



**CAREL**

# Energy Saving for Cooling Control in Supermarkets

**CASE STUDY**

T e c h n o l o g y & E v o l u t i o n



Nel settore della refrigerazione commerciale ha assunto un'importanza fondamentale il tema del **Risparmio Energetico**.

È un tema sentito in primo luogo dalle catene di supermercati, in quanto la riduzione degli sprechi rappresenta il primo efficace sistema per il contenimento dei costi ed il raggiungimento di una migliore competitività.

Inoltre, il fatto di adottare tecniche e metodologie impiantistiche volte al **Risparmio Energetico**, significa anche perseguire una politica socialmente responsabile nei confronti di tutti gli stakeholders che interagiscono con il supermercato: azionisti, lavoratori, clienti, fornitori, **ambiente** e società.

Oggi, infatti, sappiamo che l'aria, l'acqua, le materie prime sono risorse finite, ed è quindi un dovere etico, sociale ed anche imprenditoriale, farsi carico di una grande attenzione nel loro utilizzo.

Gli imprenditori sensibili alle problematiche ambientali e al concetto di **Risparmio Energetico** hanno fatto diventare queste istanze parte integrante dell'Identità stessa della loro azienda, nella convinzione che l'impresa sostenibile si garantisce maggiori possibilità di sviluppo nel lungo periodo, l'opportunità di godere i vantaggi dell'eco-efficienza ai fini della sua competitività e infine, concorre alla "competitività del territorio".

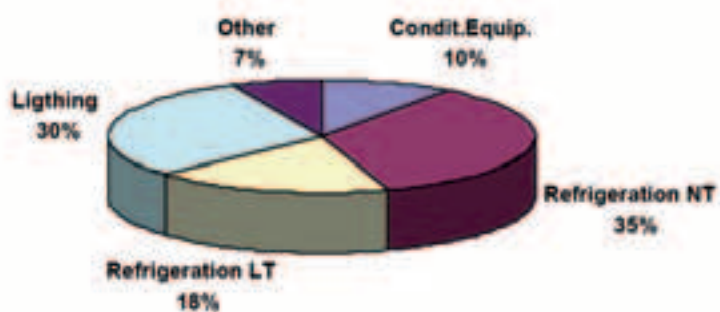
Qualità, benessere, ecologia e rispetto ambientale, diventano indicatori sia nella scelta dei prodotti a scaffale (propri o di marca), che nella progettazione dei nuovi negozi.

Si è sempre più consci che il consumatore vuole acquistare in modo consapevole, critico e, se possibile, riuscire ad influenzare, tramite le sue scelte d'acquisto ed il suo sistema dei valori, la struttura dell'offerta dei beni che egli acquista sul mercato. In questo senso, il rapporto prezzo percepito / qualità percepita non è più l'elemento dominante che guida l'individuo nel processo di scelta di un prodotto. Egli vuole sapere, ad esempio, se nella produzione di quel bene viene fatto uso di fattori inquinanti o nocivi per l'ambiente, se il prodotto agroalimentare proviene da colture biologiche, se viene usata manodopera minorile, se vengono violati i "diritti fondamentali dell'uomo" nei rapporti che l'impresa intrattiene con i lavoratori ed i fornitori, se l'impresa agisce nel rispetto delle leggi nazionali ed internazionali di natura amministrativa, penale e fiscale. In poche parole, il consumatore comincia ad informarsi circa la reputazione di cui gode l'azienda dalla quale sta comprando il bene e ovviamente premierà quelle aziende che opereranno in modo socialmente responsabile.

Con questa premessa **ESSELUNGA Supermercati** ha commissionato al proprio Installatore di fiducia **CREA S.p.A.** e a **CAREL S.p.A.**, leader nella regolazione elettronica, la realizzazione di un supermercato pilota con soluzioni tecniche innovative, in grado di conseguire tangibili risparmi energetici rispetto alle tecnologie tradizionali e ancora comunemente utilizzate.

**La grande novità sta nel fatto che Esselunga ha chiesto una prova che dimostri, su un impianto reale, l'efficacia delle nuove tecnologie.**

Ancora una volta viene confermata la propensione all'innovazione e alla continua ricerca di nuove soluzioni da parte di **ESSELUNGA**, che la pone i primi posti nel panorama nazionale.



## Consumi elettrici nei supermercati

Consumo di energia in % per un supermercato tipo

È ormai ampiamente documentato che **più del 50%** dei consumi elettrici di un supermercato è dovuto al freddo alimentare (centrali frigo, banchi frigo, celle, sale di lavorazione).

*Intervenire in questo ambito consente di ottenere risparmi energetici consistenti.*

Il primo passo importante è la cura nella progettazione e la scelta dei componenti. Una buona progettazione dell'impianto frigorifero deve tener conto delle dimensioni adeguate delle tubazioni del refrigerante (specialmente quando si vuole sfruttare il risparmio energetico grazie alla condensazione flottante), dei percorsi atti a ridurre il più possibile le perdite di carico, del giusto dimensionamento delle centrali frigo e batterie condensanti in grado di supportare situazioni critiche quali quelle estive. In questo l'esperienza più che decennale di **CREA S.p.A.** è stata determinante. Quanto detto, oltre che a garantire il buon funzionamento dell'impianto, consente l'implementazione di quelle tecnologie che rendono possibili riduzione dei consumi energetici. L'uso di controllori elettronici dell'ultima generazione, come i programmabili CAREL della serie **pCO sistema**, garantisce il costante funzionamento dell'impianto e, grazie all'algoritmo implementato, l'attuazione di quelle procedure che portano ad ottenere la massima efficienza e i conseguenti benefici energetici.



Fig.1: Controllo programmabile pCO sistema

Profilo temperature in un anno (Milano)

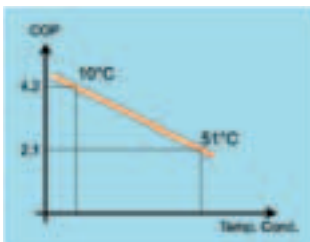
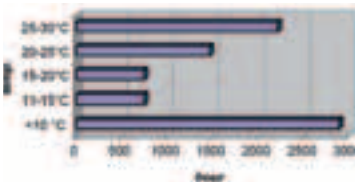


Fig. 2: Valori di COP con temperatura di evaporazione (-10 °C)

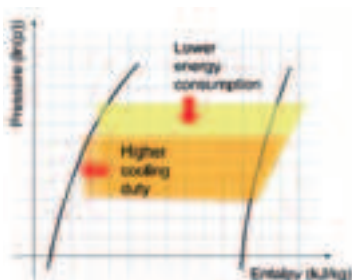


Fig. 3: grafico pressione-entalpia

### La proposta CAREL

Equipaggiare le utenze frigorifere (banchi e celle) di valvole elettroniche di espansione per il controllo del flusso di refrigerante negli evaporatori, e abbinare un controllo modulante della pressione di condensazione su entrambi le centrali frigo, in grado di ottimizzarne il funzionamento e l'efficienza quando le temperature esterne risultano essere particolarmente favorevoli (periodo invernale).

Lo studio è stato realizzato in un supermercato a Milano (Italia) dove, tipicamente si rileva che in un anno, almeno per il 65% del tempo totale, la temperatura dell'aria esterna risulta essere inferiore ai 20 °C (vedi grafico sottostante).

In un impianto tradizionale con valvole termostatiche meccaniche (TEV) questo dato risulta ininfluente, in quanto tutto il sistema è costretto ad operare in situazioni in cui i valori di condensazione devono essere fissi per consentire un buon funzionamento del dispositivo meccanico di laminazione.

Al contrario, in un impianto con valvole elettroniche (EEV), poiché queste operano totalmente indipendenti dalla differenza di pressione, è possibile realizzare sui condensatori un controllo fluttuante della temperatura di condensazione, che adatta costantemente la stessa alla temperatura esterna.

In questo modo è possibile ottenere **risparmi energetici** significativi, mantenendo stabile la pressione di aspirazione (quindi la temperatura dei banchi) e riducendo ad esempio la pressione di condensazione da 45...50 °C a 20 °C (quando le condizioni esterne lo consentono).

Possono essere realizzati, come andremo ad illustrare, risparmi energetici fino al 20%.

Normalmente per ogni grado in meno della temperatura di condensazione si ottiene un risparmio energetico pari al 2%.

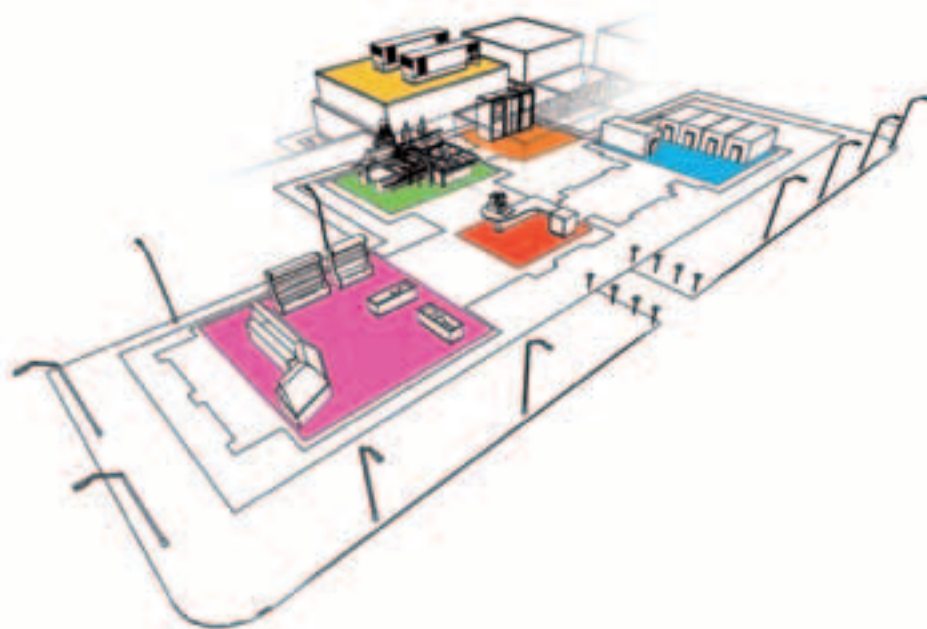
Gli stessi costruttori di compressori mettono a disposizione tabelle dove mostrano l'incremento considerevole del **COP** (Coefficient of Performance) di un compressore frigorifero al ridursi della temperatura di condensazione (vedi fig 2).

Il concetto è per certi versi semplice, in quanto valori di temperatura di condensazione elevati determinano l'aumento del rapporto di compressione, una conseguente riduzione della capacità frigorifera (quindi una riduzione del COP) e un aumento della potenza elettrica assorbita.



Per operare secondo la nuova tecnologia con valvole elettroniche, è stato scelto il punto vendita ESSELUNGA di via Ripamonti a Milano, struttura nuova, elegante e dalla notevole superficie espositiva.

Il negozio è stato inaugurato nel luglio del 2002, e già dal primo giorno di esercizio tutto era predisposto per la verifica del funzionamento e la raccolta dei dati sensibili. Per poter rispondere alle specifiche richieste di Esselunga il negozio è stato realizzato in modo da poter verificare direttamente i consumi energetici delle centrali frigorifere quando tutto l'impianto è funzionante sia in tecnologia Tradizionale (utilizzando valvole di espansione termostatiche meccaniche TEV), sia in tecnologia Elettronica (utilizzando valvole di espansione elettroniche EEV).



Su ciascuna delle utenze frigorifere (banchi e celle) è stato installato un **doppio circuito parallelo** gestito da elettrovalvole, che in qualunque momento possono far funzionare l'utenza in una tecnologia o nell'altra. In questo modo è possibile confrontare le due tecnologie (TEV e EEV) a parità di tutte le altre condizioni di utilizzo.

Per la gestione dell'impianto e la raccolta dati di funzionamento è stato scelto il sistema di supervisione **PlantVisor** CAREL personalizzato per CREA S.p.A.. Il suo compito fondamentale è di comandare il cambio di tecnologia contemporaneamente su tutte le utenze a intervalli di funzionamento fissi. Per rendere i dati perfettamente confrontabili **PlantVisor** cambia automaticamente la tecnologia utilizzata su **tutte le utenze** esattamente ogni tre giorni alla mezzanotte, in modo da minimizzare l'influenza di fattori diversi da quelli giornalieri quali condizioni meteo, orario di apertura del negozio, operazioni di carico/scarico, etc.

## Il supermercato

### Principio di funzionamento

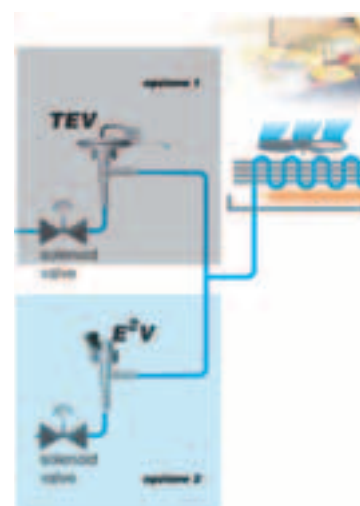


Fig. 4: Schema di principio della doppia tecnologia TEV e EEV usata su ogni unità frigorifera



Fig. 5: TAM su centrale frigo

PlantVisor effettua anche la misurazione e la successiva contabilizzazione del consumo energetico dell'impianto nelle due modalità di funzionamento: tradizionale o elettronica, per mezzo dei misuratori di corrente (**TAM amperometrici**) collegati direttamente all'alimentazione dei compressori. In questo modo, è possibile monitorare minuto per minuto il consumo energetico dell'intero sistema di produzione del freddo, confrontare i dati nelle due modalità di funzionamento e determinare le migliori prestazioni di un sistema rispetto ad un altro.

L'energia elettrica consumata viene misurata da due distinti contatori, uno per ciascuna tecnologia, ed il tutto viene espresso in kW/h totali consumati. Essendo unica la modalità di misurazione dell'energia per entrambi i modi di funzionamento, anche l'errore è comune. Quindi i dati ottenuti garantiscono un ottimo livello qualitativo dell'informazione.

Inoltre, un contatore permette di sapere esattamente per quanti giorni ore e minuti l'impianto è stato in funzione per ciascuna delle due tecnologie, in modo da poter facilmente calcolare la media dei consumi elettrici durante il periodo di registrazione dei dati.

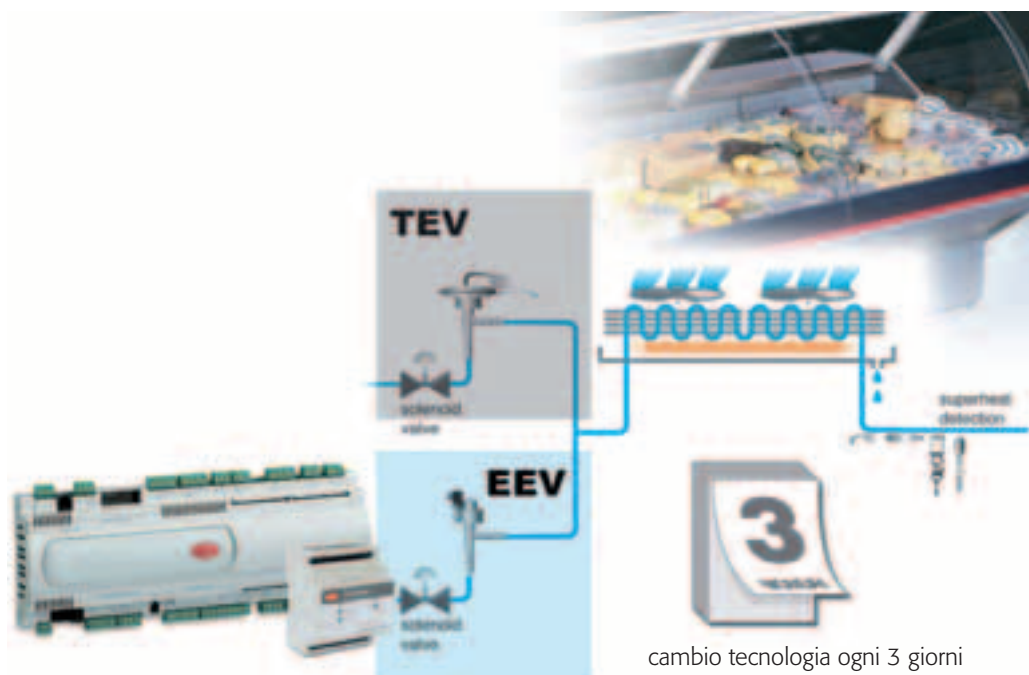


Fig. 6: schema doppia tecnologia TEV-EEV per ogni utenza frigo



Fig. 7: EEV CAREL

### Le valvole di espansione elettroniche

Le utenze frigorifere sono state equipaggiate, come detto, con una EEV (valvola di espansione elettronica) ed una TEV (valvola di espansione termostatica) in funzionamento alternato. La scelta delle EEV è stata fatta con lo scopo di ottenere i prefissati risparmi energetici consentendo inoltre il migliore funzionamento possibile delle unità frigorifere e dell'impianto.

Le valvole di espansione elettroniche di **tipo proporzionale**, sono quelle che maggiormente rispondono alle esigenze di funzionamento richieste: rispetto a quelle di tipo pulsante garantiscono infatti un funzionamento più stabile delle unità frigorifere e con ridotte sollecitazioni di pressione alle linee di refrigerante.

Nel negozio che abbiamo preso in considerazione sono state utilizzate valvole CAREL e Sporlan.

## Case Study: Energy saving nel controllo del freddo nei supermercati

Sono stati raccolti i dati di poco più di dieci mesi di funzionamento del supermercato (da luglio 2002, a maggio 2003).

Di seguito i risultati conseguiti dal punto di vista del **Risparmio Energetico**:

Periodo	Tecnologia	KWh totali consumati	Giorni	Risparmio Energetico
Luglio 2002- Maggio 2003	Tradizionale (TEV)	331802	142	<b>20%</b>
	Elettronica (EEV)	264981	141	

Di seguito il dettaglio dei dati rilevati divisi in tre periodi significativi per confrontare le performance dell'impianto durante:

- Estate-Autunno (Luglio - Novembre);
- Inverno (Dicembre - Febbraio);
- Primavera (Marzo - Maggio).

centrale BT	Periodo	Tecnologia	kWh totali consumati	Giorni	kW medi	Risparmio Energetico
	Luglio - Novembre 2002		Tradizionale (TXV)	54634	64	35,7
Elettronica (EXV)			51517	74	28,9	
Dicembre 2002 Febbraio 2003		Tradizionale (TXV)	32978	48	28,6	<b>33%</b>
		Elettronica (EXV)	17063	37	19,3	
Marzo - Maggio 2003		Tradizionale (TXV)	28001	30	38,5	<b>33%</b>
		Elettronica (EXV)	18768	30	25,7	

## Risultati ottenuti

Tab. 1: Consumi elettrici centrale di bassa temperatura nei tre periodi

centrale TN	Periodo	Tecnologia	kWh totali consumati	Giorni	kW medi	Risparmio Energetico
	Luglio - Novembre 2002		Tradizionale (TXV)	125700	64	82,2
Elettronica (EXV)			118973	74	66,8	
Dicembre 2002 Febbraio 2003		Tradizionale (TXV)	46325	40	48,7	<b>27%</b>
		Elettronica (EXV)	27152	32	35,3	
Marzo - Maggio 2003		Tradizionale (TXV)	44164	30	61,1	<b>29%</b>
		Elettronica (EXV)	31508	30	43,1	

Tab. 2: Consumi elettrici centrale di media temperatura nei tre periodi

Si può notare come i migliori risultati in termine di risparmio energetico siano stati conseguiti nei periodi più freddi. È così dimostrato inequivocabilmente come l'uso di valvole elettroniche abbia portato ad una riduzione molto significativa dei consumi elettrici.

Di seguito vengono presentati alcuni grafici che illustrano come variano i consumi di corrente quando l'impianto cambia modalità di funzionamento da TEV a EEV:

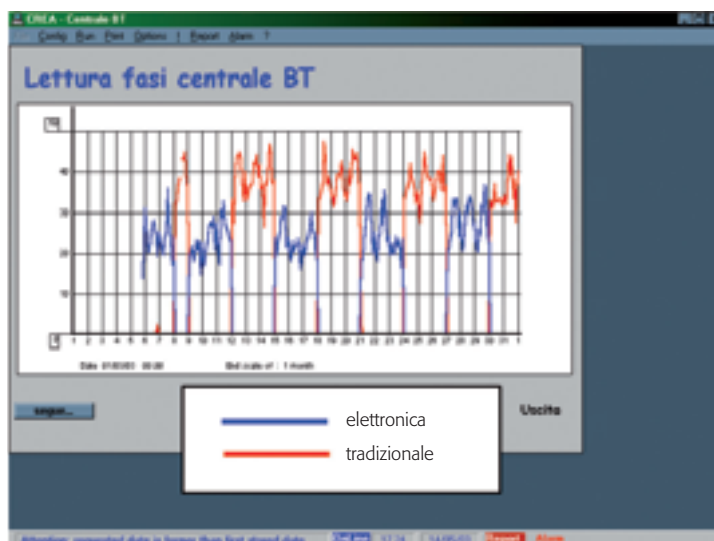


Fig. 10: Dati consumi elettrici relativi al mese di MARZO 2003

la risoluzione del grafico è un mese. Si vede come i valori di corrente istantanea letta nella Centrale frigo di BT variano a seconda della modalità di funzionamento dell'impianto. Il grafico mostra inoltre i diversi periodi di funzionamento TEV-EEV.

### Analisi tecnica del risparmio energetico

La spiegazione tecnica di tali risultati si può chiaramente dedurre dalle registrazioni dei dati relativi ai compressori.

