Luca Giacobone
Via Repetti, 9
19123 La Spezia
Tel.:3496738000
Mail: remalu@libero.it

Si riporta una breve sintesi del lavoro di tesi, il cui titolo è:

“La tecnologia delle pompe di calore elio-assistite: analisi teorica e sperimentale di un primo prototipo” con cui ho conseguito la Laurea Specialistica in Ingegneria Meccanica, presso l’Università degli Studi di Genova, l’ 8 maggio 2009, con la valutazione di 110/110.

BREVE SINTESI DEL LAVORO DI TESI

Obiettivo di questa tesi è capire quali vantaggi comporta l’utilizzo di tale componente in una pompa di calore ad espansione diretta e capire come l’intero sistema è influenzato dalle condizioni climatiche esterne.

Nel presente lavoro si affronta anche il problema del decadimento delle prestazioni di una pompa di calore causata dell’abbassamento della temperatura dell’aria esterna. Si è sfruttato come punto di partenza il filone di ricerca che propone come parziale risoluzione del problema l’utilizzo di un collettore-evaporatore che sfrutta l’energia irradiata dal sole.

Il lavoro di tesi è suddiviso in diverse sezioni, esso ha inizio con una parte introduttiva, dedicato alla spiegazione del funzionamento delle pompe di calore (Figura 1) e dei principali problemi che ne limitano le prestazioni.

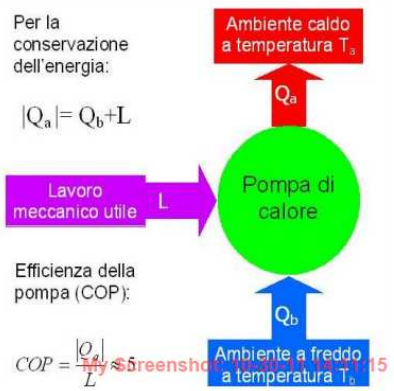


Figura 1 Principio fisico della pompa di calore

In generale, le pompe di calore sono infatti macchine in grado di trasferire calore da una sorgente a temperatura più bassa verso una a temperatura maggiore, spendendo dell’energia. La pompa di calore si dice "reversibile" quando è predisposta alla duplice funzionalità di riscaldamento (durante l’inverno) e condizionamento (durante l’estate).

I valori di COP (Coefficient of Performance, indicatore delle prestazioni della macchina nel funzionamento invernale, definito come rapporto tra il calore ceduto dal condensatore all’ambiente esterno da riscaldare e l’energia elettrica consumata) e EER (Energy Efficiency Ratio, parametro che definisce le prestazioni nel funzionamento estivo, definito come rapporto tra il calore estratto dalla sorgente a temperatura più bassa sull’energia elettrica consumata) dipendono dalle

temperature effettive delle sorgenti in gioco. In generale, un aumento della temperatura dell'acqua che alimenta l'evaporatore può consentire un cospicuo incremento della potenza termica resa dalla macchina. Per questo, allo scopo di migliorare l'efficienza (il COP) delle pompe di calore, si può pensare di integrare queste ultime, nel funzionamento invernale, con sistemi di riscaldamento, ad esempio di tipo solare, della sorgente a temperatura più bassa (Figura 2).

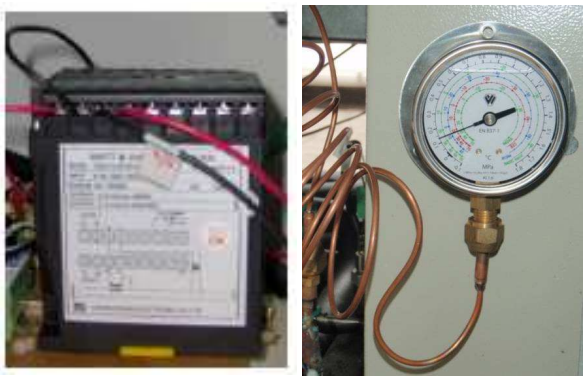
Figura 2 Differenti tipologie di pompe di calore e schema di impianto del caso di funzionamento 'elioassistito'.

