

SOLAR COOLING

Giuliano Vox



Dipartimento di Scienze Agro-ambientali e Territoriali
Università degli studi di Bari A. Moro

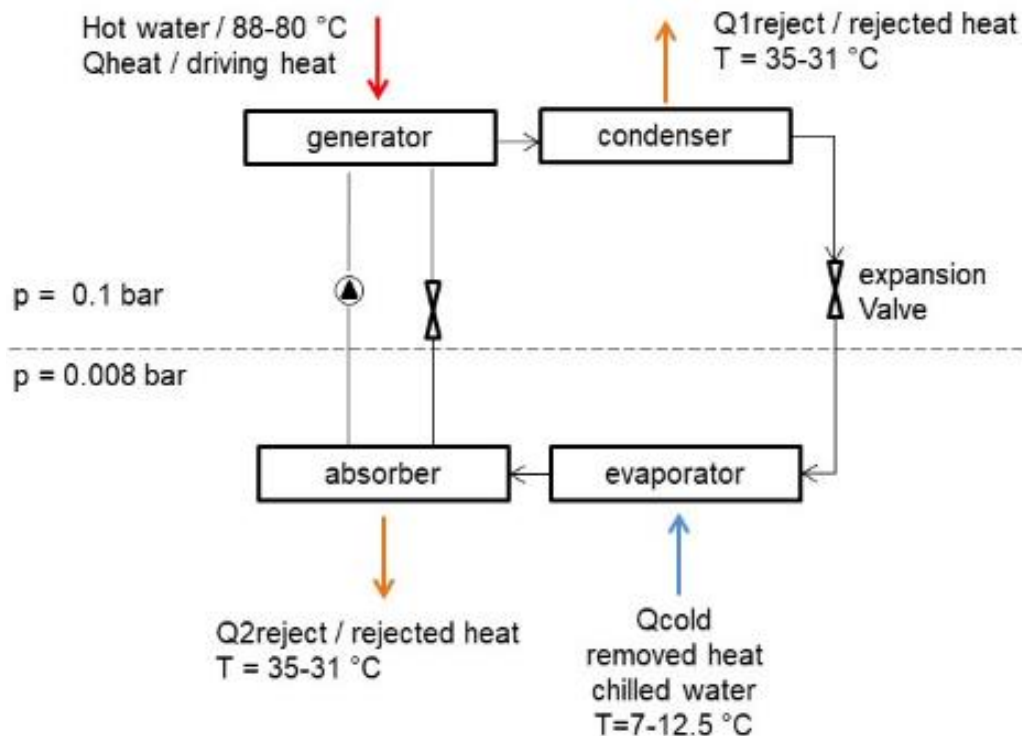
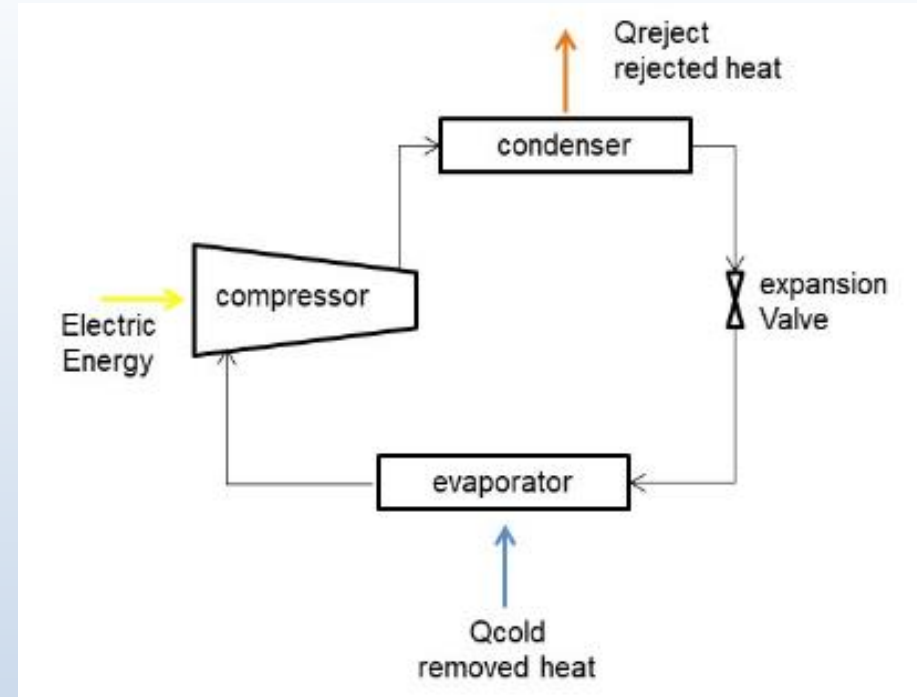
SISTEMI FRIGORIFERI ELETTRICI

