

# RICERCA DI SISTEMA ELETTRICO

## Utilizzo dell'energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva

### Scenario di riferimento

Negli ultimi anni diverse attività di ricerca e sviluppo tecnologico hanno avuto come oggetto processi innovativi per il condizionamento degli edifici basati su tecnologie che utilizzano l'energia solare per la produzione di acqua refrigerata (*solar cooling*). Le tecnologie di *solar heating and cooling* rappresentano soluzioni molto interessanti per il contenimento della spesa energetica da fonti fossili nei settori civile (climatizzazione degli ambienti) e industriale (produzione di calore di processo a media temperatura).

Considerato che nel settore residenziale le tecnologie di *solar heating and cooling* abbinate anche a interventi di retrofit energetico sugli edifici hanno già evidenziato la loro validità dal punto di vista energetico-ambientale, risulta importante sperimentare nuovi sistemi di regolazione in grado di massimizzare la frazione di energia gratuita fornita dal sole al fine di ridurre in maniera importante i tempi di ritorno dell'investimento. Oggi anche la pompa di calore è divenuta una tecnologia matura e più efficiente consentendo un abbattimento dei costi di esercizio anche del 50% rispetto a impianti tradizionali.

### Obiettivi

Il progetto ha lo scopo di definire e sviluppare un sistema integrato robusto, competitivo e di riferimento per il "sistema Italia", in grado di assolvere l'intero compito della climatizzazione, sia estiva che invernale.

Per il raggiungimento di tali obiettivi, si è proceduto nello sviluppo di:

- componenti innovativi in grado di fornire adeguate prestazioni a costi competitivi;
- tecnologie di climatizzazione che consentano la selezione della migliore soluzione tecnico-economica in relazione alle diverse condizioni climatiche presenti nel territorio nazionale.

### Risultati

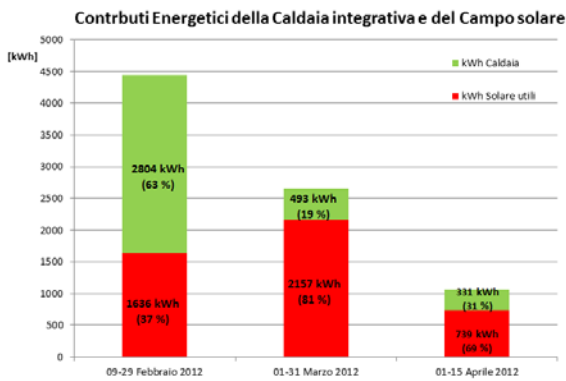
#### Messa in funzione, analisi sperimentale e caratterizzazione dell'innovativo impianto di solar heating and cooling realizzato a servizio di un edificio

L'impianto di *solar heating and cooling* è stato realizzato allo scopo di riscaldare durante il periodo invernale e di climatizzare durante il periodo estivo l'Edificio F92 del Centro Ricerche ENEA della Casaccia. L'edificio (circa 230 m<sup>2</sup>) si sviluppa su tre livelli, ciascuno dotato di gestione autonoma del sistema di climatizzazione. L'impianto ha sempre permesso durante il periodo di monitoraggio il mantenimento delle condizioni di comfort termoisometrico all'interno degli ambienti dell'edificio, grazie alla logica di regolazione gestita da un avanzato sistema BMS (Building Management System).



Campo solare impianto "solar cooling" F92 (Centro Ricerche ENEA Casaccia)

È stato riscontrato un consistente risparmio dei consumi di energia primaria di natura fossile grazie allo sfruttamento della radiazione solare: la frazione solare invernale è stata pari al 56% dei consumi per il riscaldamento degli ambienti mentre quella estiva ha raggiunto il 66% dell'energia termica richiesta dal gruppo frigo ad assorbimento per la produzione di acqua refrigerata.

