



Energia solare per la refrigerazione industriale: tecnologia e modelli di business

La tecnologia  hycool® per la refrigerazione rinnovabile

Ing. Andrea Frazzica, CNR ITAE

Sala Girasole Hall Est, KeyEnergy, Rimini

06/11/2019

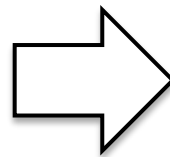
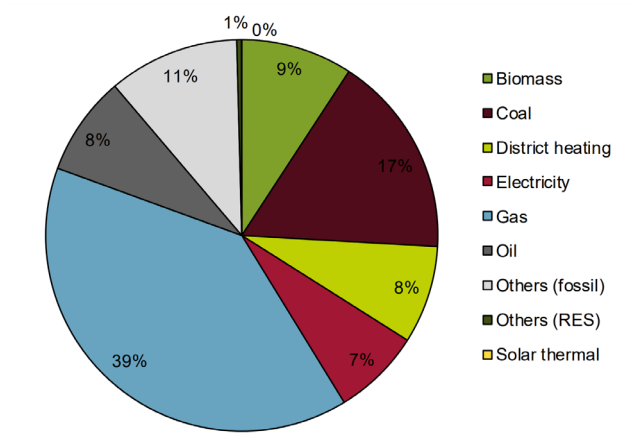
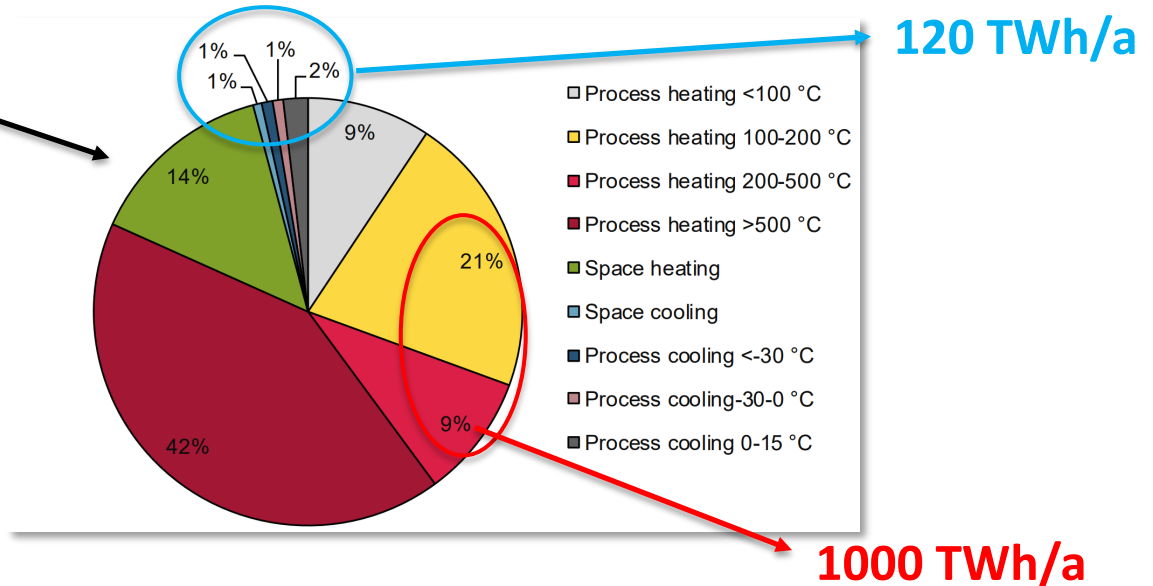
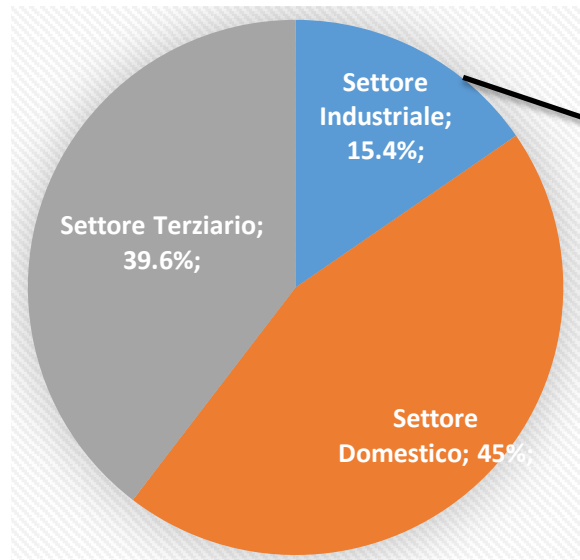


This project has received funding from the H2020
programme under Grant Agreement No. 792073

Agenda

- La richiesta di riscaldamento/refrigerazione industriale
- Refrigerazione da rinnovabili
- La soluzione HYCOOL
- Solare a concentrazione
- Sistemi ad adsorbimento per la refrigerazione e sistemi ibridi
- Sfide tecnologiche e non tecnologiche

La richiesta di riscaldamento/refrigerazione industriale



Impatto del solare nel settore ancora trascurabile!!!

