



Università degli Studi di Genova
Dipartimento di Chimica e Chimica Industriale



Corso di Laurea in Chimica e Tecnologie Chimiche

FONDAMENTI DI TECNOLOGIE CHIMICHE PER L'INDUSTRIA E PER L'AMBIENTE
(modulo II)

FILTRAZIONE

Aldo Bottino
e-mail : bottino@chimica.unige.it
Tel. : 010 3538724 - 3538719

Introduzione

La filtrazione è l'operazione che permette di separare un solido da un liquido o da un aeriforme impiegando un mezzo filtrante capace di lasciarsi attraversare solo dal fluido e non dal solido.

Le considerazioni che seguono riguardano più specificamente la filtrazione di un solido da un liquido.

I parametri che influenzano l'andamento dell'operazione di filtrazione sono molteplici e comprendono:

- le caratteristiche proprie del fluido (in particolare la densità e la viscosità)
- le caratteristiche del solido sospeso (forma e dimensioni delle particelle e soprattutto la loro comprimibilità o meno).

Per scegliere l'apparecchiatura più idonea per effettuare una filtrazione necessario inoltre valutare anche altri fattori quali, ad esempio:

- il quantitativo di torbida da filtrare
- il tipo di fase utile (solida o liquida)
- il fatto che la filtrazione debba essere seguita o meno dal lavaggio del solido separato (torta).

Qualunque sia il sistema scelto per eseguire la filtrazione, prevale il noto laminare e la portata di liquido “filtrato” è:

- direttamente proporzionale alla forza fluidomotrice
- inversamente proporzionale alle resistenze incontrate dal liquido.

La forza fluidomotrice è data dalla differenza di pressione che sussiste tra una faccia e l'altra del mezzo filtrante.

Le resistenze incontrate dal liquido derivano:

- dalla resistenza propria del setto filtrante
- dalla resistenza dovuta al solido che, col procedere dell'operazione, si deposita sul setto filtrante formando la cosiddetta torta.

Delle due resistenze, la prima è fissa (non varia cioè nel tempo) mentre la seconda è variabile ed aumenta all'aumentare dello spessore della torta.

I fattori più importanti che influenzano la velocità di filtrazione sono:

- le perdite di carico che il liquido filtrato subisce nell'attraversare il mezzo filtrante
- l'area della superficie filtrante
- la viscosità del filtrato e le caratteristiche della torta formatasi.

Le torte si distinguono in:

- torte incomprimibili
- torte comprimibili.

Le torte incomprimibili si formano quando le particelle di solido da filtrare sono dure e consistenti, tali cioè da non deformarsi per effetto della pressione che le sovrasta (incomprimibili sono, ad esempio, le torte di precipitati cristallini).

Le torte comprimibili si formano invece quando si devono filtrare sospensioni di corpi deformabili (ad esempio: precipitati fioccosi, gelatinosi, ecc.).

È ovvio che la resistenza offerta al passaggio del liquido è, a parità di spessore di torta, nettamente diversa nei due casi.

Teoria della filtrazione

In linea del tutto generale si può considerare un letto di materiale granulare come composto da una serie di piccoli capillari il cui diametro è legato al diametro delle particelle.

Poichè la filtrazione interessa la separazione di particelle, generalmente fini, da un liquido è evidente che queste, depositandosi, danno origine ad un letto poroso (torta) caratterizzato da capillari di piccolo diametro.

Pertanto, essendo il D che determina il numero di Reynolds

$$Re = \frac{\rho \cdot u \cdot D}{\eta}$$

molto piccolo, il moto cade sempre in regime laminare.

L'equazione che esprime in maniera sintetica la portata dei liquidi (fluidi omogenei ed incomprimibili) attraverso i letti porosi è, sempre del tipo:

$$\Phi = \frac{\Delta P}{R}$$

dove:

- ΔP è la differenza di pressione esistente tra una faccia e l'altra del letto
- R è la resistenza incontrata dal liquido nell'attraversare il mezzo poroso
- Φ è la portata del liquido, cioè il volume di liquido che nell'unità di tempo, attraversa il mezzo poroso.

La resistenza R è pari a:

$$R = \frac{r \cdot \eta \cdot l}{A}$$

dove:

- η è la viscosità del liquido filtrato
- l è lo spessore della torta originatasi dal deposito delle particelle di solido da filtrare
- A è la superficie della torta normale alla direzione di flusso
- r è la resistenza specifica della torta.

Sulla base delle equazioni:

$$\Phi = \frac{\Delta P}{R} \quad R = \frac{r \cdot \eta \cdot l}{A}$$

La resistenza specifica r è numericamente uguale alla differenza di pressione necessaria per provocare la portata unitario di filtrato, di viscosità unitaria, attraverso l'unità di superficie e di spessore di torta.

L'equazione di Kozeny-Carman lega la resistenza specifica della torta ad alcune grandezze caratteristiche della torta stessa:

$$r = \frac{5 \cdot (1 - \varepsilon) \cdot S^2}{\varepsilon^3}$$

dove:

ε = porosità (frazione vuota del volume totale) della torta

$1 - \varepsilon$ = frazione di volume occupata dalle particelle che formano la torta

S = superficie specifica delle particelle costituenti la torta

$(1 - \varepsilon) S$ = superficie specifica della torta

Torte non comprimibili

Lo spessore della torta (l) ed il volume di liquido filtrato (V) sono tra loro legati da una relazione del tipo:

$$l = \frac{v \cdot V}{A}$$

dove:

- v è il volume di torta depositata dal volume unitario di filtrato
- A è la superficie della torta normale alla direzione di flusso
- V è il volume di filtrato

Facendo riferimento ad un tempo infinitesimo dt durante il quale il volume di liquido filtrato è dV , tenendo presente che:

$$\Phi = \frac{V}{t} \quad \Phi = \frac{\Delta P}{R} \quad R = \frac{r \cdot \eta \cdot l}{A}$$

si ottiene

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot l}$$

Tenendo conto che: $l = \frac{v \cdot V}{A}$

Si ricava: $\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot V}$

Questa equazione può essere risolta una volta definite le condizioni in cui si intende compiere la filtrazione:

- a portata costante
- a pressione costante

Filtrazione a portata costante

In questo caso (supposto che per $t = 0$, sia $V = 0$) si ha:

$$\frac{dV}{dt} = \text{cost} = \frac{V}{t} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot V}$$

Questa equazione indica che per avere una portata (V/t) grande occorre:

- disporre fin dall'inizio della filtrazione di un grande ΔP
- che il valore di ΔP venga aumentato man mano che l'operazione procede, poiché col tempo aumentando la quantità di liquido filtrato cresce lo spessore della torta.

Filtrazione a pressione costante

In questo caso l'equazione $\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot V}$ si risolve per integrazione

Allo scopo, si separano le variabili: e si integra indefinitivamente:

$$V \cdot dV = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot dt$$

Si ottiene così:

$$\frac{V^2}{2} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot t + \text{cost}$$

Se per $t = 0$, cioè all'inizio della filtrazione, si ha $V = 0$ (cioè è nulla la quantità di liquido filtrato) si ha pure $\text{cost} = 0$, perciò:

$$V^2 = \frac{2 \cdot A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot t$$

Questa relazione correla il volume di liquido filtrato al tempo impiegato per filtrarlo

In effetti è più conveniente integrare l'equazione

$$V \cdot dV = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot dt$$

in modo definito.

Infatti prima di raggiungere il ΔP di regime a cui si intende condurre la filtrazione passa un certo intervallo di tempo durante il quale il ΔP viene gradualmente aumentato ed in cui un certo volume di liquido viene filtrato.

I limiti d'integrazione sono:

t_1 = istante a partire dal quale il ΔP resta costante

t = istante finale

V_1 = volume di liquido filtrato nel tempo che va da 0 a t , durante il quale il ΔP cresce

V = volume totale di liquido filtrato al tempo t .

Si ha pertanto:

$$\int_{V_1}^V V \cdot dV = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \int_{t_1}^t dt$$

Quindi:

$$V^2 - V_1^2 = \frac{2 \cdot A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot (t - t_1)$$

Che può essere scritta come:

$$\frac{t - t_1}{V - V_1} = \frac{r \cdot \eta \cdot v}{2A^2 \cdot \Delta P} \cdot (V - V_1) + \frac{r \cdot \eta \cdot v \cdot V_1}{A^2 \cdot \Delta P}$$

Le due equazioni precedenti mostrano una relazione lineare tra V^2 e t oppure tra $(t-t_1)/(V-V_1)$ e $(V-V_1)$.

