

## CONFRONTO DEL TEWI TRA SISTEMI WATERLOOP INTEGRATI E IN CASCATA PER SUPERMERCATI

Biagio Lamanna, Manager dell'HVAC/R Knowledge Center  
CAREL INDUSTRIES Spa Brugine (Padova)

Ana Margarida Pinho, Mechanical Engineer, RACE Refrigeration and Air  
Conditioning Engineering S. A., Matosinhos (Portugal)

Questo studio è incentrato su un'installazione, adattata ad un nuovo formato di punto vendita alimentare al dettaglio in Portogallo, con caratteristiche molto particolari che seguono l'attuale tendenza del mercato nel settore HVAC/R. L'esigenza principale del Retailer coinvolto era quella di adeguarsi alla legislazione comunitaria sul controllo delle emissioni di gas fluorurati, senza compromettere la qualità dei prodotti e mantenendo l'elevato livello di efficienza energetica che caratterizza i suoi impianti.



Fig. 1. Il punto vendita Continente Bom Dia a Perafita (nella periferia di Oporto, Portogallo)

L'installatore ha proposto un sistema di refrigerazione basato su banchi semi plug-in collegati ad un anello ad acqua integrato con l'impianto di climatizzazione.

Le ragioni principali che hanno portato all'adozione di questo tipo di schema sono legate ad un layout snello e flessibile del punto vendita, ad una riduzione dell'area solitamente richiesta da apparecchiature tecniche come le centrali frigorifere, ad una carica di refrigerante ridotta e ad un recupero completo del calore di condensazione dei banchi frigo da integrare nell'impianto di riscaldamento dell'edificio.

L'impianto di refrigerazione è stato realizzato con unità condensanti ad acqua dotate di compressori inverter DC, condensatori a piastre saldo-brasate e valvole di espansione elettroniche per fornire una precisa regolazione della temperatura del banco/cella con la massima efficienza energetica consentita.

Infatti, i banchi semi plug-in, con capacità del compressore e portata di refrigerante modulanti, sono in grado di mantenere costante la temperatura dell'aria/prodotto entro un range di  $\pm 0,1$  K intorno al setpoint impostato, senza quindi il tipico comportamento intermittente delle soluzioni a portata/capacità fissa. Inoltre, le celle frigorifere ed i banchi semi plug-in indipendenti sono in grado di funzionare con un controllo continuo

della relativa temperatura di evaporazione invece di essere costretti a funzionare tutti allo stesso valore imposto dal collegamento ad una centrale frigorifera. In questo modo si ottiene in tempo reale il più basso rapporto di compressione raggiungibile (cioè la più alta temperatura di evaporazione) per ogni unità refrigerata con conseguente maggiore efficienza, senza inutili perdite.

E questo implica anche una migliore qualità di cibi e bevande grazie alla quasi assenza di oscillazioni di temperatura (esclusi naturalmente gli sbrinamenti).

L'anello ad acqua ha il compito di estrarre il calore espulso dai condensatori dell'impianto di refrigerazione ed è dotato sia di un dry cooler per il free cooling che di un chiller/pompa di calore aria/acqua reversibile. È collegato all'impianto di climatizzazione dell'edificio ed è inoltre dotato di regolazione variabile della portata d'acqua per garantire la stabilità dell'impianto e un rapporto prestazioni/costi ottimizzato.

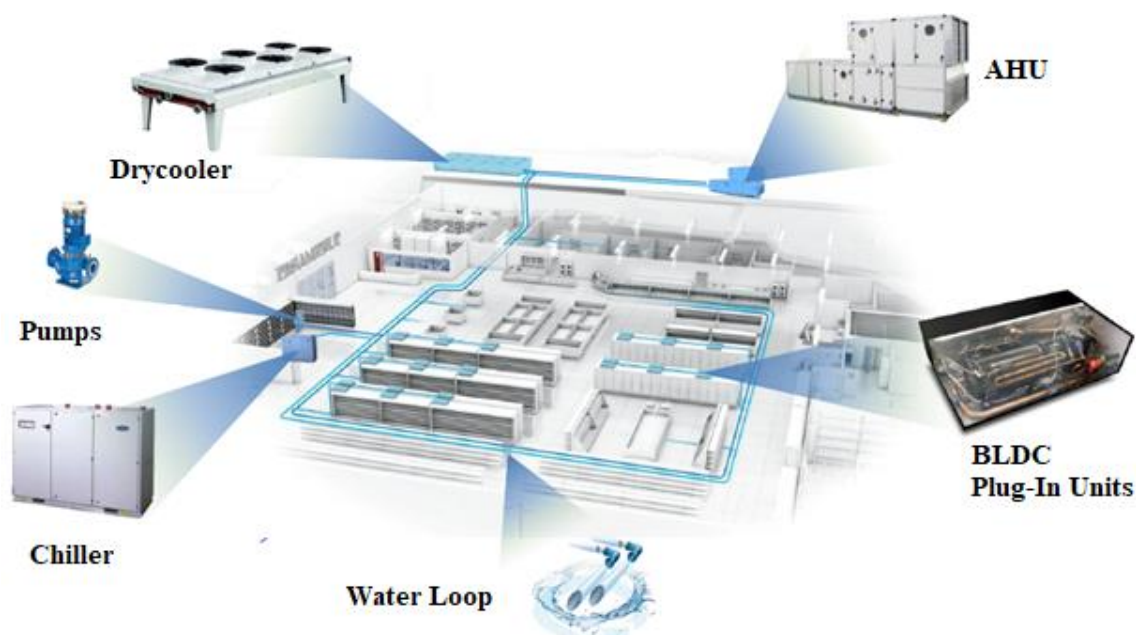


Fig. 2. Schema dell'impianto di refrigerazione e condizionamento aria

## DESCRIZIONE DEL PUNTO VENDITA

L'area commerciale del punto vendita a Perafita è di circa 1.200 m<sup>2</sup>, con 24 unità refrigerate così suddivise:

Tipo	Capacità Refr.	Numero	Unità
MT	52,4 kW	17	Banco
		5	Cella frigorifera
LT	8,5 kW	1	Banco
		1	Cella frigorifero

Ogni unità è dotata di una "Cooling Box" in cui il compressore DC, l'inverter e il condensatore ad acqua sono collegati ad un tipico banco vetrina remoto, lo stesso utilizzato per i sistemi di centralizzati, dotato di valvola di espansione elettronica, evaporatore e ventilatori.



Fig. 3. Cooling box sulle vetrine

La regolazione di ogni singolo banco refrigerato/cella frigorifera si basa sull'adattamento in tempo reale della capacità del compressore e della portata della massa del refrigerante alla temperatura interna dell'aria con il relativo setpoint di riferimento. Le frequenze di sbrinamento sono state ottimizzate grazie all'aumento delle temperature di evaporazione legate alla riduzione sia della capacità che della portata di massa del compressore.

L'impianto di climatizzazione integrato nel waterloop è dotato un chiller reversibile aria/acqua, un chiller acqua/acqua per l'anello a servizio dei banchi di bassa temperatura, unità di trattamento dell'aria e ventilconvettori per la climatizzazione interna. Questo sistema regola la sua configurazione in base alle zone climatiche e alle stagioni. Ci sono diverse modalità di funzionamento, come ad esempio:

**modalità invernale, riscaldamento (recupero completo del calore):**

- chiller aria-acqua ON in modalità riscaldamento
- dry cooler OFF
- chiller LT acqua-acqua OFF

**modalità stagione intermedia (free cooling):**

- chiller aria-acqua OFF
- dry cooler ON
- chiller LT acqua-acqua OFF

**modalità estiva, raffreddamento (carico massimo):**

- chiller aria-acqua ON/OFF in modalità raffreddamento
- dry cooler ON + raffreddamento evaporativo in caso di alte temperature esterne
- chiller LT acqua-acqua ON

**CONFRONTO PUNTI VENDITA**

Il punto vendita a Perafita è stato confrontato con due punti vendita della stessa area, basati su un sistema di refrigerazione centralizzato in cascata (R134a/CO<sub>2</sub>) con unità rooftop/split di climatizzazione e simile superficie di vendita:

Parámetro	Perafita	Store 1	Store 2
Location			
Location	Perafita	10 km from Perafita	30 km from Perafita
External ambient temperature	Minimum: 5°C Highest: 35°C	Minimum: 5°C Highest: 35°C	Minimum: 5°C Highest: 35°C
Size per sales area m <sup>2</sup>			
Sales area m <sup>2</sup>	1200m <sup>2</sup>	1360m <sup>2</sup>	1590m <sup>2</sup>
Volume of sales			
Volume of sales In this case, it is not necessary the net value, but the % respect each other). This % value will demonstrate how many people could visit each installation, so potential frequency for the door opening/close or variation of quantity of products		-10% compared to Perafita	-12% compared to Perafita
Refrigerated system (Cooling capacity KW)			
Refrigeration Nominal Cooling capacity (KW)	60,9	86,5	91,5
Refrigerated services with or without doors	Total of MT cabinets: 17 MT cabinets without doors: 2	Total of MT cabinets: 20 MT cabinets without doors: 6	Total of MT cabinets: 21 MT cabinets without doors: 9
Refrigerated system MT cooling capacity KW	52,4	73,3	75
Refrigerated system LT cooling capacity KW	8,5	13,2	16,5
Refrigeration system type ç	Waterloop with integrated HVAC	CO <sub>2</sub> Cascade R134a / CO <sub>2</sub>	CO <sub>2</sub> Cascade R134a / CO <sub>2</sub>
HVAC Nominal capacity	79	65	68
HVAC system type	AHU: 5, 87 kW (inflation). 10 Fan Coils 2 chillers (water-water: 93,8 kW; air-water: 21,2 kW)	Rooftop 1: 52 kW Rooftop 2: 52 kW 7 Splits	Rooftop 1: 52 kW Rooftop 2: 52 kW 11 Splits

Tab. 1. Dati dei punti vendita a confronto

A causa dei diversi layout degli impianti e delle diverse tecnologie, refrigerante incluso, il modo più adatto per confrontare i punti vendita è il calcolo dell'impatto totale equivalente di riscaldamento (TEWI - Total Equivalent Warming Impact) che comprende sia le emissioni dirette del refrigerante dovute a perdite e smaltimento a fine vita, sia le emissioni indirette legate ai consumi elettrici ed energetici.

La seguente tabella mostra i parametri TEWI dei diversi punti vendita e la relativa formula di calcolo:

TEWI CALCULATION IN EACH CASE	$TEWI = \text{Direct Emissions} + \text{Indirect Emissions}$ $TEWI = GWP \cdot m \cdot \left( \frac{L}{100} \cdot n + (1 - \alpha_{rec}) \right) + n \cdot E_{\text{annual}} \cdot \beta$		
	Where: GWP = Global Warming Potential of refrigerant L = Leakage rate p.a. [kg] n = System operating life [years] m = Refrigerant charge [kg] arec = Recovery/recycling factor from 0 to 1 Eannual = Energy consumption per year [kWh p.a.] β = Indirect emission factor [kg CO <sub>2</sub> per kWh] > n = 10 years > α <sub>rec</sub> = 85% > β = 0,18785 kg(CO <sub>2</sub> eq) /kWh		
	GWP = 2088 L = 0,02 m = 28 kg	GWP CO <sub>2</sub> = 1; GWP R134a = 1430 L = 0,125 m R134a = 300 kg; m CO <sub>2</sub> = 120 kg	
ENERGY CONSUMPTION AND REFERENCE PERIOD (KWh)	E <sub>2018</sub> = 202116 kWh	E <sub>2018</sub> = 251133 kWh	E <sub>2018</sub> = 321824 kWh

Tab. 2. Parametri di calcolo del TEWI

Il punto vendita a Perafita, grazie alla disposizione dei banchi semi plug-in con sistemi di climatizzazione integrati, consente una riduzione del 65% del TEWI con riduzione delle emissioni sia dirette che indirette, come mostra la figura seguente.

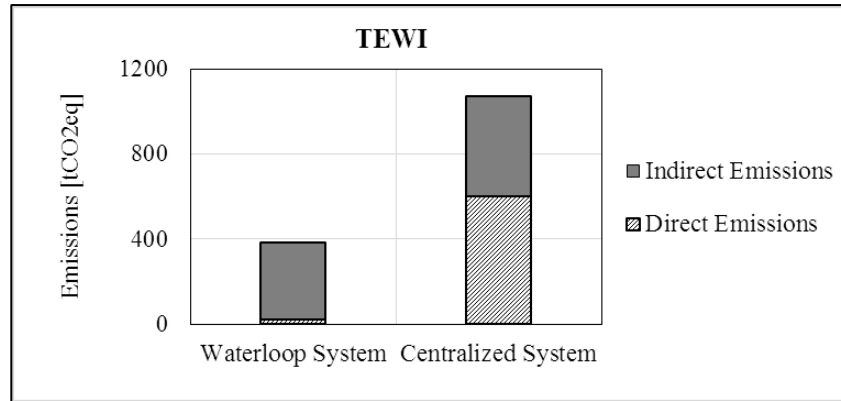


Fig. 4. Confronto del TEWI tra punto vendita con anello ad acqua e con sistema centralizzato (media)

In termini di emissioni dirette, questo risultato è stato raggiunto nonostante il potenziale di riscaldamento globale, GWP del punto vendita a Perafita (2088) sia superiore rispetto agli altri (1022, ottenuto come media pesata tra quello dei differenti refrigeranti utilizzati). Infatti, sia la carica di refrigerante che la percentuale di perdite annuali sono decisamente più basse in un layout semi plug-in rispetto al centralizzato. Quest'ultimo richiede lunghe tubazioni di liquido con una maggiore carica di refrigerante e numerosi giunti brasati, potenzialmente punti deboli, che provocavano una percentuale annuale di perdite del 12.5%.

In termini di emissioni indirette, il consumo energetico dei 3 punti vendita è stato confrontato dopo essere stato normalizzato relativamente a capacità frigorifera nominale di ciascun punto vendita. Comprende ovviamente sia i consumi del sistema di refrigerazione che quelli del sistema per la climatizzazione.

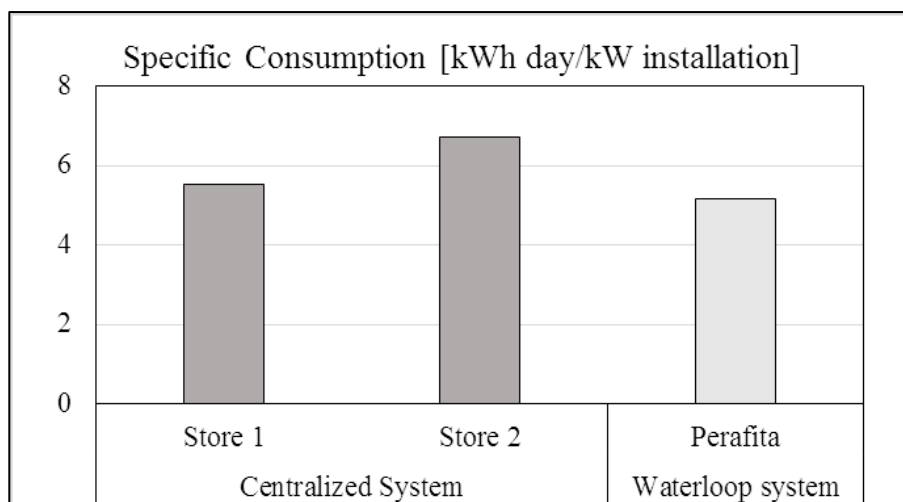


Fig. 5. Consumo energetico specifico (normalizzato) dei 3 punti vendita.