Refrigerazione da rinnovabili: tecnologie disponibili

Free cooling mediante pozzo freddo

Sfruttamento falde acquifere

Accumuli di neve e ghiaccio

Bacini superficiali/Fiumi

Pompe di calore geotermiche
per passive cooling

Raffrescamento evaporativo

Fonte energetica: energia ambientale
+ elettricità

Refrigerazione alimentata da **fonte energetica esterna**

Sistemi ad **energia elettrica**

Refrigeratori a
compressione

Fonte energetica:
energia
ambientale +
elettricità

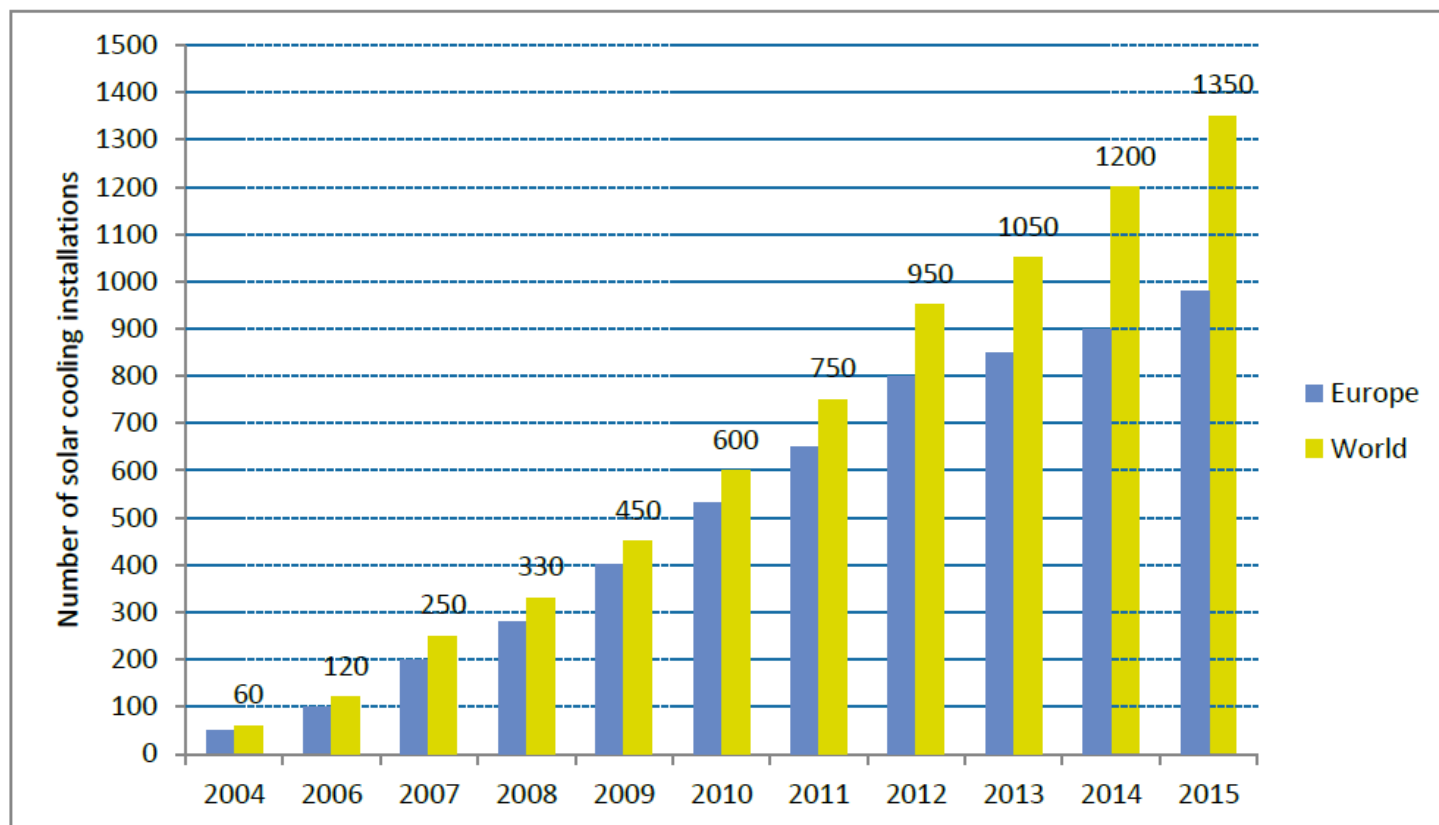
Sistemi ad **energia termica**

Refrigeratori a
assorbimento

Sistemi DEC

Fonte energetica:
energia
ambientale +
calore

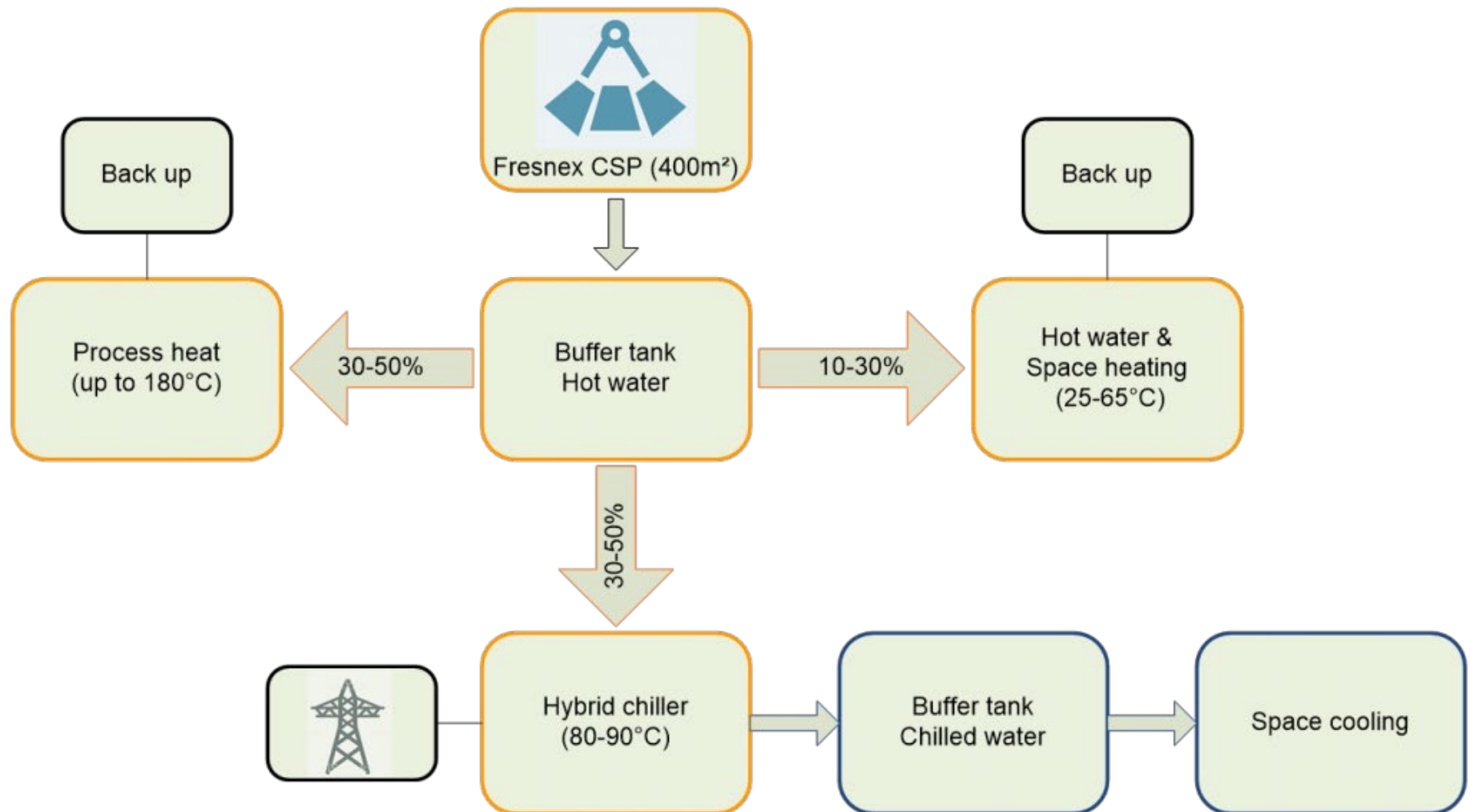
Refrigerazione da rinnovabili



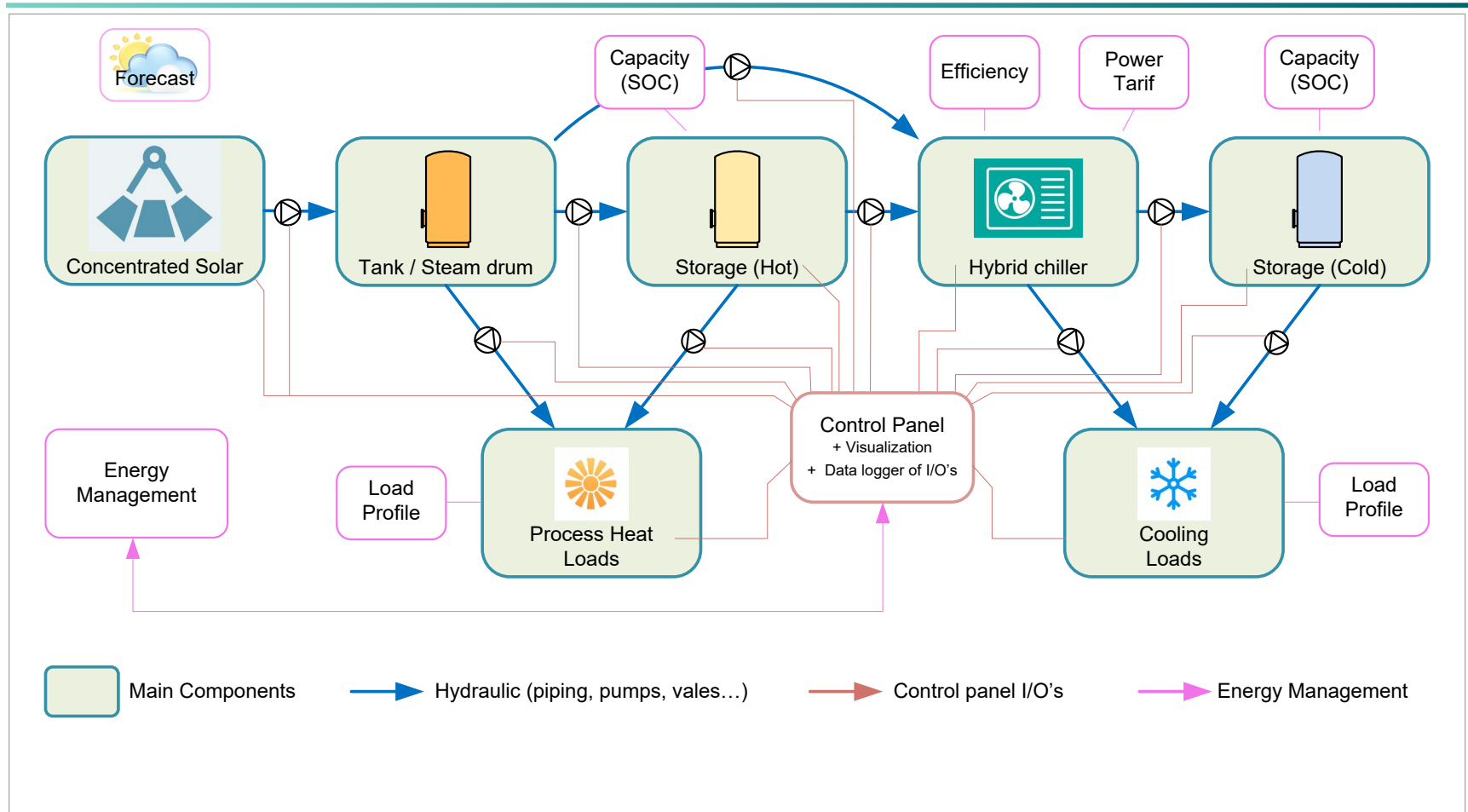
- Crescita stabile del numero di installazioni di solar cooling
- Mercato principale: commerciale e terziario

