

UNI VERSITA' DEGLI STUDI DI  
NA POLI FEDERICO II



# Scambio ionico per il pretrattamento delle acque in generatori di vapore

Relatore:  
Prof. Ing. Bruno de Gennaro

Candidata:  
Camilla Terracciano  
Matr. N49/476

# Acqua: ottimo vettore termico

| Proprietà  | Effetti  |
|--|--|
| Eccezionale capacità solvente  | Trasporto di nutrienti e delle sostanze di scarto  |
| Calore di evaporazione più alto rispetto a qualsiasi altro liquido*    | Possibilità di trasferimento di calore e di molecole acquose tra i corpi d'acqua e atmosfera |
| Calore latente di fusione più alto rispetto a qualsiasi altro liquido* | Temperatura stabilizzata al punto di congelamento dell'acqua                                 |
| Capacità termica più alta rispetto a qualsiasi altro liquido*          | Stabilizzazione della temperatura degli organismi  |

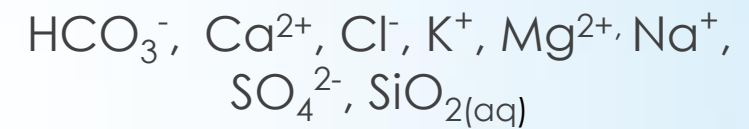
\* Tranne l'ammoniaca

# Origine dell'acqua

- Meteorica
- Superficiale o profonda
- Marina



## Maggiori costituenti:



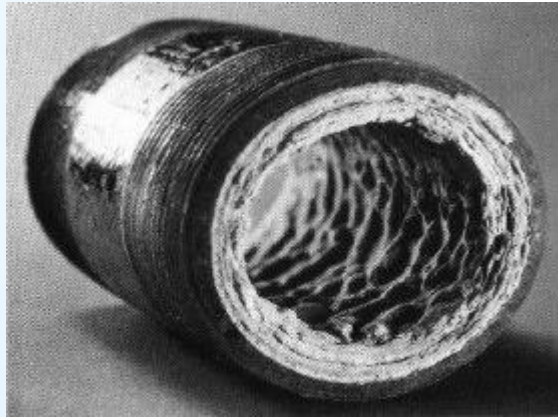
## Parametri da valutare in un'acqua:

- pH
- TDS
- Durezza
- Alcalinità
- Acidità

# Problemi legati alla presenza di ioni in un GV

## ➤ Incrostazione

Influenzata dalla precipitazione di sali e da silicati



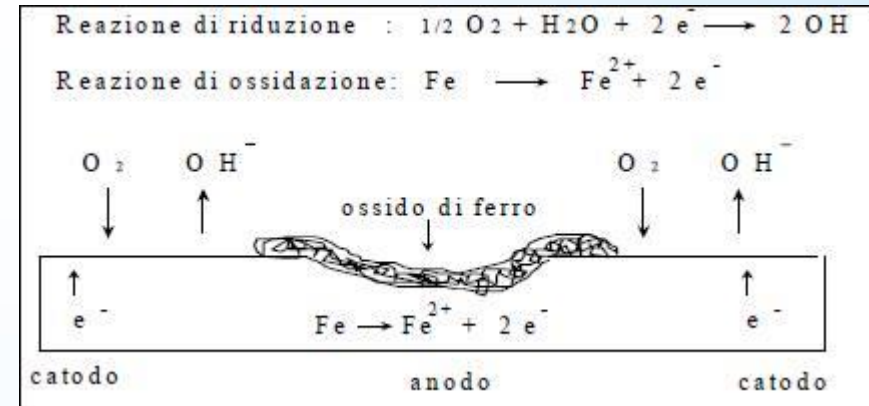
più combustibile

rigonfiamento  
pareti del boiler

evaporazione  
esplosiva

## ➤ Corrosione

Influenzata da salinità, presenza di solidi sospesi, acidità, ossigeno, velocità elevate dell'acqua



# È necessario pretrattare l'acqua

## ► Addolcimento

Sufficiente in caldaie per uso domestico e generatori di vapore di piccole dimensioni (fino a 25 bar).

- Metodo calce-soda
- Metodo al fosfato trisodico
- Metodo misto

## ► Demineralizzazione

Necessaria in generatori per uso industriale. Può essere effettuata tramite un processo a **scambio ionico**.

