

## **URZĄDZENIA DO KLIMATYZACJI HAL BASENOWYCH**

### **AIR HANDLING UNITS FOR INDOOR SWIMMING POOLS**

#### **Streszczenie**

Zadaniem instalacji klimatyzacyjnej jest utrzymanie odpowiednich parametrów powietrza w pomieszczeniach basenowych. Ma to na celu zapewnienia komfortu cieplnego dla kąpiących się osób oraz zabezpieczenia struktury budowlanej przed niszczącym działaniem wilgoci. Instalacja klimatyzacyjna powinna być trwała i niezawodna oraz zapewniać realizację postawionych zadań przy możliwie najniższych kosztach eksploatacji. Głównym elementem instalacji decydującym o sprawności energetycznej oraz precyzji utrzymywania zadanych parametrów powietrza jest zainstalowanie urządzeń klimatyzacyjnych wraz z odpowiednim systemem sterowania.

#### **Summary**

The task of air-conditioning system is to keep proper air parameters in swimming pool rooms. The aim of this is to ensure thermal comfort for swimming people and to protect construction against destroying influence of humidity. Air-conditioning system should be durable, reliable and perform with the lowest possible cost. The main element of system, determining low costs and precision, is applying right air handling units with proper control systems.

#### **1. Wstęp**

Wymagania stawiane obiektom basenowym zmuszają projektantów do zastosowania nowych form architektury i nowoczesnych materiałów budowlanych. Zadaniem instalacji klimatyzacyjnej jest utrzymanie odpowiednich parametrów powietrza w pomieszczeniach basenowych w celu zapewnienia komfortu cieplnego dla kąpiących się osób oraz zabezpieczenia struktury budowlanej przed niszczącym działaniem wilgoci. Instalacja klimatyzacyjna powinna być trwała i niezawodna, zapewniająca realizację postawionych zadań przy możliwie najniższych kosztach eksploatacji. Głównym elementem instalacji decydującym o sprawności energetycznej oraz precyzji utrzymywania zadanych parametrów powietrza jest urządzenie klimatyzacyjne wraz z odpowiednim systemem sterowania.

Utrzymywanie wyższych parametrów powietrza w hali basenu w stosunku do parametrów w innych pomieszczeniach jest wynikiem kompromisu pomiędzy koniecznością utrzymania warunków komfortu cieplnego i stosunkowo niskiej temperatury punktu rosy, a ograniczeniem emisji wilgoci z powierzchni basenu. Bardzo ważne jest określenie dla danego obiektu optymalnych warunków klimatycznych oraz precyzyjne ich sterowanie. Zastąpienie stosownych urządzeń klimatyzacyjnych zwykłą instalacją wentylacyjną bądź brak jakiegokolwiek instalacji może spowodować dewastację struktury budowlanej i utratę klientów (ze względu na niekorzystne warunki klimatyczne) lub też rabunkową gospodarkę energetyczną.

#### **2. Funkcje realizowane przez urządzenia do klimatyzacji hali basenowej**

##### **2.1. Osuszania powietrza w hali basenu.**

Usuwanie wilgoci z powietrza w pomieszczeniu basenowym realizowane jest poprzez:

- schładzanie powietrza z zastosowaniem układu chłodniczego;
- wentylację hali basenu zmiennym strumieniem suchego powietrza zewnętrznego.

Usuwanie wilgoci z powietrza za pomocą układu chłodniczego polega na schłodzeniu strumienia powietrza wentylacyjnego w parowniku poniżej temperatury kondensacji pary wodnej, po czym ogrzaniu go w skraplaczu do odpowiedniej temperatury. Powietrze ogrzewane jest w skraplaczu całą energią pozyskaną w parowniku (ciepłem jawnym i ciepłem wynikającym z kondensacji pary wodnej) oraz energią elektryczną zamienioną w ciepło, wynikającą ze sprawności pracy kompresora. Temperatura powietrza za skraplaczem jest więc wyższa od temperatury powietrza doprowadzanego z hali basenu do urządzenia klimatyzacyjnego. Zjawisko to jest korzystne w okresie niskich temperatur zewnętrznych, gdyż pozyskane w urządzeniu ciepło służy do częściowego ogrzewania hali basenu. W okresie lata prowadzi ono zwykle do niekontrolowanego wzrostu

