

Ottimizzazione energetica del centro servizi "Vulcano Buono"

L'articolo tratta dello studio per la riduzione dei costi energetici e di gestione dell'impianto di climatizzazione basato su pompe di calore ad anello di liquido presso il Centro Servizi "Vulcano Buono" a Nola (Napoli). L'attività si è basata sui dati monitorati dal sistema di supervisione dell'impianto. Obiettivi del lavoro sono stati il miglioramento dell'affidabilità impiantistica, l'aumento dell'efficienza energetica senza compromettere il comfort ambientale all'interno della struttura.

**Ettore Cinarelli
Margherita Converso
Matteo Serraino**

Il Centro Servizi "Vulcano Buono", sito a Nola (Napoli) su di un'area complessiva di 500.000 m², è stato realizzato nel 2007 su progetto dell'architetto Renzo Piano. Il Centro è composto da un supermercato con una superficie 24.000 m², una galleria commerciale con circa 160 negozi, un hotel ed un cinema multisala. Le attività sono quindi numerose e diversificate: commercio al dettaglio, attività ricettive e di ristorazione, attività artigianali e per il tempo libero, attività espositive e di aggregazione sociale in un progetto caratterizzato da una forte rilevanza a livello nazionale ([1], [2]).

Gli obiettivi della ottimizzazione energetica

A circa sei anni dall'apertura è stato portato a termine un programma di rilancio del Centro ad opera del nuovo gestore, con un'attenzione focalizzata soprattutto agli aspetti di marketing e dei servizi offerti. L'operazione di rivitalizzazione ha riguardato anche una revisione dei costi di gestione, in cui l'energia per il funzionamento del Centro assume un ruolo di primaria importanza. Nell'ambito dello studio della ottimizzazione energetica, due sono stati gli obiettivi essenziali: migliorare l'affidabilità impiantistica, limitando i costi di manutenzione e aumentare l'efficienza, riducendo così i costi energetici.

Tali traguardi devono essere raggiunti senza compromettere il comfort termico e la qualità dell'aria interna, caratteristiche fondamentali per garantire il più ampio afflusso di visitatori e la più lunga permanenza degli stessi all'interno del Centro.

Gli usi finali considerati: la climatizzazione ambientale

L'attività di diagnosi si è focalizzata sulla climatizzazione ambientale a causa della rilevanza

dei consumi, dei conseguenti costi ad essa associati, e delle potenzialità di miglioramento. Altri usi finali, secondari rispetto alla climatizzazione, come ad esempio l'illuminazione, non sono stati considerati durante una prima fase di studio, ma potranno essere valutati in un secondo periodo.

La tipologia impiantistica e l'oggetto dell'analisi

La varietà di destinazioni d'uso, dimensioni, esigenze e profili d'utilizzo delle diverse porzioni del Centro Servizi ha orientato la scelta progettuale iniziale degli impianti verso una tipologia che consentisse la massima flessibilità, non potendo inoltre prevedere sin dall'inizio quali attività commerciali si sarebbero avvicendate nel corso degli anni. L'impianto è costituito da pompe di calore su circuito ad anello liquido. L'impianto è costituito da pompe di calore acqua-aria, aventi per sorgente termica l'acqua che circola in un anello che percorre tutto l'edificio (► **figura 1**). Le pompe di calore pertanto sottraggono o restituiscono calore (in funzione delle stagioni) all'anello che deve essere mantenuto all'interno di un range definito di temperature da caldaie (durante la stagione di riscaldamento) e da torri evaporative (nel periodo di condizionamento). Si configura pertanto come un impianto "autonomo" ove la generazione dell'energia termo-frigorifera non avviene in un unico locale tecnico, ma i diversi utilizzatori hanno una propria pompa di calore per la climatizzazione ambientale. Questa tipologia è particolarmente diffusa in destinazioni d'uso commerciali per le seguenti ragioni:

- la possibilità di gestire contemporaneamente il riscaldamento ed il condizionamento di porzioni diverse dell'edificio;
- la facilità di aggiungere o rimuovere delle pompe di calore qualora ci siano cambiamenti nell'uso di parti del Centro;

GLI AUTORI

E. Cinarelli, M. Converso, M. Serraino - Golder Associates s.r.l., Torino (TO).

- il pagamento della quota principale delle spese energetiche da parte di ogni negoziante senza le ripartizioni e le contabilizzazioni che sarebbero necessarie con un impianto centralizzato.