La soluzione

Solar Cooling Systems



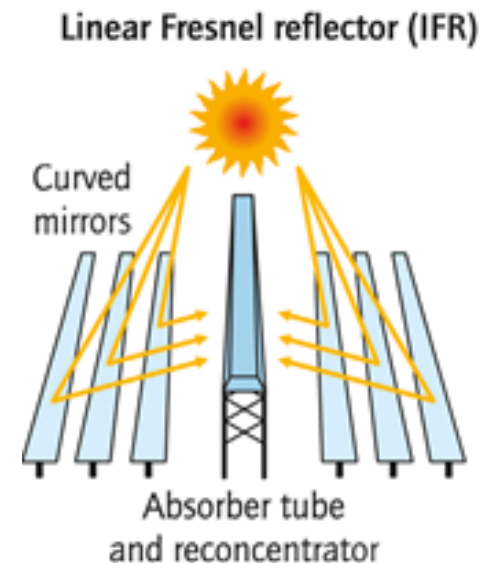
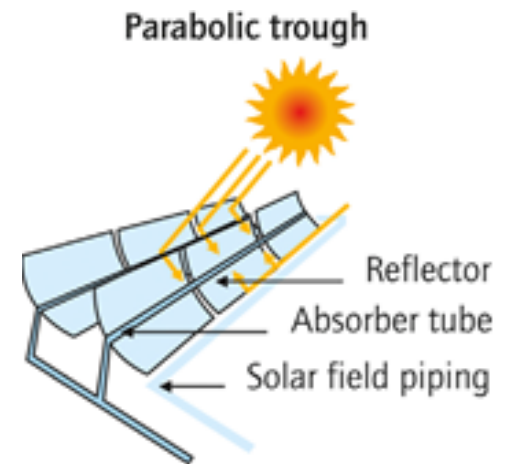
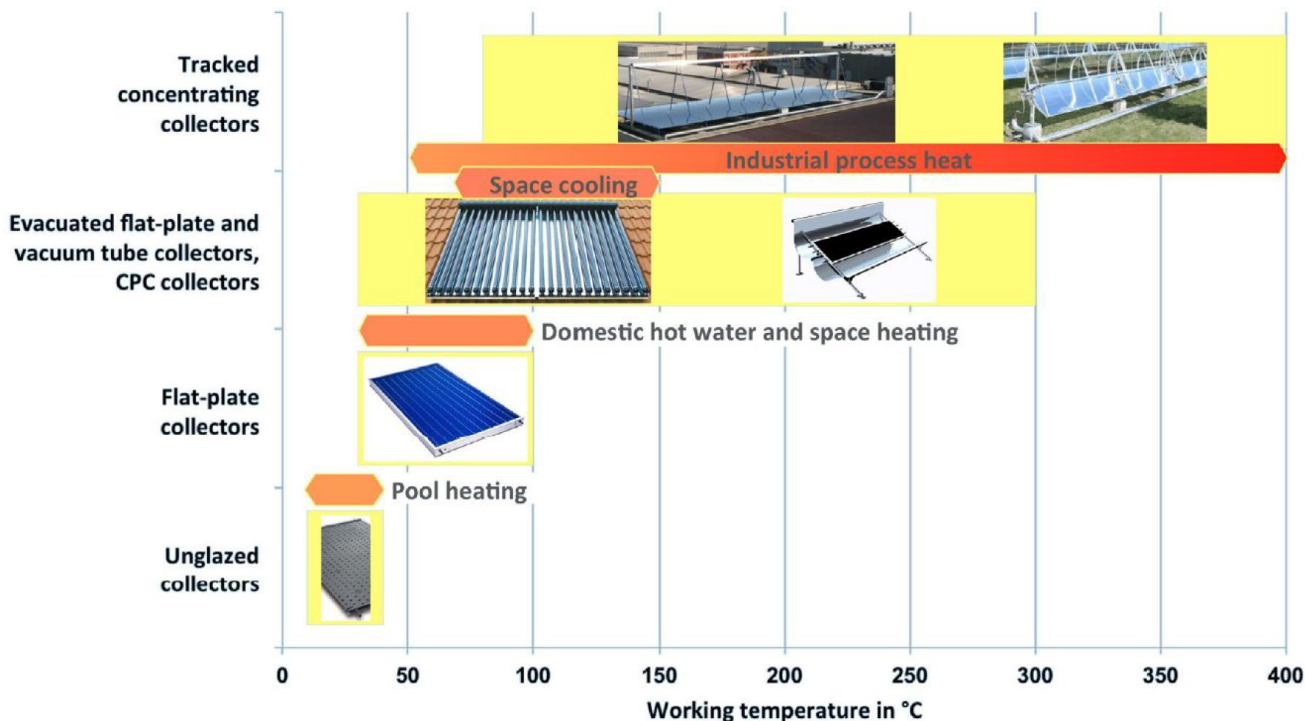
La soluzione