Come precedentemente anticipato, le **valvole di espansione elettroniche** possiedono una capacità di regolazione talmente ampia da permettere ai **compressori di lavorare sempre nelle migliori condizioni operative possibili** (compatibilmente con le condizioni ambientali esterne).

In inverno è quindi possibile lavorare con pressione di condensazione molto bassa, **migliorando la resa dei compressori e riducendo i consumi elettrici**.

Il grafico seguente riporta le pressioni di lavoro in tecnologia elettronica e tradizionale.



Fig. 11: Dati sulle pressioni dei compressori della centrale frigorifera BT relativi alla SETTIMANA 27gen-3feb 2003

### Effetti nella regolazione di temperatura

Quello del risparmio energetico non è l'unico vantaggio emerso durante questa esperienza. E' importante riportare i risultati ottenuti anche nella regolazione di alcune delle utenze frigorifere, in particolare di quella a bassa temperatura (gelati e surgelati).

In queste utenze la valvola elettronica permette una regolazione della temperatura più efficace, tale da conseguire, sfruttando al meglio la superficie dell'evaporatore, il raggiungimento di temperature di lavoro inferiori. Il sistema, inoltre, non richiede tarature o aggiustamenti futuri, in quanto l'elettronica attua continuamente la propria azione di controllo in base ai parametri letti da trasduttori posti in uscita dell'evaporatore, mantenendo i valori di surriscaldamento ottimali.

L'algoritmo usato è tale da non necessitare successive messe a punto.

Nelle pagine seguenti vengono riportati alcuni dati relativi alle temperature di lavoro.



Fig. 12: Temperature di lavoro dell'utenza: "isola surgelati" nel PERIODO 15dic-15gen



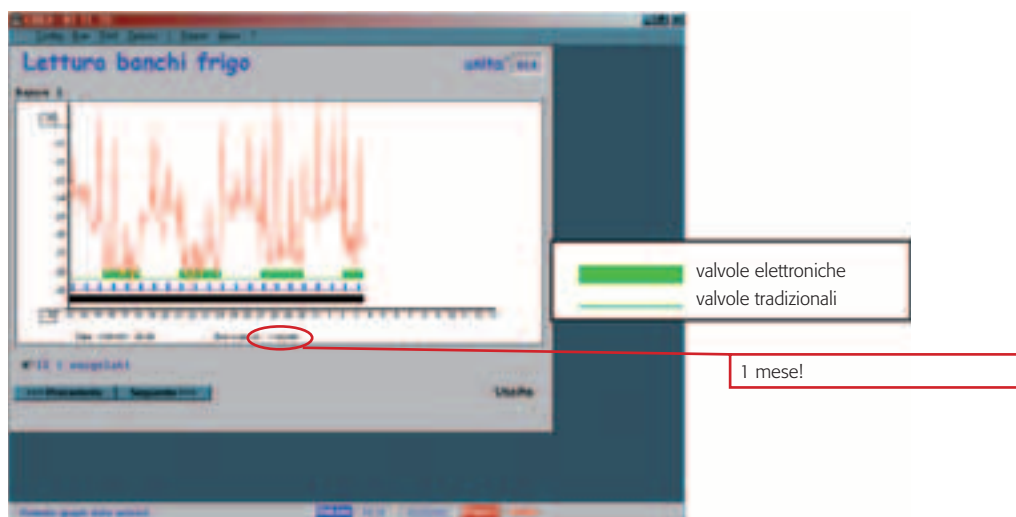


Fig. 13: Temperature di lavoro isola surgelati n°11 nel PERIODO 13gen-3feb 2003

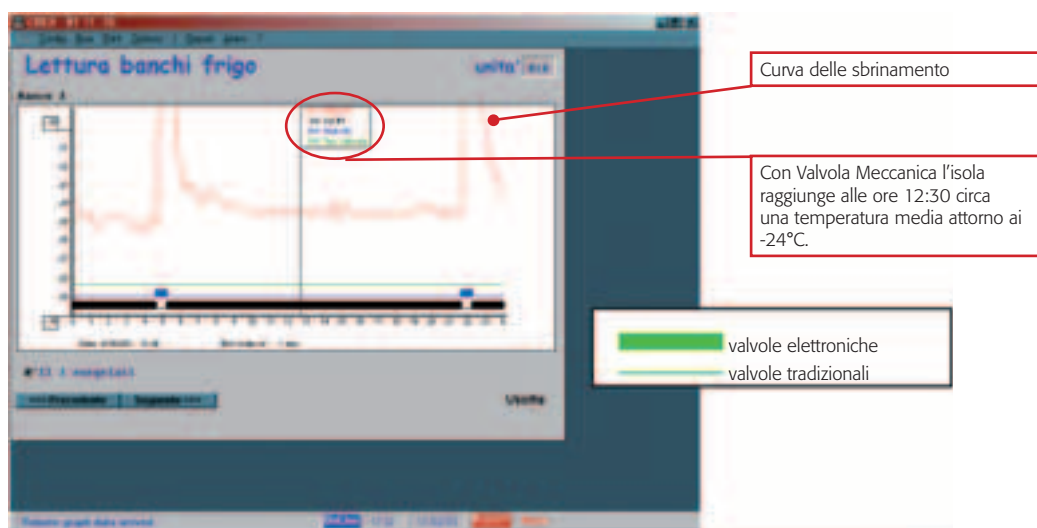


Fig. 14: Ingrandimento su scala GIORNALIERA della temperatura di lavoro dell'isola surgelati n°11 funzionante con VALVOLA MECCANICA



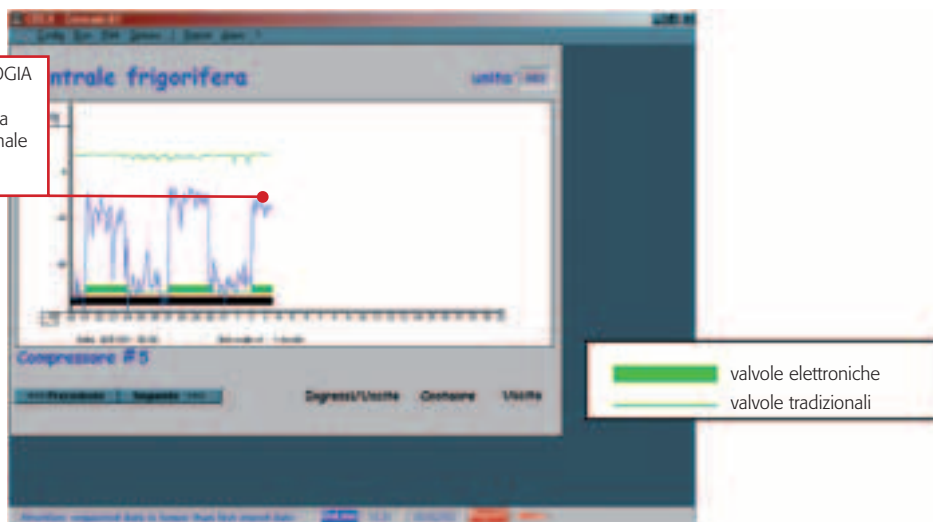
Fig. 15: Ingrandimento su scala GIORNALIERA della temperatura di lavoro dell'isola surgelati n°11 funzionante con VALVOLA ELETTRONICA

### Effetti della regolazione con valvola elettronica nei compressori frigoriferi

Abbiamo già visto come con l'utilizzo di valvole elettroniche sia possibile operare con migliori condizioni di pressione riducendo così i consumi elettrici e gli stress per i compressori stessi. Oltre al dato relativo alle migliori condizioni di pressione, si sono rilevate migliori condizioni di temperatura dei compressori, mantenendo temperature di scarico addirittura inferiori quando si è in modalità valvola elettronica.

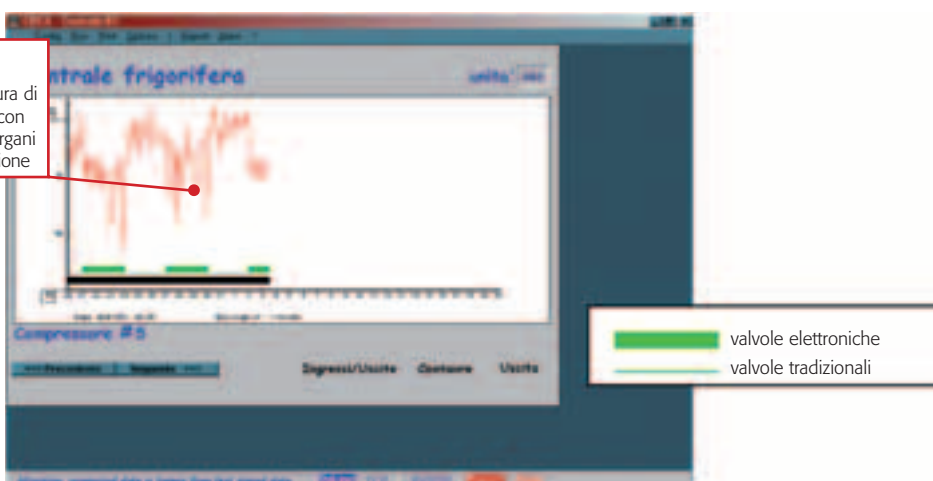
Questo determina un aumento della vita media del compressore frigorifero e una riduzione nei numeri di guasti.

Da notare come con TECNOLOGIA ELETTRONICA la temperatura di aspirazione è sempre più alta rispetto alla tecnologia tradizionale .....(segue)

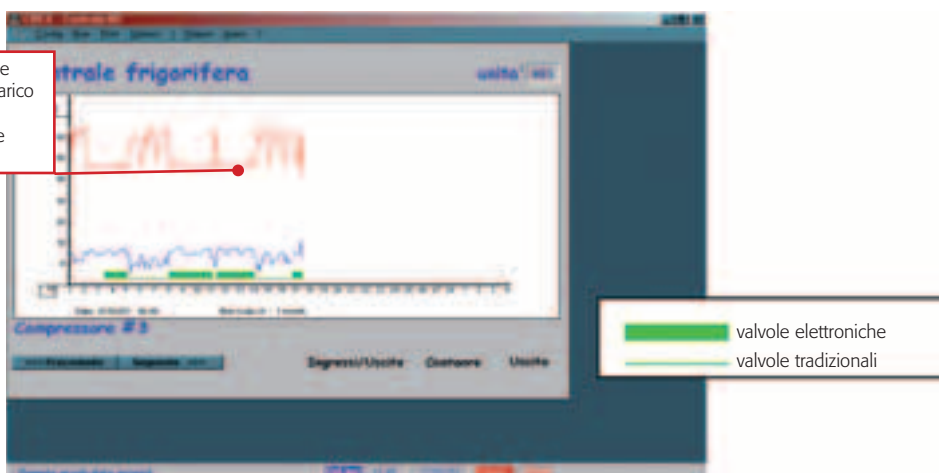


(segue)...

....mantenendo una temperatura di scarico addirittura INFERIORE, con minore deterioramento degli organi meccanici e dell'olio di lubrificazione



Come per la centrale BT, anche per la TN la temperatura di scarico risulta INFERIORE, nei periodi di funzionamento delle valvole elettroniche.



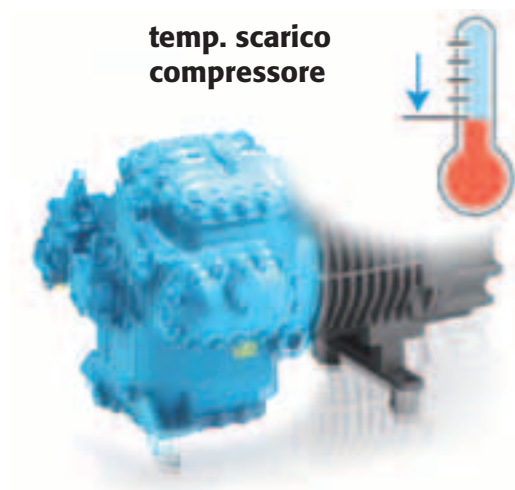


Fig. 19: Migliori condizioni di esercizio significano minori guasti e tangibili risparmi nelle manutenzioni

Riassumiamo di seguito le caratteristiche dell'impianto rilevate nei primi dieci mesi di funzionamento, mettendo in evidenza i vantaggi derivanti dall'utilizzo delle Valvole Elettroniche e dal Sistema di Controllo Elettronico che ne permette il funzionamento.

## Conclusioni

### Vantaggi nell'utilizzo di tecnologia di espansione elettronica

- Risparmio energetico stimato sui consumi dell'impianto **superiore al 20% annuo**.
- Migliori condizioni di lavoro dei compressori (pressioni più basse, temperature di scarico inferiori). Questo determina una minore incidenza dei guasti e quindi un **abbattimento dei costi di manutenzione**.
- Permanenza delle performance nel tempo.
- Migliore conservazione dei prodotti a bassa temperatura (surgelati e gelati).
- Migliore regolazione utenze a bassa temperatura (**raggiungimento di temperature inferiori**).
- Minor deterioramento delle parti meccaniche dei compressori e dell'olio di lubrificazione.
- Ripetibilità dei risultati di regolazione e consumo energetico nel tempo.

### ...verso il cliente e l'ambiente:

la conferma di un atteggiamento di rispetto ed attenzione verso problematiche di **risparmio energetico** ed utilizzo consapevole e socialmente responsabile delle risorse disponibili.

Si ringraziano ESSELUNGA S.p.A. e CREA S.p.A. per la gentile collaborazione.



The subject of **energy savings** has become a fundamental aspect in the field of commercial refrigeration.

This is true above all for supermarket chains, as the reduction of energy wastage represents the most effective way to contain costs and achieve better competitiveness.

Furthermore, the adoption of techniques and methods aimed at **saving energy** in the installation also means embracing a socially responsible policy in relation to all the stakeholders that interact with the supermarket: shareholders, workers, customers, suppliers, the **environment** and society.

Today, in fact, we know that air, water and raw materials are finite resources, and consequently it is an ethical, social and even corporate duty to dedicate significant attention to the use of such.

Businesspeople who are sensitive to environmental issues and the notion of **energy savings** have made these concepts an integral part of their corporate identity, with the conviction that the sustainable business model offers greater guarantees of long-term development, the opportunity to enjoy the advantages of eco-efficiency in terms of its competitiveness, as well as to share in the benefits of "territorial competitiveness".

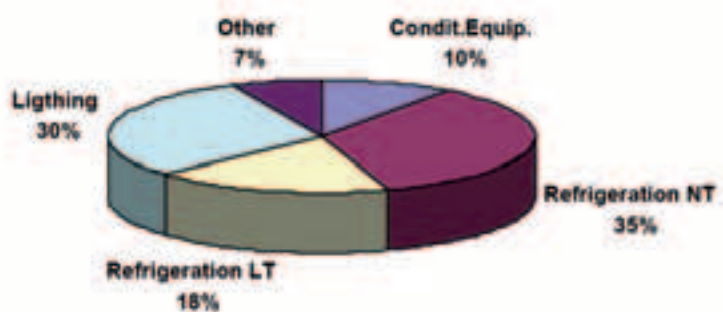
Quality, well-being, ecology and respect for the environment thus become factors both in the choice of the products on the shelf (own or brand), and in the design of new stores.

There is increasing awareness that the consumer wants to make informed and critical purchases, and, if possible, influence through their purchasing decisions and its system of values, the supply of goods that can be purchased on the market. In this sense, the ratio between perceived price/perceived quality is no longer the dominant element that guides the individual during the product selection process. The consumer wants to know, for example, if pollutants or other substances that are harmful to the environment are used in the production of a certain good, if the food product is grown organically, if child labour is used, if "fundamental human rights" are violated in the relationships between the company and its workers and suppliers, and if the company operates within the national and international administrative, criminal and fiscal laws. In short, the consumer starts to acquire information about the reputation of the company that supplies the goods being purchased, and obviously rewards those companies that operate in a socially responsible manner.

Having stated this, **ESSELUNGA Supermercati** asked its trusted installer **CREA S.p.A.** and **CAREL S.p.A.**, leader in electronic control solutions, to develop a pilot supermarket with innovative technical solutions, capable of achieving tangible energy savings compared to the traditional and still commonly-used technology.

**The big news involves the fact that Esselunga required a test to demonstrate, in a working installation, the effectiveness of such new technologies.**

Once again, this confirms the focus on innovation and the continuous research for new solutions by **ESSELUNGA**, making it national leader in its field.



It has been widely demonstrated that **more than 50%** of the power consumption in a supermarket is due to the cold storage of food (compressor packs, showcases, cold rooms, processing rooms).

*Actions taken in this area therefore allow significant energy savings to be achieved.*

## Introduction

## Power consumption in supermarkets

Energy Consumption % for a typical large supermarket



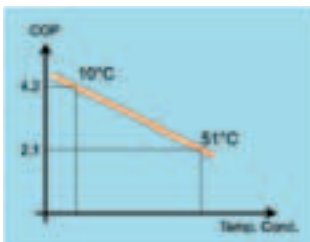
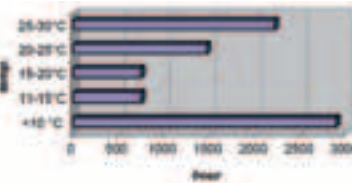
The first important step involves a careful design, and the choice of the components. A good design of the refrigeration installation must take into consideration the correct sizing of the refrigerant pipes (especially when wanting to exploit the energy savings deriving from floating condenser control), with paths laid out so as to reduce the pressure drop as much as possible, and the correct sizing of the compressor packs and condensing coils, which must be able to support the more critical summer conditions; in this phase, the decades' long experience of **CREA S.p.A.** has been a determining factor. The above details, as well as guaranteeing the correct operation of the installation, also allow the implementation of technologies that ensure reductions in energy consumption.

The use of the latest-generation electronic controllers, such as the CAREL programmable **pCO sistema**, guarantees the constant operation of the installation, and, thanks to the control algorithm used, the implementation of procedures that ensure maximum efficiency and consequently benefits in terms of energy savings.

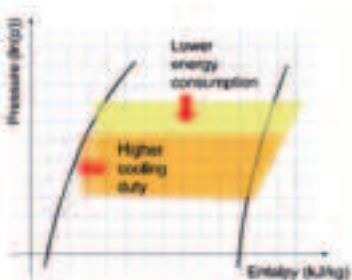


**Fig. 1:** pCO sistema programmable controller

temperature profile over the period of a year (Milan)



**Fig. 2:** COP values with evaporating temperature (-10 °C)



**Fig. 3:** pressure/enthalpy diagram

**The CAREL proposal**

To fit the refrigeration utilities (showcases and cold rooms) with electronic expansion valves for the control of the flow of refrigerant to the evaporators, combined with modulating control of the condensing pressure on both compressor packs, so as to optimise operation and efficiency when the outside temperatures are especially favourable (in winter).

It has been found that over the period of a year, the outside air temperature is normally lower than 20 °C at least 65% of the time.

In a traditional installation with mechanical thermostatic valves (TEV), this data has no influence, as the entire installation is forced to operate in conditions in which the condensing values must be fixed so as to allow the correct operation of the mechanical expansion device.

In an installation with electronic valves (EXV), however, as these operate completely independently from the pressure difference, floating control of the condensing temperature is possible, that is, the condensing temperature is constantly adjusted based on the outside temperature.

This in turn allows significant **energy savings**, whilst maintaining the suction pressure (and consequently the temperature of the showcases) stable, and reducing the condensing temperature from 45 to 50 °C to 20 °C, for example, when the outside conditions allow.

Overall energy savings of up to 20% can be achieved in this way.

Normally, in fact, each one degree decrease in the condensing temperature corresponds to energy savings of 2%.

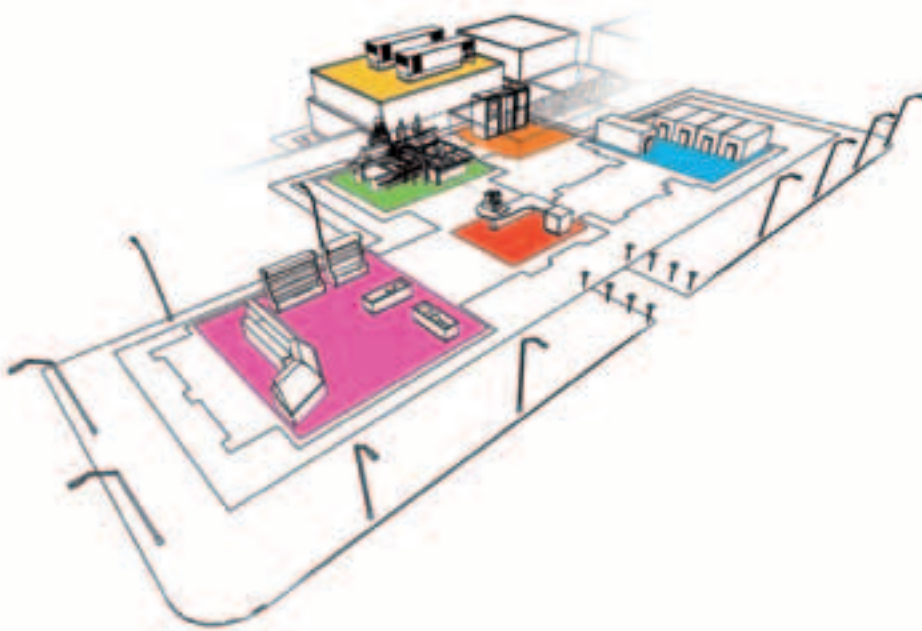
The manufacturers of the compressors also provide tables that show the considerable increase in **COP** (Coefficient of Performance) of a compressor in a refrigeration unit as the condensing temperature decreases (see Fig 2).