Dove $(t-t_1)$ rappresenta il tempo di filtrazione a pressione costante e $V-V_1$ il volume di filtrato ottenuto.

Effetto del setto filtrante sulla filtrazione

La resistenza offerta al liquido che passa attraverso il letto filtrante non è dovuta solo alla torta che man mano si forma ma anche al setto filtrante vero e proprio sul quale poggia direttamente il primissimo strato di torta.

Di ciò si tiene conto facendo corrispondere alla resistenza dovuta al setto un opportuno “spessore equivalente di torta”.

Indicando con L tale spessore, l'equazione: $\frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot l}$

diventa: $\frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot (1+L)}$ cioè: $\frac{dV}{dt} = \frac{\Delta P}{\frac{r \cdot \eta}{A} \cdot (1+L)}$

Poiché $l = \frac{v \cdot V}{A}$

Sostituendo si ottiene: $\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot \left(V + \frac{L \cdot A}{v} \right)}$

Anche questa equazione può essere risolta una volta definite le condizioni in cui si intende compiere la filtrazione:

- a portata costante
- a pressione costante

Filtrazione a portata costante

Nel caso di filtrazione a portata costante, riferita al tempo t_1 cui corrisponde il volume V_1 di filtrato, l'equazione:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot \left(V + \frac{L \cdot A}{v} \right)}$$

diventa:

$$\frac{V_1}{t_1} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot \left(V_1 + \frac{L \cdot A}{v} \right)}$$

cioè

$$V_1^2 + \frac{L \cdot A}{v} \cdot V_1 = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot t_1$$

Filtrazione a pressione costante

Nel caso di filtrazione a ΔP costante, l'equazione:

$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v \cdot \left(V + \frac{L \cdot A}{v} \right)}$$

integrata fra gli istanti $t = t_1$ e $t = t$, cui corrispondono $V = V_1$ e $V = V$, porta a quest'altra equazione:

$$\frac{1}{2} (V^2 - V_1^2) + \frac{L \cdot A}{v} \cdot (V - V_1) = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot (t - t_1)$$

Cioè:

$$(V - V_1 + 2V_1) \cdot (V - V_1) + \frac{2L \cdot A}{v} \cdot (V - V_1) = \frac{2A^2 \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot v} \cdot (t - t_1)$$

Che può essere scritta come:

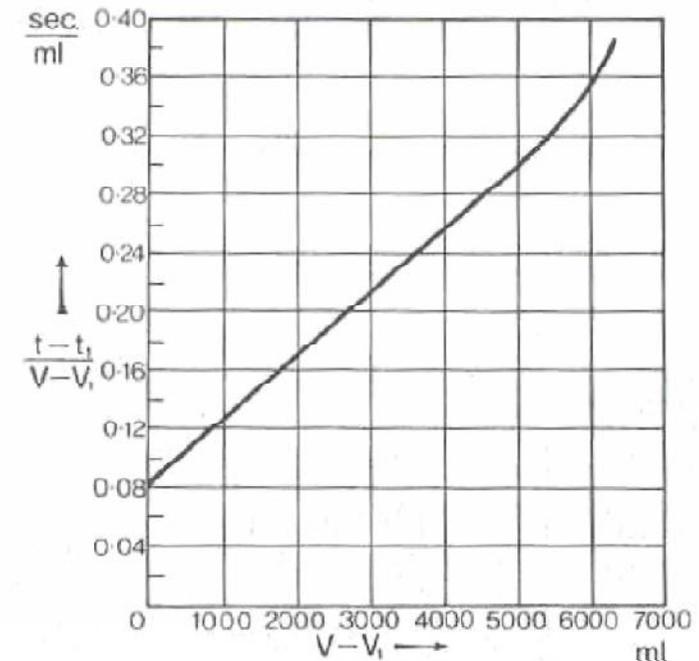
$$\frac{t - t_1}{V - V_1} = \frac{r \cdot \eta \cdot v}{2A^2 \cdot \Delta P} \cdot (V - V_1) + \frac{r \cdot \eta \cdot v \cdot V_1}{A^2 \cdot \Delta P} + \frac{r \cdot \eta \cdot L}{A \cdot \Delta P}$$

Un esempio di rappresentazione grafica di quest'ultima equazione è dato nella Figura.

La sua costruzione è sperimentale.

La pendenza della retta è proporzionale alla resistenza specifica r della torta.

Poiché all'inizio della filtrazione ($t = 0$) non c'è torta sul setto filtrante, se la resistenza del setto fosse nulla, la retta dovrebbe passare per l'origine degli assi.



Dato invece che anche il setto offre una certa resistenza, la retta interseca l'asse delle ordinate in un certo punto il cui valore dovrebbe consentire di risalire allo spessore equivalente L del setto.

Ma il punto di intersezione della retta, a differenza della sua inclinazione, che per una certa torta resta costante, varia in base alle modalità con cui si fa variare il ΔP fino a portarlo al valore costante di regime.

In altre parole il valore dello spessore equivalente del setto dipende dal modo in cui viene avviata l'operazione

Torte comprimibili

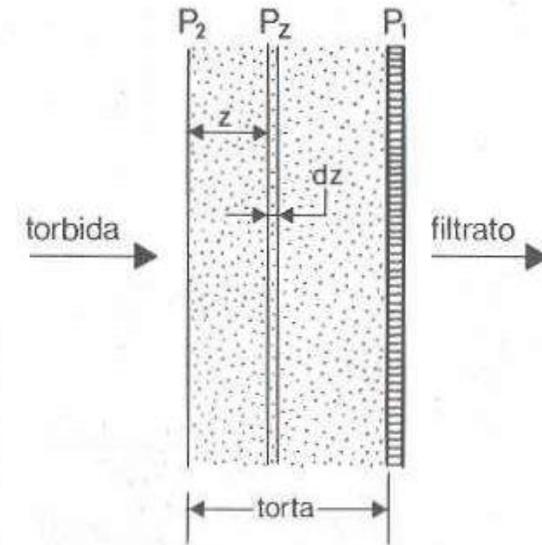
Quasi tutte le torte sono comprimibili anche se, in pratica, per piccoli valori di comprimibilità, nei calcoli vengono trattate come se fossero incompressibili.

La comprimibilità d'una torta comporta che:

- a) la resistenza specifica r diventi funzione del ΔP (perché le grandi cadute di pressione implicano un maggior impaccamento delle particelle costituenti la torta).
- b) la resistenza specifica r vari all'interno della torta, lungo la direzione di moto del liquido, passando da valori minori a valori maggiori (infatti è stato osservato che la forza di compressione che agisce su una particella nella torta dipende dalla posizione della particella stessa è varia da un minimo in corrispondenza della superficie della torta ad un massimo in prossimità del setto filtrante).
- c) il gradiente di pressione, definito come la caduta di pressione relativa all'unità di spessore di torta ($\Delta P/l$), cresca nello stesso senso di r .

Per questi motivi non è possibile considerare la torta come omogenea e ritenere che il salto totale di pressione sia ugualmente ripartito lungo tutto lo spessore di essa.

Si rende perciò necessario (come mostra la Figura)
 - suddividere il pannello di solidi depositati in tanti straterelli, ortogonali alla direzione del flusso, di spessore infinitesimo
 - considerare un valore di resistenza specifica ed una differenza infinitesima di pressione per ogni straterello.



