



Impianto a membrane

Principio di funzionamento

Numerosi processi di depurazione delle acque fanno uso di membrane. La membrana è una sottile barriera che permette un passaggio selettivo di massa. Il termine “membrana” è generalmente utilizzato per descrivere strutture e comportamenti molto differenti fra loro che vanno da quelli delle membrane naturali, fino a quelli delle membrane artificiali. Le membrane naturali, componenti dei sistemi biologici, hanno tutte una struttura fondamentale unitaria costituita da strati bimolecolari di lipidi con i gruppi polari orientati verso le fasi acquose all'interno e all'esterno della cellula. Le membrane artificiali invece possono essere suddivise, dal punto di vista della loro struttura, in omogenee ed eterogenee. Le membrane omogenee sono costituite da una o più sostanze non separate da interfacce interne; sono quindi uniformi in ogni direzione laterale. Le membrane eterogenee contengono una serie di elementi di volume aventi proprietà chimiche e fisiche differenti. In termini generali, una membrana può essere definita come una fase, usualmente eterogenea, che agisca da barriera al flusso di specie ioniche o molecolari presenti in sistemi liquidi o gassosi a contatto con la sua superficie. Le membrane artificiali vengono utilizzate soprattutto per due scopi:

- agiscono come barriera fisica che impedisce, o riduce, il trasferimento di materia;
- come selettori, in quanto permettono il passaggio di specie chimiche diverse a velocità differenti.

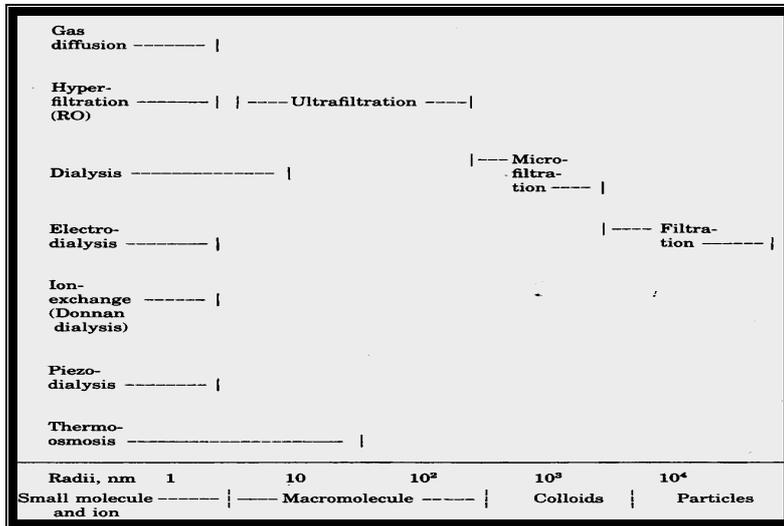
Il principio di selettività sta alla base di tutti i principali processi di separazione e arricchimento che sfruttano la tecnologia a membrana. Basti citare la dissalazione, la separazione di gas, le applicazioni nella biotecnologia, bioingegneria, biomedica, nell'industria chimica, farmaceutica, nei prodotti alimentari e nei processi di disinquinamento delle acque.

- Applicazioni delle membrane sintetiche

Special applications as permselective barriers	Membranes as permselective barriers	Membrane reactor
ion-specific electrodes	dialysis	immobilization of catalyst and enzyme within the membrane
controlled release	microfiltration	
tissue-culture growth	ultrafiltration	
biosensors ^d	reverse osmosis	
	osmotic pumping	
	pervaporation	
	gaseous separation ^c	
	electrodialysis	
	Donnan dialysis	
	membrane distillation ^d	
	steam filtration	
	thermoosmosis ^e	



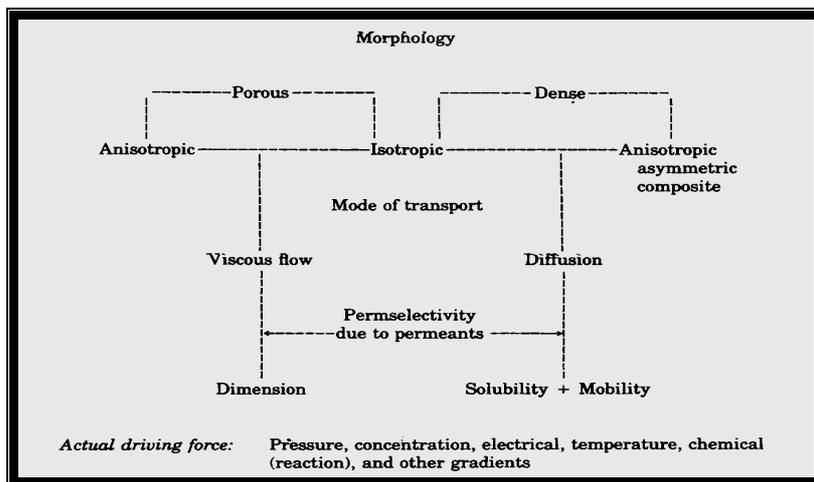
- Dimensioni delle specie permeabili nei differenti processi a membrana.