The concept is actually quite simple, as high condensing temperatures lead to an increase in the compression ratio, and consequently a reduction in cooling capacity (and thus a decrease in the COP) and an increase in power input.

## Case Study: Energy Saving for Cooling Control in Supermarkets

For the operating trial using the new technology with electronic valves, the ESSELUNGA store in via RIPAMONTI, Milan, was chosen, a new, elegant structure with a large display area.

The store was inaugurated in July 2002, and right from day one of operation it was fitted for the monitoring of operation and the collection of the important data. In order to be able to respond to the specific requirements of Esselunga, the store has been built so as to be able to directly monitor the energy consumption of the compressor packs when the installation is operating using both **Traditional** technology (mechanical thermostatic expansion valves), and **Electronic** technology (electronic expansion valves).



Each of the refrigeration utilities (showcases and coldrooms) has been installed with a **double parallel** circuit managed by a solenoid valve, which can at any time have the utility operate using one or the other technology. This allows a direct comparison of the two technologies (TEV and EEV) for the same operating conditions.

A special customized version for CREA S.p.A of the CAREL **PlantVisor** supervisory system was chosen for the management of the installation and the collection of the operating data. Its fundamental task is to manage the changeover in technology on all the utilities at the same time, at fixed intervals. To ensure that the data is perfectly comparable, **PlantVisor** automatically changes the technology used on **all the utilities** exactly every three days at midnight, so as to minimise the influence of variable factors such as weather conditions, store opening hours, special loading/unloading operations, etc.

## The supermarket

## The Operating Principle

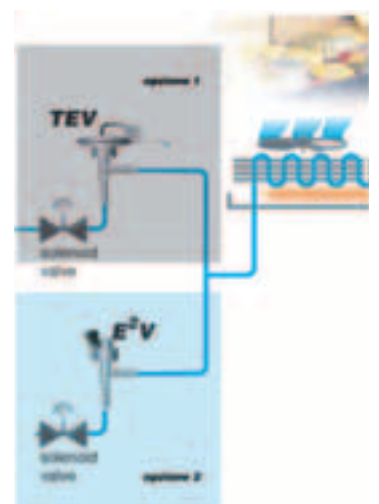


Fig. 4: Principle diagram of the two technologies TEV and EEV used for each refrigeration unit



Fig. 5: TAM on compressor pack

PlantVisor also measures and counts the energy consumption of the installation in both operating modes: traditional or electronic, by measuring the current using a current transformer connected directly to the compressor power supply. In this way, the energy consumption of the entire refrigeration system can be measured minute-by-minute, and subsequently the data from the two operating modes compared so as to determine the system with the better performance.

The electrical energy consumed is measured by two separate counters, one for each technology, and all the values are expressed in total kW/h consumed. As the energy is measured in the same way for both operating modes, the error is shared by both. Consequently, the data recorded guarantees an excellent qualitative level of information

In addition, an hour counter measures exactly how many days, hours and minutes the installation has been operating for with each of the two technologies, so as to be able to easily calculate the average power consumption during the data sampling period.

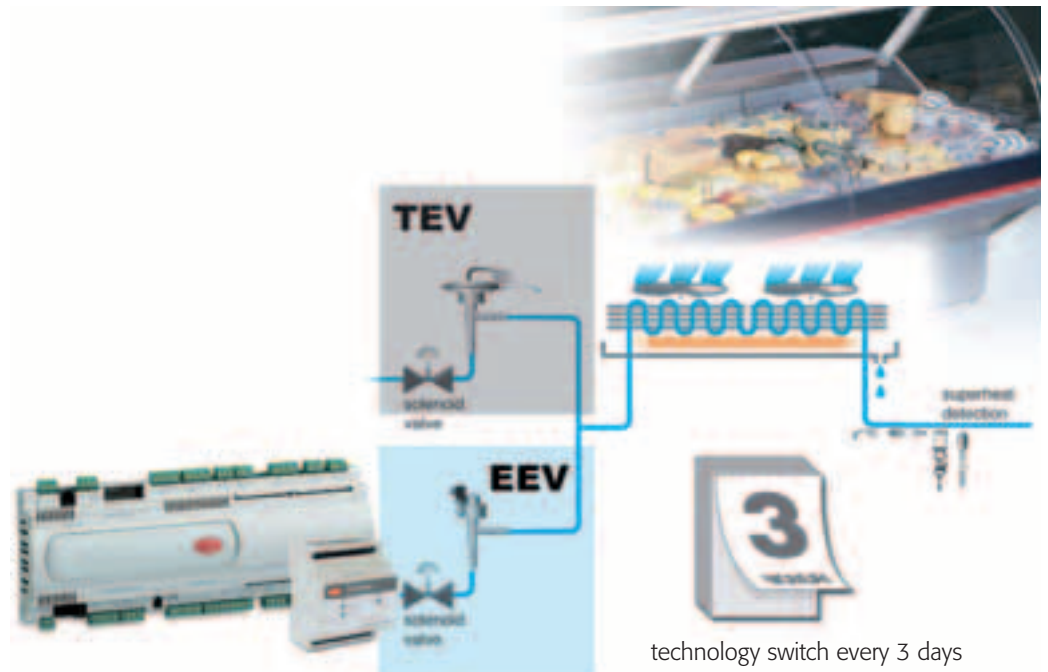


Fig. 6: dual technology (TEV-EEV) diagram for each refrigeration utility



Fig. 7: EEV CAREL

### The electronic expansion valves

The refrigeration utilities have been fitted, as mentioned, with an EEV (electronic expansion valve) and a TEV (thermostatic expansion valve), in alternating operation.

The EEVs have been installed for the purpose of ensuring the energy saving objectives, while also allowing the best possible operation of the refrigeration units and the installation as a whole. **Proportional electronic expansion valves** are the type that best respond to the operating requirements: compared to pulsating valves, they in fact guarantee more stable operation of the refrigeration units and reduced pressure stress on the refrigerant lines.

In the store CAREL and Sporlan expansion valves were used.

## Case Study: Energy Saving for Cooling Control in Supermarkets

The data was collected for a little over ten months of operation of the supermarket (from July 2002 to May 2003).

The following results were achieved in terms of energy savings:

Period	Technology	kWh total consumption	Days	Energy Saving
July 2002	Traditional (TEV)	331802	142	<b>20%</b>
May 2003	Electronic (EEV)	264981	141	

The following are details of the data measured, divided into three significant periods so as to compare the performance of the installation during:

- Summer - Autumn (July - November);
- Winter (December - February);
- Spring (March - May).

LT compressor pack	Period	Technology	kWh total consumption	Days	kW average	Energy Saving
	July - November 2002	Traditional (TXV)	54634	64	35,7	<b>19%</b>
		Electronic (EXV)	51517	74	28,9	
	Dicember 2002 february 2003	Traditional (TXV)	32978	48	28,6	<b>33%</b>
		Electronic (EXV)	17063	37	19,3	
	March - May 2003	Traditional (TXV)	28001	30	38,5	<b>33%</b>
Electronic (EXV)		18768	30	25,7		

## Results achieved

Tab. 1: Low temperature compressor pack power consumption divided into three periods.

MT compressor pack	Period	Technology	kWh total consumption	Days	kW average	Energy Saving
	July - November 2002	Traditional (TXV)	125700	64	82,2	<b>19%</b>
		Electronic (EXV)	118973	74	66,8	
	Dicember 2002 February 2003	Traditional (TXV)	46325	40	48,7	<b>27%</b>
		Electronic (EXV)	27152	32	35,3	
	March - May 2003	Traditional (TXV)	44164	30	61,1	<b>29%</b>
Electronic (EXV)		31508	30	43,1		

Tab. 2: Medium temperature compressor pack power consumption divided into three periods.

It can be seen how the best results were achieved in terms of energy savings in the colder periods. This unequivocally demonstrates how the use of electronic valves brings about a very significant reduction in power consumption.

The graphs below show how the power consumption varies when the installation changes operating mode, from TXV to EXV:

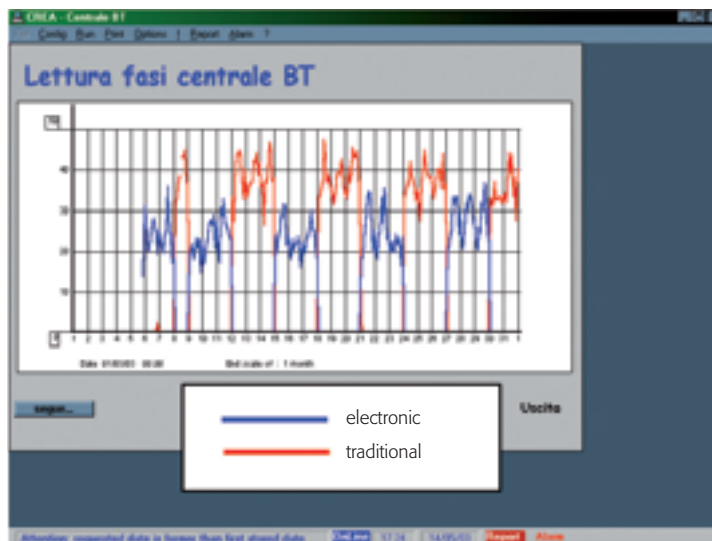


Fig. 10: Dati consumi elettrici relativi al mese di MARZO 2003

the resolution of the graph is one month, and it can be seen how the instant current values read for the LT refrigeration system vary according to the operating mode of the installation. The graph also shows the different operating periods, TXV or EXV.



**Technical analysis of the energy savings**

The technical explanation of these results is clear from the recording of the data corresponding to the compressors. As previously mentioned, the electronic valves have such a wide control capacity that they allow the **compressors to always operate in the optimum conditions** (according to the outside environmental conditions)

In winter, then, the circuit can operate with a very low condensing pressure, thus **improving the efficiency of the compressors and reducing power consumption.**

The following graph shows the operating pressures for electronic and traditional technology.



Fig. 11: Data on the compressor pressure in the LT refrigeration system corresponding to the WEEK from Jan 27 to Feb 3, 2003

**Effects in terms of temperature control**

Energy savings are not the only advantage resulting from this experience. It is important to also note the results achieved in the control of some of the refrigeration utilities, in particular the low temperature appliances (ice cream and frozen foods).

In these utilities, the ELECTRONIC VALVE allows **more effective temperature control**, ensuring a lower operating temperature by better exploiting the surface of the evaporator. The system consequently does not require future adjustments, as the electronics continuously implement the control action based on the parameters read by the transducers located at the evaporator outlet, maintaining the superheat values at the optimum levels. A self-adapting algorithm is used. The following pages show some data corresponding to the operating temperature.

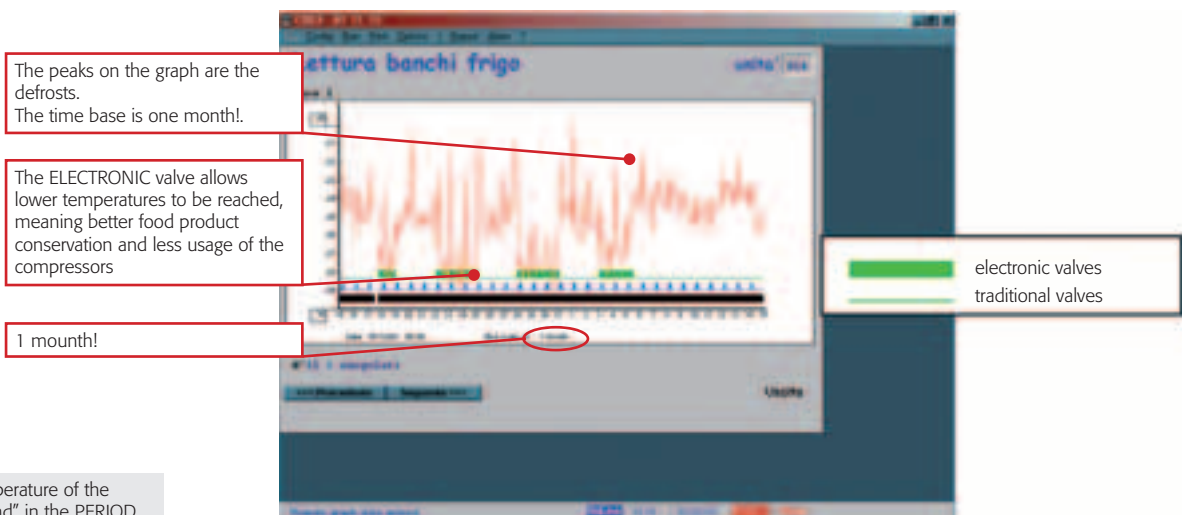


Fig. 12: Operating temperature of the utility: "frozen food island" in the PERIOD



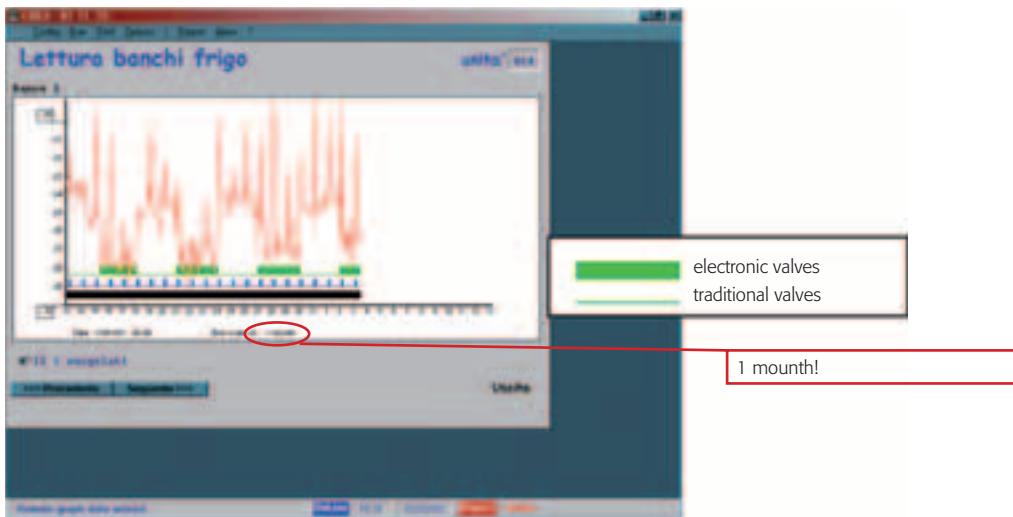


Fig. 13: Operating temperature of the frozen food island no. 11 in the PERIOD from 13 Jan -3 Feb 2003

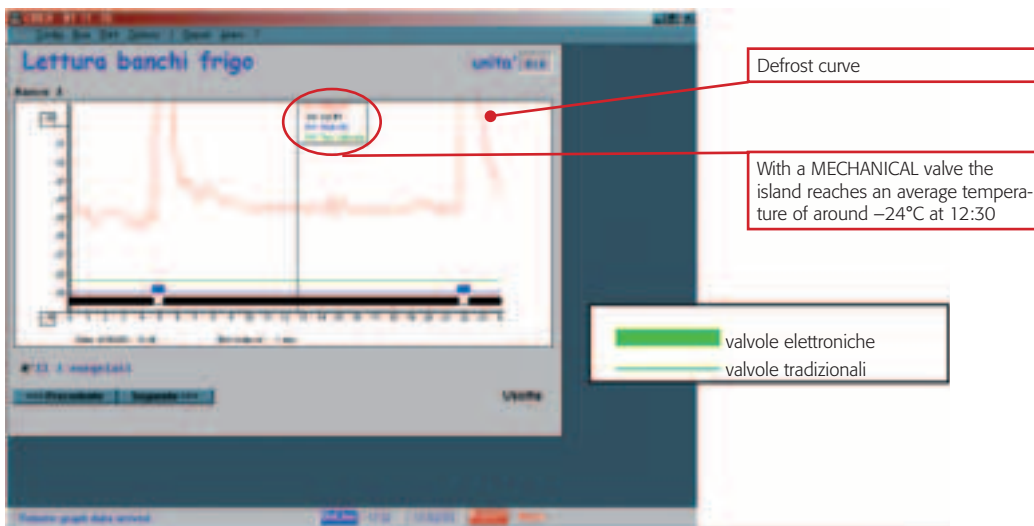


Fig. 14: Enlargement on a DAILY scale of the operating temperature of the frozen food island no. 11 operating with a MECHANICAL VALVE

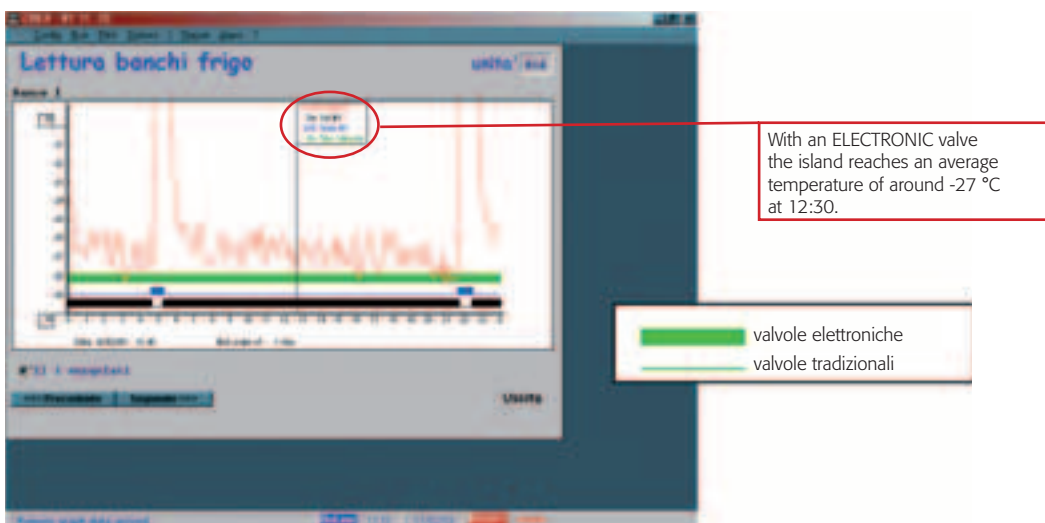


Fig. 15: Enlargement on a DAILY scale of the operating temperature of the frozen food island no. 11 operating with an ELECTRONIC VALVE

### Effects of control with electronic valve on the refrigeration compressors

We have already seen how the use of electronic valves allows operation in the best pressure conditions, thus reducing both the power consumption and stress on the compressors. As well as the data on the best pressure conditions, the best temperature conditions for the compressors were also found, with the discharge temperature even lower when operating in electronic valve mode.

This means an increase in the average life of the compressor and a reduction in the number of faults.

It can be noted how with the ELECTRONIC TECHNOLOGY the suction temperature is always higher than with traditional technology .....(continues)

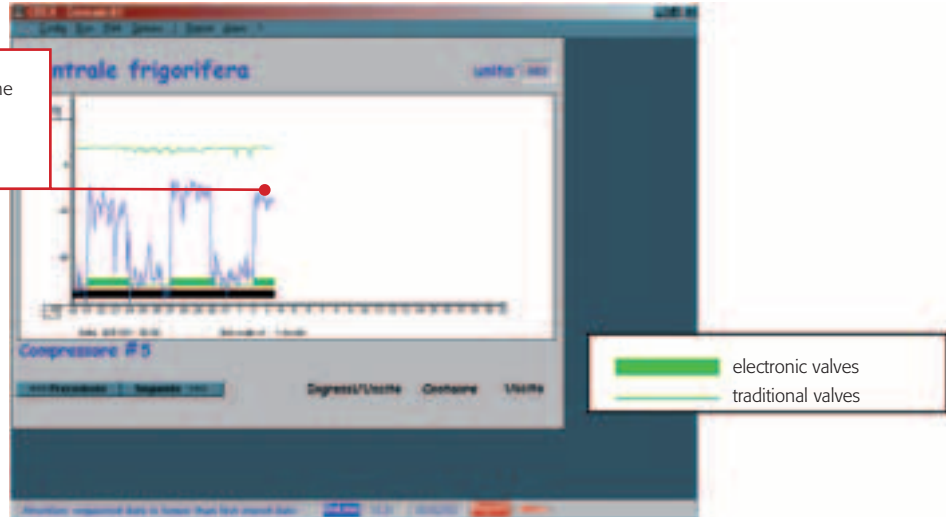


Fig. 16: Compressor SUCTION temperature data from the LT refrigeration system relating to the period from 20 Jan - 3 Feb 2003

(cont'd)...  
...whilst maintaining a LOWER discharge temperature, with less wear on the mechanical parts and less deterioration of the lubrication oil.

