



Najważniejsze rzeczy przy zastosowaniu elektronicznych zaworów rozprężnych w sterowaniu instalacją chłodniczą w supermarketach pod względem oszczędności energii

Supermarket Esselunga, Via Ripamonti, Mediolan, Włochy



1. Wprowadzenie

Zagadnienie **oszczędności energii** stało się fundamentalnym aspektem w obszarze chłodnictwa komercyjnego. Jest to prawda bezdyskusyjna, która obowiązuje dla całego łańcucha chłodniczego w supermarketach, ponieważ redukcja zużycia energii to najbardziej skuteczna droga dla obniżenia kosztów i podwyższenia konkurencyjności.

Ponadto zastosowanie wszelkich technik i metod zmierzających do **zaoszczędzenia energii** w instalacji chłodniczej oznacza także filozofię odpowiedzialności społecznej w stosunku do wszystkich kluczowych elementów oddziałujących na supermarket: udziałowców, pracowników, klientów, dostawców, **środowiska naturalnego** i społeczeństwa.

Dzisiaj wiemy już, że powietrze, woda i wszelkie surowce mają ograniczone zasoby. Dlatego zwrócenie szczególnej uwagi na ich wykorzystanie to obowiązek etyczny, społeczny, nasz wspólny.

Biznesmeni, którzy są wrażliwi na zagadnienia związane z **ochroną środowiska** i mają wyobrażenie o oszczędności energii uczynili ten aspekt integralną częścią ich wspólnej **tożsamości** z przekonaniem o tym, że ten model ich działalności daje większą gwarancję dla długoterminowego rozwoju, okazję do korzystania z korzyści wynikających z osiągnięcia większej efektywności w zakresie konkurencyjności, szczególnie tej lokalnej.

Jakość, dobre samopoczucie, ekologia i szacunek dla środowiska naturalnego to czynniki kluczowe w wyborze produktu leżącego na półce (własność lub marka), oraz w projektowaniu nowych marketów.

Jest to wzrost świadomości, że klient chce być informowany bo kluczowe zakupy dokonywane przez jego wybór i system wartości decydują o tych towarach, które znajdują się w markecie. W tym sensie proporcja pomiędzy postrzeganą ceną i jakością nie jest już elementem dominującym podczas indywidualnego procesu wyboru produktu. Klient chce wiedzieć, np.: czy podczas wytwarzania danego produktu zostały użyte substancje zanieczyszczające lub inne składniki, które są szkodliwe dla środowiska naturalnego, czy produkt żywnościowy powstał w sposób organiczny, czy przy jego wytworzeniu pracowały dzieci, czy w stosunku pomiędzy firmą, a jej pracownikami, oraz dostawcami zostały naruszone „podstawowe prawa człowieka”, a także czy przedsiębiorstwo funkcjonuje w zakresie administracyjnego, karnego i fiskalnego prawa narodowego i międzynarodowego. W skrócie klient zaczyna zdobywać informacje o reputacji przedsiębiorstwa, które dostarcza sprzedawane produkty, oraz oczywiście wynagradza te firmy, które działają w sposób **społecznie odpowiedzialny**.

Mając powyższe na uwadze **supermarket ESSELUNGA** zwrócił się do zaufanego instalatora, **Crea SRL** i firmy **Carel SPA**, lidera w metodach sterowania elektronicznego, w celu stworzenia marketu pilotowego obejmującego innowacyjne rozwiązania techniczne, pozwalające osiągnąć namacalną oszczędność energii w stosunku do technologii tradycyjnej, ciągle powszechnej.

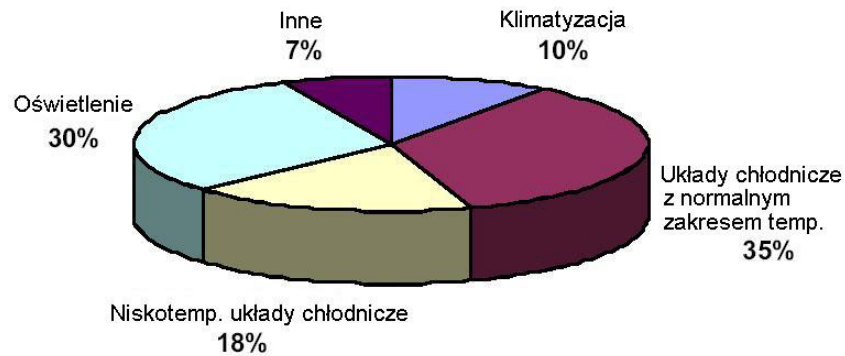
Duże nowatorstwo spowodowało fakt, że inwestor, firma ESSELUNGA zażądała sprawdzenie pracującej instalacji, aby zobaczyć efektywność nowych technologii.

Potwierdza to tylko skupienie się supermarketów **ESSELUNGA** na innowacjach i ciągłym poszukiwaniu nowych rozwiązań co czyni je krajowym liderem w swoim obszarze działania.