Successivamente, all'interno del lavoro di tesi, sono citati diversi casi di studio svolti da alcuni autori sul problema delle pompe di calore elio-assistite. Le informazioni provenienti dalla bibliografia utilizzata sono state tenute come riferimento per sviluppare il modello matematico ed il modello numerico presentati successivamente.

Prima di affrontare l'analisi numerica e critica delle prestazioni estrapolate dalle diverse campagne di test sperimentali, si è dovuto procedere alla taratura degli strumenti di misura cablati e montati sull'impianto stesso.

La fase di montaggio e taratura è stata parte integrante del lavoro di tesi, ed ha costituito la fase preliminare al progetto e propedeutica allo svolgimento della campagna di test. In particolare si sono utilizzati i seguenti strumenti:

- Termistori;
- Manometri;
- Wattmetro;
- Solarimetro.



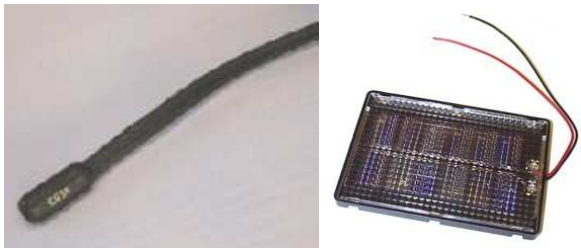


Figura 3 Gli strumenti utilizzati, a partire dall'alto a sinistra, in senso orario, wattmentro, manometro, solarimetro e termistore

Su questi strumenti è stata effettuata una taratura, tramite una procedura integrata, in ambiente Matlab-Simulink, che ha permesso di ricreare le curve caratteristiche dei singoli strumenti, al variare della temperatura di lavoro.

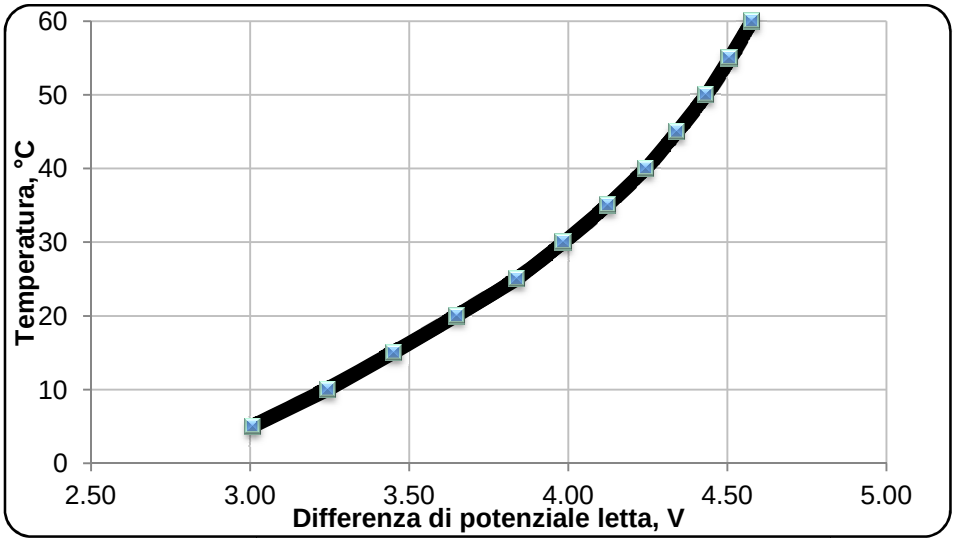


Figura 4 Curva caratteristica termistore

Successivamente alla taratura degli strumenti, si è sintetizzato il lavoro svolto in ambiente MATLAB® per implementare il modello matematico scelto a valle dell'analisi bibliografica presentata precedentemente.

La creazione del modello ha compreso la modellazione di ogni singolo componente dell'impianto, con la creazione dei blocchi, all'interno dei quali venivano in tempo reale restituite le misure rilevate dagli strumenti durante le campagne sperimentali effettuate, l'utilizzo di semplici operatori matematici collegati opportunamente ai blocchi creati, ha permesso il monitoraggio in tempo reale delle prestazioni dell'impianto e un'analisi degli andamenti delle seguenti grandezze:

- Flusso al condensatore;
- Flusso all'evaporatore;
- Potenza assorbita dal compressore;
- Coefficiente di Prestazione;
- Portata di refrigerante.