L'energia elettrica alimenta il sistema

Q_{cold} : energia asportata utile

Q_{reject} : calore da rimuovere

$$COP = \frac{Q_{cold}}{\text{Electric Energy}}$$



SISTEMI FRIGORIFERI AD ATTIVAZIONE TERMICA

Q_{heat} : energia termica che alimenta il sistema

Q_{cold} : energia asportata utile

$Q_{1reject} + Q_{2reject}$: calore da rimuovere

$$COP_{thermal} = \frac{Q_{cold}}{Q_{heat}}$$

Ciclo frigorifero ad assorbimento

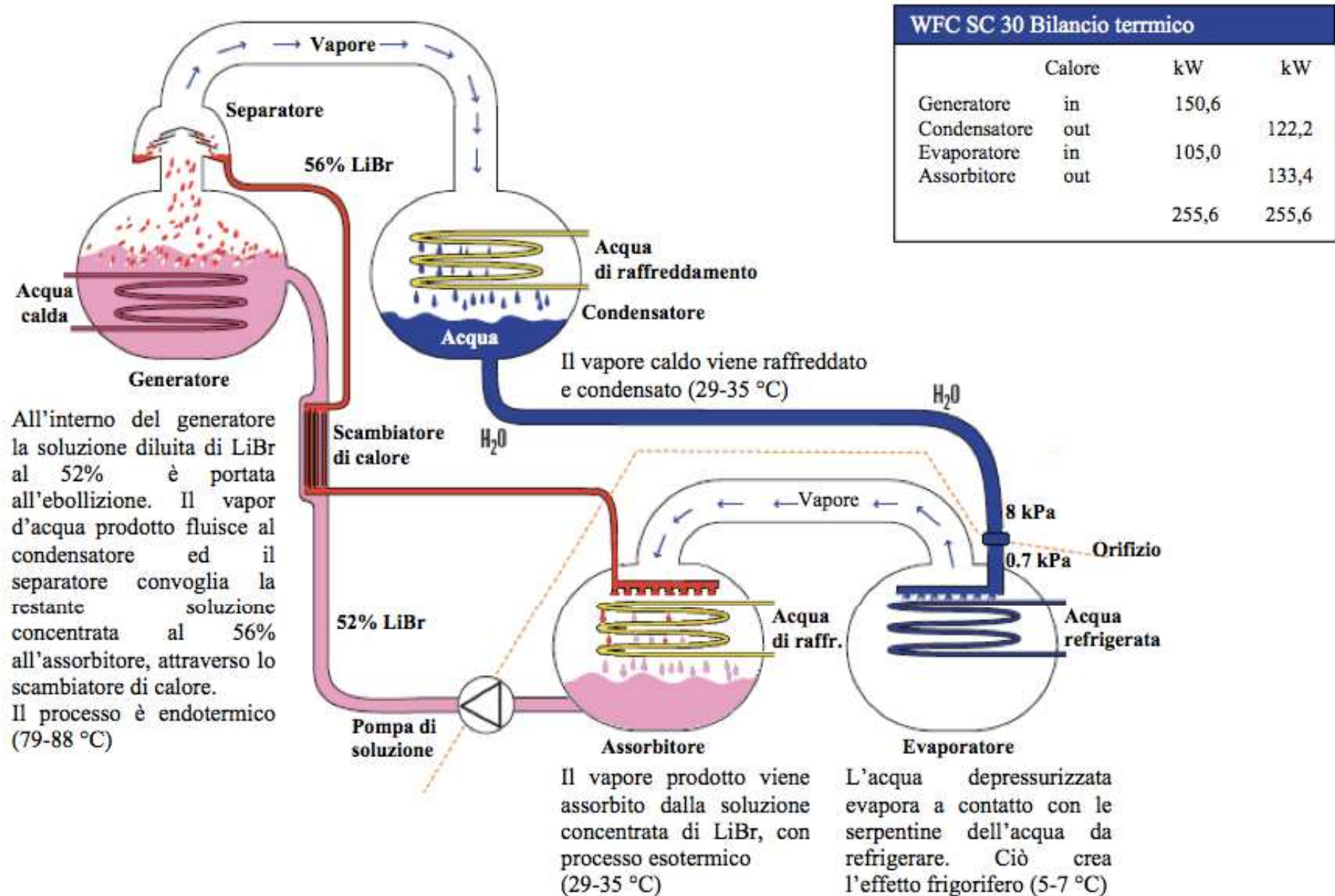


Figura 1 - Ciclo frigorifero ad assorbimento e bilancio termico

La refrigerazione ad assorbimento accoppiata con i sistemi solari

- **I sistemi ad assorbimento ad attivazione termica possono sfruttare l'energia generata dai collettori solari**
- **I sistemi ad assorbimento possono essere applicati per il condizionamento estivo delle serre sfruttando la contemporaneità delle esigenze di raffrescamento e della disponibilità di radiazione solare**

Il solar cooling per le serre

Le tecniche di raffrescamento più utilizzate in serra sono l'ombreggiamento, la ventilazione ed i sistemi evaporativi



I sistemi evaporativi richiedono elevate quantità di acqua ed incrementano l'umidità relativa dell'aria

Obiettivi della ricerca

- **Definire il potenziale di un sistema solare di raffrescamento ad assorbimento in termini di potenza frigorifera, di superficie di collettori solari e di area coltivata in serra**
- **Applicare il sistema di raffrescamento ad una serra per contenere le elevate temperature estive**





4.45 m

2.45 m

30 m

10 m



Valori climatici medi, massimi e minimi in serra

		Months											
		J	F	M	A	M	J	J	A	S	O	N	D
air temperature (°c)	maximum	13.5	13.3	17.0	23.0	26.9	29.5	32.1	32.9	28.6	24.8	18.9	14.9
	minimum	5.4	4.2	7.8	10.9	14.0	17.4	20.0	20.9	17.1	14.7	10.7	6.2
	mean	9.0	8.2	12.0	16.4	20.3	23.6	26.5	26.8	22.5	18.9	14.2	9.8
air relative humidity (%)	average	78.6	77.5	76.5	62.3	57.4	55.4	54.0	57.4	64.7	81.5	83.7	85.4
solar radiation (MJ/m ² /month)	cumulative	153	215	349	557	632	726	761	647	482	302	158	144

ENERGIA PER IL RAFFRESCAMENTO

$$Q_C = I_r \cdot \tau_{cp} \cdot (1 - \rho) \cdot S - U \cdot S \cdot \Delta T$$

I_r = radiazione solare, 900 W m^{-2}

τ_{cp} = coefficiente di trasmissione copertura, 0.85

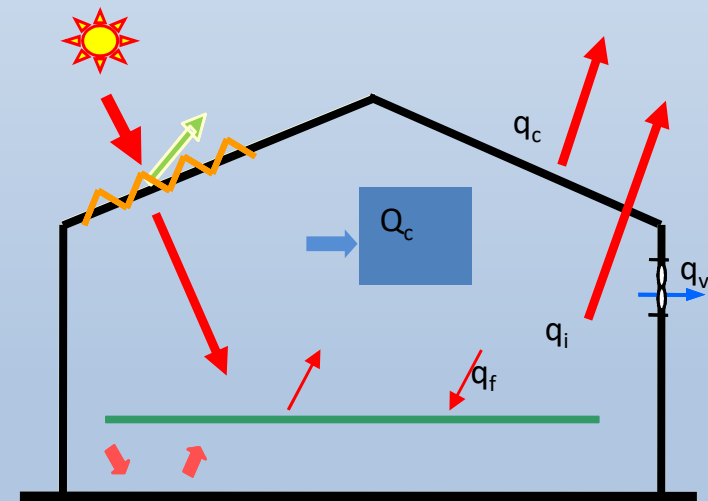
ρ = coefficiente di riflessione del suolo e della rete ombreggiante, 0.5

