

CAREL



 **CONAD**
A D R I A T I C O

CAREL
retail
sistema 

the one solution

GER

retail sistema als Energiespar-Lösung

Fallstudie eines Kälte-/Klimasystems mit mechanischer plus elektronischer Technologie

CASE STUDY

Integrated Control Solutions & Energy Savings

Das Projekt

Im Zeichen der ständigen Innovation und Sensibilität für Energiefragen sollte eine Anlage mit technologischen Exzellenzlösungen die Vorteile des „Energy saving“ durch die neuesten Anlagen- und Regelungstechniken beweisen.

Zahlreiche Studien über die Betriebskosten eines Supermarktes ergeben, dass über 50% der Kosten auf den Energieverbrauch der Kälteanlage und, wenngleich in geringerem Ausmaß, auf jenen der Klimaanlage zurückzuführen sind. Die vorliegende Fallstudie konzentriert sich somit auf diese beiden Bereiche.

Dank der umweltfreundlichen Gesinnung sowie der Bereitschaft von CONAD ADRIATICO, in die Erforschung innovativer Lösungen zu investieren, konnte eine erfolgreiche Zusammenarbeit in die Wege geleitet werden:

- zwischen der Technischen Abteilung von CONAD ADRIATICO, welche die Arbeiten vor Ort koordiniert hat;
- und CAREL S.p.A. für das integrierte System mit Steuerungen und Bauteilen für den kompletten Betrieb der Verkaufsstelle einschließlich Raumluftklimatisierung und Energieüberwachung.

Beschreibung der Anlagen und Vertiefungen

Einführung

Die Fallstudie betrifft einen Supermarkt in Sulmona (AQ), der sich im Vergleich zu ähnlich großen Verkaufsstellen (~2000 m²) durch seinen Fokus auf Frischprodukte kennzeichnet. Damit fällt auch seine Kühlleistungsaufnahme in kWh pro m² höher aus.

Die Anlage zeigte sich im Vergleich zu analogen Installationen komplexer aufgrund:

- der Klimabedingungen: Sulmona unterliegt beträchtlichen täglichen, aber auch saisonalen Temperaturschwankungen mit winterlichen Mindestwerten von -5 °C bis zu sommerlichen Höchstwerten von 38 °C;
- der Lage: Die Verkaufsstelle liegt in einer Wohnbauzone, weshalb der durch den Verdichter- und Ventilatorenbetrieb bedingte Lärmpegel auf ein Minimum beschränkt bleiben muss;
- der schwierigen Installationsbedingungen infolge der Unterbringung der Verbundanlage und Verflüssiger im Kellergeschoss, die den Einsatz von Zentrifugalventilatoren für die Verflüssiger erforderten.

Anlagen

Die Kühlleistungen der beiden Verbundkälteanlagen wurden aus der Anzahl der von CONAD benötigten Normalkühl- und Tiefkühlverbraucher berechnet. Alsdann wurden die Verdichter unter Berücksichtigung der maximalen Raumtemperatur, von welcher die Verflüssigungstemperatur der Verbundanlage abhängt, gewählt.

Die Kühlleistung eines Verdichters ist ein Funktionswert der Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur. Bei konstanter Verdampfungs- und Verflüssigungstemperatur steigt, wenn die Verflüssigungstemperatur sinkt, die Systemeffizienz, d. h. es erhöht sich die vom Verdichter gelieferte Kühlleistung und es sinkt gleichzeitig seine Leistungsaufnahme. Die kritischste Betriebsbedingung zeigt sich also bei höheren Verflüssigungstemperaturen, die ihrerseits von der Raumtemperatur beeinflusst werden, weil die Luft das Kühlfluid des Luftverflüssigers ist.

Die Installation sieht eine R404a-Verbundkälteanlage vor, die das Kältemittel zum Verflüssiger befördert. Das kondensierte Fluid erreicht die Kälteverbraucher, die mit Expansionsventilen für die Gewährleistung der korrekten Betriebstemperatur ausgerüstet sind.

Für eine Gegenüberstellung der Carel-Lösung mit den gebräuchlichsten mechanischen Lösungen wurden an den Kühlmöbelseiten zwei Expansionsventile parallel geschaltet: das klassische mechanische Expansionsventil (TEV) und das elektronische Carel-Ventil (E²V).