Ciclo di funzionamento di una colonna a resine scambiatrici:

- Scambio ionico
- Lavaggio
- Rigenerazione
- Ulteriore lavaggio

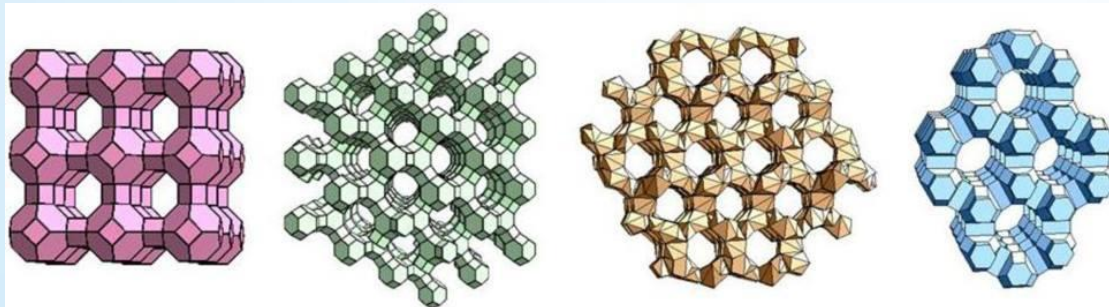
# Scambiatori di ioni

## ► Inorganici (Zeoliti)

Costituiti da unità ripetitive di tipo tetraedrico, centrate su  $[\text{SiO}_4]$  o  $[\text{AlO}_4]^-$  e ai cui vertici ci sono gli atomi di ossigeno.

*compensato da cationi debolmente legati alla struttura, che permettono lo scambio ionico.*

*framework anionico* →

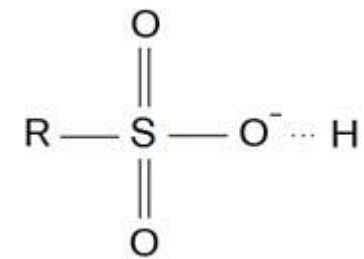


## ► Organici (Resine scambiatrici)

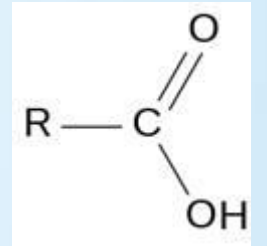
Macromolecole organiche, ottenute tramite processi di polimerizzazione.

L'aggiunta di opportuni *gruppi funzionali* li dota di proprietà scambiatrici.

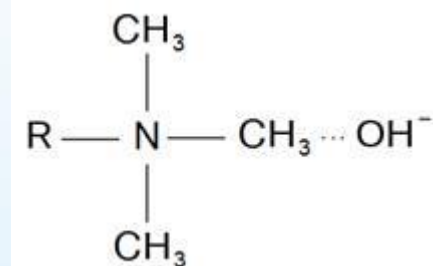
gruppo solfonico



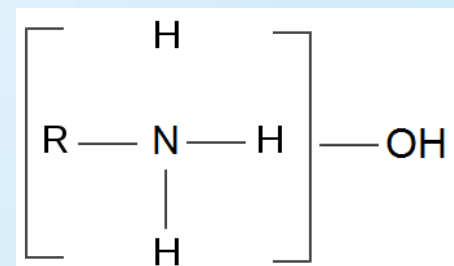
gruppo carbossilico



gruppo trimetilaminico




gruppo amminico



# Processo di Polimerizzazione

Inteso come il processo chimico che porta alla formazione della catena polimerica.

**Polimerizzazione a catena** 

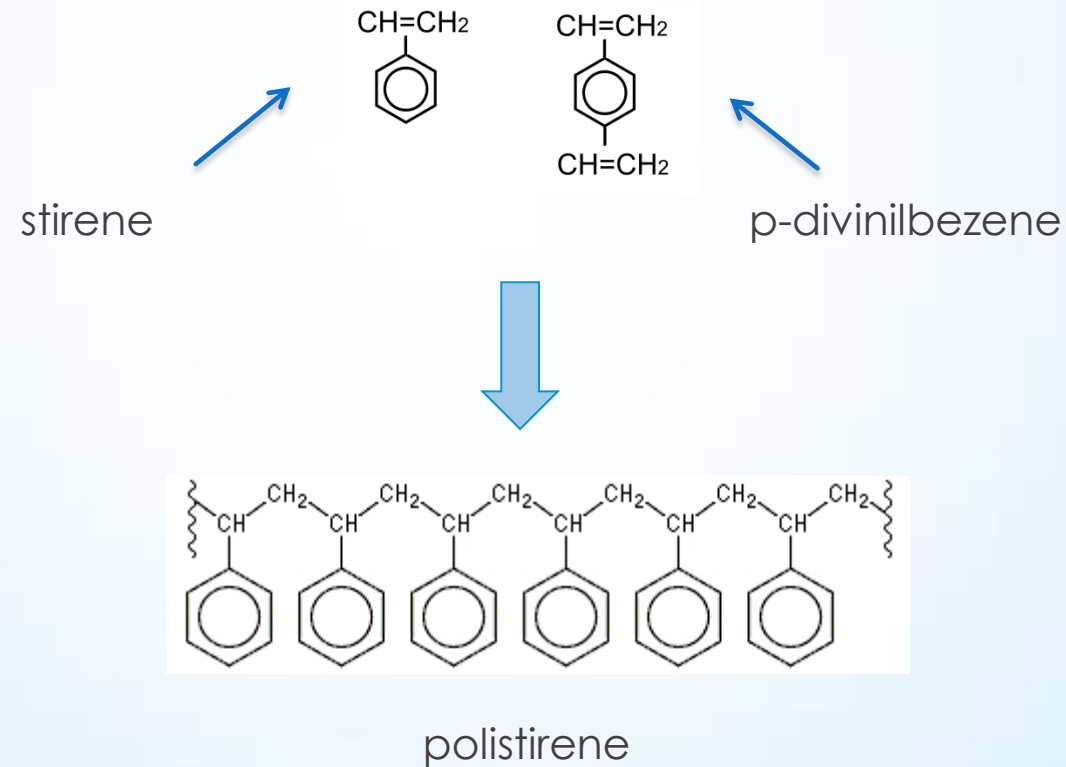
- attivazione
- propagazione (o addizione)
- terminazione

**Polimerizzazione a stadi:** in questo processo non è necessario un attivatore, il polimero si forma attraverso una reazione di *policondensazione molecolare*, che prevede l'eliminazione di molecole più piccole ( $H_2O$ ,  $N_2$ ,  $H_2$ ).



# Polistirene: resina tipica degli scambiatori ionici

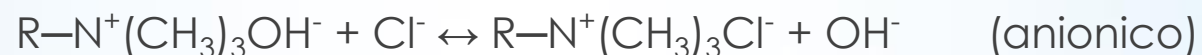
Grazie all'avanzare della tecnologia oggi è possibile sintetizzare diversi tipi di resine. Tra le più utilizzate negli scambiatori ionici c'è sicuramente il *polistirene*.