temperatury w pomieszczeniu basenowym, powodując uczucie duszności. Dlatego w bardziej złożonych urządzeniach klimatyzacyjnych nadmiar ciepła odprowadzany jest częściowo, za pośrednictwem specjalnego skraplacza, do wody basenowej. Należy zwrócić uwagę, że całe ciepło wynikające z prowadzonego tą metodą procesu osuszania kierowane jest z powrotem do powietrza w hali basenu lub do wody basenowej. Koszty pozyskania tego ciepła są jednak dość wysokie, gdyż w znaczącej części pochodzi ono z przemiany energii elektrycznej, kilkakrotnie droższej od energii cieplnej.

Usuwanie wilgoci z powietrza poprzez wentylację pomieszczenia basenowego zmiennym strumieniem suchego powietrza zewnętrznego wynika z różnicy zawartości wilgoci w usuwanym, wilgotnym powietrzu z hali basenu i wprowadzanym suchym powietrzu zewnętrznym. Zastosowany zmienny, zależnie od potrzeb, strumień powietrza zewnętrznego oraz odzysk ciepła z powietrza usuwanego powodują małe straty energetyczne podczas procesu osuszania.

W rozbudowanych urządzeniach klimatyzacyjnych stosowane są obie, opisane wyżej, metody osuszania powietrza. Powiązanie instalacji chłodzenia mechanicznego z rekuperatorem wykorzystuje się wówczas do zwiększenia sprawności wymiany ciepła. Zmiana konfiguracji pracy centrali i wybór bieżącego sposobu osuszania, przy różnych parametrach powietrza zewnętrznego i różnym obciążeniu pływalni, powinien odbywać się automatycznie w zależności od potrzeb oraz kosztów prowadzenia tego procesu. Centrale te powinny być wyposażone w funkcję „ekonomizera”, sterującego procesem osuszania w sposób zapewniający najniższe koszty eksploatacji.

## 2.2. Ogrzewanie hali basenowej.

Sposoby ogrzewania (chłodzenia) hal basenowych:

- (chłodzenie) powietrzne;
- grzejnikowe;
- podłogowe.

Najlepszą i najczęściej stosowaną metodą ogrzewania hali basenu jest ogrzewanie powietrzne. Główną zaletą tej metody jest duża dynamika i precyzja regulacji temperatury w pomieszczeniu oraz uzyskanie w niej stosunkowo wysokiej temperatury powietrza nawiewanego (zazwyczaj 35 do 45°C), korzystnej przy kurtynowym osuszaniu okien. Strumień powietrza wentylacyjnego potrzebnego do asymilacji zysków wilgoci jest zazwyczaj wystarczający do przeniesienia ciepła potrzebnego do ogrzewania (chłodzenia). Zdarzają się jednak obiekty, szczególnie takie, w których stosunek powierzchni wody od kubatury pomieszczenia jest niewielki i wówczas wielkość instalacji klimatyzacyjnej, dobranej dla potrzeb osuszania jest niewystarczająca do ogrzania pomieszczenia. Konieczne jest wtedy zastosowanie dodatkowych grzejników, czy ogrzewania podłogowego lub powiększenie instalacji klimatyzacyjnej. Wybór metody ogrzewania powinien być poprzedzony analizą strat ciepła z pomieszczenia basenu oraz wydajności cieplnej centrali klimatyzacyjnej. W przypadku zastosowania dodatkowych źródeł ciepła ich sterowanie należy podporządkować sterowaniu centrali klimatyzacyjnej.

Chłodzenie powietrza w hali basenu w okresie lata wymagane jest właściwie tylko w obiektach charakteryzujących się dużymi zyskami ciepła od nasłonecznienia. Proces chłodzenia realizowany jest poprzez centrale basenowe wyposażone w układy chłodnicze z rewersyjną pompą ciepła lub skraplaczem chłodzonym wodą basenową lub świeżą do uzupełniania basenu.

