

## [Il pretrattamento nei processi di dissalazione]

La scarsità di acqua è un problema mondiale. Energia, acqua e ambiente sono elementi primari della vita e la base di ogni sviluppo economico. Circa il 45% della popolazione mondiale vive attualmente in regioni aride con carenza di acqua potabile. Molti fattori influenzano l'aumento della domanda di acqua potabile: crescita della popolazione, inquinamento, estrazioni eccessive e gestione inefficiente dell'acqua. Si stima che, a partire dal 2025, il 50% della popolazione mondiale vivrà in regioni soggette a stress idrico, il che evidenzia l'importanza di un adeguato livello di gestione e trattamento. La dissalazione è diventata una soluzione essenziale per affrontare la scarsità d'acqua in varie regioni del mondo. È un metodo che viene sempre più utilizzato per rimuovere sali e altre impurità dall'acqua di mare o dall'acqua salmastra, per produrre acqua dolce adatta al consumo umano, all'irrigazione e all'uso industriale. La composizione dell'acqua prelevata dall'ambiente naturale può variare a causa di fattori quali scarichi industriali, profondità, temperatura dell'acqua, correnti oceaniche e contenuto di alghe. Le regioni in cui le tecniche di dissalazione sono maggiormente utilizzate sono il Medio Oriente e il Nord Africa, a causa del clima arido e della mancanza di fonti di acqua dolce. In Europa, la Spagna è uno dei principali utilizzatori della dissalazione, soprattutto alle Isole Canarie e lungo la costa del Mediterraneo. Sin dal suo sviluppo negli anni '50, la dissalazione è risultata essere un processo affidabile per l'approvvigionamento idrico. La recente stima della capacità globale di dissalazione è aumentata da circa 35 milioni di m<sup>3</sup> giornalieri (MCM/giorno) nel 2005 a circa 95 MCM/giorno nel 2021, di cui circa il 60% è utilizzato per scopi municipali e il 30% per le applicazioni industriali. Nel 2020, erano 16876 gli impianti attivi in tutto il mondo, 270 in costruzione e 3825 inattivi.



Figura 1: Impianto di dissalazione

Per poter trattare l'acqua, un impianto di dissalazione segue diversi passaggi:

- 1) Prelievo dell'acqua, di mare o salmastra, dalla fonte di approvvigionamento, tramite pompe e tubazioni.
- 2) Pretrattamento, filtrando l'acqua grezza per rimuovere i solidi sospesi, aggiungendo quindi prodotti chimici per ridurre la precipitazione dei sali e la corrosione all'interno dell'unità di dissalazione.
- 3) Dissalazione, dove l'acqua dolce viene estratta dall'acqua di mare.
- 4) Post-trattamento, per correggere il pH mediante l'aggiunta di sali selezionati per soddisfare i requisiti finali.

## Tecniche di dissalazione

Le tecniche di dissalazione dell'acqua sono generalmente divise in due tipologie: tecniche termiche, che comportano un cambiamento di fase, e tecniche basate su membrana, che non comportano un cambiamento di fase. Gli impianti di dissalazione consumano enormi quantità di energia per il cambiamento di fase, poiché l'entalpia evaporativa dell'acqua è elevata: per produrre 1000 m<sup>3</sup>/giorno di acqua potabile, un processo di dissalazione termica necessita di 10000 tonnellate di combustibile fossile ogni anno. Le tecniche termiche commerciali più comunemente utilizzate includono *Multi-Stage Flash* (MSF), *Multi Effect Distillation* (MED) e, meno frequente, *Thermal Vapor Compression* (TVC). Le tecniche di dissalazione dell'acqua di mare che non comportano un cambiamento di fase utilizzano membrane o altri materiali per separare i sali disciolti dall'acqua, sfruttando elevate quantità di energia o pressione. Molte ricerche hanno sottolineato come i processi a membrana risultino più economici rispetto ad altri processi, presentando, inoltre, un design più compatto. Come discusso in un [precedente white paper sul biofouling nei processi a membrana](#), l'osmosi inversa (*Reverse Osmosis*, RO) è il processo di dissalazione più diffuso, costituendo il 72% del mercato della dissalazione, seguito da MSF e MED.