Die Normalkühlanlage besteht aus:

- 23 Kälteverbrauchern mit erforderlicher Kühlleistung von 80kW;
- einer 3-Verdichter-Verbundkälteanlage;
- einem Verflüssiger mit zwei drehzahlgeregelten Zentrifugalventilatoren.

Die Tiefkühlanlage kennzeichnet sich durch:

- 10 Kälteverbraucher für insgesamt 16 kW;
- eine 4-Verdichter-Verbundkälteanlage;
- einen Verflüssiger mit drehzahlgeregeltem Zentrifugalventilator;
- Heißgasabtauung der Kälteverbraucher.

Für die Klimaanlage wurde eine CAREL-Lösung zur außentemperaturbasierten Energieoptimierung des Brennwertkessel-Wärmepumpensystems eingesetzt, wodurch die hohe Energieeffizienz der Wärmepumpe für Raumtemperaturen über 7°C ausgeschöpft werden konnte.

Die integrierte CAREL-Lösung „retail sistema“ erzielt die maximalen Vorteile aus den Energiesparfunktionen der verschiedenen Steuerungen für die Kälteanlagenregelung. Die Systemintegration und die fortlaufende Suche nach den besten Betriebsbedingungen garantieren die maximale Anlagenperformance und liefern gleichzeitig eine umweltverträgliche Lösung.

Anlagensteuerung und -regelung

Verbundkälteanlagen

CAREL „rack controller“ auf pCO³-Platine mit Frequenzumrichtern.



Rack controller

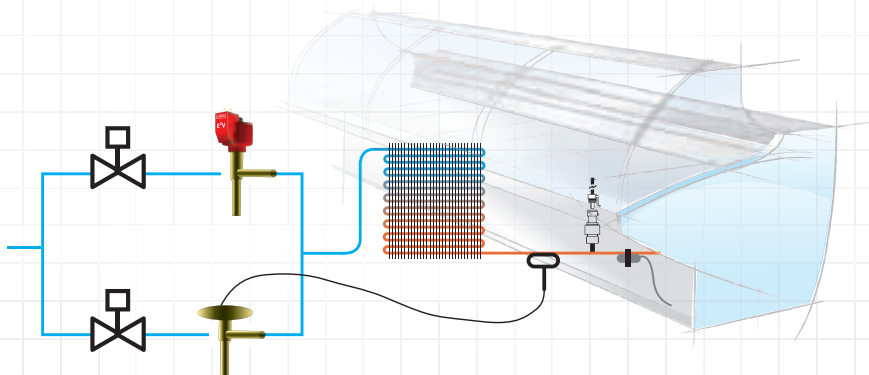
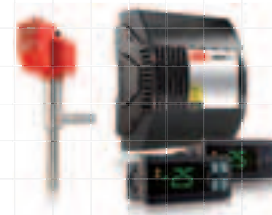


VFD

Kälteverbraucher

CAREL „MPXPRO“ mit E²V- und TEV-Ventilen.

Die doppelte Anlagentechnologie verfolgt das Ziel, möglichst genaue und realistische Analysen zu erhalten: In den Kühlmöbeln und Kühlräumen wurden sowohl CAREL-E²V-Ventile als auch traditionelle thermostatische Ventile eingebaut.



Raumlufthklmatisierung

Lösung mit optimierter Brennwertkessel-/Wärmepumpenleistung und Energiezählung über eine anwendungsspezifische CAREL-Software.



Überwachung, Optimierung und Energiemessung: CAREL PlantVisorPRO.



Vertiefungen zur Energieeinsparung

Systemintegration

Durch die Integration der CAREL-Lösung „retail sistema“ sowie eine sorgfältige Anlagenplanung und -realisierung konnte das System in seiner Performance optimiert werden.



Die integrierte CAREL-Lösung für Kälteanlagen „retail sistema“ lässt die Vorteile der Energiesparfunktionen der verschiedenen Steuerungen für die Kälteanlagenregelung auf das Höchste ausschöpfen.

Das PlantVisorPRO-Überwachungssystem überwacht alle Kälte-, Klima- und Heiz-Feldgeräte (auch Dritter) und tauscht Informationen zur Ansteuerung verschiedener Betriebslogiken für die höchstmögliche Energieeinsparung aus.

