

Università degli Studi di Padova – Dipartimento di Ingegneria Industriale

Corso di Laurea in Ingegneria dell'Energia

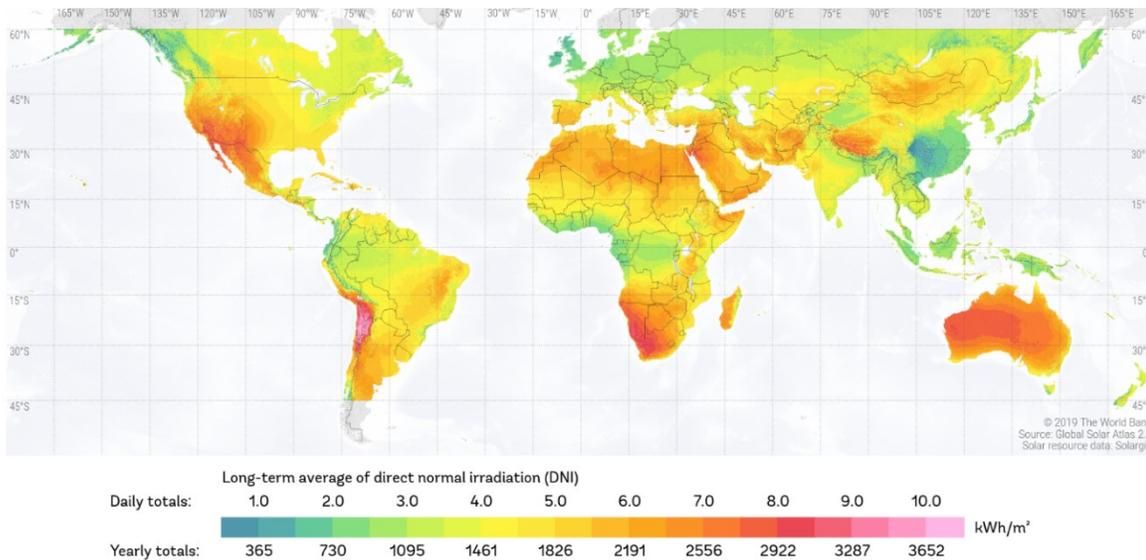
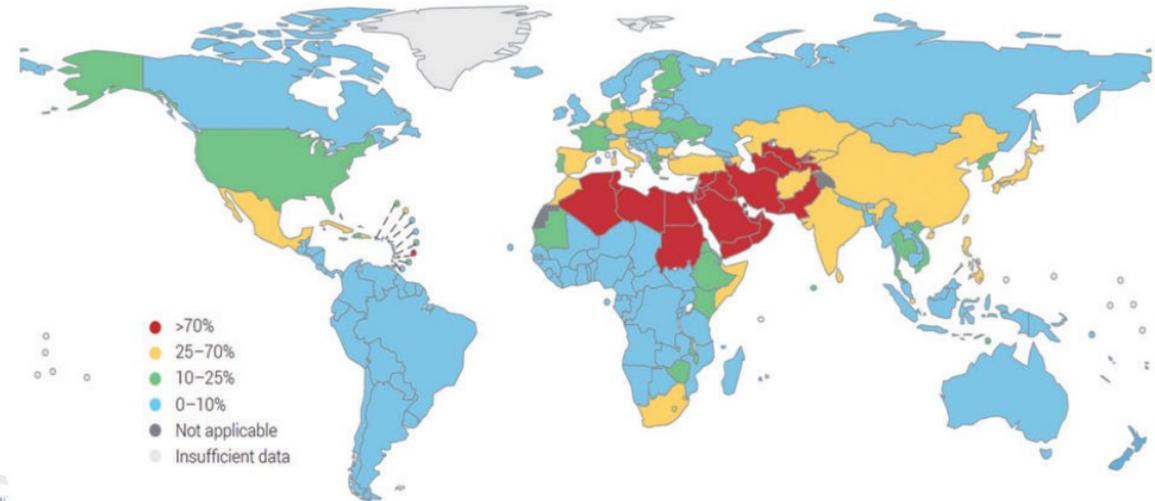
***Relazione per la prova finale
«Cogenerazione di energia elettrica
e acqua dissalata»***