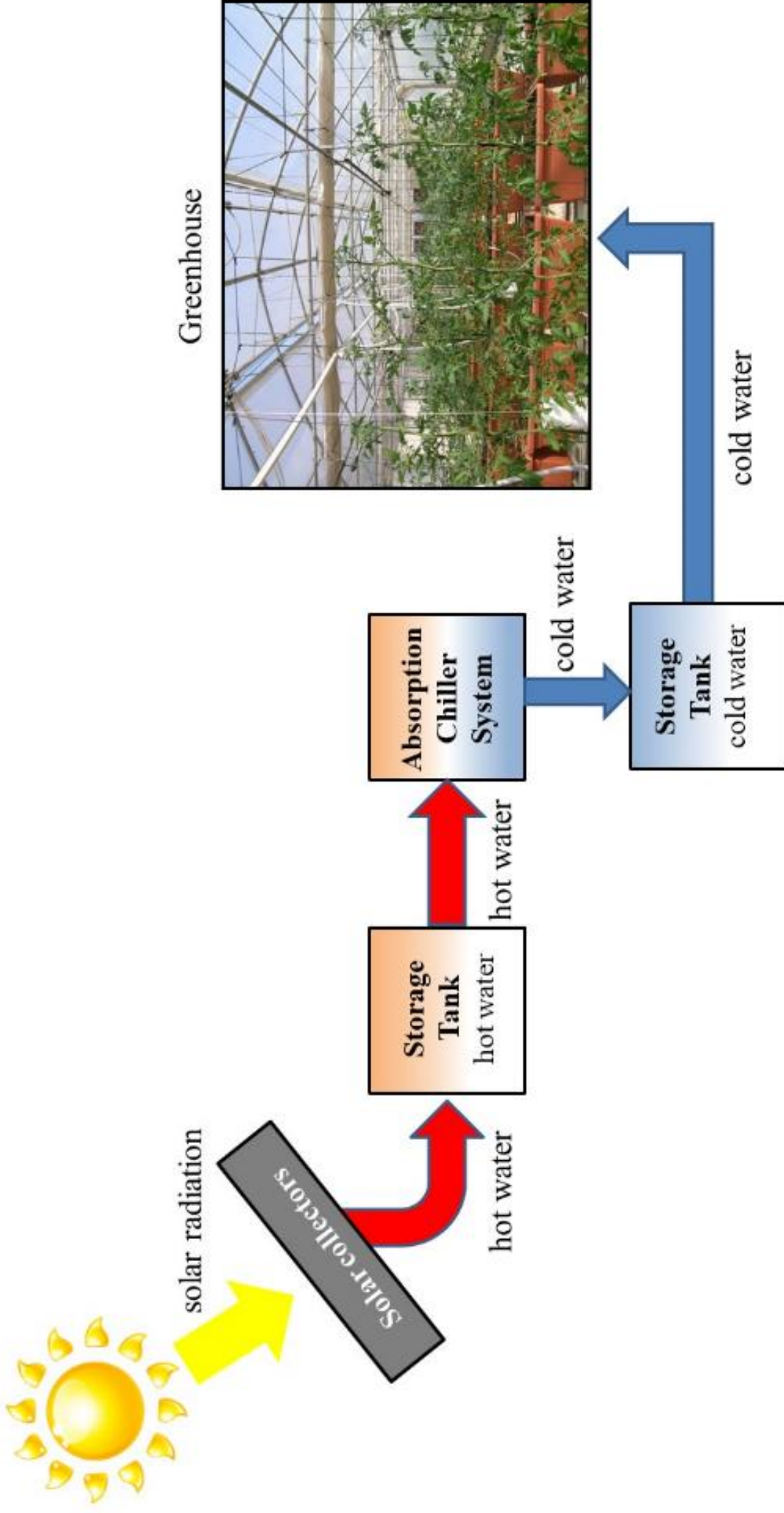
S = superficie effettiva da raffreddare, 40 m^2

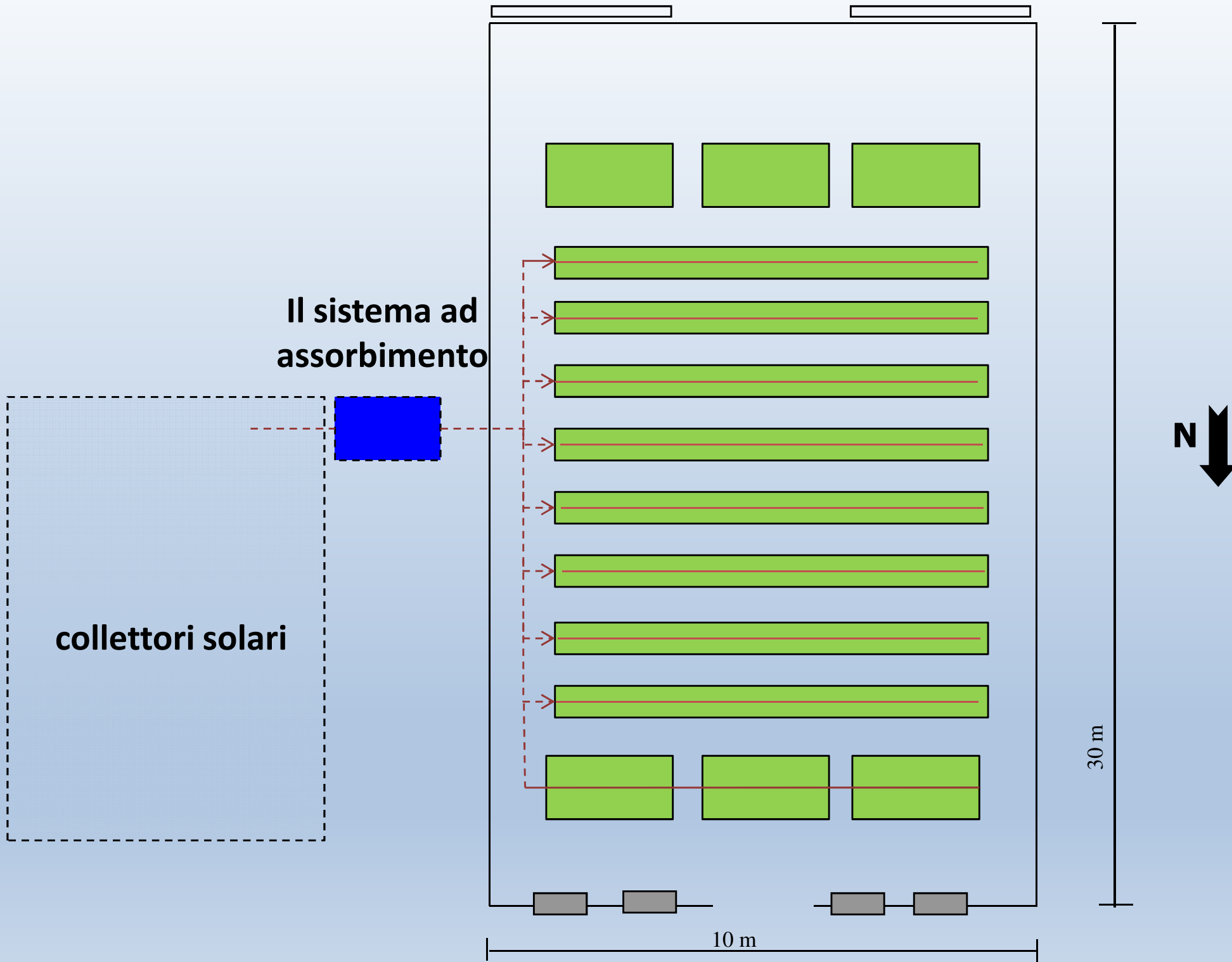
U = coefficiente globale di trasmissione del calore della serra, $10 \text{ W m}^{-2} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$