Si può così dimostrare che l'equazione:
$$\frac{dV}{dt} = \frac{A \cdot \Delta P}{r \cdot \eta \cdot l}$$

nel caso particolare di torte comprimibili diventa:
$$\frac{dV}{dt} = \frac{A^2 \cdot \Delta P}{\eta \cdot c \cdot V \cdot r_m}$$

Dove:

c = massa del solido depositato dal volume di filtrato

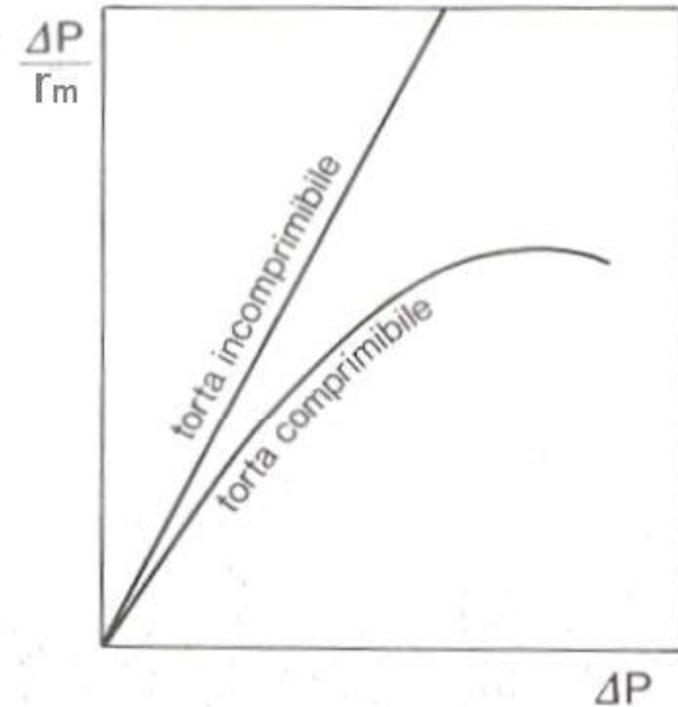
r_m = resistenza specifica media di tutta la torta

L'uso di questa equazione richiede la conoscenza del valore di r_m che è 18
 ricavabile solo per via sperimentale.

L'andamento del rapporto $\Delta P/r_m$ in funzione di ΔP , ottenuto sperimentalmente eseguendo un certo numero di prove di filtrazione è mostrato in Figura.

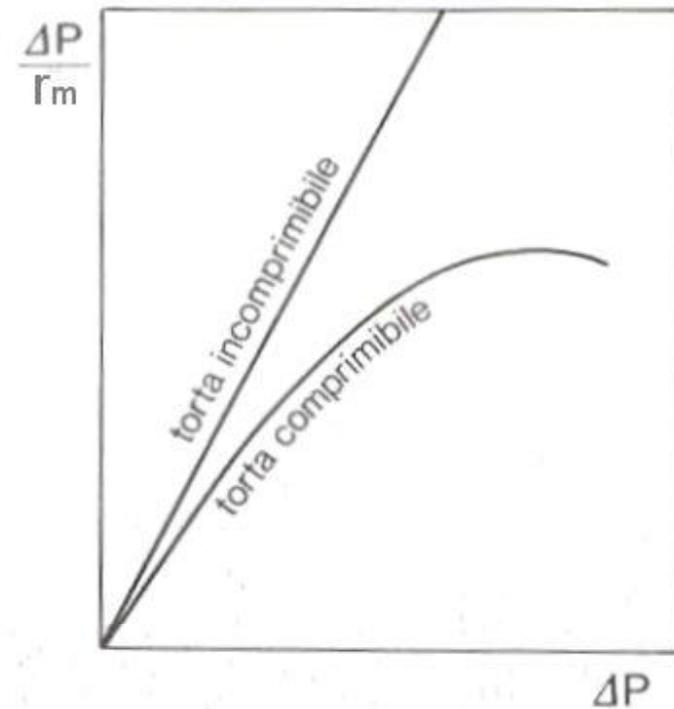
Dall'esame della Figura si osserva:

- se la torta non è comprimibile, cioè r_m è indipendente dalla pressione, si ottiene una retta
- se la torta è comprimibile oltre un certo valore di ΔP la pendenza diminuisce e l'andamento della curva può presentare un massimo (in corrispondenza del quale si ha la massima velocità di filtrazione).



L'andamento della curva della Figura consente di vedere quale è il valore ottimale, corrispondente al massimo della curva, a cui condurre la filtrazione.

Questo valore di ΔP serve per stabilire se è operativamente più vantaggiosa la filtrazione in pressione o quella in depressione (aspirazione).



Infatti il massimo ΔP disponibile con la depressione è, nella migliore delle ipotesi, circa 1 bar, per cui se il ΔP ottimale, ricavato sperimentalmente risultasse maggiore di 1 bar è evidente che non sarebbe tecnicamente conveniente operare in depressione.

Accorgimenti per facilitare la filtrazione

Se la torbida è molto diluita e le particelle in essa contenute sedimentano con facilità, la filtrazione viene fatta precedere dalla sedimentazione in modo da eliminare una buona parte di liquido e da inviare alla filtrazione un volume minore di torbida "ispessita".

Al fine poi di ridurre la resistenza che la torta offrirebbe al liquido, è possibile influenzare la natura delle particelle facendo in modo di aumentarne le dimensioni.

Nel caso di precipitati colloidali, si ricorre ad agenti coagulanti o flocculanti.

In certi casi per facilitare la filtrazione conviene riscaldare la torbida o per diminuire la viscosità.

È possibile, altresì, ricorrere ad “additivi” solidi, inerti e di grande porosità, che servono anche ad aumentare la rigidità del deposito.

Questi additivi o coadiuvanti vengono aggiunti alla torbida prima che si inizi la filtrazione.

Ovviamente esiste un valore ottimale per la quantità di additivo da aggiungere, perché se è vero che in loro presenza aumenta la porosità della torta, si verifica altresì un aumento del suo spessore.

Inoltre, gli additivi hanno un costo.

Ovviamente si ricorre all'aggiunta di additivi quando la torta non interessa altre operazioni di processo in cui debba entrare pura.

Fra gli additivi più comunemente usati ricordiamo il kieselgur (una terra silicea), che ha grado di vuoto pari a 0,85 e vari silicati di alluminio.

Un altro modo di impiego dei coadiuvanti è la formazione del prepannello (precoat).

Secondo questa tecnica si fa depositare uno strato di materiale ausiliario sul supporto, prima di iniziare la filtrazione.

Il prepannello serve a vari scopi:

- impedisce che le particelle minute vadano ad ostruire il supporto
- permette di effettuare una filtrazione 'fine' senza ricorrere a supporti con maglie strettissime
- facilita il distacco del deposito a fine operazione.

In alcune applicazioni i coadiuvanti sono indispensabili per la realizzazione stessa di una filtrazione con deposito: è il caso di sospensioni molto diluite, tali che i solidi sarebbero insufficienti a formare una torta filtrante.

Setti filtranti

La funzione del setto filtrante è quella di fare da supporto alla torta in formazione e di formare con essa il vero e proprio letto filtrante.

Quanto al setto filtrante, esso deve avere:

- una opportuna resistenza meccanica
- non deve essere attaccato dalle sostanze con cui viene in contatto
- deve offrire la minima resistenza possibile al flusso.

I setti più comunemente usati sono:

- tele di fibre sintetiche (poliammide, polipropilene) o naturali
- lamierini o reti metalliche, rivestiti con le tele sopracitate
- strati di materiali granulari come ghiaia, sabbia, carbone e kieselgur; solidi porosi.

Lavaggio delle torte

Di solito, alla filtrazione vera e propria si fa seguire il lavaggio della torta ottenuta.

Se il liquido di lavaggio ha le stesse caratteristiche fisiche del filtrato, il lavaggio può essere eseguito con la ΔP finale della filtrazione. In tal caso, siccome le resistenze non variano, si avrà una portata costante ed uguale a quella di filtrazione.

Qualora la viscosità del liquido di lavaggio fosse invece inferiore a quella del filtrato, si avrebbe una portata maggiore.

Ciò potrebbe causare, specie quando si trattano torte comprimibili, il formarsi di cammini preferenziali, sicché le torte verrebbero solo parzialmente lavate.

Questo inconveniente può essere evitato operando a ΔP inferiore a quello caratterizzante la fase finale della filtrazione.

Apparecchiature per la filtrazione

Le apparecchiature per le filtrazione, dette comunemente filtri, possono essere discontinue o continue.