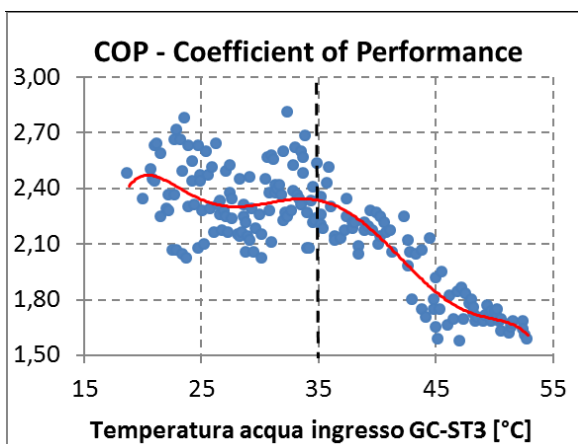


*Contributi energetici della caldaia integrativa e del campo solare al fabbisogno energetico dell'edificio nel periodo invernale di monitoraggio*

### Messa in funzione, analisi sperimentale e caratterizzazione della pompa di calore acqua-acqua a CO<sub>2</sub>

La pompa di calore utilizza come fluido refrigerante la CO<sub>2</sub> (R744), è del tipo acqua-acqua polivalente e produce contemporaneamente acqua calda e acqua refrigerata (Pt = 30 kW, Pf = 27 kW) per alimentare un impianto ad aria primaria e fan coil installato a servizio di un edificio altamente strumentato presente all'interno del C.R. ENEA di Casaccia.

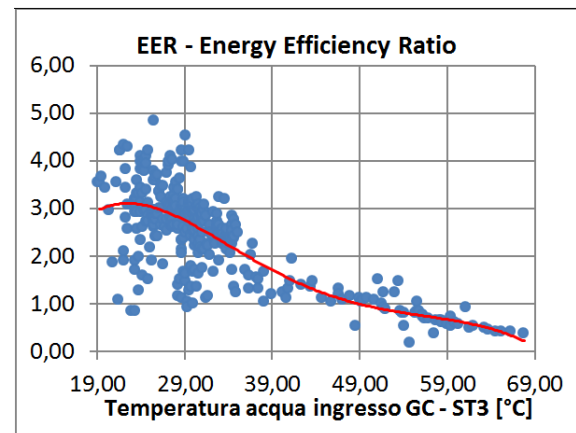
L'analisi congiunta dei dati invernali ed estivi ha permesso di individuare nella temperatura dell'acqua in ingresso alla macchina lato Gas Cooler (ST3) il parametro che condiziona globalmente il funzionamento della macchina. La pompa di calore è dotata di un circuito principale e di un circuito secondario che si attiva per minimizzare la diminuzione del COP quando ST3 è maggiore di 35 °C.



*Andamento del COP in funzione della temperatura dell'acqua in ingresso al GC (Funzionamento invernale)*

La macchina raggiunge il COP invernale massimo di 2,80 per ST3 pari a 32,5 °C. La sperimentazione nel periodo invernale evidenzia l'importanza della scelta dei terminali d'impianto da abbinare alla macchina: essi devono essere in grado di assicurare una bassa temperatura di ritorno dall'impianto in modo da massimizzare il COP della macchina.

L'EER presenta un valore massimo di 4,81 per ST3 prossima a 25,7 °C.



*Andamento dell'EER in funzione della temperatura dell'acqua in ingresso al GC (Funzionamento Estivo)*

### Progettazione costruttiva di un prototipo di pompa di calore a CO<sub>2</sub> (R744) invertibile del tipo aria-aria e realizzazione della facility di prova

La climatizzazione di grandi locali commerciali e grossi edifici del terziario può essere realizzata con sistemi roof-top installati sulla copertura dell'edificio e collegati alla rete di distribuzione dell'aria condizionata, prevedendo solo l'allaccio alla rete di distribuzione dell'energia elettrica. Oltre alla progettazione del roof top a R744 (Pt = 36 kW, Pf = 38 kW), è stata progettata anche la facility di prova che consentirà di valutare le performance prestazionali della macchina. L'impianto realizzato avrà il compito di garantire la climatizzazione sia estiva che invernale all'Edificio F76 (circa 215 m<sup>2</sup>) avente destinazione d'uso "uffici" (C. R. Casaccia).

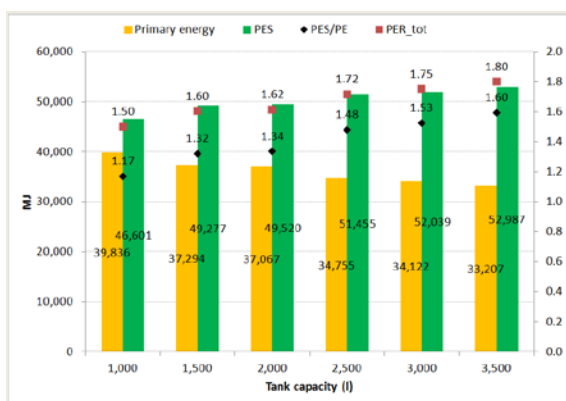
Il funzionamento del roof top sarà costantemente monitorato da un sistema BMS al fine di valutarne COP ed EER.