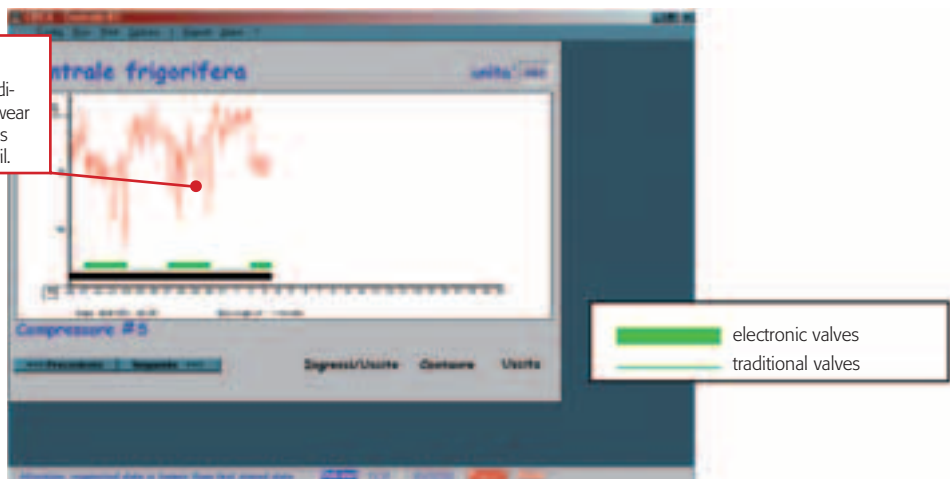


Fig. 17: Compressor DISCHARGE temperature data from the LT refrigeration system relating to the period from 20 Jan - 3 Feb 2003

As for the LT system, for the NT system too the discharge temperature is LOWER during the periods of operation of the electronic valves

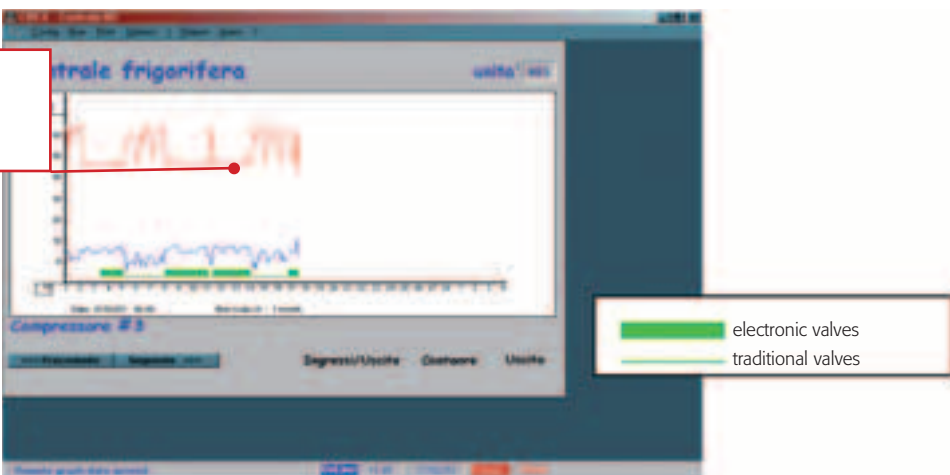


Fig. 18: Compressor SUCTION and DISCHARGE temperature data from the NT refrigeration system relating to the period from 1-17 February 2003

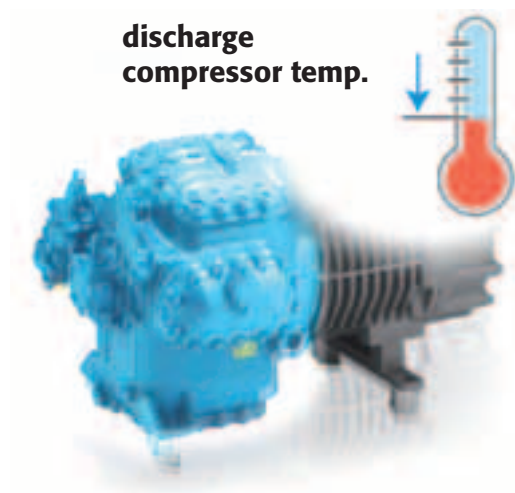


Fig. 19: Better operating conditions mean less faults and tangible savings in terms of maintenance

The following is a summary of the characteristics of the installation recorded in the first ten months of operation, highlighting the advantages deriving from the use of the Electronic valves and the Electronic control system that manages the operation of the valves.

---

## Conclusions

### Advantages resulting from the use of electronic technology

- Savings in the energy consumed by the installation estimated at **over 20% per year**
- Better control of low temperature utilities (reaching lower temperatures).
- Better operating conditions for the compressors (lower pressure, lower discharge temperatures). This means less faults and consequently a **reduction in maintenance costs**.
- Performance that lasts over time
- Better conservation of frozen foods and ice cream
- Less wear on the mechanical parts of the compressors and less deterioration of the lubrication oil
- Repeatability of the control and energy consumption data over time.

### ...for the customer and the environment:

confirmation of an approach focussing on **energy savings** and an informed and socially responsible use of the available resources.



Le thème de l'**Économie Énergétique** a acquis une importance fondamentale dans le secteur de la réfrigération commerciale.

Il s'agit d'un problème ressenti en premier lieu par les chaînes de supermarchés car la réduction des gaspillages représente le premier système efficace pour limiter les coûts et atteindre une meilleure compétitivité.

En outre, le fait d'adopter des techniques et des méthodologies d'installation visant une **Économie Énergétique**, signifie également poursuivre une politique socialement responsable à l'égard de toutes les parties prenantes qui interagissent avec le supermarché: les actionnaires, les clients, les fournisseurs, **l'environnement** et la société.

Aujourd'hui en effet, nous savons que l'air, l'eau, les matières premières sont des ressources finies et assumer une grande responsabilité quant à leur utilisation constitue pour nous un devoir éthique, social et même entrepreneurial.

Les chefs d'entreprise sensibles aux problèmes de l'environnement et au concept d' **Économie Énergétique** ont fait devenir ces instances partie intégrante de l'identité même de leur entreprise, dans la conviction que l'entreprise au développement durable garantit à elle-même des possibilités de développement à long terme supérieures, l'opportunité de jouir des avantages de l'éco-efficacité aux fins de sa compétitivité et enfin elle contribue à la "compétitivité du territoire".

Qualité, bien-être, écologie et respect de l'environnement deviennent des indicateurs tant dans le choix des produits en rayons (propres ou d'autres marques) que dans la conception de nouveaux magasins.

Nous sommes de plus en plus conscients du fait que le consommateur aujourd'hui souhaite faire des achats responsables, d'une façon critique et, si possible, influencer par le biais de ses choix au quotidien et de son système de valeurs, la structure de l'offre des biens qu'il achète sur le marché. Dans ce sens, le rapport prix perçu / qualité perçue n'est plus l'élément dominant qui guide l'individu dans son processus de choix d'un produit. Il veut savoir, par exemple, si dans la production de ce bien, des facteurs polluants ou nocifs pour l'environnement sont utilisés, si le produit agroalimentaire provient de cultures biologiques, si de la main d'œuvre enfantine est employée, si les "droits fondamentaux de l'homme" sont violés dans les rapports que l'entreprise instaure avec les travailleurs et les fournisseurs, si l'entreprise agit dans le respect des lois nationales et internationales de nature administrative, pénale et fiscale. En quelques mots, le consommateur commence à s'informer au sujet de la réputation dont jouit l'entreprise à laquelle il achète le bien et naturellement il récompensera les entreprises qui agissent d'une façon socialement responsable.

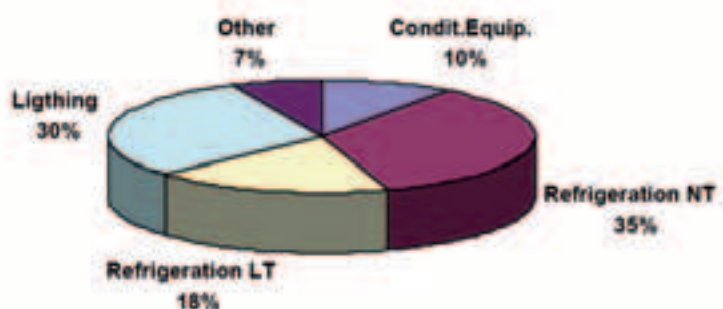
C'est avec ces prémisses que **ESSELUNGA Supermercati** a commandé à son propre installateur de confiance **CREA S.p.A.** et à **CAREL S.p.A.**, leader dans le réglage électronique, la réalisation d'un supermarché pilote avec des solutions techniques novatrices, en mesure d'obtenir des économies énergétiques tangibles par rapport aux technologies traditionnelles et encore couramment utilisées. La grande nouveauté réside dans le fait que Esselunga a demandé une preuve démontrant, sur une installation réelle, l'efficacité des nouvelles technologies.

Une fois encore ESSELUNGA a confirmé son penchant vers l'innovation et la recherche continue de nouvelles solutions ce qui situe cette entreprise aux premiers rangs sur la scène internationale

## Avant-propos

## Consommations électriques dans les supermarchés

Consommation d'énergie en % pour un supermarché type



Il a désormais été amplement démontré que plus de 50% des consommations électriques d'un supermarché est dû au froid alimentaire (centrales frigorifiques, vitrines frigorifiques, chambres froides, salle de traitement).

*Intervenir dans ce domaine permet d'obtenir des économies énergétiques consistantes*



Le premier pas important est le soin à apporter à la conception et au choix des composants. Une bonne conception de l'installation frigorifique doit tenir compte des dimensions appropriées des tuyauteries du fluide frigorigène (spécialement lorsque l'on souhaite exploiter l'économie énergétique grâce à la condensation flottante), des parcours à même de réduire au maximum les pertes de charge, du bon dimensionnement des centrales frigorifiques et des batteries condensantes en mesure de supporter des situations critiques telles que celles existant en été. Ici, l'expérience plus que décennale de **CREA S.p.A.** a été déterminante.

Ces faits, outre garantir le bon fonctionnement de l'installation, permettent l'implémentation des technologies qui rendent possible la réduction des consommations énergétiques.

L'utilisation de contrôleurs électroniques dernière génération comme les programmables CAREL de la série **pCO Sistema**, garantit le fonctionnement constant de l'installation et grâce à l'algorithme implémenté, la mise en œuvre de ces procédures qui permettent d'obtenir une efficacité maximale et les bénéfices énergétiques en dérivant.



Fig.1: Contrôle programmable pCO Sistema

### La proposition CAREL

Équiper les installations frigorifiques (vitrines et chambres de froid) de soupapes électroniques à détente pour le contrôle du flux du fluide frigorigène dans les évaporateurs et associer un contrôle modulant de la pression de condensation sur les deux centrales frigorifiques, en mesure d'optimiser le fonctionnement et l'efficacité lorsque les températures extérieures sont particulièrement favorables (en hiver).

L'étude a été réalisée dans un supermarché à Milan (Italie) où, généralement, on relève qu'en une année, pendant au moins 65% du temps total, la température de l'air extérieur est inférieure à 20°C (voir graphique ci-dessous). Dans une installation traditionnelle avec les soupapes thermostatiques mécaniques (TEV), cette donnée n'a aucune incidence car tout le système est obligé de fonctionner dans des situations où les valeurs de condensation doivent être fixes pour permettre un bon fonctionnement du dispositif mécanique de laminage.

Par contre, dans une installation avec des soupapes électroniques (EEV) attendu que celles-ci travaillent d'une façon totalement indépendante par rapport à la différence de pression, il est possible de réaliser sur les condensateurs un contrôle flottant de la température de condensation, qui adapte constamment celle-ci à la température extérieure.

De cette façon, il est possible d'obtenir des **économies énergétiques** significatives, en maintenant stable la pression d'aspiration (donc la température des vitrines) et en réduisant par exemple la pression de condensation de 45-50°C à 20°C (lorsque les conditions extérieures le permettent). Il est possible de réaliser, comme nous le verrons, des économies énergétiques allant jusqu'à 20%.

Normalement pour chaque degré en moins de la température de condensation, l'on obtient une économie énergétique égale à 2%. Les constructeurs de compresseurs mettent eux-mêmes à disposition des tableaux où ils montrent l'augmentation considérable du **COP** (Coefficient of Performance) d'un compresseur frigorifique au fur et à mesure que la température de condensation baisse (voir fig 2). Le concept est dans un certain sens simple, car des valeurs de température de condensation élevées déterminent l'augmentation du rapport de compression, une réduction successive de la capacité frigorifique (par conséquent une réduction du COP) et une augmentation de la puissance électrique.

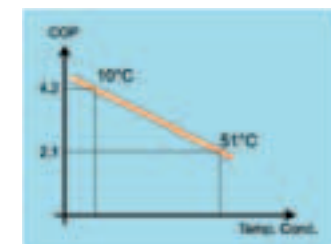
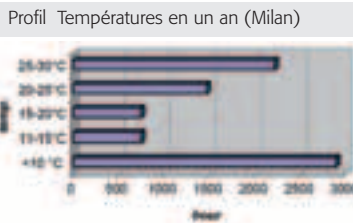


Fig. 2: Valeurs de COP avec temp evap. (-10°C)

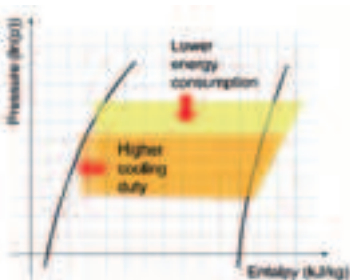
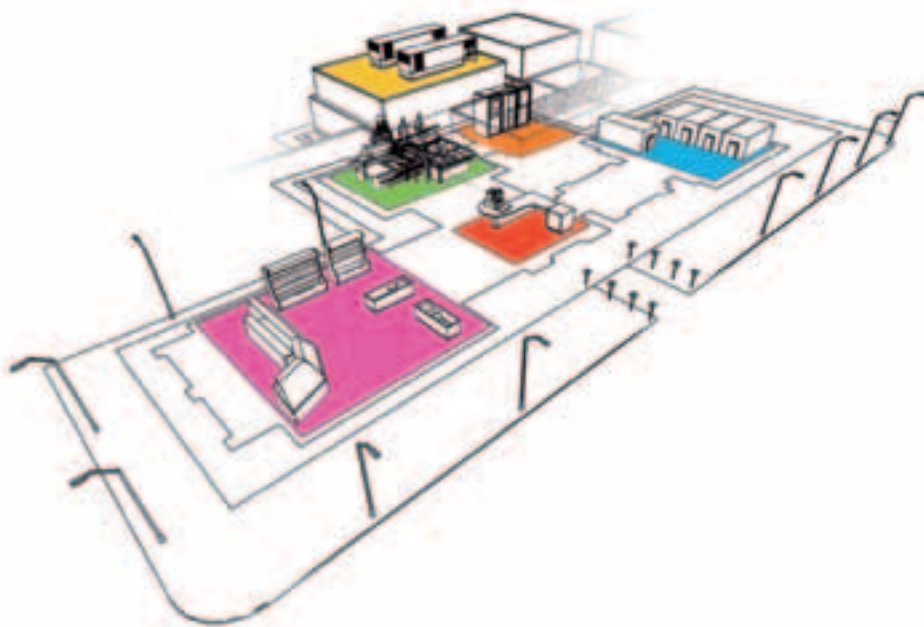


Fig. 3: graphique pression-enthalpie

Pour agir selon la nouvelle technologie avec des soupapes électroniques, nous avons choisi le point de vente ESSELUNGA de via Ripamonti à Milan, une nouvelle structure élégante ayant une surface d'exposition remarquable.

Le magasin a été inauguré en juillet 2002 et dès le premier jour, tout avait été prévu pour la vérification du fonctionnement et la collecte des données sensibles. Pour pouvoir répondre aux requêtes spécifiques de Esselunga, le magasin a été réalisé de façon à pouvoir vérifier directement les consommations énergétiques des centrales frigorifiques lorsque toute l'installation fonctionne tant en technologie Traditionnelle (en utilisant des soupapes à détente thermostatiques mécaniques TEV) qu'en technologie Électronique (en utilisant des soupapes à détente électronique EEV).



Sur chaque installation frigorifique (vitrines et chambres froides) a été installé un **double circuit parallèle** géré par des électrovannes qui à tout moment peuvent faire fonctionner l'équipement utilisateur dans une technologie ou l'autre. De cette façon, il est possible de confronter les deux technologies (TEV et EEV) à conditions d'utilisation égales-

Pour la gestion de l'installation et la collecte des données de fonctionnement, un système de supervision **PlantVisor** CAREL personnalisé pour CREA S.p.A. a été choisi. Sa tâche fondamentale est de commander le changement de technologie simultanément sur toutes les installations à des intervalles de fonctionnement fixes- Pour rendre les données parfaitement comparables **PlantVisor** change automatiquement la technologie utilisée sur **toutes les installations**, exactement tous les trois jours à minuit, de façon à minimiser l'influence de facteurs différents des facteurs quotidiens tels que conditions météo, horaire d'ouverture du magasin, opérations de chargement/déchargement, etc.

## Le Supermarché

### Le principe de fonctionnement

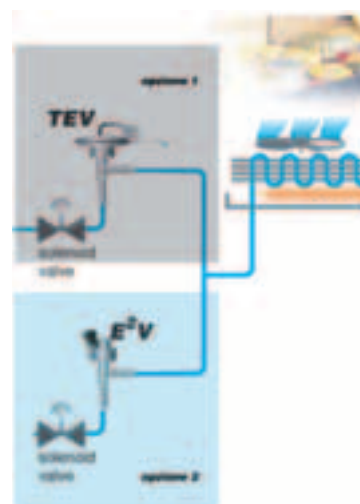


Fig. 4: Schéma de principe de la double technologie TEV et EEV sur chaque unité frigorifique



Fig. 5: TAM sur centrale frigorifique

PlantVisor effectue également la mesure et le calcul suivant de la consommation énergétique de l'installation dans les deux modalités de fonctionnement: traditionnel ou électronique, à l'aide des mesureurs de courant (**TAM ampèremétriques**) connectés directement à l'alimentation des compresseurs. De cette façon, il est possible de surveiller, à chaque minute la consommation énergétique de tout le système de production du froid, confronter les données dans les deux modalités de fonctionnement et déterminer les meilleures prestations d'un système par rapport à un autre.

L'énergie électrique consommée est mesurée par deux compteurs distincts, un pour chaque technologie, et le tout est exprimé en kW/h totaux consommés. Attendu que la modalité de mesurage de l'énergie n'est qu'une seule pour les deux modes de fonctionnement, l'erreur est, elle aussi, commune. Par conséquent les données obtenues garantissent un excellent niveau qualitatif de l'information.

En outre, un compteur d'heures permet de savoir exactement pendant combien de jours, d'heures et de minutes, l'installation a fonctionné pour chacune des deux technologies, de façon à pouvoir calculer facilement la moyenne des consommations électriques pendant la période d'enregistrement des données.

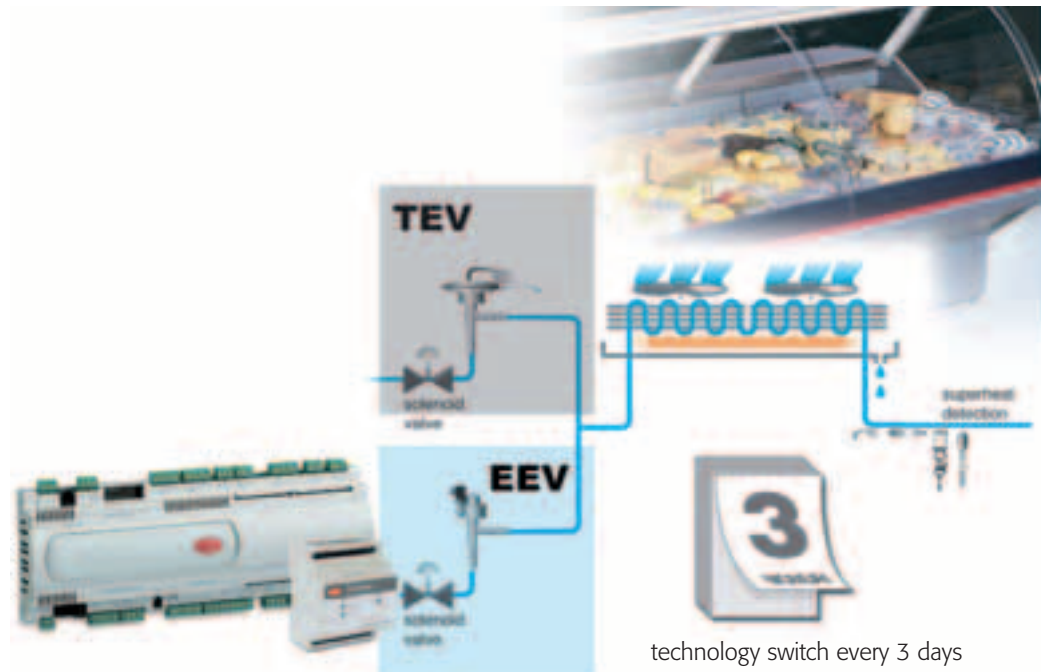


Fig. 6: schéma double technologie TEV-EEV pour chaque équipement utilisateur frigorifique



Fig. 7: EEV CAREL

### Les soupapes à détente électroniques

Les installations frigorifiques ont été équipées, ainsi que nous l'avons dit, avec une EEV (soupape à détente électronique) et avec une TEV (soupape à détente thermostatique) en fonctionnement alterné.

Le choix des EEV a été fait dans le but d'obtenir les économies énergétiques fixées en permettant en outre le meilleur fonctionnement possible des unités frigorifiques et de l'installation.

Les soupapes à détente électroniques de **type proportionnel** sont celles qui répondent le mieux aux exigences de fonctionnement demandées: par rapport à celles de type à impulsions, elles garantissent en effet un fonctionnement plus stable des unités frigorifiques et avec une sollicitation réduite des lignes du fluide frigorigène.

Dans le magasin étudié les soupapes utilisées sont des soupapes CAREL et Sporlan.

## Case Study: Economie d'énergie pour la gestion du froid dans les grandes surfaces

Les données collectées sont celles de dix mois environ de fonctionnement du supermarché (de juillet 2002 à mai 2003). Ci-après les résultats obtenus du point de vue de l'Économie Énergétique:

Période	Technologie	KWh totaux consommés	Jours	Économie Énergétique
Juillet 2002- Mai 2003	Traditionnelle (TEV)	331802	142	<b>20%</b>
	Électronique (EEV)	264981	141	

Ci-après le détail des données enregistrées pendant trois périodes significatives pour confronter les performances de l'installation pendant:

- Été - Automne (Juillet- Novembre);
- Hiver (Décembre – Février);
- Printemps (Mars - Mai).