Durante l'osmosi inversa applicata all'acqua di mare (*Seawater Reverse Osmosis*, SWRO), il liquido viene pressurizzato ad un valore superiore alla sua pressione osmotica e fatto passare attraverso una membrana semipermeabile (Fig. 2). Questo meccanismo è progettato per consentire il passaggio delle molecole d'acqua, bloccando i soluti. Le membrane sono spesso realizzate con materiali come polietilene o poliammide. Sono necessarie pompe ad alta pressione per applicare la pressione necessaria per forzare l'acqua attraverso la membrana. Numerosi studi sono stati condotti per ridurre al minimo il consumo energetico, prevenire l'impatto ambientale e superare le carenze dei sistemi di dissalazione RO, tra cui la bassa qualità del prodotto rispetto ai cicli termici, la salamoia altamente concentrata e i costosi metodi di pretrattamento.

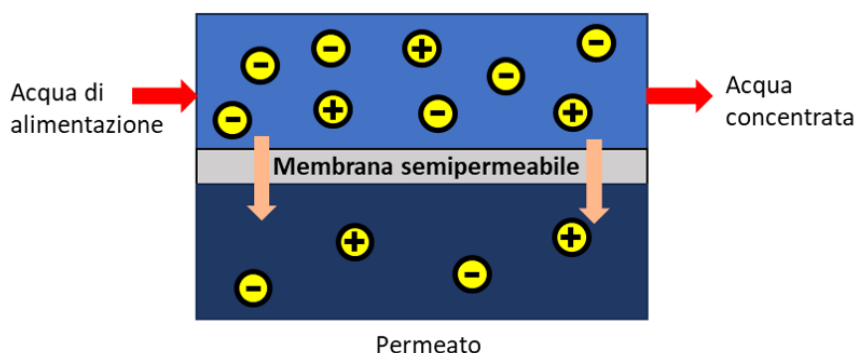


Figura 2: Schema di osmosi inversa con indicati in giallo gli ioni positivi e negativi che attraversano la membrana semipermeabile, in grigio

Sono stati sviluppati anche sistemi ibridi o integrati che includono due o più processi. L'integrazione sia dell'osmosi inversa alimentata elettricamente che dei processi di dissalazione basati sul calore può offrire vantaggi dall'uso di entrambe le tecnologie. Pertanto, i sistemi ibridi possono trattare nel miglior modo possibile la salamoia di smaltimento prodotta dal processo RO, aumentare il recupero dell'acqua, ridurre il consumo energetico e diminuire l'impatto ambientale. I sistemi ibridi RO maggiormente accessibili combinano RO con MED o MSF.

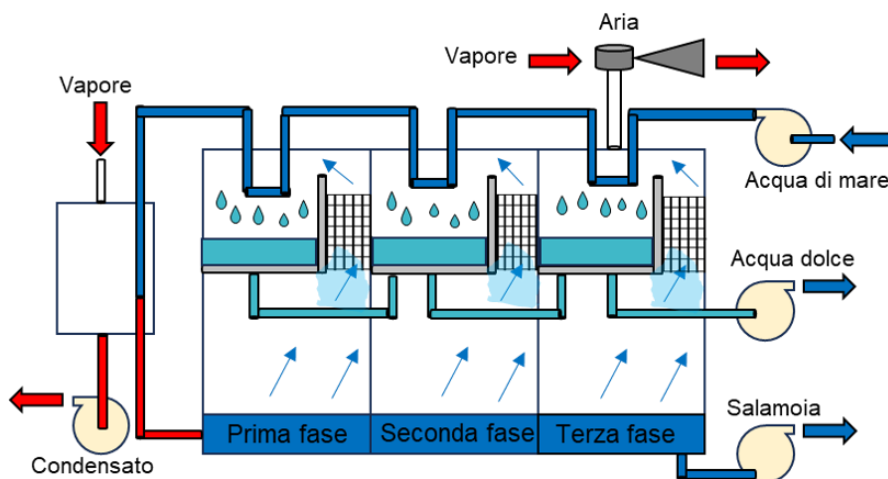


Figura 3: Schema del Multi-Stage Flash

La tecnica del Multi-Stage Flash prevede il riscaldamento dell'acqua di mare per produrre vapore e la successiva condensazione del vapore per ottenere acqua dolce (Fig. 3). Il processo è suddiviso in più fasi per aumentarne l'efficienza. L'acqua di mare viene riscaldata nel riscaldatore della salamoia, generalmente utilizzando vapore o un'altra fonte di calore. L'acqua di mare