Al sistema BMS è affidata la gestione delle corrette condizioni termoigrometriche nei vari ambienti variando la portata e la temperatura d'immissione dell'aria nei vari locali. L'analisi sperimentale sul funzionamento invernale del

roof top si pone anche l'obiettivo di individuare la circuitazione frigorifera che, in funzione delle condizioni di temperatura e umidità esterna, riduce al minimo la durata e la frequenza della procedura di sbrinamento della batteria esterna. Le elevate temperature raggiungibili con la CO<sub>2</sub> eviteranno il ricorso a batterie integrative ad acqua alimentate da caldaie a gas, necessarie a garantire il riscaldamento degli ambienti quando i roof top di tipo tradizionale effettuano continui cicli di sbrinamento.

### Progettazione di un serbatoio di accumulo a cambiamento di fase

Sono stati effettuati progettazione costruttiva e dimensionamento di un serbatoio di accumulo a cambiamento di fase (PCM, *Phase Change Material*) da inserire nell'impianto di *solar heating and cooling* realizzato a servizio dell'Edificio F92 (C.R. ENEA Casaccia). L'impianto è dotato sia di un accumulo caldo che di un accumulo freddo della capacità di 1500 e 1000 litri rispettivamente, è stato quindi necessario valutare l'eventuale sostituzione di entrambi gli accumuli con uno di tipo PCM. Il comportamento dell'impianto è stato simulato in ambiente TRNSYS al variare della capacità dei due accumuli.



*Simulazioni invernali: consumo totale di energia primaria (PE), risparmio di energia primaria (PES), rapporto tra le due grandezze (PES/PE) e rapporto di energia primaria totale (PER\_tot)*

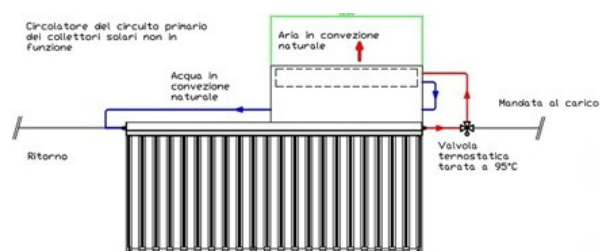
La soluzione energeticamente più conveniente risulta quella relativa a un accumulo solare di 3500 litri e un accumulo freddo di 1000 litri. La capacità di accumulo di energia termica con un serbatoio di 3500 l è di circa 73 MJ (ipotizzando un  $\Delta T$  tra acqua in ingresso e in uscita pari a 5 °C). Una volta individuata la capacità ottimale

si è passati alla valutazione del materiale PCM, scegliendo dei sali idrati che presentano la possibilità di incapsulamento in pratici tubi.

### Studio e progettazione di un sistema di smaltimento statico del calore

Il sistema d'emergenza di dissipazione del calore prodotto in eccesso da impianti solari termici è generalmente costituito da un dry-cooler alimentato elettricamente. L'attività di ricerca ha consentito la progettazione costruttiva e il dimensionamento di un sistema passivo di smaltimento del calore, funzionante anche in caso di assenza di energia elettrica.

Il dimensionamento dell'intero sistema di dissipazione, in particolare il dimensionamento della superficie di scambio della batteria alettata e l'ottimizzazione del passo, dell'altezza delle alette e del posizionamento rispetto al collettore solare, è stato sviluppato attraverso delle simulazioni in ambiente TRNSYS.



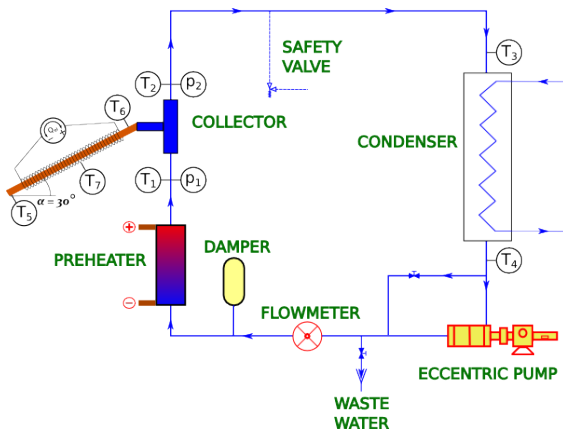
*Schema di montaggio del dissipatore passivo*

### Analisi sperimentale collettori solari termici a heat-pipe

Sono state eseguite prove sperimentali sull'impianto TOSCA (Thermalfluid-dynamics Of Solar Cooling Apparatus) al fine di valutare l'influenza sul funzionamento dell'heat-pipe di tre parametri operativi: inclinazione dell'heat-pipe rispetto l'orizzontale, grado di vuoto e temperatura fluido lato secondario.