Der Betrieb jedes Kälteverbrauchers wird damit ständig unter Kontrolle gehalten und über einen Supervisor geregelt. Außerdem können HACCP-Daten gedruckt oder abgerufen werden.

All diese Funktionen lassen CAREL retail sistema die maximale Energieeinsparung und die nötige Einsatzflexibilität für eine umweltverträgliche Entwicklung erzielen.

Einige Details zu den angewandten Lösungen:

Modulierende Arbeitsdrücke der Verbundkälteanlagen (Rack controller + PlantVisorPRO)

Die Leistungsaufnahme eines Verdichters ist proportional zur Differenz zwischen Saug- und Verdichtungsdruck. Kann diese Druckdifferenz geregelt werden, wird die Energieaufnahme beschränkt.

Modulierender Verflüssigungsdruck

Auf der Grundlage der Differenz zwischen Außentemperatur und Verflüssigertemperatur kann ein dynamischer Verflüssigersollwert in Echtzeit verwendet werden.

Dieses System schöpft niedrige Raumtemperaturen im Winter und die Temperaturschwankungen zwischen Tag und Nacht ohne unnütze Energieaufwände im Regelbetrieb der Ventilatoren aus.

Die Verminderung des Verflüssigersollwertes führt zu einer direkten und erheblichen Senkung der Leistungsaufnahme der Verdichter.

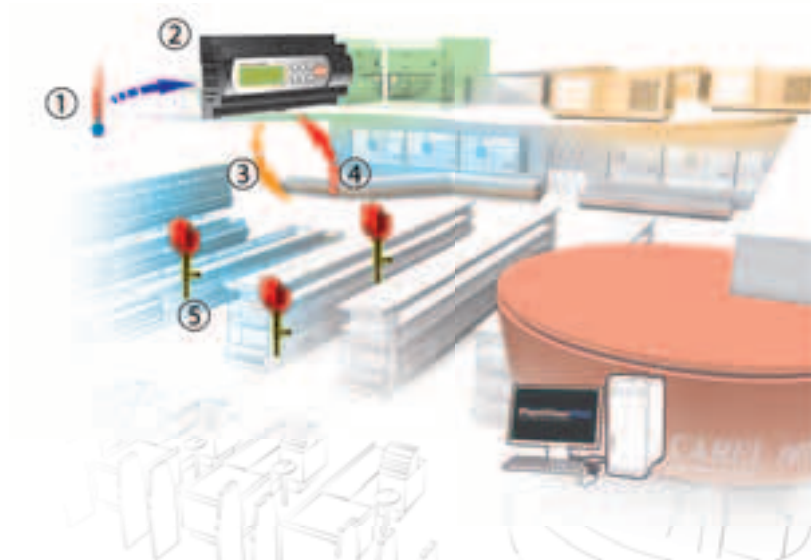
Außerdem verlängert dieser Algorithmus die Lebensdauer der Verbundkälteanlage, da der jährliche Verdichtungstemperatur-Mittelwert niedriger ist.

Daraus folgt eine Steigerung des Wirkungsgrades und eine geringere Beeinträchtigung des Öls mit allgemein minderer Abnutzung der mechanischen Bauteile.

Dieser Vorteil kann nur mit elektronischen Ventilen erzielt werden, die einen größeren Regelbereich als thermostatische Ventile bieten und auch bei einer geringeren Expansion im Vergleich zu den Bemessungsbedingungen gut arbeiten.

Legende:

- 1. Außentemperatur
- 2. Steuerung
- 3. Drehzahloptimierung
- 4. Effizienzoptimierung
- 5. Elektronische Expansionsventile



Modulierender Saugdruck

Auch der Saugdrucksollwert kann in Abhängigkeit der Güte des Anlagenbetriebs dynamisch geregelt werden.

Arbeiten alle Verbraucher korrekt, kann er erhöht werden.

Die Regelung erfolgt über ein Überwachungssystem, das die Informationen der einzelnen Steuerungen erfasst und den Betrieb folglich optimiert.