Le membrane si trovano in quattro configurazioni principali: a lastre, tubolari, fibre cave o capsule. Tuttavia, non ci sono concettuali limitazioni per la configurazione di una membrana, in quanto esse possono essere realizzate in tutte le forme desiderate.

La morfologia di una membrana ne caratterizza la permeabilità e la selettività come mostrato nell'immagine successiva.

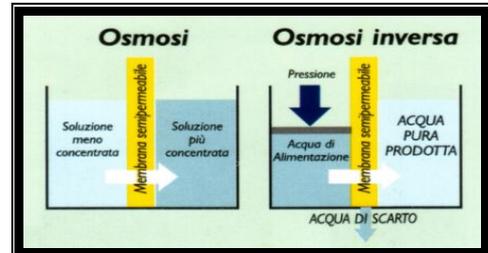
- Configurazione, morfologia, modalità di trasporto, permeaselettività, e forza motrice nelle tecnologie a membrana.





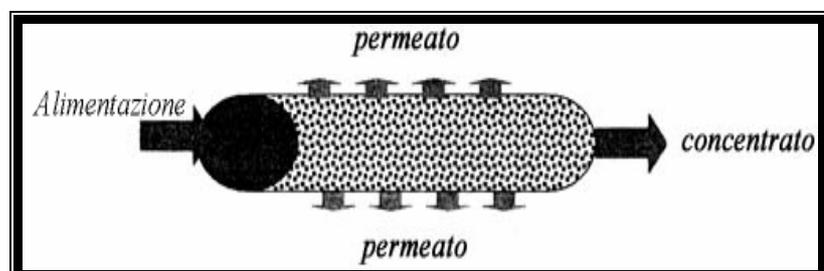
Performance

- *Osmosi inversa*



Tra i differenti sistemi di trattamento per la riduzione del contenuto salino dell'acqua l'osmosi inversa è uno tra i più recenti ed efficaci. E' possibile applicare l'osmosi inversa al trattamento di ogni tipo di acqua, indipendentemente dal suo contenuto salino, con il risultato di separare completamente il sale in essa disciolto. Il termine l'osmosi inversa discende dal particolare fenomeno fisico-chimico dell'osmosi. Il ciclo dell'osmosi ha luogo quando due soluzioni acquose di differente concentrazione si trovano a contatto l'una con l'altra, separate soltanto da una membrana semipermeabile. Per le leggi della termodinamica, le molecole disciolte in acqua dovrebbero passare dalla soluzione più concentrata a quella più diluita. Tuttavia, dato che la membrana ne impedisce il passaggio, permettendo invece quello delle molecole d'acqua, quest'ultima migra dalla soluzione meno concentrata verso quella più concentrata per diluire le molecole disciolte. Questo processo continuerà fintanto che non si sarà raggiunta una differenza di pressione fra le due soluzioni in grado di equilibrare la differenza di concentrazione. L'osmosi inversa è esattamente il processo opposto: l'acqua della soluzione concentrata viene forzata da una pressione esterna a passare attraverso la membrana in modo da concentrare sempre di più una soluzione e a produrre acqua pura dall'altra parte (permeato). La soluzione concentrata di scarto (reiettato) verrà inviata allo smaltimento. La membrana sarà in grado di respingere ioni monovalenti (90%), ioni bivalenti (95%) e ioni polivalenti (99%), sostanze organiche con un peso molecolare superiore a 300, virus e batteri (99%). Per permettere un passaggio continuo dell'acqua da una sezione all'altra, i sistemi ad osmosi inversa lavorano in flusso tangenziale in modo da creare un moto turbolento lungo tutta la superficie della membrana che asporti in continuo i contaminanti accumulatisi su di essa. I vantaggi dell'uso dell'osmosi inversa per il trattamento di purificazione dell'acqua sono molteplici: permette di rimuovere un'elevata percentuale dei contaminanti presenti con costi di esercizio e di manutenzione notevolmente bassi. Tuttavia non si riesce ancora a rimuovere tutti i contaminanti e le membrane sono soggette a fenomeni di deposito di sali e sostanze organiche che, col tempo, possono rallentare il flusso di permeato o addirittura portare alla rottura della membrana stessa.