Tipici filtri discontinui sono i filtri:

- a sabbia
- pressa
- Moore
- a candela

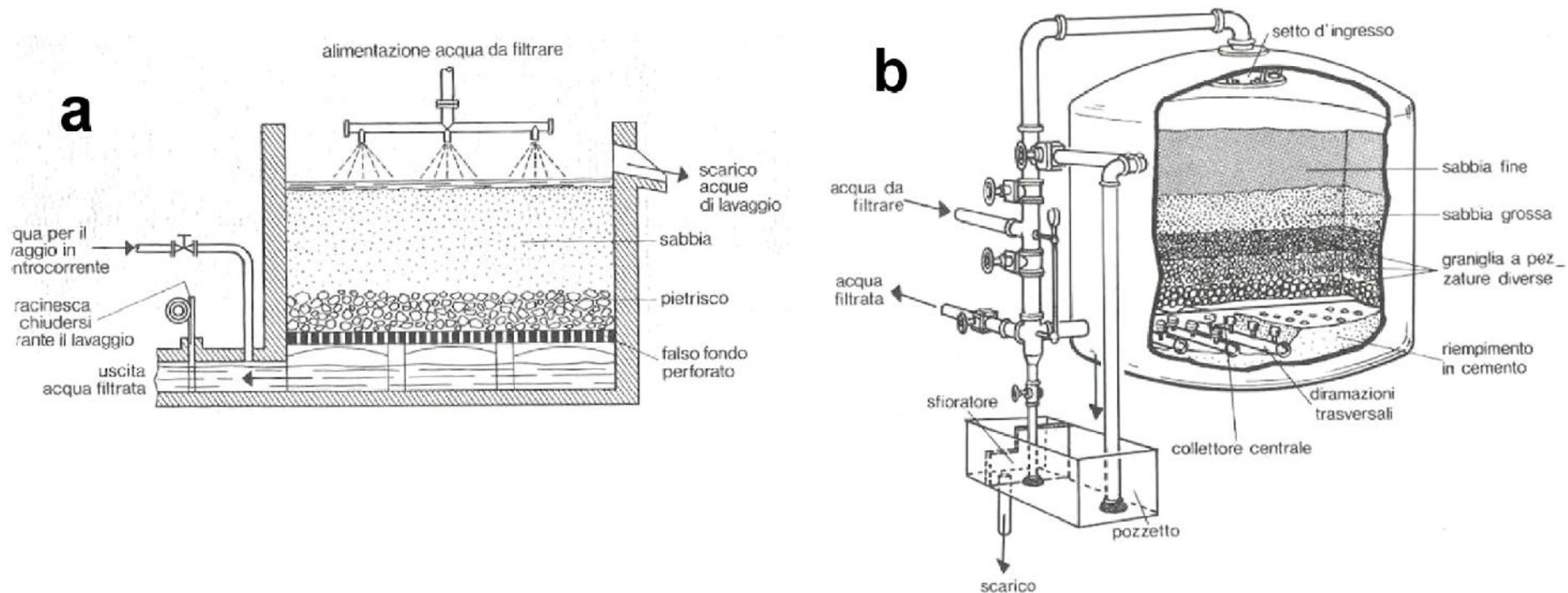
Tipici filtri continui sono i filtri:

- a tamburo
- a dischi
- a nastro.

Filtri a sabbia

Sotto il nome di filtri a sabbia vanno diverse tipi di filtri strutturalmente simili tra loro anche se non tutti hanno setti filtranti a sabbia.

La Figura illustra due tipi di filtro a sabbia: uno (a) opera a pressione atmosferica, mentre l'altro (b) lavora in pressione.



I filtri di tipo (a) filtri sono chiamati anche filtri a gravità quando la forza fluidomotrice (ΔP) è semplicemente dovuta al peso della torbida che grava sulla superficie filtrante.

Nei filtri a sabbia il setto filtrante è generalmente costituito da materiale di varia natura e di pezzatura decrescente dal basso verso l'alto.

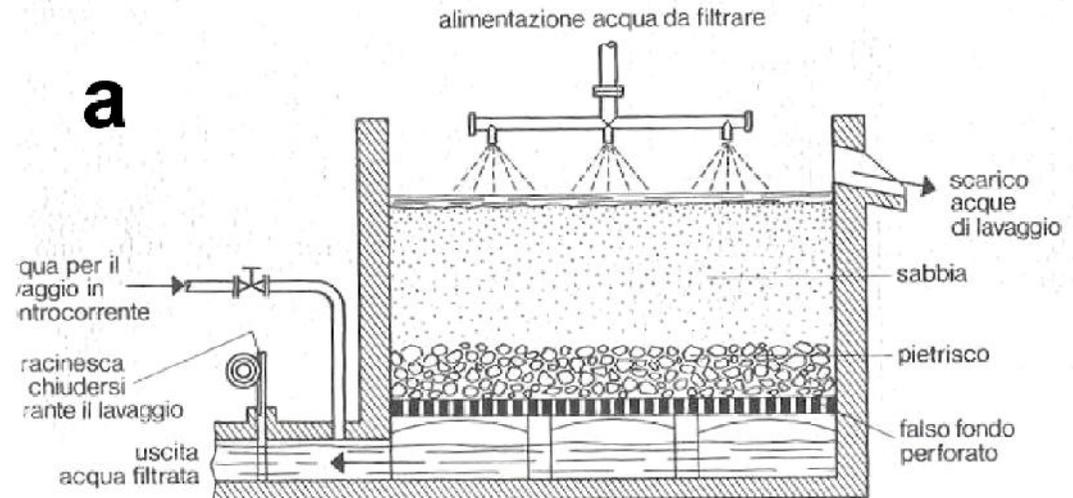
Lo strato di più grossa pezzatura più basso fa da supporto agli strati superiori

I vari strati hanno pezzatura il più possibile uniforme perché in essi non si creino cammini preferenziali, con minor resistenza rispetto ad altri.

Le torbide trattate nei filtri a sabbia debbono sempre contenere solo piccole quantità di solido da separare.

Per questo motivo la filtrazione si fa eventualmente precedere da processi di sedimentazione e di preventiva chiarificazione.

Il riempimento, a seconda del tipo di torbida da filtrare può essere costituito da sabbia quarzosa, quarzo o da vetro macinati, lana di vetro (soprattutto per trattenere tracce di olio) bauxite, coke o calcare.



Questo tipo di filtri è discontinuo poiché richiede la rigenerazione dei setti filtranti una volta che sono saturi di particelle trattenute.

Perciò vengono disposti batterie di più unità, collegate in modo che ciascuna unità possa essere alternativamente esclusa dalla fase attiva per essere sottoposta a lavaggio.

Il lavaggio viene eseguito mandando il liquido di lavaggio in senso inverso al tragitto del filtrato, con velocità sufficiente a produrre il rimescolamento del setto filtrante e a rimuoverne tutti i depositi.

Verso la fine si riduce la velocità del liquido di lavaggio in modo da consentire la graduale stratificazione per gravità dei componenti il setto filtrante; in tal modo si ripristinano gli strati originali del setto.

Opportune griglie trattengono, all'uscita del liquido di lavaggio, i componenti del setto filtrante.

È importante, nell'uso di questi filtri, aver cura che il setto filtrante non vada mai in secca: ciò per evitare che in esso si formino fenditure cui corrisponderebbero dei cammini preferenziali per il liquido.

Per quanto riguarda la potenzialità di questi filtri, si può notare che essa è massima all'inizio della filtrazione e che poi man mano decresce.

La loro potenzialità media è circa la metà della massima. Come valori indicativi si possono assumere $5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ nel caso di filtrazione di acque e $1-1,5 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$ per le diverse soluzioni.

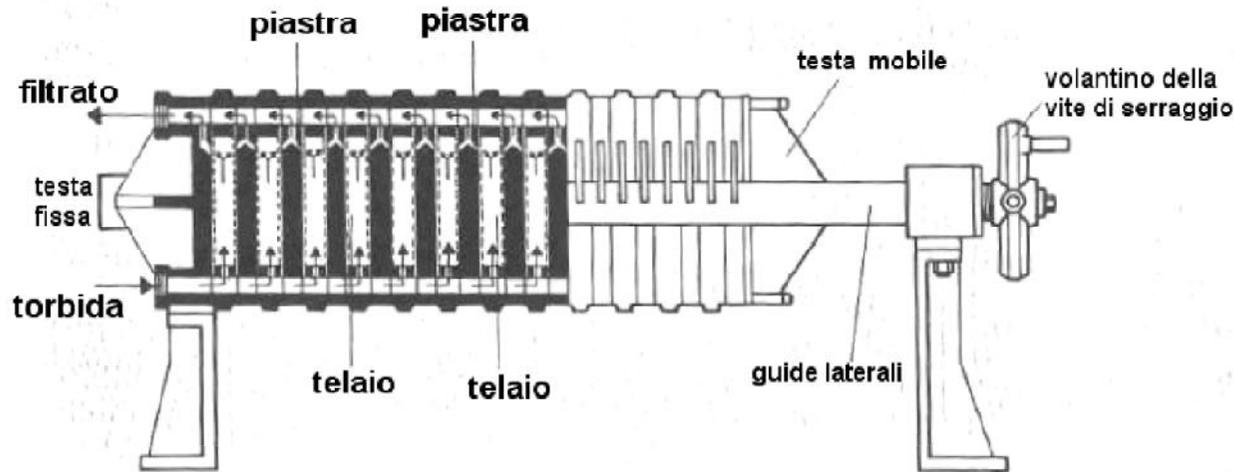
Il lavaggio si esegue con portate attorno a $30-40 \text{ m}^3/\text{m}^2 \cdot \text{h}$.