2. Pobór mocy elektrycznej w supermarketach

% Zużycie energii dla typowego supermarketu

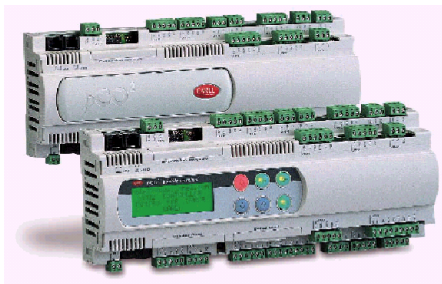


Już to zostało szeroko zademonstrowane, że więcej, niż 50% poboru mocy elektrycznej w supermarkecie jest spowodowana przez schładzanie przechowywanej żywności (zespoły sprężarek, meble chłodnicze, komory chłodnicze, pomieszczenia technologiczne).

Dlatego podjęte w tym obszarze odpowiednie działania pozwalają na znaczną oszczędność energii.

Pierwszą ważną rzeczą jest staranne zaprojektowanie całego systemu, oraz wybranie jego odpowiednich elementów.

Dobry projekt instalacji chłodniczej musi brać pod uwagę prawidłowe zwymiarowanie przewodów czynnika (szczególnie wtedy, gdy chcemy uzyskać oszczędność energii pochodzącą ze sterowania astatycznego pracą skraplacza), rozplanowanie ich przebiegu, tak aby maksymalnie zredukować spadek ciśnienia, prawidłowy dobór zespołów sprężarek, skraplaczy gwarantujący wymaganą wydajność układu w warunkach gorącego lata;



Il. 1: programowalny sterownik pCO

Na tym etapie wieloletnie doświadczenie firmy **Crea Srl** stało się czynnikiem determinującym. Powyższe szczegóły, jak również zapewnienie prawidłowego funkcjonowania całej instalacji pozwala na wprowadzenie takich technologii, które dają zmniejszenie zużycia energii. Zastosowanie najnowszej generacji regulatorów elektronicznych, takich jak programowalne sterowniki **pCO2** firmy Carel, gwarantuje stabilną pracę instalacji, a dzięki zastosowanemu algorytmowi regulacji wprowadzenie funkcji, które pozwalają uzyskać maksymalną efektywność systemu i płynące stąd korzyści z oszczędności energii.

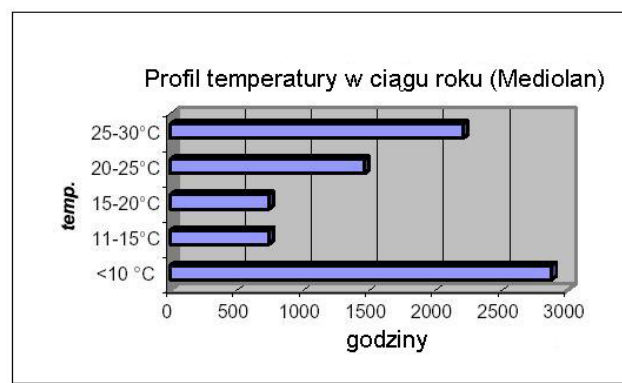


Propozycja firmy Carel:

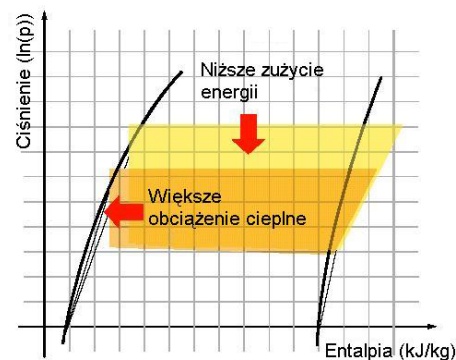
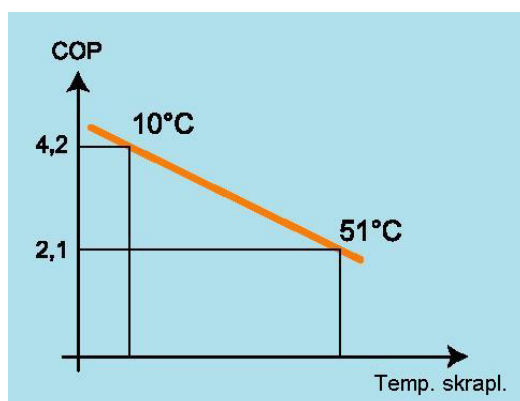
Zastosowano urządzenia chłodnicze (meble i komory chłodnicze) z elektronicznymi zaworami rozprężnymi sterującymi dopływem czynnika do parowników w połączeniu ze regulacją modulacyjną ciśnienia skraplania w dwóch obiegach z zespołami sprężarek. W ten sposób osiągnięto optymalizację funkcjonowania i efektywności systemu w przypadku, gdy temperatury zewnętrzne będą korzystne (zima).

Ustalono, że w ciągu roku temperatura zewnętrzna jest zazwyczaj niższa, niż 20°C, przynajmniej przez 65% tego okresu. W instalacji tradycyjnej z mechanicznymi termostatycznymi zaworami rozprężnymi (TEV) informacja ta nie ma znaczenia, ponieważ cała instalacja pracuje w warunkach, w których ciśnienie i temp. skraplania są ustalone tak, aby zapewnić prawidłowe funkcjonowanie elementu rozprężnego.

