

## **LA DEMINERALIZZAZIONE DELL'ACQUA**

### **Cenni sui principi e le modalità di realizzazione.**

#### **La salinità dell'acqua.**

L'acqua prelevata dalle falde e dalle sorgenti contiene disciolte sostanze di varia natura, la maggior parte delle quali sono sali di calcio, magnesio, sodio e potassio, che determinano quella che viene definita la "salinità" dell'acqua, variabile a seconda dei tipi di rocce e minerali incontrate nel corso del cammino prima del prelievo. Ad esempio l'acqua piovana non possiede salinità se non quella dovuta al pulviscolo atmosferico, viceversa l'acqua marina ha salinità elevatissima.

Tra questi due casi estremi vi sono tutti gli altri che si incontrano più frequentemente, ovvero l'acqua di falda, di sorgente, di superficie (fiumi, laghi ecc.), che possono avere salinità estremamente variabili (un'acqua di sorgente montana ha salinità paragonabile a quella dell'acqua piovana, un pozzo vicino al mare può dare acqua salmastra se vi sono infiltrazioni, ecc.).

I sali disciolti nell'acqua sono presenti in forma dissociata, ovvero essi sono "spezzati" in 2 parti (ioni), una avente carica elettrica positiva (chiamata catione) ed una con carica elettrica negativa (chiamata anione).

La presenza di cationi ed anioni fa sì che l'acqua sia un conduttore elettrico, la cui conducibilità è variabile in funzione del numero di ioni presenti. Pertanto, sebbene non tutti i sali siano dissociati in egual misura, si può utilizzare la misura della conducibilità elettrica dell'acqua quale parametro indicante, con buona approssimazione, la salinità totale dell'acqua stessa. A bassa conducibilità corrisponde poca salinità, alte conducibilità indicano invece la presenza di una grande quantità di ioni presenti e quindi di sali disciolti.

La salinità dell'acqua, può provocare seri inconvenienti in relazione alla sua entità ed all'uso a cui l'acqua stessa è destinata. Per eliminare la salinità dell'acqua sono possibili vari metodi, (distillazione, osmosi inversa, ecc.) ma in questa sede ci soffermiamo sulla demineralizzazione con resine a scambio ionico.

#### **Le resine per la demineralizzazione dell'acqua.**

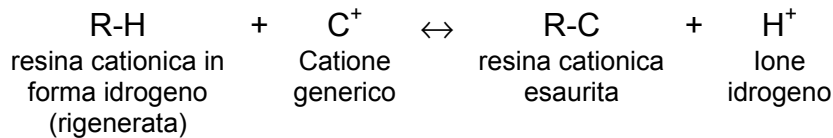
Le resine sono sostanze organiche prodotte artificialmente che hanno la prerogativa di avere un gruppo funzionale "mobile" su una base strumentale chiamata matrice. Il gruppo funzionale è in equilibrio chimico tra la matrice delle resine e gli ioni disciolti nell'acqua. In particolare le resine chiamate cationiche hanno il gruppo funzionale in equilibrio con i cationi e le resine chiamate anioniche hanno il gruppo in equilibrio con gli anioni. Si crea in tal modo la possibilità di scambio di "ioni" tra le resine e l'acqua.

Una resina cationica è in grado di scambiare ioni quando il suo gruppo funzionale è provvisto di uno ione Sodio oppure di uno ione Idrogeno. Nel primo caso la resina è in grado di scambiare solamente con ioni calcio e magnesio liberando lo ione sodio, ( $\text{Na}^+$ ) e pertanto è utilizzabile per l'addolcimento dell'acqua (vedi RI 22); nel secondo caso la resina può scambiare con tutti i cationi presenti, liberando lo ione idrogeno ( $\text{H}^+$ ). In tal modo è possibile ottenere acqua decationizzata, ovvero priva di cationi e contenente solo gli acidi (vale a dire anioni) relativi ai sali disciolti.