riscaldata raggiunge temperature prossime all'ebollizione ed entra in una serie di fasi, ciascuna ad una pressione progressivamente inferiore. A causa della diminuzione di pressione, una parte dell'acqua si trasforma in vapore. Nell'impianto, il "flashing" avviene poiché il punto di ebollizione dell'acqua diminuisce al calare della pressione. Il vapore prodotto in ciascuna fase viene condensato in tubi contenenti acqua di mare più fredda che entra nel sistema. Il calore latente del vapore viene trasferito all'acqua di mare in entrata, preriscaldandola, migliorando l'efficienza termica complessiva. Il vapore condensato, ora acqua dolce, viene raccolto e indirizzato allo stoccaggio. La salamoia concentrata rimanente viene generalmente scaricata in mare.

La tecnica del Multiple Effect Distillation converte l'acqua di mare in acqua dolce utilizzando più fasi o "effetti" di evaporazione e condensazione (Fig.4). Il processo prevede una serie di fasi ed è finalizzato a migliorare l'efficienza, riutilizzando il calore latente di condensazione in fasi successive. L'acqua di mare viene riscaldata nella prima fase (primo effetto), producendo vapore. Questo vapore viene utilizzato per riscaldare l'acqua di mare nella fase successiva, dove avviene la condensazione e viene trasferito il calore latente, facendo evaporare una quantità maggiore di acqua di mare. Ogni fase successiva funziona ad una pressione inferiore per ridurre il punto di ebollizione dell'acqua di mare. Il vapore prodotto in ogni fase viene riciclato per la fase successiva, migliorando l'efficienza complessiva dell'intero processo. Questo processo continua attraverso molteplici effetti, con ogni fase che produce sia acqua dolce che vapore. Il vapore finale prodotto nell'ultimo effetto si condensa e l'acqua dolce viene raccolta e immagazzinata. La salamoia di scarto concentrata, prodotta dopo il processo di evaporazione, viene scaricata nuovamente in mare.

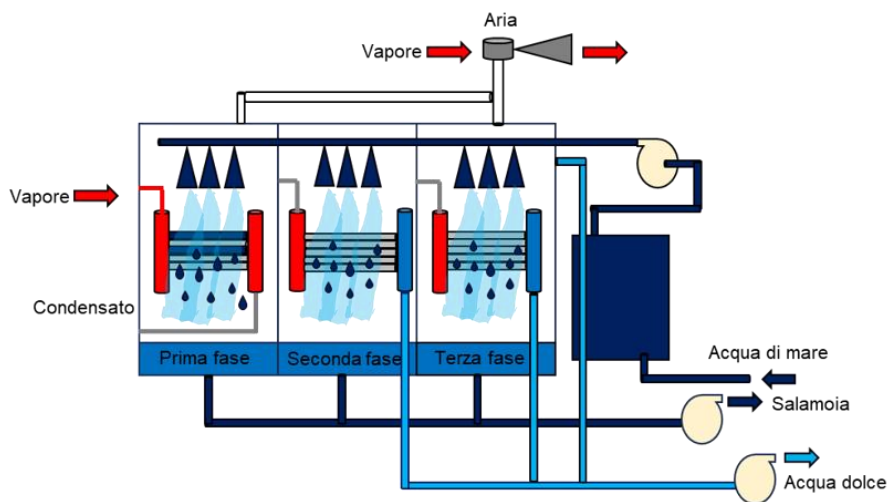


Figura 4: Schema della Multiple Effect Distillation

## Tecniche di pretrattamento

Le metodologie di pretrattamento dell'acqua di mare o salmastra possono variare in base alla composizione dell'acqua di mare e agli specifici inquinanti da rimuovere. Tra i fattori che influenzano la scelta di una tecnica specifica vi sono i costi e le spese operative, nonché diverse considerazioni ambientali. La scelta della tecnica di pretrattamento è fondamentale nel processo di dissalazione perché protegge la membrana e gli altri componenti dell'impianto da incrostazioni minerali, organiche e batteriche che, se non adeguatamente gestite, porterebbero rapidamente a malfunzionamenti del