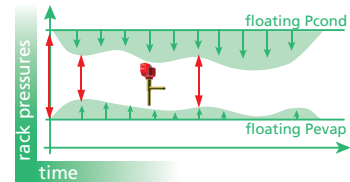
Die Operationen werden vom Anlagensupervisor automatisch im Hintergrund ausgeführt.



Als Ergebnis dieser beiden Optimierungen arbeitet die Anlage ständig mit der von den Klima- und Wärmelastbedingungen zugelassenen Mindestdruckdifferenz.

Der Einsatz der E²V-Expansionsventile hält Druckdifferenzen auf einem Minimum und maximiert die Ergebnisse.

Der Supervisor überwacht den Ist-Verbrauch der beiden Verbundkälteanlagen anhand zweier Energieanalytoren (einer für die Normkühlanlage, einer für die Tiefkühlanlage).



Elektronische Ventile (E²V)

Optimale modulierende Verflüssigungs- und Verdichtungsdrücke sind nur durch den Einsatz der elektronischen Expansionsventile möglich, da diese einen größeren Regelbereich als thermostatische Ventile bieten: Dies erhöht das Energiesparpotenzial stark (mit elektronischen Expansionsventilen durchschnittlich 25% pro Jahr, ohne elektronische Expansionsventile durchschnittlich 8% pro Jahr) (siehe Artikel GDOWEEK Juni 06, Erfahrung mit TESCO UK).

Mechanische Expansionsventile sind für die schwierigsten Betriebsbedingungen bemessen, nämlich für den Sommer. Für einen optimierten Betrieb müssen sie außerdem manuell kalibriert werden, was vor Ort während der Inbetriebnahme der Anlage durch Anziehen oder Lockern einer Schraube erfolgt. Dieses Verfahren ist aufwendig und muss unter lastfreien Kühlmöbelbedingungen ausgeführt werden, was sicherlich keine reale Betriebssituation widerspiegelt.

E²V-Ventile erhöhen außerdem die Performance der Kälteverbraucher-Verdampfer sowie deren Temperaturstabilität: Dies ermöglicht wiederum eine bessere Konservierung der Lebensmittel.

Optimierung der Antibeschlagheizungen mittels Taupunkttemperatur (MPXPRO)

Kürzlich wurde eine neue Energiesparfunktion für die Kälteverbraucher eingeführt: die Leistungsregelung der Antibeschlagheizungen. Diese Funktion kann für alle Kühlmöbel aktiviert werden, deren Scheiben oder Rahmen beschlagen.

Üblicherweise arbeiten Antibeschlagheizungen rund um die Uhr, auch dann, wenn die Klimaverhältnisse eine Leistungsminderung oder sogar ein Ausschalten zulassen würden.

Die Leistungsregelung erfolgt über das Überwachungssystem, welches die Raumtemperatur- und Raumfeuchtedaten austauscht und der MPXPRO-Steuerung die Berechnung der Taupunkttemperatur und somit die Leistungsregelung der Heizungen ermöglicht.

Frequenzumrichter (VFD)

Der Frequenzumrichter regelt die Leistungsaufnahme des Elektromotors der Ventilatoren und Verdichter, optimiert deren Anlaufverhalten, stabilisiert die Verflüssigungs- und Saugdrücke und hält den Effektivwert ohne ständiges Ein- und Ausschalten auf dem Sollwert.

Stabile Saug- und Verflüssigungsdrücke erhöhen den Wirkungsgrad der Kühlmöbel-Verdampfer und garantieren auch eine höhere Regelungsstabilität der elektronischen Ventile (wenngleich eine solche nicht unerlässlich ist).

Diese Vorteile zeigen sich vor allem in Anlagen, die starken Temperaturschwankungen ausgesetzt sind. Die Verbundanlagen sind immer noch nach den schlechtesten Betriebsbedingungen bemessen, also für sommerliche Verhältnisse. Demzufolge ist die Verbundanlage für den Winter oft überdimensioniert (vor allem bei der Verwendung von elektronischen Ventilen), und die Motoren unterliegen ständigen Ein- und Ausschaltzyklen, höheren Stromaufnahmen und einer kürzeren Lebensdauer.