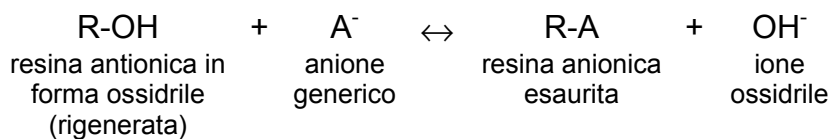
Una resina anionica al contrario può scambiare anioni quando il suo gruppo funzionale è un ossidrilico ( $\text{OH}^-$ ); pertanto, se attraverso una resina anionica si fa passare dell'acqua decationizzata, il risultato finale è un'acqua priva di anioni e di cationi e quindi completamente priva di sali (acqua demineralizzata).

Le reazioni che simbolizzano quanto descritto sono le seguenti :

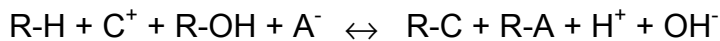
reazione di decationizzazione



reazione di deanionizzazione



Reazione di demineralizzazione (somma delle precedenti).



dove  $\text{C}^+$  ed  $\text{A}^-$  rappresentano la salinità in forma dissociata e  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  si uniscono a formare acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

Le resine in forma esaurita possono essere rigenerate, ovvero si può ripristinare la loro forma originaria sfruttando l'equilibrio delle reazioni indicate. Ad esempio, aumentando notevolmente la concentrazione degli ioni  $\text{H}^+$  nella reazione di decationizzazione, la stessa si riequilibra spostandosi verso sinistra, riproducendo cioè resina in forma idrogeno e liberando i cationi che erano uniti alle resine esaurite. Lo stesso fenomeno avviene per la resina anionica, aumentando la concentrazione degli ioni  $\text{OH}^-$ ; siccome gli ioni  $\text{H}^+$  sono caratteristici degli acidi e gli  $\text{OH}^-$  degli alcali, la rigenerazione delle resine viene praticamente effettuata facendo passare dell'acido cloridrico ( $\text{HCl}$ ) o solforico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) attraverso la resina cationica e soda caustica ( $\text{NaOH}$ ) attraverso la resina anionica.

Nella pratica il processo di demineralizzazione è più complesso di quanto non appaia descritto, in quanto intervengono numerosi fattori, primo tra i quali l'impossibilità di trattenere completamente tutti i cationi ed anioni sulle resine. Essendo infatti la reazione di scambio un equilibrio, è evidente che vi sarà sempre una fuga di qualche ione delle resine e, conseguentemente, la presenza di residui di salinità nell'acqua demineralizzata.

Quando vi è un fabbisogno di acqua demineralizzata occorre specificarne la qualità, ovvero il limite massimo di residuo salino accettabile in funzione dell'utilizzazione dell'acqua stessa. Si potrà quindi scegliere il più appropriato sistema di demineralizzazione per ottenere la qualità richiesta, a partire da un'acqua grezza avente determinate caratteristiche. Esistono infatti vari tipi di resine sia anioniche che cationiche, con diverse caratteristiche strutturali, di resa, operative, ecc. che possono essere utilizzate da sole o in combinazione tra loro, in modo da avere una varietà di sistemi che permetta di risolvere i diversi problemi di demineralizzazione.

Accenniamo ora ad alcuni tipi di resine con le relative utilizzazioni.

***Resine cationiche forti (solfoniche).***

Sono le resine che permettono la rimozione di ogni tipo di catione presente. Esse sono le più usate nella demineralizzazione.

***Resine cationiche deboli (carbossiliche).***

Queste resine hanno la prerogativa di fermare solo alcuni tipi di cationi, più precisamente quelli corrispondenti ai bicarbonati presenti nell'acqua.

Esse sono utilizzate principalmente per la decarbonatazione dell'acqua, fine a se stessa o come primo passaggio per la demineralizzazione totale. Sono anche utilizzate quali resine-tampone per bloccare la fuga di ioni sodio dalla resina cationica forte.