W instalacji z elektronicznymi zaworami rozprężnymi (EXV) (pracującymi niezależnie od różnicy pomiędzy ciśnieniem skraplania i parowania) możliwa jest astatyczna kontrola temperatury skraplania, to jest jej ciągła regulacja bazująca na wartości temperatury na zewnątrz. Pozwala to na znaczną **oszczędność energii**, utrzymanie stabilności ciśnienia na ssaniu (a w rezultacie tego stabilności temperatury w meblu chłodniczym), oraz zredukowanie temperatury skraplania z 40-50°C do 20°C szczególnie wtedy, gdy pozwalają na to warunki panujące na zewnątrz. W ten sposób można zaoszczędzić do 20% energii.



W normalnych warunkach obniżenie temperatury skraplania o jeden stopień odpowiada 2% oszczędności energii. Producenci sprężarek podają także tabele, które pokazują znaczny wzrost współczynnika efektywności chłodniczej COP sprężarki z uwagi na obniżenie temperatury skraplania (patrz il. xx). Koncepcja ta jest całkiem prosta, ponieważ wysoka temperatura skraplania prowadzi do wzrostu stopnia sprężania, a w konsekwencji do obniżenia wydajności chłodniczej (oraz współczynnika COP), a także do wzrostu poboru mocy elektrycznej.

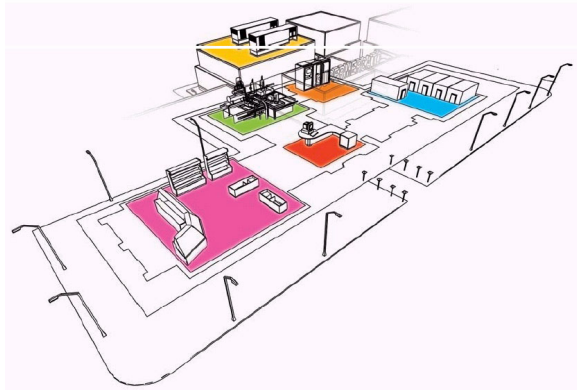


Il. 2: wartości COP z zależności od temp. skrapl. Il. 3: wykres ciśnienie/entalpia przy temp. parowania -10°C

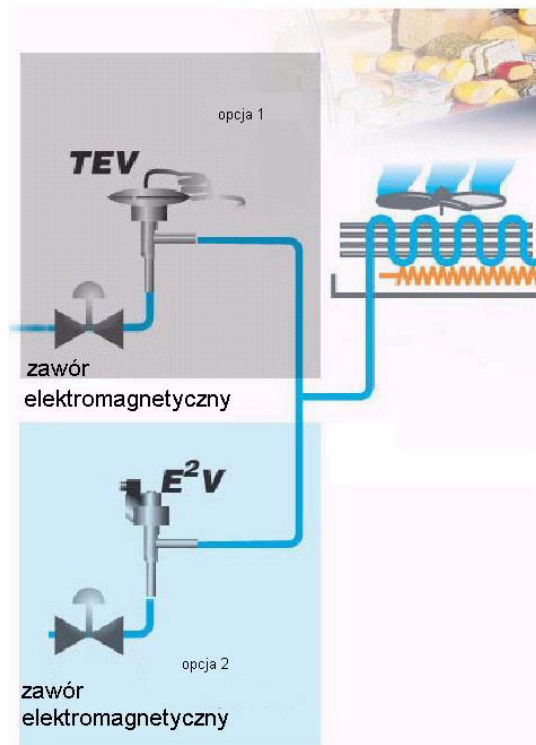


3. Supermarket

Dla sprawdzenia funkcjonowania systemu wykorzystującego najnowsza technologię z zastosowaniem elektronicznych zaworów rozprężnych został wybrany supermarket **ESSELUNGA** w RIPAMONTI w Mediolanie charakteryzujący się nową, elegancką konstrukcją i dużą powierzchnią wystaw. Market został otwarty w lipcu 2002 i począwszy od pierwszego dnia funkcjonowania rozpoczęło się monitorowanie funkcjonowania systemów, oraz zbieranie ważnych danych. Aby móc spełnić specjalne wymagania inwestora market został zbudowany w ten sposób, aby było możliwe bezpośrednie monitorowanie zużycia energii przez zespoły sprężarek wtedy, gdy instalacja pracuje zarówno przy wykorzystaniu technologii **tradycyjnej** (mechaniczne termostacyjne zawory rozprężne), oraz z **elektronicznymi** zaworami rozprężnymi.



4. Zasada pracy



Każde urządzenie chłodnicze (meble i komory chłodnicze) zostały podłączone do **dwóch równoległych układów** sterowanych przez zawór elektromagnetyczny, który w dowolnym momencie może pozwolić na wykorzystanie jednej lub drugiej technologii. Dzięki temu można bezpośrednio porównać ze sobą te dwa systemy (z termostacyjnym lub elektronicznym zaworem rozprężnym) w tych samych warunkach pracy.

Dla zarządzania pracą instalacji i do zbierania danych związanych z jej funkcjonowaniem został wybrany system nadzoru i monitoringu **PlantVisor** firmy Carel. Jego podstawowe zadanie to sterowanie przełączaniem z jednego na drugi system w ustalonych przedziałach czasu. Aby zapewnić idealne porównanie danych **PlantVisor** automatycznie zmienia rodzaj wykorzystanej technologii **dla wszystkich aplikacji** dokładnie co trzy dni o północy, aby w ten sposób zminimalizować wpływ takich zmiennych czynników, jak stan pogody, godziny otwarcia marketu, specjalne czynności związane z załadowywaniem/rozładowywaniem towarów, itd.

