

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



Scuola Politecnica delle Scienze di Base
Dipartimento di Ingegneria Chimica, dei Materiali e della Produzione Industriale

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA PER L'AMBIENTE E IL TERRITORIO
Tesi di Laurea in Chimica e Tecnologie dell'ambiente

REVERSE OSMOSIS TECHNOLOGY FOR DOMESTIC WATER AND SEAWATER TREATMENT

Relatore:
Ch. mo Prof.
Bruno De Gennaro

Candidato:
Raffaele Cacciano
Matr: N49000127

ANNO ACCADEMICO 2014/2015

Obiettivo della tesi: analisi della tecnologia dell'osmosi inversa per

Impianti di trattamento delle acque domestiche



Impianti di dissalazione

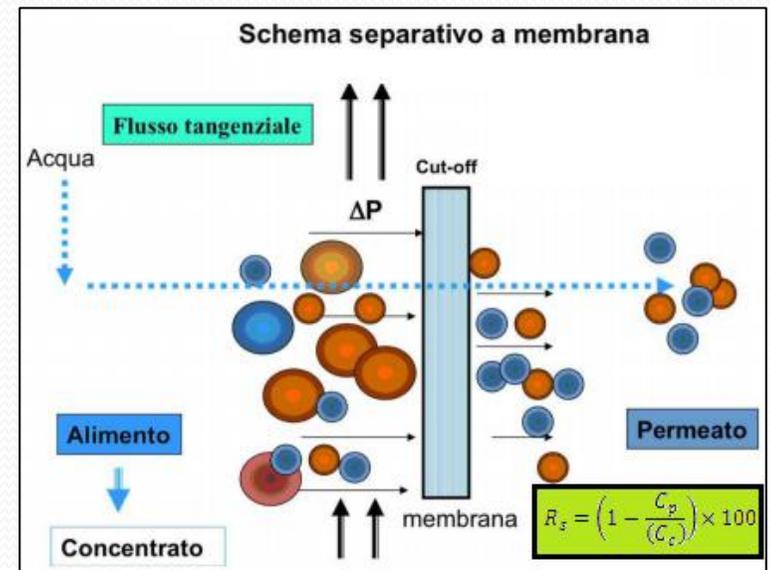


La tecnologia dell'osmosi inversa

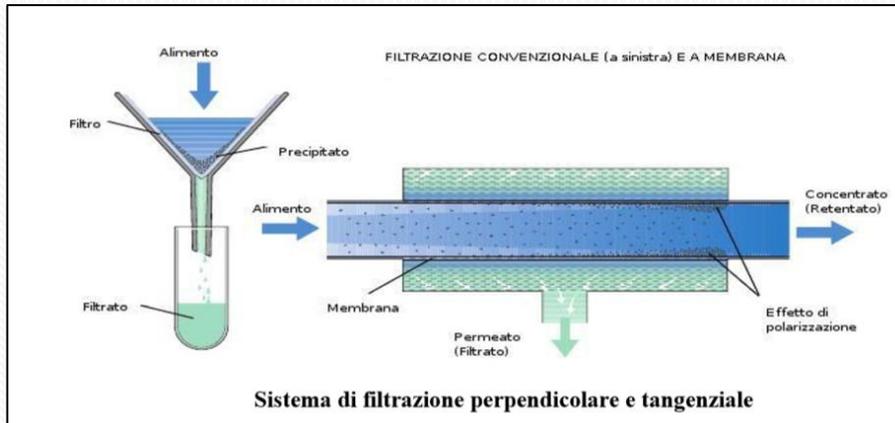
OSMOSI: diffusione di solvente attraverso una membrana semipermeabile secondo il gradiente di concentrazione. Tale fenomeno è possibile in quanto ogni soluzione è dotata di una **pressione osmotica** direttamente proporzionale alla propria molarità.

OSMOSI INVERSA: processo in cui si forza il passaggio delle molecole di solvente dalla soluzione più concentrata a quella meno concentrata (applicando una differenza di pressione contraria e maggiore della pressione osmotica) in modo da ottenere da una parte soluto dall'altra il solvente puro.

