



*Il sistema ha previsto l'installazione di centrali di compressione del freddo alimentare con scambiatori di calore per il recupero del calore di condensazione e di un'unità roof-top dotata di inverter sui ventilatori di mandata e ripresa*

# Supermercato, riscaldamento con recupero del calore di condensazione

*di Riccardo Antoniazzi \**

**L**IMPIANTO DI RECUPERO del calore di condensazione del freddo alimentare consente, in un edificio adibito a supermercato, di ridurre notevolmente il fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria.

Il presente lavoro descrive come è stato progettato e installato l'impianto di riscaldamento invernale a servizio di un supermercato realizzato in provincia di Pavia da una nota catena della grande distribuzione. Il fabbricato preso in considerazione, caratterizzato da una superficie in pianta pari a 2.500 m<sup>2</sup> (comprensiva di area vendita, zona casse, zone lavorazioni, magazzino, spogliatoi, servizi igienici), presenta un involucro edilizio costituito da:

- murature esterne perimetrali realizzate con

pannelli prefabbricati a taglio termico aventi trasmittanza pari a 0,34 W/m<sup>2</sup>\*K;

- copertura realizzata con pannello portante in calcestruzzo coibentato esternamente con pannello EPS avente conduttività pari

a 0,035 W/m<sup>2</sup>\*K e spessore di 14 cm. La trasmittanza globale della copertura risulta pari a 0,25 W/m<sup>2</sup>\*K;

- aperture finestrate caratterizzate da trasmittanza globale U<sub>w</sub> pari a 2,0 W/m<sup>2</sup>\*k.

## CARATTERISTICHE DELL'EDIFICIO

- anno di realizzazione: 2010-2011
- superficie in pianta: 2.500 mq
- volume complessivo: 16.600 mc
- località: Comune di Gambolò (PV)
- temperatura esterna di progetto invernale: -5°C
- numero di GradiGiorno: 2.623

## L'impianto

Il riscaldamento dell'edificio è in larga parte garantito dal recupero di calore di condensazione dell'impianto di refrigerazione alimentare del supermercato (banche e celle frigorifere). All'interno



**Figura 1 – Centrale di compressione Arneg**

delle centrali di compressione del freddo alimentare, realizzate da Arneg, sono stati installati quattro scambiatori di calore a fascio tubiero (Figura 1): due inseriti in serie nel circuito frigorifero delle centrali BT e due inseriti in serie nel circuito frigorifero delle centrali TN. Per ciascuna delle due centrali il primo scambiatore funge da desurriscaldatore, mentre il secondo scambiatore funge da condensatore. Entrambe le centrali (BT e TN) sono dotate di 3 compressori.

Il circuito dei desurriscaldatori, collegati in parallelo come i due condensatori, è in grado di produrre acqua calda fino alle temperature di mandata e di ritorno pari, rispettivamente, a 50°C e a 45°C. Tale circuito viene utilizzato per la produzione dell'acqua calda sanitaria e per il riscaldamento della batteria della lama d'aria posizionata sulla porta di ingresso del punto vendita.

Il circuito dei condensatori è in grado di produrre acqua calda fino alle temperature di mandata e di ritorno rispettivamente pari a 42°C e a 37°C. Tale circuito viene utilizzato per il riscaldamento della batteria del roof-top dell'area vendita e per il riscaldamento delle batterie degli

aerotermini del magazzino. Nel circuito dei condensatori è presente un serbatoio inerziale avente capacità pari a 2.000 litri.

#### **Area commerciale**

L'impianto dell'area vendita e della zona casse è a "tutt'aria" con unità roof-top di Marca FAST modello MFS posizionato sulla copertura del magazzino. Il roof-top è dotato di una batteria ad acqua calda, opportunamente dimensionata per garantire la potenza adeguata quando alimentata con le temperature del circuito dei condensatori Arneg.

Il roof-top è inoltre dotato di un circuito frigorifero in pompa di calore, dimensionato anche per il trattamento dell'aria della stagione estiva, il quale funge da integrazione nelle fasi più rigide della stagione invernale, quando la potenza erogata dal sistema di recupero del calore non è sufficiente a garantire le condizioni microclimatiche di progetto.

I ventilatori del roof-top sono dotati di inverter: in tal modo la portata di aria movimentata è funzione dei carichi ambiente (estivi ed invernali); l'unità di trattamento, quindi, lavora alla portata nominale di progetto solamente per una frazione ridotta delle ore di funzionamento della stagione estiva. Durante l'intera stagione invernale la portata d'aria di mandata e di ripresa è parzializzata.