In particolare, di seguito, dopo avere stabilito il criterio per valutare le grandezze in gioco, si è potuto effettuare l'analisi dei risultati.

L'analisi (Figura 5) ha evidenziato che all'aumentare della radiazione solare disponibile, la frazione energetica computabile all'assorbimento dell'energia proveniente dalla radiazione solare aumenta considerevolmente e diventa preponderante rispetto agli altri contributi. Inoltre, dal momento che la temperatura della piastra si attesta sempre a valori prossimi a quella ambiente, risultano contenute le dispersioni verso l'esterno in termini di energia raggiante.

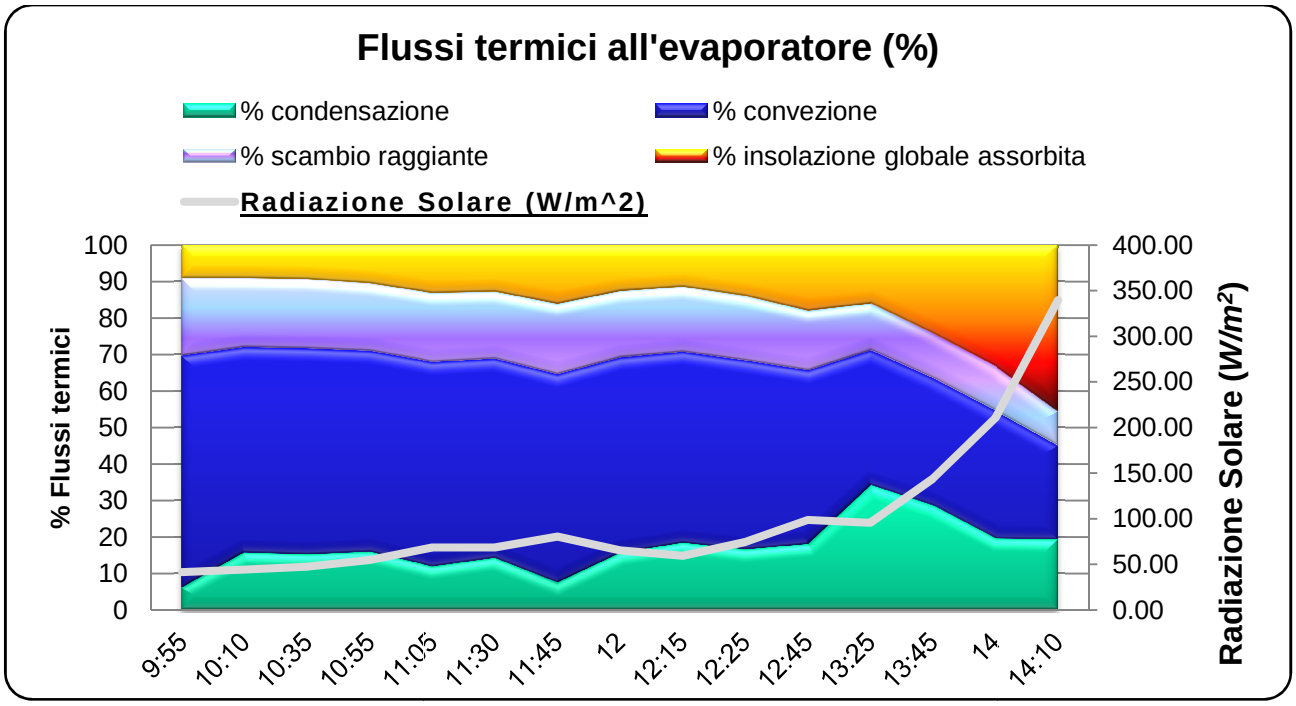


Figura 5 Andamento delle diverse componenti che concorrono a determinare il flusso all'evaporatore

Nella seconda analisi si è provato, tramite diverse configurazioni di apertura, a verificare le prestazioni del ciclo.