- *Ultrafiltrazione*

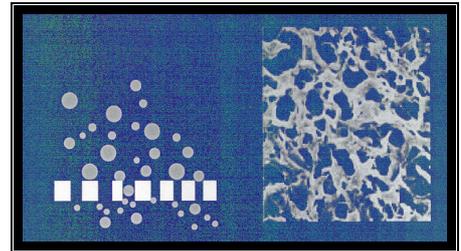


L'ultrafiltrazione è un procedimento di filtrazione a membrana, attivato da pressione relativamente modeste, usato per la separazione e/o purificazione di particelle disciolte o sospese. Le membrane di ultrafiltrazione sono di natura porosa ed hanno generalmente una struttura polimerica rigida altamente permeata, con uno strato attivo superficiale molto sottile, sostenuto da uno strato più spesso. La pellicola superficiale esegue la separazione mentre



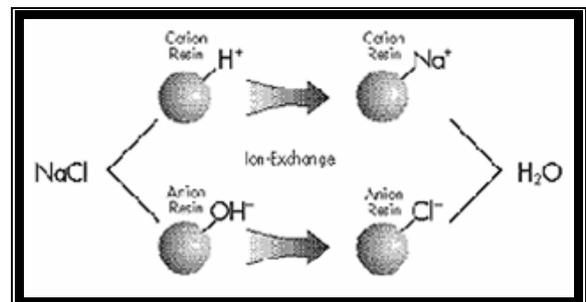
lo strato sottostante esercita solo una funzione di sostegno meccanico. La capacità di permeare è basata principalmente sulla grandezza della particella ed è quindi analoga a quella di uno schermo od un setaccio. Il funzionamento è simile a quello dell'osmosi inversa con la produzione di un permeato e di un concentrato. I vantaggi di questo trattamento stanno nei bassi costi di manutenzione, nel limitato consumo di acqua e nell'elevata efficienza nel rimuovere sostanze organiche ad elevato peso molecolare, pirogeni, virus e particelle. Non c'è il rischio di rovinosi depositi sulle membrane né di assorbimento di sostanze organiche, in quanto sia i sali che le sostanze organiche a basso peso molecolare passano attraverso le membrana stessa. Tuttavia non vi è nessuna rimozione di ioni, gas e organici a basso peso molecolare.

Microfiltrazione su membrana



La filtrazione è un'operazione che permette di separare un liquido dalle particelle solide in esso contenute facendolo passare attraverso una superficie porosa (mezzo filtrante) che trattiene le particelle stesse. Ci sono tre principali tipi di filtri: filtri di superficie, filtri di profondità e filtri a membrana. I filtri di profondità sono costituiti da fibre agglomerate che sono in grado di catturare i contaminanti in profondità per inerzia, moto browniano, gravità e interazione elettrostatica. Hanno un'elevata capacità e un'efficienza di ritenzione generalmente attorno al 95%, variabile con il flusso in ingresso. I filtri a superficie sono costituiti da numerosi multistrati di fibre non intrecciate e catturano i contaminanti principalmente in superficie per intercettazione. Hanno una capacità e un'efficienza di ritenzione pari al 98% circa. I filtri a membrana trattengono tutti i contaminanti la cui dimensione è superiore al diametro dei pori di cui è costituita. Hanno un'efficienza di ritenzione del 100% rispetto a tali inquinanti. Il principale vantaggio dei filtri a membrana è proprio questo: possono rimuovere il 100% di tutti i contaminanti di dimensione superiore a quella stabilita (quella dei diametri dei pori della membrana). In aggiunta a questo, richiedono scarsa manutenzione e possono lavorare anche con grandi portate a bassa pressione. Tuttavia hanno un minimo effetto sugli altri inquinanti e possono intasarsi facilmente.