Il roof-top è completo di quadro di potenza e di comando; il sistema di regolazione è stato programmato per gestire in sequenza la batteria ad acqua e il funzionamento dei compressori della pompa di calore, con priorità al recupero di calore gratuito di condensazione.

L'impianto garantisce un ricambio forzato di aria esterna dimensionato secondo la Norma UNI 10339:1995. La quota di aria espulsa viene prelevata dalle cappe dei laboratori delle zone lavorazioni (pescheria e gastronomia) e attraverso un sistema di recupero del calore, mentre l'aria immessa, pretrattata dal recupero di calore, viene immessa in una serranda del roof-top. Il roof-top è in grado di gestire anche il funzionamento in free-cooling.

Non è presente alcuna sezione di umidificazione invernale dell'aria in quanto il carico latente generato dalle persone interne al punto vendita e dalle apparecchiature delle zone lavorazioni consentono di mantenere valori di umidità interna vicine agli intervalli di accettabilità.

Si è accennato che la produzione dell'acqua calda sanitaria avviene attraverso il recupero di calore dei desurriscaldatori; all'interno del serbatoio di accumulo dell'acqua calda sanitaria, inoltre, è presente una resistenza elettrica in grado di intervenire per integrazione quando la potenza erogata dal circuito ARNEG non è sufficiente a sopperire ai carichi. Un sistema di regolazione gestisce l'inserimento della batteria elettrica in



#### **SUPERMARKET, HEATING SYSTEM WITH HEAT CONDENSER RECUPERATOR**

This paper describes how it was designed and manufactured the winter heating system of a supermarket in the province of Pavia. The thermal energy required to heat the building and to the production of domestic hot water is almost entirely recovered using the heat of condensation of the food refrigeration plant (refrigerated cabinets and cold rooms). This thermal energy would normally be "wasted" and dissipated into the atmosphere through the operation of helicoidal ventilators of the food refrigeration plant's condenser.

The plant is equipped with energy cost allocators and supervision system: in this way it was possible to monitor its operation during the winter season 2011-2012 and analyze in detail the primary energy needs of the building. This work can also be considered a building-system energy analysis, as expected in point A3 of Article 1 of the UNI TS 11300-1 and 11300-2.

*Keywords:* supermarket, winter heating system, heat condenser recuperator



## DATI TECNICI PROGETTUALI IN SINTESI

Comune	Gambolò (PV)
Temperatura esterna di progetto invernale	-5°C
GG	2.623
Superficie edificio	2.500 m <sup>2</sup>
Volume edificio	16.600 mc
Trasmittanza pannelli verticali prefabbricati	0,34 W/m <sup>2</sup> *K
Trasmittanza copertura	0,25 W/m <sup>2</sup> *K
Trasmittanza superficie vetrate (Uw)	2,0 W/m <sup>2</sup> *K
Temperatura acqua calda circuito recupero calore di condensazione	42°C/37°C
Temperatura acqua calda circuito recupero calore desurriscaldatori	50°C/45°C
Progetto e Direzione Lavori impianti meccanici ed elettrici	Studio Protecno S.r.l.
Marca roof-top	FAST modello MFS
Marca impianto refrigerazione alimentare	ARNEG
Portata aria roof-top	37.500 mc/h

funzione delle temperature di lavoro dei circuiti e in funzione del prelievo di acqua calda sanitaria. È previsto un trattamento chimico antilegionella nella tubazione di caricamento del serbatoio dell'acqua calda sanitaria.

L'intero fabbricato non è quindi allacciato alla rete gas metano comunale.

### Risparmio in termini di costi di installazione

L'impianto di riscaldamento del supermercato di Gambolò (PV) consente un risparmio di costi di installazione rispetto ad un "impianto tradizionale". Per "impianto tradizionale", come quello precedentemente realizzato dalla catena di distribuzione proprietaria del fabbricato, si intende un impianto dotato di centrale termica a gas metano e con roof-top dotato di circuito frigorifero funzionante in solo freddo e di generatore di calore a gas metano a condensazione. Il risparmio economico è pari a circa 20.000 euro, derivato sostanzialmente dalle seguenti voci:

- mancato allacciamento alla rete gas metano comunale
- mancata realizzazione della rete gas metano, sia interrata che in vista fino alla centrale termica
- mancata installazione della caldaia con relativi accessori (canna fumaria, organi ISPEL, ...) e del generatore a gas metano nel roof-top

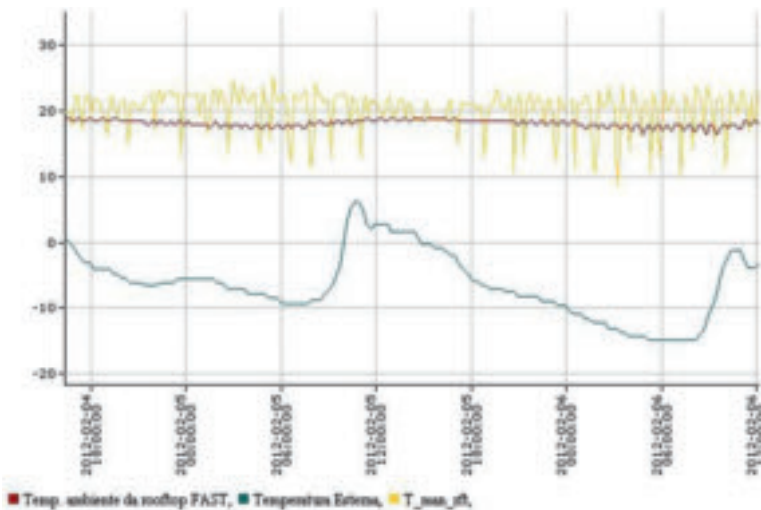


Figura 2 – **Roof-top FAST modello MFS.** Il roof-top, posizionato sulla copertura del magazzino, è dotato di una batteria ad acqua calda, opportunamente dimensionata per garantire la potenza adeguata quando alimentata con le temperature del circuito dei condensatori

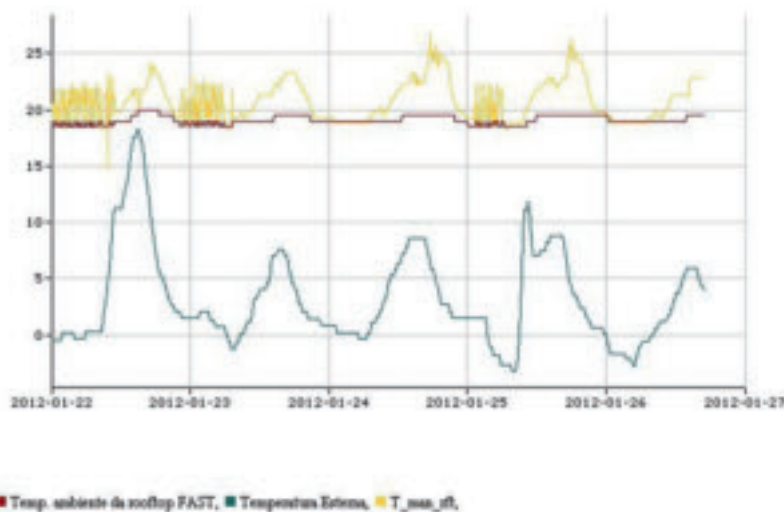
Figura 3 – **Circuito acqua calda (collegato agli scambiatori Arneg) a servizio della batteria di riscaldamento interno al roof-top.** Il circuito dei condensatori è in grado di produrre acqua calda fino alle temperature di mandata e di ritorno rispettivamente pari a 42°C e a 37°C. Tale circuito viene utilizzato per il riscaldamento della batteria del roof-top dell'area vendita e per il riscaldamento delle batterie degli aerotermi del magazzino



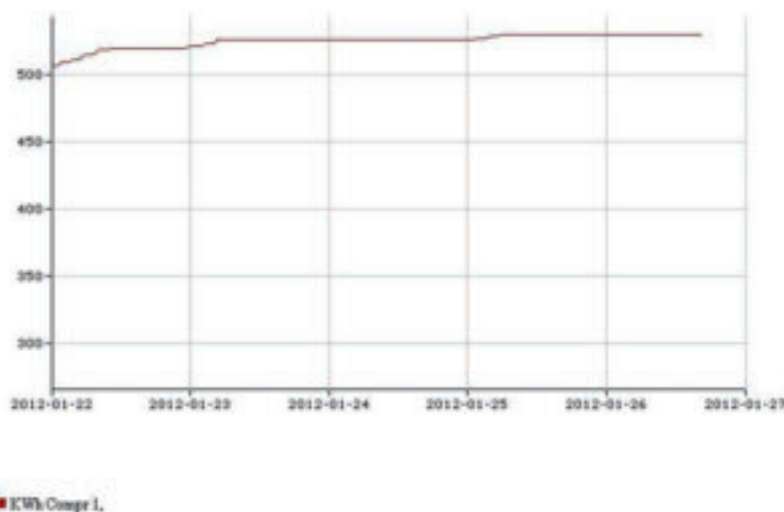
# Analisi dei consumi energetici dell'edificio-impianto