ΔT = temperature serra – temperature esterna, $1 \text{ }^\circ\text{C}$

Potenza frigorifera necessaria = 18 kW







Il sistema ad assorbimento

- **fluido di lavoro: acqua/bromuro di litio**
- **potenza frigorifera= 17.6 kW**
- **COP = 0.70 (input dai collettori solari = 25 kW)**
- **mandata/ritorno acqua refrigerata = 7 °C/ 12.5 °C**
- **IN/OUT dai collettori solari = 88 / 83 °C**
- **superficie collettori solari sottovuoto = 60 m²; inclinazione = 30 °**
- **capacità di raffreddamento torre evaporativa = 42.7 kW; T IN/OUT = 35/31 °C**
- **consumo energia elettrica = 48 W**



Serbatoio
acqua calda

Serbatoio
acqua
refrigerata

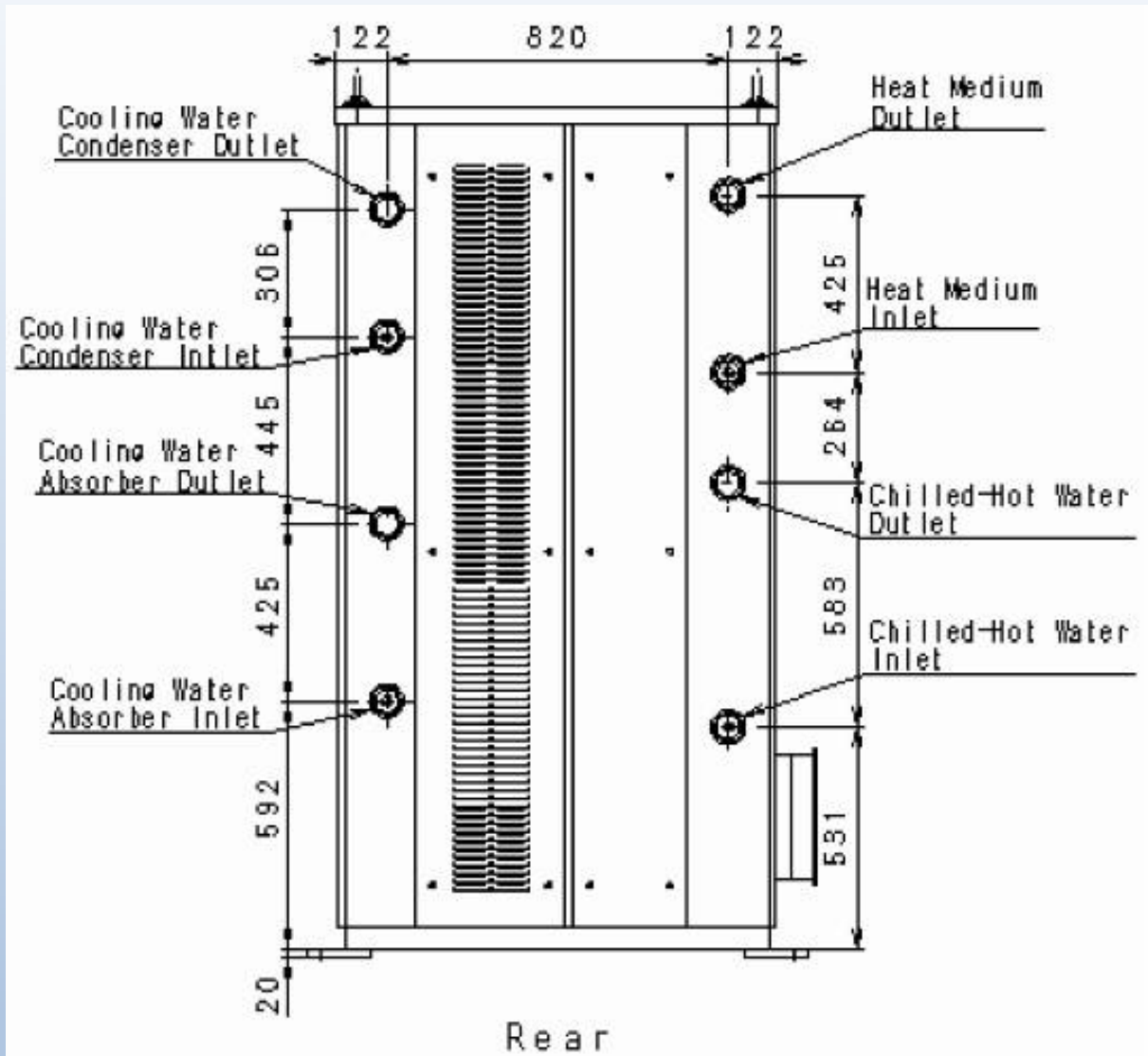
Torre
evaporativa

Chiller ad
assorbimento

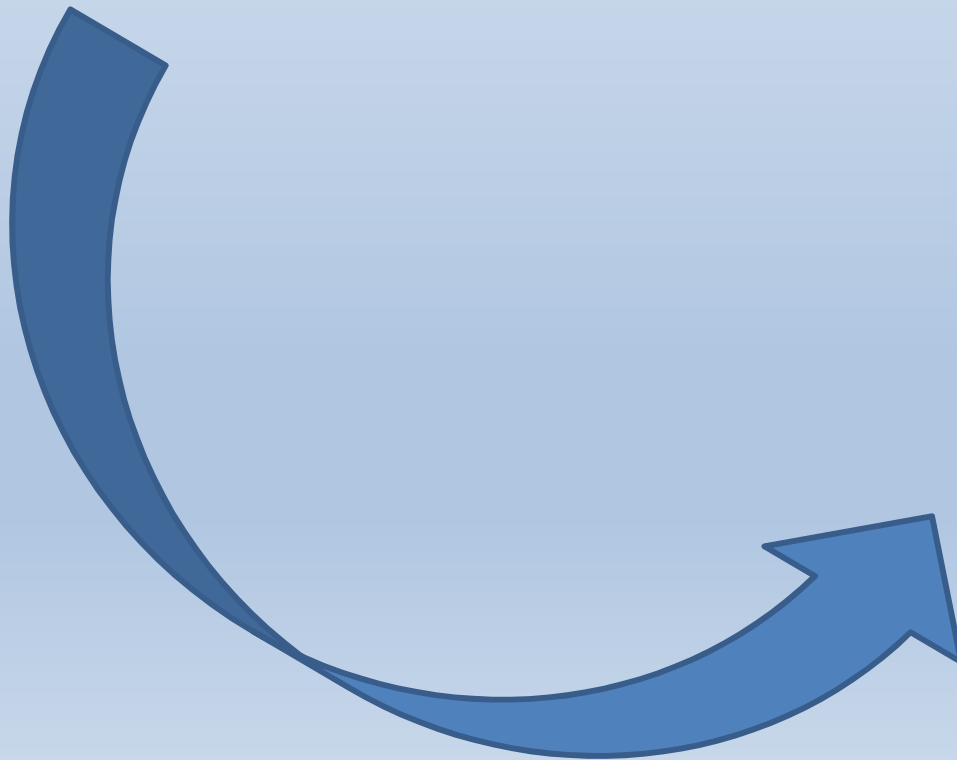
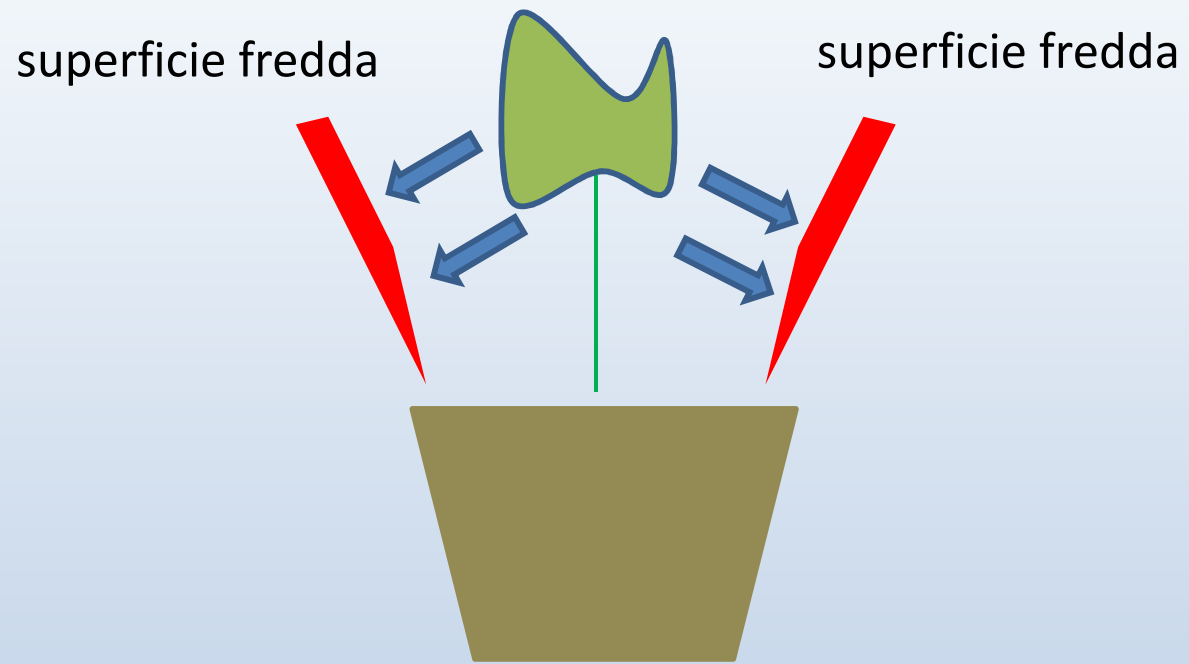




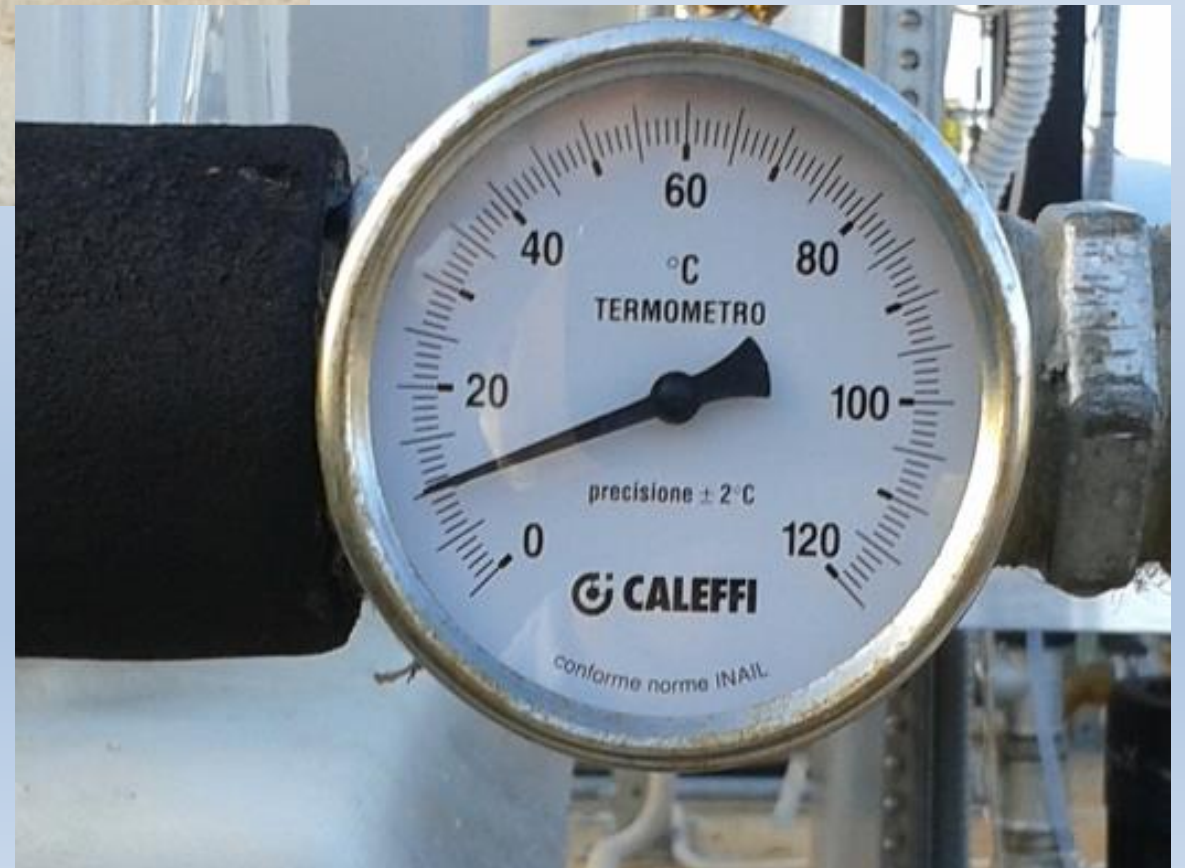
La macchina frigorifera ad assorbimento

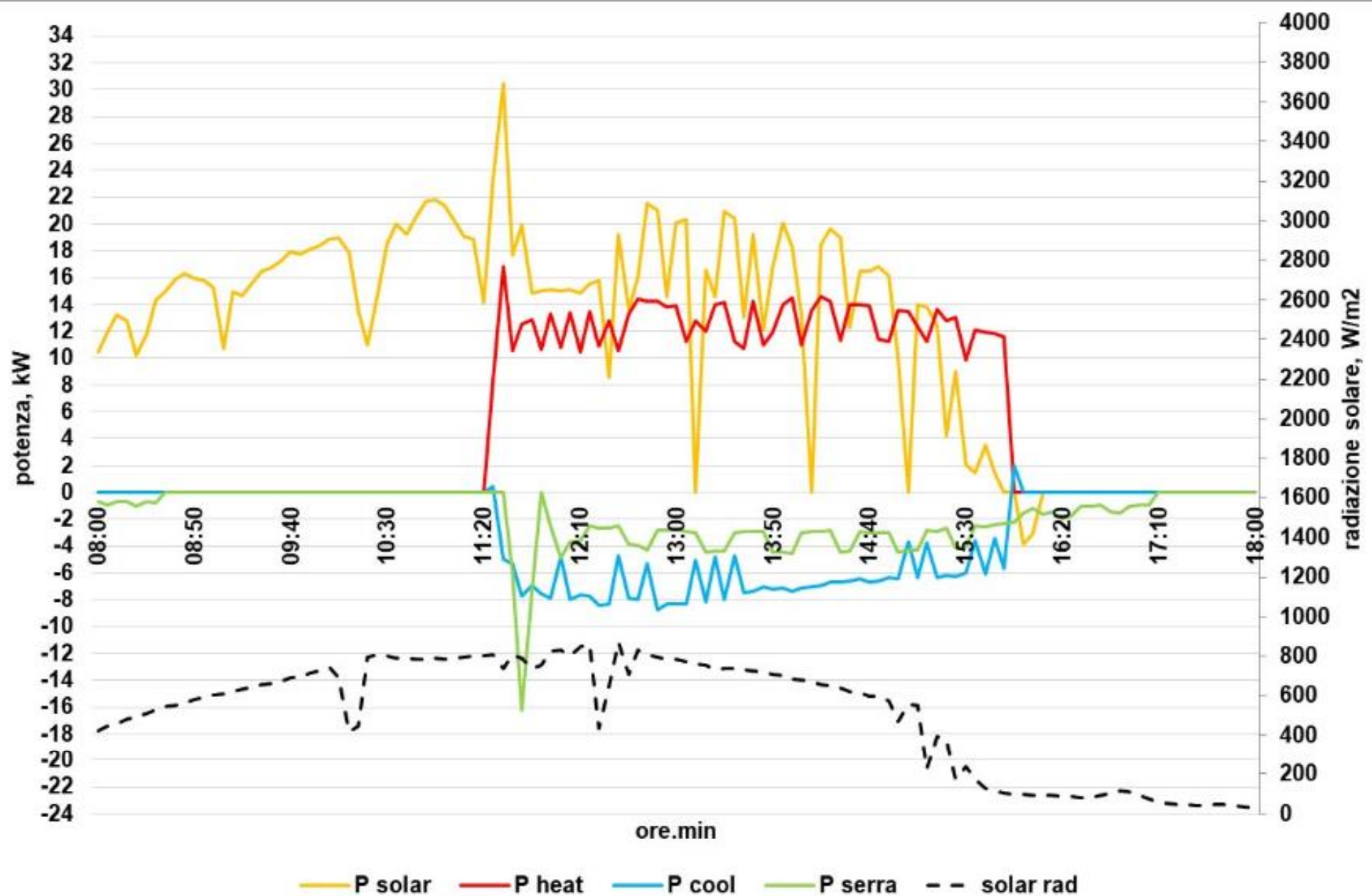


Ingressi ed uscite (Yazaky, 2014)



RISULTATI





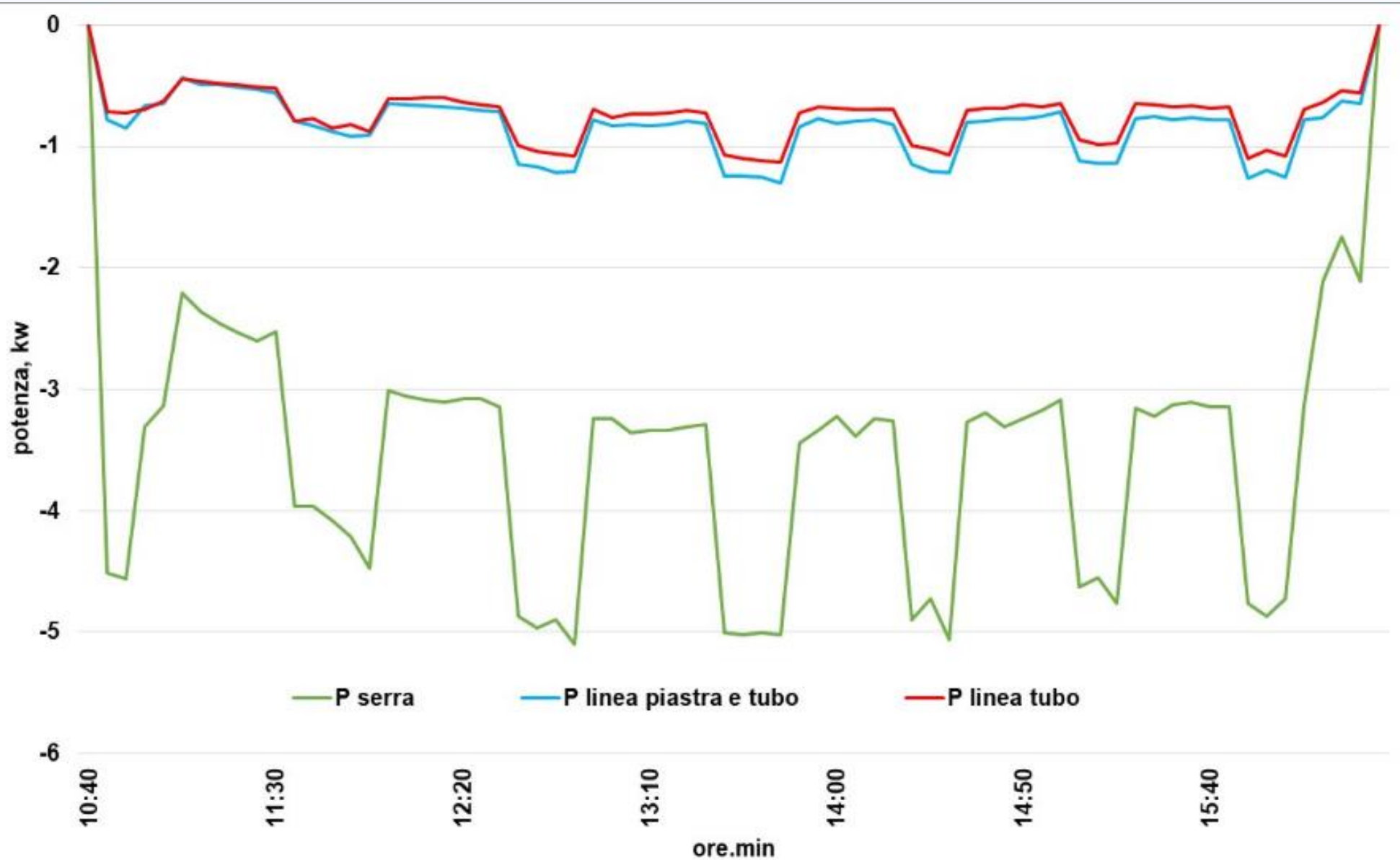
P solar: dal campo solare al serbatoio di accumulo caldo

P heat: dal serbatoio caldo all'assorbitore

P cool: dall'assorbitore al serbatoio freddo

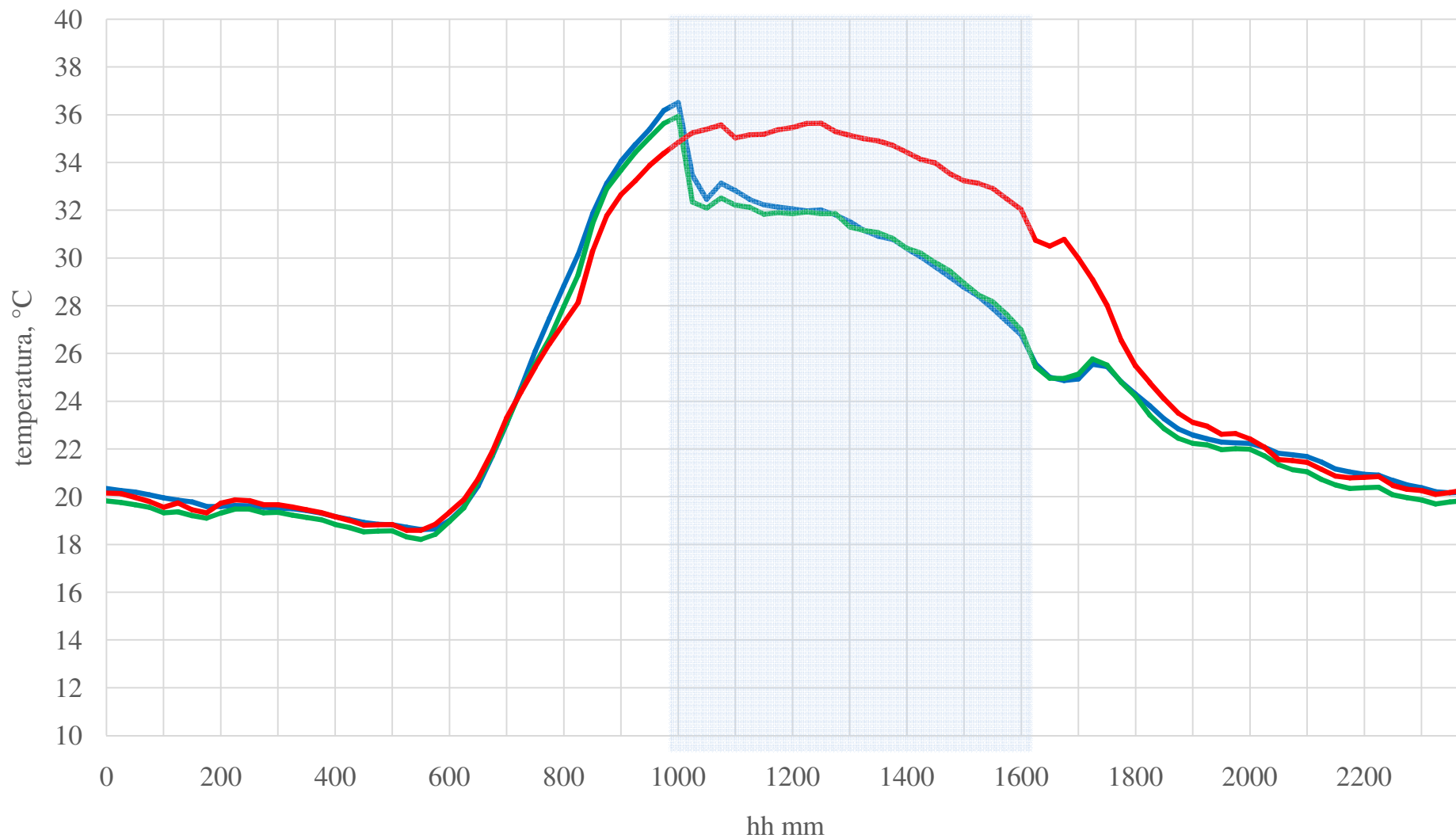
P serra: dall'accumulo freddo alla serra

solar rad: radiazione solare, asse dx



Potenza di raffreddamento fornita:

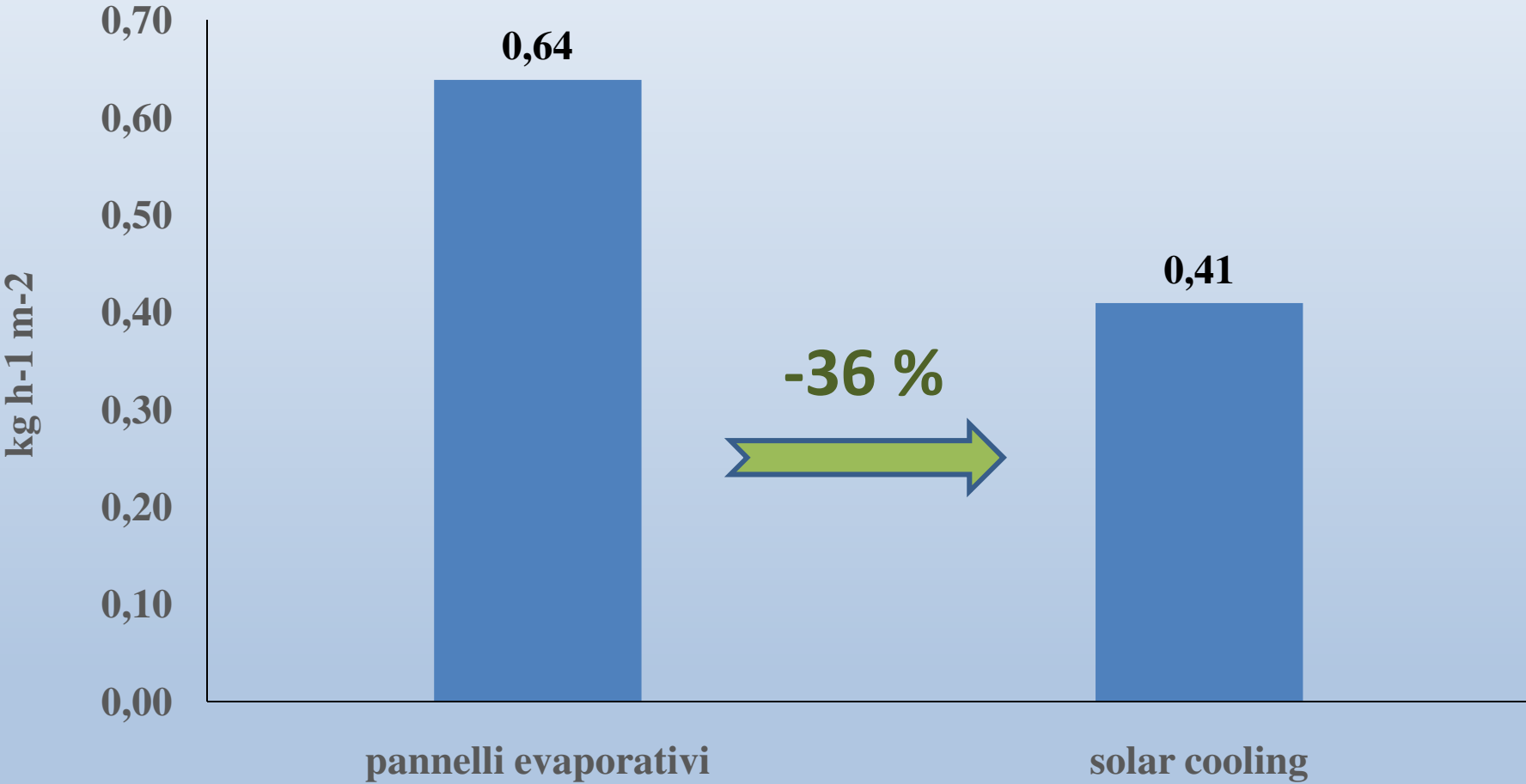
- alla linea di coltivazione raffrescata con piastra e tubi (P linea piastra e tubo)
- alla linea di coltivazione raffrescata solo con tubi (P linea tubo)
- a tutta la serra (P serra)



— T aria vicina a piastra e tubo — T aria vicina a tubo — T aria senza raffreddamento

Temperature dell'aria rilevate nelle zone di coltivazione per le zone raffrescate con i 2 differenti sistemi di distribuzione del freddo e per la zona non raffrescata.

CONSUMO IDRICO PER UNITÀ DI SUPERFICIE DI SERRA



INCENTIVI

- **Il nuovo conto termico 2.0 del 2019 prevede un incentivo economico per l'installazione di collettori solari termici per la produzione di acqua calda sanitaria e/o in aggiunta dell'impianto di climatizzazione invernale (riscaldamento), anche abbinati a sistemi di solar cooling (raffrescamento estivo).**
- **I soggetti ammessi all'incentivo per questa tipologia di intervento sono:**
 - ✓ - **le pubbliche amministrazioni**
 - ✓ - **i soggetti privati**
- **Le installazioni devono essere realizzate su: edifici esistenti, parti di edifici o unità immobiliari esistenti, pertinenze o serre.**

SOLAR COOLING

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Giuliano Vox



Dipartimento di Scienze Agro-ambientali e Territoriali
Università degli studi di Bari A. Moro