LT compressor pack	Période	Technologie	KWh totaux consommés	Jours	kW average	Économie Énergétique
	Juillet - Novembre 2002		Traditionnelle (TXV)	54634	64	35,7
Électronique (EXV)			51517	74	28,9	
Décembre 2002 Février 2003		Traditionnelle (TXV)	32978	48	28,6	<b>33%</b>
		Électronique (EXV)	17063	37	19,3	
Mars - Mai 2003		Traditionnelle (TXV)	28001	30	38,5	<b>33%</b>
		Électronique (EXV)	18768	30	25,7	

## Résultats Obtenus

Tab. 1: Consommations électriques centrale de basse température pendant les trois périodes

MT compressor pack	Période	Technologie	KWh totaux consommés	Jours	kW average	Économie Énergétique
	Juillet - Novembre 2002		Traditionnelle (TXV)	125700	64	82,2
Électronique (EXV)			118973	74	66,8	
Décembre 2002 Février 2003		Traditionnelle (TXV)	46325	40	48,7	<b>27%</b>
		Électronique (EXV)	27152	32	35,3	
Mars - Mai 2003		Traditionnelle (TXV)	44164	30	61,1	<b>29%</b>
		Électronique (EXV)	31508	30	43,1	

Tab. 2: Consommations électriques centrale de température moyenne pendant les trois périodes

Nous pouvons remarquer que les meilleurs résultats en terme d'économie énergétique ont été obtenus pendant les périodes les plus froides. Il est ainsi démontré, d'une façon irrévocable, que l'utilisation de soupapes électroniques a déterminé une réduction très significative des consommations électriques.

Ci-après sont présentés quelques graphiques illustrant comment varient les consommations de courant lorsque l'installation change de modalité de fonctionnement de TEV à EEV:

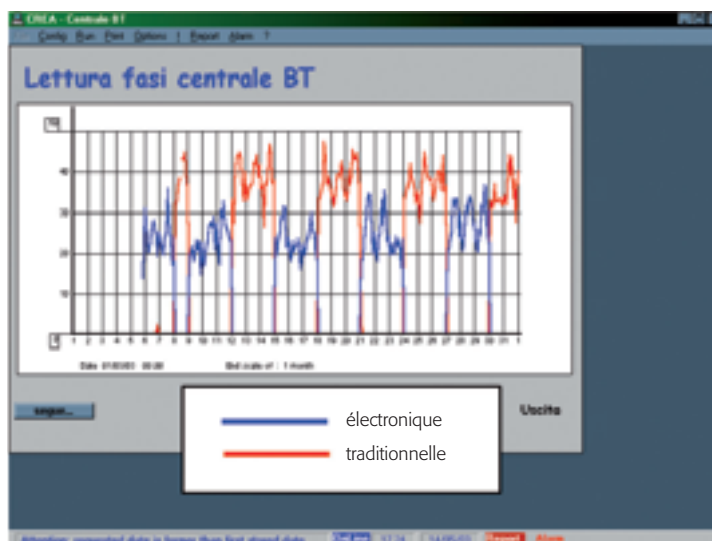


Fig. 10: Données consommation électrique relatives au mois de MARS 2003

la résolution du graphique est un mois. Il est possible de voir comment les valeurs de courant instantané lu dans la Centrale frigorifique de BT varient selon les modalités de fonctionnement de l'installation. Le graphique montre en outre les différentes périodes de fonctionnement TEV-EEV.



## Analyse Technique De l'Économie Énergétique

L'explication technique de ces résultats peut être clairement déduite des enregistrements des données relatives aux compresseurs.

Comme nous l'avons précisé auparavant, les **souppes à détente électroniques** possèdent une capacité de régulation si ample qu'elles permettent aux **compresseurs de toujours travailler dans les meilleures conditions opérationnelles possibles** (de façon compatible avec les conditions ambiantes extérieures).

En hiver, il est donc possible de travailler avec une pression de condensation très basse, **en améliorant le rendement des compresseurs et en réduisant les consommations électriques.**

Le graphique suivant reporte les pressions de service en technologie électronique et traditionnelle.



Fig. 11: Données sur les pressions des compresseurs de la centrale frigorifique BT relatives à la SEMAINE 27 janvier - 3 février 2003

## Effets dans le réglage de température

L'économie énergétique n'est pas le seul avantage découvert durant cette expérience. Il est important de reporter les résultats obtenus même dans le réglage de certaines installations frigorifiques, en particulier celles à basse température (gelés et surgelés).

Dans ces installations, la soupape électronique permet un réglage de la température plus efficace, en mesure d'atteindre, en exploitant au mieux la surface de l'évaporateur, des températures de travail inférieures.

Le système, en outre, ne requiert aucun étalonnage ni réglages futurs, attendu que l'électronique met en œuvre continuellement sa propre action de contrôle d'après les paramètres lus par des transducteurs placés à la sortie de l'évaporateur, en maintenant les valeurs de surchauffe optimales. L'algorithme utilisé ne requiert aucune mise au point successive.

Les pages suivantes reportent certaines données relatives aux températures de service.

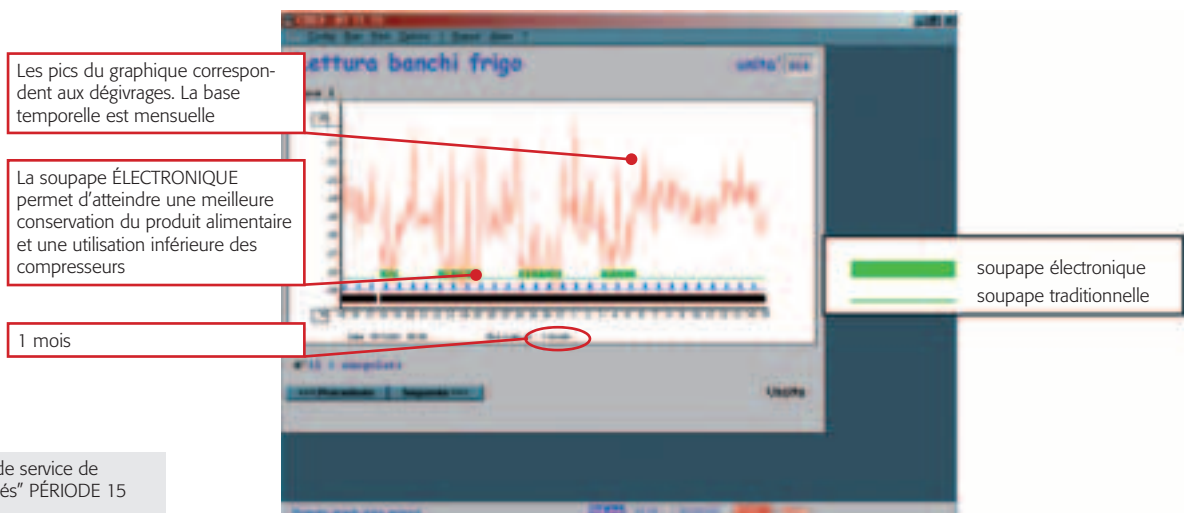


Fig. 12: Températures de service de l'installation : "le surgelés" PÉRIODE 15 déc-15 janv



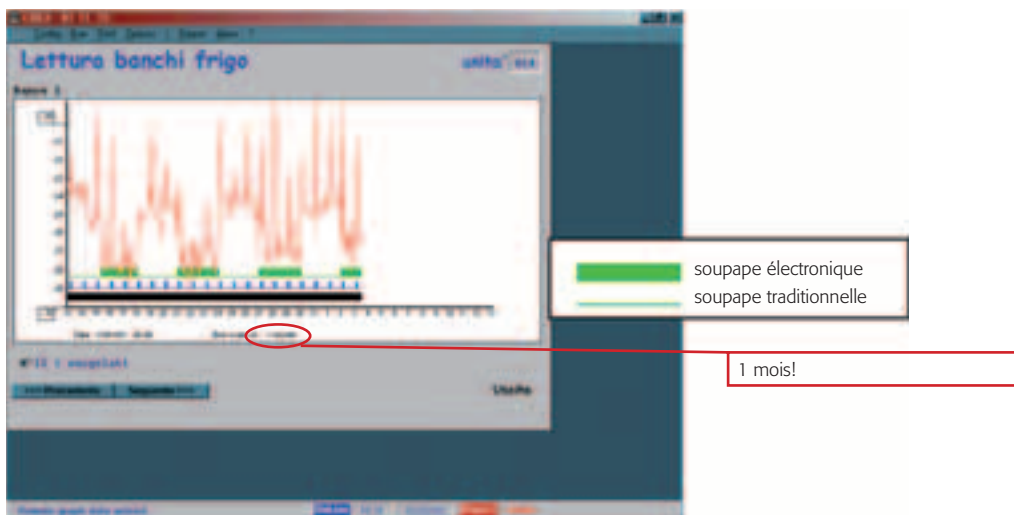


Fig. 13: Températures de service "île surgelés" n°11 PÉRIODE 13 janv-3 fév. 2003

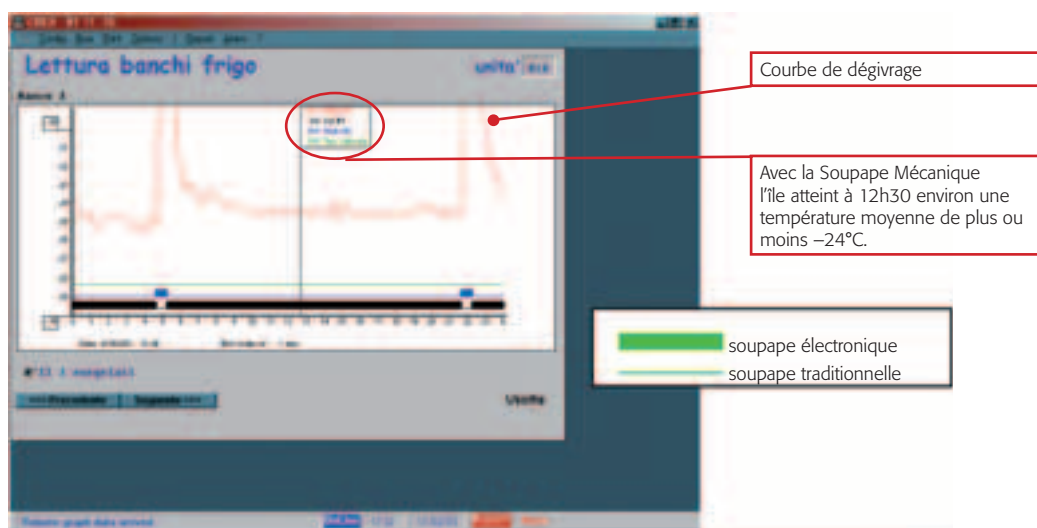


Fig. 14: Agrandissement sur échelle QUOTIDIENNE de la température de service de l'île surgelés fonctionnant avec la SOUPAPE MÉCANIQUE



Fig. 15: Agrandissement sur échelle QUOTIDIENNE de la température de service de l'île surgelés n°11 fonctionnant avec une SOUPAPE ÉLECTRONIQUE

## Effets de la régulation avec soupape électronique dans les compresseurs frigorifiques

Nous avons déjà vu comment avec l'utilisation de soupapes électroniques, il est possible de travailler avec de meilleures conditions de pression en réduisant ainsi les consommations électriques et les stress pour les compresseurs.

Outre la donnée relative aux meilleures conditions de pression, des conditions de température meilleures des compresseurs ont été enregistrées, en maintenant des températures de décharge voire même inférieures lorsque l'on est en modalité soupape électronique.

Cela détermine une augmentation de la vie moyenne du compresseur frigorifique et une réduction du nombre de pannes.

Remarquer comment avec la TECHNOLOGIE ÉLECTRONIQUE, la température d'aspiration est toujours plus élevée par rapport à la technologie traditionnelle .....(à suivre)



Fig. 16: Données sur la température d'ASPIRATION des compresseurs de la centrale frigorifique BT relatives à la PÉRIODE 20 janvier–3 février 2003

.....en maintenant une température de décharge voire même INFÉRIEURE, avec une détérioration limitée des organes mécaniques et de l'huile de lubrification

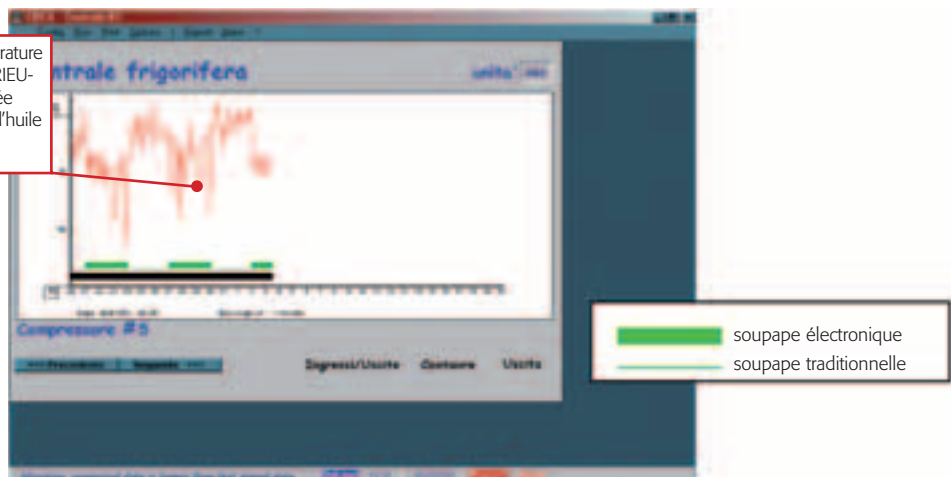


Fig. 17: Données sur la température de REFOULEMENT des compresseurs de la centrale frigorifique BT relatives à la PÉRIODE 20 janvier-3 février 2003

Comme pour la centrale BT, pour la TN également, la température de décharge est INFÉRIEURE, pendant les périodes de fonctionnement des soupapes électroniques



Fig. 18: Données sur la température d'ASPIRATION et de REFOULEMENT des compresseurs de la centrale frigorifique TN relatives à la PÉRIODE 1-17 février 2003

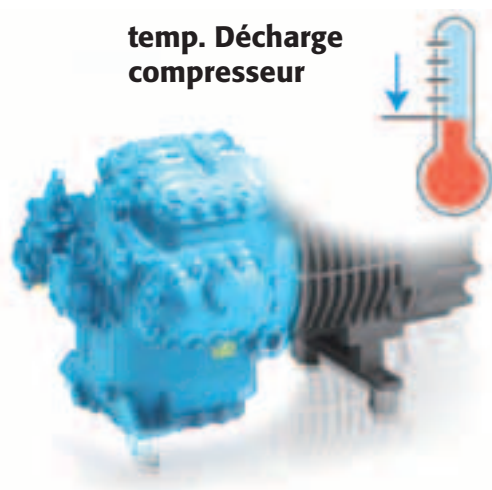


Fig. 19: Des conditions de service meilleures signifient un nombre inférieur de pannes et des économies tangibles quant aux opérations d'entretien

Résumons ci-après les caractéristiques de l'installation enregistrées au cours des dix premiers mois de fonctionnement en soulignant les avantages dérivant de l'utilisation de Soupapes Électroniques et du Système de Contrôle Électronique qui en permet le fonctionnement.

#### **AVANTAGES de l'utilisation de la TECHNOLOGIE À DÉTENTE ÉLECTRONIQUE**

- Économie énergétique estimée sur les consommations de l'installation supérieure à 20% par an;
- De meilleures conditions de travail des compresseurs (pressions plus basses, températures de décharge inférieures). Cela détermine une incidence inférieure des pannes, par conséquent une réduction des coûts d'entretien;
- Maintien des performances au fil du temps;
- Une meilleure conservation des produits à basse température (surgelés et gelés);
- Une meilleure régulation des installations à basse température (obtention de températures inférieures);
- Détérioration réduite des parties mécaniques des compresseurs et de l'huile de lubrification;
- Répétibilité des résultats de régulation et de consommation énergétique au fil du temps.

#### **... envers le client et l'environnement:**

la confirmation d'une attitude de respect et d'attention à l'égard des problèmes d'économie énergétique et utilisation consciente et socialement responsable des ressources disponibles

---

## **Conclusions**



**Energie sparen:** so lautet heute das Schlagwort der kommerziellen Kühlung. Vor allem für große Supermarktketten ist weniger Energie verschwenden die beste Lösung, um Kosten zu senken und an Wettbewerbsfähigkeit zu gewinnen.

**Energieeinsparende** Techniken und Methoden fördern außerdem eine Politik der sozialen Verantwortlichkeit allen Akteuren gegenüber: Aktionären, Angestellten, Kunden, Lieferanten, aber auch der Umwelt und Gesellschaft.

Luft, Wasser und natürliche Rohstoffe sind, wie wir heute wissen, begrenzte Ressourcen; wir alle sind also ethisch und sozial verpflichtet, mit diesen Schätzen so wirtschaftlich wie möglich umzugehen.

**Umwelt- und energiebewusste** Unternehmer haben dieses Konzept bereits als wesentlichen Bestandteil in ihre Corporate Identity eingeführt: eine nachhaltige Unternehmenspolitik steht nämlich für langfristig größere Entwicklungspotentiale, eine bessere Ökobilanz und eine verstärkte „territoriale Wettbewerbsfähigkeit“.

Qualität, Gesundheit, Ökologie und Achtung vor der Umwelt werden zu entscheidenden Faktoren bei der Auswahl der Produkte und bei der Planung neuer Geschäftsstellen.

Der heutige Verbraucher will bewusst und kritisch kaufen; das Angebot der verfügbaren Waren soll nicht mehr nur vom Preis-Leistungs-Verhältnis dominiert sein, sondern auch von seiner individuellen Wahl und seinem Wertesystem.

So möchte er wissen, ob bei der Herstellung des Produktes umweltschädliche Substanzen eingesetzt werden, ob das Produkt aus biologischem Anbau stammt, ob die „Menschenrechte und Grundfreiheiten“ im Dreieck Unternehmen-Arbeiter-Lieferanten beachtet werden, ob im Sinne des nationalen und internationalen Verwaltungs-, Straf- und Steuerrechts gearbeitet wird.

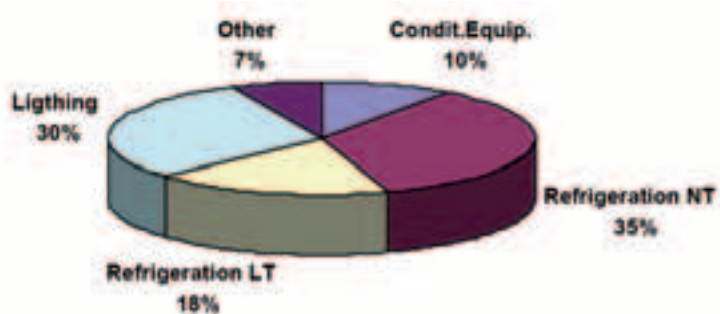
Kurz gesagt, der Verbraucher will Informationen über das Renommee der Unternehmen, deren Waren er kauft, und „belohnt“ solche, die sich sozial und verantwortungsvoll verhalten.

Auf der Grundlage dieser Überlegungen hat **ESSELUNGA Supermercati** seinen Installateur **CREA S.p.A.** und den Marktführer auf dem Gebiet der elektronischen Steuerungen **CAREL S.p.A.** beauftragt, ein technisch innovatives Pilotprojekt zu realisieren, das im Vergleich zur traditionellen und derzeit noch gängigen Technologie den Energieverbrauch deutlich reduzieren sollte.

**Die große Neuheit? Die Effizienz der neuen Technologie musste in einer real betriebenen Anlage unter Beweis gestellt werden.**

Mit diesem Auftrag liefert die italienweit führende Supermarktkette ESSELUNGA eine erneute Bestätigung ihres Willens nach Innovation und technologisch fortschrittlichen Lösungen.

## Vorwort



## Der Stromverbrauch in den Supermärkten

Energieverbrauch in % in einer größeren Supermarktfiliale

Über 50% des Stromverbrauchs eines Supermarktes sind erwiesenermaßen auf die Lebensmittelkühlung zurückzuführen (Verbundanlagen, Kühltheken und Kühlregale).

*Gerade hier sind also Möglichkeiten zur Energieeinsparung gegeben.*

Der erste Schritt ist eine bedachte Anlagenplanung und Komponentenwahl.

Am meisten Energie wird durch eine korrekte Kondensatorsteuerung gespart. Um den Kondensatordruck auch unter den kritischsten Bedingungen im Sommer möglichst niedrig zu halten, müssen alle Anlagenkomponenten wie Verdichter, Kondensator, Verdampfer und die Kältemittelleitungen bereits bei der Planung der Kälteinstallation perfekt in ihrer Größe und Leistung aufeinander abgestimmt werden. Die langjährige Erfahrung der Firma **CREA S.p.A.** stellte die Weichen für einen optimalen Anlagenbetrieb sowie für die Implementierung solcher Technologien, die eine Reduzierung des Energieverbrauchs möglich machen. Und die für die Umsetzung des Planungsprojektes nötige Technologie wurde mit den neuesten elektronischen Steuerungen von CAREL - den programmierbaren **pCO Sistema** Steuerungen – und dem implementierten Regelalgorithmus bereit gestellt: für eine konstant stabile Anlagenleistung, für maximale Effizienz und folglich eine reale Senkung des Energieverbrauchs.