Vi sono anche filtri a carbone attivo, nel qual caso il filtro funziona anche da adsorbitore.

Questo filtri non trattengono le particelle sospese nel liquido per semplice effetto fisico-meccanico, ma anche attraverso legami chimici secondari (forze di Van der Waals, forze dipolari, etc.).

Filtri pressa

Una delle più importanti apparecchiature di filtrazione industriale è il filtro pressa, di cui in Figura è riportata una veduta d'insieme.



I principali componenti dei filtri pressa sono:

- due testate (una fissa solidale con il basamento della filtro e l'altra mobile)
- i telai e le piastre che insieme formano le "camere di filtrazione"
- le tubazioni d'ingresso per la torbida e di uscita per il filtrato.

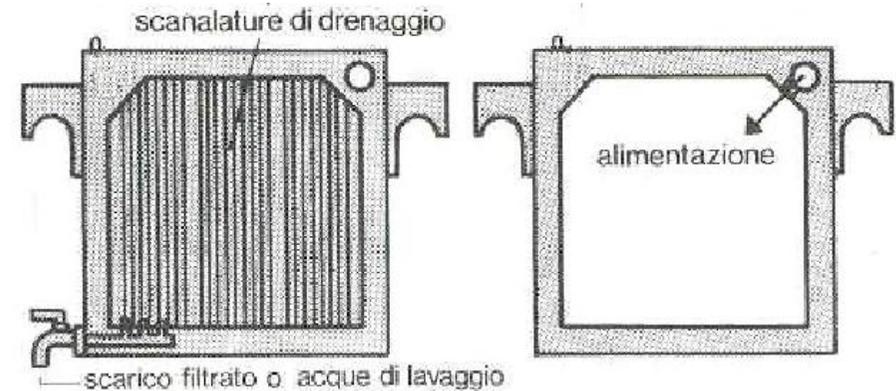
Gli organi principali dei filtri pressa sono i telai e le piastre.

Questi organi sono disposti alternati e sono tenuti pressati gli uni accanto alle altre mediante una vite o un dispositivo idraulico.

Le tele filtranti sono interposte tra piastra e telaio.

I telai dei filtri pressa sono delle semplici cornici quadrate, vuote all'interno, di opportuno spessore, in cui sono praticati uno (come nella Figura) o più fori passanti (fino ad un massimo di 4) ad esse ortogonali dei quali solo uno è in comunicazione con lo spazio interno delimitato dal telaio mediante un condotto ricavato internamente allo spessore di questo.

Le piastre dei filtri pressa sono invece delle superfici quadrate, con lato dello stesso valore di quello dei telai con cui devono essere accoppiate, che recano su entrambe le facce dei riquadri interni scanalati e tutt'intorno una cornice liscia in modo che possa combaciare perfettamente con i telai.



Nella cornice delle piastre ci sono tanti fori passanti pari a quelli esistenti sui telai ed in perfetta corrispondenza con questi.

Quando i telai e le piastre vengono accostati gli uni agli altri, si formano tanti condotti quanti sono i fori passanti ricavati.

Come accennato i telai e le piastre dei filtri pressa possono presentare uno o più fori.

Questa differenza è legata alla modalità con cui si realizza il lavaggio della torta.

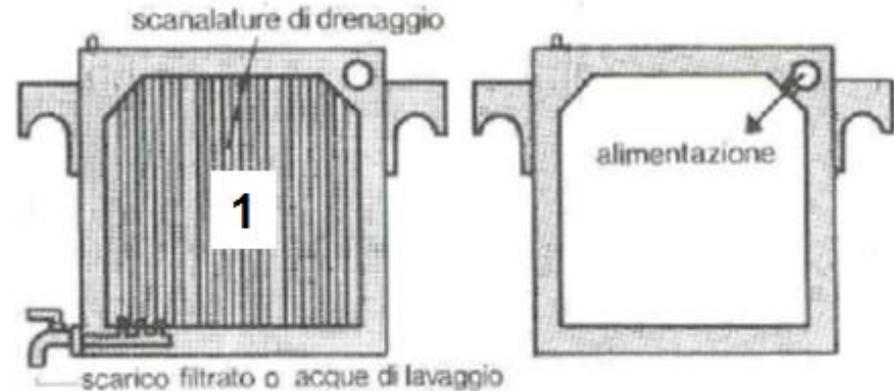
A tale proposito i filtri pressa si distinguono in:

- a) filtri pressa in cui si realizza il lavaggio semplice
- b) filtri pressa in cui si realizza il lavaggio completo

Filtri pressa in cui si realizza il lavaggio semplice

Sono filtri in cui piastre e telai hanno un solo foro passante (ricavato nella cornice in alto).

Le piastre su entrambi i riquadri scanalati, hanno nella parte inferiore un foro che, mediante un condotto interno ricavato nella piastra, comunica con l'esterno (serve per scaricare il filtrato o l'acqua di lavaggio).

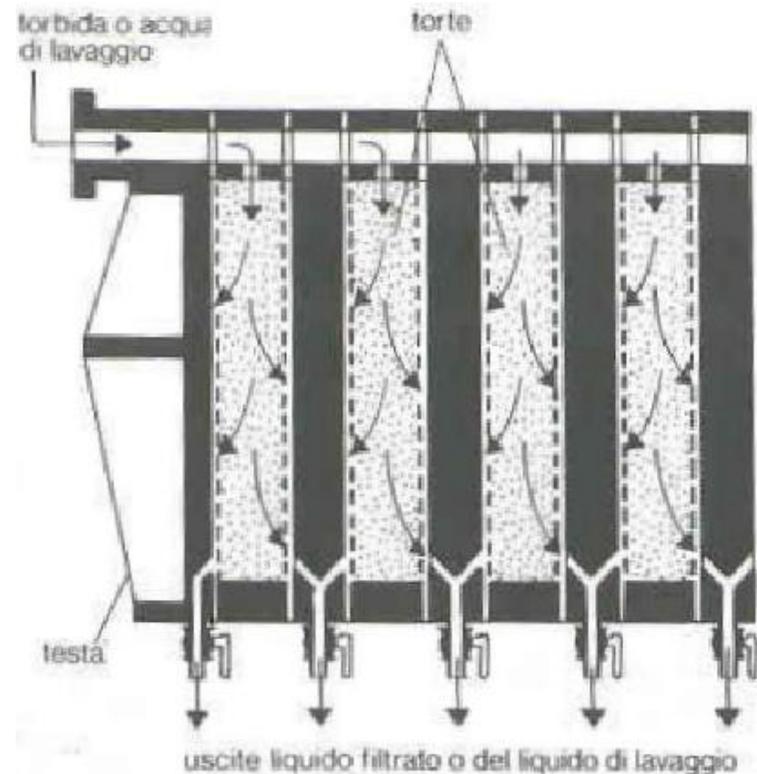
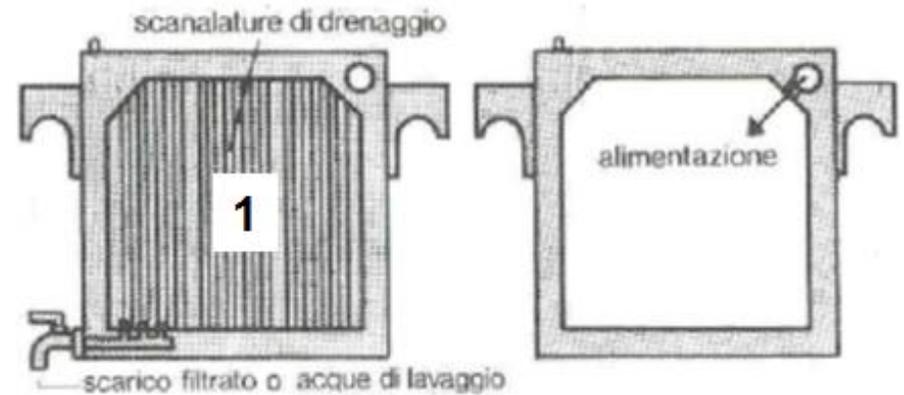


La torbida di alimentazione ed l'acqua di lavaggio percorrono lo stesso circuito idraulico. Infatti l'unione di piastre e telai con un solo foro passante forma un solo condotto che serve per alimentare la torbida (fase di filtrazione) o il liquido di lavaggio (fase di lavaggio).