**Figura 4 – Andamento T aria esterna, T ambiente, T mandata roof-top nei giorni 4/5/6 febbraio 2012. Il colore azzurro indica la curva di temperatura dell'aria esterna, quello rosso la curva di temperatura dell'aria ambiente e quello giallo la curva di temperatura dell'aria di mandata del roof-top.**



**Figura 5 – Andamento T aria esterna, T ambiente, T mandata roof-top nei giorni 22/23/24/25/26/27 gennaio 2012**



**Figura 6 – Cumulata energia elettrica assorbita da un compressore del roof-top nei giorni 22/23/24/25/26/27 gennaio 2012**

È possibile analizzare e valutare le prestazioni dell'impianto attraverso il sistema di supervisione e il sistema di contabilizzazione dell'energia, attivato, quest'ultimo il giorno 16/12/2011. Grazie ai sistemi installati è stato possibile monitorare e contabilizzare le seguenti grandezze:

- Energia elettrica assorbita dai compressori dei circuiti frigoriferi del roof-top
- Energia elettrica assorbita dai ventilatori di condensazione del roof-top
- Energia elettrica assorbita dai ventilatori di mandata e di ripresa dell'aria distribuita in area vendita dal roof-top (ventilatori dotati di inverter)
- Energia elettrica assorbita dalla resistenza elettrica di integrazione per la produzione di acqua calda sanitaria
- Frequenza di lavoro degli inverter e dei ventilatori di mandata e di ripresa
- Temperature varie (aria esterna, aria ambiente, aria immessa dal roof-top, temperature dei diversi circuiti idronici).

## Temperatura

Precisando che tutti i grafici e le immagini di seguito proposte sono state riprese dal software di gestione e contabilizzazione presente nell'edificio di Gambolò, in Figura 4 viene evidenziata, per i giorni 4-5-6 febbraio 2012, la curva di temperatura dell'aria esterna (colore azzurro), la curva di temperatura dell'aria ambiente (colore rosso) e la curva di temperatura dell'aria di mandata del roof-top (colore giallo).

Tali curve, mostrate a titolo esemplificativo, mostrano alcuni aspetti interessanti del caso di studio presentato:

- la temperatura dell'aria esterna nella stagione invernale 2011-2012 è stata molto rigida, in particolare nei mesi di gennaio e febbraio 2012. Nella Figura si evidenzia la temperatura inferiore a  $-10^{\circ}\text{C}$ ; si può quindi affermare che la stagione presa in esame è da considerarsi significativa dal punto di vista del collaudo dell'impianto di riscaldamento;
- anche nei momenti in cui la temperatura dell'aria esterna è particolarmente ridotta, la temperatura ambiente non è mai inferiore a  $18^{\circ}\text{C}$  (valore di set-point impostato nella centrale di regolazione del roof-top FAST).

## Energia elettrica

Andiamo poi ad analizzare la Figura 5, in cui si evidenziano, nel primo grafico, le medesime temperature della Figura 5 ma in riferimento ad altri giorni della stagione invernale (22-23-24-25-26-26-28 gennaio 2012).

La Figura 6, inerente l'energia elettrica assorbita da uno dei due compressori del circuito frigorifero in pompa di calore del roof-top, mostra una curva cumulativa. L'analisi congiunta dei grafici 5 e 6 evidenzia che il contributo integrativo in pompa di calore del roof-top si rende necessario quando la temperatura dell'aria esterna assume valori inferiori a  $0^{\circ}\text{C}$  circa. In caso di temperature dell'aria esterna superiori il compressore è spento e quindi il sistema di recupero del calore di condensazione del freddo alimentare è sufficiente a coprire le dispersioni e a mantenere le condizioni termoigrometriche impostate (anche grazie ai carichi interni dovuti a persone, illuminazione e apparecchiature).

