



Solare termico e pompe di calore per la climatizzazione degli edifici

prof. ing. Marco Manzan
manzan@units.it

Il solare termodinamico come soluzione di efficientamento energetico

Udine
25 settembre 2014



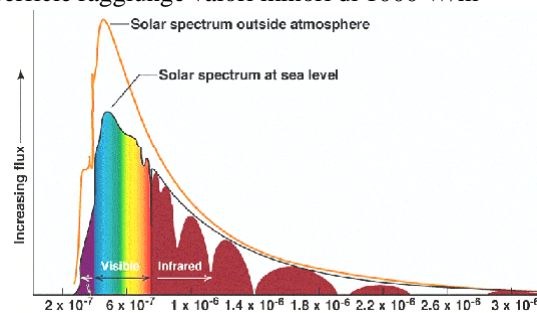
Pannelli solari termici

- I pannelli solari termici trasformano l'energia solare in energia termica
- l'energia termica può essere utilizzata per
 - riscaldamento
 - Acqua Calda Sanitaria (ACS)
- Soluzioni avanzate consentono anche di ottenere
 - raffreddamento (Solar Cooling)
 - produzione di energia elettrica (non fotovoltaica)
- Le prime due soluzioni sono le più classiche



Radiazione Solare

- La radiazione solare extraterrestre è simile a quella di un corpo nero alla temperatura di 5800 K (legge di Planck)
- La radiazione viene filtrata nel passaggio nell'atmosfera
 - extraterrestre ha un valore di 1367 W/m^2
 - sulla superficie raggiunge valori minori di 1000 W/m^2



prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

3



Tipo di radiazione

- La radiazione si può suddividere in diretta e diffusa
- La radiazione diretta incide sulle superficie con la direzione dei raggi solari
- La radiazione diffusa deriva dai fenomeni di diffusione e scattering nell'atmosfera

Intensità approssimata della radiazione solare.

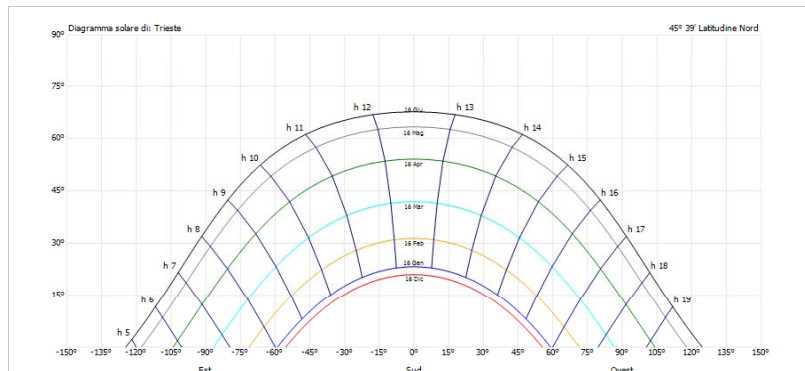
Radiazione solare	Condizioni atmosferiche							
	Cielo sereno	Nebbia	Nuvoloso	Disco solare giallo	Disco solare bianco	Sole appena percettibile	Nebbia fitta	Cielo coperto
globale	1000 W/m ²	600 W/m ²	500 W/m ²	400 W/m ²	300 W/m ²	200 W/m ²	100 W/m ²	50 W/m ²
diretta	90%	50%	70%	50%	40%	0%	0%	0%
diffusa	10%	50%	30%	50%	60%	100%	100%	100%

prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

4



Percorsi solari – diagramma cilindrico

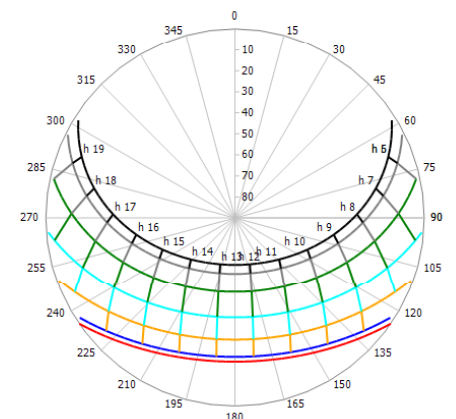


prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

5



Percorsi solari - diagramma polare

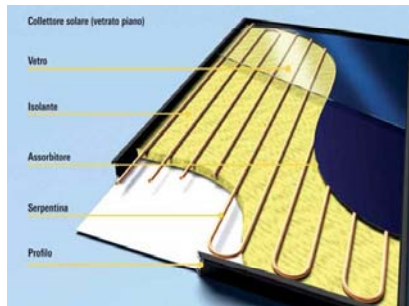


prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

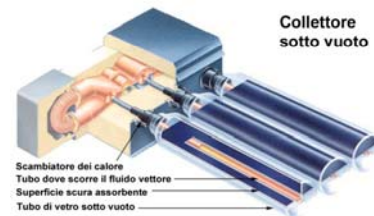
6



Struttura di un Pannello Solare



Pannello piano

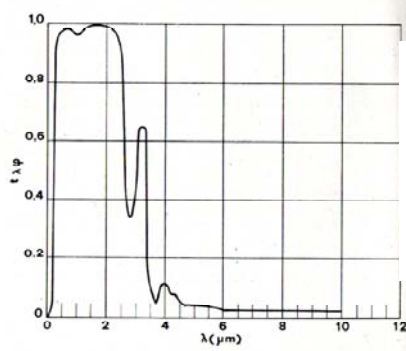


Tubi sottovuoto

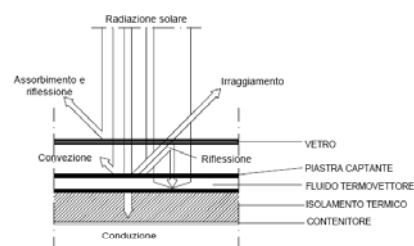


Energia assorbita dal pannello

Coefficiente di trasmissione del vetro



Flussi di energia nel pannello





Tipologie di pannello



Piano circolazione
naturale



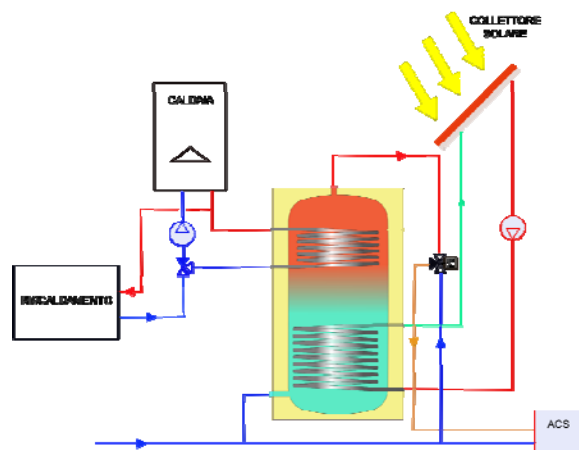
Piano circolazione forzata



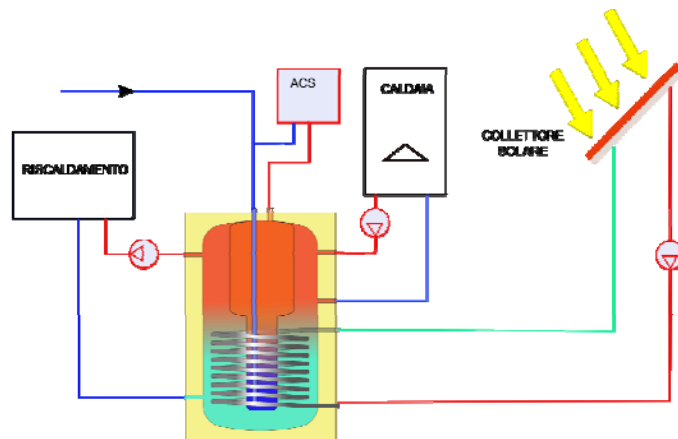
Tubi sottovuoto



Produzione ACS



Produzione ACS e riscaldamento

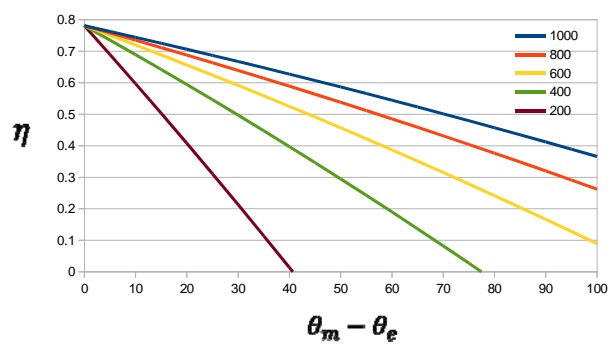


prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

11

Efficienza di un pannello

$$\eta = \eta_0 - a_1 \cdot \frac{(\theta_m - \theta_e)}{G} - a_2 \cdot \frac{(\theta_m - \theta_e)^2}{G}$$