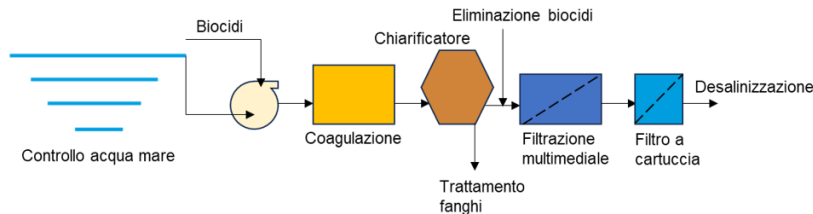


Figura 5: Tecniche di pretrattamento

processo. Queste tecniche possono essere convenzionali (fisiche o chimiche), basate su membrana o ibride. Pertanto, il pretrattamento è un processo cruciale che aiuta a modificare le caratteristiche dell'acqua di mare, fornendo la qualità

costante dell'acqua di alimentazione necessaria al funzionamento efficiente dell'impianto di dissalazione. Poiché la qualità dell'acqua può variare notevolmente e le procedure di pretrattamento possono avere un impatto significativo sulle prestazioni dell'impianto, è importante monitorare diversi parametri. I principali parametri controllati sono: temperatura, pH, torbidità, conduttività, Carbonio Organico Disciolto (DOC), Solidi Disciolti Totali (TDS) e Solidi Sospesi Totali (TSS). Nel pretrattamento dell'acqua di mare i processi più utilizzati sono quelli a membrana, seguiti da quelli ibridi e convenzionali. Il pretrattamento convenzionale si divide in metodi fisici e chimici. Il pretrattamento fisico prevede lo screening meccanico di base del particolato attraverso schermi e filtri, mentre il pretrattamento chimico prevede l'aggiunta di inibitori delle incrostazioni, coagulanti e disinfettanti.

### Metodi convenzionali

Il prescreening è il primo e fondamentale passo nella dissalazione, in particolare nell'osmosi inversa dell'acqua di mare. Questo pretrattamento rimuove i solidi non solubili di grandi dimensioni per ridurre il carico inquinante e proteggere le successive fasi di trattamento. Organismi di differenti dimensioni, come piante, pesci, bivalvi e microrganismi possono insediarsi e crescere nelle condotte di aspirazione dell'acqua, formando il cosiddetto fouling biologico o biofouling. Pertanto, l'acqua grezza deve essere filtrata per rimuovere questi materiali. Una rete inclinata secondo un determinato angolo serve a bloccare gli organismi marini, che vengono poi rimossi da un rastrello meccanico. Il metodo di schermatura più appropriato dipende dalle caratteristiche dell'acqua di alimentazione, dai requisiti del sito e dai calcoli idraulici. Gli impianti di dissalazione utilizzano comunemente filtri con diametro compreso tra 120 e 500  $\mu\text{m}$ .



Il biofouling nell'acqua di mare può essere controllato dosando il cloro, in modo intermittente attraverso la clorazione shock (SC) o in modo continuo (CC). Il cloro viene introdotto nel punto di aspirazione ed è importante mantenere una



Figura 6: Elettroclorazione

concentrazione residua di cloro libero pari a 0.5–1.0 mg Cl<sub>2</sub>/l durante tutto il processo di pretrattamento. In molti casi l'ipoclorito di sodio viene prodotto direttamente in loco, mediante elettroclorazione. Uno svantaggio significativo è che il cloro, essendo un forte ossidante, può causare danni irreversibili alle membrane RO, richiedendo quindi la dechlorurazione delle membrane a monte. Diversi studi hanno dimostrato che la disinfezione con cloro da sola non garantisce la prevenzione del biofouling delle membrane. Inoltre, la clorazione porta alla formazione di sottoprodotti cancerogeni. In alternativa, sul mercato sono disponibili molti biocidi non ossidanti comunemente utilizzati, ad es. 2,2-dibromo-3-nitrilopropionammide (DBNPA), 2-metil-4-isotiazolin-3-one (MIT), bisolfito di sodio (SBS), fenossietanolo (PE), benzoato di sodio (SB).