Le Figure 7-8-9-10 riportano le curve cumulative di

assorbimento di energia elettrica di tutti i componenti dell'impianto legati al fabbisogno di generazione, di regolazione e di emissione. Si riferiscono in particolare a:

- compressore 1 circuito frigorifero roof-top
- compressore 2 circuito frigorifero roof-top
- ventilatori di condensazione del roof-top
- resistenza elettrica integrativa per produzione di acqua calda sanitaria

Come si è già accennato, la contabilizzazione è stata avviata il giorno 16/12/2011, di conseguenza i valori misurati di energia assorbita sono riferiti al periodo compreso dal 16/12/2011 al 15/04/2012 (giorno di chiusura della stagione invernale).

Stando ai risultati emersi, il compressore 1 del roof-top ha assorbito nell'arco temporale citato 1.650 kwh elettrici, il compressore 2 ne ha assorbiti 1.350, i ventilatori di condensazione ne hanno assorbiti 1.200 e la resistenza elettrica integrativa per la produzione dell'acqua calda sanitaria 1.117.

Se ne deduce che la sommatoria dell'energia assorbita dall'impianto di produzione dell'energia termica destinata al riscaldamento e alla produzione dell'acqua calda sanitaria è pari a 5.317 kWh elettrici. Tale assorbimento energetico è stato contabilizzato in un arco temporale pari a 120 giorni. Posto che la stagione invernale convenzionale per la zona climatica del Comune di Gambolò è pari a 180 giorni, si può stimare che l'assorbimento energetico globale annuale sarebbe stato pari a  $5.317/120 \cdot 180 =$  circa 8.000 kwh/anno.

Tale stima è sicuramente a favore di sicurezza per due motivi principali:

- la stagione invernale 2011-2012 è stata caratterizzata da temperature esterne piuttosto miti nei mesi di ottobre e novembre 2011, mentre da temperature molto rigide nei mesi di gennaio e febbraio 2012. Quindi se il periodo di contabilizzazione e di raccolta dei dati è stato pari al 66% della stagione invernale, si può sicuramente sottolineare che in termini di GradiGiorno l'intervallo di contabilizzazione si approssima a percentuali molto superiori al 66%;
- l'energia contabilizzata nell'ultimo periodo della stagione (soprattutto nei primi 15 giorni di aprile 2012) è dedicata al raffrescamento dell'edificio e non al riscaldamento dello stesso.

Nonostante tali precisazioni, si può concludere che il fabbisogno di energia elettrica necessaria alla produzione del calore destinato al riscaldamento e alla produzione di acqua calda sanitaria è pari a circa 0,5 kWh/mc\*anno.

Considerando il rendimento del Sistema Elettrico Nazionale, pari al 46%, se ne deduce che il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento e la produzione di acqua calda sanitaria è pari a circa 1 kWh/mc\*anno. Si sottolinea che tale valore di fabbisogno energetico, mancante del solo valore delle perdite di distribuzione, sarebbe pienamente coerente con la classificazione A+ prevista dalla Normativa Regionale della Lombardia sul Contenimento Energetico.

La somma dei consumi di energia elettrica elencati precedentemente coprono il fabbisogno di energia termica per la climatizzazione invernale dell'edificio e per la produzione di acqua calda sanitaria e comprendono

**Figura 7 – Cumulata energia elettrica assorbita dal compressore 1 del roof-top al giorno 15/04/2012.**

Il compressore ha assorbito 1.650 kwh elettrici



**Figura 8 – Cumulata energia elettrica assorbita dal compressore 2 del roof-top al giorno 15/04/2012.**

Il compressore 2 del roof-top ha assorbito nell'arco temporale citato 1.350 kwh elettrici.