Il rapporto quantità rigenerante/resa di scambio è molto più elevato per le resine cationiche deboli che non per le cationiche forti; addirittura è possibile utilizzare quale rigenerante della debole, il rigenerante esausto proveniente dalla cationica forte.

***Resine anioniche deboli.***

Hanno la prerogativa di trattenere solo alcuni tipi di anioni, e quindi vengono utilizzate come passaggio intermedio o finale qualora non interessi la rimozione della silice e dei bicarbonati. La sua richiesta di rigeneranti è molto inferiore a quella delle resine anioniche forti.

***Resine anioniche forti.***

Sono resine in grado di trattenere ogni tipo di anione e pertanto esse sono utilizzate come passaggio conclusivo della demineralizzazione

Fra tutte queste classi di resine, vi sono poi vari tipi, quelle più o meno resistenti agli agenti ossidanti, alle sostanze organiche, quelle con maggiore o minor resa, quelle specifiche per la rimozione di particolari cationi od anioni e così via. In base alle caratteristiche dell'acqua grezza ed alla qualità richiesta per l'acqua demineralizzata da produrre, si scelgono le resine più appropriata e la migliore combinazione d'uso fra le stesse.

Più resine utilizzate contemporaneamente in una certa sequenza, definiscono una linea di demineralizzazione; un impianto differisce da un altro per la linea riprodotta, per le dimensioni, per le caratteristiche costruttive ed il sistema di rigenerazione delle resine impiegato.

### Le linee di demineralizzazione.

Esistono molte diverse linee di demineralizzazione, ma in questa sede accenneremo solamente alle più diffuse. La linea base è costituita da un letto di resina cationica forte seguito da un letto di resina anionica forte (linea di demineralizzazione standard a letti separati) che lavorano secondo il principio base precedentemente esposto.

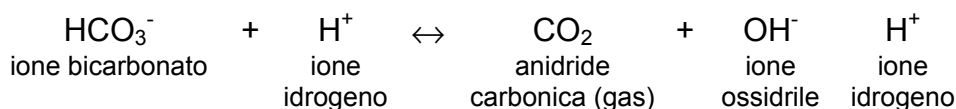
L'acqua demineralizzata prodotta da una linea siffatta avrà, mediamente, una salinità residua che corrisponde ad un valore di conducibilità specifica compreso tra 3 e 10  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . ( $300 \div 100 \text{ k}\Omega\text{cm}$ ). Rimane inteso che tali valori ed i parametri ad essi connessi (pH, ecc.) sono influenzati dalle caratteristiche analitiche dell'acqua grezza e dai parametri operativi utilizzati (portate, livelli rigenerativi, ecc.) e che tale influenza è rilevante per ogni tipo di linea considerata.

L'acqua trattata da una linea a letti separati può essere ulteriormente demineralizzata al fine di migliorarne la qualità. Ad esempio il passaggio finale su un letto di resina cationica debole (carbossilica) permetterà di fermare praticamente tutti i residui di ioni sodio (ottenendo così acqua a pH neutro), mentre un passaggio su un letto misto permetterà di eliminare praticamente tutti i residui di salinità, ottenendo così acqua con pH neutro, e conducibilità nell'ordine di 0,1  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (10  $\text{M}\Omega\text{cm}$ ).

Un letto misto non è altro che una intima miscela di resina cationica forte e resina anionica forte che si comporta come tanti letti separati in serie. Evidentemente ogni "micro-letto" dovrà operare su una salinità lievemente inferiore a quello che lo precede e pertanto l'acqua in uscita da un letto misto presenta caratteristiche qualitative di demineralizzazione "spinta".

Siccome la rigenerazione di un letto misto è più delicata rispetto a quella di una linea a letti separati (occorre infatti comunque separare le resine, rigenerarle e poi rimescolarle), l'utilizzazione del letto misto è principalmente quella di passaggio finale e raramente (e solo per piccolissimi impianti) viene utilizzato da solo.