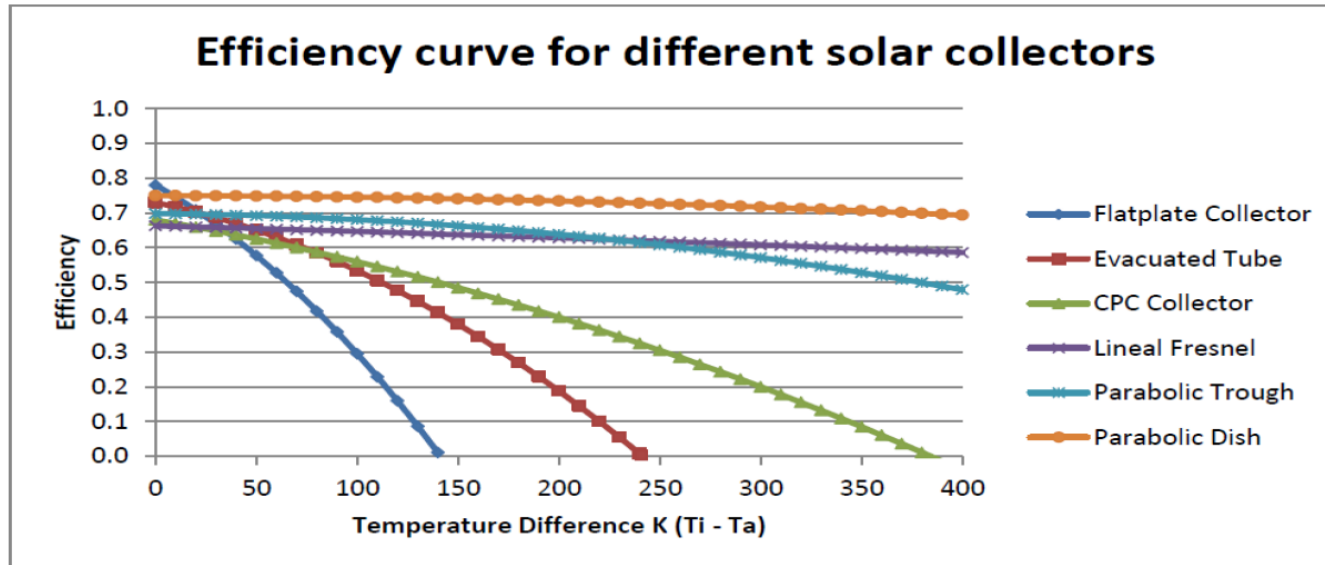
- Sistema altamente flessibile -> soluzione ottimizzabile per qualunque sito industriale

Solare a concentrazione

- Livelli di temperatura adatti ad applicazioni industriali (150-300° C)
- Efficienze superiori ai sistemi classici di conversione



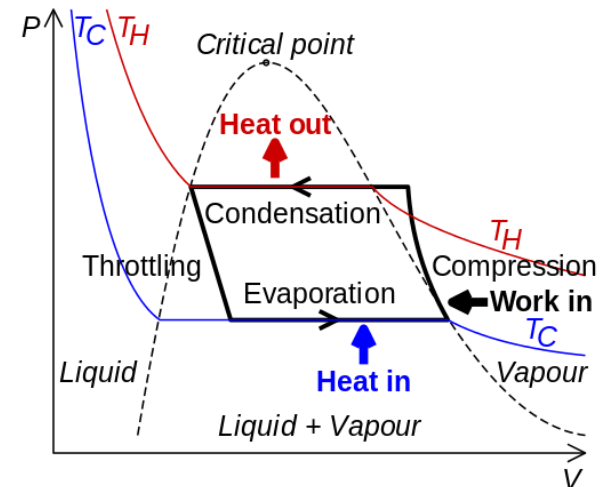
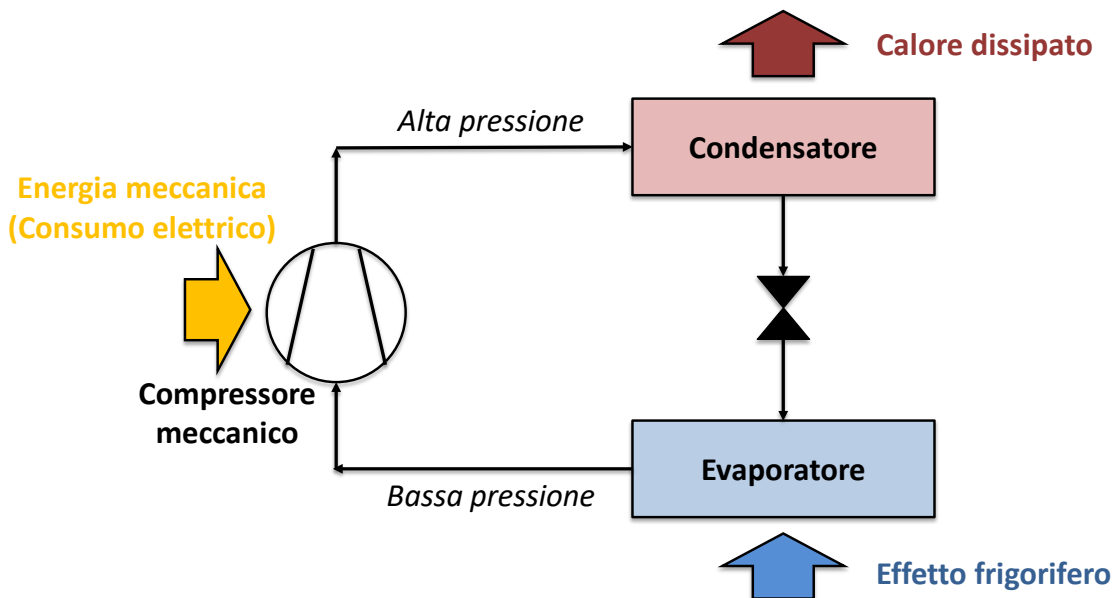
Solare a concentrazione: la tecnologia Fresnel