## 2.3. Regulacja strumienia powietrza wentylacyjnego.

Parametrami wymagającymi dokładnej regulacji w instalacjach klimatyzacyjnych z kanałowym rozdziałem powietrza są strumienie powietrza nawiewanego i wywiewanego z hali basenu. Ich wzajemne proporcje mają zasadniczy wpływ na sprawność cieplną i elektryczną instalacji. Decydują również o kierunku przepływu powietrza pomiędzy halą basenu, a sąsiadującymi z nią pomieszczeniami oraz warstwami przegród budowlanych. Centrale bez elektronicznej kontroli przepływu powietrza charakteryzują się zmienną wydajnością zależną od stanu zabrudzenia filtrów. Nierównomierność brudzenia się filtrów powoduje zmiany proporcji pomiędzy powietrzem nawiewanym a wywiewanym. Wady tej nie mają centrale z napędami falownikowymi wentylatorów i automatyczną regulacją wydajności powietrza. Centrale te mają również możliwość elastycznego ustawienia „dyżurnej” wydajności powietrza, co ma istotne znaczenie w układach klimatyzacyjnych z kurtynowym nawiewem wzdłuż okien. Odpowiednio ustawiony minimalny przepływ powietrza utrzymywany podczas pracy „dyżurnej” zapobiegnie kondensacji pary wodnej na szybach np. w okresie nocy.

## 2.4. Ocena jakości urządzeń klimatyzacyjnych stosowanych do klimatyzacji hal basenowych.

Prawidłowe funkcjonowanie instalacji klimatyzacyjnej zależy od:

- organizacji rozdziału powietrza w klimatyzowanych pomieszczeniach;
- zastosowanego urządzenia klimatyzacyjnego wraz z układem sterowania.

Dobór typu urządzeń klimatyzacyjnych dla pomieszczeń basenowych powinien uwzględniać przede wszystkim:

- wydajność powietrza dla docelowych rozwiązań programowych obiektu;
- wymaganą wydajność asymilacji wilgoci;
- udział strumienia powietrza zewnętrznego w różnych porach roku;
- wydajność cieplną;
- sprawność energetyczną;
- trwałość zastosowanych komponentów;
- możliwość lokalizacji centrali w obiekcie basenowym oraz możliwość jej transportu;
- cenę urządzenia.

Jak wykazano na wstępie, energochłonność obiektu basenowego zależy przede wszystkim od precyzji regulacji parametrów powietrza oraz sprawności energetycznej instalacji klimatyzacyjnej.

### 2.4.1. Sprawność cieplna urządzeń klimatyzacyjnych

Najmniejsze zużycie energii cieplnej gwarantują centrale wyposażone w wysokosprawne urządzenia do odzysku ciepła z płynną mikroprocesorową regulacją temperatury oraz elektroniczną kontrolą wydajności powietrza. Sprawność cieplna instalacji klimatyzacyjnej zależy od zastosowanych systemów do odzysku ciepła, technologii osuszania i ogrzewania powietrza, sposobu regulacji temperatury powietrza, dokładności ustawienia przepływu powietrza. Należy podkreślić, że katalogowe parametry centrali, w tym również sprawność wymienników ciepła, uzyskiwane są tylko przy dokładnie wyregulowanym nominalnym przepływie powietrza.

### 2.4.2. Sprawność elektryczna urządzeń klimatyzacyjnych

O zużyciu energii elektrycznej w układach klimatyzacji decyduje typ i sprawność zastosowanych pomp ciepła i wentylatorów, sposób ich sterowania oraz straty przepływu powietrza, warunkujące wielkość wentylatorów. Wewnętrzne straty przepływu zależą głównie od typu zastosowanych wymienników ciepła, typu i stanu zabrudzenia filtrów powietrza oraz od konfiguracji centrali. Powszechnie stosowane są wentylatory promieniowe z przekładnią pasową, z silnikami dwubiegowymi bez płynnej regulacji wydajności. Centrala wyposażona w takie wentylatory charakteryzuje się zmiennym wydatkiem powietrza, zależnie od stopnia zabrudzenia filtrów. Instalacja klimatyzacyjna wymaga dokładnego wyregulowania przepływu powietrza podczas wstępnej eksploatacji, z uwzględnieniem strat ciśnienia na średnio zabrudzonych filtrach. Regulacja nominalnego przepływu powietrza odbywa się poprzez zwiększenie oporów przepływu przez instalację za pomocą przepustnic regulacyjnych. Brak możliwości dopasowania sprężu, a co za tym idzie mocy wentylatorów do faktycznego zapotrzebowania wynikającego z oporów przepływu instalacji, powoduje stosunkowo niską sprawność elektryczną tych central. Ponadto przekładnie pasowe obniżają sprawność zespołów wentylatorowych.