Abb.1: Die programmierbare Steuerung pCO Sistema

### Das Projekt von CAREL

Ausrüstung der einzelnen Verbraucher wie Kühltheken und Kühlzellen mit elektronischen Expansionsventilen als Expansionsvorrichtung für das Kältemittel und gleichzeitig modulierende Regelung des Kondensatordrucks beider Verbundanlagen, um bei besonders vorteilhaften Außentemperaturen (Winter) Funktionalität und Effizienz zu steigern.

Nach einer in Mailand durchgeführten Studie liegt die Außentemperatur für mindestens 65% im Jahr unter 20°C.

In einer traditionellen Anlage mit mechanischen Thermostatventilen (TEV), die für einen effizienten Betrieb des mechanischen Drosselorgans mit fixen Kondensationswerten arbeiten müssen, spielen diese Daten keine Rolle.

Elektronische Expansionsventile (EEV) arbeiten jedoch unabhängig von der Druckdifferenz; die Kondensatoren können somit zur laufenden Anpassung der Kondensationstemperatur an die Außenbedingungen modulierend gesteuert werden.

Der stabile Saugdruck und eine von 45-50°C auf 20°C reduzierte Kondensationstemperatur bewirken deutliche Energieeinsparungsquoten sogar bis zu 20% (sofern es die Außentemperaturen ermöglichen).

Ein Grad Kondensationstemperatur weniger heißt 2% Energie sparen. Selbst die Hersteller der Verdichter informieren anhand von Tabellen über den deutlichen Anstieg des COP (Coefficient of Performance) eines Kälteverdichters beim Rückgang der Kondensationstemperatur (siehe Abb. 2). Hohe Kondensationstemperaturen erfordern nämlich eine höhere Verdichtung, reduzieren dadurch die Kühlleistung (niedrigere COP-Werte) und steigern die elektrische Leistungsaufnahme.

Jahrestemperaturverlauf (Mailand)

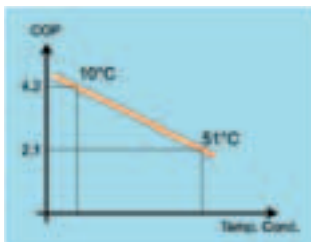
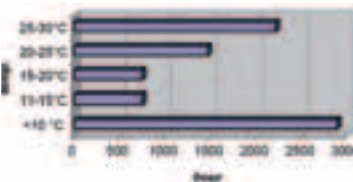


Abb. 2: COP-Werte mit Verdampfungstemperaturen (-10 °C)

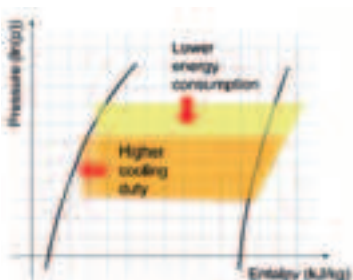
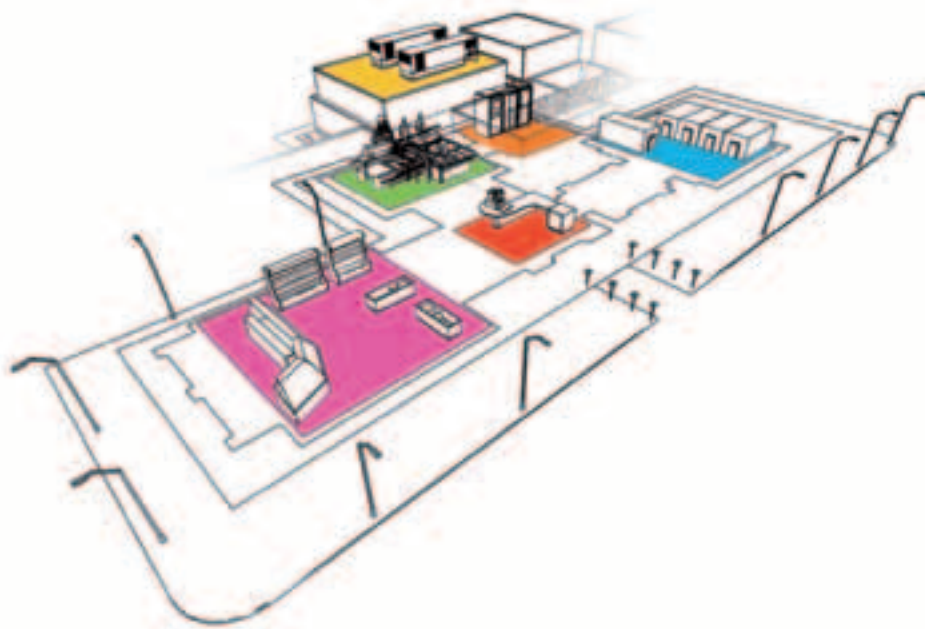


Abb. 3: Druck - Enthalpie



Für die Erprobung der neuen EEV-Technologie wurde die neue, elegante und großflächige Verkaufsstelle ESSELUNGA in der Via Ripamonti in Mailand ausgewählt.

Mit der Eröffnung im Juli 2002 stand bereits alles für die Anlagenüberwachung und Erfassung der sensiblen Daten bereit. Der Energieverbrauch der einzelnen Verbundanlagen konnte direkt sowohl im Traditionellen TEV-Betrieb (mit mechanischen, thermostatischen Expansionsventilen) als auch mit der Elektronischen EEV-Technologie (mit den elektronischen Expansionsventilen) berechnet werden.



In jedem Kühlgerät wurde ein **parallel geschalteter, doppelter Kältekreis** installiert, der über Elektroventile in der gewünschten Technologie gesteuert werden konnte, um beide Betriebsmodi (TEV und EEV) zu denselben Betriebsbedingungen zu vergleichen.

Für das Anlagenmanagement und die Erfassung der Betriebsdaten entschied man sich für das personalisierte Überwachungssystem **PlantVisor** von CAREL S.p.A.

Seine Hauptaufgabe lag im gleichzeitigen Technologie-Wechsel in allen Geräten zu festgelegten Intervallen. Um vergleichbare Daten zu erhalten, schaltete **PlantVisor alle Kühlanlagen** automatisch um Mitternacht jedes dritten Tages um, um den Einfluss von Faktoren wie Wetter, Öffnungszeiten, Lade-/Entladearbeiten etc. auf das Mindeste zu beschränken.

## Der Supermarkt

## Das Funktionsprinzip

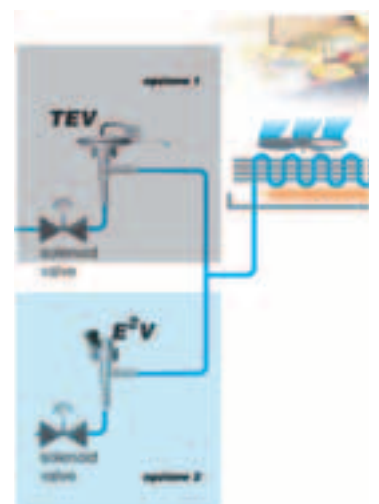


Abb. 4: Funktionsprinzip der dualen TEV-EEV-Technologie in jedem Kühlgerät



Abb. 5: Stromwandler der Verbundanlage

PlantVisor erfasst und berechnet den Energieverbrauch der Anlage in beiden Betriebsmodi: dazu bedient er sich Stromwandlern, die in die Stromversorgung der Verdichter geschaltet sind. Der Energieverbrauch des gesamten Kältesystems wird fortlaufend überwacht, die Daten der beiden Betriebsmodi werden verglichen, um das System mit der besseren Leistung zu bestimmen.

Der verbrauchte Strom wird von zwei unterschiedlichen Zählern gemessen und in verbrauchten kW/h insgesamt ausgedrückt. Da der Energieverbrauch für beide Betriebsmodi auf dieselbe Weise gemessen wird, ist auch die Fehlerquote dieselbe. Die Qualität der errechneten Informationen ist somit ausgezeichnet.

Ein Stundenzähler liefert die genauen Betriebszeiten beider Technologien in Tagen, Stunden und Minuten und ermöglicht eine einfache Berechnung des durchschnittlichen Stromverbrauchs im Erfassungszeitraum.

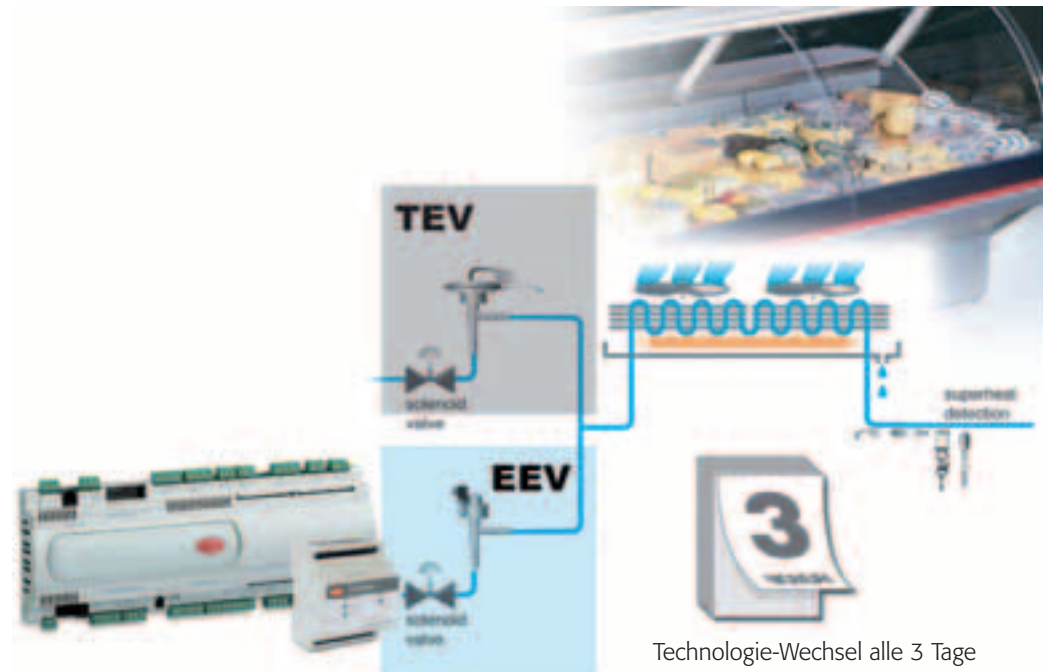


Abb. 6: Duale TEV-EEV-Technologie in jeder Kühlgruppe



Abb. 7: EEV CAREL

### Die elektronischen Expansionsventile

Alle Kühlgeräte wurden also abwechselnd mit der EEV- und TEV-Technologie betrieben. Die Supermarktverbundanlage sollte die erwartete Energieeinsparung und bessere Leistung aufgrund der elektronischen Expansionsventile unter Beweis stellen.

Die Proportionalregelung wurde dabei der **Pulsmodulation** vorgezogen, da sie den Betriebsanforderungen besser entspricht, die Anlagen stabiler steuert und die Kältemittelleitungen weniger Druckpulsen aussetzt.

In der besagten Supermarktfiliale wurden CAREL- und Sporlan-Ventile verwendet.

## Case Study: Energieeinsparung beim Kühlanlagenmanagement in Supermärkten

Die Berechnungsgrundlage bildeten die in gut zehn Monaten Supermarktbetrieb (von Juli 2002 bis Mai 2003) erfassten Daten. Die Ergebnisse der **Energieeinsparung** sind:

Zeitraum	Technologie	Verbrauchte kW insgesamt	Tage	Energie-Einsparung
Juli 2002 - Mai 2003	Traditionell (TEV)	331802	142	<b>20%</b>
	Elektronisch (EEV)	264981	141	

In der Folge sind die erfassten Informationen im Detail angeführt: für einen besseren Vergleich der Anlagenleistungen wurden sie in drei Zeiträume unterteilt:

- Sommer-Herbst (Juli-November);
- Winter (Dezember-Februar);
- Frühling (März-Mai).

Tiefkühlanlage (TT)	Zeitraum	Technologie	Verbrauchte kW insgesamt	Tage	kW-Durchschnitt	Energie-Einsparung
	Juli - November 2002	Traditionell (TXV)	54634	64	35,7	<b>19%</b>
		Elektronisch (EXV)	51517	74	28,9	
	Dezember 2002 - Februar 2003	Traditionell (TXV)	32978	48	28,6	<b>33%</b>
		Elektronisch (EXV)	17063	37	19,3	
	März - Mai 2003	Traditionell (TXV)	28001	30	38,5	<b>33%</b>
Elektronisch (EXV)		18768	30	25,7		

## Erzielte Ergebnisse

Tab. 1: Stromverbrauch einer Tiefkühlanlage (TT) in den drei Zeiträumen

Tiefkühlanlage (TT)	Zeitraum	Technologie	Verbrauchte kW insgesamt	Tage	kW-Durchschnitt	Energie-Einsparung
	Juli - November 2002	Traditionell (TXV)	125700	64	82,2	<b>19%</b>
		Elektronisch (EXV)	118973	74	66,8	
	Dezember 2002 - Februar 2003	Traditionell (TXV)	46325	40	48,7	<b>27%</b>
		Elektronisch (EXV)	27152	32	35,3	
	März - Mai 2003	Traditionell (TXV)	44164	30	61,1	<b>29%</b>
Elektronisch (EXV)		31508	30	43,1		

Tab. 2: Stromverbrauch einer Kühlanlage (NT) in den drei Zeiträumen

Die besten Ergebnisse wurden also in den kalten Jahreszeiten erzielt. Somit gilt zweifellos als erwiesen, dass die elektronischen Ventile gegenüber den mechanischen Ventilen den Stromverbrauch deutlich senken.

Die folgenden Schaubilder stellen den Stromverbrauch beim Wechsel vom TEV-Betrieb zum EEV-Betrieb dar:

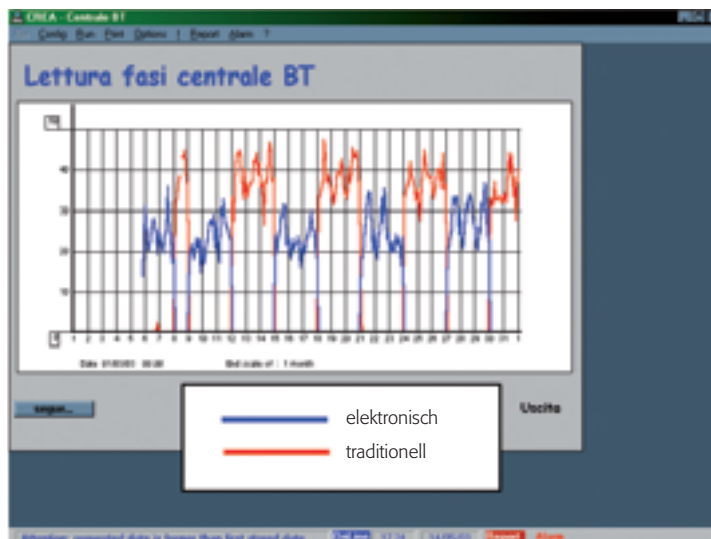


Abb. 10: Stromverbrauch im MÄRZ 2003

Der Auflösungszeitraum beträgt einen Monat; die Ist-Stromwerte der TT-Verbundanlage variieren in Funktion des Anlagenbetriebs. Das Schaubild zeigt außerdem die verschiedenen TEV-EEV-Betriebszeiträume.

### Technische Analyse der Energieeinsparung

Die technische Erläuterung dieser Ergebnisse geht klar aus den aufgezeichneten Verdichterdaten hervor. Aufgrund der optimalen Regelungskapazität der **elektronischen Expansionsventile** arbeiten die **Verdichter immer unter den besten Betriebsbedingungen** (soweit es die Außentemperaturen zulassen).

Im Winter kann der Kondensationsdruck also niedrig gehalten werden, **was zu besseren Verdichterleistungen und weniger Stromverbrauch führt**.

Im nachstehenden Schaubild sind die Betriebsdrücke der EEV- und TEV-Technologie angeführt.



Abb. 11: Verdichterdruckwerte der Tiefkühlanlage in der WOCHE VOM 27. Jan.-3. Feb 2003.

### Auswirkungen auf die Temperaturregelung

Die Vorteile der EEV-Technologie beschränken sich nicht nur auf die Energieeinsparung. Auch die Temperaturregelung (vor allem der Tiefkühlanlagen für Eis und Tiefkühlprodukte) verzeichnete bemerkenswerte Ergebnisse.

In diesen Kühlgruppen bewirkte das elektronische Ventil eine effizientere Temperaturregelung: durch eine bessere Auslastung der Verdampfungsfläche fallen die Betriebstemperaturen niedriger aus. Das System verlangt außerdem keine Eichungen oder Justierungen, da die Regelung kontinuierlich den von Sensoren am Verdampferausgang gemessenen Parametern angepasst wird und optimale Überhitzungswerte beibehält. Der verwendete Algorithmus verlangt somit keine weiteren Berichtigungen.

Auf den nächsten Seiten werden einige Betriebstemperaturwerte angeführt

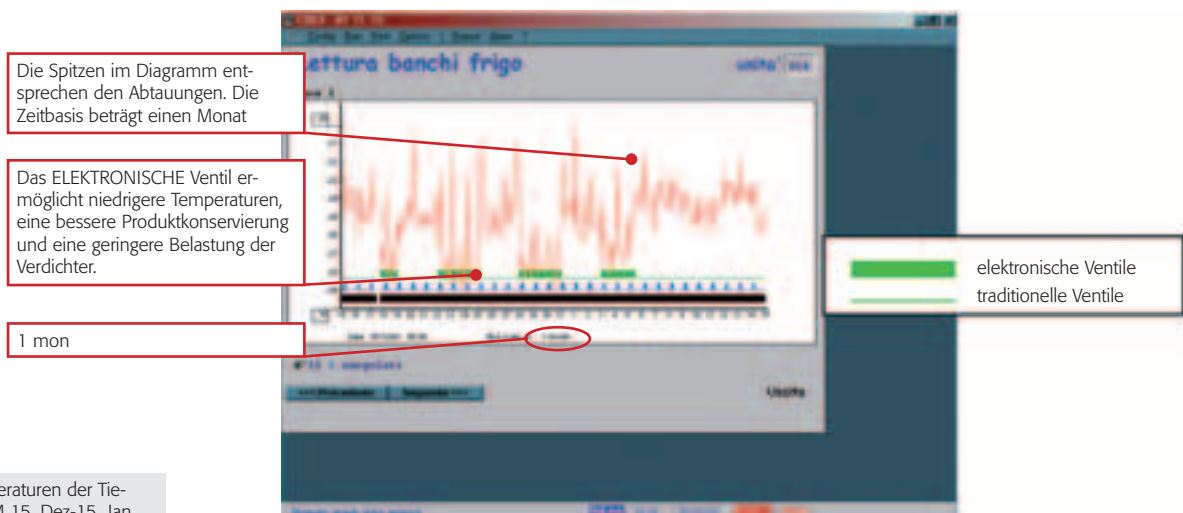


Abb. 12: Betriebstemperaturen der Tiefkühlinsel im ZEITRAUM 15. Dez-15. Jan

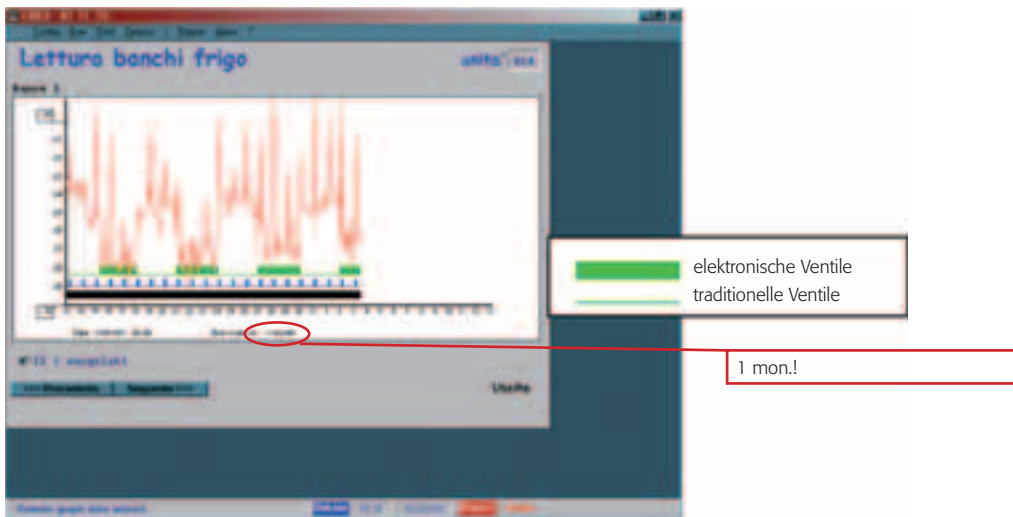


Abb. 13: Temperature di lavoro isola surgelati n°11 nel PERIODO 13gen-3feb 2003

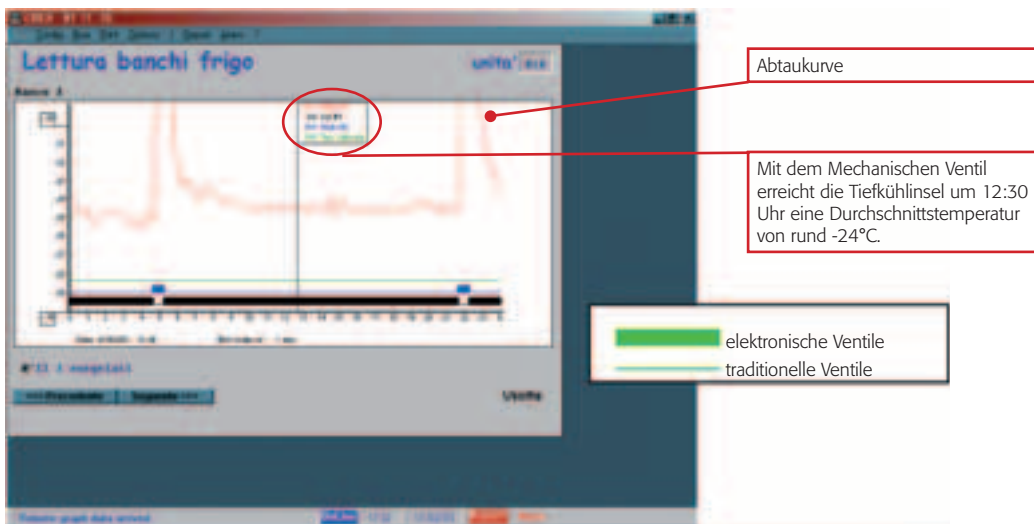


Abb. 14: Vergrößerung auf TAGESBASIS der Betriebstemperatur der Tiefkühlinsel Nr. 11 mit MECHANISCHEM VENTIL



Abb. 15: Vergrößerung auf TAGESBASIS der Betriebstemperatur der Tiefkühlinsel Nr. 11 mit ELEKTRONISCHEM VENTIL



### Auswirkungen der EEV-Regelung auf die Kälteverdichter

Wie bereits gesehen optimiert der Einsatz der elektronischen Ventile die Druckbedingungen und bewirkt somit eine Reduzierung des Stromverbrauchs und eine geringere Beanspruchung der Verdichter selbst. Zusätzlich ergaben sich für die Verdichter auch bessere Temperaturbedingungen mit sogar niedrigeren Verdampfungstemperaturen.