I processi di coagulazione-flocculazione vengono utilizzati per migliorare la rimozione dei solidi sospesi e delle particelle colloidali nell'acqua e possono anche rimuovere alcuni batteri e la sostanza organica disciolta. Questo processo, che rappresenta la prima fase della separazione solido-liquido, prevede l'aggiunta di sostanze chimiche coagulanti per destabilizzare le particelle colloidali e formare aggregati più grandi e pesanti che possono essere facilmente separati tramite sedimentazione, flottazione o filtrazione. I coagulanti comuni includono sali di ferro e alluminio, con dosi tipiche di 5-30 mg/l per coagulanti inorganici e 0.2-1 mg/L per polimeri. Il pH dell'acqua è fondamentale per la coagulazione e i sali di ferro sono preferiti rispetto ai sali di alluminio per evitare problemi di controllo del pH e problemi di incrostazione nelle membrane RO.

La sedimentazione è il processo che consente alle particelle in sospensione, formate dopo la coagulazione e la flocculazione, di depositarsi sul fondo di una vasca di sedimentazione sotto l'influenza della gravità dopo un periodo di detenzione ottimale. Le particelle depositate vengono pompate fuori dal sistema attraverso una tubazione. Lo scopo principale della sedimentazione è ridurre il TSS per migliorare l'efficienza della successiva filtrazione, evitando la necessità di contro lavaggi continui. L'efficienza del Sistema di sedimentazione è influenzata non solo dalla concentrazione di TSS ma anche dal volume/area del serbatoio, dalla portata attraverso il serbatoio e dalla velocità di sedimentazione delle particelle sospese.

La filtrazione granulare è una tecnologia di pretrattamento comune negli impianti SWRO. Dopo il processo di chiarificazione, le particelle sospese o colloidali nell'acqua vengono rimosse facendo passare l'acqua attraverso materiale poroso e granulare, catturando i contaminanti e lasciando l'acqua limpida. L'efficienza di filtrazione dipende dal tipo, dall'uniformità e dalle dimensioni del mezzo filtrante e dalla geometria delle particelle contaminanti. I filtri granulari possono ridurre la torbidità rimuovendo particelle piccole fino a 10 µm. I materiali più comunemente utilizzati includono sabbia, ghiaia, antracite e carbone attivo granulare. La filtrazione a doppio mezzo (DMF) offre velocità di filtrazione più elevate. La combinazione di antracite e sabbia richiede meno acqua di contro lavaggio e consente velocità di filtrazione più elevate. I filtri di pretrattamento possono essere a gravità o a pressione, con la filtrazione per gravità utilizzata principalmente nei grandi impianti di

dissalazione e la filtrazione a pressione negli impianti più piccoli. I filtri a cartuccia vengono spesso utilizzati come fase finale di pretrattamento per rimuovere i solidi sospesi rimanenti.