Come mostra la Figura la torbida passa dal condotto (ottenuto dall'accoppiamento delle piastre con i telai) all'interno dei telai e, per la presenza del setto filtrante, dà luogo alla formazione delle torte (che riempiono i telai).

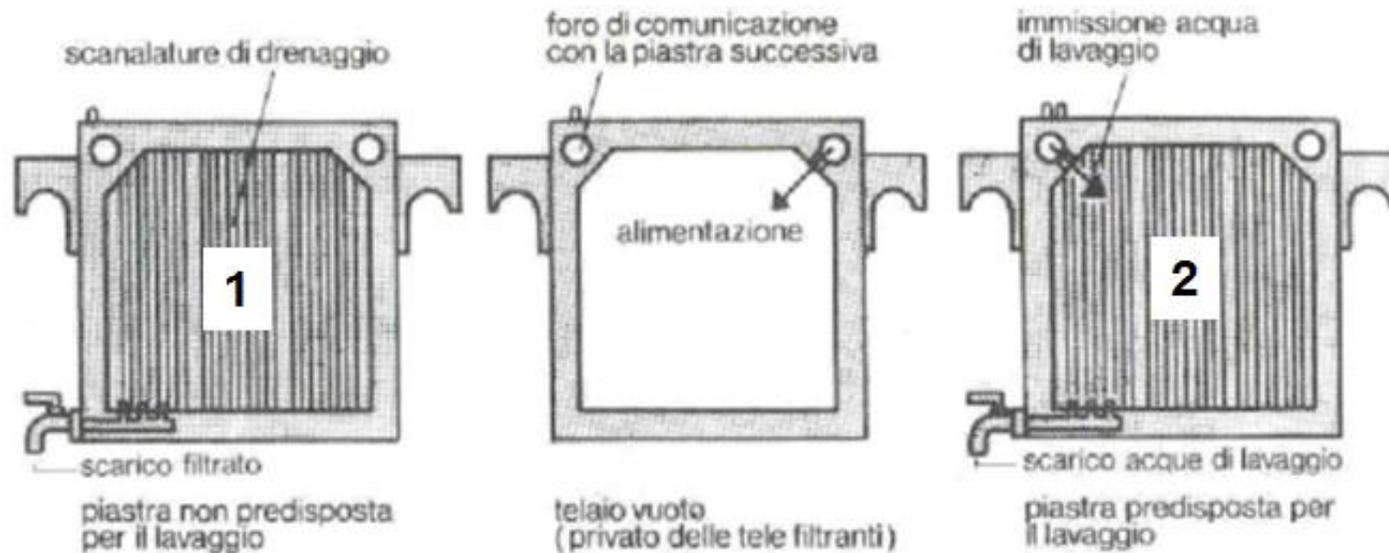
Il filtrato scorre lungo le superfici scanalate delle piastre e si scarica all'esterno attraverso i fori ricavati nella parte bassa delle piastre stesse.

La portata del liquido di lavaggio si assume uguale in linea di massima a quella del filtrato nelle condizioni finali di filtrazione (si suppone cioè che la resistenza del pannello non muti e che le caratteristiche del liquido di lavaggio non differiscano sensibilmente da quelle del filtrato).



Filtri pressa in cui si realizza il lavaggio completo

In questo tipo di filtri i telai hanno due fori passanti di cui uno (comunicante con l'interno del telaio) serve per l'alimentazione della torbida (come nel caso precedente), l'altro serve per il passaggio del liquido di lavaggio, che ha così una propria linea di alimentazione.

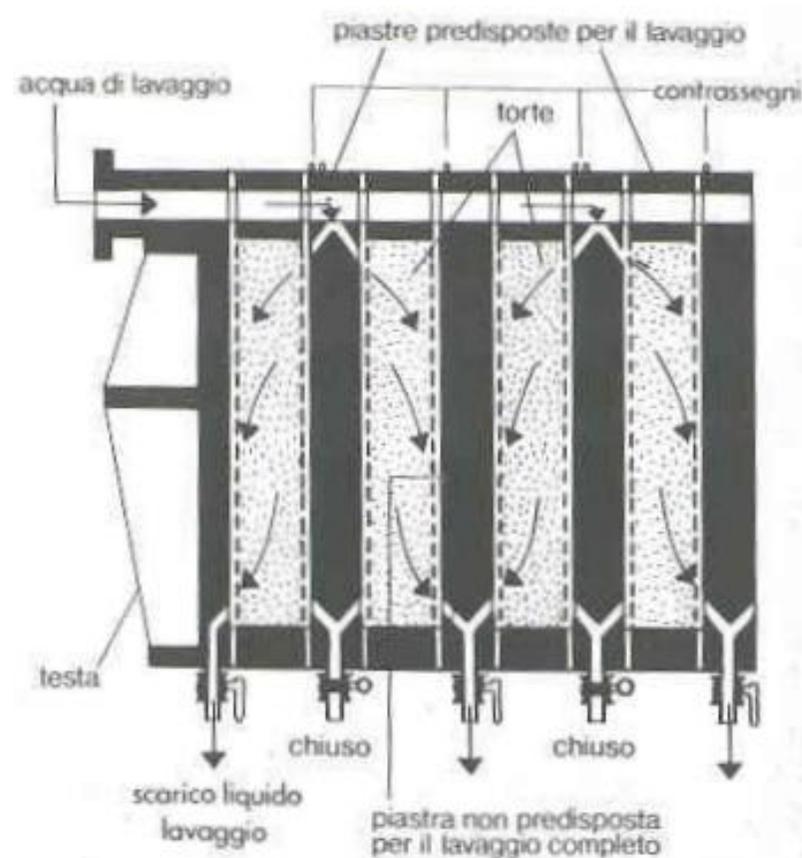
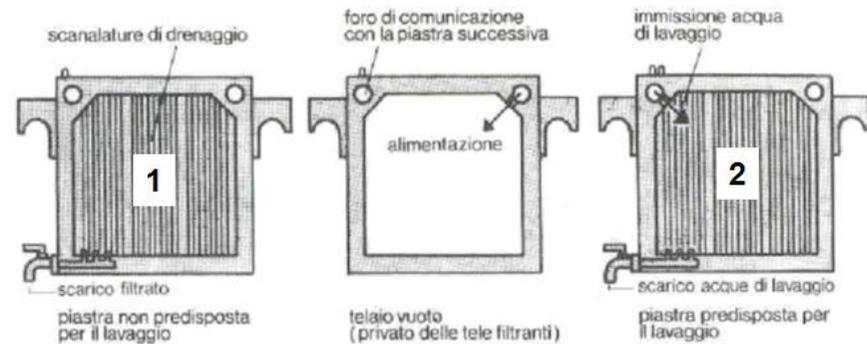


Il telaio è frapposto tra la piastra 1 (simile a quella del filtro a lavaggio semplice) e la piastra 2 per l'immissione del liquido di lavaggio.

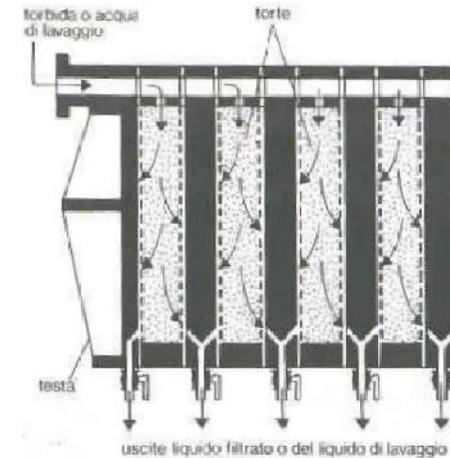
Durante la filtrazione, la torbida segue lo stesso circuito idraulico visto nel caso dei filtri a lavaggio semplice.

Invece durante il lavaggio il liquido segue un proprio circuito idraulico: entra dalla seconda condotta, passa su entrambe le facce delle piastre 2 attraversa le torte che riempiono l'interno dei telai e si scarica dai fori di fondo esistenti sulle facce delle piastre 1.

