggio senza rischiare la perdita del materiale filtrante verso lo scarico dell'acqua di lavaggio; questo è il caso di un letto filtrante costituito di sabbia fine o di materiali di debole densità (antracite, carbone attivo).

Nella prima fase di lavaggio, l'aria è utilizzata solo per staccare dal materiale filtrante le impurità trattenute. Nella seconda fase, un flusso di acqua, a velocità sufficiente per assicurare l'espansione del materiale filtrante, permette di estrarre dal letto e di evacuare le impurità

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione

staccate nella prima fase. Nel caso di impurità pesanti o particolarmente difficili da eliminare (acque di rifiuto) per esempio, si può ripetere parecchie volte questa sequenza.

1.17 Frequenza di lavaggio e impiego di acqua di lavaggio.

La frequenza dei lavaggi dipende dalle caratteristiche dell'acqua da filtrare così come dalle caratteristiche e dalla quantità di solidi sospesi da trattenere. Occorre iniziare il lavaggio, quando la perdita di carico raggiunge il suo valore massimale o quando il filtro comincia a sfondarsi. In pratica, il lavaggio è necessario spesso dopo la filtrazione di un orientativo volume di acqua, determinato dalle condizioni di funzionamento e dall'esperienza del gestore. Il consumo di acqua di lavaggio è essenzialmente funzione della natura e del peso delle particelle trattenute per m³ di materiale filtrante. L'impiego congiunto di aria di lavaggio e di acqua permette di ridurre del 20-30% circa l'utilizzo di acqua rispetto al lavaggio con sola acqua.

Il consumo di acqua di lavaggio è tanto più rilevante quanto più:

- è grande l'altezza dello strato di acqua al di sopra del materiale filtrante,
- è bassa la portata di controlavaggio con sola acqua,
- è elevata la distanza tra i canali di evacuazione delle acque di controlavaggio,
- è elevata la quantità di fanghi da evacuare,
- è elevata la coesione e la densità del fango.

Questo consumo s'incrementa anche quando si utilizzano dei lavatori di superficie.


2 IMPIEGO DELLA FILTRAZIONE NEL TRATTAMENTO DELL'ACQUA POTABILE.

Essenzialmente la filtrazione su materiale filtrante granulare trova nel trattamento dell'acqua potabile le seguenti applicazioni:

- la filtrazione diretta, in cui l'acqua da trattare non subisce nessun apporto di reagente,
- la filtrazione con coagulazione su filtro di un'acqua non precedentemente decantata; i reattivi utilizzati possono essere un coagulante, un coadiuvante della flocculazione ed un reagente di ossidazione,
- la filtrazione di un'acqua coagulata e decantata o flottata. In quest'ultimo caso, i filtri si trovano allora nella situazione ideale che consiste nel ricevere praticamente un'acqua di qualità costante e debolmente carica. Le velocità di filtrazione sono legate alla qualità del filtrato desiderato; possono aggirarsi tra 5 e 20 m³ / h. m² in funzione della qualità dell'acqua decantata e della natura dei filtri utilizzati.

2.1 I filtri introduzione.

Le differenti modalità di messa in opera dei materiali filtranti hanno portato alla realizzazione di svariate tipologie di filtri.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

In funzione delle condizioni idrauliche di utilizzo, i filtri che impiegano materiali filtranti vengono classificati nelle seguenti tipologie:

- Filtri in pressione
- Filtri a gravità, in cemento o metallici

2.2 Allestimento dei filtri a letto granulare.

Le considerazioni tecniche comuni ai differenti tipi di filtri a materiale granulare sono le seguenti. La quasi totalità dei filtri, che impiegano materiale granulare, ha un funzionamento per ciclo che comprende il lavaggio finale.

Il parametro essenziale che definisce la durata dei cicli, è la **perdita di carico** ma, nei limiti di una perdita di carico massima ammissibile, altri parametri discriminanti possono essere:

- Il volume filtrato o il tempo (8, 24 o 48 ore),
- La torbidità, verificabile con l'ausilio di un torbidimetro.

La **perdita di carico** massima ammissibile è determinata da:

- il carico idraulico disponibile (carico piezometrico o curva delle pompe, anch'esse scelte in funzione dei consumi di energia di progetto).
- Il mantenimento della qualità dell'acqua filtrata durante tutta la durata del ciclo con una concentrazione variabile di solidi sospesi in funzione della destinazione d'uso dell'acqua. Ciò è essenziale nella filtrazione dell'acqua di servizio o dell'acqua potabile. In certe acque industriali invece questi requisiti possono non essere vincolanti e possono essere utilizzati dei filtri in pressione con delle perdite di carico elevate (da 0,5 a 1,5 bar); in quel caso è rilevante la sola qualità media dell'acqua.

In una batteria filtrante, nel corso dell'avviamento di un filtro lavato, bisogna evitare un eccessivo afflusso d'acqua nel filtro appena lavato. Il rischio è tanto più rilevante quanto minore è il numero dei filtri che compongono la batteria, un'equipartizione dell'acqua garantisce una migliore qualità dell'acqua filtrata.

In certi casi, è opportuno mettere in scarico le prime acque filtrate se troppo cariche (filtrazioni molto rapide, acque non precedentemente chiarificate).

2.3 Materiali del letto filtrante

L'effettiva granulometria del materiale può, in pratica, variare da 0,35 mm (sabbia), a 2 mm (graniglia) o 5 mm (antracite). Il letto filtrante può essere sorretto:

- sia da un solaio in cui sono alloggiati degli ugelli la cui testa presenta delle fenditure, la cui luce è molto inferiore alla dimensione del materiale filtrante;
- sia da uno strato di supporto (ghiaia, graniglia, ecc) soprattutto se le dimensioni del materiale filtrante non sono compatibili con le fenditure degli ugelli. Questo sottofondo, di

uno spessore da 5 a 40 cm, può essere costituito da 2 a 4 sottostrati di granulometria intermedia, a seconda del materiale e del sistema di ripartizione.

2.4 Lavaggio dei filtri

Questi filtri sono sempre lavati mediante un flusso ascendente di uno o due fluidi.

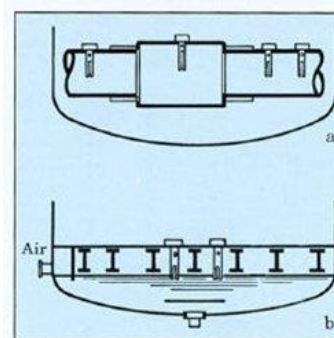
2.5 Ripartizione dei fluidi di lavaggio.

Sotto al letto di materiale filtrante deve essere previsto un sistema di ripartizione di uno o di entrambi i fluidi, l'aria richiede attenzioni particolari. Due tipologie di dispositivi sono possibili:

- semplici collettori di distribuzione per sola acqua,
- dispositivi a cuscino d'aria realizzati sotto dei solai od in appositi collettori.

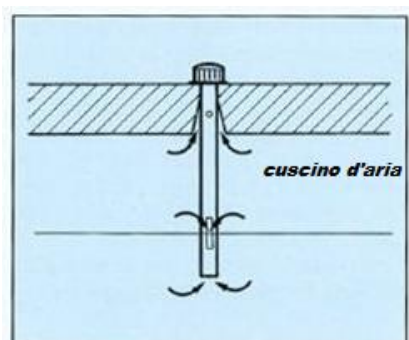
2.6 Dispositivi per la distribuzione della sola acqua

Possono essere costituiti da delle ramificazioni tubolari raccordate su un canale centrale o da un collettore trasversale di distribuzione. Le ramificazioni presentano dei fori o degli ugelli che assicurano la distribuzione dell'acqua.