Il. 4: Rysunek zasady funkcjonowania dwóch technologii z zastosowaniem TEV i EEV zastosowanych dla każdego urządzenia chłodniczego



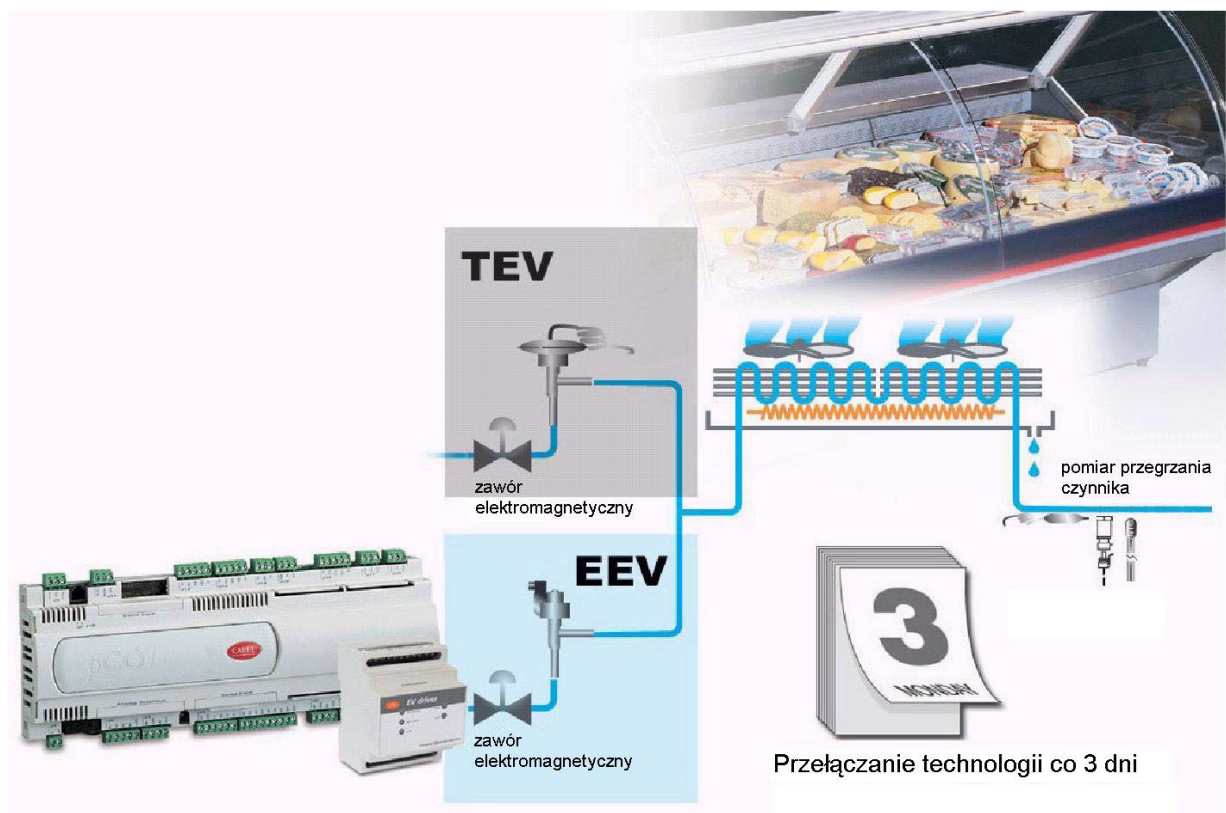
System **PlantVisor** mierzy i oblicza energię zużywaną przez instalację w obydwu cyklach pracy: tradycyjnym lub z elektronicznym zaworem rozprężnym poprzez pomiar prądu przy wykorzystaniu transformatora podłączonego bezpośrednio do zasilania sprężarek. W ten sposób zużycie energii całego systemu chłodniczego może być mierzone minuta po minucie, a następnie porównane ze sobą dane z dwóch cykli pracy. Pozwoli to określić system z większą efektywnością funkcjonowania.

Zużywana energia elektryczna jest mierzona przez dwa oddzielne liczniki, każdy dla oddzielnej technologii. Wszystkie wartości są wyrażane w kW/h. Ponieważ zużycie energii jest mierzone w ten sam sposób dla obydwu cykli pracy błąd pomiaru jest wspólny. Dlatego zapisane dane gwarantują doskonałą jakość poziomu informacji.

Dodatkowo licznik godzin mierzy dokładnie przez ile dni, godzin i minut instalacja pracowała dla każdej technologii sterowania. Dzięki temu można łatwo obliczyć średni pobór mocy podczas okresu zbierania danych.



Il.5: transformator prądowy TAM zamontowany w zespole sprężarek



Il 6: rysunek dwóch technologii (TEV-EEV) wykorzystanych dla każdego układu chłodniczego



Elektroniczne zawory rozprężne

Jak już wspomniano urządzenia chłodnicze zostały wyposażone w EEV (elektroniczne zawory rozprężne) i TEV (termostatyczne zawory rozprężne) funkcjonujące na przemian.