- Elevate temperature $>300^{\circ}\text{C}$
- Elevata densità di energia (kWh/m^2)
- Ridotta resistenza al vento
- Ottimo controllo del concentratore
- Ridotta manutenzione
- Installato in diversi siti industriali

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratore a compressione



Energy Efficiency Ratio
$$EER = \frac{Q_{COOL}}{L}$$

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratori a compressione



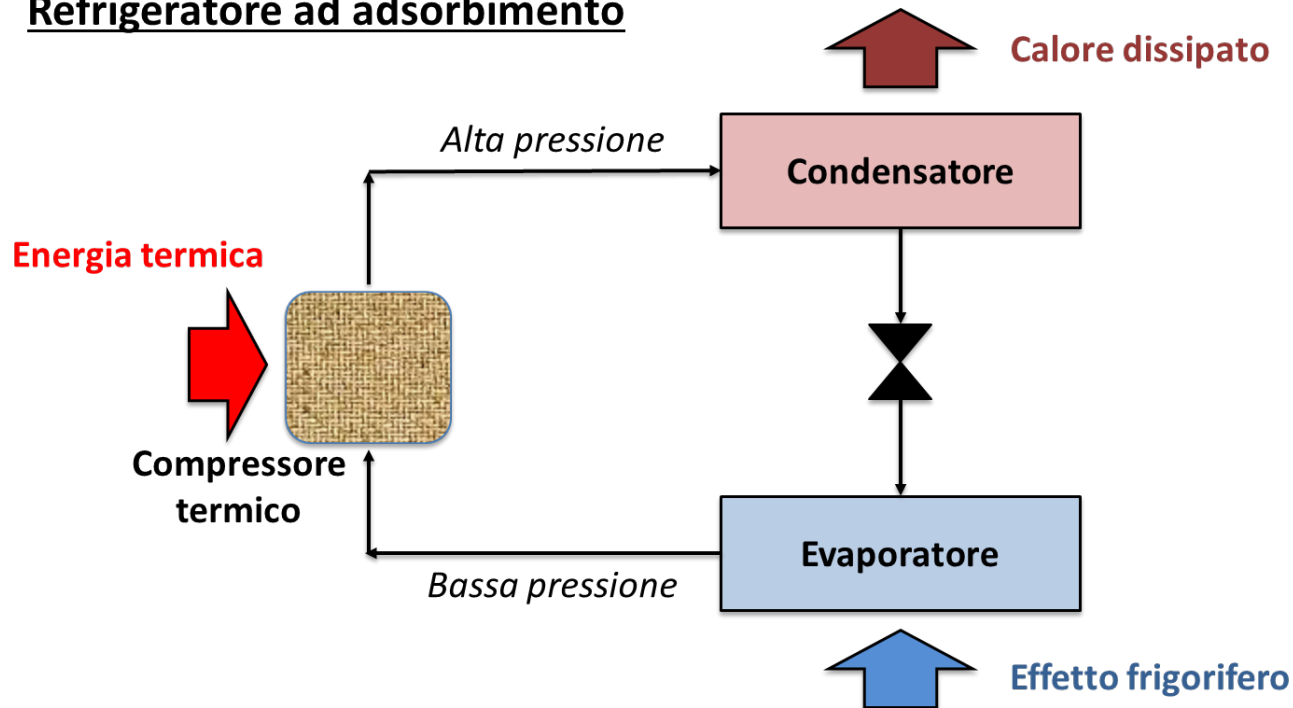
- Elevata potenza specifica
- Elevata penetrazione nel mercato e diffusa conoscenza tecnica
- Ampia disponibilità di condizioni operative applicabili
- Capacità di produzione di energia frigorifera continua
- Ampia disponibilità di potenze sul mercato



- Elevato consumo di energia elettrica (COP_{el} 2-4)
- Rumorosità elevata
- Impatto ambientale non trascurabile (GWP + energia elettrica)