Najwyższą sprawnością elektryczną charakteryzują się centrale wyposażone w wentylatory z napędem falownikowym. Umożliwiają one utrzymanie nominalnego przepływu powietrza bez względu na stan zabrudzenia filtrów i opory przepływu powietrza przez instalację kanałową. Regulacja wydajności odbywa się poprzez dopasowanie sprężu i wynikającej z niego mocy wentylatorów do oporów instalacji, dzięki czemu powstają duże oszczędności energii przy instalacjach wentylacyjnych charakteryzujących się małymi stratami ciśnienia. Zastosowanie wentylatorów z przepływem diagonalnym pozwala dodatkowo na obniżenie wewnętrznych oporów przepływu przez centralę, równomierny przepływ powietrza przez wymienniki ciepła (nagrzewnicę, rekuperator) oraz zmniejszenie wymiarów zewnętrznych centrali.

### 2.4.3. Odporność central klimatyzacyjnych na działanie wilgotnego powietrza zawierającego związki

## **chloru**

Odporność na działanie wilgotnego powietrza zawierającego związki chloru jest cechą wyróżniającą centrale basenowe od innych central klimatyzacyjnych. Uzyskuje się ją dzięki zastosowaniu komponentów wewnętrznych pokrytych powłokami antykorozyjnymi lub wykonanych z materiałów wodoodpornych oraz poprzez izolację przeciwkondensacyjną wewnętrznych elementów centrali. Wykonanie centrali powinno uniemożliwiać kondensację pary wodnej na elementach mechanicznych i konstrukcyjnych urządzenia. Kondensacja pary wodnej powinna wystąpić wyłącznie na elementach służących do odzysku ciepła i parownikach układów chłodniczych. Ze względu na agresywne właściwości powietrza basenowego wymagane jest dobre zabezpieczenie antykorozyjne i przeciwkondensacyjne przegród wewnętrznych i obudowy centrali.

Trwałość centrali klimatyzacyjnej ograniczona jest trwałością elementów ruchomych, a w szczególności pomp ciepła, mechanizmów przepustnic i wentylatorów. Większą niezawodnością charakteryzują się centrale z pasywnymi elementami odzysku ciepła (bez pomp ciepła) oraz wentylatorami bez przekładni pasowej. Wentylatory diagonalne z napędem bezpośrednim, w odróżnieniu od wentylatorów z przekładnią pasową, mają łożyska pozbawione obciążenia poprzecznych, dzięki czemu są wielokrotnie trwalsze. Stosowane powszechnie centrale z wentylatorami z przekładnią pasową wymagają częstej kontroli stanu pasów klinowych i łożysk, które są obciążone siłami poprzecznymi.

### **3. Różne wymagania dotyczące instalacji klimatyzacyjnej przeznaczonej dla obiektów prywatnych i publicznych.**

Intensywność wykorzystania basenów prywatnych w stosunku do pływalni publicznych jest niewielka. Mimo to występuje taka sama konieczność ochrony pomieszczeń basenowych przed niszczącym działaniem wilgoci oraz zapewnienie odpowiednich warunków klimatycznych dla użytkowników. Parametry powietrza w pomieszczeniach basenów prywatnych są podobne jak w obiektach publicznych. Stąd czynniki oddziałujące na przegrody budowlane i elementy wykończenia oraz odczucie komfortu cieplnego są takie same we wszystkich tego typu obiektach. Ze względu jednak na duże osobowe obciążenie basenów publicznych istnieje konieczność wentylacji tych pomieszczeń odpowiednio dużym strumieniem powietrza zewnętrznego. Centrale basenowe dla obiektów publicznych muszą więc dodatkowo w czasie użytkowania obiektu pełnić funkcje wentylacyjne. Centrale te muszą zatem pracować z częściowym strumieniem powietrza zewnętrznego określonym zależnie od liczby osób przebywających w hali basenu.