Deionizzazione



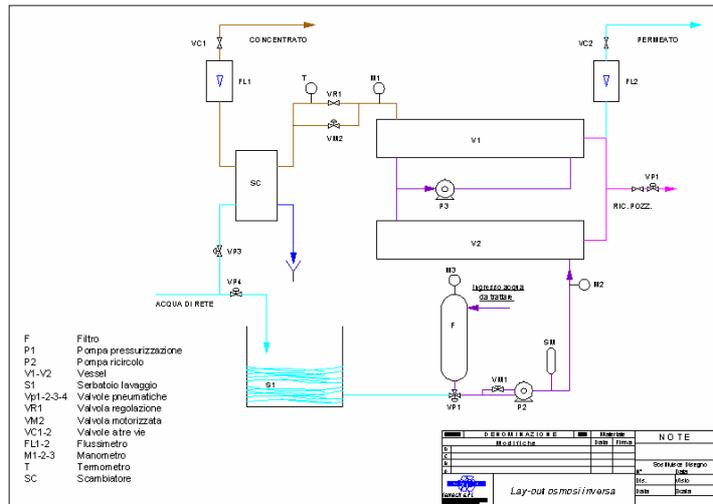
La deionizzazione consiste nell'eliminazione di tutti gli ioni presenti nell'acqua tramite l'utilizzazione di sfere porose con diametro compreso fra 0.3 e 0.8 mm. Sono costituite da catene polimeriche di stirene e divinilbenzene su cui vengono attaccati gruppi chimici attivi carichi: gruppi ammonio quaternari per le resine anioniche (progettate per catturare anioni) e gruppi solforici per le resine cationiche (progettate per catturare cationi). Le resine di deionizzazione (DI) scambiano sia ioni di idrogeno con i cationi che ioni ossidrilici con gli anioni: uno ione idrogeno con qualsiasi catione con cui vengono in contatto (es. Na^+ , Ca^{++} , Al^{+++} , organici solubili caricati), uno ione idrossilico



con qualsiasi anione (es. Cl⁻). Gli idrogenioni provenienti dalle resine cationiche e gli ossidrioni provenienti dalle resine anioniche si combinano per formare acqua. Una volta che le resine hanno scambiato tutti i loro idrogenioni e/o ossidrioni con i contaminanti ionici presenti nell'acqua, devono essere rigenerate. La deionizzazione è un processo molto efficiente per rimuovere ioni e sostanze organiche cariche ed è di facile installazione e un investimento limitato. Tuttavia non elimina i microrganismi mentre le resine possono costituire eccellente supporto per la crescita batterica.



MOI vista di insieme



MOI lay-out

Componenti impianto tipo

Pompa centrifuga di trasferimento dal pozzetto di raccolta, tipo sommerso.

Filtro di sicurezza a sacco.

Filtrazione 10/20 micron

Pompa di pressurizzazione a pistoncini tipo Triplex, Completa di smorzatore di pulsazioni, valvola di sicurezza a molla, valvola motorizzata di by-pas.

Pompa di ricircolo sul secondo VESSEL, Tipo multigrigante.

VESSEL contenenti moduli di membrana a spirale avvolta. N°3 moduli per VESSEL.

Serbatoio di lavaggio.

Valvola pneumatica per commutazione alimentazione impianto da refluo ad acqua di lavaggio.

Elettrovalvola per ricircolo parte del permeato nel pozzetto.

Valvola manuale di regolazione pressione di lavoro.

Valvola motorizzata di abbassamento pressione nelle fasi di lavaggio.