La prova si è svolta con un'insolazione bassa, ma in lieve aumento, l'incremento di disponibilità di calore all'evaporatore, comporta un avvicinamento della sorgente termica inferiore a quella superiore. Tale avvicinamento, perché sia sfruttato per migliorare l'efficienza del ciclo, deve essere seguito e coadiuvato dalla graduale apertura della valvola, questo comporta che, a parità di settaggio del compressore, il lavoro svolto dallo stesso è inferiore, perché il flusso all'evaporatore aumenta e la fine dell'evaporazione (diminuendo il Δp tra mandata ed aspirazione del compressore), viene mantenuta in prossimità della linea di saturazione dell'isobutano.

Nel caso in cui non si agisse sulla valvola, l'evaporazione avverrebbe ad una temperatura inferiore, ma essendo aumentato il flusso proveniente dall'esterno, questa terminerebbe nella zona dei vapori surriscaldati, con un relativo spreco di energia; la regolazione effettuata invece consente al compressore di limitare la potenza assorbita, e quindi il COP del sistema migliora sensibilmente.

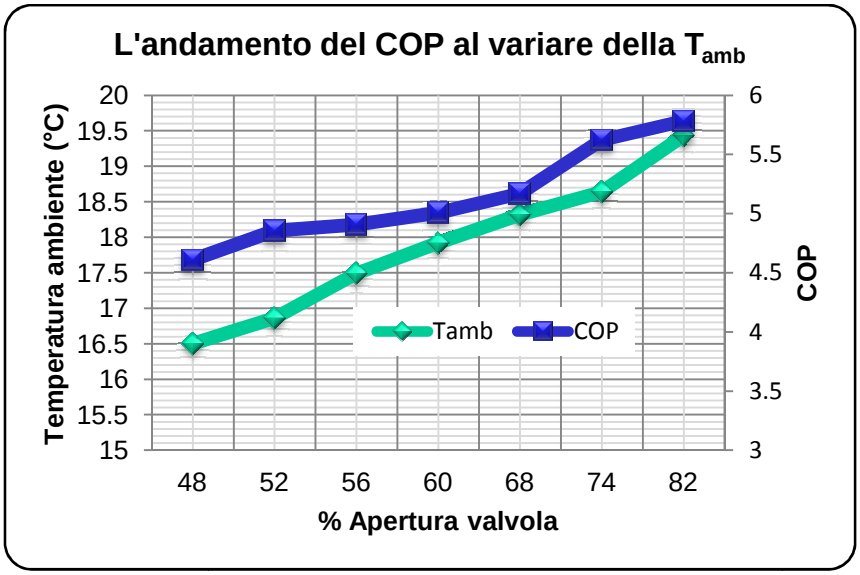


Figura 6 Analisi delle prestazioni al variare dell'apertura della valvola

Si riassumono poi, di seguito, le conclusioni che si sono tratte a valle della campagna di simulazione-sperimentazione:

- Si ritiene che in futuro si debba studiare un modello in grado di descrivere il sistema in regime dinamico;
- Sono elementi chiave per l'efficienza del sistema: il controllo della valvola di laminazione e il punto di fine evaporazione;
- L'utilizzo è soddisfacente come preriscaldo di acqua per l'alimentazione di circuito entrante nella caldaia d'integrazione.

A conclusione, da queste analisi è stato possibile evidenziare che l'impianto elioassitito non è energeticamente paragonabile a quello semplice, ma, anzi, garantisce prestazioni costantemente superiori, anche in condizioni climatiche sfavorevoli. A riprova di tale efficienza energetica, si riporta una semplice analisi comparativa tra le prestazioni rilevate dall'impianto e le richieste (sempre più stringenti) che vengono dall'apparato normativo esistente all'anno 2008.

Secondo la norma UNITS 11300-2, l'energia media per ACS di un appartamento da 80 m² è di 0,046 kWh/m²/giorno, che significano 3,68 kWh/giorno

Secondo le prove effettuate, dato che, in una prova da un'ora e mezza, sono stati forniti circa 3 MJ (0,83 kWh)

Questo significa che con un funzionamento continuativo di circa sei ore e mezza, con 1 m² di pannello, senza bisogno di alcuna integrazione si riesce a coprire il fabbisogno richiesto dalla norma.