### **4. Rodzaje urządzeń stosowanych do klimatyzacji (wentylacji) pomieszczeń basenowych**

#### **4.1. Urządzenia osuszające powietrze instalowane bezpośrednio w halach basenowych**

Najprostszymi urządzeniami stosowanymi do osuszania powietrza w pomieszczeniach basenowych są osuszacze basenowe. Realizują one w sposób kontrolowany osuszanie powietrza utrzymując wilgotność na zadanym poziomie. Skutkiem ubocznym prowadzonego procesu osuszania jest ogrzewanie pomieszczenia, które zachodzi zarówno w zimie, jak i niestety w lecie.

Urządzenia te montowane są bezpośrednio w pomieszczeniach basenowych. Wyposażone są w wewnętrzny wentylator oraz pompę ciepła. Pracują przede wszystkim w obiegu zamkniętym (bez udziału powietrza zewnętrznego), chociaż niektóre typy mają możliwość zasysania kilku procent powietrza z zewnątrz budynku. Powietrze zasysane z pomieszczenia przechodzi przez parownik schładzający je poniżej punktu rosy. Po wytrąceniu części wilgoci ogrzewane jest w skraplaczu i nawiewane z powrotem do pomieszczenia basenu. Procesem osuszania steruje higrostat zamontowany wewnątrz urządzenia lub na ścianie pomieszczenia. Załącza on urządzenie, gdy wilgotność powietrza w pomieszczeniu przekroczy nastawioną wartość. Ze względu na ograniczoną dokładność i dużą bezwładność oraz histerezę higrastatu wilgotność powietrza w pomieszczeniu waha się w pewnych granicach (zazwyczaj 5 do 15%) wokół nastawionej wartości. W przypadku zastosowania urządzenia ze wspomnianą wyżej funkcją zasysania z zewnątrz budynku powietrza świeżego konieczne jest zastosowanie dodatkowego wentylatora wywiewnego z hali basenowej, równoważącego wtłaczany strumień

powietrza i przeciwdziałającego powstaniu niebezpiecznego nadciśnienia powodującego migrację wilgoci do przyległych suchych pomieszczeń i przegród budowlanych.

W zasadzie jedyną zaletą tych urządzeń jest prostota montażu oraz niska cena. Wymagają one tylko doprowadzenia elektrycznego kabla zasilającego oraz przewodu odprowadzającego skropliny. Osuszacze basenowe nie realizują wentylacji pomieszczenia nie zabezpieczają również okien przed kondensacją pary wodnej (zaparowanie pojawia się na szybach przy temperaturach zewnętrznych poniżej +5°C). Wymuszają ruch powietrza zaledwie w promieniu kilku metrów, nie zapewniając jednolitych parametrów w całym pomieszczeniu, co zwykle skutkuje kondensacją pary wodnej na elementach konstrukcji wszędzie tam, gdzie tworzą się zastoiny powietrza (najczęściej w niszach i rogach pomieszczeń). Ze względu na wykorzystywaną metodę osuszania, temperatura powietrza na wylocie z urządzenia jest o kilka stopni wyższa w stosunku do temperatury w pomieszczeniu, co w warunkach zimowych obniża koszty ogrzewania, jednak w okresie lata może spowodować niekorzystny wzrost temperatury w pomieszczeniu i odczucie duszności. Cechy te ograniczają możliwości stosowania osuszaczy basenowych do małych obiektów. Dlatego w handlu dostępne są urządzenia o niewielkiej wydajności osuszania. Stosowane są szczególnie do małych pomieszczeń bez okien i charakteryzujących się stratami ciepła przez cały rok (np. pomieszczenia zlokalizowane na kondygnacjach podziemnych).

Przy doborze tych urządzeń należy zwrócić uwagę na ich wydajność osuszania, gdyż producenci podają zazwyczaj wydajność określoną w kilogramach w ciągu doby. Zastosowanie osuszacza o wydajności odpowiadającej średniemu odparowaniu wody w ciągu doby spowoduje wzrost wilgotności w pomieszczeniu podczas kąpieli.

#### **4.2. Osuszacze zaścienne montowane na zewnątrz pomieszczeń basenowych**

Różnią się od opisanych wyżej tylko tym, że montowane są na ścianach pomieszczeń basenowych po zewnętrznej ich stronie (poza pomieszczeniami basenowymi). Powoduje to, że w hali basenowej widoczne są jedynie dwie kratki wentylacyjne.