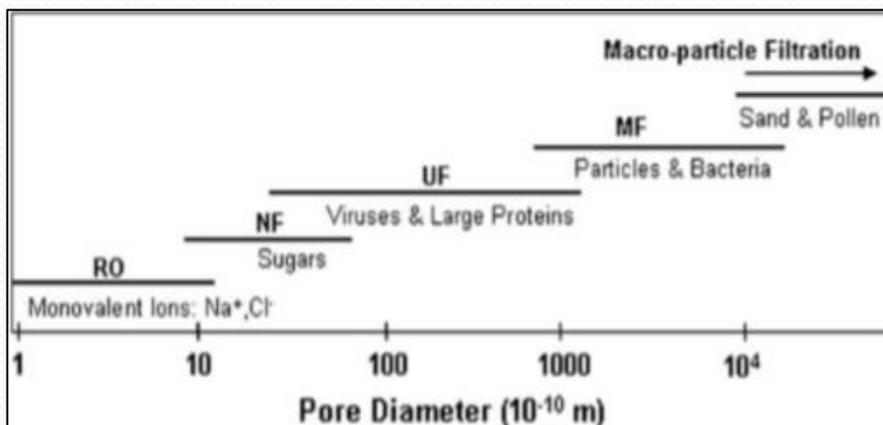
1. **ASSORBIMENTO SULLA SUPERFICIE DELLA MEMBRANA**
2. **DIFFUSIONE ATTRAVERSO LO SPESSORE DELLA MEMBRANA**
3. **DESORBIMENTO DEL PERMEATO ALLA SUPERFICIE DELLA MEMBRANA.**