EEV zostały zainstalowane po to, aby uzyskać oszczędność energii, a także jak najlepszą efektywność funkcjonowania urządzeń chłodniczych, oraz całej instalacji.

Proporcjonalne elektroniczne zawory rozprężne charakteryzują się precyzyjną odpowiedzią na wymagania wynikające z pracy systemu: w porównaniu z zaworami pulsacyjnymi gwarantują bardziej stabilną pracę urządzeń chłodniczych i zmniejszają wartość ciśnienia w przewodach. Poniższy rysunek pokazuje elektroniczne zawory rozprężne zastosowane w markecie.



II.7: EEV firmy Carel



II.8: EEV typu SEI firmy Sporlan

5. Osiągnięte rezultaty

Dane zostały zebrane w ciągu 10 miesięcy funkcjonowania supermarketu (od lipca 2002 do maja 2003). Zostały wówczas osiągnięte następujące rezultaty w oszczędności energii:

Okres	Technologia	Zużycie całkowite w kWh	Dni	Oszczędność energii
Lipiec 2002 – maj 2003	Tradycyjna (TEV)	331802	142	20%
	Elektroniczna (EEV)	264981	141	

Poniżej przedstawiono szczegółowo zmierzone dane, dzieląc je na trzy znaczące okresy, aby porównać funkcjonowanie instalacji podczas:

- lato-jesień (lipiec-listopad)
- zima (grudzień-luty)
- wiosna (marzec-maj)

	Okres	Technologia	KWh całkowitego zużycia	Dni	Średnia moc w kW	Oszczędność energii
Niskotemp. zespół sprężarek	lipiec-listopad 2002	Tradycyjna (TXV)	54634	64	35.7	19%
		Elektroniczna (EXV)	51517	74	28.9	
	grudzień 2002-luty 2003	Tradycyjna (TXV)	32978	48	28.6	33%
		Elektroniczna (EXV)	17063	37	19.3	
	marzec-maj 2003	Tradycyjna (TXV)	28001	30	38.5	33%
		Elektroniczna (EXV)	18768	30	25.7	

Tab. 1: Pobór mocy niskotemp. zespołów sprężarek podzielony na trzy okresy

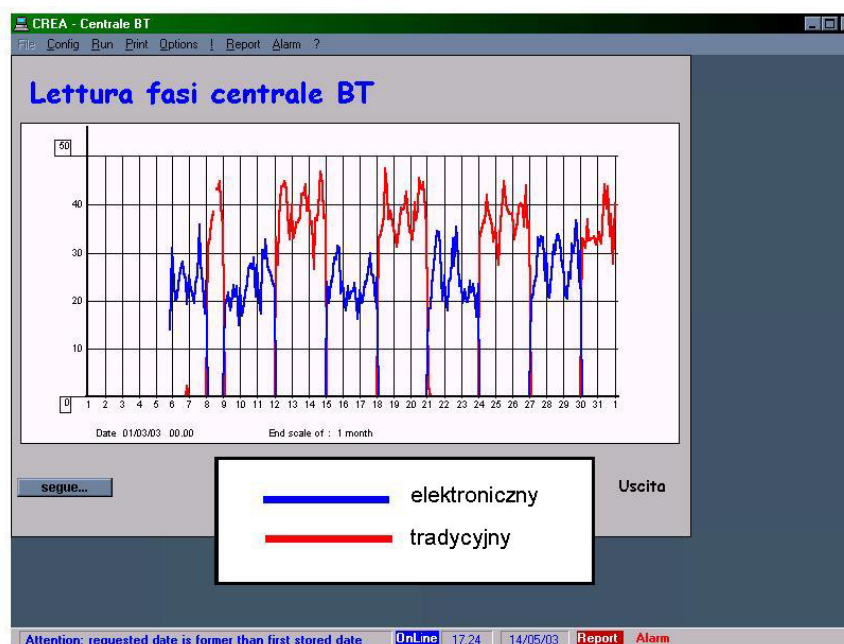


	Okres	Technologia	KWh całkowitego zużycia	Dni	Średnia moc w kW	Oszczędność energii
średniotemp. Zespół sprężarek	lipiec-listopad 2002	Tradycyjna (TXV)	125700	64	82.2	19%
		Elektroniczna (EXV)	118973	74	66.8	
	grudzień 2002- luty 2003	Tradycyjna (TXV)	46325	40	48.7	27%
		Elektroniczna (EXV)	27152	32	35.3	
	marzec-maj 2003	Tradycyjna (TXV)	44164	30	61.1	29%
		Elektroniczna (EXV)	31508	30	43.1	

Tab.2: Pobór mocy średniotemp. zespołów sprężarek podzielony na trzy okresy

Można zobaczyć, że najlepsze rezultaty w zakresie oszczędności energii zostały osiągnięte w okresach chłodniejszych. Taki stan rzeczy pokazuje bezsprzecznie, że zastosowanie elektronicznych zaworów rozprężnych daje znaczną redukcję poboru mocy.

Poniższe wykresy pokazują, jak się zmienia pobór mocy, gdy instalacja zmienia cykl pracy z termostatycznego na elektroniczny zawór rozprężny.