2.7 Dispositivi a cuscino d'aria

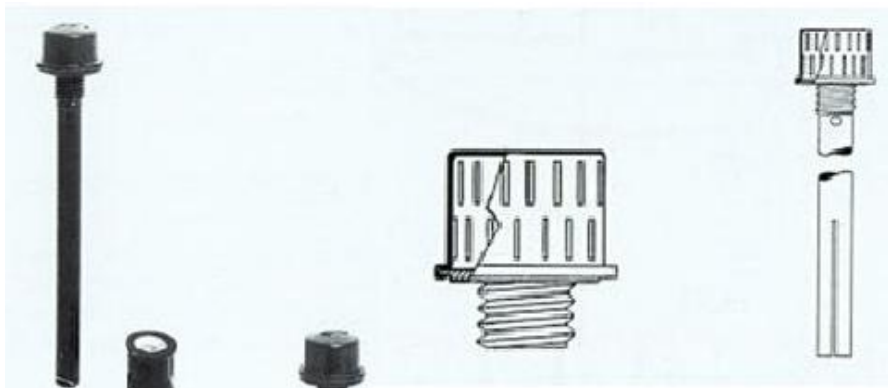
L'impiego di ugelli a coda garantisce il mantenimento di un cuscino d'aria, necessario alla ripartizione del fluido. La figura rappresenta la sezione longitudinale di un ugello a coda lunga, fissato su un solaio in cemento, nel corso della fase di lavaggio con aria ed acqua. Questo tipo di ugello è formato da una testa con sottili fenditure che impediscono il passaggio del materiale filtrante ed una coda costituita da un tubo che presenta un foro nella parte superiore ed una fessura nella parte inferiore.



L'aria insufflata sotto il solaio forma un cuscino che una volta costituito, alimenta il foro superiore mentre il flusso di acqua transita attraverso le fessure nella parte inferiore. In questo modo è assicurata la ripartizione, su tutta la superficie del filtro, di una miscela d'aria e d'acqua. Questo sistema di

lavaggio, particolarmente efficace, permette un'economia d'acqua. Per evitare la formazione di "grandi bolle" è necessario predisporre circa 55 ugelli a m² di solaio, con una portata d'aria di controlavaggio dell'ordine di 1 m³ per ugello.

2.8 Ugelli



A seconda delle tecniche di lavaggio possono essere utilizzati due tipi di ugello:

- Ugelli per il lavaggio con sola acqua. Si differenziano per le forme, la larghezza delle fenditure e la natura dei materiali;

Ugelli per il lavaggio ad acqua ed aria. La ripartizione dell'aria si fa mediante cuscino d'aria e ugelli a coda, concepiti specificamente per quest'uso, che permettono una perfetta equipartizione di aria ed acqua.

2.9 Consumo d'acqua di lavaggio in rapporto al volume filtrato.

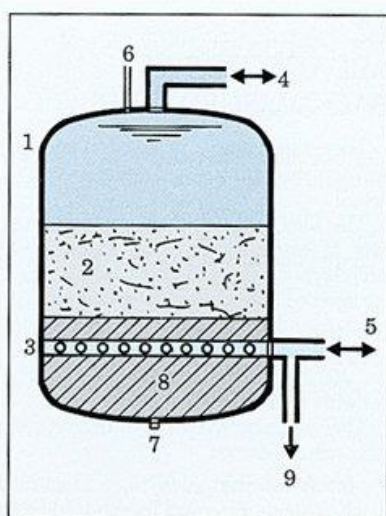
Il consumo dell'acqua di lavaggio dipende molto dalla concentrazione nell'acqua da trattare dei solidi sospesi e dalla loro natura. Si può tuttavia, relativamente alla filtrazione di un'acqua chiarificata, dare degli ordini di grandezza di massima:

- Dall'1 al 2 % per il lavaggio aria - acqua dei filtri monostrato.
- Dal 3 al 5 % per il lavaggio ad aria seguito da acqua nei filtri a doppio strato.

3 FILTRI IN PRESSIONE

Sono generalmente realizzati in acciaio con rivestimenti scelti in funzione delle condizioni di utilizzo.


3.1 Filtri lavati con sola acqua.



Questi filtri sono normalmente riempiti con un singolo strato di materiale filtrante, di sabbia o di antracite. La perdita di carico massima raggiunta alla fine del ciclo può variare di 0,2 a 2 bar, essenzialmente in funzione della finezza dello strato filtrante e della velocità di filtrazione.

Il lavaggio è assicurato esclusivamente da un flusso di acqua in controcorrente la cui velocità deve essere adattata in funzione della granulometria del materiale filtrante. Spesso sono realizzati con un funzionamento interamente automatico.

Il controllo della velocità di lavaggio, che è essenziale, può farsi ad esempio realizzando una soglia di stramazzone nel canale di scarico delle acque di

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

lavaggio. Si può in questo modo osservare anche l'evoluzione della qualità dell'acqua evacuata e regolare così la durata del lavaggio variabile tra 5 e 8 min, il tutto in funzione dell'altezza del letto filtrante e dei solidi sospesi trattenuti.

1 – Corpo del filtro. 2 – Materiale filtrante. 3 - Collettore. 4 – Entrata acqua grezza. Uscita acqua lavaggio. 5 – Uscita acqua filtrata. Entrata acqua lavaggio. 6 – Sfiato aria. 7 - Scarico. 8 – Supporto del letto. 9 – Eventuale risciaquo.

3.2 Filtri lavati con aria ed acqua.

Questi filtri, hanno un unico strato di materiale filtrante e vengono controllati contemporaneamente con aria ed acqua. Il letto filtrante, omogeneo su tutto lo spessore, è sorretto da un pavimento metallico o da un collettore, sul quale, sono fissati degli anelli dove si avvitano gli ugelli, metallici o plastici, secondo la natura e la temperatura del liquido da filtrare.

Questi filtri sono caricati normalmente con sabbia. L'altezza dello strato filtrante è essenzialmente adattata alla velocità di filtrazione ed al quantitativo di carico di materia da trattenere. Le velocità di filtrazione sono abitualmente di 4 a 20 m/h.

Le caratteristiche usuali di questo tipo di filtro sono le seguenti:

- | | |
|---|--|
| – granulometria (Tu) | da 0,7 a 1,35 mm |
| – flusso di aria | 55 m ³ / h.m ² |
| – flusso di acqua durante la soffiatura | 5 a 7 m ³ / h.m ² |
| – flusso di acqua di lavaggio | da 15 a 25 m ³ / h.m ² |
| – perdita di carico in fine ciclo | da 0,2 a 1,5 bar |


3.3 Filtri a gravità

La maggior parte delle installazioni filtranti destinate alla potabilizzazione dell'acqua per uso umano, così come un buon numero di installazioni adibite al trattamento di acque industriali o residuali, con rilevanti portate, utilizzano dei filtri aperti, generalmente realizzati in cemento.

Secondo i casi, l'acqua da trattare viene filtrata direttamente senza alcun dosaggio di reagenti preliminare, oppure è semplicemente coagulata senza fase di decantazione, o ancora viene preliminarmente coagulata, flocculata e decantata; questo ultimo caso è più frequente.

Le esigenze di trattamento influenzano la concezione tecnologica dei filtri e soprattutto la concezione di insieme della batteria filtrante.