Le tecnologie a membrana

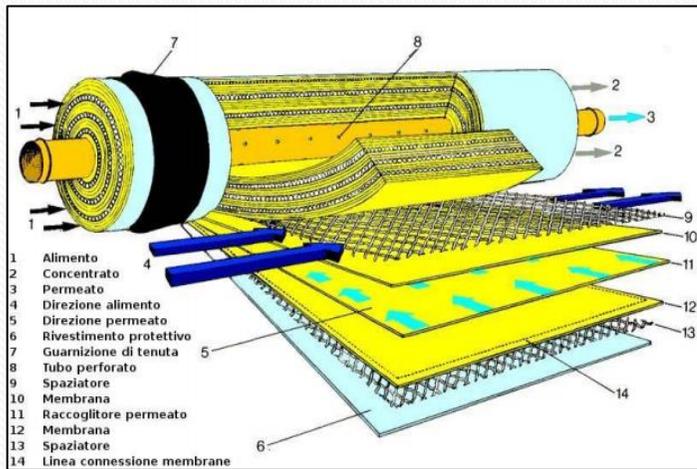


1. MICROFILTRAZIONE (*MF*)
2. ULTRAFILTRAZIONE (*UF*)
3. NANOFILTRAZIONE (*NF*)
4. OSMOSI INVERSA (*OI*)

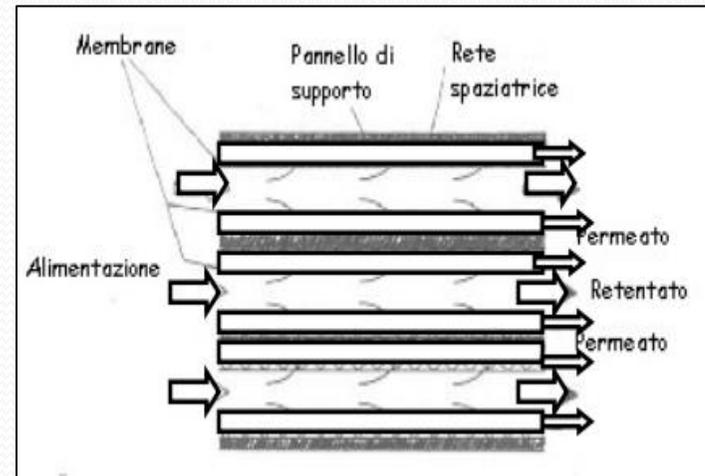


Modulo delle membrane

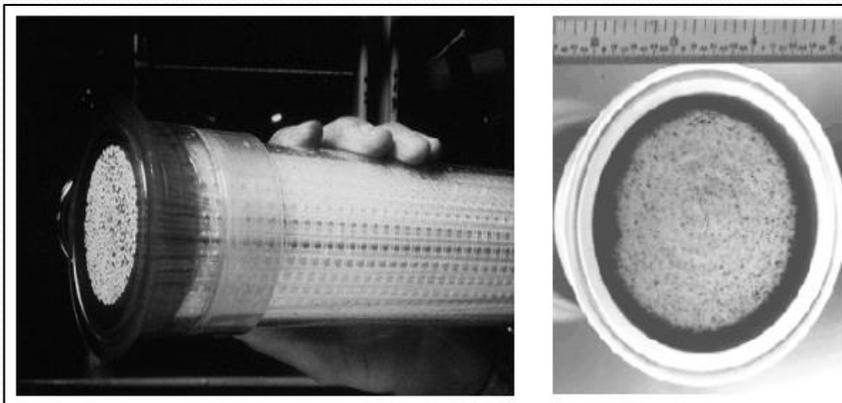
•AVVOLGIMENTI A SPIRALE:



•PIANE CON SUPPORTO



•A FIBRE CAVE



•CERAMICHE



Intasamento delle membrane

- **POLARIZZAZIONE PER CONCENTRAZIONE:**

Incremento della concentrazione del soluto nello strato limite laminare a contatto con la membrana: ciò fa sì che il fluido retrodiffonda nella massa della soluzione, diminuendo il flusso di permeato e aumentando la resistenza dello strato limite.

- **FOULING:**

È dovuto generalmente a deposito e accumulo di piccole particelle (dette particelle submicroniche) sulla superficie della membrana e/o alla cristallizzazione e precipitazione di parti di soluto sulla superficie della membrana e dentro i pori della membrana stessa.

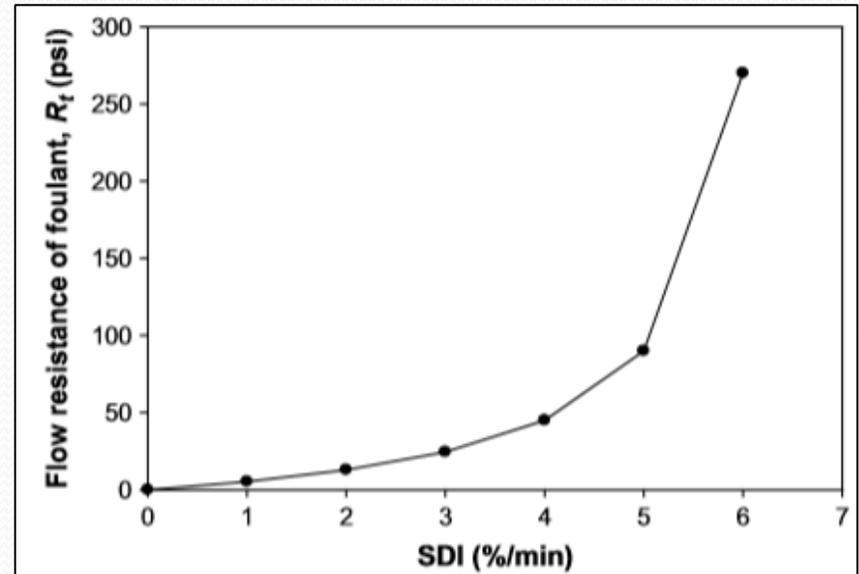
Indicatori di qualità dell'acqua

•SDI (Silt Density Index):

Indica la capacità di incrostazione di un'acqua da trattare

$$SDI = \frac{100\% \times \left(1 - \frac{t_1}{t_2}\right)}{t}$$

t = il tempo trascorso per il flusso totale
t₁ e **t₂** = sono rispettivamente i tempi (in secondi) necessari per filtrare 500 mL iniziali di acqua e dopo t minuti.



(Kremen and Tanner, 1998)

•TORBIDITÀ:

Misura della diffusione della luminosità tra le particelle in soluzione, è spesso utilizzata come un indicatore dell'efficienza del processo di pre-trattamento. È misurata in NTU (Nephelometric Turbidity Units)

Pulizia delle membrane per impianti domestici

Le membrane per l'osmosi inversa non hanno pori distinguibili e sono considerate sostanzialmente non porose. Pertanto il meccanismo principale di incrostazione della membrana è l'incrostazione superficiale.

•SOSTITUZIONE PRE-FILTRI E POST-FILTRI:

In genere si sostituiscono non oltre i 6-8 mesi.