Questa tipologia impiantistica è ormai consolidata sia in letteratura ([3], [4]) che nella prassi realizzativa, soprattutto in strutture commerciali ([5], [6]).

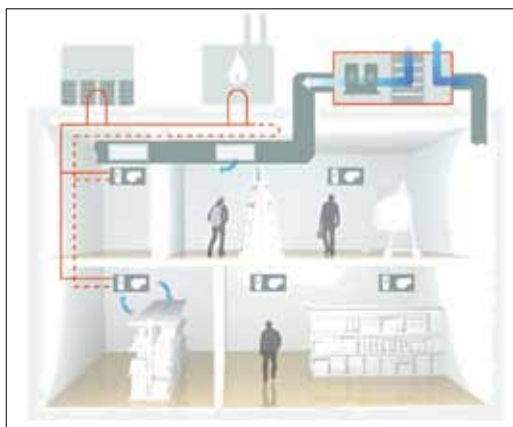


Figura 1 - Schema semplificato di un impianto con pompe di calore su anello di liquido

(fonte: documentazione commerciale Clivet S.p.A.)

Alcune spese “condominali” per la climatizzazione sono comunque presenti, e sono quelle che sono state oggetto dello studio. L’analisi infatti si è focalizzata sulla porzione del Centro Servizi di cui il Gestore è direttamente responsabile e che comprende:

- La galleria commerciale, che si estende per tutto il perimetro del Centro, climatizzata da 24 pompe di calore reversibili aria-acqua tipo rooftop, ognuna con potenza termica/frigorifera che va da 80 kW a 260 kW;
- La centrale termica che comprende: quattro torri evaporative ciascuna con una potenza di 3.750 kW, tre caldaie con una potenza termica di 2.900 kW cadauna, ed i gruppi di pompaggio dei diversi circuiti (torri evaporative, anello principale, anello secondario).

Il centro servizi è caratterizzato, per la sola galleria commerciale, da una spesa annua di quasi 2 milioni di euro per elettricità e 30.000 euro per il metano. La sproporzione tra consumi di elettricità e da gas metano è legata:

- Alle condizioni climatiche

particolarmente miti del sito (Nola, provincia di Napoli) che rendono prevalente il condizionamento rispetto al riscaldamento ambientale;

- Alla destinazione d’uso del Centro Servizi, caratterizzato dalla presenza di forti apporti interni di calore (legati all’illuminazione sempre attivata e alla presenza delle persone) che riduce i carichi di riscaldamento da un lato ed incrementa quelli di condizionamento dall’altro;

- Prevalenza di utenze elettriche (pompe di calore, illuminazione, ascensori, scale mobili, e altri usi).

I prolungati orari di apertura (dodici ore al giorno, sette giorni a settimana) rendono ancora più importante la pianificazione e la realizzazione di azioni per il risparmio energetico. Il grafico di ► figura 2 riporta l’andamento mensile dei consumi elettrici di alcune porzioni della galleria commerciale (settori B, C, D, E) e della centrale tecnologica. Si osserva che i consumi dei diversi settori della

galleria sono piuttosto costanti, eccezion fatta per i mesi estivi (da maggio ad agosto) in cui aumenta il carico di condizionamento degli ambienti. Questa costanza nel consumo è legata alla presenza continua di alcuni servizi, quali scale, ascensori e anche l’illuminazione che, in una galleria commerciale, è praticamente sempre accesa indipendentemente dalla stagione e dall’ora del giorno. Anche il consumo delle unità per il condizionamento risulta piuttosto costante se si considera che i fabbisogni termici e le efficienze sono piuttosto costanti.

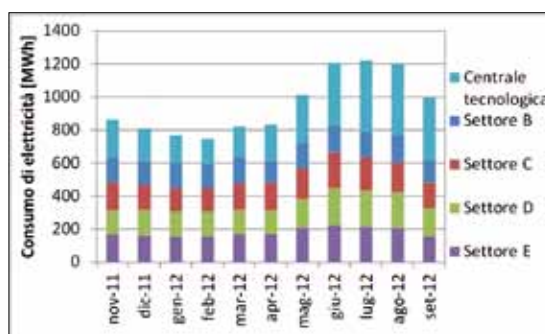


Figura 2 - Andamento mensile dei consumi elettrici di alcune porzioni della galleria commerciale e della centrale tecnologica

La metodologia di analisi ed il periodo analizzato

L’analisi si è basata sui dati ricavati dal sistema di supervisione degli impianti di climatizzazione, da cui è stato possibile ottenere molte informazioni e di qualità elevata.