prof. Marco Manzan, solare termico e pompe di calore, Udine 25 settembre 2014

12



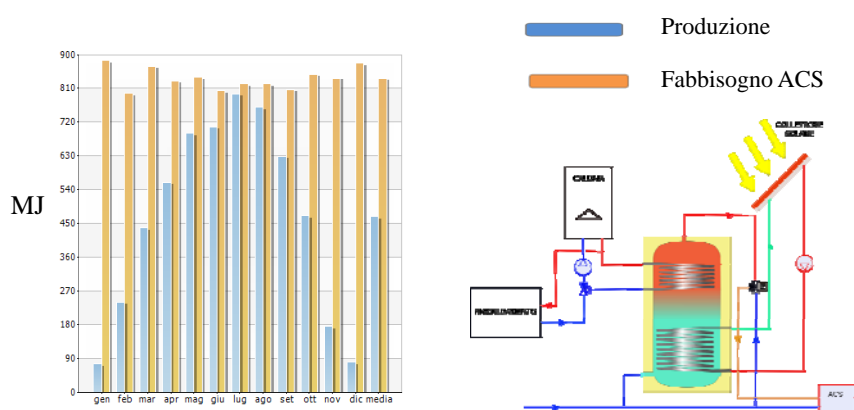
Esempio Applicazione

PARAMETRI DEL COLLETTORE

Superficie esterna: 2,43 m ²	Superficie d'apertura: 2,29 m ²
Superficie assorbente: 2,19 m ²	Numero di pannelli: 2
Superficie totale di captazione: 4,40 m ²	
Azimut della superficie rispetto al sud γ : 0,00 °	Inclinazione della superficie sul piano orizzontale β : 30,00 °
Volume Accumulo	300 l

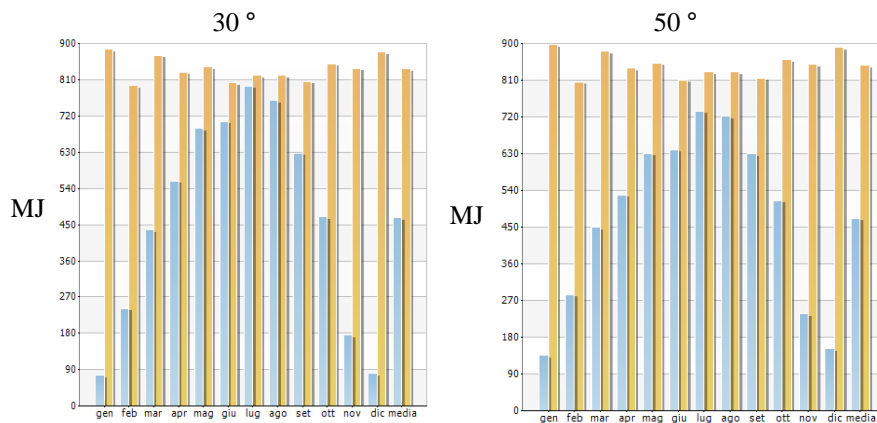


Risultati





Confronto inclinazioni



Pannelli solari termici

- I pannelli solari termici sono una tecnologia provata
- Le tipologie impiantistiche sono note
- L'installazione è obbligatoria per nuovi edifici
- L'efficienza è limitata nel periodo invernale
- Elevate dispersioni all'aumentare della differenza di temperatura



Pompe di Calore

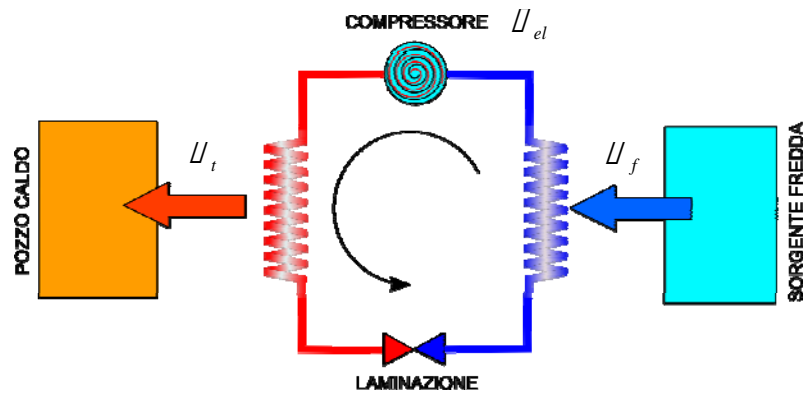
- Estraggono l'energia da una sorgente fredda per trasferirla ad una sorgente calda
- Le sorgenti più usate
 - Aria esterna
 - Terreno
 - Acqua disponibile in superficie
- Utilizzo
 - Riscaldamento
 - Produzione di Acqua calda sanitaria