I filtri aperti funzionano con velocità di filtrazione compresa fra 5 e 10 m/h e possono essere lavati o simultaneamente con aria ed acqua, o in successione con aria e poi con acqua.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

3.4 Filtri lavabili con aria ed acqua.

Il lavaggio di questi filtri si esegue mediante un flusso in controcorrente simultaneo di aria ad alta portata e di acqua a portata ridotta, seguito da un lavaggio a portata media che non provochi l'espansione del letto filtrante.

In questa tipologia di filtri, di seguito si menzionano, a titolo d'esempio e per completezza di concetto di funzionamento, i seguenti:

- i filtri AQUAZUR T, utilizzati con velocità di filtrazione comprese tra i 5 e 10 m/h circa,
- i filtri AQUAZUR V, utilizzati con velocità comprese tra 7 e 20 m/h.

4 CONTROLLO E REGOLAZIONE DEI FILTRI

Una batteria di filtrante può essere costituita da un numero n di filtri che occorre alimentare con la massima regolarità possibile evitando sovrapportate su un singolo filtro. Quanto più è basso il numero di filtri di una batteria tanto più il problema è sentito: infatti in caso di rigenerazione di un filtro, la portata si ripartisce sugli altri in servizio, visto che la somma delle portate di acqua filtrata deve essere uguale a quella di alimentazione dell'intera batteria.

La regolazione dei filtri in pressione, in cui la pressione di alimentazione è considerevole, può semplicemente essere effettuata mediante valvole a diaframma o regolatrici.

I filtri a gravità invece possono essere classificati a seconda del sistema di regolazione in:

- filtri a portata costante ed altezza variabile, filtri a portata costante con regolazione
- Quest'ultima tipologia è la più diffusa.


4.1 Filtri a portata costante e altezza variabile.

La portata totale da filtrare è equamente distribuita all'interno del filtro e cade sul pelo libero la cui quota è variabile in funzione del grado di intasamento. Quando il filtro è pulito, il letto di sabbia è appena coperto dall'acqua. Il livello minimo è garantito dalla quota d'uscita dell'acqua filtrata. All'aumentare del grado d'intasamento aumenta la quota del pelo libero e quindi del carico idraulico necessario per consentire all'acqua di attraversare il materiale filtrante a velocità costante. Al massimo intasamento il livello del pelo libero raggiunge la quota dell'alimentazione interrompendone il flusso d'acqua in ingresso. Il filtro ha così esaurito il ciclo di funzionamento e deve essere controllato.

1= minimo livello a filtro pulito; 2= massimo livello a filtro intasato

4.2 Filtri a portata costante e a compensazione del grado d'intasamento.

Il livello del pelo libero sul filtro è fissato e varia di poco. L'acqua filtrata esce ad una quota di 2 o 3 m più in basso, con un flusso costante pari alla portata totale entrante nella batteria diviso per il numero dei filtri.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

Il mantenimento della portata costante, a seconda del grado di intasamento, è assicurato da un organo di regolazione installato all'uscita di ciascun filtro. Detto organo è controllato o dalla una misura di portata o dalla misura di livello. Detto organo crea una perdita di carico ausiliaria, elevata quando il filtro è pulito (inizio ciclo) che si annulla quando il filtro è completamente intasato (fine ciclo); cioè l'organo regolatore compensa l'intasamento del filtro.

4.3 Regolazione con la misura della portata

Ciascun filtro è equipaggiato da un regolatore, installato nell'uscita dell'acqua filtrata, la cui funzione è quella di mantenere la stessa portata in uscita da ciascun filtro. Il flusso dell'acqua filtrata viene misurato, viene inviato il segnale al regolatore (ora normalmente PLC) che confronta il valore con quello fissato per la portata desiderata. In funzione dello scostamento rispetto al valore di set point il regolatore fa aprire o chiudere l'organo di regolazione della portata (valvola a farfalla, valvola a membrana, sifone) finché il valore di set point e quello misurato corrispondono.

Questo sistema di controllo si può applicare sia ai filtri in pressione che in quelli a gravità.

In questi ultimi però non è garantito il mantenimento del livello del pelo libero al di sopra del letto filtrante che richiederebbe un ulteriore sistema di regolazione. Pertanto in generale viene impiegato un altro sistema di regolazione di seguito descritto.

4.4 Regolazione con la misura del livello.

Si può ottenere il mantenimento della portata costante di ciascun filtro mediante il mantenimento del livello costante.

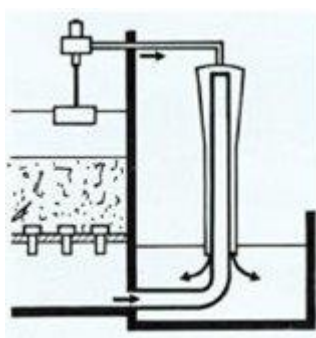
In questo caso innanzi tutto occorre equiripartire la portata totale in ingresso ai filtri. L'organo regolatore installato all'uscita del filtro è pilotato da un regolatore in funzione della misura del livello del pelo libero dell'acqua sul letto filtrante. Pertanto ciascun filtro è dotato di un rilevatore di livello che trasmette il segnale al regolatore (ora normalmente PLC) che confronta il valore con quello fissato per il livello desiderato. In funzione dello scostamento rispetto al valore di set point il regolatore fa aprire o chiudere l'organo di regolazione della portata (valvola a farfalla, valvola a membrana, sifone) finché il valore di set point e quello misurato corrispondono.

In questo tipo di sistema di controllo della batteria dei filtri si ribadisce l'importanza della ripartizione della portata totale su tutti i filtri, che si ottiene in modo semplice ed affidabile attraverso i dispositivi statici (diaframmi, sfiori). In questo modo quando si ferma un filtro la portata totale entrante è ripartita automaticamente sui filtri che restano in servizio, salvo nei filtri a pulizia di superficie dove l'acqua continua ad alimentare il filtro durante il lavaggio.

Grazie al mantenimento del livello a monte costante, per ciascun filtro la portata di uscita è uguale, alla portata entrante e la riduzione di portata dovuta all'incremento del grado d'intasamento è compensata con l'organo di regolazione finché non si raggiunge il valore massimo legato al carico disponibile.

4.5 Regolazione per sifone

Un sistema ancora molto diffuso per l'effettuazione dei due tipi di regolazione descritti è il sistema studiato dalla DEGRÉMONT, costituito da un sifone, che funge da organo di regolazione, e da una "scatola di parzializzazione" (misuratore regolatore) che funge da organo di misura e comando. Sifone

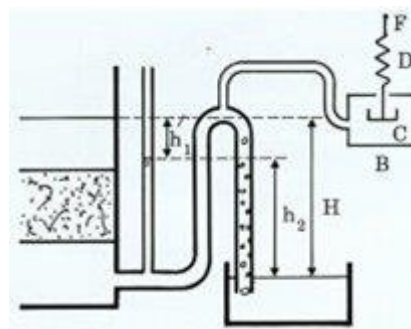


È costituito da due tubi concentrici, in cui il fluido attraversa prima il tratto interno e poi quello esterno, periferico. Se si introduce dell'aria nella parte superiore, quest'aria è trascinata dall'acqua nel tratto a valle dove la densità della miscela aria-acqua si abbassa, riducendo così il vuoto alla sommità. In sostanza l'introduzione di aria riduce il tiraggio del sifone e viceversa. In questo modo si

ottiene la perdita di carico ausiliaria necessaria per compensare l'intasamento del filtro.