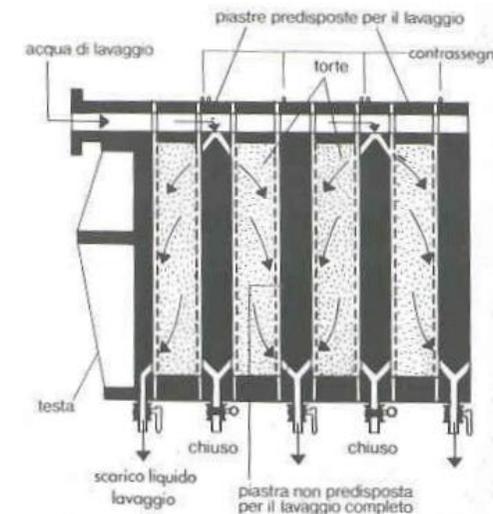
Naturalmente, durante il lavaggio i fori di fondo delle piastre 2 devono essere chiusi per impedire al liquido di lavaggio di scaricarsi senza aver attraversato, e quindi lavato, le torte.



Nel caso dei filtri a lavaggio completo la tela filtrante chiude il telaio su entrambe le facce per cui, durante la filtrazione, la torbida, alimentata all'interno del telaio, ha a disposizione due superfici filtranti.



Durante il lavaggio completo il liquido di lavaggio passa attraverso la torta e quindi ha a disposizione solo una superficie filtrante, poiché in tal caso, le due superfici filtranti del telaio sono in serie.



Quindi, poiché il liquido di lavaggio passa attraverso metà delle superfici filtranti attraverso le quali passava il filtrato ed inoltre deve attraversare uno spessore di torta doppio di quello attraversato dall'ultima porzione di filtrato, si assume che, la portata del liquido di lavaggio sia $1/4$ della portata del filtrato nelle condizioni finali di filtrazione.

Caratteristiche dei filtri pressa

I filtri pressa perciò si utilizzano proficuamente quando non si debbano trattare torbide ad alto contenuto di solido e quando le torte non richiedono un lavaggio accurato

Le dimensioni dei filtri pressa variano entro ampi campi di valori.

Esiste una vasta gamma di telai (da 250x250x20 mm fino a 1500x1500x30 mm) il cui numero massimo si aggira sulle 70 unità. .

La massima estensione delle superfici filtranti è di 200-250 m².



I filtri pressa sono:

- costruttivamente meno costosi dei filtri continui
- non presentano parti in movimento e di conseguenza hanno un basso consumo di energia
- hanno superfici filtranti molto estese in confronto al volume dell'apparecchiatura
- comportano raccordi esterni e quindi facilmente controllabili
- permettono di operare ad alte pressioni di filtrazione (0 + 15 bar).
- possono essere adattati a varie portate: basta togliere od aggiungere loro un certo numero di elementi filtranti

Presentano però alcuni svantaggi:

- funzionamento discontinuo
- alta incidenza dei tempi morti e della mano d'opera
- formazione di cammini preferenziali per i liquidi di lavaggio nelle torte sottoposte a lavaggio limitandone l'azione lavante.

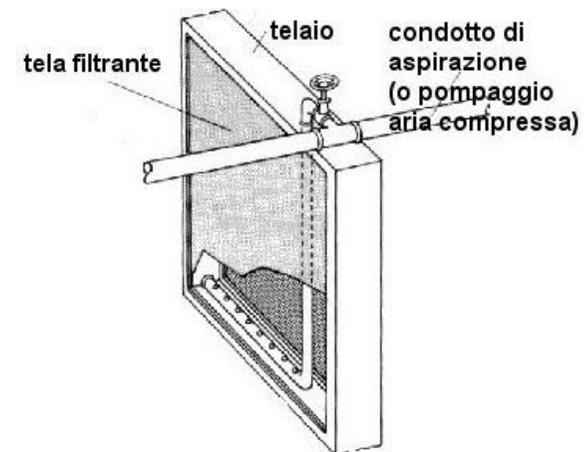
Filtri Moore

Quando la torbida è piuttosto ricca di solido si può, se le condizioni economiche risultano favorevoli, usare il filtro Moore.

Si tratta di una apparecchiatura che lavora in modo discontinuo ed in depressione; cioè, la torbida viene risucchiata (e non spinta) verso il setto filtrante.

Un filtro Moore è costituito da una vasca di filtrazione in cui sono completamente immerse delle tele cucite a sacco, all'interno delle quali sono alloggiati dei telai simili a quelli del filtropressa (ma senza i fori di distribuzione).

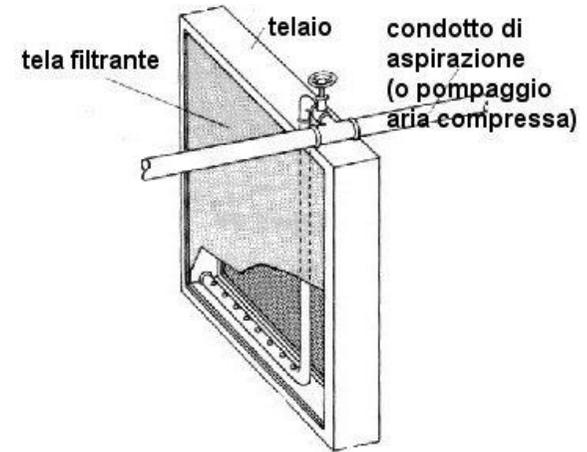
All'interno di ogni telaio, lungo due lati, è sistemato un tubo forato che serve, mediante un opportuno collegamento esterno, a mettere in comunicazione l'elemento filtrante con il sistema aspirante.



I singoli elementi filtranti sono opportunamente fissati a travi, ad essi ortogonali, che sovrastano la vasca di filtrazione in tutta la sua lunghezza. Si ottiene così un blocco unico costituito da un certo numero di elementi filtranti (anche 100).

Per il lavaggio delle torte si estrae tutto l'apparato filtrante dalla vasca di filtrazione e lo si immerge in quella di lavaggio.

Il distacco delle torte dai singoli elementi filtranti viene realizzato mediante invio di aria compressa (sempre attraverso il tubo forellato) all'interno di ogni elemento.



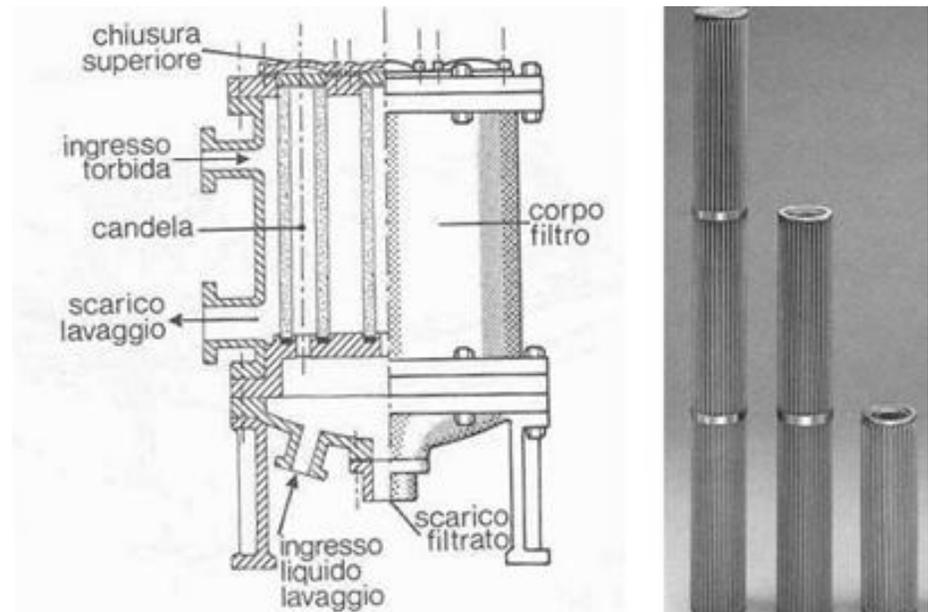
Filtri a candela o a cartuccia

Sono così chiamati dei filtri discontinui a pressione caratterizzati da elementi filtranti cilindrici “candele o cartucce” formati da materiali di vario tipo (metallici, ceramici, plastici).