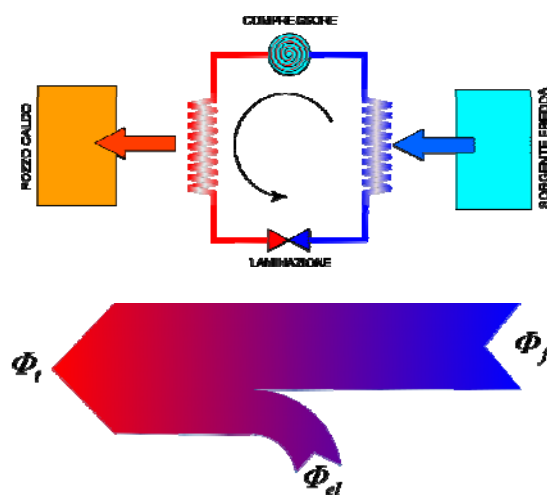
Pompe di calore, tipologie

- pompe di calore elettriche
- pompe di calore ad assorbimento
- pompe di calore accoppiate a motori endotermici
- pompe di calore reversibili: possono essere utilizzate per produrre caldo nel periodo invernale e freddo nel periodo estivo

Pompe di Calore



Flussi termici PdC





Coefficiente di effetto utile

- Il coefficiente di effetto utile per pompe di calore elettriche è definito come COP Coefficient of Performance

$$COP = \frac{\dot{Q}_t}{\dot{W}_{el}}$$

Se si utilizzano le pompe di calore per raffreddare si introduce l'Energy Efficiency ratio EER

$$EER = \frac{\dot{Q}_f}{\dot{W}_{el}}$$



Coefficiente di effetto utile

- Il COP per una pompa di calore varia in funzione di:
 - Temperatura sorgente fredda
 - Temperatura sorgente calda
 - Parzializzazione della macchina
- La determinazione del consumo di una pompa di calore deve tener conto di questi parametri
- Solitamente la temperatura della sorgente calda è costante (temperatura dell'ambiente da riscaldare)
- La temperatura della sorgente fredda può variare notevolmente nel caso di pompe di calore ad aria esterna

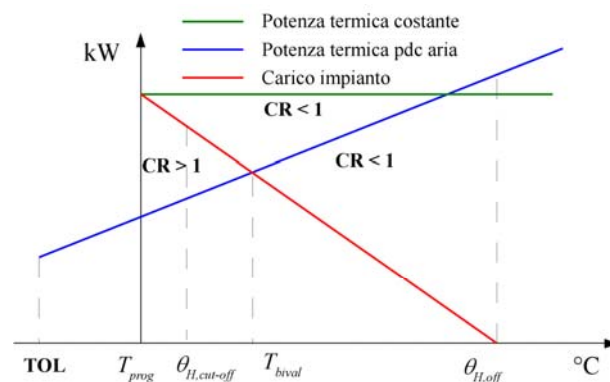


Potenza di una pompa di calore

- La potenza resa da una pompa di calore varia con le temperature
- La potenza resa da una pompa di calore diminuisce con la differenza delle temperature delle sorgenti
- Una pompa di calore ad aria diminuisce la resa all'abbassarsi delle temperature esterne
- Una pompa di calore geotermica non è influenzata dalla temperatura esterna
- il carico termico di riscaldamento cresce quando la temperatura esterna scende
- Le pompe di calore ad aria possono non funzionare con temperature esterne troppo basse
- Si possono avere problemi di formazione di condensa sull'evaporatore



Pompe di calore e temperatura esterna





Funzionamento pompe di calore ad aria

- Quando la temperatura esterna è bassa devo integrare la potenza termica che manca
- Posso utilizzare dei sistemi di backup
 - resistenze elettriche
 - caldaie di backup
- Il sistema di backup può intervenire per compensare la mancanza di potenza termica o sostituire completamente la pompa di calore