Scatola di parzializzazione

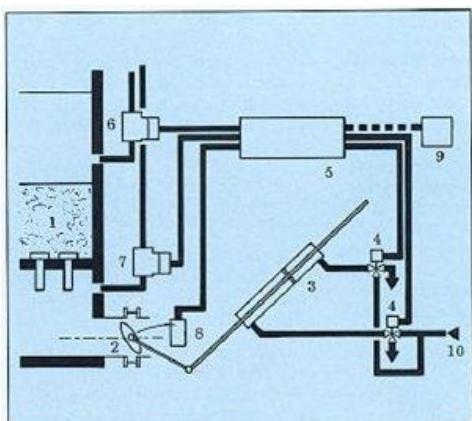
È l'organo B che permette di introdurre l'aria sulla cima del sifone per regolarne la portata. Esso può schematizzarsi sotto forma di una valvola C sospesa ad una molla D fissata ad un punto F




Nel ciclo di funzionamento, mentre il filtro si sporca poco a poco, la sua portata decresce. Allora la sezione e dunque la portata di aria sono ridotti sotto l'azione della molla; la quantità di aria che si introduce nel sifone diminuisce. Quando il filtro è totalmente sporco, non penetra più l'aria. Se non si lava in questo momento il filtro, la sua portata comincerà a diminuire.

Questa scatola di parzializzazione permette dunque la regolazione automatica dell'ostruzione originata nel sifone.

Permette anche di adattare la portata del filtro alla portata totale da filtrare; difatti, basta che la quota del punto F sia collegata al livello di galleggiamento del galleggiante del vano. Un aumento della portata corrisponde ad una elevazione del punto F ed alla



	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

diminuzione della quantità di aria che va verso il sifone. La perdita di carico diminuisce, originando l'incremento della portata in uscita dal sifone (aumenta il tiraggio del sifone).

4.6 Regolazione tramite valvola

L'organo regolatore è una valvola a comando idraulico o elettropneumatico o elettrico installata sulla tubatura di uscita di acqua filtrata. La figura illustra il principio di funzionamento di una regolazione di tipo elettronico. Un rilevatore del livello del pelo libero (sensore di pressione (6) o un misuratore di livello) fornisce un segnale elettrico proporzionale all'altezza rilevata. Questo segnale è comparato ad un valore La differenza tra la misura e il valore assegnato, se è superiore ad un range limite impostato, è inviata al regolatore elettronico (5), che in funzione del segno della differenza tra i valori letto ed assegnato, provoca impostato l'apertura di una delle due elettrovalvole (4) intercettanti il fluido che alimenta l'organo di comando (3) della valvola a farfalla dell'acqua filtrata (2), provocandone l'apertura o la chiusura fino al ristabilimento del livello di pelo libero impostato.

(o da un regolatore elettronico o da PLC), corrispondente al livello da mantenere nel corso di tutto il ciclo di funzionamento del filtro.

Attualmente questi sistemi di regolazione sono pilotati completamente da PLC. Con essi è possibile impostare la sensibilità del sistema ed eventualmente l'apertura graduale della valvola regolatrice nella fase di rimessa in marcia del filtro alla fine del lavaggio.

4.7 Filtro continuo a gravità con sistema di controlavaggio integrato SK INTERFILT.

La ricerca di nuove tecnologie ha portato alla realizzazione di tipologie di filtri con considerevoli vantaggi di semplicità ed economia d'esercizio.

E' il caso dei filtri del tipo SK studiati dalla Prominent dei quali esistono diverse installazioni negli impianti di potabilizzazione in Sardegna.

Questo tipo di filtro è adatto a tutte le applicazioni menzionate per le tipologie tradizionali di filtri descritte in precedenza basando il principio di funzionamento sui concetti fondamentali della filtrazione su materiale granulare. In funzione del tipo di riempimento (sabbia, CAG, ecc.) sono disponibili infatti le versioni con semplice lavaggio ad acqua oppure anche con sistema di flussaggio con aria.

Sono costituiti da:

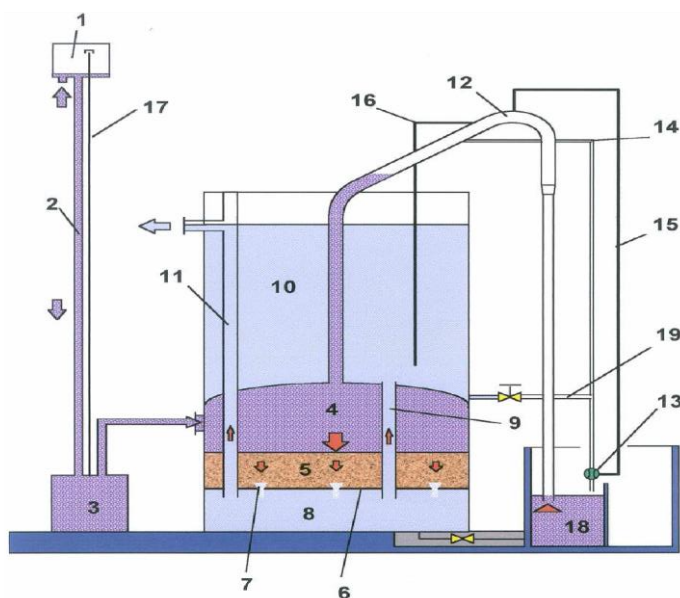
- un letto filtrante di granulometria omogenea di altezza di 0,6 m e che resta omogeneo dopo lavaggio,
- una pezzatura del materiale compresa tra 0,7 e 1,2 mm,
- una perdita di carico massima di 1,5 m.

- velocità di filtrazione da 3 a 10 m³/h.m²

Le peculiarità di questi filtri sono le seguenti:

- l'acqua filtrata è accumulata, prima dell'invio alla successiva fase di trattamento d'impianto, in un serbatoio ubicato al di sopra del filtro stesso, il quale funge da riserva idrica necessaria per il controlavaggio. Pertanto non c'è bisogno di una pompa per il controlavaggio.
- Il filtro resta costantemente alimentato anche nella fase di lavaggio durante la quale l'acqua chiarificata accompagna quella del controlavaggio, pertanto non si verificano variazioni di portata negli altri filtri in servizio.
- Non è necessaria alcuna strumentazione di controllo. Infatti il filtro non utilizza parti mobili come valvole, contatori di flusso, controller o display
- Non occorre aria compressa, acqua pressurizzata o alimentazione elettrica: tutti i processi sono controllati dal filtro stesso
- Non ci sono parti mobili.

4.8 Descrizione funzionale



1. Serbatoio di arrivo
2. Tubazione di alimento filtro
3. Recipiente di rinvio alla filtrazione
4. Camera di filtrazione
5. Massa filtrante
6. Piastra porta ugelli
7. Ugelli diffusori
8. Camera di raccolta acqua filtrata
9. Tubazione controlavaggio
10. Camera di raccolta acqua per il controlavaggio
11. Tubazione di uscita acqua filtrata
12. Tubazione di controlavaggio