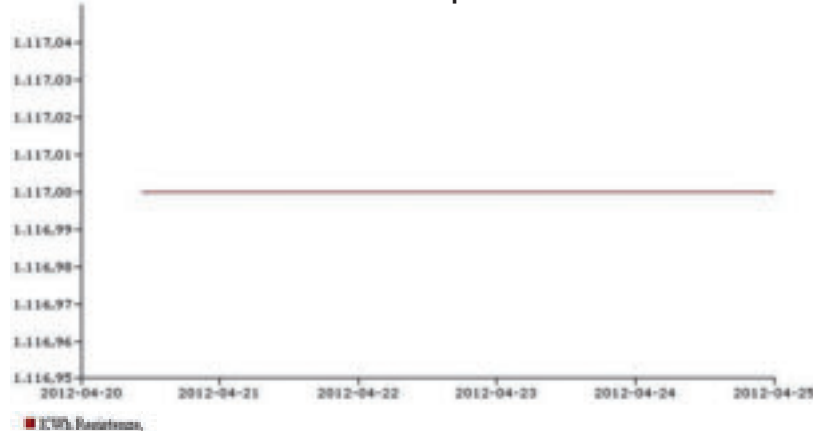
**Figura 9 – Cumulata energia elettrica assorbita dai ventilatori di condensazione del roof-top al giorno 15/04/2012.**

I ventilatori di condensazione del roof-top hanno assorbito nell'arco temporale citato 1.200 kwh elettrici.



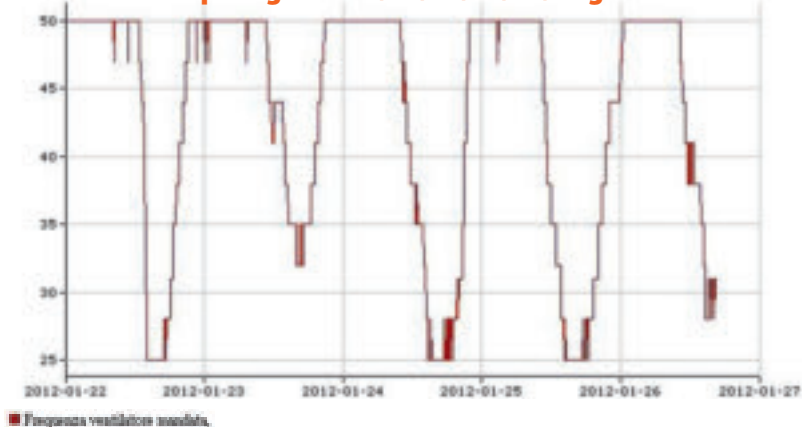
**Figura 10 – Cumulata energia elettrica assorbita dalla resistenza elettrica per acqua calda sanitaria al giorno 15/04/2012.**

La resistenza elettrica integrativa per la produzione dell'acqua calda sanitaria ha assorbito nell'arco temporale citato 1.117 kwh elettrici.

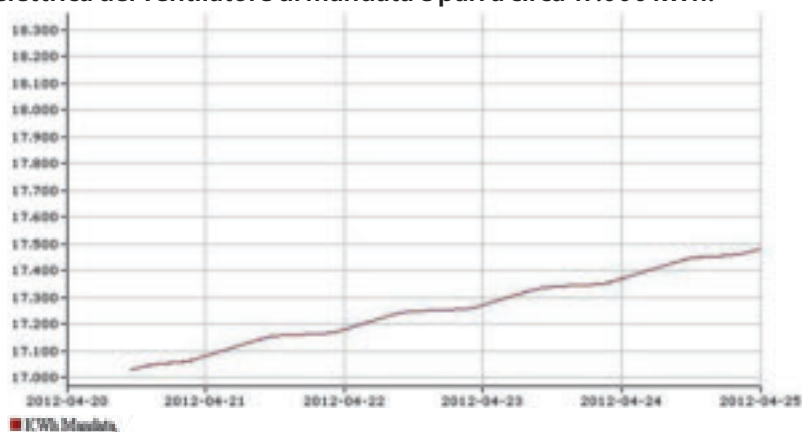




**Figura 11 – Frequenza inverter ventilatore di mandata del roof-top nei giorni 22/23/24/25/26/27 gennaio 2012**



**Figura 12 – Cumulata energia elettrica assorbita dal ventilatore di mandata del roof-top al giorno 20/04/2012. Il consumo di energia elettrica del ventilatore di mandata è pari a circa 17.000 kWh.**



anche le perdite del sottosistema di generazione, le perdite del sottosistema di emissione e quelle del sottosistema di regolazione (così come definiti dalla Norma UNI TS 11300-2).

#### Perdite di carico

È necessario invece approfondire l'argomento delle perdite di distribuzione. Quelle legate alle pompe di circolazione che distribuiscono il fluido vettore acqua dalla centrale del freddo alimentare ai terminali si trascurano; infatti si deve sottolineare che l'impianto di recupero del calore permette di mantenere spenti i ventilatori di condensazione della centrale del freddo alimentare. Di conseguenza l'energia elettrica assorbita dalle pompe di circolazione è bilanciata dalla mancata energia elettrica assorbita dai ventilatori elicoidali dei condensatori.