Il.10: Pobór mocy z marca 2003

Wykres pokazuje jak w przeciągu miesiąca zmieniała się chwilowa wartość prądu (mierzona dla niskotemperaturowego systemu chłodniczego) w zależności od cyklu pracy instalacji. Wykres pokazuje także różne okresy pracy termostatycznego lub elektronicznego zaworu rozprężnego.



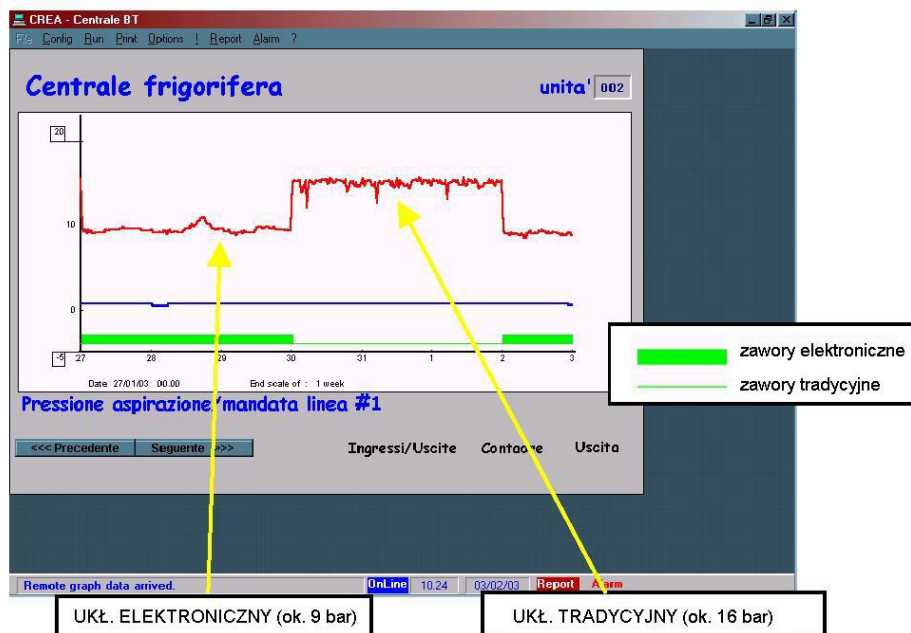
6. Analiza techniczna oszczędności energii:

Techniczne wyjaśnienie powyższych rezultatów zawartych w zapisanych danych w odniesieniu do rodzaju sprężarek jest jasne.

Jak już wcześniej wspomniano elektroniczne zawory rozprężne posiadają tak szeroki zakres regulacji wydajności, że pozwalają **pracować sprężarkom zawsze w optymalnych warunkach** (w zależności od temperatury zewnętrznej).

W zimie układ chłodniczy może pracować przy bardzo niskim ciśnieniu skraplania, co daje **wzrost efektywności pracy sprężarek, oraz zredukowanie poboru mocy**.

Poniższy wykres pokazuje ciśnienie pracy dla elektronicznego i tradycyjnego zaworu rozprężnego.



Il.11: Dane ciśnienia skraplania w niskotemperaturowym układzie chłodniczym w czasie od 27 stycznia do 3 lutego 2003.

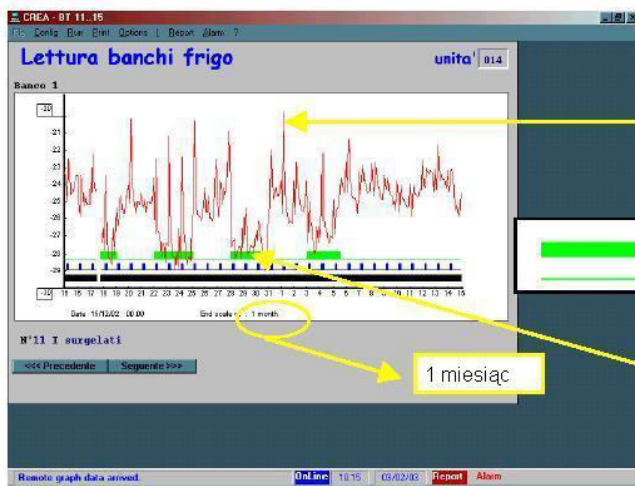
7. Efekty w zakresie kontroli temperatury:

Oszczędność energii to nie jest jedyna korzyść uzyskana w opisywanym systemie. Trzeba także zauważyć, że osiągnięto także efekty w sterowaniu niektórych rodzajów urządzeń chłodniczych, a w szczególności urządzeń niskotemperaturowych (przechowywanie lodów i zamrożonej żywności).

W urządzeniach tych ELEKTRONICZNY ZAWÓR ROZPRĘŻNY pozwala na **bardziej efektywną kontrolę temperatury** ustalając temp. parowania na niskim poziomie dzięki lepszemu wykorzystaniu powierzchni wymiany ciepła parownika.

System nie wymaga dodatkowej regulacji, ponieważ elektronika zapewnia ciągłość sterowania bazującego na parametrach mierzonych przez przetworniki umieszczone na końcu parownika, utrzymując wartość przegrzania czynnika na optymalnym poziomie. Jest tu zastosowany system samo adaptujący się.

Następne strony podają niektóre uzyskane dane w zależności od temperatury pracy.