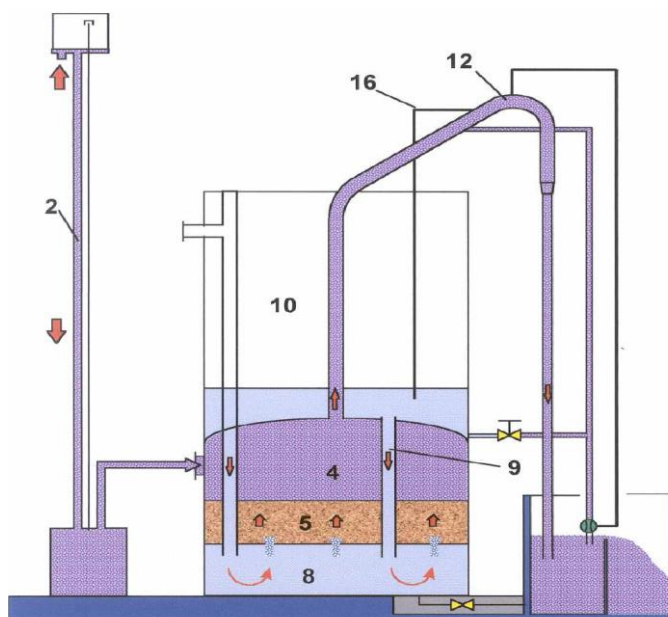
13. Sistema di evacuazione aria dal sifone; 14. Tubazione di attivazione pompe vuoto
15. Tubazione di evacuazione aria dal sifone; 16. Tubazione di interruzione del vuoto nel sifone
17. Tubazione di espulsione aria dell'acqua grezza; 18. Pozzetto di scarico; 19. Tubazione di attivazione manuale pompa vuoto

4.9 Descrizione funzionale - durante il lavaggio con acqua.

Le portate in gioco sono le seguenti:
portata dell'acqua filtrata di lavaggio alla partenza 44 m³/h.m²

portata dell'acqua di lavaggio al centro- 37 m³/h.m²
portata dell'acqua filtrata di lavaggio alla fine- 30 m³/h.m².

Una volta innescato il sifone, il tempo di controlavaggio ed il ripristino dell'esercizio avviene in 13-15 min.



4.10 Interesse del filtro SK

Vantaggi:

- Nessuna vasca per l'acqua di controlavaggio da costruire.
- Nessuna pompa per il controlavaggio.
- Nessun apparecchio di regolazione.
- Nessuna parte mobile, quindi niente usura.
- Ridotti costi di manutenzione grazie all'assenza di apparecchiature.
- Nessun consumo energetico (es. elettricità, aria compressa, ecc..).
- Controlavaggio ad innesco automatico e quindi garantito quando necessario.

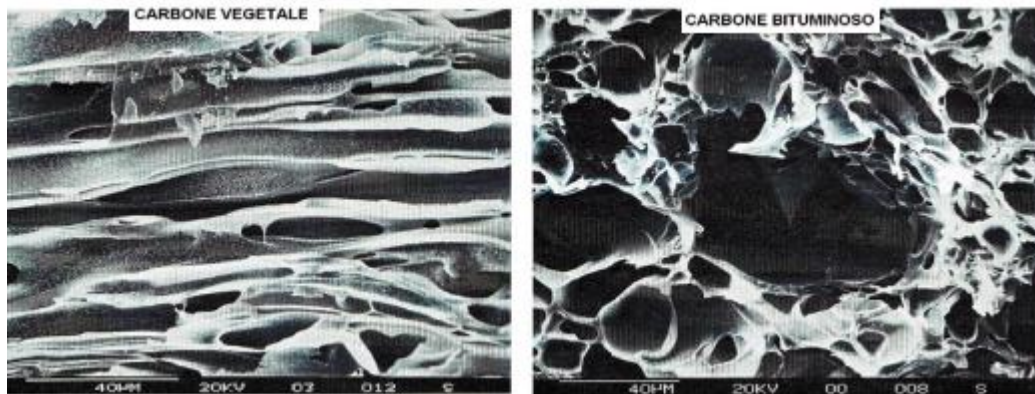
5. ALTRI MATERIALI GRANULARI PER RIEMPIMENTO FILTRI.

Per diverse esigenze di trattamento di potabilizzazione dell'acqua, fermi restando i principi della filtrazione fino ad ora evidenziati, possono essere impiegati materiali granulari di altro tipo rispetto alla sabbia, con particolari proprietà. Di seguito saranno esaminate le peculiarità del carbone attivo granulare (CAG) e della pirolusite.

5.1 Carbone attivo granulare (CAG)

Il carbone attivo è uno dei mezzi più indicati per l'affinamento di acque potabilizzate. In particolare esso è il più efficace *mezzo adsorbente* conosciuto per il trattamento dei liquidi. Esso può essere in polvere o in grani e ne esistono diverse qualità; alcune di origine vegetale (torba, lignite, noci di cocco, ecc.) altri di origine minerale (olio, bitume, ecc.) E' ottenuto

mediante combustione (carbonizzazione) ed una decomposizione termica in condizioni di temperatura inferiori a 700°C, in difetto di ossigeno (al fine di impedire la combustione del materiale organico interno e consentire la perdita dei composti volatili e dell'acqua).



Le particelle del materiale solido così ottenute sono successivamente *attivate* mediante il contatto con un gas ossidante costituito da vapore acqueo e CO₂ ad elevate temperature comunque inferiori a 900°C in modo da farne aumentare la porosità.

Nei processi di trattamento acque la sua funzione è triplice:

- *meccanica*: le particelle sospese sono filtrate e trattenute dal granulato,
- *elettrofisica*: le sostanze disciolte sono attratte elettrostaticamente e quindi adsorbite,
- *biologica*: nei micropori del granulato si insediano colonie batteriche che degradano biologicamente le sostanze adsorbite,
- *catalitica*: può fungere da catalizzatore per la reazione di rimozione di eventuale eccesso di cloro, in questo caso non avviene né assorbimento né reazione chimica col carbone ma semplicemente l'accelerazione della trasformazione del cloro ad acido cloridrico. In questo caso ovviamente diminuisce il pH dell'acqua trattata.

5.2 Adsorbimento

L'adsorbimento è quel processo di "trasferimento di massa" con il quale viene ad instaurarsi un certo "legame" tra le molecole di due (o più) fasi differenti ed interessa la "superficie di separazione" delle fasi stesse.

Il meccanismo dell'adsorbimento può essere schematizzato nel modo seguente: quando l'adsorbente (fase solida costituita dal carbone) e l'adsorbato (fase liquida costituita dall'acqua con all'interno le sostanze disciolte da eliminare) sono a contatto, possono esercitarsi certe forze attrattive di origine fisica o chimica.

L'*adsorbimento* consiste quindi in un *fenomeno di superficie* in cui le molecole delle sostanze inquinanti da rimuovere, inizialmente presenti in una soluzione, vengono a fissarsi su una superficie solida porosa, concentrandosi all'interfaccia di separazione tra le due fasi coinvolte (quella solida dell'*adsorbente* e quella liquida dell'*adsorbato*).

Si possono avere due tipi di adsorbimento, fisico o chimico, in funzione della tipologia del legame che si forma tra le molecole adsorbite ed il solido adsorbente.

L'**adsorbimento fisico** deriva dall'*adesione* molecolare dell'adsorbato ai pori capillari presenti sulla superficie solida adsorbente, è di tipo *reversibile*, dovuto principalmente a legami di natura elettrostatica (in tale tipo di adsorbimento le particelle non variano le loro caratteristiche fisiche).

L'**adsorbimento chimico** è invece irreversibile poiché avvengono reazioni chimiche tra

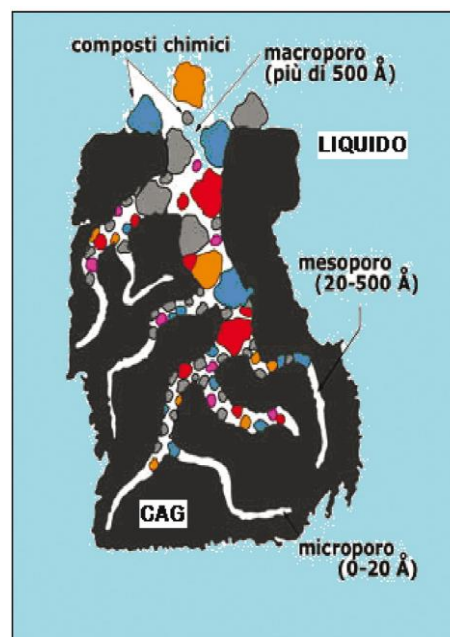
1. adsorbente ed adsorbato che ne modificano le caratteristiche. Questo tipo di fenomeno provoca l'esaurimento nel tempo del carbone che deve pertanto essere periodicamente sostituito o rigenerato. Il processo di adsorbimento fisico avviene nelle seguenti cinque fasi: trasporto all'interno della soluzione (bulk liquido);
2. trasporto per diffusione all'interno del film liquido stagnante, aderente al carbone attivo;
3. macro-trasporto: migrazione di materiale attraverso il sistema di *macropori* del carbone attivo;
4. microtrasporto: migrazione del materiale attraverso il sistema di *mesopori* e *micropori* del carbone attivo;


adsorbimento: adesione fisica (legami di Van der Waals) e concentrazione di materiale (composti chimici organici e non) sulla superficie del carbone nei suoi mesopori e micropori.

5.3 Parametri principali che determinano l'efficacia dell'adsorbimento.

Come detto l'adsorbimento si riferisce alla capacità di un materiale di fissare sulla propria superficie delle molecole in modo più o meno reversibile. La capacità di adsorbimento di un solido dipende principalmente dai seguenti aspetti.

- *Superficie specifica del materiale*: è evidente che quanto più è elevata la superficie del grano per unità di volume, vale a dire quanti più pori sono presenti nel grano, tante più molecole sono in grado di fissarsi sul materiale adsorbente.
- *Tempo di contatto*: è evidente che quanto più il liquido resta in contatto con il materiale adsorbente, tanto maggiore è il numero di molecole (sostanze da eliminare) della



	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

soluzione che possono attraversare l'interfaccia liquido-solido e fissarsi sul materiale adsorbente.

5.4 Rimozione di inquinanti organici.

La particolare affinità del carbone attivo, per le sostanze organiche, è dovuta alla relativa natura non polare. L'efficacia del carbone attivo nell'adsorbimento del residuo inquinante organico, infatti, è inversamente collegata con la solubilità del residuo in acqua, che è funzione della polarità dei residui. Una sostanza polare (una sostanza cioè, che è ben solubile in acqua) non può essere rimossa dal carbone attivo o è rimossa in maniera minima, al contrario di una sostanza non polare che invece può essere rimossa in maniera pressoché completa.

5.5 Rimozione di inquinanti inorganici.

Il CAG è sorprendentemente efficace anche nella rimozione delle sostanze inorganiche ed alogenate (iodio, bromo, cloro, idrogeno e fluoro). Pur rimuovendo dalle acque sia gli anioni sia i cationi, i ricercatori hanno trovato che il CAG esibisce l'adsorbimento preferenziale per la specie cationica. Il pH svolge pertanto un ruolo molto importante nell'adsorbimento di queste specie ioniche, perché il pH basso è indice di grandi quantità dello ione H^+ che può occupare lo spazio al posto di altri ioni sui siti potenziali di adsorbimento.

5.6 Rimozione dello ione clorito


L'impiego principale del CAG attualmente riguarda la sua capacità di rimozione dello ione clorito necessaria per il contenimento di detto parametro entro i limiti della normativa vigente per le acque destinate al consumo umano.

Il clorito, in condizioni di pH attorno alla neutralità, dopo essere entrato in contatto con i siti attivi del carbone, viene ridotto quantitativamente a cloruro, probabilmente grazie a processi catalizzati dal carbone stesso e/o da impurezze metalliche presenti nell'acqua.

Non si manifestano con le concentrazioni di clorito tipiche del trattamento di potabilizzazione reazioni di disproporzionamento che portano alla formazione di clorati.

Dei meccanismi indicati precedentemente per l'adsorbimento, il secondo ed il quinto sono quelli che di più influenzano la velocità della reazione di riduzione del clorito a cloruro su CAG. Infatti quanto più è alta la concentrazione di molecole di soluto (clorito) che devono attraversare l'interfaccia di separazione tra soluzione e superficie del CAG e quanto più elevato è il grado di saturazione dei pori (siti Attivi), tanto più la reazione è rallentata.

Questo spiega perché all'aumentare del tempo di vita di un carbone, e conseguentemente della sua saturazione, sia necessario un aumento del tempo di contatto per permettere più

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione

consistenti abbattimenti del clorito rispetto alla situazione riscontrabile con carbone vergine o rigenerato.

Per esempio a parità di tempo di contatto (10-15 min) con carbone vergine si ottengono abbattimenti dell'ordine del 95%, mentre con carbone esausto i valori di abbattimento si assestano intorno al 50%.

5.7 Pirolusite

La pirolusite è Biossido di Manganese naturale granulare standardizzato nella sua composizione chimica e granulometrica.

La granulometria è ottenuta attraverso un processo di macinazione multipla seguito da vagliatura che permette l'ottenimento di granuli. Viene normalmente impiegata per la filtrazione di acque con una forte concentrazione di ferro e manganese.

5.8 Generalità sulla rimozione del manganese per ossidazione su un filtro a sabbie e pirolusite:

Per deferrizzare e demanganizzare le acque di falda e/o di processo si utilizza la pirolusite come materiale filtrante. La pirolusite granulare può essere utilizzata nei sistemi di filtrazione con e senza pressione, è un catalizzatore che non si scioglie e accelera la reazione fra l'ossigeno disciolto e i legami di ferro in forma solubile, che si trovano in molte acque.

Nella maggior parte delle acque sotterranee, il ferro è presente sotto forma di bicarbonato di ferro a causa dell'acido carbonico in eccesso.

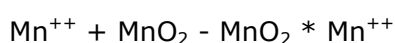
Il ferro non può essere filtrato in questo stato, perché sotto forma di carbonato rimane in soluzione fino a valori di pH, superiori a 6,5. La pirolusite agisce da catalizzatore fra l'ossigeno e i legami solubili di ferro, che sedimenta e può essere eliminato mediante filtraggio. In questo caso è necessario soltanto il lavaggio regolare dei filtri, che sono immediatamente disponibili dopo tale lavaggio.


La stessa cosa accade per il Bicarbonato Manganoso $Mn(HCO_3)$, che è ancora più solubile del Bicarbonato Ferroso.

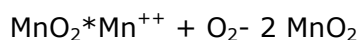
La rimozione di questo composto, per ossidazione e sedimentazione-filtrazione, è simile alla rimozione del Bicarbonato Ferroso essendo necessaria l'ossidazione per trasformare la considerevole solubilità dei composti del Mn^{++} nella quasi completa insolubilità dell'Ossido Idrato Manganico Mn^{+++} la cui solubilità è di 0,01/mg/l come Mn.

La pirolusite o Biossido di Manganese presente nella massa filtrante deve essere del 10-20% del volume totale.

Esso esplica l'azione catalitica grazie all'Ossigeno disciolto secondo le reazioni seguenti:



	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione



La pirolusite non si consuma durante i su descritti processi ed è quindi particolarmente economica. Altri vantaggi sono il ridotto consumo a causa dello sfregamento, l'applicabilità per una vasta gamma di temperature e la possibilità di una rigenerazione in loco, potendo questa essere effettuata con l'ausilio di un forte ossidante quale il permanganato di potassio o l'ipoclorito, facilmente inseribili nel ciclo di trattamento.

5.9 Trattamento delle acque di controlavaggio

Nel corso del controlavaggio dei filtri, tutti i solidi sospesi trattenuti nel letto filtrante nel corso del ciclo di funzionamento (solidi sospesi che hanno determinato l'intasamento del filtro) vengono distaccati dal materiale filtrante, dilavati dal flusso di acqua in controcorrente e scaricati in canali di raccolta e convogliamento o allo scarico o al sistema di trattamento e recupero. Ne risultano acque con concentrazione di solidi sospesi elevata.


Al fine di non sciupare la risorsa idrica (abbiamo detto che l'acqua persa per il controlavaggio varia dal 1 al 4 % dell'acqua trattata), è necessario recuperare le acque di controlavaggio rinviandole in testa al trattamento di potabilizzazione.

E' evidente che quest'acqua subirà nuovamente il ciclo di potabilizzazione. Essendo carica di sostanze precedentemente rimosse, appare un controsenso rilanciarla direttamente in testa all'impianto perché determinerebbe un peggioramento dell'acqua grezza da trattare. Per questa ragione nasce anche l'esigenza di valutare bene la portata del rilancio in maniera tale da limitare detto peggioramento e soprattutto da equalizzarlo in modo da mantenere costanti le caratteristiche e la portata dell'acqua inviata al trattamento.

Deve evidenziarsi che per le acque di lavaggio di filtri impiegati per l'affinamento dell'acqua potabilizzata (filtri a carbone) il problema è ben più limitato, tant'è che in linea di principio le stesse possono essere tranquillamente rinviate in testa perché ben più pulite.

In considerazione di quanto sopra, si capisce l'importanza di sottoporre le acque di lavaggio a trattamenti specifici prima del loro recupero.

Un comparto impiantistico destinato al recupero delle acque di controlavaggio è generalmente costituito da una sezione preliminare di accumulo ed equalizzazione, una sezione destinata alla separazione dei solidi sospesi ed una sezione finale di sollevamento delle acque in testa all'impianto.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione

5.10 Accumulo ed equalizzazione delle acque di risulta dai controlavaggi dei filtri e gestione dei lavaggi dei filtri.

Al fine di dimensionare correttamente un impianto di trattamento di acque di controlavaggio senza correre il rischio di sovradimensionarla, con conseguenti maggiori costi da sostenere in fase di realizzazione, è necessario stabilire preliminarmente e con la dovuta precisione:

- il volume di acqua necessario per effettuare un controlavaggio,
- la frequenza di effettuazione dei controlavaggi (ciclo di funzionamento di un filtro).

Queste indicazioni occorrono per stabilire le portate in gioco nelle sezioni successive. In genere si stabilisce di realizzare una vasca di accumulo ed equalizzazione della capacità di almeno due controlavaggi.

Riassumendo, nel bacino di raccolta ed equalizzazione "torbide" vengono a confluire le acque "cariche" in solidi sospesi del lavaggio dei filtri a sabbia. Lo scopo è di raccogliere queste acque ed alimentarle alla successiva sezione di trattamento in modo costante ed a portata più bassa possibile. Nello stesso bacino è inserito un gruppo di pompaggio generalmente con pompe sommerse, che provvederanno al rinvio di queste ultime al successivo impianto di trattamento di separazione e/o addensamento dei solidi sospesi presenti nelle acque.

Il funzionamento delle pompe viene normalmente gestito da soglie di livello prestabilite. E' evidente che deve essere previsto in questa vasca uno sfioratore di troppo pieno collegato allo scarico generale, da impiegarsi per situazioni d'emergenza dovute all'eventualità di blocco del sistema di pompaggio o di necessità di un maggior numero di controlavaggi dovuti a particolari problemi di processo di trattamento.


Altri accessori necessari nella vasca di equalizzazione sono degli agitatori che tengano omogeneo il refluo da trattare e soprattutto ne impediscano la sedimentazione con conseguente progressiva riduzione del volume disponibile.

5.11 Trattamenti delle acque di controlavaggio per consentirne il recupero (Flottazione, sedimentazione, ispessimento, etc.).

Per la separazione dei solidi sospesi dalle acque di controlavaggio possono essere impiegati diversi sistemi convenzionali. I sistemi più diffusi ed economici sfruttano i concetti della *sedimentazione*. Diversamente, seppur a fronte di maggiori costi di esercizio, possono essere impiegati sistemi più spinti quali la *sediflottazione*. Quest'ultimo impone l'aggiunta di reattivi aggiuntivi. Detti reattivi possono essere previsti anche nei trattamenti di sedimentazione.

5.12 Trattamenti di sedimentazione per le acque di recupero.

Il tipo di trattamento cui sottoporre le acque di controlavaggio da recuperare, dipende sostanzialmente da scelte progettuali in fase di realizzazione dell'impianto.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

I metodi più comunemente impiegati sono:

- rinvio delle acque da trattare all'ispessimento;
- realizzazione di un'apposita sezione di trattamento.

Per i principi della sedimentazione si rimanda alla trattazione specifica di altro modulo di formazione.

5.13 L'ispessimento

In questo caso la portata equalizzata proveniente dalla precedente vasca di accumulo viene interamente inviata all'ispessimento.

E' evidente che il comparto d'ispessimento deve essere dimensionato per ricevere oltre che le torbide provenienti dagli scarichi della sezione di chiarificazione anche queste acque (superiori dimensioni degli ispessitori). Questo sistema presenta il vantaggio di impiegare un unico impianto di sollevamento in testa col quale effettuare il recupero integrale di tutte le acque che costituiscono perdita di trattamento. Per contro l'impianto di sollevamento finale deve essere di potenzialità superiore anche per sopperire ad eventuali variazioni dell'entità degli scarichi delle torbide dalla chiarificazione.

5.14 Sedimentazione indipendente

In questo caso è prevista la realizzazione di un sedimentatore dedicato alle sole acque di recupero. Tale scelta consente un dimensionamento ottimale della sezione in funzione delle sole caratteristiche dei filtri, con conseguente riduzione dell'impianto di sollevamento.

Questo sistema consente di regolare finemente la portata inviata in testa in maniera da mantenerla costante nell'arco delle 24 h e minimizzare e mantenere costanti le variazioni introdotte alle caratteristiche dell'acqua grezza in ingresso alla filiera di trattamento di potabilizzazione.


I fanghi separati per sedimentazione devono essere scaricati ed inviati all'ispessimento. Diversamente dal caso precedente le portate in gioco sono esigue e non richiedono il sovradimensionamento della sezione d'ispessimento.

Un'applicazione tipica è la realizzazione di un sedimentatore orizzontale con sistema di raschiamento fanghi dal fondo e convogliamento dello stesso in tramogge di concentrazione e scarico.

5.15 Trattamenti di sediflozzazione per le acque di recupero.

Le acque torbide raccolte nell'apposito bacino sono inviate alla fase di sediflozzazione.

Il sediflozzatore ha la capacità di rimuovere i solidi sospesi presenti nelle acque torbide con processo di flottazione ad aria disciolta.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 - Ver.1.0
		Filtrazione

Prima di essere alimentate al sediflottatore le acque torbide devono essere condizionate in un piccolo bacino di contatto con una soluzione di polielettrolita preparato in un apposito gruppo dedicato o di altro reattivo coagulante-flocculante, che ha la funzione di aumentare le dimensioni dei solidi presenti favorendone dunque la separazione dalle acque.