# Funzionamento di una resina

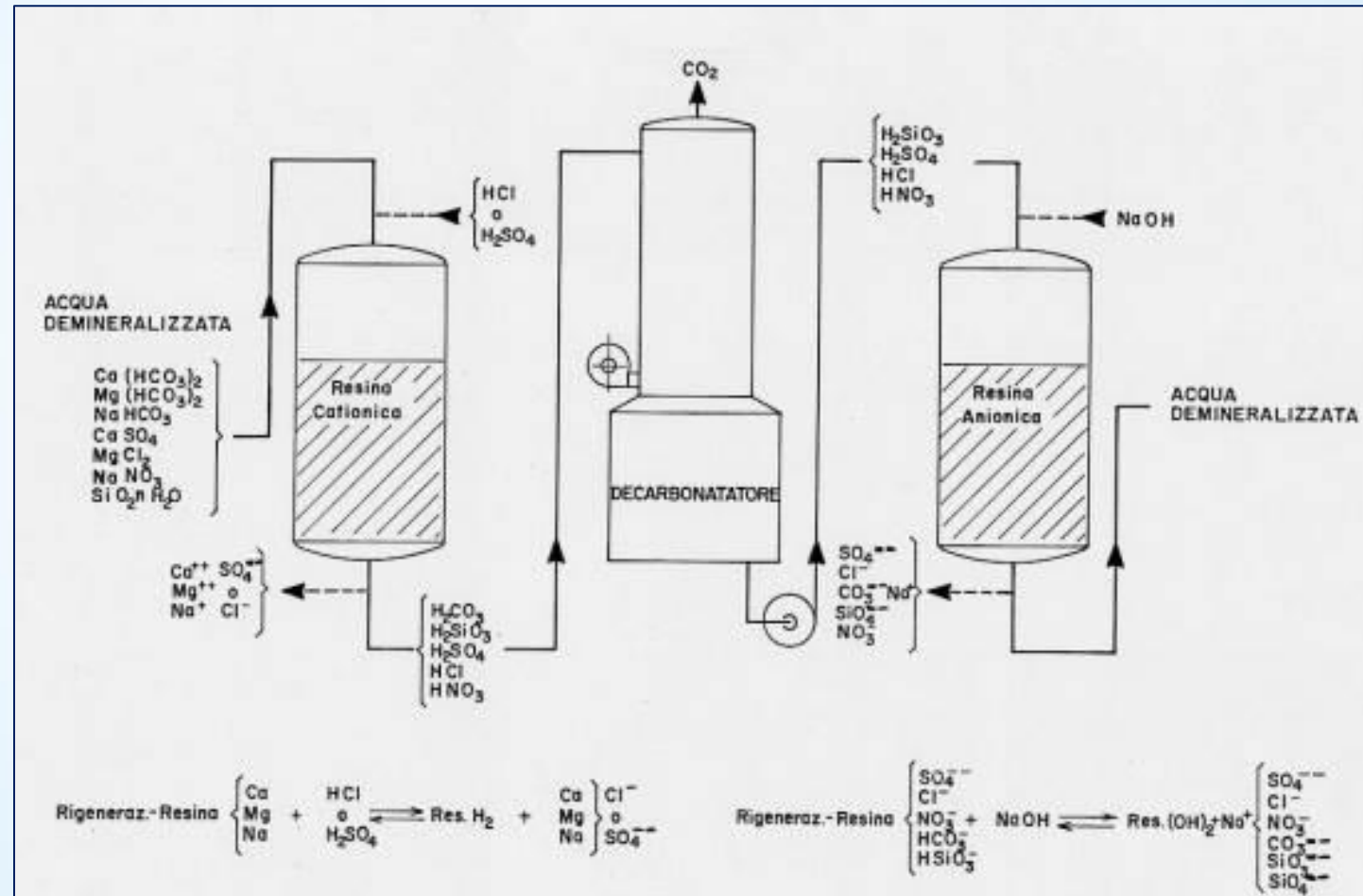
- **Capacità di scambio:** valore massimo di specie rimovibili e rappresenta il numero di moli (o equivalenti) di cationi scambiabili per grammo di scambiatore.



Questa capacità dopo un certo tempo si esaurisce e si deve provvedere alla rigenerazione della resina:

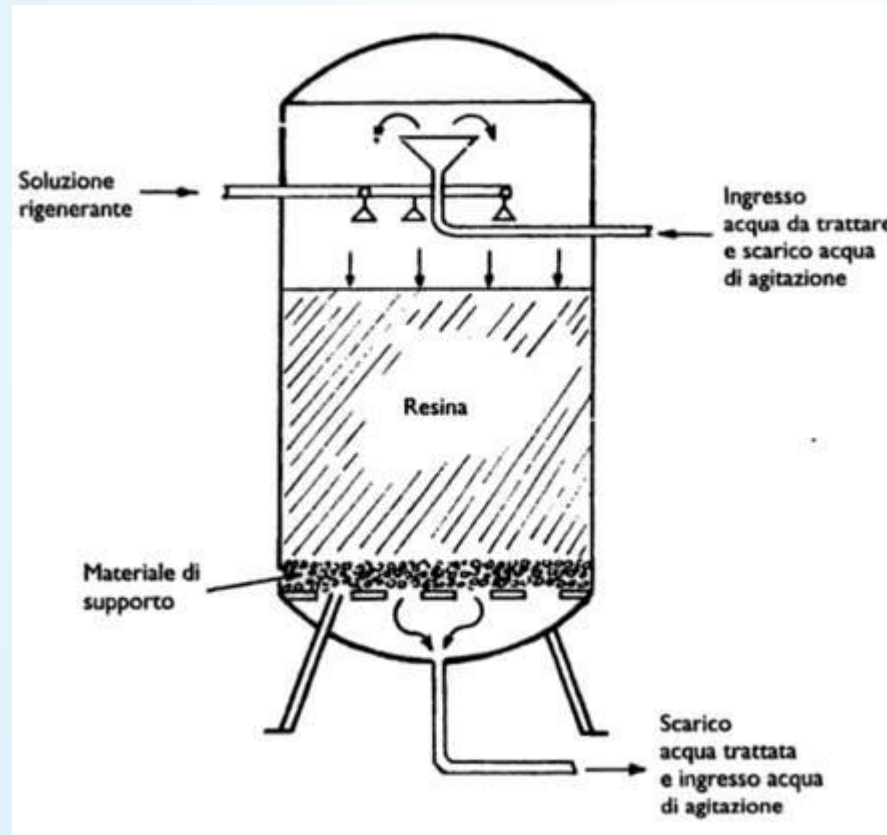
- Resina cationica ➡ + HCl:  $\text{R}-(\text{SO}_3)\text{Na}^+ + \text{HCl} \leftrightarrow \text{R}-(\text{SO}_3)\text{H}^+ + \text{NaCl}$
- Resina anionica ➡ + NaOH:  $\text{R}-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{Cl}^- + \text{NaOH} \leftrightarrow \text{R}-\text{N}^+(\text{CH}_3)_3\text{OH}^- + \text{NaCl}$

# Composizione base di uno scambiatore ionico



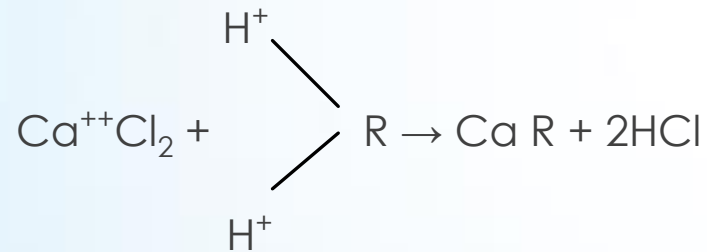
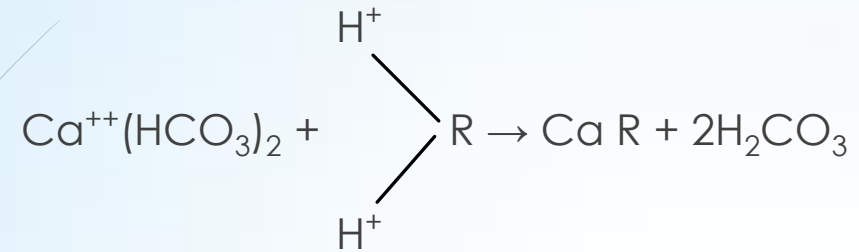
Analizziamo più nel dettaglio le singole componenti:

► **Colonna scambiatrice** (cationica o anionica)



L'acqua da trattare viene inviata nella colonna dall'alto, la soluzione rigenerante può essere sia immessa in verso concorde al flusso d'acqua che discorde. Per garantire un tempo di contatto sufficiente tra resina e acqua lo spessore del letto non è mai inferiore a 60 – 75 cm.

- Le reazioni tipiche di scambio nella colonna cationica forte sono:



- La reazione tipica di nella colonna anionica forte è:



Si riscontra, a valle della colonna cationica, un'eccessiva presenza di  $\text{HCO}_3^-$ , che può provocare un esaurimento precoce della resina anionica forte. Inoltre l'aumento di concentrazione degli ioni  $\text{H}^+$  provoca uno spostamento degli equilibri carbonatici, tra cui:



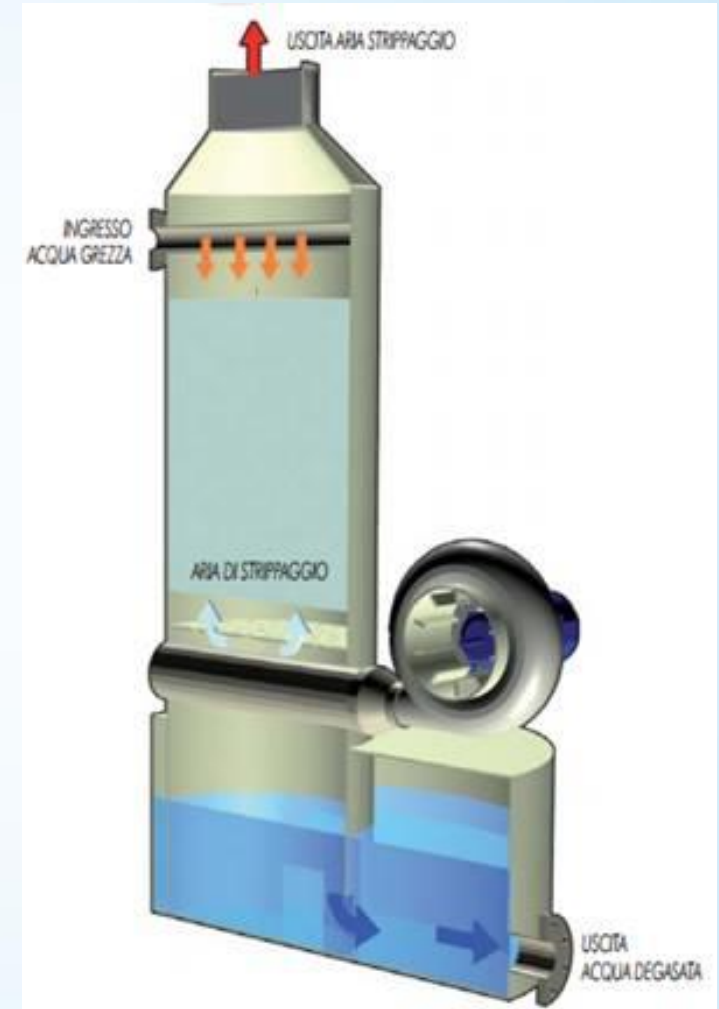
necessità di un degasatore

► **Degasatore ( o torre di decarbonatazione):**

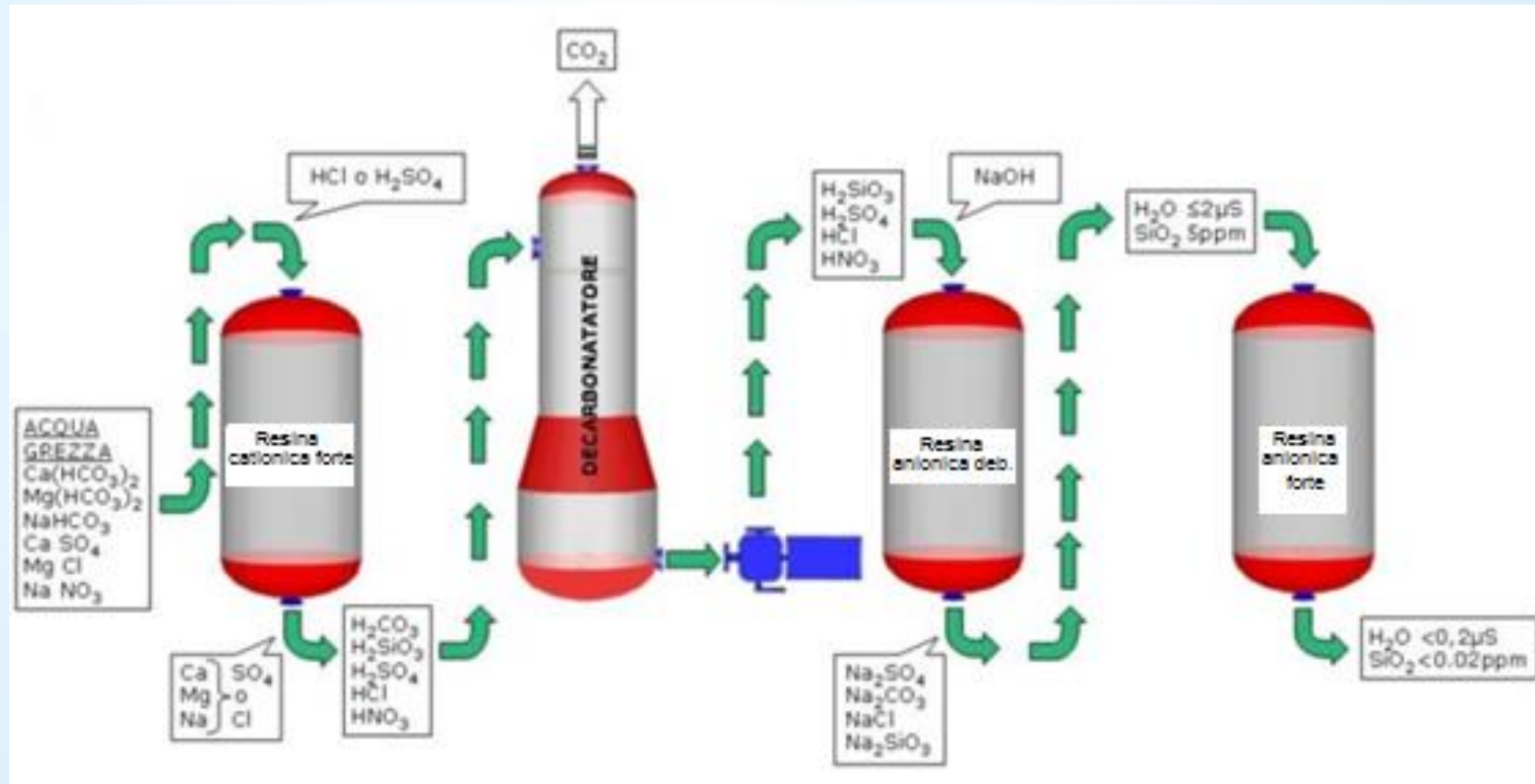
L'acqua viene pompata nella parte superiore della torre e spruzzata verso il basso, dove viene nebulizzata, grazie al flusso d'aria controcorrente.

Le particelle di  $\text{CO}_2$  vengono eliminate dalla soluzione liquida per **strippaggio**.

L'acqua degasata precipiterà per gravità in un apposita sottotorre.



# Alternativa allo schema classico



# Esempi commercializzati



Scambiatore a letti separati

VS

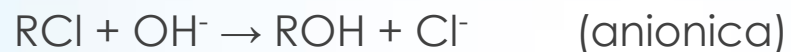


Scambiatore a letto misto

# Rigenerazione scambiatore a letto misto

- Bisogna effettuare una separazione delle due resine, sfruttando la diversa densità dei granuli delle due resine, tramite un getto d'acqua.

- Si introduce una soluzione di NaOH:

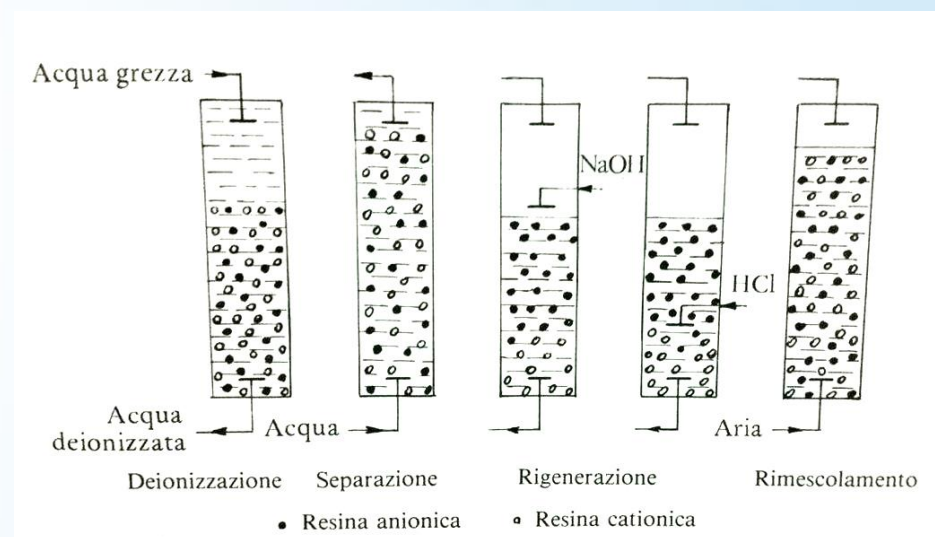


- Si introduce una soluzione di HCl:



- Lavaggio con acqua demineralizzata

- Getto d'aria compressa







Grazie per l'attenzione