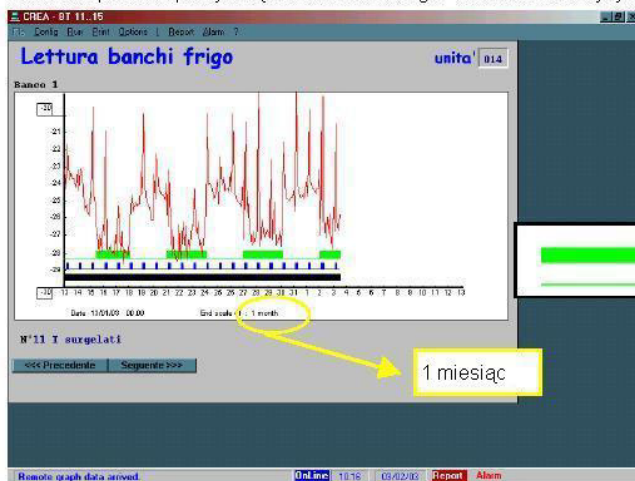
Wartości szczytowe na wykresie to cykle odszraniania. Okres czasu wynosi 1 miesiąc.

zawory elektroniczne
zawory tradycyjne

1 miesiąc

Zawór elektroniczny pozwala na osiągnięcie niższych temperatur, co oznacza lepsze przechowywanie produktów, oraz mniejszy stopień wykorzystania sprężarek.

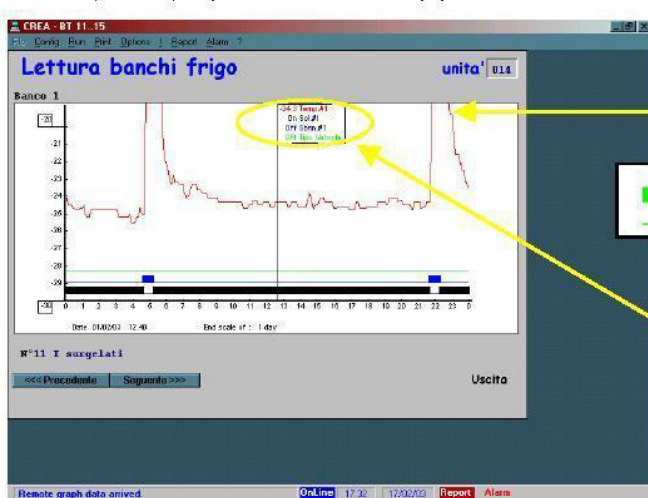
Il. 12: Temperatura pracy urządzenia chłodniczego: "obszar mrożonej żywności" w okresie od 15 grudnia do 15 stycznia



zawory elektroniczne
zawory tradycyjne

1 miesiąc

Il. 13: temperatura pracy obszaru nr 11 mrożonej żywności w czasie od 13 stycznia do 3 lutego 2003

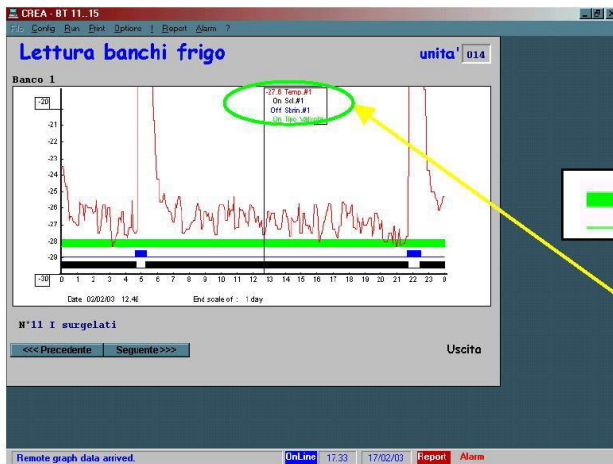


Krzywa odszraniania

zawory elektroniczne
zawory tradycyjne

Przy zast. zaworu mechanicznego osiągnięta została temp. około -24° C o 12:30.

Il. 13: Powiększenie dziennej skali wykresu temp. pracy obszaru nr 11 mrożonej żywności z zastosowaniem zaworu mechanicznego



Przy zast. zaworu elektronicznego w obszarze zaznaczonym osiągnięta została średnia temp. ok. -27 C o 12:30

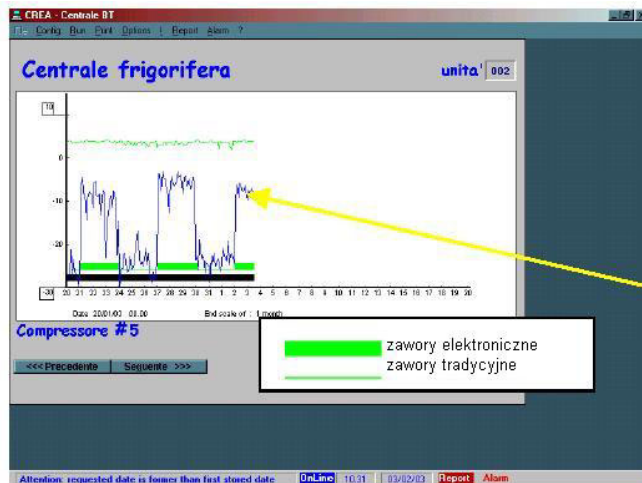
Il. 14: Powiększenie dziennej skali temp. pracy obszaru nr 11 mrożonej żywności z zastosowaniem zaworu elektronicznego.

8. Efekty regulacji przy zastosowaniu elektronicznego zaworu rozprężnego:

Już się przekonaliśmy, że zastosowanie elektronicznych zaworów rozprężnych umożliwia funkcjonowanie systemu w **najkorzystniejszych wartościach ciśnienia**, co zmniejsza zarówno pobór mocy elektrycznej, oraz obciążenie sprężarek.

Oprócz tego można osiągnąć **najkorzystniejsze wartości temperatury** dla pracy sprężarek, gdzie temperatury tłoczenia są jeszcze niższe przy wykorzystaniu elektronicznego zaworu rozprężnego.

Oznacza to wzrost średniego okresu żywotności sprężarek i zredukowanie liczby awarii.



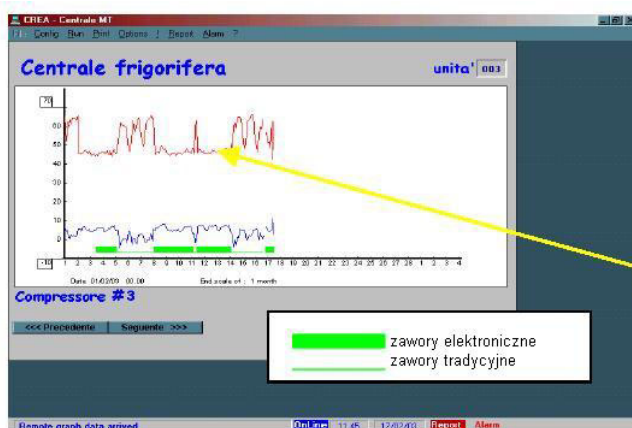
Można zauważyć, że przy zastosowaniu elektronicznego zaworu rozprężnego ciśnienie ssania będzie zawsze wyższe od osiąganego przy tradycyjnym termostatycznym zaworze rozprężnym.(kontynuacja)

Il.15: Temperatura na ssaniu sprężarki systemu niskotemperaturowego w czasie od 20 stycznia – 3 lutego 2003.



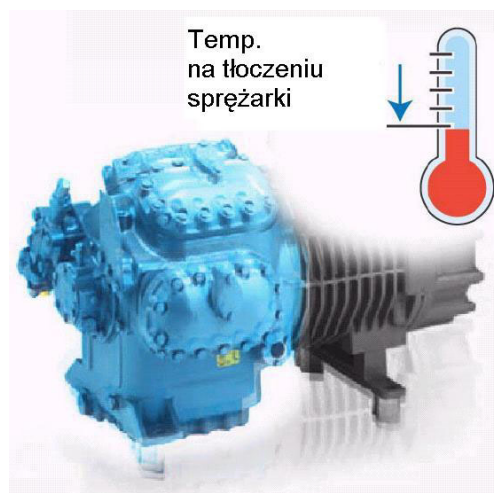
(c.d.)...a utrzymanie niższej temp. tłoczenia zapewnia mniejsze zużycie elementów mechanicznych, oraz mniejsze pogorszenie się jakości oleju.

Il. 16: temperatura na tłoczeniu sprężarki w niskotemperaturowy układzie chłodniczym w okresie od 20 stycznia – 3 lutego 2003.



Dla systemów niskotemp., oraz z normalnym zakresem temperatur temperatura tłoczenia jest niższa podczas okresów pracy z elektronicznymi zaworami rozprężnymi.

Il. 17: Temp. na ssaniu i tłoczeniu sprężarki systemu chłodniczego z normalnym zakresem temperatur w czasie od 1-17 lutego 2003.



Il. 18: Korzystniejsze warunki pracy oznaczają mniej awarii, oraz znaczne oszczędności w zakresie konserwacji



9. Konkluzje

Poniżej przedstawiono podsumowanie charakterystyki danych instalacji zapisanych w czasie jej pierwszych dziesięciu miesięcy funkcjonowania. Wypukłone zostały korzyści płynące z zastosowania elektronicznych zaworów rozprężnych, oraz elektronicznego systemu sterowania, który zarządza pracą tych zaworów.

UZYSKANE KORZYŚCI przy zastosowaniu TECHNOLOGII ELEKTRONICZNEJ

- oszczędności w energii zużywanej przez instalację wyniosły **ponad 20% w skali roku**
- lepsze sterowanie niskotemperaturowych urządzeń chłodniczych
- korzystniejsze warunki pracy dla sprężarek (niższe ciśnienie, niższe temperatury tłoczenia). Oznacza to mniej awarii, a w rezultacie **zredukowanie kosztów serwisu**.
- Długotrwała efektywność funkcjonowania
- Lepsze przechowywanie mrożonej żywności i lodów
- Mniejsze zużycie elementów mechanicznych sprężarek, oraz mniejszy stopień pogorszenia się jakości oleju
- Powtarzalność regulacji, oraz stałe uzyskiwanie danych związanych ze zużyciem energii.

...dla klienta i środowiska naturalnego:

potwierdzenie skupienia się na **oszczędności energii**, oraz na informowaniu, a także społeczna odpowiedzialność wykorzystania dostępnych zasobów.

Dziękujemy firmie ESSELUNGA S.p.A. i Carel s.r.l. za ich współpracę.