In der analysierten Anlage wurde der Frequenzumrichter für die Regelung der Verflüssigerventilatoren verwendet. Die Verflüssiger sind wie bereits gesagt mit Zentrifugalventilatoren ausgestattet, weil sie im Kellergeschoss untergebracht sind. Zur Verminderung der Leistungsaufnahme der Motoren und des Lärmpegels wurden zwei Frequenzumrichter eingesetzt, einer für den Verflüssiger der Normkühlanlage, der andere für jenen der Tiefkühlanlage.



Heißgasabtauung

Eine weitere Energiesparquelle ist der Abtaubetrieb der Tiefkühlmöbel, wenn diese nicht mit den üblichen Elektroheizungen abtauen, sondern das Verdichtungsheißgas nutzen. Das Gas wird über eine dritte Leitung zum abzutauenden Verdampfer umgelenkt. Der Verdampfer des Kälteverbrauchers übernimmt in diesem Fall die Funktion des Verflüssigers. Das am Verdampferauslass kondensierte Fluid wird in die Leitung eingeführt, welche die anderen Verdampfer versorgt.

Die Verwendung von Heißgas ermöglicht eine schnellere Abtauung und eine gründlichere Reinigung des Verdampfers, da es alle Leitungsabzweigungen erreicht. Eine optimale und koordinierte Abtauaktivierung ist grundlegend für diese Art der Abtauung.

Optimierung des Brennwertkesselbetriebs als Wärmepumpenunterstützung

Der Supermarkt wurde ebenfalls mit einer CAREL-Lösung zur Optimierung des Heizsystems ausgerüstet. Die Energie des Brennwertkessels oder der Luft-Wasser-Wärmepumpe mit drehzahlgeregelten Zentrifugalventilatoren wird auf der Grundlage der Außentemperatur ausgeschöpft, um die hohe Energieeffizienz der Wärmepumpen bei Raumtemperaturen über 7°C vollständig in Anspruch zu nehmen. Im PlantVisorPRO-Überwachungssystem wurde hierzu eine entsprechende Steuerplatine implementiert. Außerdem sorgt der Supervisor für die Überwachung des Wärmeenergieverbrauchs.

Letzteres System wurde in die Ergebnisse der vorliegenden Fallstudie nicht mit einbezogen, da für die Bewertung der effektiven Energieeinsparung eine weitere Wintersaison erforderlich ist.