#### **4.3. Osuszacze kanałowe**

Osuszacze kanałowe noszą znamiona central wentylacyjnych (klimatyzacyjnych) i zlokalizowane są w pomieszczeniach technicznych. Współpracują one z instalacją wentylacyjną, za pomocą której powietrze pobierane jest z hali basenu i po osuszeniu (ewentualnie ogrzaniu) włączane jest ponownie do hali. Usuwanie wilgoci z powietrza realizowane jest w oparciu o pompę ciepła, podobnie jak w osuszaczach montowanych bezpośrednio w pomieszczeniach basenowych. Pracują one głównie w recyrkulacji z niewielkim udziałem (w zależności od typu urządzenia 8 do 50%) powietrza zewnętrznego. Osuszacze kanałowe wymagają podłączenia instalacji wentylacyjnej, która rozprowadza powietrze. Umożliwiają zastosowanie kurtynowego nawiewu wzdłuż szyb oraz wymuszenie ruchu powietrza w całej objętości hali. Przy zastosowaniu nagrzewnicy powietrza możliwe jest powietrzne ogrzewanie pomieszczenia, co eliminuje konieczność montażu dodatkowej instalacji ogrzewania i przyczynia się do obniżenia nakładów inwestycyjnych. Wykluczenie grzejników z hali basenu poprawia bezpieczeństwo użytkownika obiektu, umożliwia łatwiejsze utrzymanie czystości i zwiększa dynamikę regulacji temperatury powietrza.

W układzie instalacji osuszacza kanałowego powietrze zewnętrzne (świeże) zasysane jest z czerpni, za pośrednictwem odpowiedniego przyłącza, poprzez główny wentylator recyrkulacyjny. W celu zrównoważenia wprowadzanego powietrza zewnętrznego niezbędne jest zastosowanie dodatkowego wentylatora wywiewnego usuwającego powietrze z hali basenu. W zależności od typu osuszacza wentylator zamontowany jest wewnątrz osuszacza, bądź wymagane jest zamontowanie niezależnego wentylatora (montowanego np. w ścianie lub na dachu pomieszczenia basenu). Osuszacze basenowe nie są wyposażone w rekuperator. Zwarta budowa osuszacza oraz prosty system sterowania uniemożliwiają wprowadzenie zbyt dużego strumienia powietrza zewnętrznego (świeżego), gdyż mógłby on powodować zakłócenie pracy wewnętrznej instalacji chłodniczej, a w okresie zimowym wręcz zamrażanie kondensatu w parowniku, uszkodzenie nagrzewnicy wodnej lub dyskomfort spowodowany chwilowym obniżeniem się temperatury powietrza nawiewanego. Niewielki udział strumienia powietrza zewnętrznego w stosunku do powietrza obiegowego wprawdzie skutecznie wentyluje pomieszczenie basenu ze względów bytowych, jednak nie jest wystarczający do usunięcia zysków wilgoci z hali basenu w okresie lata (osuszanie powietrza za pomocą pompy ciepła powoduje przegrzew pomieszczenia), jednocześnie

powoduje znaczące straty ciepła w okresie zimy. W celu minimalizacji efektu nadmiernego wzrostu temperatury powietrza będącego wynikiem osuszania pompą ciepła, urządzenia te opcjonalnie wyposażane są w skraplacz chłodzony wodą. Umożliwia on wykorzystanie części nadwyżki ciepła do częściowego ogrzania np. wody basenowej.

Osuszacze kanałowe mogą być stosowane do klimatyzacji obiektów prywatnych oraz w ograniczonym zakresie do małych i średnich basenów w hotelach i pensjonatach.

#### **4.4. Centrale ze zmiennym udziałem powietrza zewnętrznego i z pompą ciepła**

Centrale lokalizowane są w pomieszczeniach technicznych. Rozdział powietrza wentylacyjnego odbywa się za pośrednictwem kanałów wentylacyjnych. W odróżnieniu od osuszaczy kanałowych charakteryzują się dużym udziałem powietrza zewnętrznego (od 0 do 100% nominalnej wydajności), dzięki czemu mają one większe możliwości osuszania za pomocą powietrza zewnętrznego. Dlatego przy wysokich temperaturach zewnętrznych (po przekroczeniu w pomieszczeniu basenu nastawionej temperatury powietrza) pompa ciepła jest wyłączana, a osuszanie przebiega przy użyciu powietrza zewnętrznego. Podobnie jak osuszacze kanałowe centrale te wyposażone są w nagrzewnicę powietrza, pokrywającą straty ciepła na wentylację oraz umożliwiającą ogrzewanie pomieszczenia basenu. Podczas niskich temperatur zewnętrznych osuszanie odbywa się za pomocą pompy ciepła. Centrala pracuje wówczas wyłącznie w recyrkulacji. W razie potrzeby osuszanie wspomagane jest powietrzem zewnętrznym, przy czym stosunek strumienia powietrza zewnętrznego i recyrkulacyjnego zmieniany jest automatycznie, zależnie od potrzeb. Układ chłodniczy realizuje wtedy odzysk ciepła z powietrza wywiewanego.

W niektórych urządzeniach montowane są rewersyjne pompy ciepła umożliwiające chłodzenie powietrza w klimatyzowanych pomieszczeniach. W innych typach central z pompami ciepła dodatkowe skraplacze chłodzone wodą przekazują część nadwyżki energii cieplnej do wody basenowej lub wody świeżej uzupełnianej do basenu.

Opisane wyżej centrale są sprawniejsze energetycznie w stosunku do osuszaczy kanałowych. Inną ich zaletą jest możliwość utrzymania zadanych parametrów powietrza praktycznie przy każdych warunkach zewnętrznych. Powyższe cechy oraz możliwość dużego udziału powietrza zewnętrznego powodują, że centrale te mogą być stosowane również w obiektach publicznych.

#### **4.5. Centrale klimatyzacyjne z rekuperatorem i zmiennym udziałem powietrza zewnętrznego**

Centrale te, podobnie jak centrale z pompą ciepła, lokalizowane są w pomieszczeniu technicznym. Rozdział powietrza wentylacyjnego odbywa się za pośrednictwem kanałów wentylacyjnych. Usuwanie wilgoci z powietrza w hali basenowej, w odróżnieniu od central z pompą ciepła, realizowane jest wyłącznie poprzez wentylację ze zmiennym strumieniem powietrza zewnętrznego. Straty ciepła na wentylację pokrywane są poprzez nagrzewnicę powietrza. Zapas mocy cieplnej nagrzewnicy przeważnie jest wystarczający do ogrzewania klimatyzowanych pomieszczeń. Stosunek powietrza zewnętrznego do recyrkulacyjnego zmieniany jest automatycznie w zakresie od 0 do 100%, zależnie od wymaganej wydajności osuszania i parametrów powietrza zewnętrznego. W celu ograniczenia strat ciepła na wentylację stosowany jest pasywny odzysk ciepła z powietrza wywiewanego, realizowany głównie za pomocą wymiennika krzyżowego lub „rurki ciepła”. Ze względu na dużą ilość kondensatu powstającego w wymiennikach do odzysku ciepła w centralach basenowych, nie stosuje się w nich wymienników regeneracyjnych. Niektóre centrale w okresie lata realizują funkcję chłodzenia dużym strumieniem powietrza zewnętrznego (free-cooling) poprzez odpowiednie wysterowanie przepustnicy by-pass rekuperatora.

Porównanie jakościowe central wyposażonych w rurkę ciepła z centralami z wymiennikiem krzyżowym jest niemożliwe bez odniesienia do konkretnych typów tych urządzeń. Sprawność odzysku ciepła w obu rodzajach wymienników zależy od wielu czynników. Sprawność rurki ciepła zależy przede wszystkim od liczby rzędów rur, powierzchni i kształtu lameli, powodującego turbulencyjny przepływ powietrza. Sprawność wymiennika krzyżowego zależy od odległości pomiędzy płytami, ich łącznej powierzchni, oraz kształtu powodującego turbulencje. Dla uzyskania bardzo wysokiej sprawności (powyżej 80%) stosuje się podwójne wymienniki krzyżowe, ustawione przeciwpłądowo. Rurka ciepła ma mniejsze gabaryty w stosunku do wymiennika krzyżowego oraz charakteryzuje się niższą temperaturą ryzyka szronienia. Wymiennik krzyżowy umożliwia swobodną konfigurację króćców przyłączeniowych centrali, podczas gdy w rurce ciepła powietrze usuwane

przepływa zawsze przez dolną część wymiennika. Wybór rodzaju wymiennika (typu centrali) zależy więc od wymogów technicznych konkretnego obiektu w zestawieniu z ceną tych urządzeń.