### *Sistemi di trattamento a membrana*

Le tecnologie di pretrattamento a membrana sono state ampiamente e sempre più applicate al posto delle tecnologie convenzionali, soprattutto dopo la diminuzione dei costi delle membrane. Tra queste, le più utilizzate sono la Microfiltrazione (MF), l'Ultrafiltrazione (UF) e la Nanofiltrazione (NF). Le membrane hanno caratteristiche specifiche in base alla dimensione dei loro pori e filtrano diversi materiali presenti nell'acqua. Le membrane sono costituite da una varietà di materiali che sono stati ampiamente studiati per ottimizzarne il costo e il flusso. Tuttavia, le membrane polimeriche e ceramiche sono i materiali maggiormente utilizzati, per il costo relativamente basso e per l'agevole lavorazione. Un altro aspetto essenziale da considerare durante la fabbricazione delle membrane è la loro configurazione. Le configurazioni delle membrane più comunemente inserite all'interno degli impianti sono quelle tubulari, a spirale, a fibra cava e a piastre. Gli indici di qualità dell'acqua sono molto importanti per giudicare se l'operazione di pretrattamento è buona o meno. Per valutare questo punto vengono utilizzati diversi indici di fouling, uno dei più comuni è il Silt Density Index (SDI). L'SDI è un parametro utilizzato per misurare la portata di un volume specifico di acqua di alimentazione filtrandolo attraverso una membrana di microfiltrazione (MF) da 0.45  $\mu\text{m}$  a una pressione dell'acqua di 206.8 kPa (30 psi) in un determinato intervallo di tempo.  $\text{SDI}_5$ ,  $\text{SDI}_{10}$  e  $\text{SDI}_{15}$  sono i parametri più comunemente misurati, dove la differenza sta nel tempo di flusso. Il valore SDI può illustrare l'efficienza del processo di pretrattamento MF e prevedere il danneggiamento della membrana RO. Ad esempio un  $\text{SDI}_{15} > 5$  non è considerato accettabile ed è necessario un ulteriore pretrattamento dell'acqua di alimentazione; un valore compreso tra 3 e 5 indica che la membrana è soggetta ad incrostazioni e che è necessaria una pulizia frequente della membrana; da 1 a 3 la membrana necessita di pulizia dopo diversi mesi; mentre un valore  $< 1$  mostra che la membrana funzionerà per diversi anni senza incrostazioni. Tuttavia, questo indice può misurare solo il potenziale di incrostazione dell'acqua di alimentazione causata da particolato e colloidali, senza misurare le incrostazioni organiche e biologiche.

### *Sistemi di pretrattamento ibridi*

I sistemi di pretrattamento ibridi possono essere definiti come la combinazione di una o più unità di pretrattamento convenzionali con uno più pretrattamenti a membrana (MF, UF e NF). Questi sistemi sono un'opzione efficiente poiché utilizzano l'energia di diverse unità. I metodi di pretrattamento convenzionali come DAF, coagulazione e clorazione vengono utilizzati per fornire una barriera ai contaminanti prima che essi raggiungano le membrane.

## Problemi legati ai batteri nel processo di dissalazione

Il biofouling può avere un impatto significativo sull'efficienza dei sistemi ad osmosi inversa, riducendo il flusso d'acqua, aumentando la pressione operativa e aumentando il consumo di energia. Questi effetti spesso portano a pulizie chimiche più frequenti, che possono accorciare la vita della membrana e aumentare i costi operativi. Se gli impianti di dissalazione non sono gestiti correttamente, possono diventare un terreno fertile per batteri patogeni, contaminando potenzialmente la fornitura d'acqua. La formazione di biofilm, che può proteggere i batteri dai disinfettanti, complica gli sforzi necessari per eliminarli completamente, aumentando il rischio di malattie trasmesse dall'acqua. L'accumulo di batteri e la formazione di sottoprodotti sulle superfici delle membrane, in particolare quando le conte batteriche superano  $10^6$  CFU/ml, crea uno strato viscido che porta al fenomeno del biofouling sulle membrane RO. Il fouling diminuisce le prestazioni complessive del processo, riducendo il flusso del permeato e aumentando la pressione necessaria per mantenere il flusso. Il fouling può essere categorizzato in quattro tipi principali: fouling organico, incrostazioni inorganiche, fouling colloidale e biofouling. Il fouling organico è causato dall'accumulo di materia