Il sistema di supervisione ha infatti diverse sezioni, dedicate:

- Ad ogni pompa di calore tipo rooftop con rilievo di: temperature di mandata e di ripresa dell’aria, temperature di set point; attivazione di compressori, ventilatori e serrande e pressioni di condensazione del refrigerante;
- Ai gruppi di pompaggio con rilievo di: attivazione del numero delle pompe e temperature di funzionamento dell’anello di liquido (esempio in ► figura 3);
- Alle caldaie con rilievo di: attivazione delle pompe e temperature di funzionamento;
- Alle torri evaporative con rilievo di: attivazione di pompe, ventilatori e temperature di funzionamento.

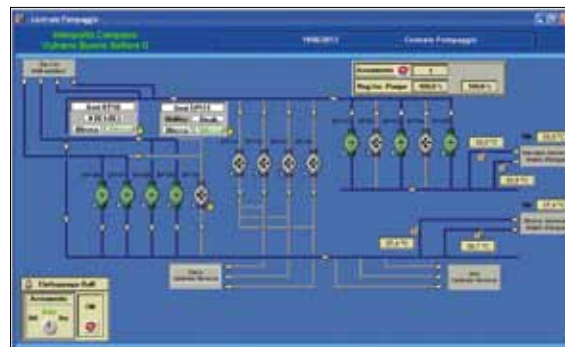


Figura 3 - Schermata del sistema di monitoraggio relativa alla centrale di pompaggio

Il sistema di supervisione è nato proprio con lo scopo di regolare e controllare il funzionamento dell’impianto di climatizzazione. Anche se il monitoraggio energetico dell’impianto, inteso come la misura dell’energia consumata e resa dai diversi componenti dell’impianto, non era tra gli obiettivi del sistema di supervisione, è stato possibile comunque ricavare delle interessanti indicazioni indirette sull’efficienza dei singoli elementi.

In una prima fase, il periodo analizzato è stato quello del mese di luglio 2013. Tale periodo è stato ritenuto come rappresentativo della stagione estiva (da maggio ad agosto) per ragioni climatiche e di affluenza presso il centro commerciale. I

dati sono stati registrati con una frequenza di campionamento di cinque minuti.

L'analisi energetica è intesa come fase preliminare per la successiva implementazione di interventi di miglioramento.

Siccome i componenti dell'impianto sono stati installati nel 2007 e sono pertanto ancora nel pieno della loro vita utile, tutti gli interventi individuati durante dall'analisi sono stati pensati non nell'ottica di una sostituzione, ma dell'ottimizzazione dei sistemi presenti.

Comfort termico e qualità dell'aria

Naturalmente gli interventi di miglioramento dell'efficienza e dell'affidabilità dell'impianto non devono compromettere il comfort termico per i clienti all'interno del Centro Servizi, che è lo scopo principale dell'impianto di climatizzazione. È stato inoltre verificato se le condizioni di comfort fossero presenti all'interno di tutte le zone del centro servizi e ciò è stato valutato attraverso il monitoraggio della temperatura dell'aria interna, misurata dalle unità di climatizzazione. In taluni casi è emerso, come riportato in ► **figura 4**, che in alcune porzioni della galleria commerciale non si riesce a raggiungere (se non per brevi momenti) la temperatura desiderata. In questo caso quindi è opportuno un approfondimento sull'effettivo comfort delle zone e sul corretto dimensionamento delle unità e dei flussi d'aria. Si noti che i momenti in cui vengono superati i 28 °C non sono da ritenersi significativi in quanto sono periodi durante i quali la pompa di calore è ferma.

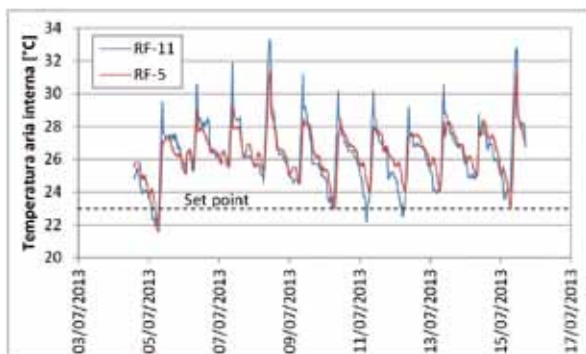


Figura 4 - Andamento della temperatura dell'aria interna in due parti della galleria commerciale posta a confronto della temperatura di set point

