

Redukcja kosztów zużycia energii w supermarketach

Wykorzystanie ciepła odpadowego, produkowanego przez urządzenia chłodnicze do ogrzewania powierzchni sklepowych.

Redukcja kosztów energii zużywanej w supermarketach to zagadnienie, które coraz bardziej zyskuje na znaczeniu. Urządzenia chłodnicze stosowane w supermarketach zużywają znaczne ilości energii. Z tego powodu konieczne jest optymalne wykorzystanie potencjalnych możliwości zaoszczędzenia energii, np. poprzez wtórne wykorzystanie ciepła odpadowego, produkowanego przez systemy chłodnicze nie tylko do przygotowywania wody użytkowej, ale również do ogrzewania pomieszczeń.

W tym celu konieczna jest jednak dokładna analiza pracy nie tylko urządzeń chłodniczych, ale również systemów grzewczych, przy uwzględnieniu ciepła wydzielanego z zainstalowanego oświetlenia, pieców itd.

Przykład stanowią markety ogrzewane wyłącznie za pomocą ciepła odpadowego, produkowanego przez systemy chłodnicze.

Wśród naszych klientów znajduje się kilka obiektów, w których dokonuje się równoległych pomiarów systemów chłodniczych oraz grzewczych, a otrzymane wyniki poddawane są regularnej analizie. Mowa tu o niewielkich sklepach o powierzchni ok. 800 m².

Instalacja chłodnicza składa się z potrójnego zespołu do chłodzenia oraz podwójnej sprężarki do zamrażania. Oba zestawy podłączone są do wspólnego przewodu ciśnieniowego i pracują na jednym kondensatorze, co w znacznej mierze ułatwia integrację urządzeń odzysku ciepła.

Aby zapewnić odpowiednią temperaturę w pomieszczeniach socjalnych i sprzedaży marketów, zainstalowano pompę ciepłą woda/powietrze, która uruchamia się dopiero przy temperaturze zewnętrznej $+0^{\circ}\text{C}$.

W kilku marketach zastosowano rozwiązania alternatywne, w których pompę ciepła zabudowano na bazie istniejących kompresorów i kondensatorów.

Systemy grzewcze nie są podłączone do kondensatora chłodzonego powietrzem tak jak zwykle, czyli szeregowo, ale równoległe za pomocą 3-drogowego zaworu.

Opis położenia zaworu jest bardzo czytelny i zawiera informacje dotyczące czasu i częstotliwości wykorzystywania ciepła wytwarzanego przez kondensator oraz czasu odprowadzania energii za pośrednictwem kondensatora chłodzonego powietrzem.

W przeciwieństwie do okresów dziennych, po

Po stronie grzewczej zainstalowano sufitowe ogrzewacze powietrza, a w pomieszczeniach sklepowych, na wysokości 4 metrów, zamontowano sufitową płytę promiennikową. Sufitowe płyty promiennikowe zapewniają odpowiedni stopień ogrzewania również przy temperaturze zasilania $+35^{\circ}\text{C}$, natomiast sufitowe ogrzewacze powietrza umożliwiają ogrzewanie powierzchni sklepowej bez stosowania wyciągu.

Powyższe wartości, są wartościami empirycznymi, które nie pokrywają się z dokumentacją techniczną producentów systemów grzewczych. Z dokumentacji producentów ogrzewaczy wynika, iż temperatura zasilania powinna wynosić 45°C .

Urządzenia chłodnicze wykazują wyższą moc przy niskich temperaturach kondensacji, co ma z kolei negatywny wpływ na uzyskiwane parametry medium do ogrzewania pomieszczeń. W przypadku wykorzystywania ciepła odpadowego do ogrzewania trzeba zdecydować się na kompromis i w miarę zwiększania się zapotrzebowania na energię grzewczą, temperatura kondensacji podnoszona jest w zależności do potrzeb.

Krzywa ogrzewania prowadzona jest elektronicznie w zależności od temperatury zewnętrznej i pokojowej; Konieczne jest określenie zmiennej temperatury zasilania, która z kolei pozwala wyznaczyć zmienną temperaturę kondensacji.

W przypadku temperatur zewnętrznych niższych niż $+5^{\circ}\text{C}$, we wszystkich obiektach, w których przeprowadzono pomiary, całe ciepło kondensacji wytworzone przez urządzenie chłodnicze doprowadzane jest bezpośrednio do pomieszczeń sklepowych (z pominięciem kondensatora powietrznego).

Jak dotychczas, w okresach zimowych (w w/w zakresach temperatur zewnętrznych), nie wystąpiła jeszcze potrzeba wspomaganie ogrzewania w godzinach otwarcia marketu pompą ciepła, pomimo, iż temperatury zewnętrzne niejednokrotnie spadały poniżej $+1^{\circ}\text{C}$.

Zjawisko to można wytłumaczyć zwiększoną dostawą ciepła w godzinach otwarcia do pomieszczeń sklepowych (czynnik ludzki, oświetlenie, pracujące maszyny i urządzenia itp.).

Wzrost temperatury kondensacji następuje tylko

zaniku dostaw ciepła ze źródeł trzecich i przy uruchomieniu się oszczędnego trybu pracy agregatów chłodniczych, następuje wzrost zapotrzebowania na dostawę energii grzewczej. W tej fazie wykorzystuje się możliwość dogrzewu przy użyciu pompy ciepła lub konwencjonalnego systemu grzewczego.

Przy wyższych temperaturach zewnętrznych oraz niepełnym poborze ciepła kondensacji przez system grzewczy, temperatura kondensacji wzrasta do określonego punktu, w którym następuje przełączenie na konwencjonalny kondensator chłodzonym powietrzem.

Urządzenie pracuje wówczas przy niższych temperaturach kondensacji, zależnych od wartości temperatury zewnętrznej.

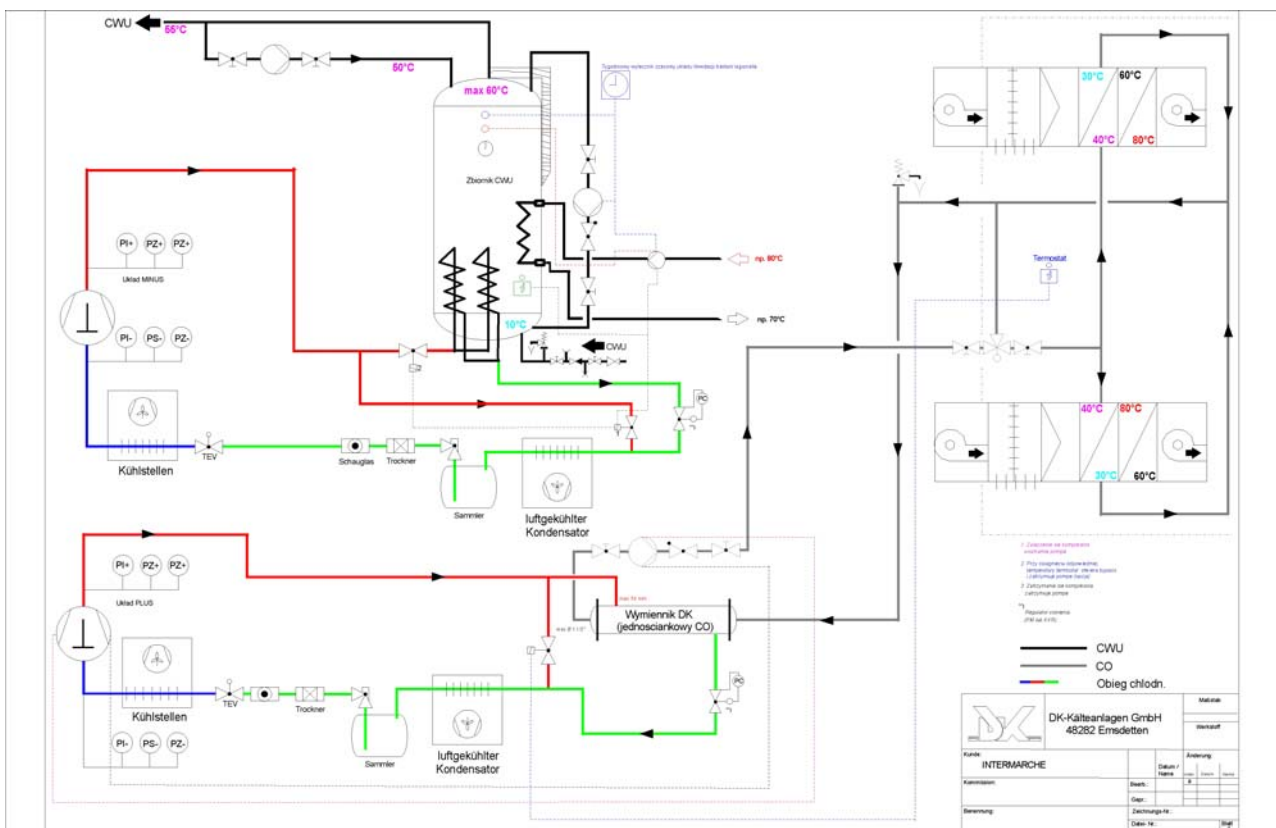
w przypadku zwiększonego zapotrzebowania na energię grzewczą, która odbierana jest w pomieszczeniach sklepowych.

Przykłady danych pomiarowych, które zarejestrowano w okresach zimowych:

Temperatura zewnętrzna +1°C
 Temp. w pomieszczeniach sklepowych +20°C
 Temp. zasilająca ogrzewania +37°C
 Temp. powrotu ogrzewania +32°C
 Delta „t” 5K
 Strumień objętości wody 7,0 m³/h

Na bazie w/w wartości obliczono moc grzewczą 40 kW

Z przedstawionych wyżej przykładów wynika, że łączna ilość ciepła kondensacji produkowanego przez urządzenia chłodnicze, może całkowicie pokryć zapotrzebowanie marketu na energię grzewczą i być wykorzystana do ogrzewania pomieszczeń sklepowych w całym sezonie grzewczym.



Projekt kompleksowego rozwiązania odzysku ciepła w jednym z marketów INTERMARCHE (powierzchnia ok. 1.000m²)
 CWU – zbiornik 750 ltr z dwuściankowymi, bezpiecznymi wymiennikami wewnętrznymi
 CO – jednościankowy wymiennik płaszczowo-rurowy
 Dogrzew CWU-CO – konwencjonalny kocioł gazowy

Obniżanie temperatury kondensacji - oszczędność energii elektrycznej

Zainstalowane urządzenia chłodnicze:

Zestaw plusowy 3 x Bitzer 4DC-5.2Y 40S, R404A, to = -10°C
 przeciętny czas pracy zestawu (przy temperaturach zewnętrznych +5°C):
 24 h dla 1 sprężarki / dzień

Sprężarka podwójna minusowa Bitzer 44EC-8.2Y-40S, R404A, to = -31°C
 przeciętny czas pracy sprężarki (przy temperaturach zewnętrznych +5°C):
 12 h / dzień

tc +40°C		tc +20°C	
Moc Qo = 12,82 kW Pel = 5,95 kW	1 sprężarki Qo = 18,57 kW Pel = 4,52 kW	Moc Qo = 7,1 kW Pel = 6,1 kW	sprężarki Qo = 11,64 kW Pel = 5,68 kW
Energia 12,82 kW x 24 h = 307,68 kWh/dzień	chłodnicza / dzień 307,68 kWh : 18,57 kW = 16,57 h/dzień (czas pracy urządzenia)	Energia 7,1 kW x 12 h = 85,2 kWh/dzień	chłodnicza / dzień 85,2 kWh : 11,64 kW = 7,32 h/dzień (czas pracy urządzenia)
Zużycie energii elektrycznej		Zużycie energii elektrycznej	
5,95 kW x 24 h = 142,8 kWh	4,52 kW x 16,57 h = 74,9 kWh	6,1 kW x 12 h = 73,2 kWh	5,68 kW 7,32 h = 41,58 kWh

Na skutek obniżenia temperatury z +40°C do 20°C dzienna ilość zaoszczędzonej energii wynosi:
 142,8 kWh - 74,9 kWh = 67,9 kWh

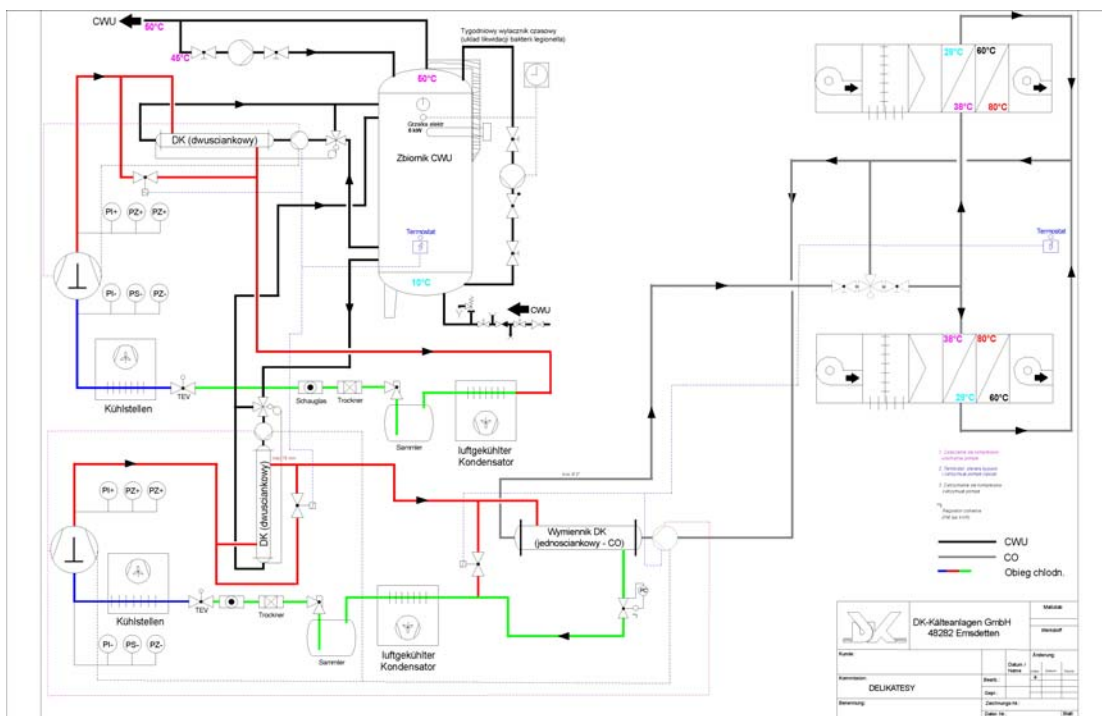
Na skutek obniżenia temperatury z +40°C do 20°C dzienna ilość zaoszczędzonej energii wynosi:
 73,2 kWh - 41,58 kWh = 31,62 kWh

Łączna ilość zaoszczędzonej energii:

Zestaw plusowy: 67,90 kWh / dzień
 Sprężarka minusowa: 31,62 kWh / dzień
99,52 kWh / dzień

Uwaga

Na skutek obniżenia temperatury kondensacji nie jest możliwe uzyskanie wyższych parametrów ciepła odpadowego, jak ok. +20°C, a więc wykorzystanie go do celów grzewczych obiektów jest niemożliwe!



Projekt kompleksowego rozwiązania odzysku ciepła w jednym z marketów SPOŁEM (powierzchnia ok. 2.000m²)
 CWU – zbiornik 1.000 ltr z dwusłankowymi, bezpiecznymi wymiennikami zewnętrznymi (ciepło przegrzania)
 CO – jednosłankowy wymiennik płaszczowo-rurowy
 Dogrzew CWU-CO – konwencjonalny kocioł gazowy

Bilans porównawczy

Na podstawie powyższych danych można przeanalizować oszczędności wynikłe ze stosowania odzysków ciepła odpadowego i wykorzystania ich do ogrzewania marketów w sezonach grzewczych, a ilością zaoszczędzonej energii elektrycznej w następstwie obniżenia temperatury kondensacji.

Zestaw plusowy	Sprężarka podwójna minusowa
Qc na 1 sprężarkę: 18,77 kW Czas pracy urządzenia 1 sprężarki: 24 h / dzień	Qc: 13,20 kW Czas pracy urządzenia: 12 h / dzień
18,77 kW x 24 h = 450,84 kWh / dzień	13,2 k x 12 h = 158,40 kWh / dzień

Zaoszczędzona energia, wykorzystana do ogrzewania pomieszczeń sklepowych:

- zestaw plusowy: 450,84 kWh / dzień
- sprężarka minusowa: 158,40 kWh / dzień
608,88 kWh / dzień

- zaoszczędzona energia elektryczna = ok. **100 kW / dzień** (99,52 kWh / dzień)
- zaoszczędzona energia grzewcza = ok. **600 kW / dzień** (608,88 kWh / dzień)

Powyższe zestawienia wykazują, że odzysk ciepła może być efektywniejszy w stosunku 6 : 1 do zaoszczędzonej energii elektrycznej.

Podsumowanie

Relatywnie podobne wyniki odnotowano w dużych supermarketach, które ogrzewane są najczęściej poprzez centralne urządzenia wentylacyjne.

We wlotach urządzeń wentylacyjnych (czepniach) instalowane są dodatkowo oddzielne moduły grzewcze, do których doprowadzane jest podgrzane medium (najczęściej roztwór glikolowy) odzyskanym ciepłem odpadowym, produkowanym przez urządzenia chłodnicze. Pozwala to na wstępne lub całkowite podgrzanie powietrza wlotowego pomieszczeń sklepowych.

Istotne znaczenie ma fakt, iż przez większą część okresu grzewczego, ciepło kondensacji, może być wykorzystywane do ogrzewania powierzchni sklepowych.

Sterowanie urządzeń chłodniczych powinno być rozwiązane w ten sposób, by przy mniejszym zapotrzebowaniu na energię grzewczą temperatura kondensacji tc mogła być automatycznie obniżana.

Na szczególną uwagę zasługują nowoczesne systemy grzewcze, np. system ogrzewania podłogowego z tzw. „aktywacją rdzenia betonowego”.

Opisywany system jest układem inercyjnym, co jednak nie ma większego znaczenia w przypadku supermarketów. Systemy te działają przy niewielkiej temperaturze zasilania +25°C (nieznacznie powyżej temperatury pokojowej), co pozwala skutecznie zapobiec przegrzaniu pomieszczeń w przypadku dużych wahań temperatur zewnętrznych. Wielką zaletą tych systemów jest fakt, że niska temperatura zasilania pozwala na znaczne obniżenie temperatury kondensacji tc. Promieniowanie pochodzące z dużego rdzenia układu pamięci magnetycznej pozwala na równomierne ogrzanie powierzchni sklepowej.

Nie wiąże się to z dodatkowymi ograniczeniami w kwestii wyposażenia supermarketów. Ponadto zastosowanie opisywanych systemów umożliwi przeprowadzenie prac montażowych bez ryzyka uszkodzenia przewodów instalacji ogrzewania podłogowego.

Niezbędnym warunkiem dla prawidłowego funkcjonowania systemów odzysku ciepła odpadowego urządzeń chłodniczych i efektywnego wykorzystania ich do ogrzewania pomieszczeń marketów i supermarketów jest prawidłowe zaprojektowanie i dobór instalacji grzewczej, urządzeń chłodniczych, oraz zaplanowanie współpracującego sterowania.