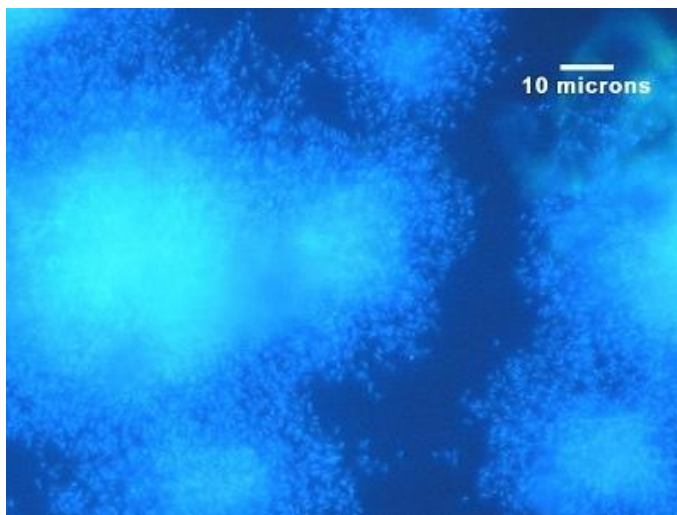


Figura 7: Biofilm al microscopio ad epifluorescenza

organica naturale presente nell'acqua di mare e nelle acque superficiali, come sostanze umiche, polisaccaridi, acidi organici e componenti cellulari. Il fouling inorganico si forma a partire dal deposito minerale all'interno del modulo della membrana, ed è strettamente collegato alla solubilità e alla precipitazione di determinati minerali. Il fouling colloidale è influenzato dalle dimensioni, dalla forma, dalla carica e dall'interazione delle particelle colloidali con gli ioni. Il biofouling è il risultato della formazione di biofilm sulla superficie della membrana, causata dalla presenza di microrganismi e fattori quali temperatura, maree, correnti, torbidità, nutrienti e precursori organici. I microrganismi tendono ad aderire alle membrane e secernere sostanze polimeriche extracellulari (EPS), racchiudendosi all'interno del biofilm. Questi biofilm hanno effetti dannosi, tra cui significative riduzioni del flusso di permeato, aumenti della pressione transmembrana (TMP), degradazione della membrana e diminuzione dell'efficienza del sistema. L'acqua di mare grezza possiede un elevato numero di microrganismi e questo porta allo sviluppo di biofilm su varie superfici all'interno dell'installazione, inclusa la linea di pretrattamento. La rimozione di questi biofilm risulta complicata, poiché essi proteggono i batteri dagli agenti chimici e dagli stress ambientali. Le membrane RO sono comunemente colonizzate da un'ampia varietà di batteri, tra cui specie come *Mycobacterium*, *Flavobacterium* e *Pseudomonas*. Su una membrana di separazione, la matrice del biofilm funziona da membrana secondaria, svolgendo un ruolo significativo nel processo di separazione.

## Tecniche di monitoraggio batteri

Il primo step per risolvere il problema del biofouling attraverso un opportuno trattamento consiste nel rilevare la formazione di biofilm. A tale scopo possono essere utilizzate tecniche che vanno dalla semplice ispezione visiva o olfattiva fino al campionamento e ai test di laboratorio. Le ispezioni visive di vari componenti dell'impianto, tra cui tubazioni di pretrattamento, filtri a cartuccia e filtri multistrato, consentono di identificare un eventuale accumulo di materiale biologico solo quando è troppo tardi. Anche il monitoraggio del cambiamento di flusso e della caduta di pressione attraverso la membrana consente di rilevare solo biofilm maturi, che hanno già avuto impatto sulle prestazioni del sistema. Il

campionamento di routine dei flussi di alimentazione, in entrata e in uscita, dovrebbe iniziare fin dall'inizio del funzionamento dell'impianto ad osmosi inversa. I punti di campionamento devono essere attentamente selezionati, per garantire che l'intero sistema sia monitorato in modo approfondito. Questo tipo di approccio rappresenta una misura preventiva, avente come obiettivo principale il rilevamento e l'isolamento di qualunque fonte di attività biologica prima che abbia l'opportunità di diffondersi ed impattare altre aree del sistema di osmosi inversa. Le tecniche colturali possono essere utilizzate per identificare i microrganismi che crescono nel sistema, anche se, come discusso in [un precedente white paper](#), i loro risultati non possono essere considerati pienamente rappresentativi. La microscopia rappresenta un'ulteriore tecnica ampiamente utilizzata per studiare la formazione di biofilm nei sistemi a membrana. In particolare, possono essere applicate la microscopia ottica, la microscopia a epifluorescenza, la microscopia elettronica e la microscopia