Per quanto riguarda l'inclinazione, il massimo rendimento si ha per un'inclinazione di 30° e per un riempimento dell'8,6%: bisognerà comunque tenere conto della radiazione solare disponibile.

Si è inoltre verificato che all'aumento della temperatura nel circuito secondario corrisponde una diminuzione del calore trasferito da parte dell'heat-pipe: aumentando la temperatura operativa si ha infatti un incremento delle dispersioni verso l'esterno.



Impianto T.O.S.C.A.

### Realizzazione di un prototipo di macchina frigorifera caldo/freddo dedicata al settore alimentare

Sono stati studiati il dimensionamento e la realizzazione di un prototipo di macchina a CO<sub>2</sub> acqua-acqua a inversione di ciclo istantaneo per la messa a punto di un processo termico completo (caldo-freddo) sui prodotti alimentari. L'impianto sperimentale Pa.CO<sub>2</sub> è stato realizzato "accoppiando" tra di loro una pompa di calore a CO<sub>2</sub> per la produzione di acqua calda sanitaria e un pastorizzatore di tipo commerciale. Dal confronto con il processo di riscaldamento realizzato elettricamente dalle macchine in commercio, la pompa di calore ha evidenziato consumi elettrici sempre considerevolmente minori, specie in seguito alle modifiche introdotte da ENEA sulla regolazione elettronica della macchina.

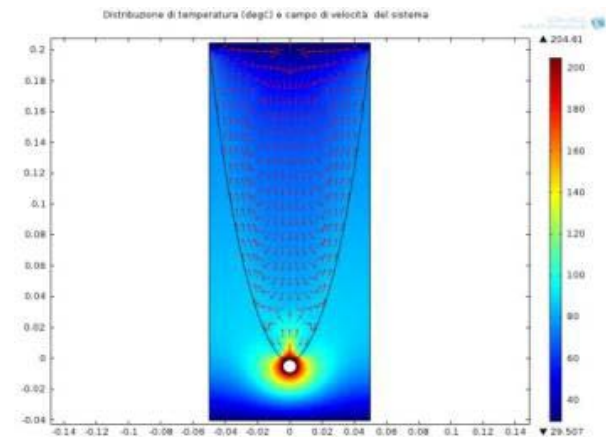
### Realizzazione di un impianto di solar cooling a servizio di una serra per culture intensive

L'attività è stata incentrata sullo sviluppo di una facility per la caratterizzazione di sistemi solar cooling integrati in una serra sperimentale a contenimento, utilizzata per le attività di ricerca su piante transgeniche. Tale

sistema è stato realizzato con un gruppo frigo ad assorbimento installato a servizio della "Serra Transgenica" (S=210 m<sup>2</sup> circa e h=4.5 m) presso il Centro Ricerche ENEA della Casaccia. La serra è suddivisa in otto moduli indipendenti ciascuno dotato di impianti automatizzati in modo da realizzare differenti microclimi e gradi di illuminazione all'interno di ciascun modulo.

### Sviluppo di componenti solari a concentrazione per applicazioni di climatizzazione

Le attività hanno riguardato la modellazione ottica e termo-fluidodinamica di un collettore solare a concentrazione basato su un sistema ottico del tipo CPC (Compound Parabolic Collectors) e lo sviluppo di un prototipo di concentratore solare che utilizza materiali e tecniche costruttive di tipo innovativo.



Risultati delle analisi termo-fluidodinamiche effettuate sul modello di concentratore considerato

La documentazione delle attività di ricerca è disponibile e liberamente scaricabile anche sul sito <http://climatizzazioneconfontirinnovabili.enea.it/>

**Area di ricerca:** Razionalizzazione e risparmio nell'uso dell'energia elettrica

**Progetto 3.4:** Utilizzo dell'energia elettrica e solare per la climatizzazione estiva

**Referente:** Andrea Calabrese, [andrea.calabrese@enea.it](mailto:andrea.calabrese@enea.it)

Novembre 2012

Documenti tecnici e aggiornamenti disponibili sul sito ENEA: [www.enea.it](http://www.enea.it)