

UTILIZZO DEI COLLETTORI SOLARI IBRIDI PV/T PER IL MIGLIORAMENTO DELLE PRESTAZIONI DI SISTEMI DI DESALINIZZAZIONE PER IL MINIMUM LIQUID DISCHARGE

Paolo Vitulli, Giulia Tanoni, Emanuele Principi e Stefano Squartini

Dipartimento di Ingegneria dell'Informazione, Università Politecnica delle Marche

Via Brecce Bianche 12, 60131, Ancona, e-mail: p.vitulli@pm.univpm.it

Circa la metà della popolazione mondiale vive in condizioni di carenza di acqua potabile e si prevede entro il 2050 un aumento del 30% rispetto al 2010 della domanda di questo bene [1]. Il 34% del territorio Europeo e il 41% della popolazione europea sono stati interessati da scarsità di acqua in almeno una stagione nel 2022 [2]. In questo contesto, particolare attenzione è stata rivolta agli impianti di desalinizzazione, la cui produzione giornaliera mondiale è attualmente pari a 99 milioni di metri cubi di acqua potabile e 150 milioni di metri cubi di salamoia come prodotto di scarto. La tecnologia più diffusa è l'osmosi inversa, seguita da Multi-Stage-Flash e Multi Effect Distillation. In ogni caso si pone il problema del trattamento della salamoia che, a causa dell'elevata salinità, può determinare alterazioni degli equilibri ambientali nel luogo di smaltimento [3]. L'ulteriore problematica associata agli impianti di dissalazione è rappresentata dall'elevata domanda energetica.

Nel lavoro qui proposto vengono affrontate queste due problematiche presentando il confronto tra due sistemi di produzione di acqua potabile alimentati da energia solare in cui si cerca di perseguire il cosiddetto "minimum liquid discharge", ovvero di ridurre la portata dei prodotti di scarto della desalinizzazione. In questi due sistemi la produzione di acqua potabile è realizzata da un sistema ad osmosi inversa la cui salamoia di scarto viene trattata in un sistema di Membrane Distillation che, essendo meno sensibile alla salinità dell'acqua, permette la produzione di ulteriore acqua potabile. In entrambi i casi la Membrane Distillation viene alimentata dall'energia termica prodotta da un impianto solare termico accoppiato con un sistema di accumulo di energia termica che agisce come buffer per l'assorbimento della variabilità meteorologica e per consentire una produzione continua di acqua anche durante le ore di assenza di radiazione solare. I due sistemi si differenziano, invece, per il sistema di alimentazione dell'osmosi inversa: nel primo caso (Sistema A) si considera un impianto fotovoltaico, nel secondo caso (Figura 1 - Sistema B) un impianto di collettori ibridi fotovoltaici-termici (PV/T) che, oltre a produrre energia elettrica con una maggiore efficienza, preriscaldano l'acqua di alimentazione incrementando il Recovery Ratio (RR) e diminuendo il consumo specifico di energia elettrica (SEC) dell'osmosi inversa. Questi due sistemi vengono prima dimensionati, quindi modellati in Python con lo scopo di simularne le prestazioni dinamiche prendendo in considerazione le condizioni meteorologiche reali relative ad un anno di funzionamento nella città di Almería (Spagna) e la stessa quantità di acqua giornalmente trattata, pari a 250 m³. La simulazione, oltre a fornire l'andamento temporale delle grandezze fisiche quali energia elettrica prodotta dagli impianti fotovoltaici, quantità di energia consumata dai dissalatori, temperatura e portata di ciascun flusso d'acqua, permette di conoscere le prestazioni mensili e annuali dei due sistemi, come la quantità di acqua prodotta, il fattore di utilizzo solare (cioè il rapporto tra l'energia elettrica prodotta dal fotovoltaico e quella consumata) e permette di realizzare l'analisi economica che ha lo scopo di determinare il costo livellato della produzione di acqua (LCOW).

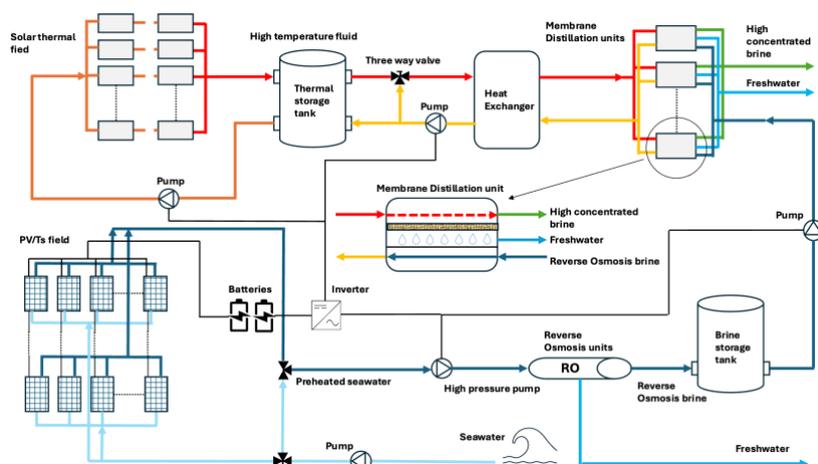


Figura 1: Sistema B analizzato.

I risultati del dimensionamento dei due sistemi mostrano come l'utilizzo dei collettori solari ibridi permetta di ridurre il numero di collettori solari termici passando da 1068 unità del sistema A a 966 unità del sistema B e il numero di unità di membrane distillation, passando da 15 a 13 moduli. I risultati delle simulazioni mostrano la convenienza complessiva del sistema che adotta i collettori solari ibridi, sia dal punto di vista della produzione energetica e di acqua potabile, sia dal punto di vista economico, come mostrato nella Tabella 1.

Tabella 1: Risultati complessivi delle simulazioni dei due sistemi di desalinizzazione considerando condizioni meteorologiche reali di Almeria (Spagna)

	Sistema A	Sistema B
Produzione annuale MD [m ³]	2570.24	2654.52
Produzione annuale RO [m ³]	36994.27	39437.23
Produzione annuale RO+MD [m ³]	39564.51	42091.74
Consumo elettrico annuale [MWh]	99.94	97.28
Produzione elettrica annuale [MWh]	127.13	142.97
Rapporto tra produzione e consumo elettrico	127.19%	146.62%
LCOW [USD/m ³]	14.67	13.23

L'andamento della produzione mensile di acqua mostra un evidente contributo positivo del preriscaldamento dell'acqua di alimentazione, in particolare durante la stagione estiva, quando, essendo la radiazione solare maggiore, si ottiene un maggiore preriscaldamento dell'acqua di alimentazione e un maggior numero di ore di operazione dei moduli di membrane distillation.

BIBLIOGRAFIA

- [1] UNESCO World Water Assessment Programme , The United Nations World Water Development Report 2024: water for prosperity and peace, UNESCO, 2024.
- [2] European Environment Agency, Water scarcity conditions in Europe, <https://www.eea.europa.eu/en/analysis/indicators/use-of-freshwater-resources-in-europe-1>, accessed on 24 February 2025 (2025)
- [3] A. Prado de Nicolas, A. Molina-Garcia, J. T. Garcia-Bermejo, F. Vera-Garcia, Desalination, minimal and zero liquid discharge powered by renewable energy sources: Current status and future perspectives, Renewable and Sustainable Energy Reviews 187 (2023) 113733.