



**LABORATORIO
ACQUA COME RISORSA**
c/o ABI : Palazzo Altieri – Piazza del Gesù 49 – Roma
15 Luglio 2010

LA DISSALAZIONE DELL'ACQUA

Dott. Ing. Catello Masullo -Presidente Hydroarch S.r.l.
c.masullo@hydroarchsrl.com

Tra le moderne tecnologie di trattamento dell'acqua certamente quella che maggiormente colpisce l'immaginario comune è quella della dissalazione. Si va diffondendo sempre di più in quei paesi ove le modalità di approvvigionamento tradizionali non sono possibili o molto difficili. La tecnologia è ideale per paesi ricchi di energia e poveri d'acqua, trattandosi di un trattamento fortemente energivoro. I costi di produzione, fino a poco tempo fa proibitivi, cominciano a divenire abbordabili. La tecnologia è particolarmente conveniente quando si possa usare calore di cascame, nei pressi ad esempio di una centrale di produzione di energia elettrica. I costi, ove si tenga conto non solo dei costi di produzione corrente, ma anche di quelli di realizzazione, permangono comunque piuttosto alti. Deve far riflettere al proposito il fatto che il Qatar, uno dei paesi con maggiori risorse energetiche pro capite del mondo, abbia ritenuto di finanziare un costosissimo acquedotto sottomarino, con uno sviluppo delle condotte sotto il livello del mare di oltre 200 km, per approvvigionarsi di acqua a partire dall'Iran.

A giugno del 2008 la capacità di desalinizzazione mondiale è di 62.8 milioni di m³/giorno, il che implica un consumo di 251 GWh (4 kwh al m³ giorno).

È possibile dissalare l'acqua con impianti solari con ciclo Rankine da 30 MW. Sono stati realizzati anche cicli combinati Rankine & MED Desalination plant. Questa combinazione è quella più economica, con un costo di 1.23 euro/m³ e produzione di 24 700 m³/giorno

L'investimento per impianti di dissalazione MED è di circa 1050 euro per m³/giorno installato, con un consumo di energia di circa 1.5 kwh/m³.

L'investimento con impianti RO è invece di 850 euro ed energia di 3.5 kwh/m³. Ha un consumo di energia termica pressoché nullo e un tempo di ammortamento dell'impianto di 20 anni. Si può utilizzare l'energia di cascame di impianti di produzione di energia senza influenzare la loro produttività.

Un impianto da 28 000 m³/giorno costa 23.8 milioni di euro in RO e 29.4 milioni di euro in MED.

Il costo annuale dell'impianto MED, comparato con uno RO, ha un break-even point a 0.0137 euro al kwh. Quindi, se l'energia costa meno di 1.4 centesimi al kwh, RO costa meno di MED.

Le temperature che si raggiungono negli impianti tradizionali è maggiore di quella raggiungibile con gli impianti solari (530 gradi contro i 450). Tuttavia gli impianti tradizionali consumano molta energia.

Solar Energy & Water Processed and Application (Solare PACES task IV) è un progetto di ricerca che ha lo scopo di sviluppare l'uso di energia solare ed, in particolare, la desalinizzazione solare. Coinvolge 15 paesi, tra i quali l'Italia. Si stanno studiando le problematiche, valutando il reale potenziale, identificando le opportunità e promuovendo specifici case-studies.

La commissione europea ha finanziato con 41.6 milioni di euro due progetti di ricerca per l'implementazione reale di impianti di dissalazione solari.

La tecnologia dominante è ancora l'osmosi inversa. Il più grande impianto di desalinizzazione nel mondo, negli Emirati Arabi, è in costruzione e darà 8.000 m³/giorno. E' stato costruito da una impresa francese. Molti impianti di dissalazione sono connessi con impianti di produzione di energia.

I costi del m³ di acqua dissalata è tra 1.5 e 1.8 euro al m³ per impianti combinati. Non abbiamo ancora dati certi per impianti solari.”

“I sistemi senza recupero di calore rilasciano nell'ambiente il calore latente nella misura di circa 700 kwh per m³ distillato. Gli impianti con efficiente recupero di calore sono MED, MEH, MD.

Gli impianti a membrana Distillazione hanno i seguenti vantaggi:

- *basse temperature di servizio tra 60 e 90° gradi
- *basso impatto
- *tutti i materiali possono essere ricavati da polimeri
- *bassa capacità termica
- *basso e nullo pretrattamento

Il principio della distillazione è basato su membrane che si pongono tra un canale di evaporazione ed uno di condensazione. All'interno della membrana, temperature e pressioni di vapore si modificano. Al diminuire della temperatura diminuisce la pressione di vapore. C'è un abbassamento di temperatura già nel passaggio dal canale di evaporazione verso l'interfaccia con la membrana.

Alcune configurazioni prevedono una separazione con uno strato di aria tra membrana e canale di condensazione. Altri tipi prevedono impiego di gas di strappaggio oppure l'uso di pompe a vuoto.

Gli impianti MD hanno membrane microporose con dimensione media dei pori di 0.2 millimicron. I moduli sono costruiti a spirale.

Ci sono moduli compatti da 80-150 litri giorno, con un collettore solare ed un modulo di membrana distillazione.

*Questo tipo di impianti sono eccellenti per fornire acque potabili per le aree remote e dove un gran numero di pozzi porterebbe alla rapida salinizzazione delle acque di falda;

*La tecnologia si presta bene all'energia solare;

*La tecnologia si adatta bene anche ad utilizzare il calore di cascame delle centrali di produzione di energia.

*Il potenziale degli impianti MD è ancora molto vasto.

Altre notizie possono essere reperite sui siti seguenti: www.mediras.eu (MEDIRAS); www.prodes.eu; www.solarspring.de.

I costi di produzione per i piccoli impianti sono intorno ai 15/20 euro per m³: certamente è molto meno caro delle bibite o dell'acqua minerale in quei posti.

Non si possono accettare temperature maggiori di 90 gradi, che danneggerebbero i polimeri delle membrane.

E' bene ricordare che la dissalazione è il processo di rimozione della frazione salina da acque contenenti sale, in genere da acque marine, allo scopo di ottenere acqua a basso contenuto salino; l'acqua è poi impiegata spesso per uso alimentare, ma anche per uso industriale, come acqua di raffreddamento o per altri scopi.

Un problema di questi impianti, se alimentati ad acqua di mare, è la necessità normativa di ottenere un rigetto avente composizione uguale (entro limiti piuttosto stretti) a quella dell'acqua grezza introdotta; questo porta alla necessità di concentrare ulteriormente il rigetto stesso, fino ad arrivare a volte al secco; ciò comporta notevoli complicazioni di impianto ed un notevole aggravio della spesa energetica unitaria.

L'acqua potabile non deve essere priva di sali: sia per questioni sanitarie, sia perché l'apporto di certi sali è consigliato (questa è però una pratica svolta in genere a valle del dissalatore stesso, per consentire l'aggiunta dei sali corretti) e perché un'acqua completamente deionizzata sarebbe del tutto insapore, non gradevole al palato. Si lascia quindi una piccola quantità di trascinamenti salini nell'acqua trattata, dell'ordine dei 25 mg/l.



Impianto di dissalazione negli Emirati Arabi Uniti.

Allo stato attuale della tecnica, le tecniche di dissalazione fanno capo a tre tipologie di impianto:

- dissalazione evaporativa
- dissalazione per permeazione
- dissalazione per scambio ionico.

Dissalatori evaporativi

La **dissalazione evaporativa** viene ottenuta mediante evaporazione della fase acquosa, che viene recuperata per condensazione, e si ottiene di solito un *rigetto* a salinità più alta dell'acqua salmastra di alimentazione. In qualche caso, la fase solida (essenzialmente cloruro di sodio) viene recuperata in forma cristallina, dopo evaporazione totale della fase liquida.

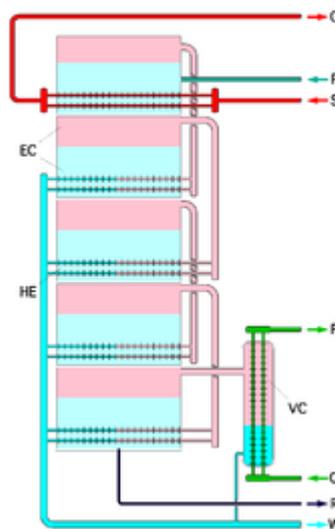
In genere il tipo evaporativo viene impiegato per grandi produzioni di acqua dissalata, dell'ordine dei 100,000 m³/h e di qualità potabile o ad essa comparabile.

Necessitano di una sorgente di calore in quanto devono trasformare l'energia ricevuta in calore latente di vaporizzazione. Operano a temperature relativamente elevate (tra i 40 ed i 200 °C) ed hanno quindi necessità, almeno in alcune parti, di essere costruiti in materiali speciali, come acciai austeno-ferritici, leghe Cu-Ni, o leghe di titanio, a causa della corrosione alcalina dovuta al cloruro di sodio.

Sono essenzialmente di tre tipi:

- a multiplo effetto
- *multiflash*
- a ricompressione.

Dissalatori a multiplo effetto

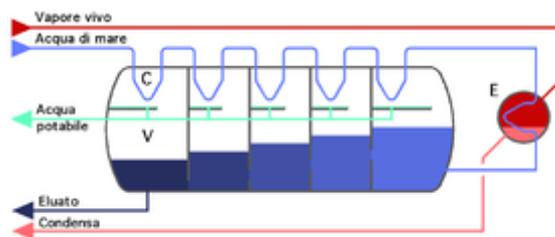


Dissalatore a multiplo effetto

Vi è una alimentazione di fluido termico **S** (quasi sempre vapore d'acqua), che cede il proprio calore e viene recuperato come (nel caso del vapore) condensa **C**. Il calore viene ceduto all'acqua di alimento (**F**) nella prima camera di evaporazione **EC** mediante uno scambiatore **HE**. La frazione acquosa evapora, ed i vapori passano allo scambiatore **HE** della camera **EC** successiva (nella figura, quella inferiore); i vapori della prima camera vengono condensati nello scambiatore della seconda, e la condensa costituisce (parte) dell'acqua dissalata **W**. Il processo viene ripetuto più volte (nella figura, 5 volte). I vapori separati nell'ultima camera **EC** vengono condensati in uno scambiatore **VC**, solitamente raffreddato con acqua marina; questa condensa si aggiunge all'acqua trattata. Il liquido contenuto nell'ultima camera **EC**, ormai troppo salino per essere utilmente trattato, costituisce il rigetto **R**.

Il numero di effetti è normalmente molto più alto dei 5 rappresentati in figura 1. Il limite è dato dalla differenza tra la temperatura del vapore vivo **S** e la tensione di vapore nell'ultima camera **EC**, divisa per la media della somma di innalzamento ebullioscopico nelle varie **EC** più il delta **T** negli scambiatori **HE**. Nei grandi impianti è abbastanza comune il raggiungimento di 15 effetti.

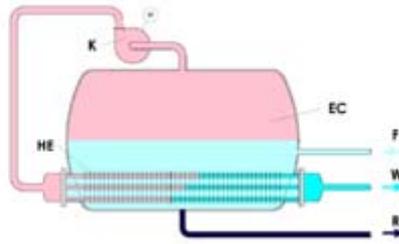
Dissalatori multistadi



Dissalatore multistadio

Il riscaldamento avviene in un'unica soluzione nello scambiatore **E** fuori dall'evaporatore vero e proprio e interessa l'acqua grezza alimentata all'impianto. Un ulteriore recupero di calore avviene nei condensatori **C**, disposti uno per ogni sezione evaporante **V**. (secondo i casi, la successione tra scambiatore e condensatori può essere invertita). Ogni camera **V** è tenuta ad una ben definita pressione di lavoro, decrescente con la temperatura dell'acqua grezza; si ottiene così in ogni camera l'evaporazione dell'acqua, ed il condensato viene raccolto come acqua trattata. Il rigetto è costituito da acqua di mare ad alta concentrazione salina (5% o più). Qui non si parla di *effetti* ma di *stadi*; dato che la differenza di temperatura tra uno stadio ed il successivo è costituita anche qui da un innalzamento ebullioscopico e da un delta **T**, il numero di stadi possibili è anche qui più alto dei 5 rappresentati. È anche possibile usare un numero più alto di quanto si fa nei multipli effetti, e si può a volte raggiungere il numero di 20 stadi.

Dissalatori a ricompressione



Dissalatore a ricompressione

I vapori separati nella camera di evaporazione **EC** sono portati a pressione più alta mediante il compressore **K**, azionato dal motore (solitamente elettrico, ma può essere ad esempio una turbina) **M**. Grazie all'aumento di pressione, si alza la temperatura di condensazione dei vapori che quindi possono condensare nello scambiatore **HE**. Esistono dissalatori di questo tipo a doppio ed anche a triplo effetto, in cui il vapore dell'ultimo effetto, dopo compressione, viene inviato al primo, praticamente raddoppiando (o triplicando) la resa in acqua trattata.

Dissalatori a permeazione o ad Osmosi Inversa

La **dissalazione per permeazione** viene ottenuta mediante separazione su membrane semipermeabili. Le caratteristiche dell'acqua e del rigetto sono simili alla tipologia precedente; non è però possibile raggiungere il recupero totale della fase acquosa in quanto le membrane per osmosi inversa non consentono il trattamento di fasi solide. Un caso particolare è la dissalazione per elettrodialisi.

Il tipo ad osmosi inversa viene impiegato per produzioni da piccole a grandi per ordini di grandezza da 1 a 10,000 m³/h e per qualità simile alla dissalazione evaporativa.

Dissalazione per scambio ionico

La **dissalazione per scambio ionico** viene ottenuta mediante rimozione degli ioni Na⁺ e Cl⁻ su resine rispettivamente in ciclo H⁺ ed OH⁻ (questo vale ovviamente per tutti gli ioni presenti). Si ottiene in singolo passaggio un'acqua fortemente dissalata; il rigetto è in questo caso costituito dai residui della rigenerazione delle resine.

Il tipo a scambio ionico viene impiegato per piccole e piccolissime portate, dell'ordine di 1 m³/h massimo, o per ottenere purezze molto elevate dell'acqua prodotta.

Impianti combinati

Gli impianti possono ovviamente essere combinati; è una tendenza attuale installare in serie un impianto ad osmosi inversa, relativamente semplice, seguito da uno evaporativo atto a recuperare acqua addizionale; una parte dell'acqua prodotta potrebbe essere ulteriormente depurata mediante demineralizzazione a scambio ionico, ad esempio per poterla utilizzare per alimentare una caldaia.