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratore ad adsorbimento



Energy Efficiency Ratio $EER = \frac{Q_{COOL}}{Q_{HEAT}}$

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratori ad adsorbimento



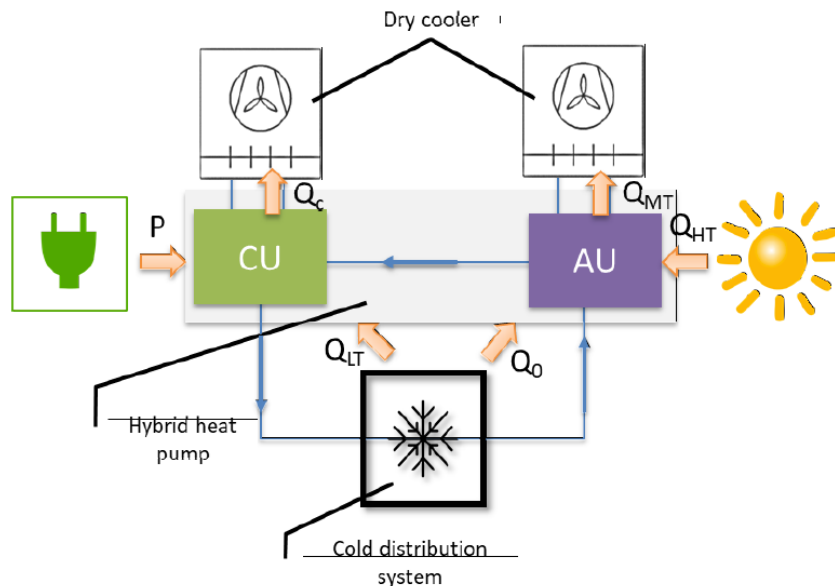
- Ridotto consumo elettrico ($COP_{el} > 15$)
- Assenza di parti in movimento
- Elevata affidabilità e ridotta necessità di manutenzione
- Rumorosità trascurabile
- Ridotto impatto ambientale (termicamente attivato + refrigeranti naturali)
- Temperature di alimentazione ridotte $< 80^{\circ} \text{ C}$



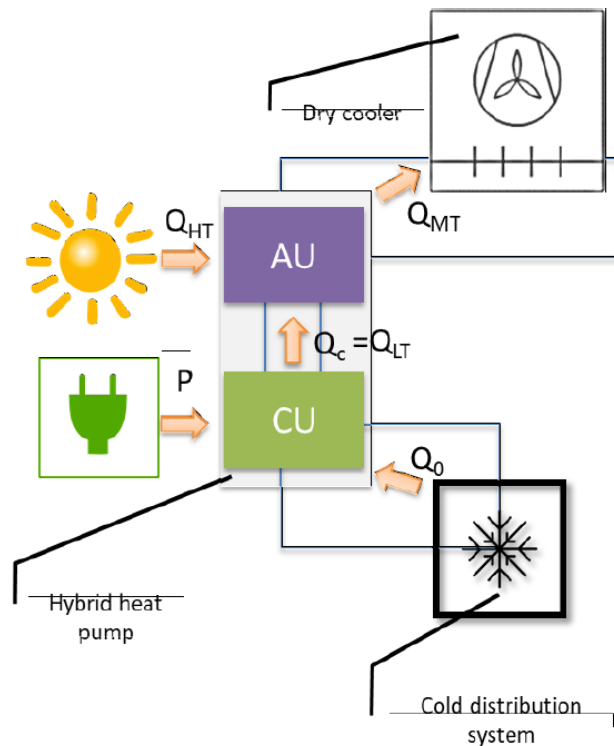
- Limitata potenza per unità di volume
- Produzione di energia frigorifera discontinua
- Necessità di backup nel caso di assenza di fonte termica
- Impossibilità di produrre refrigerazione a $T < 0^{\circ} \text{ C}$
- Efficienza ridotta per elevati salti termici condensatore/evaporatore