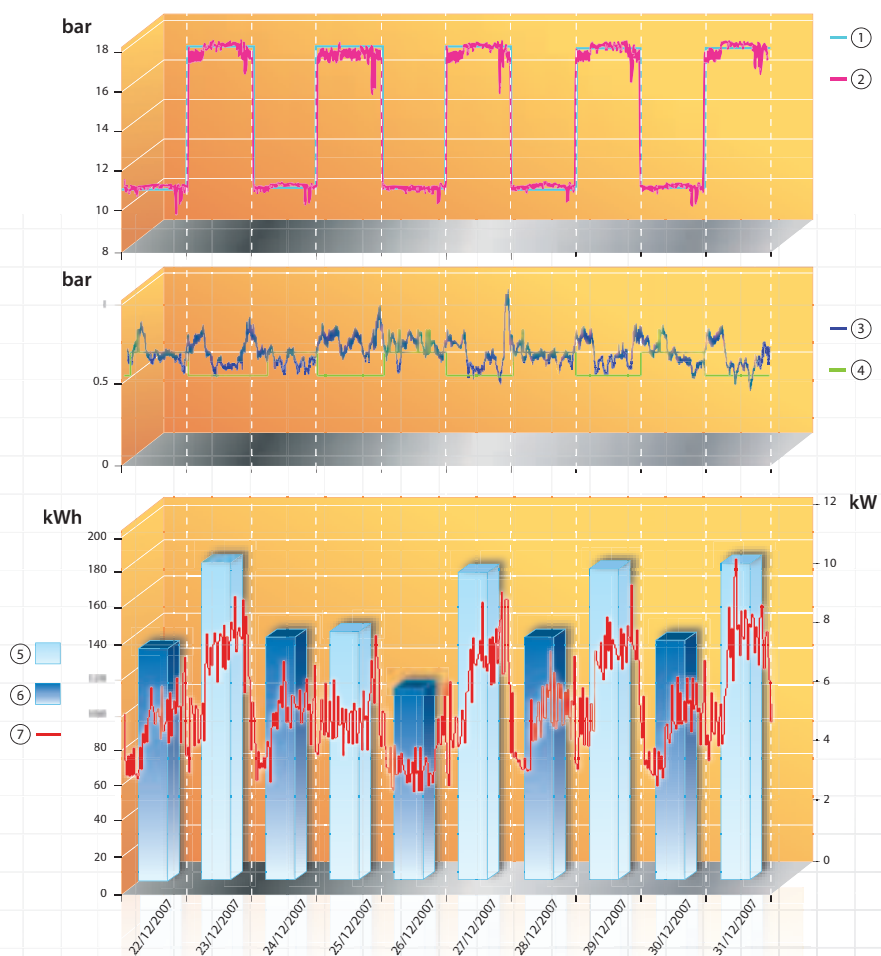
Ergebnisse

Mithilfe des Supervisors wurde die Betriebslogik alle 24 Stunden geändert, das heißt es wurde von der traditionellen mechanischen Regelung (thermostatische TEV-Ventile) zur neueren, aber bewährten elektronischen Regelung umgeschaltet (E²V-Ventile). Auf diese Weise konnten die Tage mit denselben Klima- und internen Wärmelastbedingungen verglichen werden.

Im Zeitraum November 2007 bis Juni 2008 wurden jene Energieverbrauchsdaten analysiert, die für die Optimierung des Supermarktes von besonderem Interesse sind.

Nachstehend sind die Diagramme der Umschaltung von der mechanischen zur elektronischen Technologie und der Leistungsaufnahmen der Tiefkühlverbundanlage dargestellt.

Arbeitsdrücke und Leistungsaufnahmen



Legende:

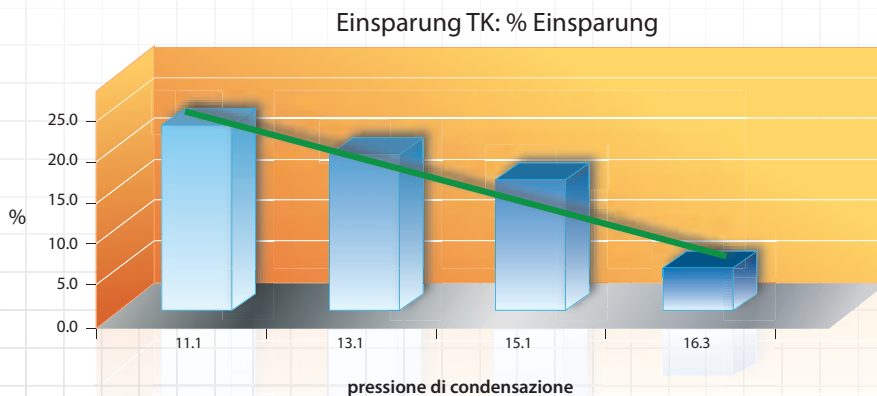
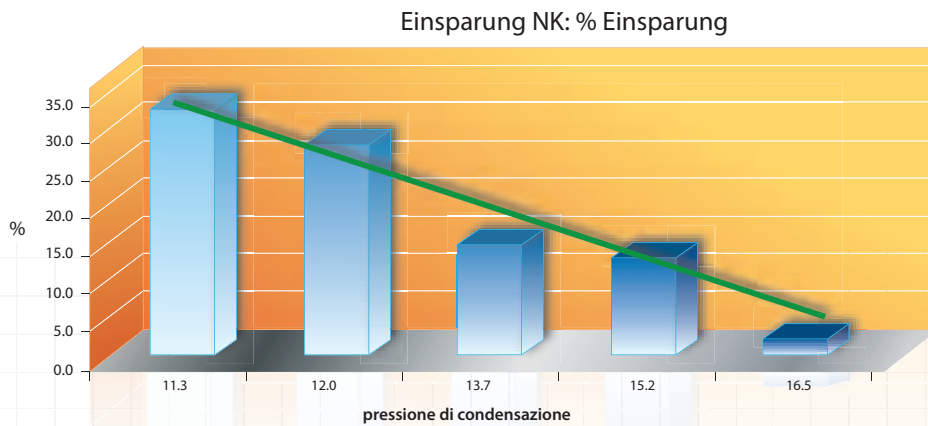
| | | |
|---------------------------|--|-------------|
| 1. Verflüssigungssollwert | 4. Saugdruck | 7. Leistung |
| 2. Verflüssigungsdruck | 5. Tagesverbrauch mit mechanischer Technologie (MEC) | |
| 3. Saugdrucksollwert | 6. Tagesverbrauch mit elektronischer Technologie (EEV) | |