Queste sono disposte entro un recipiente (detto corpo del filtro) resistente alle pressioni di esercizio ed alla corrosione di particolari soluzioni che vengono trattate.

La torbida viene inviata entro il corpo del filtro sotto pressione; il materiale in sospensione si deposita sopra le candele mentre il liquido le attraversa e esce dal fondo del corpo. :

Periodicamente i pannelli vengono lavati mandando, da un apposito condotto, un liquido di lavaggio e successivamente vengono, in generale, fatti scaricare mediante corrente d'aria compressa.



Filtri a tamburo (tipo Oliver)

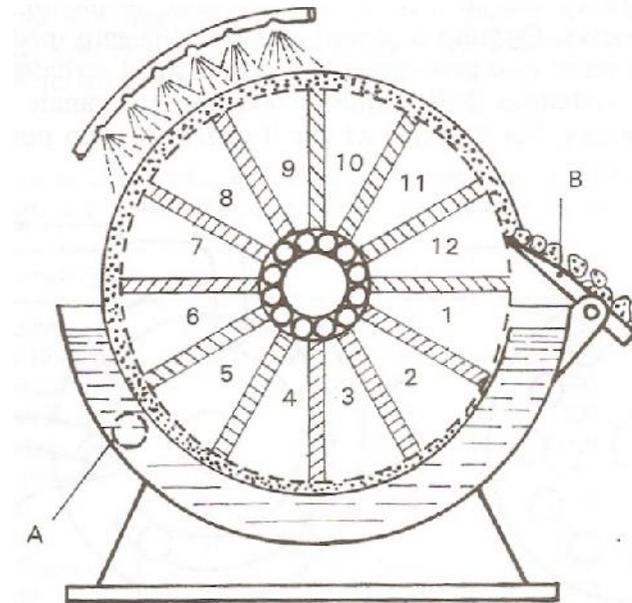
Appartengono alla classe dei filtri rotativi continui.

E' costituito da un tamburo cilindrico, la cui armatura è formata agli estremi da due fondi a forma di disco e lateralmente da tanti listelli disposti parallelamente all'asse del cilindro.

I listelli dividono il cilindro in tanti settori.

Attorno all'ossatura del tamburo è fissata la tela filtrante

Il filtro ruota lentamente attorno al proprio asse e nella parte inferiore è immerso in una vasca contenente la torbida da filtrare.



Quando durante la rotazione una cella si avvicina alla torbida da filtrare, nel suo interno si crea il vuoto con una pompa.

Supponendo che i settori siano 12 come in figura i settori che si trovano dalla posizione 1 alla posizione 5 funziona filtrando. Il liquido passa così all'interno dei settori dove viene prelevato mentre il solido rimane sulla tela filtrante.

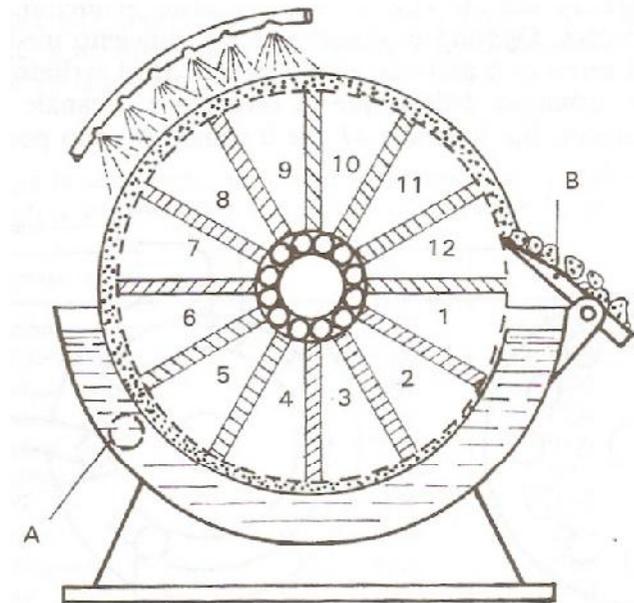
Nel settore in posizione 6 viene aspirato il liquido residuo inglobato sul solido.

Dalla posizione 7 alla posizione 9 si ha il lavaggio a getto d'acqua che viene sempre aspirata e segue lo stesso percorso del filtrato.

Nella posizione 10 si ha l'aspirazione del liquido di lavaggio inglobato.

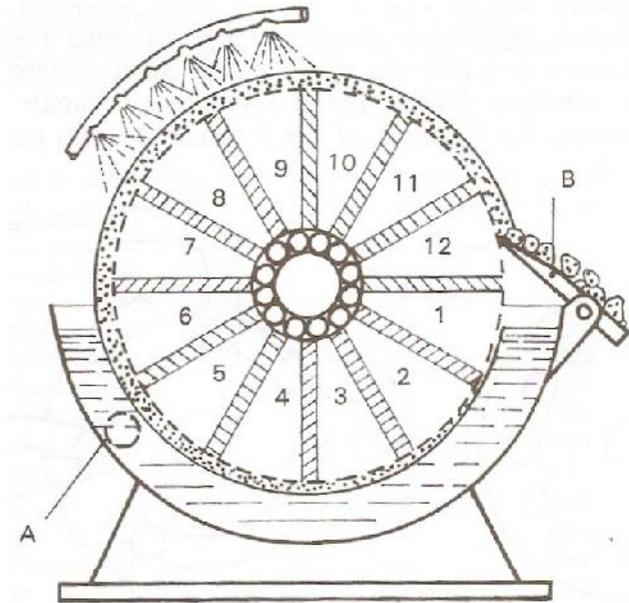
Dai settori 11 e 12 si ha il distacco della torta mediante aria compressa inviata all'interno dei settori.

Il solido viene poi rimosso dalla tela con il coltello raschiatore B.



La parte più importante del filtro è rappresentata dalla cosiddetta “valvola di distribuzione” (che non compare nella figura ma ruota con il filtro) alla quale sono collegati le tubazioni per regolare il succedersi delle fasi:

- aspirazione del filtrato (con un sistema in depressione)
- lavaggio della torta (con un sistema a spruzzo)
- eventuale parziale essiccazione della torta
- stacco della torta (con un sistema di aria compressa)



Le dimensioni di questo tipo di filtri sono piuttosto varie e possono arrivare a decine di m² di superficie filtrante.

Le caratteristiche di un filtro Oliver di medie dimensioni, potrebbero essere:

- diametro del tamburo 2 - 2,5 m
- lunghezza 3 - 3,5 m
- superficie filtrante 15 - 20 m²
- peso 7 - 8 t
- potenza assorbita dal solo filtro (necessaria per la rotazione del tamburo) circa 6 CV
- potenza totale assorbita circa 40 CV (comprendente anche quella assorbita dalla pompa a vuoto, 20 CV, e quella assorbita dal compressore, 14 CV).

La depressione necessaria per il funzionamento dei filtri a tamburo varia in base al tipo di torta che si viene a formare e dipende dalla presenza o meno di additivi.

La depressione è, comunque, compresa tra il 10 ed il 90% di vuoto, corrispondenti a pressioni assolute residue di circa 680-80 mmHg.

La pressione relativa dell'aria allo stacco della torta dai tamburi è dell'ordine di 0,35 bar e la velocità di rotazione varia da 1 a 12 giri al minuto.

Criteria per la scelta dei filtri

Nella scelta di un filtro è necessario aver presente oltre alla potenzialità dell'impianto anche le caratteristiche del liquido e del solido che formano la torbida e badare a come queste possono variare nel corso dell'operazione.

Per servire impianti di modesta potenzialità ci si orienta, per lo più, verso i filtri discontinui per il loro relativamente basso costo.

Più precisamente poi:

- a) se la torbida contiene poco solido in sospensione, la temperatura non è eccessivamente alta, le torte non sono molto inquinate e/o le stesse non necessitano di un lavaggio molto accurato, la scelta può cadere sui filtri pressa
- b) se si devono trattare torbide fangose si ricorre ai filtri Moore.
- c) se le torbide sono molto corrosive o le sospensioni fini e tenui, va data la preferenza ai filtri a candela.

Per servire impianti di notevole o di grande potenzialità la scelta va indirizzata nel campo dei filtri continui, il cui costo è compensato da una minore spesa per la mano d'opera e per i tempi passivi.

I filtri a tamburo Oliver si usano quando il solido contenuto nella torbida non tende a depositarsi molto velocemente e non è così fine da provocare impaccamenti sulla tela filtrante (caso dei solidi farinosi o colloidali).