Pompe di calore geotermiche



- La temperatura della sorgente è costante
- Costo perforazioni (verticale)
- Spazio e costo sbancamento (orizzontale)
- Elevati COP



pompe di calore ed energia primaria

- il DLGS 28/2011 prescrive che negli edifici nuovi o in ristrutturazioni rilevanti il fabbisogno di energia deve essere coperto con energia rinnovabile
 - 50 % copertura fabbisogno di Acqua Calda Sanitaria
- Percentuali per ACS, riscaldamento e raffrescamento
 - 20 % da 31/05/2012 a 31/12/2013
 - 35 % da 01/01/2014 a 31/12/2016
 - 50 % da 01/01/2017



Le pompe di calore e rinnovabile

- Le pompe di calore danno un contributo in termini di energia rinnovabile
- Il decreto stabilisce la quantità di energia aerotermica, geotermica o idrotermica da considerare rinnovabile ai fini della copertura richiesta
- SPF fattore di rendimento stagionale medio stimato per pompe di calore
- SPF è il coefficiente di effetto utile calcolato in termini di energia per tutta la stagione di riscaldamento

$$E_{RES} = E_{PdC} \left(1 - \frac{1}{SPF_{PdC}} \right)$$

$$SPF_{PdC} = \frac{E_{PdC}}{E_{ass}}$$

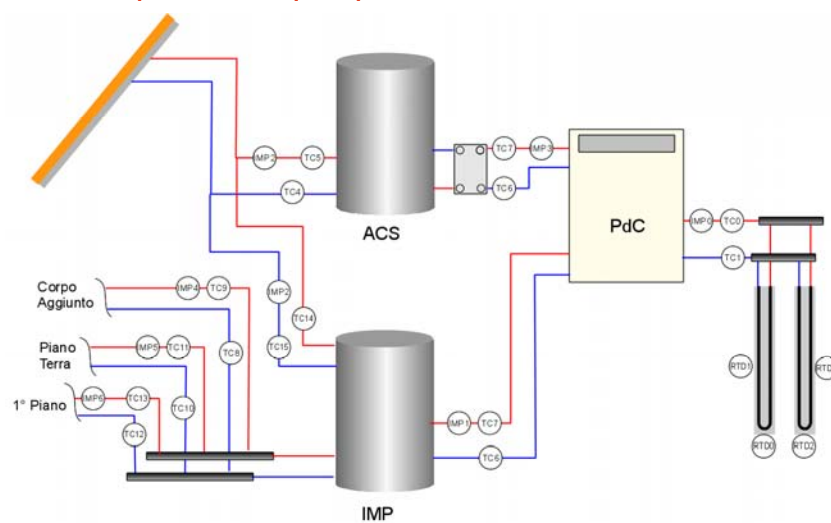


Pompe di calore e solare termico

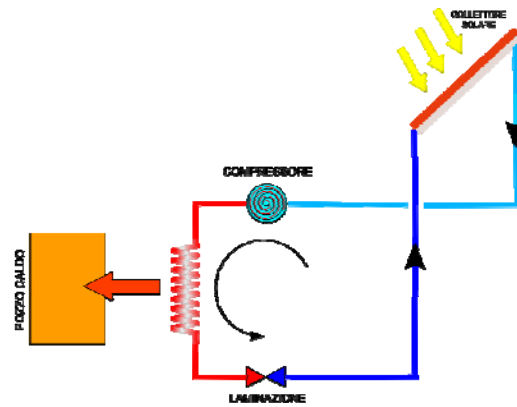
- Le pompe di calore e il solare termico possono coesistere
- Metodo tradizionale: cambia solo il generatore
- Posso integrare la sorgente fredda con pannello solare
- Posso utilizzare il pannello come sorgente fredda



Impianto con pompa di calore e solare termico



Solare Termodinamico



Conclusioni

- Pompe di calore e solare termico sono tecnologie mature
- Entrambe evidenziano problemi e limiti
- Pompe di calore
 - Basso COP con basse temperature (Aria)
 - Elevato costo (Geotermiche)
- Solare termico
 - Elevate dispersioni con temperature basse
 - Superficie da ricoprire
- Solare termodinamico
 - Maggior efficienza collettori (basse temperature)
 - Tecnologia da verificare
 - Prove in campo



GRAZIE DELL'ATTENZIONE