#### 4.6. Centrale z rekuperatorem, pompą ciepła i zmiennym udziałem powietrza zewnętrznego

Najskuteczniejszą metodą zapewnienia odpowiednich warunków klimatycznych w hali basenowej jest zastosowanie instalacji wentylacyjnej z basenową centralą klimatyzacyjną z pompą ciepła, rekuperatorem i recyrkulacją. Centrala ta w stosunku do opisanych wyżej charakteryzuje się większą skutecznością osuszania, większą sprawnością energetyczną i większą dynamiką działania. Układ chłodzenia mechanicznego (pompy ciepła) umożliwia szybkie reagowanie centrali na wzrost wilgotności powietrza w pomieszczeniu basenu. Współdziałanie układu chłodniczego z rekuperatorem pozwala na uzyskanie dużej sprawności wymiany ciepła podczas osuszania przy recyrkulacji powietrza. Uzyskuje się nawet dziesięciokrotny stosunek wymienianej mocy cieplnej do wejściowej mocy elektrycznej. W opcji możliwe jest wykorzystanie pompy ciepła do chłodzenia pomieszczenia basenowego (przy występujących dużych zyskach ciepła np. od nasłonecznienia). Należy jednak pamiętać, że tego typu urządzenia są drogie, praca pompy ciepła wiąże się z zużyciem energii elektrycznej, kilkakrotnie droższej od energii cieplnej, a trwałość i niezawodność układu chłodniczego jest niższa od pasywnych wymienników ciepła. Zastosowanie tego typu centrali powinno więc mieć funkcjonalne i ekonomiczne uzasadnienie w odniesieniu do konkretnego obiektu.

### 5. Podsumowanie

Wybór centrali klimatyzacyjnej powinien być podyktowany przede wszystkim wymaganiami technicznymi danego obiektu basenowego. Zastosowanie niewłaściwej centrali tylko ze względu na niską ceną w stosunku do innych urządzeń, może skutkować zwiększonymi wydatkami na eksploatację lub na remonty pomieszczeń, bądź remonty samego urządzenia. Zastosowanie urządzenia o wysokiej sprawności energetycznej również powinno mieć swoje uzasadnienie ekonomiczne, zawierające porównanie ceny zakupu i kosztów eksploatacji w odniesieniu do przyjętego czasu zwrotu inwestycji. Dobór urządzenia powinien być poprzedzony rachunkiem ekonomicznym nakładów inwestycyjnych i kosztów eksploatacji. Różnice cenowe poszczególnych typów urządzeń, spełniających stawiane im wymagania techniczne, powinny być kompensowane przez różnice kosztów eksploatacji w ciągu kilku, a nie kilkudziesięciu lat.

Zastosowanie nawet najlepszych urządzeń do klimatyzacji pomieszczeń basenowych nie jest gwarantem uzyskania odpowiednich parametrów powietrza, ani zapewnienia ochrony obiektu przed wilgocią, jeśli urządzenia zostały niewłaściwie dobrane, bądź współpracują z wadliwie wykonaną instalacją wentylacyjną lub ciepła technologicznego. Problemy związane z eksploatacją pomieszczeń basenowych często również wynikają z nieodpowiedniego wykonania izolacji cieplnej i paroizolacji przegród zewnętrznych.

### BIBLIOGRAFIA

1. Wymagania sanitarno – higieniczne dla krytych pływalni. – MZiOS, PZiTS, opracowanie Sokołowski C., Warszawa 1998.
2. PN-76/B-03420: Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza zewnętrznego. 1976.
3. BESLER G., BESLER M., LITWIN A.: Kształtowanie mikroklimatu w krytych basenach kąpielowych. II Sympozjum Naukowo – Techniczne, Instalacje Basenowe, Ustroń 1999.