Una spesa energetica significativa, sempre legata alle perdite di distribuzione, è invece quella comportata dai ventilatori di mandata e di ripresa del roof-top.

In Figura 11 viene indicata la frequenza di lavoro dell'inverter del ventilatore di mandata del roof-top. Sebbene, come viene mostrato dal grafico, il sistema di regolazione moduli la frequenza dei ventilatori di mandata e di ripresa in funzione del carico ambiente da soddisfare, il consumo di energia elettrica dei ventilatori rimane elevato.

La Figura 12, che riporta la curva cumulativa di assorbimento di energia elettrica del ventilatore di mandata del roof-top, mostra un consumo di energia elettrica del ventilatore di mandata, dal giorno 16/12/2011 al giorno 20/04/2012, pari a circa 17.000 kWh.

CON **TECHEM** PUOI SCEGLIERE DI VIVERE SENZA PENSIERI

*60 anni di esperienza al tuo servizio*



- Fornitura ed installazione
- Assistenza a 360°
- Garanzia ed affidabilità del prodotto
- Pacchetto chiavi in mano con soluzioni di acquisto e noleggio

Da oltre 60 anni 8 milioni di utenti si affidano a Techem per risparmiare sulla bolletta del riscaldamento centralizzato. Risparmia anche tu, pagando solo quanto realmente consumi. **Unisciti a noi.** Per ulteriori informazioni rivolgiti al tuo Amministratore di condominio o ai Partner Techem.

## ULTERIORI VANTAGGI DELL'IMPIANTO DI RECUPERO CALORE

L'impianto di recupero del calore di condensazione del freddo alimentare permette di ottenere, in aggiunta al beneficio energetico precedentemente descritto, altri vantaggi rispetto ad un tradizionale impianto con caldaia a condensazione. In particolare:

- **VALORE COMMERCIALE DELL'IMMOBILE:** l'impianto migliora la classificazione energetica dell'edificio e quindi permette allo stesso di incrementare il valore commerciale.
- **PRODUZIONE DI ACQUA CALDA SANITARIA IN FASE ESTIVA:** l'intera energia necessaria in fase estiva per la produzione di acqua calda sanitaria viene recuperata gratuitamente dai desurriscaldatori delle centrali Arneg.

- **SICUREZZA:** la mancata installazione della rete gas metano permette di aumentare la sicurezza intrinseca del fabbricato.
- **MANUTENZIONE:** la mancata installazione della caldaia e della canna fumaria permette di ridurre gli oneri di manutenzione dell'impianto.
- **PREVENZIONE INCENDI:** la mancata installazione della rete gas metano permette di evitare un'attività soggetta a controllo da parte del Comando VVF.
- **SICUREZZA DI FUNZIONAMENTO ALLE TEMPERATURE PIÙ RIGIDE:** l'impianto di recupero del calore è dotato di integrazione in pompa di calore ad espansione diretta. Quindi nelle fasi in cui la temperatura dell'aria esterna è più rigida non c'è circolazione di acqua e quindi non si corrono rischi di gelo degli impianti.

Il ventilatore di ripresa ha una potenza installata pari al 70% di quello di mandata, quindi si può stimare per quest'ultimo un consumo di energia elettrica, nel medesimo periodo, pari a circa 12.000 kWh. La somma del consumo elettrico dei due ventilatori sarebbe quindi pari a circa 29.000 kWh. Tale assorbimento energetico è stato contabilizzato in un arco temporale pari a 120 giorni. Posto che la stagione invernale convenzionale per la zona climatica del Comune di Gambolò è pari a 180 giorni, si può stimare che l'assorbimento energetico globale annuale dei ventilatori del roof-top sarebbe stato pari a  $29.000/120 \times 180 =$  circa 43.500 kWh/anno. Considerando il rendimento del Sistema Elettrico Nazionale, pari al 46%, se ne deduce che le perdite di distribuzione sono pari a circa 87.000 kWh e quindi pari a circa 5 kWh/mc\*anno. Le perdite di distribuzione portano quindi il fabbisogno di energia primaria totale dell'edificio ad un valore pari a circa 6 kWh/mc\*anno, limite massimo della Classe A prevista dalla Normativa Regionale della Lombardia sul Contenimento Energetico.