Tutor universitaria: Prof.ssa Anna Stoppato

Laureanda: *Ikram Sadak*

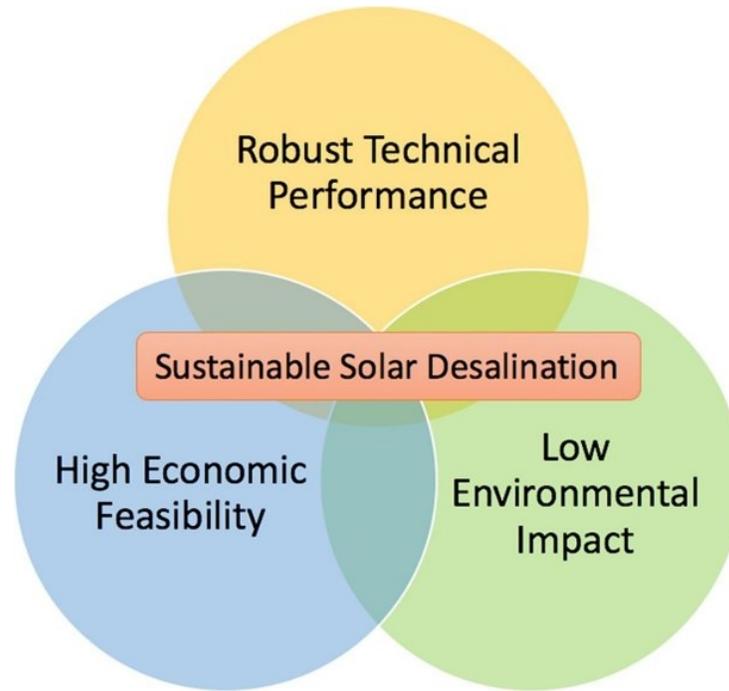
Padova, 19/09/2022

Il **5%** della popolazione MENA, secondo la Banca Mondiale, possiede meno dell'**1%** delle acque rinnovabili del mondo.



Le regioni del MENA hanno inoltre alti livelli di radiazione solare (irradiazione solare diretta supera i **1900 kWh/m²/anno**).

Lo studio delle tecnologie CSP associate alla desalinizzazione si concentra su **tre** aspetti fondamentali:



SCHEMA GENERALE DI UN PROCESSO DI DISSALAZIONE



PROCESSI DI DISSALAZIONE

PROCESSI TERMICI

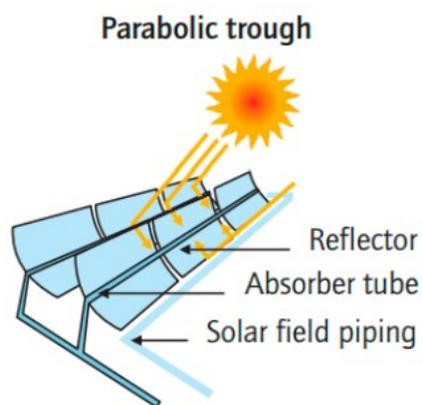
- DESALINIZZAZIONE FLASH A STADI MULTIPLI (MSF)
- DESALINIZZAZIONE AD EFFETTI MULTIPLI (MED)

PROCESSI A MEMBRANA

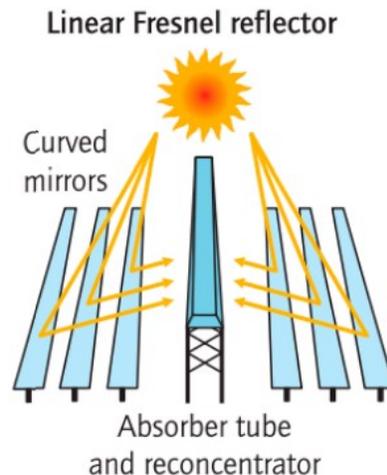
- OSMOSI INVERSA (RO)

Confronto delle prestazioni

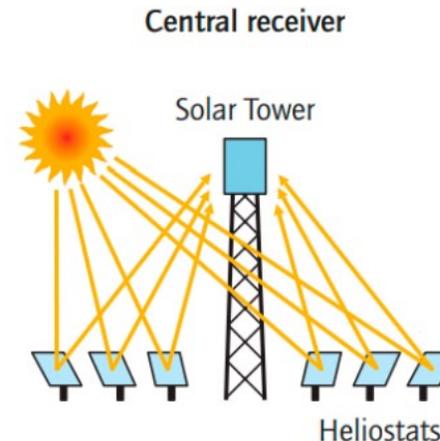
energia usata	termica		meccanica
processo	MSF	MED	RO
stato dell'arte	commerciale	commerciale	commerciale
consumo di energia termica [kJ/kg]	250-330	145-390	--
consumo di energia elettrica [kWh/ m ³]	3.0-5.0	1.5-2.5	2.5-7
costo dell'impianto [\$/m ³ /d]	1500-2000	900-1700	900-1500
temperatura operativa [°C]	90-120	55-70	ambiente
pretrattamento richiesto	basso	basso	alto
qualità acqua prodotta [ppm]	<10	<10	250-500
recovery ratio	10-25%	23-33%	20-50%
gained output ratio (GOR)	8-12	12-14	--



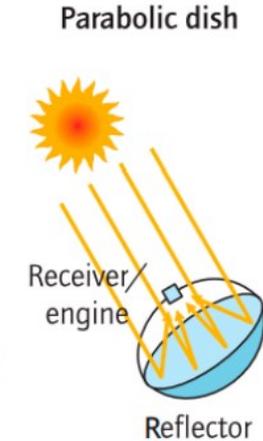
- ❑ Assorbitore lungo la linea focale del ricevitore
- ❑ Inseguimento ad un asse
- ❑ Temperature fino a 565°C



- ❑ Semplicità costruttiva
- ❑ Elevato utilizzo di superficie
- ❑ Tubo ricevitore stazionario
- ❑ Inseguimento ad un asse



- ❑ *Eliostati*
- ❑ Torre e ricevitore
- ❑ Inseguimento a due assi
- ❑ Accumulo termico



- ❑ Ricevitore a cavità
- ❑ Inseguimento a due assi
- ❑ Temperature fino a 1.500°C
- ❑ Piccola taglia (kW)