Das vorige Diagramm zeigt einen der Zeiträume mit der höchsten Menschenansammlung (22., 23. und 24. Dezember) und gleichzeitig zwei Ruhetage (25. und 26. Dezember).

Der Mittelwert der untertags aufgenommenen Ist-Leistung und folglich die tägliche Leistungsaufnahme fallen im elektronischen Betrieb niedriger aus, sowohl an den Öffnungstagen (vor und nach den Feiertagen, also bei maximaler Menschenansammlung) als auch an den Ruhetagen des Supermarktes.

Aus den Daten dieser Monate und in Bezug auf das Klimaprofil von Sulmona wurden die durchschnittlichen Kühlstellenverbräuche pro Tag und Monat für das ganze Jahr geschätzt.

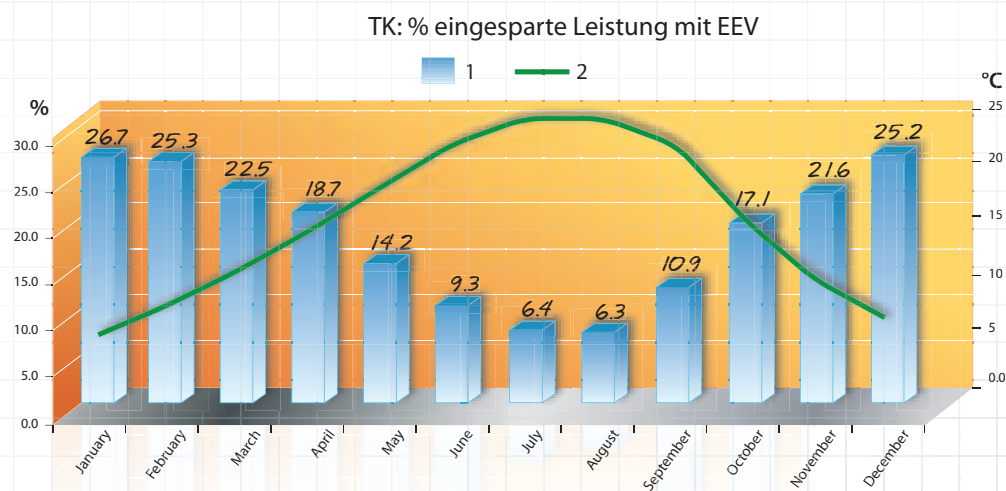
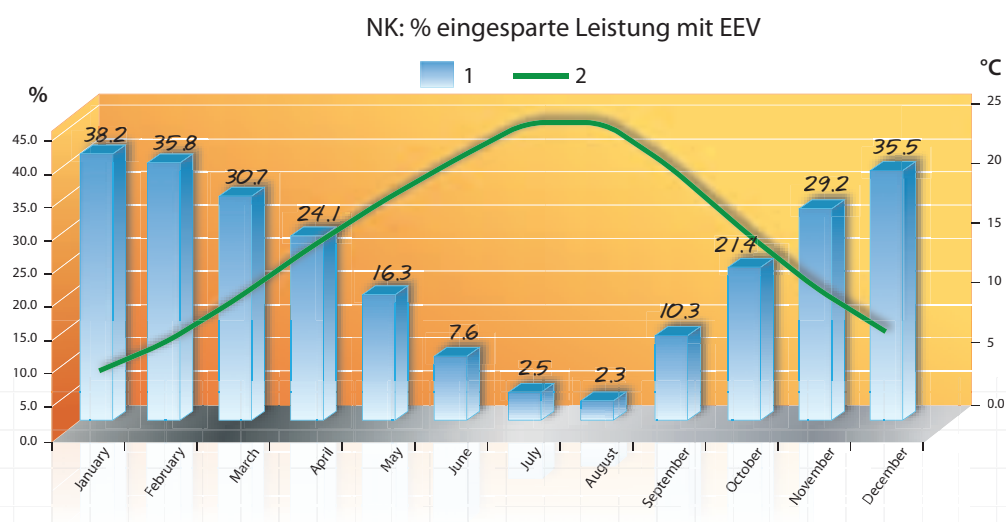
Schätzung der durchschnittlichen Energieeinsparung in Abhängigkeit des Verflüssigungsdrucks