Für den Verdichter bedeutet dies eine längere Lebensdauer und weniger Wartungseingriffe aufgrund von Funktionsstörungen.

N.B.: Im Vergleich zur TEV-Technologie ergeben sich mit der EEV-TECHNOLOGIE eine höhere, .....

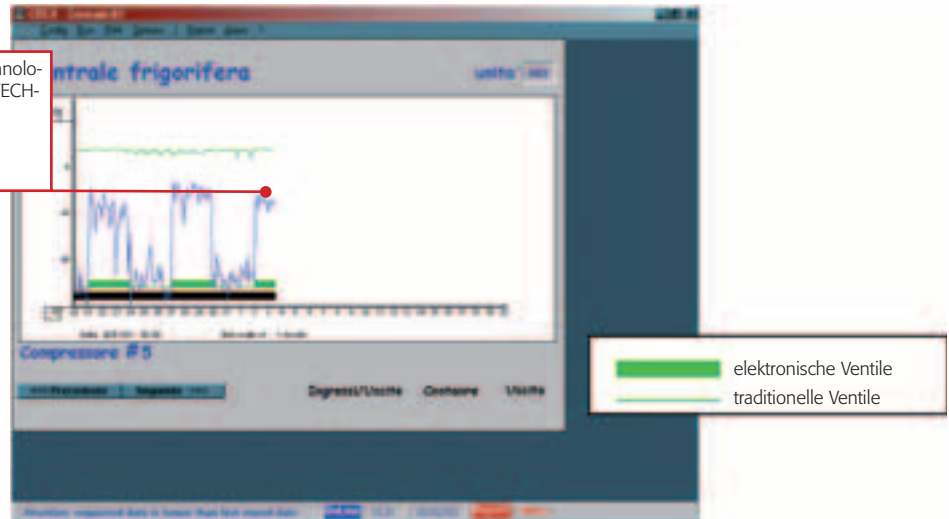


Abb. 16: SAUGTEMPERATUREN der Tiefkühlanlagenverdichter im ZEITRAUM 20. Jan-3. Feb 2003

..... eine NIEDRIGERE Verdampfungstemperatur und eine geringere Beanspruchung der mechanischen Bauteile und des Schmieröls.

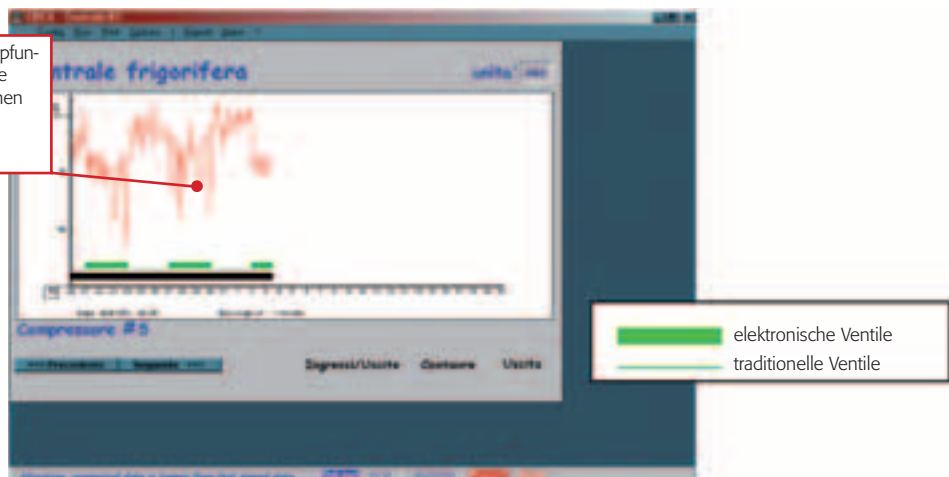


Abb. 17: Verdichterendtemperatur der Tiefkühlanlagenverdichter im ZEITRAUM 20. Jan-3. Feb 2003

Wie für die Tiefkühlanlage ergibt sich auch für die NT-Kühlanlage beim EEV-Betrieb eine NIEDRIGERE Verdichterendtemperatur.



Abb. 18: SAUG- UND Verdichterendtemperatur der Kühlanlagenverdichter im ZEITRAUM 1.-17. Februar 2003



### Verdichterendtemperatur

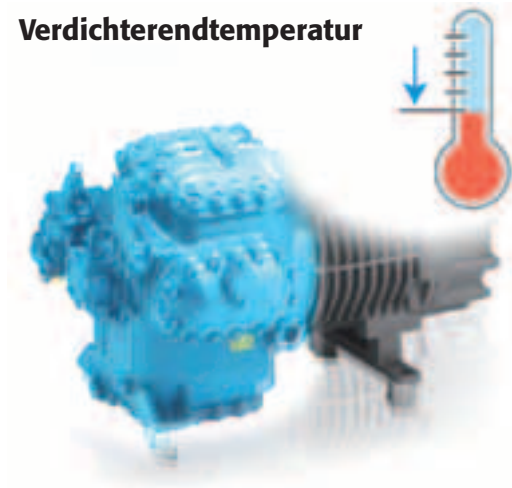


Abb. 19: Bessere Betriebsbedingungen= weniger Funktionsstörungen und deutlich reduzierter Wartungsaufwand

Zusammenfassend folgt ein Überblick über die Anlagendaten in Bezug auf die ersten zehn Betriebsmonate mit den Vorteilen, die sich durch den Einsatz der Elektronischen Ventile und des Elektronischen Ventilsteuersystems ergeben.

---

## Schlussfolgerungen

### VORTEILE DER ELEKTRONISCHEN EXPANSIONSTECHNOLOGIE

- Geschätzte Energieeinsparungsquote der Kälteanlage von über 20% im Jahr;
- Bessere Betriebsbedingungen der Verdichter (niedrigere Druckwerte, tiefere Verdampfungstemperaturen) mit folglich weniger Funktionsstörungen und niedrigeren Wartungskosten;
- Gute and stabile Leistungen über einen langen Zeitraum;
- Bessere Konservierung der Tiefkühlprodukte (Tiefkühlprodukte und Eis);
- Bessere Temperaturregelung der Tiefkühlanlagen (tiefere Temperaturen);
- Geringere Beanspruchung der mechanischen Verdichterkomponenten und des Schmieröls;
- Durch konstantes Regelverhalten resultiert ein niedriger Energieverbrauch.

### ...dem Kunden und der Umwelt zuliebe:

die Bestätigung eines energiebewussten Verhaltens und einer sozialverträglichen Ausschöpfung der verfügbaren Ressourcen.



En el sector de la refrigeración comercial ha asumido una importancia fundamental el Ahorro Energético.

Es tema primordial en primer lugar para la cadena de supermercados, en cuanto a la reducción de los costes que representa un sistema eficaz y conseguir mayor competitividad.

Por otro lado, el hecho de utilizar técnicas y metodología encaminadas al **Ahorro Energético**, significa que se persigue una política socialmente responsable con todos los stakeholders que se interrelacionan con los supermercados; accionistas; trabajadores; clientes; suministradores; medio ambiente y sociedad.

Hoy en día, de hecho, sabemos que el aire, agua, y las materias primas, no son inagotables, por lo que es un deber ético, social e imprescindible tener una gran atención en su utilización.

Los empresarios sensibles a la problemática ambiental y al concepto de **Ahorro Energético** han hecho de esta bandera parte integrante de la identidad de su empresa, con el convencimiento que la empresa sostenible es la que garantiza una mayor posibilidad de desarrollo en el largo período, las oportunidades de obtener ventajas de la eco-eficacia al final reporta en la "competitividad del territorio".

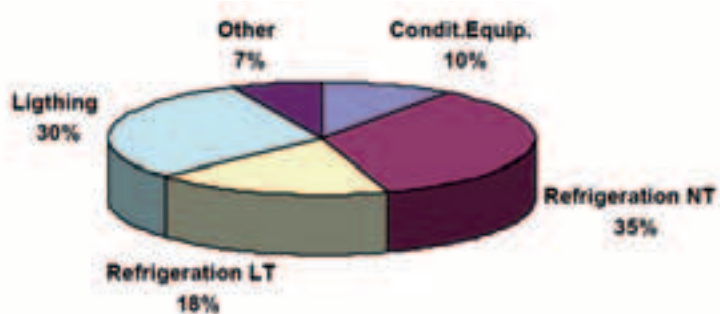
Calidad, bienestar, ecología y respeto al medio ambiente, este debe ser el indicador del producto a escoger en las estanterías (propio o de otras marcas) igual debería ser al desarrollar y proyectar un nuevo negocio.

El consumidor cada día es más responsable y crítico en el momento de adquirir un producto y renuncia a escoger productos que no estén en su escala de valores. Desde este momento la percepción de las ofertas precio/calidad ya no es determinante en el momento de escoger un producto. Ellos quieren saber, por ejemplo, si en la producción del bien adquirido se han utilizado productos contaminantes o nocivos para el medio ambiente, si el producto agroalimentario proviene de cultivos biológicos, si se ha utilizado mano de obra de niños, si han sido violados los "derechos fundamentales del hombre" en todo el proceso de fabricación /distribución, si la empresa respeta las leyes nacionales/internacionales de naturaleza administrativa, penal o fiscal. En pocas palabras, el consumidor comienza a informarse de la reputación de la empresa en la que esta efectuando sus compras y obviamente comprara en la que esté operando de un modo socialmente responsable.

Con esta premisa **ESSELUNGA Supermercados** ha comisionado al propio instalador **CREA S.p.A.** y a **CAREL S.p.A.**, líder en la regulación electrónica, la realización de un supermercado piloto, con soluciones técnicas innovadoras y capaces de conseguir de una forma tangible un ahorro energético, respecto a la tecnología tradicional y todavía normalmente utilizada.

**La gran novedad, está en el hecho que ESSELUNGA, ha pedido una prueba que demuestra, sobre una instalación real, la eficacia de las nuevas tecnologías.**

De nuevo viene confirmada la tendencia a la innovación y la continua búsqueda de nuevas soluciones, por parte de ESSELUNGA, que está en el primer puesto en el panorama nacional.



Está ampliamente documentado que mas del 50% del consumo eléctrico de un supermercado es debido al frío alimentario (central frigorífica, vitrinas frigoríficas, cámaras, salas de trabajo, etc...).

*Intervenir en este ámbito permite obtener ahorros energéticos consistentes.*

## Introducción

## Consumo eléctrico en los supermercados

Consumo de energía en % de un supermercado

El primer paso importante es tener especial atención en la realización del proyecto y escoger un buen material.

Un buen proyecto de la instalación frigorífica debe tener en cuenta las dimensiones de las tuberías del refrigerante (especialmente cuando deseamos obtener ahorros energéticos gracias a la condensación flotante), debemos procurar reducir lo más posible las pérdidas de carga, efectuar correctamente el dimensionado de la central frigorífica y las baterías condensadoras que nos permitan soportar las situaciones críticas de verano. En esto la experiencia de decenas de años de **CREA S.p.A.** ha sido determinante.

Otra garantía para el buen funcionamiento de la instalación, consiste en implantar la tecnología que posibilite la reducción del consumo eléctrico.

El uso de controles electrónicos de última generación, como los programables de CAREL de la serie **pCO Sistema**, garantizan el constante funcionamiento de la instalación, gracias a los algoritmos introducidos encaminados todos ellos a obtener la máxima eficacia y en consecuencia un beneficio energético.



Fig.1: Control programable pCO Sistema

**La propuesta de CAREL**

Equipar los servicios frigoríficos (vitrinas, congeladores, cámaras, etc....) con válvulas electrónicas de expansión para el control del flujo del refrigerante en los evaporadores, y combinar un control modulante de la presión de condensación con la central frigorífica, para optimizar el funcionamiento y la eficacia cuando las temperaturas externas resultan ser particularmente favorables (normalmente en invierno).

El estudio ha sido realizado en un supermercado de Milán (Italia), en donde la temperatura externa resulta ser, al menos durante el 65% del año, inferior a los 20°C (ver grafico). Una instalación tradicional con válvulas termostáticas mecánicas (TEV), este dato no influye para nada, dado que todo el sistema requiere de una condensación fija para permitir el buen funcionamiento del dispositivo mecánico de expansión.

Al contrario, en una instalación equipada con válvulas electrónicas (EEV), estas operan independientemente de la diferencia de presión, y es posible realizar sobre el condensador un control flotante de la temperatura de condensación, el cual se adapta constantemente a la temperatura externa, de este modo es posible obtener ahorros energéticos significativos, manteniendo estable la presión de aspiración (de la temperatura los distintos servicios) , y reduciendo por ejemplo la presión de condensación de 45-50°C a 20°C (cuando las temperaturas externas lo permitan).

Podemos realizar ahorros energéticos, como indicamos en la ilustración, de hasta el 20%.

Normalmente para cada grado °C menos de condensación se obtiene un ahorro energético del 2%. Los mismos fabricantes de los compresores disponen de tablas donde se muestran los incrementos del COP (Coefficient of Performance), del compresor frigorífico al reducir la temperatura de condensación (ver fig 2). El concepto es simple, con una elevada temperatura de condensación determina un aumento de la presión de compresión, con la consiguiente reducción de capacidad frigorífica (lo que conlleva una reducción del COP) y un aumento de la corriente consumida.

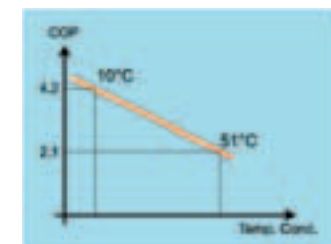


Fig. 2: Valores de COP con temp. evap (-10 °C)

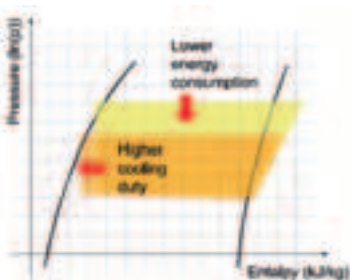
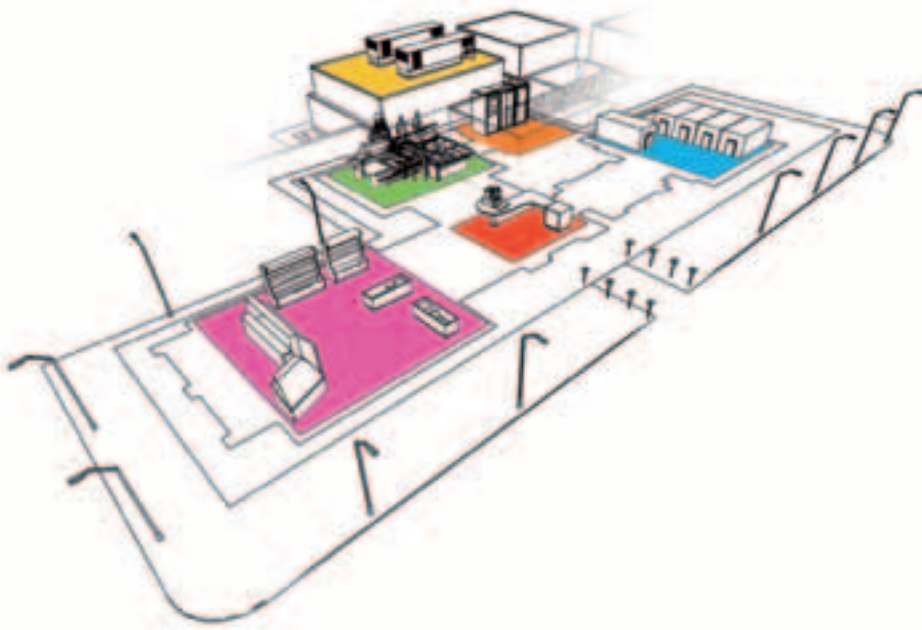


Fig. 3: Gráfico presión-entalpía

Para operar con la nueva tecnología de la válvula electrónica, ha sido escogido el punto de venta ESSELUNGA de la calle Ripamonte en Milán, de nueva construcción, diseño elegante y notable superficie de venta.

El negocio ha sido inaugurado en Julio del 2002 y desde el primer día todo estaba dispuesto para verificar el funcionamiento y la recogida de datos más interesantes. Para poder responder a las especificaciones requeridas por ESSELUNGA, las verificaciones han sido realizadas directamente sobre los consumos energéticos de la central frigorífica con toda la instalación en funcionamiento con tecnología Tradicional (utilizando válvulas de expansión mecánicas TEV) y con tecnología Electrónica (utilizando válvulas de expansión electrónicas EEV).



En cada uno de los servicios frigoríficos (vitrinas, cámaras, etc...) se ha instalado un doble circuito en paralelo, gestionado por unas electroválvulas que nos permiten en cualquier momento pasar de una tecnología a otra. De esta forma es posible contrastar las dos tecnologías (TEV y EEV) en igualdad de condiciones de utilización.

Para la gestión de la instalación y la recogida de datos de funcionamiento se ha utilizado el supervisor **PlantVisor** CAREL. El trabajo fundamental ha sido efectuar el cambio de tecnología simultáneamente en todos los servicios a intervalos de funcionamientos fijos. Para obtener datos perfectamente confrontables el **PlantVisor** cambia automáticamente cada tres días la tecnología utilizada en **todos los servicios**, para minimizar la influencia de factores diversos que se dan en el día a día como condiciones atmosféricas, horarios de apertura y cierre, operaciones de carga/descarga, etc.

## El Supermercado

### El Principio de funcionamiento

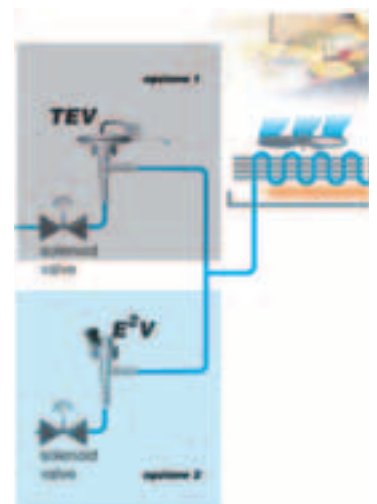


Fig. 4: Esquema de principio de la doble tecnología TEV y EEV usada en cada unidad frigorífica





Fig. 5: TAM en central frigorífica

El PlantVisor efectúa también la medición y la contabilización del consumo energético de la instalación en las dos modalidades de funcionamiento: tradicional o electrónica, por medio de medidores de corriente (TAM amperimétricos), conectados directamente a la alimentación de los compresores. De esta manera es posible monitorizar minuto a minuto el consumo eléctrico en el sistema de producción de frío, y confrontar los datos de las dos modalidades de funcionamiento y determinar las mejores prestaciones de un sistema respecto al otro.

La energía eléctrica consumida es medida en dos distintos contactores, uno para cada tecnología, y todo se expresa en KW/h totales consumidos. Siendo una única modalidad de medición de la energía para ambos sistemas. El posible error es común y los datos obtenidos garantizan un nivel óptimo de la información.

Un cuenta-horas permite saber exactamente los días, horas y minutos que la instalación ha estado funcionando en un sistema u otro, de manera que nos permita calcular la media de los consumos eléctricos durante el periodo del registro de los datos.