Diagramma schematico di un sistema CSP/MED

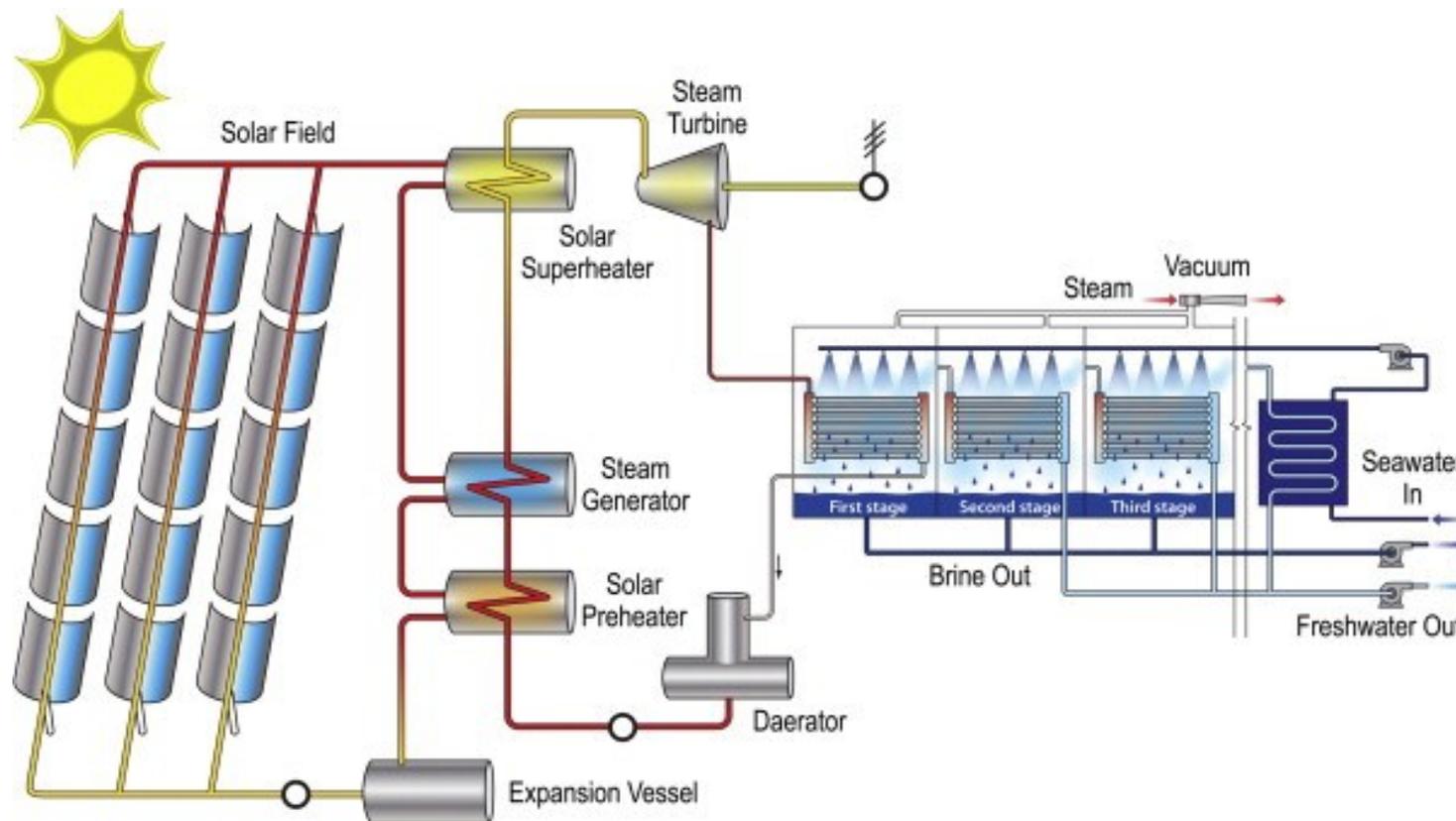
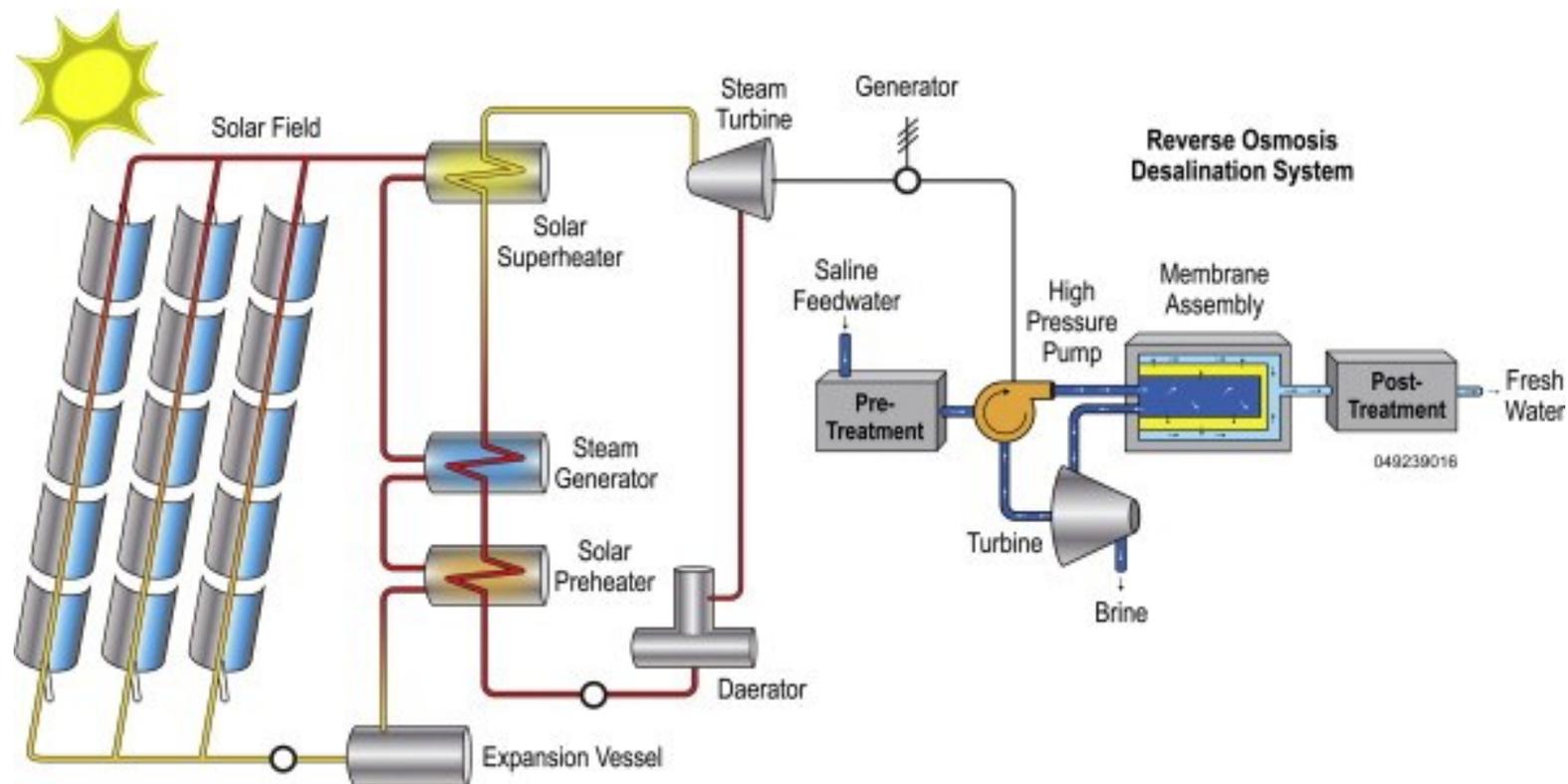


Diagramma schematico di un sistema CSP/RO



Confronto delle prestazioni tecniche

- CSP/MED richiede **un minore consumo specifico di energia elettrica**
- La **produzione lorda di energia elettrica è inferiore** per il CSP/MED, di conseguenza il generatore può essere sottoposto a un lavoro meccanico inferiore del **10%**
- Prestazioni migliori per CSP/MED con acqua ad **alta salinità**
- CSP/MED utilizzato anche per la **cogenerazione industriale** e **teleraffreddamento**

Confronto delle prestazioni economiche

- l'impianto CSP/MED richiede **un campo di raccolta più piccolo del 10%**
- il **consumo di carburante** per CSP/MED è inferiore del **10%** rispetto al CSP/RO.
- l'**investimento iniziale** di MED risulta superiore del **50%** a quello RO equivalente
- per l'impianto RO, **sostituzione delle membrane** ogni **5 anni**, aggiungendo così un **20%** dell'investimento iniziale

COSTO LIVELLATO DELL'ACQUA (LWC)

INPUT DELL' ANALISI

- Capacità di desalinizzazione: 40.000 m³/giorno
- Salinità acqua: 40.000 ppm
- Produzione annua di acqua: 13.3 M m³/anno
- Costo del petrolio: 80 \$/barile

Costo dell'acqua da impianto convenzionale a combustibili fossili (Qatar): 0.63 €/m³

	unità	CSP/MED costa	CSP/RO costa	CSP/RO entroterra
costo di investimento				
campo solare CSP	M€	169.1	160.5	185.2
accumulo di energia	M€	73.8	70.1	80.6
blocco di alimentazione	M€	55.5	66.4	80.6
impianto di desalinizzazione	M€	104.5	71.8	71.8
investimento specifico	M€/m ³ /giorno	10	9.2	10.5
costo di operazione				
impianto di potenza				
costo di capitale (CAPEX)	M€/anno	23.3	23.2	27.1
O&M e costi assicurativi	M€/anno	7.5	7.4	8.7
costo del carburante	M€/anno	24.7	23.4	27.3
impianto di desalinizzazione				
costo di capitale (CAPEX)	M€/anno	8.2	5.6	5.6
costo O&M (OPEX)	M€/anno	3.6	3.2	3.2
costo dell'elettricità	M€/anno	3.5	8.6	10.1
costo del calore	M€/anno	5.2	0.0	0.0
costo di produzione dell'acqua				
costo livellato dell'acqua (LWC)	€/m³	1.66	1.42	1.54

IMPATTI DELLA DISSALAZIONE DELL'ACQUA DI MARE

CAUSE

SOLUZIONI

▪ ACQUA DI ALIMENTAZIONE



- Perdite di organismi acquatici per urto e trascinamento
- Risospensione di sedimenti o materiali inquinanti



- Aspirazione dell'acqua marina da pozzi in spiaggia
- Co-ubicazione degli impianti per ridurre il volume di acqua di aspirazione

▪ DOMANDA DI ENERGIA E MATERIALI



- Inquinamento atmosferico
- Cambiamento climatico



- Utilizzo di energia rinnovabile
- Sfruttamento del calore di scarto per i processi termici

▪ SCARICO DELLA SALAMOIA

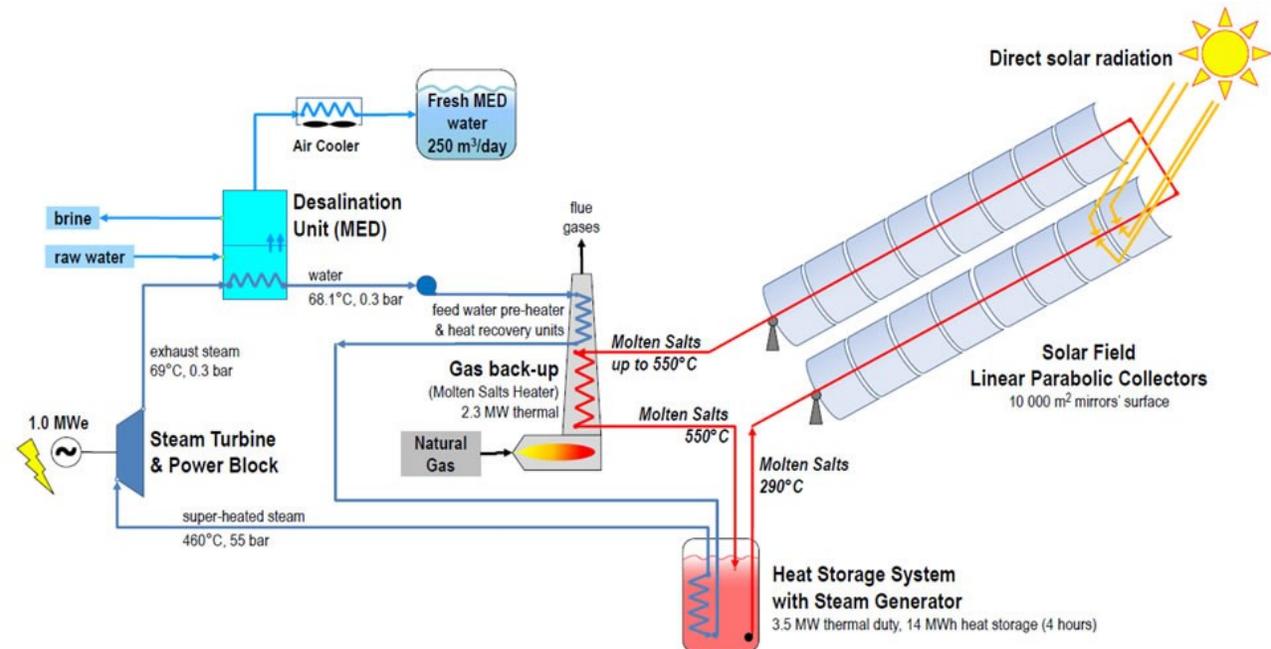


- Stress dell'ambiente acquatico
- Aumento di salinità
- Aumento di temperatura



- Limitare gli aumenti di salinità e temperatura al 10%.

- Costo dell'acqua dissalata da impianto CSP/ desalinizzazione tra 1,42 e 1,66 €/m³
- Costo dell'acqua da impianto convenzionale a combustibili fossili (Qatar) circa 0.63 €/m³



Schema dell'impianto sperimentale MATS (Egitto)
(source: <http://www.mats.enea.it/>)

FONTI CONSULTATE

- *Mohammad Al-Addous, Mustafa Jaradat, Mathhar Bdour, Zakariya Dalala, and Johannes Wellmann. Combined concentrated solar power plant with low-temperature multi-effect distillation. Energy Exploration & Exploitation, 38(5):1831–1853, 2020.*
- *Mohamed Alhaj and Sami G Al-Ghamdi. Why is powering thermal desalination with concentrated solar power expensive? assessing economic feasibility and market commercialization barriers. Solar Energy, 189:480–490, 2019.*
- *World Bank. Concentrating solar power: Clean power on demand 24/7. 2021.*
- *German Aerospace Center. Aqua-csp study report, concentrating solar power for seawater desalination. Stuttgart, Germany, 2007.*
- *Georgios E. Arnaoutakis, Dimitris Al. Katsaprakakis. Concentrating Solar Power Advances in Geometric Optics, Materials and System Integration. 2021*
- *Edward Jones, Manzoor Qadir, Michelle TH van Vliet, Vladimir Smakhtin, and Seong-mu Kang. The state of desalination and brine production: A global outlook. Science of the Total Environment, 657:1343–1356, 2019.*
- *MATS Project - ENEA. Disponibile su: <<http://www.mats.enea.it/>> [18/08/2022]*

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Ikram Sadak