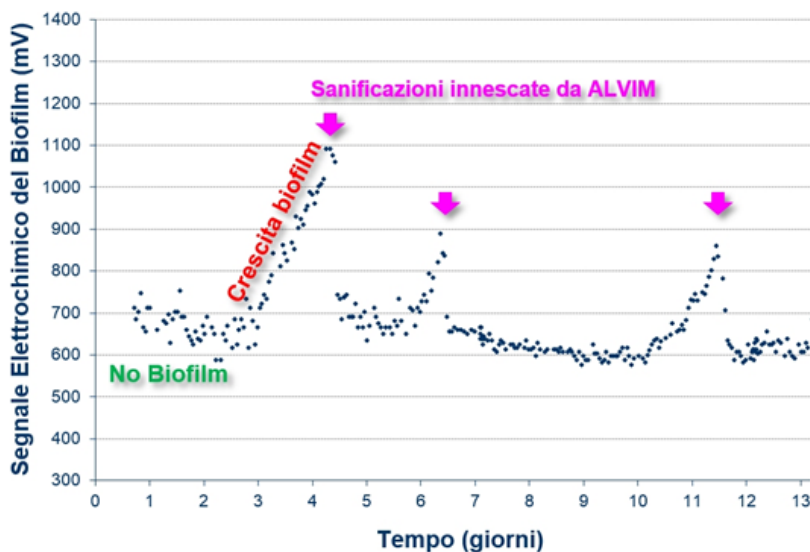


Figura 8: Ottimizzazione del trattamento biocida attraverso il monitoraggio del biofilm

confocale a scansione laser. La spettroscopia costituisce un'ulteriore opzione, con spettroscopia a infrarosso, tecniche di fluorimetria e bioluminescenza. Una tecnologia innovativa che mostra elevate sensibilità e specificità per il biofilm è rappresentata dal [sensore ALVIM](#). Nel campo della dissalazione [questo sensore è utilizzato per ottimizzare, in linea e in tempo reale, il dosaggio di biocidi](#) (Fig. 8). Grazie al sistema ALVIM è possibile ridurre del 90% l'uso di biocidi, senza alcuna perdita nell'efficienza del processo.

## Conclusioni

In conclusione, il pretrattamento dell'acqua negli impianti di dissalazione è una componente essenziale per garantire l'efficienza e la longevità del processo. Implementare i metodi di pretrattamento può migliorare significativamente l'efficienza del sistema, ridurre i costi operativi e prolungare la durata delle membrane a osmosi inversa. Inoltre, un pretrattamento adeguato non solo rimuove i solidi sospesi e i contaminanti organici, ma impedisce anche la formazione di incrostazioni e biofilm sulle membrane, che possono compromettere le prestazioni dell'impianto. Il controllo del biofilm rappresenta una sfida critica per gli impianti di dissalazione. Strategie di monitoraggio regolari sono essenziali per rilevare la presenza di biofilm fin dalle fasi iniziali di crescita. Ciò può consentire di ottimizzare l'applicazione di biocidi e la pulizia chimica delle membrane. La [tecnologia ALVIM, all'avanguardia nel monitoraggio del biofilm](#), rappresenta un potente strumento per rilevare la crescita batterica sulle superfici a contatto con i liquidi. Nei sistemi a membrana, la sonda ALVIM può essere applicata prima della membrana, per monitorare la crescita del biofilm nelle linee e nei serbatoi dell'acqua di alimentazione, permettendo di dosare i prodotti chimici in base alle reali esigenze. Investire in tecnologie di pretrattamento avanzate e in una gestione ottimizzata dei processi può contribuire in modo significativo a rendere la dissalazione una soluzione praticabile e sostenibile per affrontare la crisi idrica globale.



**Hai un problema simile con il biofilm? Contatta i nostri esperti e chiedi una consulenza gratuita su misura, riceverai maggiori informazioni riguardo i prodotti ed i servizi ALVIM.**

Il sistema ALVIM per il Monitoraggio del Biofilm rappresenta uno strumento affidabile per la rilevazione precoce della crescita batterica sulle superfici, in linea ed in tempo reale, in impianti industriali, acque di raffreddamento, etc.

La Tecnologia ALVIM è stata sviluppata in collaborazione con il Consiglio Nazionale delle Ricerche, Istituto di Scienze Marine, ed è attualmente utilizzata in tutto il mondo, in svariati settori applicativi.

**ALVIM Srl | +39 0108566345 | [info@alvim.it](mailto:info@alvim.it) | [www.alvim.it](http://www.alvim.it) | [www.linkedin.com/company/alvimbiosensors](https://www.linkedin.com/company/alvimbiosensors)**