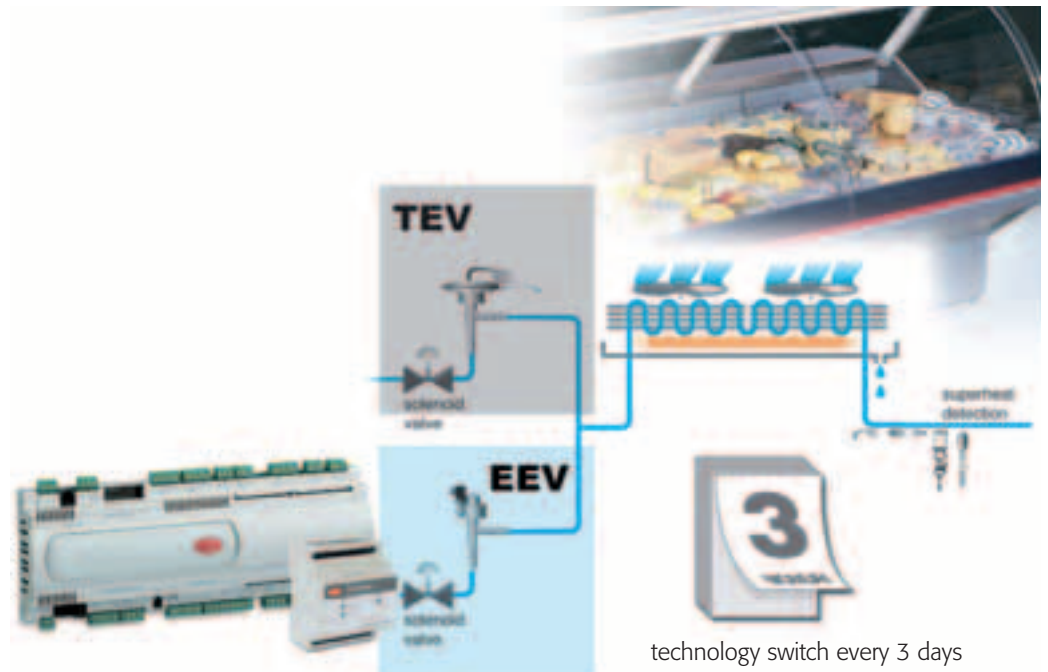


Fig. 6: Esquema doble tecnología TEV-EEV para cada servicio frigorífico



Fig. 7: EEV CAREL

### La válvula de expansión electrónica

La instalación frigorífica ha estado equipada, tal como se ha dicho, con una EEV (válvula expansión electrónica) y una TEV (válvula de expansión termostática) en funcionamiento alternado. La elección de la EEV se ha efectuado con la finalidad de obtener y prefiar un ahorro energético y por otro lado mejorar el funcionamiento de la unidad frigorífica y de la instalación.

La válvula electrónica del **tipo proporcional**, son las que mejor responden a las exigencias de funcionamiento requeridas respecto a las válvulas del tipo pulsante, garantizando un funcionamiento más estable de la unidad frigorífica al reducir las oscilaciones de presión de las líneas del refrigerante.

En la instalación hemos utilizado las válvulas CAREL y Sporlan.

## Case Study: Ahorro energético en el control del frío en supermercados

Han sido registrados los datos durante más de 10 meses de funcionamiento del supermercado (de Julio 2002 a Mayo del 2003). Seguidamente les mostramos los resultados conseguidos desde el punto de vista de **Ahorro energético**:

Periodo	Tecnología	Kwh. total consumido	Días	Ahorro Energético
Julio 2002 - Mayo 2003	V. Tradicional (TEV)	331802	142	<b>20%</b>
	V. Electrónica (EEV)	264981	141	

Di seguito il dettaglio dei dati rilevati divisi in tre periodi significativi per confrontare le performance dell'impianto durante:

- Estate-Autunno (Luglio - Novembre);
- Inverno (Dicembre - Febbraio);
- Primavera (Marzo - Maggio).

Central BT	Periodo	Tecnología	Kwh. total consumido	Días	kW medios	Ahorro Energético
julio - noviembre 2002		V. Tradicional (TXV)	54634	64	35,7	<b>19%</b>
		V. Electrónica (EXV)	51517	74	28,9	
diciembre 2002 febrero 2003		V. Tradicional (TXV)	32978	48	28,6	<b>33%</b>
		V. Electrónica (EXV)	17063	37	19,3	
marzo - mayo 2003		V. Tradicional (TXV)	28001	30	38,5	<b>33%</b>
		V. Electrónica (EXV)	18768	30	25,7	

## Resultados obtenidos

Tab. 1: Consumos eléctricos central de baja temperatura en los tres periodos

Central TN	Periodo	Tecnología	Kwh. total consumido	Días	kW medios	Ahorro Energético
julio - noviembre 2002		V. Tradicional (TXV)	125700	64	82,2	<b>19%</b>
		V. Electrónica (EXV)	118973	74	66,8	
diciembre 2002 febrero 2003		V. Tradicional (TXV)	46325	40	48,7	<b>27%</b>
		V. Electrónica (EXV)	27152	32	35,3	
marzo - mayo 2003		V. Tradicional (TXV)	44164	30	61,1	<b>29%</b>
		V. Electrónica (EXV)	31508	30	43,1	

Tab. 2: Consumos eléctricos central de media temperatura en los tres periodos

Se puede notar un mejor ahorro energético en periodos fríos, Esto demuestra inequívocamente como la utilización de las válvulas electrónicas ha conllevado una reducción muy significativa del consumo eléctrico.

Seguidamente les representamos algunos gráficos de como cambia el consumo eléctrico utilizando la modalidad de funcionamiento de la TEV y la EEV:

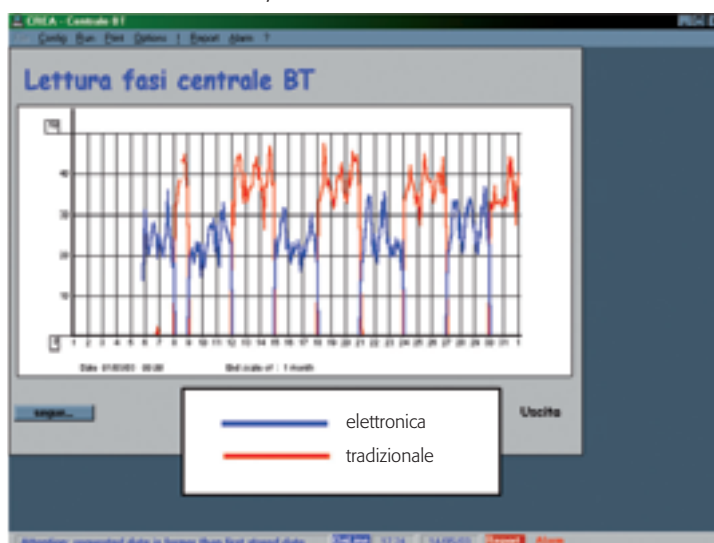


Fig. 10: Datos consumo eléctrico relativos al mes de MARZO 2003

La resolución del gráfico es de un mes. Vemos como los valores de la corriente instantánea leída en la central frigorífica de BT varían según la modalidad de funcionamiento en la instalación. El gráfico muestra también diversos periodos de funcionamiento TEV-EEV.

## Análisis técnico del ahorro energético

La explicación técnica de tales resultados son claramente deducibles mediante el registro de los datos relativos al compresor.

Como hemos explicado anteriormente, la **válvula electrónica de expansión** tiene una capacidad de regulación muy amplia y permite a los **compresores trabajar siempre en las mejores condiciones operativas posibles** (compatibles con las condiciones ambientales exteriores).

En invierno es cuando es posible trabajar con presiones de condensación muy bajas, **mejorando el rendimiento de los compresores y reduciendo los consumos eléctricos**.

En el gráfico siguiente se muestra la presión de trabajo con la válvula electrónica y la tradicional.



Fig. 11: Datos de las presiones de los compresores de la central frigorífica BT relativos a la SEMANA 27ene-3feb 2003

## Efectos en la regulación de la temperatura

El ahorro energético no es la única ventaja surgida en esta experiencia.

Es importante señalar los resultados obtenidos, también, en la regulación de algunos servicios frigoríficos, en particular los de baja temperatura (congelados y helados).

En este caso la válvula electrónica permite una regulación de temperatura más eficaz, ya que permite mejorar la superficie de intercambio en el evaporador y consiguiendo temperaturas de trabajo inferiores.

El sistema, además, no requiere recalibrados o ajustes futuros. La electrónica del sistema actúa continuamente sobre la válvula de control en base a los parámetros leídos de los transductores instalados en la salida del evaporador, manteniendo los valores de recalentamiento óptimos. El algoritmo utilizado no necesita posteriores recalibraciones ni puestas a punto.

En las páginas siguientes se representan algunos datos de las temperaturas de trabajo.

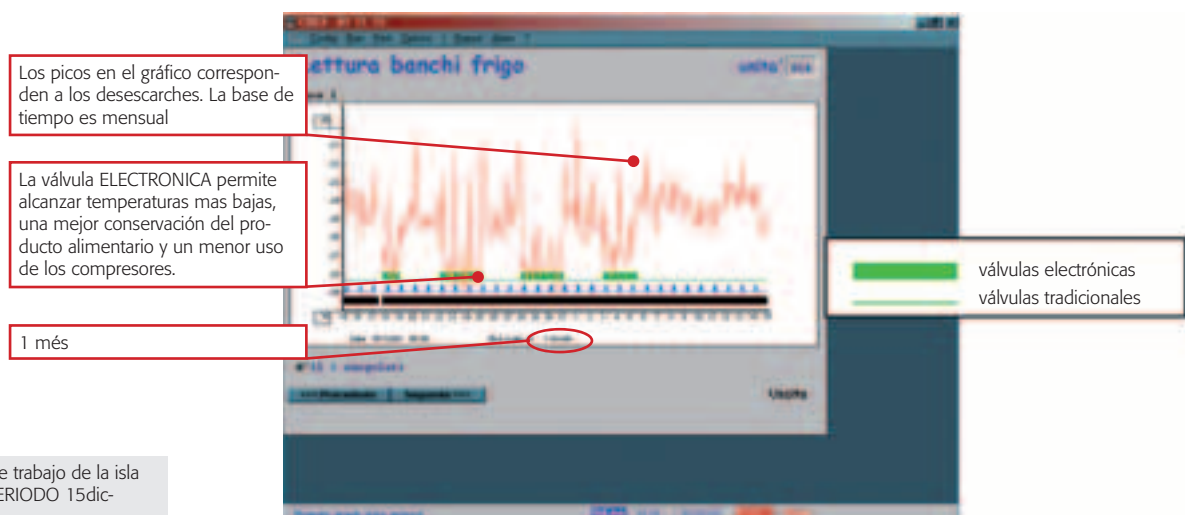


Fig. 12: Temperatura de trabajo de la isla de congelados en el PERIODO 15dic-15ene

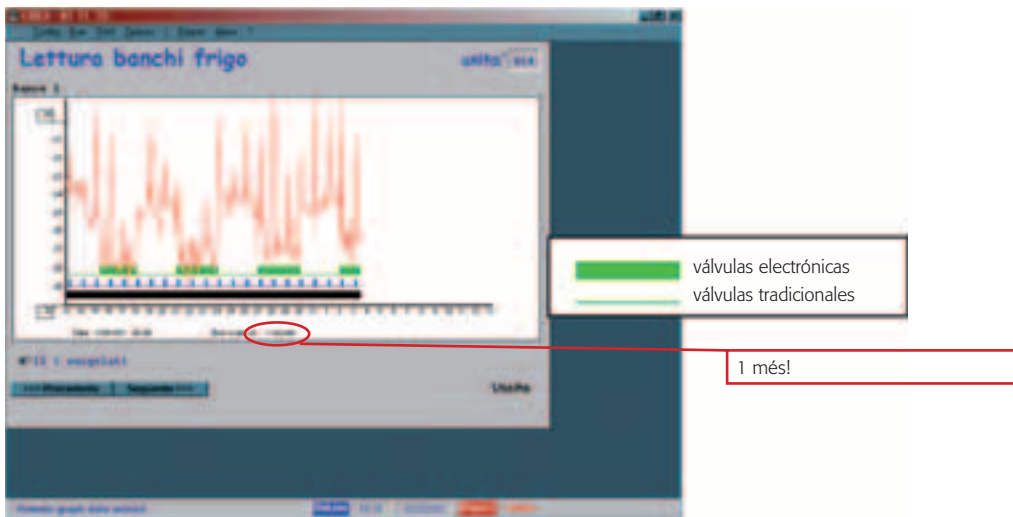


Fig. 13: Temperatura de trabajo de la isla de congelados n°11 en el PERIODO 13ene-3feb 2003

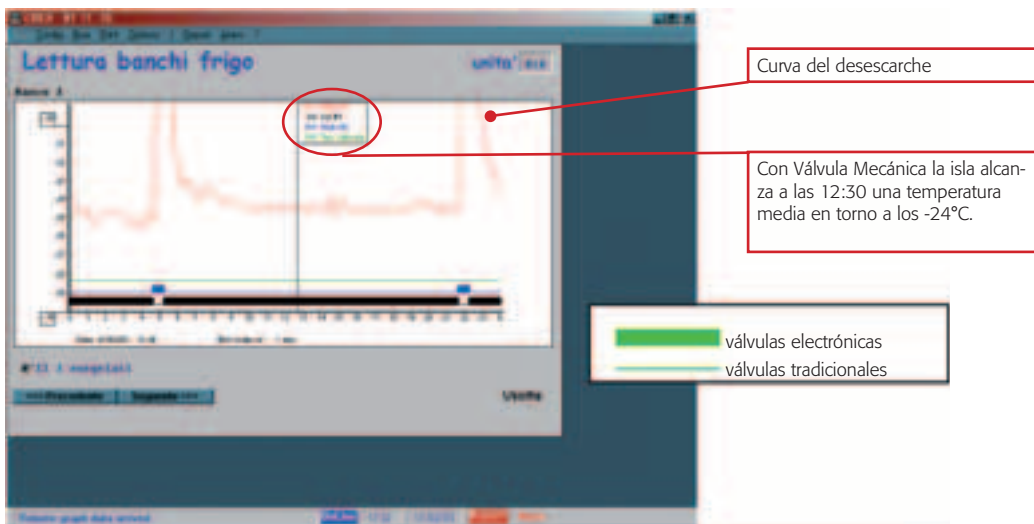


Fig. 14: Ampliación de la escala DIARIA de la temperatura de trabajo de la isla de congelados n°11 funcionando con VALVULA MECANICA

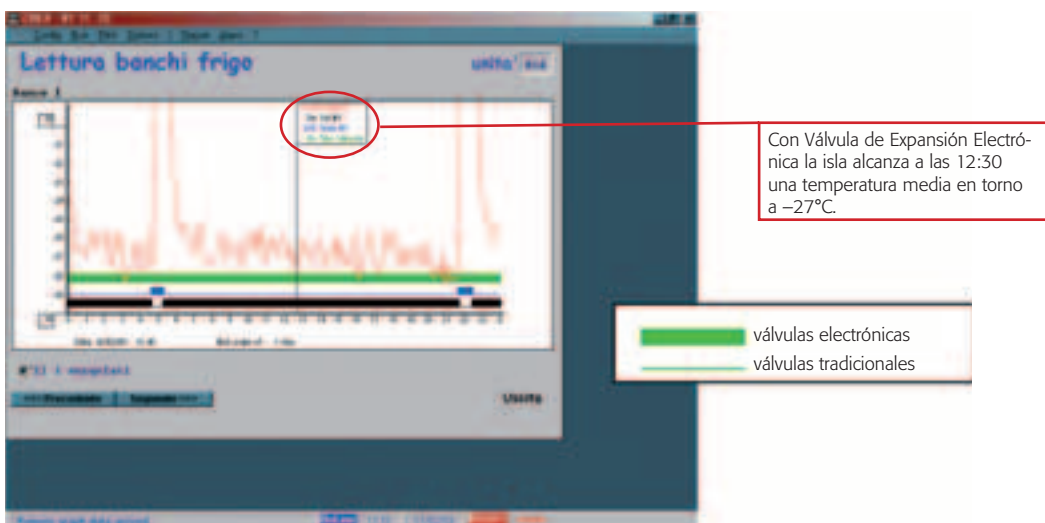


Fig. 15: Ampliación de la escala DIARIA de la temperatura de trabajo de la isla de congelados n°11 funcionando con VALVULA ELECTRONICA

### Efectos de la regulación con válvula electrónica sobre los compresores frigoríficos

Ya hemos visto como la utilización de la válvula electrónica nos permite operar con mejores condiciones de presión, reduciendo el consumo eléctrico y el "estrés" de los compresores. Otro dato a tener en cuenta, con las mejores condiciones de presión se obtienen mejores condiciones de temperatura de los compresores, manteniendo la temperatura de descarga más fría cuando se utiliza la modalidad de válvula electrónica.

Esto determina un aumento de la vida media del compresor frigorífico y una reducción importante de las averías.

Observar como con TECNOLOGIA ELECTRONICA la temperatura de aspiración es siempre mas alta respecto a la tecnología tradicional .....(sigue)



Fig. 16: Datos de la temperatura de ASPIRACION de los compresores de la central frigorífica BT relativos al PERIODO 20ene-3feb 2003

(sigue).....manteniendo una temperatura de descarga INFERIOR, con menor deterioro de los órganos mecánicos y del aceite lubricante

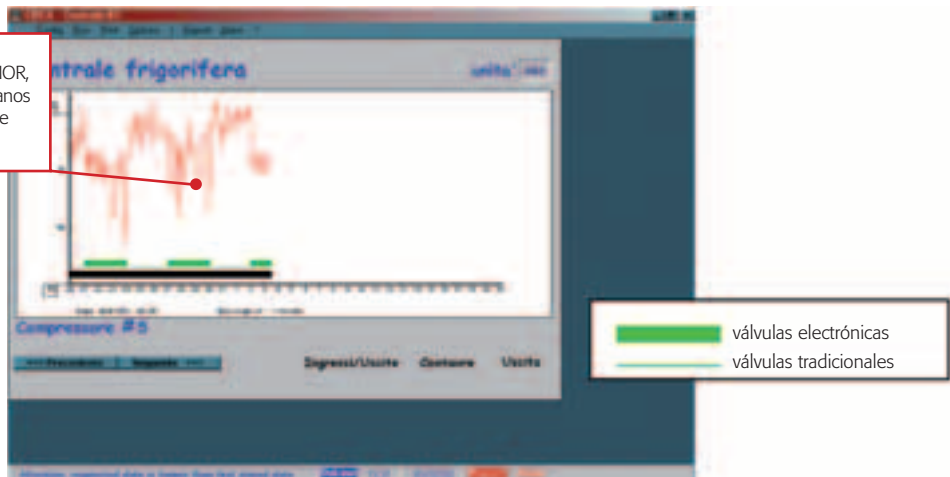


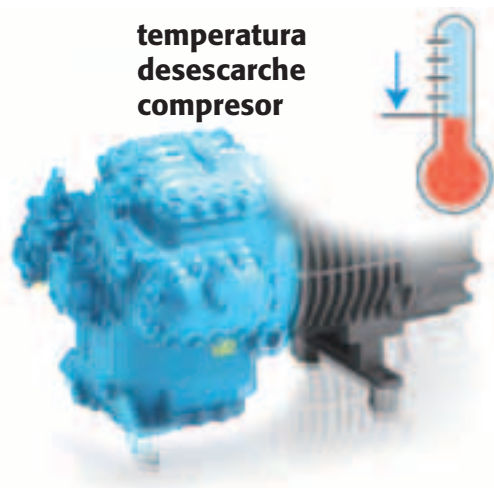
Fig. 17: Datos de la temperatura de DESCARGA de los compresores de la central frigorífica BT relativos al PERIODO 20ene-3feb 2003

Como para la central BT, también para la TN la temperatura de descarga resulta INFERIOR, en los periodos de funcionamiento de las válvulas electrónicas



Fig. 18: Datos de la temperatura de ASPIRACION y DESCARGA de los compresores de la central frigorífica TN relativos al PERIODO 1-17 febrero 2003





**Fig. 19:** Mejores condiciones de trabajo significan menores averías y notables ahorros del mantenimiento

Resumimos las características de la instalación durante los primeros diez meses de funcionamiento, notando evidentes ventajas derivadas de la utilización de las Válvulas Electrónicas y del Sistema de Control electrónico que permite su funcionamiento.

### **Ventajas en la utilización de la TECNOLOGIA DE EXPANSION ELECTRONICA**

- Ahorro energético estimado sobre el consumo de la instalación superior al 20% año.
- Mejora las condiciones de trabajo de los compresores (presión más baja, temperatura de descarga inferior). Esto determina una menor incidencia de averías y por consiguiente un ahorro en el mantenimiento de los mismos.
- Un rendimiento inalterable en el tiempo.
- Mejor conservación de los productos a baja temperatura (congelados y helados).
- Mejor regulación de los servicios a baja temperatura (consiguiendo temperaturas inferiores)
- Menor deterioro de las partes mecánicas de los compresores y del aceite lubricante.
- Repetición de los resultados de regulación y consumo energético en el tiempo.

### **...hacia el cliente y el medio ambiente;**

La confirmación de respeto y atención con la problemática del ahorro energético y la utilización socialmente responsable de los recursos disponibles.

---

## **Conclusión**











## Headquarters

### CAREL S.p.A.

Via dell'Industria, 11 - 35020 Brugine - Padova (Italy)

Tel. (+39) 0499 716611 - Fax (+39) 0499 716600

carel@carel.com - www.carel.com

## Subsidiaries

### CAREL Australia Pty Ltd

www.carel.com.au

sales@carel.com.au

### CAREL China Ltd.

www.carelhk.com

sales@carelhk.com

### CAREL Deutschland GmbH

www.carel.de

info@carel.de

### CAREL Export

www.carel.com

carelexport@carel.com

### CAREL France Sas

www.carelfrance.fr

carelfrance@carelfrance.fr

### CAREL Italia

www.carel.it

carelitalia@carel.com

### CAREL Sud America Ltda.

www.carel.com.br

carelsudamerica@carel.com.br

### CAREL U.K. Ltd.

www.careluk.co.uk

careluk@careluk.co.uk

### CAREL USA L.L.C.

www.carelusa.com

sales@carelusa.com

## Affiliated Companies:

### CAREL Korea Co. Ltd.

www.carel.co.kr

info@carel.co.kr

### CAREL (Thailand) Co. Ltd.

www.carel.co.th

info@carel.co.th