L'intimo contatto tra il prodotto e le acque torbide necessita di un agitatore veloce.

Le acque torbide vengono dunque alimentate insieme ad una frazione d'effluente ricircolato e pressurizzato in apposito gruppo costituito da un serbatoio di pressurizzazione, da pompe centrifughe, e da un compressore d'aria.

Grazie alle microbolle d'aria liberatesi a pressione atmosferica, i solidi sospesi si separeranno dalla fase acquosa raccogliendosi ed addensandosi superficialmente al bacino come fango.

Quest'ultimo viene raccolto da un carroponte girevole con un sistema di raccolta superficiale a cucchiaio e convogliato ad un apposito pozzo di raccolta. Il fango più pesante che si raccoglie sul fondo, sarà convogliato dalla lama di fondo del carroponte a due tramogge centrali al bacino; da qui sarà estratto periodicamente tramite l'apertura di appositi scarichi temporizzati ed inviato al pozzo di raccolta dei fanghi flottati.

Le acque chiarificate sottostanti alla fase superficiale di raccolta fanghi, sono convogliate all'impianto di sollevamento in testa. Dalla tubazione destinata allo scopo, tramite uno stacco, si preleveranno anche le acque da inviare al pressurizzatore.


I fanghi flottati (e quelli di fondo) una volta radunati nel pozzo di raccolta, vengono pompati in genere direttamente alla disidratazione.

In ingresso al sediflottatore sono talvolta convogliate anche le acque surnatanti dell'ispessimento per unificare il sollevamento finale in testa.

5.16 Impianti di recupero in testa delle acque di controlavaggio.

Il dimensionamento dell'impianto di sollevamento finale delle acque di recupero in testa si basa sostanzialmente sempre sullo stesso principio di immettere in testa all'impianto una portata quanto più bassa e costante possibile al fine di mantenere costanti le caratteristiche dell'acqua grezza inviata al trattamento di potabilizzazione.

In impianti in cui la sezione di recupero è indipendente (equalizzazione sedimentazione e rilancio) il dimensionamento coincide con quello fatto a monte per la vasca d'equalizzazione ed il rilancio in testa deve semplicemente garantire lo smaltimento costante della portata in uscita dalla sedimentazione. Più complicato è il dimensionamento di impianti di sollevamento che vengono destinati al recupero combinato delle acque di recupero dei controlavaggi dei filtri a sabbia, di quelle surnatanti dall'ispessimento, nonché di quelle di recupero dai controlavaggi dei filtri a carbone, le quali come già detto possono essere rilanciate in testa direttamente.

	Nozioni sui trattamenti di potabilizzazione	Revisione Marzo 2019 -
		Ver.1.0
		Filtrazione

In questo caso è opportuno l’inserimento di un’ulteriore vasca di equalizzazione che tenga conto della somma delle portate suddette.

Nel bacino di recupero delle acque pulite (che sia di equalizzazione o di esclusiva camera di aspirazione) è inserito un gruppo di pompaggio generalmente con pompe sommerse, che provvedono al rinvio di quest’ultime in testa all’impianto di trattamento e cioè al pozzo iniziale di arrivo delle acque grezze. Il funzionamento delle pompe è generalmente gestito da appositi interruttori di livello del tipo a pera (a bulbi di mercurio).

Anche in questo caso occorre prevedere uno sfioratore di troppo pieno collegato allo scarico generale che garantisca il deflusso delle acque in caso del blocco del sistema di pompaggio.

BIBLIOGRAFIA

Degremont

Memento technique de l’eau - Hoepli

Luigi Masotti

Depurazione delle acque – Calderoni

Alessandro Donati Prominent Italiana Srl

Filtrazione con filtro automatico a gravità tipo SK

Sommario

1. FILTRAZIONE	2
1.1 I meccanismi della filtrazione:.....	2
1.2 meccanismo di trattenimento.....	2
1.3 Meccanismo di fissaggio.	2
1.4 Meccanismo di distacco.	2
1.5 Intasamento e lavaggio del materiale filtrante.	3
1.6 Filtrazione su letto granulare.....	3
1.7 Misura ed evoluzione della qualità dell'acqua filtrata.....	3
1.8 Misura ed evoluzione della perdita di carico.	4
1.9 Ottimizzazione del ciclo di funzionamento del filtro.....	4
1.10 Caratteristiche fisiche	5
1.11 Natura del mezzo poroso.....	5
1.12 Scelta della granulometria di uno strato filtrante.	6
1.13 Lavaggio del mezzo filtrante.....	7
1.14 Lavaggio per espansione con sola acqua.	7
1.15 Lavaggio simultaneo con aria ed acqua senza espansione.....	8
1.16 Lavaggio con aria ed acqua, utilizzata successivamente.	8
1.17 Frequenza di lavaggio e impiego di acqua di lavaggio.....	9
2 Impiego della filtrazione nel trattamento dell'acqua potabile.	9
2.1 I filtri introduzione.	9
2.2 Allestimento dei filtri a letto granulare.....	10
2.3 Materiali del letto filtrante	10
2.4 Lavaggio dei filtri	11
2.5 Ripartizione dei fluidi di lavaggio.....	11
2.6 Dispositivi per la distribuzione della sola acqua	11
2.7 Dispositivi a cuscino d'aria.....	11
2.8 Ugelli	11
2.9 Consumo d'acqua di lavaggio in rapporto al volume filtrato.	12
3 Filtri in pressione	12
3.1 Filtri lavati con sola acqua.	12
3.2 Filtri lavati con aria ed acqua.	13
3.3 Filtri a gravità.....	13

3.4	Filtri lavabili con aria ed acqua.....	14
4	Controllo e regolazione dei filtri	14
4.1	Filtri a portata costante e altezza variabile.....	14
4.2	Filtri a portata costante e a compensazione del grado d'intasamento.....	14
4.3	Regolazione con la misura della portata.....	15
4.4	Regolazione con la misura del livello.....	15
4.5	Regolazione per sifone.....	16
4.6	Regolazione tramite valvola.....	17
4.7	Filtro continuo a gravità con sistema di controlavaggio integrato SK INTERFILT.	17
4.8	Descrizione funzionale	18
4.9	Descrizione funzionale - durante il lavaggio con acqua.....	18
4.10	Interesse del filtro SK.....	19
5.	Altri materiali granulari per riempimento filtri.	19
5.1	Carbone attivo granulare (CAG).....	19
5.2	Adsorbimento.....	20
5.3	Parametri principali che determinano l'efficacia dell'adsorbimento.....	21
5.4	Rimozione di inquinanti organici.....	22
5.5	Rimozione di inquinanti inorganici.....	22
5.6	Rimozione dello ione clorito.....	22
5.7	Pirolusite	23
5.8	Generalità sulla rimozione del manganese per ossidazione su un filtro a sabbie e pirolusite:.....	23
5.9	Tattamento delle acque di controlavaggio	24
5.10	Accumulo ed equalizzazione delle acque di risulta dai controlavaggi dei filtri e gestione dei lavaggi dei filtri.....	25
5.11	Tattamenti delle acque di controlavaggio per consentirne il recupero (Flottazione, sedimentazione, ispessimento, etc.).....	25
5.12	Tattamenti di sedimentazione per le acque di recupero.....	25
5.13	L'ispessimento.....	26
5.14	Sedimentazione indipendente.....	26
5.15	Tattamenti di sedimentazione per le acque di recupero.	26
5.16	Impianti di recupero in testa delle acque di controlavaggio.....	27