•LAVAGGIO PERIODICO DELLA MEMBRANA OSMOTICA:

Si rimuove il riduttore di flusso, lasciando che l'acqua defluisca liberamente dal tubetto dell'acqua di scarto per 10-15 min. L'operazione si ripete ogni 15-20 giorni.

Pulizia delle membrane per impianti di dissalazione

Per le acque marine, a differenza delle acque potabili per impianti domestici, è necessario un pre-trattamento dell'acqua stessa essendo molto corrosiva e ricca di materiali inquinanti

• PRE-TRATTAMENTO CONVENZIONALE:

- *Acidi,*
- *Coagulanti/flocculanti*
- *Disinfezione*
- *Filtrazione a strati*
- *Filtrazione con cartucce*

• PRE-TRATTAMENTO NON CONVENZIONALE:

Tramite *MF*, *UF* ed *NF*.

• LAVAGGIO DELLA MEMBRANA :

Per la pulizia della membrana in genere si utilizzano dei prodotti chimici acido e/o basico(alcalini):

- *Acidi (pH=2)*, acido cloridrico, acido fosforico, idrosolfito di sodio ecc.
- *Alcalini (pH=12)*, idrossido di sodio, laurilsolfato di sodio ecc.

Filtri ad osmosi inversa per il trattamento delle acque domestiche

PROBLEMI



- Odore e sapore di cloro nell'acqua di rubinetto.
- Presenza di sostanze indesiderate e dannose.
- Effetto mediatico delle case produttrici di acqua in bottiglia.

SOLUZIONE

Uso di dispositivi domestici per affinare l'acqua di rubinetto basati sul principio dell'osmosi inversa che, collegati alla rete idrica, rimuovono buona parte delle sostanze disciolte nell'acqua già potabile.



% ABBATTIMENTO DEI PRINCIPALI INQUINANTI			
NITRATI 94~97%	SOLFATI 98~99%	CADMIO 99%	PESTICIDI >90%
CIANURO 94~96%	FERRO 98~99%	ALLUMINIO 97~98%	SOLVENTI >90%
			10

Impianti ad osmosi inversa per il trattamento delle acque domestiche

Esempio di impianto a sei stadi:



I STADIO
Filtro fino a 5 μ m



II STADIO
Pre-filtro ai carboni attivi



III STADIO
Filtro fino a 1 μ m



IV STADIO
Membrana ad osmosi inversa



V STADIO
Post-filtro ai carboni attivi.



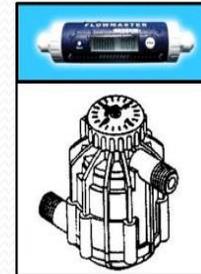
VI STADIO
Sterilizzatore a raggi UV

Impianti ad osmosi inversa per il trattamento delle acque domestiche

Componenti accessori:



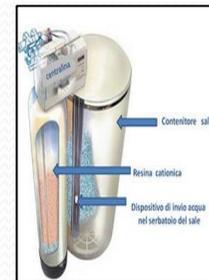
POMPA BOOSTER



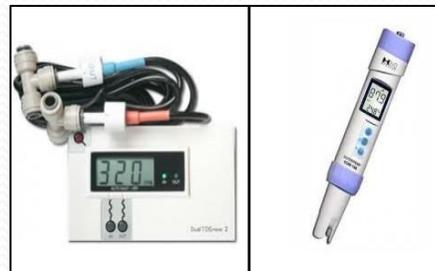
CONTALITRI



**SERBATOIO DI
ACCUMULO**



ADDOLCITORE



**MISURATORE
RESIDUO FISSO**

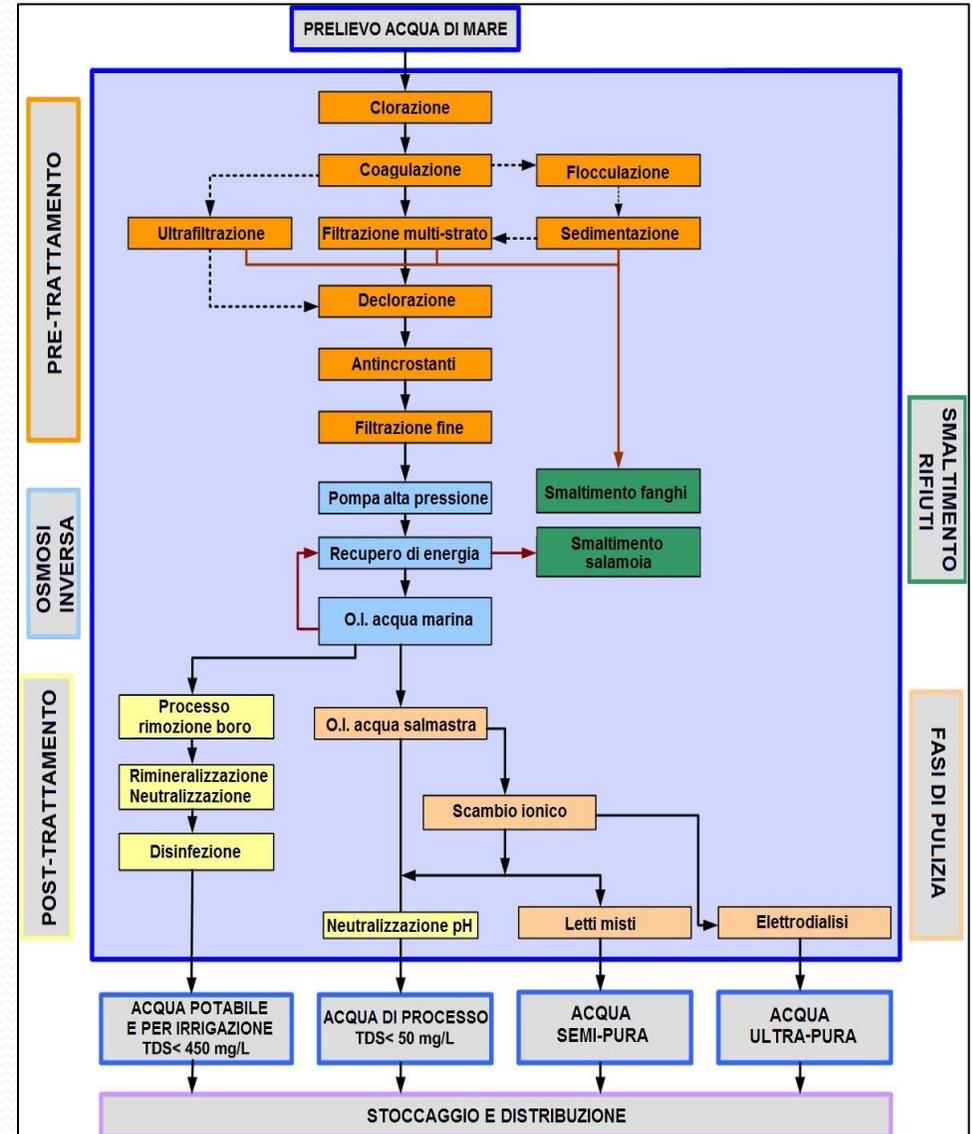
Tecnologia ad osmosi inversa per gli impianti di dissalazione

PROBLEMI

- Scarsa disponibilità di acqua.
- Mal distribuzione dell'acqua nel Mondo.
- Crescita della popolazione mondiale e continui emungimenti di acqua.

SOLUZIONE

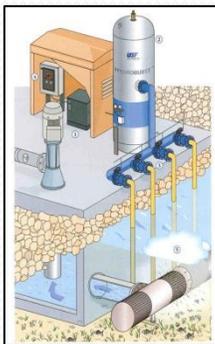
Uso di impianti per il trattamento delle acque marine e salmastre ad uso potabile, agricolo ed industriale



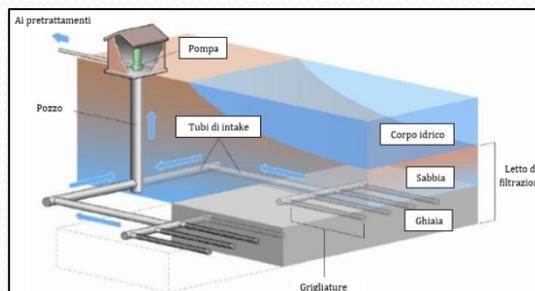
Tecnologia ad osmosi inversa per gli impianti di dissalazione

Le fasi:

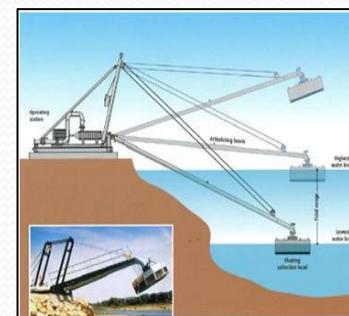
1. Captazione



Fissa diretta



Fissa indiretta



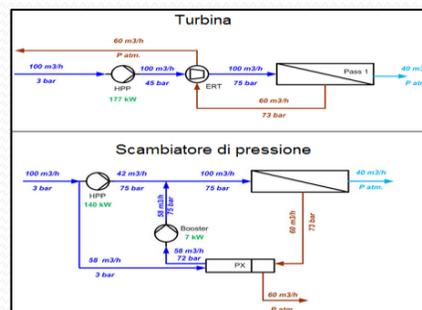
Mobile

2. Pre-trattamenti: trattamento convenzionale, UF, dechlorazione, soluzione anti-incrostante, filtrazione fine.

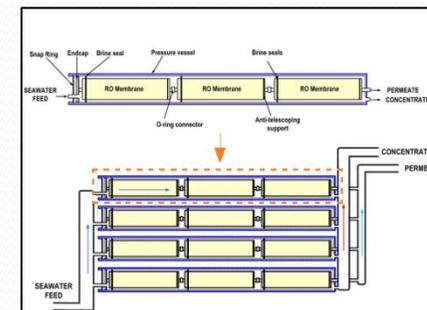
3. Unità di osmosi inversa:



Pompa ad alta pressione



Dispositivo di recupero energia



Membrana per l'osmosi inversa

Tecnologia ad osmosi inversa per gli impianti di dissalazione

Le fasi:

4. *Post-trattamento:*

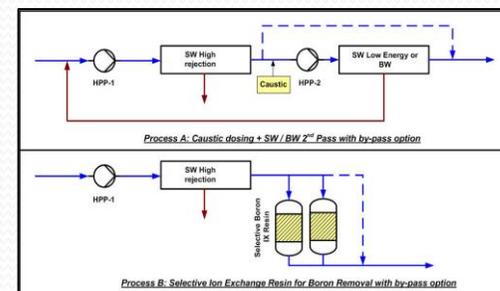
➤ *Per uso potabile* : TDS<450mg/L, pH neutro (6,5~8,5), una durezza (calcica e magnesiaca) tra 6~10°D ed un contenuto di boro inferiore a 0,5 mg/L .

➤ *Per uso agricolo* : deve essere garantito il giusto equilibrio tra sodio, calcio e magnesio. Questo equilibrio viene misurato dal **SAR** (*Sodium Adsorption Ratio*) e dall'**EC** (conduttività elettrica). Il contenuto di boro max è 1 mg/L (si preferisce lo scambio ionico).

➤ *Per uso farmaceutico e industriale*: acqua semipura o ultrapura, ovvero demineralizzata e deionizzata tramite elettrodialisi (rimozione 100% ioni).

5. *Smaltimento salamoia:*

A mare dopo opportuni trattamenti. La variazione della salinità deve essere $\pm 10\%$ la salinità misurata nelle acque non influenzate .



Rimozione del boro

Conclusioni

Impianti domestici

Problemi:

- Termine osmosi inversa non sempre corretto
- Acqua sottoposta a trattamenti non necessari
- Acqua erogata da dispositivi con scarsa manutenzione.
- Acqua erogata da dispositivi non idonei per le finalità prefissate.

Soluzioni:

- Controllare la tipologia di membrana e le pressioni di esercizio dell'impianto.
- Conoscere la composizione dell'acqua prima e dopo il trattamento.
- Effettuare la manutenzione necessaria.
- Verificare attentamente la tipologia dell'impianto

Impianti di dissalazione

Problemi:

- Aspetto economico ed energetico
- Scarico della salamoia

Soluzioni:

- Impiego di dispositivi di recupero energetico.
- Utilizzo di lunghe condotte sottomarine per lo scarico della salamoia.
- Miscelazione degli effluenti prodotti da depuratori e dissalatori
- Scarico liquido zero