Le pompe di calore tipo rooftop, oltre a climatizzare gli ambienti, provvedono anche al trattamento dell'aria di rinnovo prelevando aria esterna tramite apposita

serranda. È stato pertanto verificato il corretto funzionamento di queste serrande su tutti i rooftop, evidenziando in alcuni casi (come mostrato in ► **figura 5**) un andamento irregolare. Accanto all'aspetto del mancato rinnovo dell'aria ambiente si rileva anche come frequenti cicli di apertura/chiusura delle serrande ne pregiudichino l'affidabilità nel tempo. Il controllo dei cicli di apertura/chiusura delle serrande dell'aria esterna è anche essenziale per valutare se i rooftop riescono ad eseguire il freecooling degli ambienti, semplicemente attraverso l'immissione di aria esterna a temperatura sufficientemente bassa da climatizzare gli ambienti senza il funzionamento del circuito frigorifero.

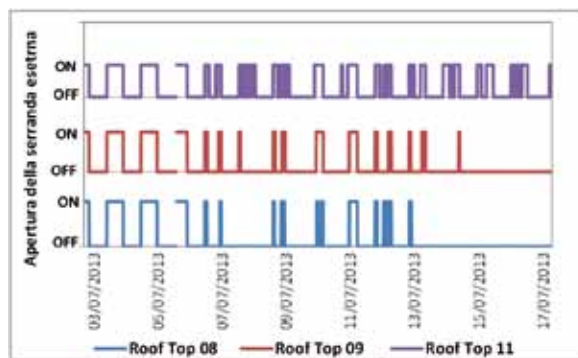


Figura 5 - Apertura delle serrande dell'aria esterna di tre diversi rooftop

Affidabilità dell'impianto

Due sono essenzialmente le voci di costo che compongono la gestione di un impianto: i costi energetici ed i costi di manutenzione. L'importanza di una di queste due voci rispetto all'altra dipende da molti fattori, quali la destinazione d'uso, le dimensioni della struttura e la complessità impiantistica, ma in generale si può dire che questi siano comparabili. Per operare quindi una riduzione complessiva dei costi di gestione non ci si può limitare pertanto ai soli aspetti di miglioramento dell'efficienza energetica, ma ad azioni che mirino anche all'ottimizzazione dell'affidabilità dei componenti di impianto così da ridurre le operazioni di manutenzione.

Un aspetto che pregiudica l'affidabilità dell'impianto è stato già evidenziato nel

grafico della ► **figura 5** dove si vedono i frequenti cicli di apertura/chiusura delle serrande che porterebbero nel tempo ad un malfunzionamento delle stesse.

Un problema simile di funzionamento con cicli frequenti si è manifestato anche per taluni compressori delle pompe di calore, come mostrato nella figura 6. Il rooftop numero 12 ad esempio presenta dei cicli di accensione/spengimento di un compressore molto frequenti, prossima al limite imposto dal costruttore (circa cinque minuti). Accanto ad un problema di affidabilità c'è anche un calo di efficienza visto che l'unità di climatizzazione non risulta mai in condizioni di funzionamento a regime, ed infine un possibile mancato

comfort per gli utenti legato all'immissione in ambiente di aria ad una temperatura variabile anche di più di dieci gradi a seconda che il compressore sia in funzione o meno. Questi cicli ravvicinati possono essere sia legati a problemi intrinseci alla regolazione dell'unità, ma possono anche essere rivelatori di altre problematiche, come ad esempio un non desiderato ricircolo di aria trattata che fa spegnere la

pompa di calore erroneamente convinta di aver raggiunto in ambiente la temperatura di set-point.

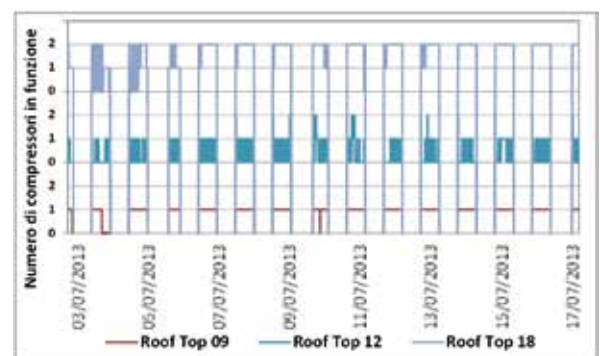


Figura 6 - Numero di compressori in funzione per tre diversi rooftop

Miglioramento dell'efficienza energetica

Attraverso le sonde di pressione del refrigerante, montate di serie sulle pompe di calore per la regolazione del funzionamento del circuito frigorifero, è stato possibile ricavare la temperatura di con-