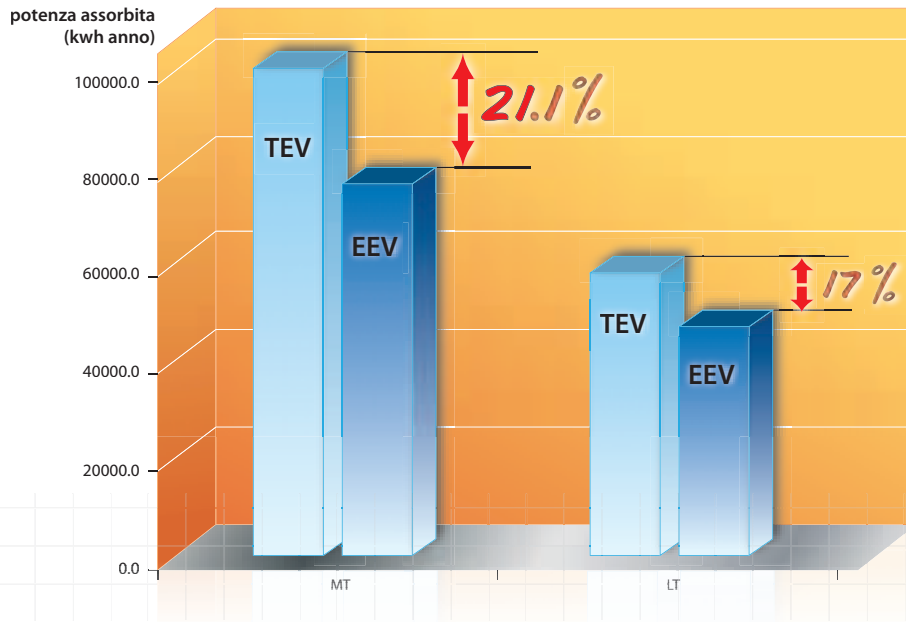
Die Schlussergebnisse sprechen klar: Sowohl für die Normalkühl- als auch Tiefkühlanlage betragen die geschätzten Einsparquoten um die 20%.

Natürlich fallen die positiven Ergebnisse der elektronischen Lösung im Sommer schwächer aus. Das Diagramm stellt das Klimaprofil von Sulmona mit den monatlichen Temperaturmittelwerten und die Einsparquoten infolge des Einsatzes der elektronischen Technologie im Vergleich zur mechanischen dar.

Schätzung der durchschnittlichen monatlichen Einsparung in Abhängigkeit der Außentemperatur



Geschätzte jährliche Energieeinsparung für die in der vorliegenden Fallstudie untersuchte Verkaufsstelle CONAD ADRIATICO.





Headquarters ITALY

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

Sales organization

CAREL Asia

www.carel.com

CAREL Australia

www.carel.com.au

CAREL China

www.carel-china.com

CAREL South Africa

CAREL Controls S.A. (Pty)
www.carelcontrols.co.za

CAREL Deutschland

www.carel.de

CAREL France

www.carelfrence.fr

CAREL Ibérica

Automatización y Control ATROL S. L.
www.carel.es

CAREL India

CAREL ACR Systems India (Pvt) Ltd.
www.carel.com

CAREL Sud America

www.carel.com.br

CAREL U.K.

www.careluk.co.uk

CAREL U.S.A.

www.carelusa.com

Affiliates

CAREL Korea

www.carel.co.kr

CAREL Ireland

FarrahVale Controls & Electronics Ltd.
www.carel.com

CAREL Czech & Slovakia

CAREL spol. s r.o.
www.carel-cz.cz

CAREL Thailand

www.carel.co.th

CAREL Turkey

CFM Sogutma ve Otomasyon San. Tic. Ltd.
www.carel.com.tr