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratori ibridi



**Configurazione serie
con AU in pre-cooling**



**Configurazione a cascata
con AU in top-cycle**

Adsorbimento ed ibridi per refrigerazione

Refrigeratori ibridi in serie



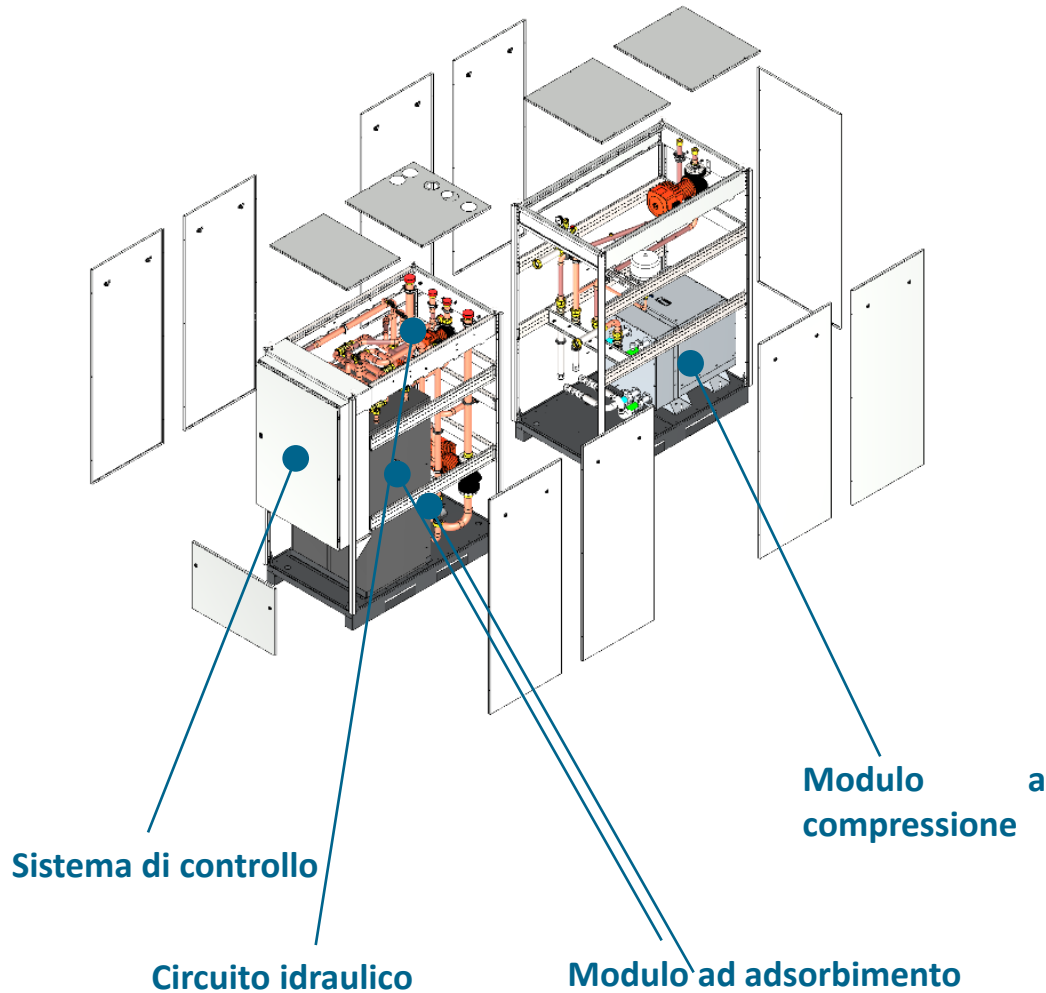
- Performance ottimizzate per refrigerazione a $T > 0^{\circ} \text{ C}$
- Elevata capacità di adattarsi rapidamente al carico termico
- COP_{el} ottimizzato in funzione della disponibilità di fonte termica
- Sistema intrinsecamente ridondante
- Operatività della macchina ad adsorbimento ottimale (T_c/T_e ridotto)

Refrigeratori ibridi in cascata



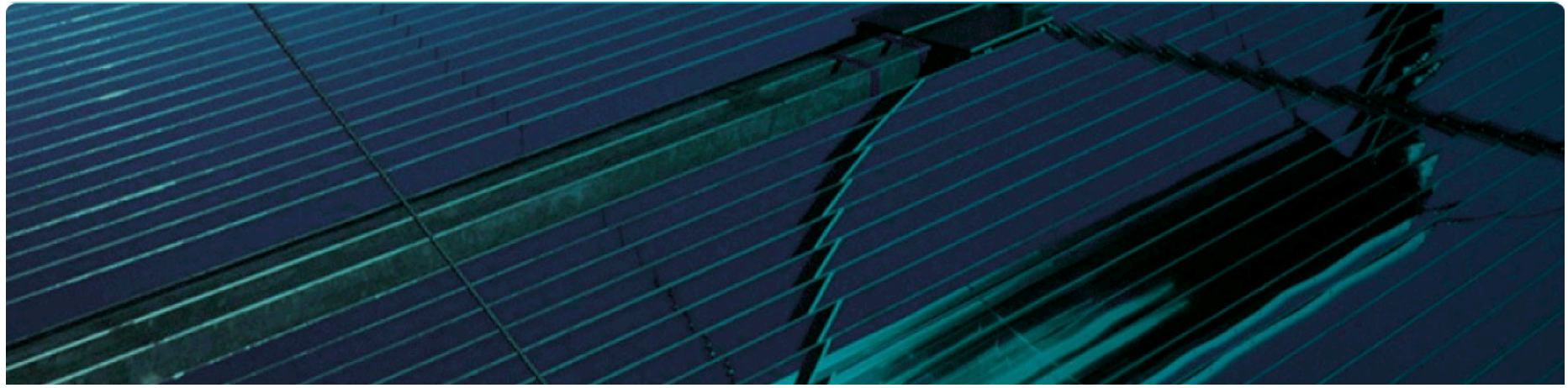
- Performance ottimizzate per refrigerazione a $T < 0^{\circ} \text{ C}$
- Alta flessibilità operativa
- COP_{el} fino al 25% superiore ad un sistema a compressione
- Possibilità di lavorare anche in modalità free cooling
- Macchina a compressione ed ad adsorbimento operanti in condizioni termodinamiche ottimali

Sistema ibrido in cascata



Sfide tecnologiche e non-tecnologiche

- Riduzione dei costi iniziali delle tecnologie proposte
- Incremento della conoscenza delle tecnologie e delle metodologie di progettazione ed installazione
- Necessità di dimostrare, mediante progetti innovativi, l'efficienza e l'affidabilità di queste tecnologie
- Necessità di implementare politiche di supporto allo sviluppo di sistemi di riscaldamento e refrigerazione solare industriale
- Rendere gli interventi rinnovabili in industria appetibili per implementazione di Contratti di Rendimento Energetico



Grazie per l'attenzione

andrea.frazzica@itae.cnr.it