Accade frequentemente che l'acqua da demineralizzare abbia una elevata quantità di bicarbonati rispetto al totale degli anioni, pertanto risulta conveniente eliminare gli stessi con un metodo chimico-fisico piuttosto che non mediante il passaggio su una resina anionica. Infatti i bicarbonati sono in equilibrio con dell'anidride carbonica che è un gas poco solubile in ambiente acido. All'uscita di un letto di resina cationica, l'acqua ha un pH nettamente acido ed è quindi facile eliminare dalla stessa l'anidride carbonica dei bicarbonati.



dove  $\text{H}^+$  e  $\text{OH}^-$  si uniscono a formare acqua ( $\text{H}_2\text{O}$ ).

L'eliminazione viene operata in una torre, chiamata torre di decarbonatazione, nella quale l'acqua piove dall'alto mentre dal basso viene insufflata aria.

L'acqua decarbonatata, che ormai contiene solamente una piccola parte dell'anidride carbonica totale, viene raccolta in un serbatoio alla base della torre e da qui rilanciata con una pompa sul letto di resina anionica. Il maggior costo impiantistico dovuto alla torre ed accessori (pompe, vasca, ecc.) viene compensato dalla minor quantità di resina anionica necessaria, e, nel tempo, dal minor consumo di rigenerante per la stessa.

Ovviamente, tale compensazione è tanto più veloce quanto più grande è la richiesta di acqua e pertanto questo tipo di linea viene raramente adottata nei piccoli impianti.

Ricordiamo che la decarbonatazione può anche essere fine a se stessa, ovvero che vi sono utilizzazioni in cui è richiesta acqua solamente decarbonata e non demineralizzata (ad esempio industria della birra).

Le stesse linee sopra descritte possono essere modificate inserendo colonne di resine deboli (sia anioniche che cationiche) in aggiunta alle colonne standard. Esse vengono utilizzate quando sono richieste grosse quantità di acqua da demineralizzare, in quanto i maggiori costi impiantistici vengono facilmente ammortizzati con il risparmio di rigeneranti.

### **Gli impianti di demineralizzazione.**

Un impianto di demineralizzazione è costituito da una serie di bombole contenenti le resine adatte, ed attraverso le quali passa l'acqua da demineralizzare. Siccome le resine devono essere periodicamente rigenerate, un impianto si differenzia da un altro (oltre che per le dimensioni e per il tipo di linea riprodotta), per il modo con cui viene effettuata la rigenerazione. Il demineralizzatore più semplice prevede delle aperture, attraverso le quali introdurre manualmente i rigeneranti, che vengono poi fatti fluire attraverso le resine.

Fermo restando il principio di funzionamento menzionato, i sistemi di rigenerazione si sono via via evoluti e diversificati ampiamente, fino a raggiungere i più sofisticati sistemi di automazione con controllo elettronico.

Riteniamo comunque utile differenziare fra i vari tipi di automatismo possibili quelli che effettivamente, garantiscono affidabilità, durata, precisione da quelli che, seppur funzionanti, non rispondono ai moderni criteri di gestione industriale. Esistono infatti economici automatismi con valvole multiviva che non permettono rapide diagnosi, né possibilità di regolazione di tempi delle varie fasi di esercizio - rigenerazione.

A questi sistemi delicati si contrappongono invece gli automatismi che prevedono la deviazione dei flussi con valvole singole pilotate da elettrovalvole e programmatori ciclici. Con questo sistema ogni temporizzazione può essere appropriatamente modificata e poi fissata e così pure possono essere regolati i flussi nelle varie fasi di rigenerazione.

Quanto accennato nella presente relazione informativa ha lo scopo di chiarire le linee generali dei principi e delle applicazioni della demineralizzazione dell'acqua.

Maggiori informazioni in relazione ad ogni singolo aspetto del problema possono essere richieste al personale del Servizio Assistenza della NOBEL.