densazione del refrigerante stesso. La temperatura di condensazione del refrigerante, messa in relazione con la temperatura dell'acqua dell'anello fornisce indicazioni sull'efficienza dell'unità. A parità di temperatura dell'acqua dell'anello, tanto più alta è la temperatura di condensazione del refrigerante, tanto più bassa sarà l'efficienza. Dal grafico di ► **figura 7** si evidenzia pertanto quali siano le unità meno efficienti e su cui è quindi necessario agire in maniera prioritaria, valutando ad esempio la corretta carica del refrigerante o la corretta portata d'acqua in quel ramo dell'anello.

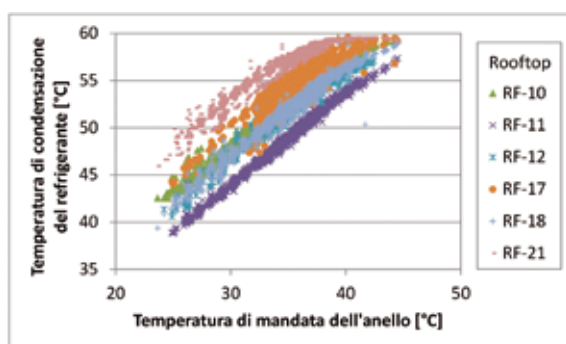


Figura 7 - Temperatura di condensazione del refrigerante di alcune pompe di calore in funzione della temperatura di mandata dell'anello

Anche in questo caso non si sono rese necessarie misure aggiuntive rispetto a quanto già fornito dal sistema di supervisione. Ulteriori approfondimenti potreb-

bero essere sicuramente fatti con misure di dettaglio sull'unità, tese anche ad individuare il valore puntuale di efficienza. In questo caso senza costi aggiuntivi si è potuto fare un primo screening tra tutte le unità individuando quali necessitino di analisi più approfondite o interventi di revamping.

Conclusioni

I sistemi di supervisione rappresentano uno strumento indispensabile, oltre che per il controllo degli impianti, per eseguire un'attività di diagnosi energetica su dati affidabili come fase iniziale a cui deve seguire un'implementazione delle azioni individuate.

Il livello di approfondimento della diagnosi energetica è funzione del dettaglio delle informazioni fornite dal sistema di supervisione, ma anche nei casi più semplici, in cui ad esempio sono presenti solo i profili di utilizzo e le temperature di funzionamento, è possibile ricavare indicazioni su azioni di miglioramento.

L'analisi dei dati del sistema di supervisione si configura come uno studio di primo livello, a basso costo visto l'utilizzo di apparecchiature esistenti, a cui possono seguire, se necessarie, misure puntuali di approfondimento.

Bibliografia

- [1] C. Fantozzi, "Ispirazione vulcanica", *Costruire impianti*, n. 72, pp. 64-72, dicembre-gennaio 2010.
- [2] M. Percoco, "Vulcano Buono", *Commercial leisure and service center*, Matera, pp. 88-97, Gennaio 2007.
- [3] S. Cali Quaglia, M. Serraino, "Impianto con pompe di calore su circuito ad anello d'acqua presso il nuovo centro commerciale di Lonato BS", *Convegno AICARR - Innovazione tecnologica per il risparmio energetico nella climatizzazione ambientale*, Padova, giugno 2006.
- [4] A. Buonomano, F. Calise, A. Palombo, "Buildings dynamic simulation: Water loop heat pump systems analysis for European climates, *Applied Energy*", n. 91, pp. 222-234, marzo 2012.
- [5] M. S. Venco, "La climatizzazione di un ipermercato e centro commerciale tipo: una soluzione impiantistica basata su un sistema ad anello (Water Loop Heat Pumps)", *Convegno AICARR - L'impiantistica nei centri commerciali: climatizzazione, refrigerazione, antincendio*, Padova, Giugno 2000.
- [6] C. Carano, M. S. Venco, "La Climatizzazione dei Supermercati e degli Ipermercati: soluzioni efficaci da un sistema dedicato basato su unità packaged", *Convegno AICARR*, Milano, marzo 2004. ■