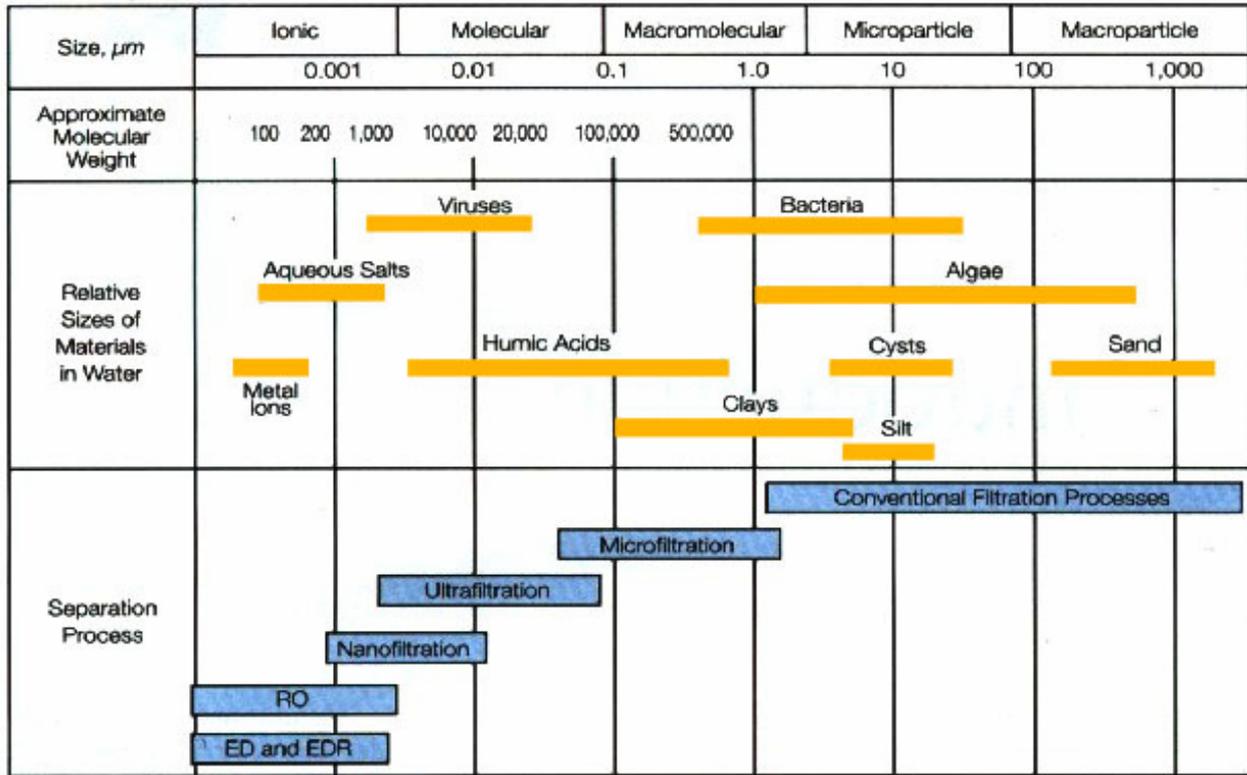
Valvole a tre vie per il ricircolo del permeato e del concentrato nella fase di lavaggio delle membrane con detergente.

Conducimetro per controllo permeato

Scambiatore di calore a piastre



Dati tecnico-funzionali



Metal Ions Antimony Arsenic Nitrate Nitrite Cyanide etc.	Aqueous Salts Sodium Salts Sulfate Salts Manganese Salts Aluminum Salts	Viruses Infectious Hepatitis	Humic Acids Trihalomethane Precursors	Bacteria <i>Salmonella</i> <i>Shigella</i> <i>Vibrio cholerae</i>	Cysts Protozoa <i>Giardia</i> <i>Cryptosporidium</i>
---	--	---	--	---	--



Es: Impianto osmosi Inversa

MOI10

Pompa trasferimento

Pompa pressurizzazione

Pompa ricircolo

membrane

Temperatura max di lavoro

Pressione max di lavoro

Reiezione al NaCl

Dimensioni

$Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=2 \text{ bar}$, $P=1 \text{ kW}$

$Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=40 \text{ bar}$, $P=15 \text{ kW}$

$Q=10 \text{ m}^3/\text{h}$, $H=2.5 \text{ bar}$, $P=1 \text{ kW}$

Moduli 8"x 40" tipo OI alta reiezione

45° C

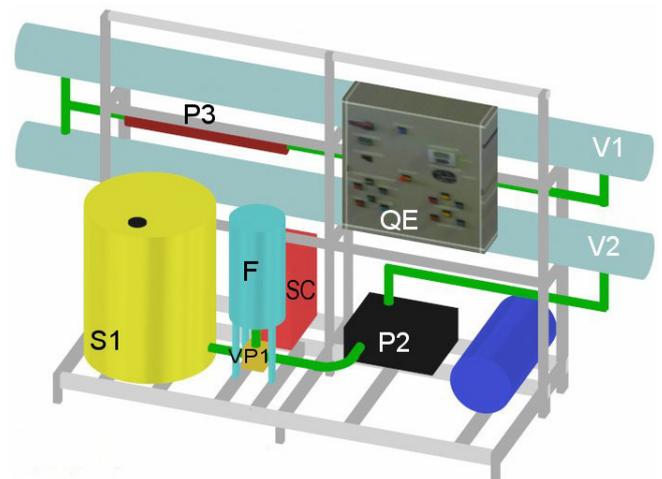
60 bar

98,6 %

3400 x 1200 x 2000 mm



MOI particolare



MOI Prospetto impianto