Nel complesso si può quindi concludere che l'impianto di recupero del calore di condensazione, utilizzato per la climatizzazione invernale e la produzione di acqua calda sanitaria, permette di ottenere un importantissimo risparmio di energia primaria. Tale risparmio potrebbe essere incrementato riducendo le perdite di distribuzione; ad esempio se il terminale in ambiente fosse un impianto radiante, il fabbisogno di energia primaria dell'edificio sarebbe pari a circa 1 kWh/mc\*anno e quindi sarebbe certificabile in classe A+. È proprio su questo aspetto, quindi, che è necessario ottimizzare l'impianto; si deve proseguire l'importante lavoro che su tale ambito è stato svolto in collaborazione con l'ufficio tecnico di FAST e che ha consentito, grazie all'installazione degli inverter e alla messa a punto del sistema di regolazione, di abbattere notevolmente l'energia elettrica assorbita dai ventilatori del roof-top.

Si sottolinea che a tal proposito risulta di fondamentale importanza la manutenzione dell'impianto; la pulizia periodica dei filtri, infatti,

permette di ridurre la perdita di carico interna al roof-top e quindi l'energia elettrica assorbita dai ventilatori.

### Possibili miglioramenti

Le perdite legate ai sottosistemi di generazione, di regolazione e di emissione sono così ridotte che diventano quasi trascurabili rispetto alle perdite di distribuzione.

La classificazione energetica dell'edificio risulta in classe A, secondo la Normativa sul Contenimento Energetico della Regione Lombardia, ma potrebbe migliorare in classe A+ qualora si limitasse l'assorbimento elettrico dei ventilatori del roof-top; è proprio su questo aspetto che risulta necessario lavorare per ottimizzare la spesa energetica dell'edificio. L'installazione dell'inverter sui ventilatori di mandata e di ripresa del roof-top, quindi, deve essere considerato solo l'inizio di una serie di interventi che devono mirare a ridurre le perdite di distribuzione dell'impianto.

In particolare è importante definire nel dettaglio le fasce orarie di funzionamento dell'impianto. Nel supermercato di Gambolò, oggetto del caso di studio, è stato impostato l'impianto di ventilazione in funzione 24h/24h; tale scelta è legata al fatto che il calore di condensazione del freddo alimentare è dissipato 24h/24h e quindi è parso utile mantenere attivi i ventilatori per trasferire tale energia all'edificio anche durante le ore notturne. I dati raccolti dal sistema di supervisione sembrano dimostrare che tale scelta non paga in quanto sono proprio i ventilatori a comportare la maggior parte del consumo di energia primaria dell'impianto. Risulta

quindi necessario ridurre l'energia elettrica assorbita dai ventilatori del roof-top; per ottenere ciò si deve lavorare per minimizzare le perdite di carico dell'impianto aeraulico. Specificatamente è necessario ridurre le perdite di carico lato aria interne al roof-top e in particolare nelle sezioni filtranti della macchina. Inoltre si possono ridurre le perdite di carico della batteria ad acqua riducendo il dimensionamento della stessa, a scapito della resa della stessa: risulta conveniente aumentare leggermente l'integrazione della pompa di calore a fronte di un abbassamento della potenza elettrica assorbita dal motore del ventilatore di mandata.

Il progetto quindi, alla luce della campagna di misure effettuate, potrà essere migliorato lavorando sulla riduzione delle perdite di distribuzione e sull'energia elettrica assorbita dai ventilatori del roof-top. ■

\* Riccardo Antoniazzi, Studio Protecno S.r.l., Verona – riccardo.antoniazzi@studioprotecno.it  
Si ringraziano gli uffici tecnici di FAST e di ARNEG per la preziosa collaborazione nella progettazione dell'impianto oggetto del presente caso di studio.

### BIBLIOGRAFIA

- Norma UNI TS 11300-1 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 1: Determinazione del fabbisogno di energia termica dell'edificio per la climatizzazione estiva ed invernale"
- Norma UNI TS 11300-2 "Prestazioni energetiche degli edifici – Parte 2: Determinazione del fabbisogno di energia primaria e dei rendimenti per la climatizzazione invernale e per la produzione di acqua calda sanitaria"
- D.G.R. Lombardia 22 dicembre 2008 – n. 8/8745
- D. Lgs. 3 marzo 2011, n. 28 "Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle Direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE"