

PORÓWNANIE KOSZTÓW SYSTEMU KLIMATYZACJI I WENTYLACJI W PRZYKŁADOWEJ RESTAURACJI

Katarzyna Gładyszewska-Fiedoruk¹, Kamil Kłek²

¹ Katedra Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji, Politechnika Białostocka, Wiejska 45E, Białystok, e-mail: k.gladyszewska@pb.edu.pl

² P.W.HEMONT- Wentylacja, Klimatyzacja i Chłodnictwo, Nowiny 31, Gdańsk, e-mail: kamillek@o2.pl

STRESZCZENIE

Instalacja wentylacyjna jest obecnie integralną częścią budynku. Niezwykle ważna jest w obiektach gastronomicznych, gdzie ma za zadanie stworzyć odpowiedni mikroklimat – temperaturę, wilgotność względną i czystość powietrza oraz zabezpieczyć salę przed niepożądanymi zapachami mogącymi przedostać się z kuchni. Istotne jest aby instalacja wentylacyjna była efektywna pod względem energetycznym. Zaprojektowane urządzenia muszą spełniać oczekiwania inwestora i sprostać wymaganiom klientów restauracji. Układ klimatyzacyjny jest droższy podczas inwestycji i późniejszej eksploatacji. Jest również bardziej awaryjny ze względu na swą złożoność, niemniej jest w stanie zapewnić wysokiej jakości klimat w pomieszczeniu, jakiego nie zapewni układ wentylacyjny: tańszy i mniej awaryjny. Wybór rozwiązania nie jest łatwy. Celem artykułu jest porównanie instalacji wentylacyjnej oraz instalacji klimatyzacyjnej pod względem ekonomicznym, eksploatacyjnym i serwisowym w restauracji.

Słowa kluczowe: wentylacja, klimatyzacja, analiza ekonomiczna, porównanie instalacji w restauracji

COMPARISON OF COSTS OF AIR CONDITIONING AND VENTILATION SYSTEM IN THE EXEMPLARY RESTAURANT

ABSTRACT

Ventilation system is currently integral part of the building. It is extremely important in catering facilities, where it has to create proper microclimate – temperature, relative humidity and air freshness and to protect the hall from undesirable odor from the kitchen. It is essential that ventilation system should be effective in terms of energy. Designed devices must fulfill investor's expectations and meet the needs of customers of the restaurant. The air-conditioning system is more expensive during investment and latter exploitation. It is also more emergency because of its complexity, however, it is able to make high-quality climate in the hall, which is not possible with usage of ventilation system: cheaper and less emergency. The choice of the system is not easy. The aim of the paper is to compare ventilation system and air-conditioning system in terms of economical aspect, exploitation and servicing in the restaurant.

Keywords: ventilation, air conditioning, economic analysis, comparison of installations in a restaurant

WSTĘP

Zadaniem restauratorów jest zapewnienie gościom określonego mikroklimatu [22], odpowiednich warunków higienicznych zapewniających dobre samopoczucie klientów. Odpowiednią wentylację lokali gastronomicznych określa w Polsce rozporządzenie Ministra Zdrowia [19] z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie warunków sanitarnych oraz zasad przestrzegania higieny przy obrocie i produkcji środkami spożywczymi,

używkami i substancjami dodatkowymi dozwolonymi. Częstą przyczyną poczucia dyskomfortu klientów są niewłaściwa temperatura, wilgotność powietrza w lokalu [14, 24] oraz nieprzyjemne zapachy pochodzące z kuchni [22]. Nie bez znaczenia jest czystość mikrobiologiczna kanałów wentylacyjnych, którymi prowadzone jest powietrze [17, 23].

Głównym zadaniem klimatyzacji i wentylacji sal restauracyjnych jest utrzymanie zadanych parametrów cieplno-wilgotnościowych

[8]. Istnieje wiele sposobów uzyskania pożądanego efektu jednakże ważnym jest, aby wybrany system w efektywny i ekonomiczny sposób spełniał powierzone mu zadania tworząc mikroklimat przyjazny klientom restauracji [3, 4, 5, 7, 9, 21].

Porównanie dwóch systemów klimatyzacji: o zmiennej ilości powietrza i zmiennym przepływem czynnika chłodniczego w biurówcu przedstawił Aynur i in. [1]. Zaobserwowali oni, że układ ze zmiennym przepływem czynnika chłodniczego jest wykorzystywany w 38.0–83.4% swojego potencjału, a równocześnie daje 27.1–57.9% potencjału oszczędności energii w zależności od konfiguracji systemu w porównaniu do systemu sieciowego.

Celem artykułu jest przedstawienie porównania instalacji wentylacyjnej oraz instalacji klimatyzacyjnej pod względem ekonomicznym, eksploatacyjnym i serwisowym na podstawie wykonanych projektów w pomieszczeniach tej samej restauracji (rys. 1).

OPIS ANALIZOWANEGO OBIEKTU

Budynek, dla którego zaprojektowano instalację wentylacji i klimatyzacji położony jest w pierwszej strefie klimatycznej (tab. 1, 2). Obiekt jest dwukondygnacyjnym, podpiwniczonym, jedno-klatkowym budynkiem. Powierzchnia wentylowana i klimatyzowana budynku wynosi 315,6 m², natomiast kubatura 946,8 m³. Wysokość kondygnacji użytkowych wynosi 3,4 m. Powierzchnie

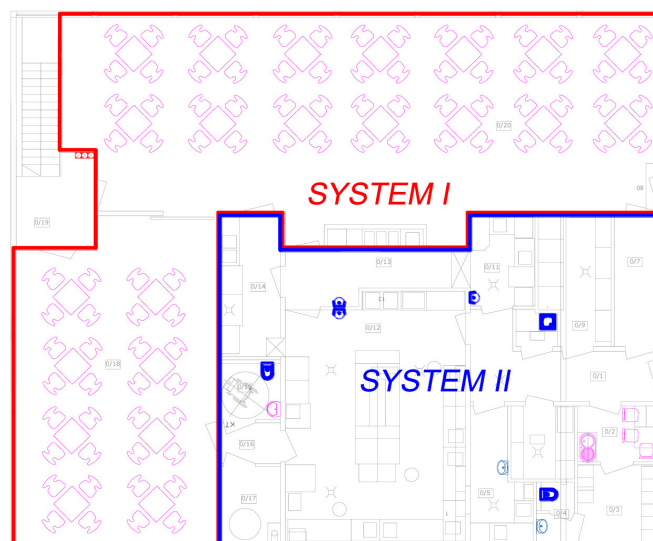
nie użytkowe wyposażone będą w kartonowo-gipsowy sufit podwieszany na wysokości 3,0 m. Przestrzeń międzystropowa przeznaczona jest na cele wentylacji i klimatyzacji. Projekt obejmuje rozwiązanie klimatyzacji i wentylacji na potrzeby restauracji znajdującej się na parterze budynku (rys. 1). Na pierwszej kondygnacji oraz kondygnacji piwnicy przewidziano pomieszczenia techniczne. Na kondygnacji piwnicy zagospodarowano przestrzeń dla maszynowni wentylacyjnej i klimatyzacyjnej. Pomieszczenia pierwszej kondygnacji oraz kondygnacji piwnicy są obsługiwane przez odrębny system wentylacyjny nie będący przedmiotem analizy.

Ściany zewnętrzne budynku oraz stropodach posiadają izolację termiczną z wełny mineralnej. Budynek posiada dach płaski.

Opis instalacji wentylacji i klimatyzacji

Restauracja będącą przedmiotem projektu została podzielona na dwa układy:

- Układ I – sala restauracyjna I, sala restauracyjna II. Na rysunku schematycznie przedstawiono strefę za którą odpowiadał będzie Układ I. Sala I zaprojektowana jest dla 56 gości, natomiast sala II to sala przeznaczona dla 32 gości. Obie sale mają charakter konsumpcyjny (rys. 1).
- Układ II – korytarze, pomieszczenia spożywcze, szatnia, obieralnia, magazyn warzyw, magazyn produktów spożywczych, zmywalnia, kuchnia, ekspedycja potraw, zmywalnia pojemników (rys. 1).



Rys. 1. Rzut restauracji
Fig. 1. Plan of the restaurant

Tabela 1. Parametry powietrza zewnętrznego**Table 1.** Outdoor air parameters

Okres obliczeniowy	Temperatura [C]	Wilgotność [%]	Entalpia [kJ/kg]	Zawartość wilgoci [g/kg]
Lato	28	52	59,7	12,4
Zima	-16	100	-13,4	1,1

Tabela 2. Parametry powietrza wewnętrznego**Table 2.** Indoor air parameters

Okres obliczeniowy	Układu I		Układu II	
	Temperatura [C]	Wilgotność [%]	Temperatura [C]	Wilgotność [%]
Lato	22	50	20	50
Zima	20	50	20	50

Opis wariantu instalacji wentylacyjnej

- **Układ I**
Celem odpowiedniej wymiany powietrza w salach restauracyjnych zostanie zaprojektowana instalacja wentylacji mechanicznej. Układ wyposażony będzie w centralę wentylacyjną nawiewno-wywiewną, posadowioną w pomieszczeniu wentylatorni w piwnicy budynku. Centrala zapewni podstawową obróbkę powietrza, podgrzanie powietrza zewnętrznego w okresie zimowym i schłodzenie powietrza w okresie letnim do temperatury powietrza wewnętrznego. W skład centrali wentylacyjnej wchodzić będzie wymiennik krzyżowy, chłodnica freonowa oraz nagrzewnica wodna.
- **Układ II**
Dla pomieszczeń Układu II przewiduje się instalację wentylacji mechanicznej. Układ wyposażony będzie w centralę wentylacyjną nawiewno-wywiewną, posadowioną w wentylatorni w piwnicy budynku. Centrala zapewni podgrzanie powietrza w okresie zimowym oraz schłodzenie powietrza w okresie letnim. Centrala wentylacyjna składać się będzie z wymiennika krzyżowego, chłodnicy freonowej oraz nagrzewnicy wodnej. Wywiew powietrza z pomieszczenia kuchni odbywać się będzie przy udziale okapu kuchennego z wysoce sprawnym labiryntowym filtrem tłuszczowym. W pomieszczeniach zmywalni pojemników i zmywalni nad zmywarkami przewidziane są okapy pochłaniające parę wodną. W pozostałych pomieszczeniach kuchennych zastosowany będzie tradycyjny wywiew powietrza przy udziale wywiewników sufitowych. Dla wywiewu powietrza z sanitariatów przewidziany jest indywidualny wentylator wywiewny wraz z odrębną instalacją wyciągową.

Opis wariantu instalacji klimatyzacyjnej

W okresie zimowym klimatyzacja będzie odpowiadać za następujące procesy:

- Obróbka powietrza pierwotnego – podgrzanie powietrza zewnętrznego w nagrzewnicy oraz nawilżenie przez nawilżacz parowy;
- Przygotowanie powietrza w ilości umożliwiającej całkowite odprowadzenie zysków ciepła i wilgoci, utrzymanie temperatury i zawartości wilgoci;
- Efektywny odzysk energii w centrali klimatyzacyjnej [13].

W okresie letnim do zadań klimatyzacji należeć będzie:

- Obróbka powietrza pierwotnego – chłodzenie i osuszanie powietrza na chłodnicy powierzchniowej;
- Przygotowanie powietrza w ilości umożliwiającej całkowite odprowadzenie zysków ciepła i wilgoci, utrzymanie temperatury i zawartości wilgoci;
- Efektywny odzysk energii w centrali klimatyzacyjnej [13].

Rozpatrywane sale restauracyjne posiadają bardzo szczególną charakterystykę obciążenia cieplnego (tab. 4). Główne zyski ciepła i wilgoci w pomieszczeniach to zyski od przebywających w nich gości, oraz ze względu na znaczne przeszklenie przegród zewnętrznych zyski od nasłonecznienia. Mając na uwadze dużą dynamikę zmian obciążenia cieplnego zostanie zastosowany jednoprzewodowy, scentralizowany system klimatyzacyjny ze zmienną ilością powietrza. Układ klimatyzacyjny I wyposażony będzie w centralę klimatyzacyjną odpowiadającą za całkowitą obróbkę powietrza pierwotnego. Centralę klimatyzacyjną wyposażono w system

automatyki pozwalający płynnie regulować parametry temperatury i wilgotności w salach restauracyjnych. Powietrze doprowadzone zostanie do pomieszczeń przy pomocy kanałów nawiewnych oraz nawiewników sufitowych. Nawiewniki pozwolą w sposób skuteczny rozprowadzić powietrze w salach przy równoczesnym zadowoleniu gości. Nawiewniki wyposażone będą w indywidualne regulatory przepływu powietrza utrzymujące strumień objętości na stałym poziomie. W salach restauracyjnych zainstalowane zostaną regulatory temperatury informujące regulator objętości powietrza o ewentualnej zmianie temperatury w pomieszczeniu. Gdy zyski ciepła w salach restauracyjnych będą niewielkie i temperatura zacznie się obniżać, wówczas regulator zmniejszy ilość powietrza doprowadzaną do pomieszczenia, powodując wyrównanie temperatur. Wywiew z sal konsumpcyjnych odbywać się będzie przy użyciu wywiewników sufitowych oraz sieci kanałów wywiewnych.

System klimatyzacji Układu II będzie system zbliżonym do systemu wentylacyjnego Układu II. Klimatyzacja zapewniła będzie utrzymanie parametrów temperatury i wilgotności w pomieszczeniach w zadanym zakresie. W odróżnieniu od systemu wentylacyjnego wszystkie urządzenia centrali klimatyzacyjnej zostaną dobrane w oparciu o sporządzony bilans cieplny pomieszczeń układu II.

Obliczenia instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej

Strumień powietrza dla wszystkich pomieszczeń układu zostanie wyznaczony na podstawie kryterium krotności wymian [7, 15, 18]. Tabela 3 zestawia wyniki obliczonych ilości powietrza wentylacyjnego dla poszczególnych pomieszczeń. Bilans cieplny pomieszczeń sporządzono dla okresu letniego (tab. 4).

Analiza przedstawionych rozwiązań technicznych

Właściciele obiektów restauracyjnych już na etapie projektu muszą zmierzyć się z dylematem inwestowania w poszczególne elementy składowe restauracji. Dla pełnego zadowolenia klienteli nie wystarczy wyposażenie zakładu w urządzenia do skomplikowanej obróbki technologicznej szerokiego asortymentu potraw czy napojów. Bardzo ważnym jest zapewnienie klientom komfortu i przyjaznej atmosfery. Określoną wentylację lokali gastronomicznych narzuca właścicielom rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie warunków sanitarnych oraz zasad przestrzegania higieny przy obrocie i produkcji środkami spożywczymi, używkami i substancjami dodatkowymi dozwolonymi [19]. Restauratorzy celem sprostania wysokim wymaganiom klientów mimo wyższych kosztów coraz częściej

Tabela 3. Obliczenia wymaganego strumienia powietrza wg kryterium krotności wymian
Table 3. Needed air flow according to the criterion times the exchanges

Nr pom.	Nazwa pomieszczenia	Powierzchnia [m ²]	Kubatura [m ³]	Krotność wymian [1/h]	Strumień objętości powietrza [m ³ /h]
0.1	Korytarz	9,2	27,6	1	27,6
0.2	Pomieszczenie spoż.	4,5	13,5	3	40,5
0.3	Szatnia	6,2	18,6	2	37,2
0.4	Sanitariat	2,4	7,2	-	50
0.5	Obieralnia	6,6	19,8	6	118,8
0.6	Magazyn warzyw	4,7	14,1	3	42,3
0.7	Korytarz	5,6	16,8	1	16,8
0.8	Magazyn prod. spoż.	8,7	26,1	3	78,3
0.10	Pomieszczenie gosp.	1,4	4,2	2	8,4
0.11	Zmywalnia	5,8	17,4	10	174
0.12	Kuchnia	44,4	133,2	30	3996
0.13	Ekspedycja potraw	10,6	31,8	2	63,6
0.14	Zmywalnia pojemników	8,5	25,5	10	255
0.15	Sanitariat	3,7	11,1	-	50
0.16	Przedsiónek	2,5	7,5	2	15
0.17	Pomieszczenie gosp.	4,5	13,5	2	27
0.19	Hol	6,6	19,8	1	19,8
				Σ	5020,3

Tabela 4. Bilans ciepła w pomieszczeniach**Table 4.** Balance of heat in the rooms

Nr pom.	Nazwa pomieszczenia	Powierzchnia [m ²]	Zyski ciepła jawnego [W]	Zyski ciepła utajonego [g/h]	Objętość powietrza nawiewanego [m ³ /h]	Objętość powietrza wywiewanego [m ³ /h]
0.1	Korytarz	9,2	-	-	30	30
0.2	Pom. spoż. posiłków	4,5	538	200	265	265
0.3	Szatnia	6,2	589	140	295	295
0.4	Sanitariat	2,4	-	-	-	50
0.5	Obieralnia	6,6	446	368	220	220
0.6	Magazyn warzyw	4,7	414	35	205	205
0.7	Korytarz	5,6	-	-	20	20
0.9	Magazyn prod. Spoż.	8,7	438	35	215	215
0.10	Pomieszczenie gosp.	1,4	-	-	20	20
0.11	Zmywalnia	5,8	398	830	200	200
0.12	Kuchnia	44,4	7199	4050	3450	3580
0.13	Ekspedycja potraw	10,6	623	634	312	312
0.14	Zmywalnia pojemników	8,5	285	646	145	145
0.15	Sanitariat	3,7	-	-	-	50
0.16	Przedsiónek	2,5	-	-	15	15
0.17	Pomieszczenie gosp.	4,5	-	-	30	30
0.19	Hol	6,6	-	-	20	20
		Σ	10930	6938	Σ 5437	5672

decydują się na inwestowanie w instalacje klimatyzacji. Poniższa analiza ma na celu porównanie zaprojektowanych układów wentylacji i klimatyzacji pod względem ekonomicznym, eksploatacyjnym i serwisowym.

Porównanie kosztów inwestycyjnych

Ze względu na dużą różnorodność materiałów i urządzeń na rynku sprzedaży określenie dokładnych kosztów inwestycyjnych jest trudnym zadaniem. Wybór producenta urządzeń zależy głównie od inwestora. W projekcie dobierano urządzenia o bardzo dużej efektywności przy rozsądnej cenie. Obliczenia kosztów inwestycyjnych dokonano w oparciu o cenniki i oferty producentów urządzeń.

Rysunki 2 i 3 przedstawiają procentowy udział poszczególnych elementów instalacji wentylacji i klimatyzacji.

W przypadku kosztów inwestycyjnych możemy zauważyć iż ceny instalacji klimatyzacyjnej są wyższe od wentylacyjnych o 91%. Główne przyczyny różnicy kosztów inwestycyjnych to:

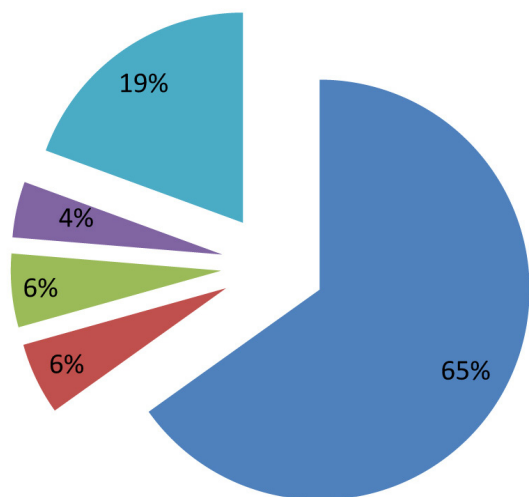
- Wzrost mocy elementów składowych central klimatyzacyjnych (chłodnica, nagrzewnica, wentylator nawiewny i wyciągowy). Koszt zakupu central dla instalacji klimatyzacji wzrasta o 43%.

- Wzrost nakładów inwestycyjnych na urządzenie chłodnicze zasilające centrale klimatyzacyjne. W związku ze zwiokrotnionym zapotrzebowaniem na moc chłodniczą na cele klimatyzacji koszty zakupu agregatu chłodniczego wzrasta prawie czterokrotnie.
- Wzrost ceny poszczególnych elementów automatyki. W związku z wysokim wyspecjalizowaniem układu automatyki i sterowania centralami i elementami klimatyzacji koszty związane z automatyką układu wzrastają czterokrotnie.
- Koszt zakupu elementów nieobecnych w instalacji wentylacji takich jak regulatory zmiennego wydatku, nawilżacz parowy.

Porównanie kosztów eksploatacyjnych

Jak ważne są koszty utrzymania pod względem termicznym budynków w naszej strefie klimatycznej sygnalizowało wielu autorów. Na wspomniane koszty składają się między innymi straty ciepła na wentylację [2], oraz aspekty ekonomiczne związane z energetyką [10, 12] wpływające bezpośrednio na koszty eksploatacyjne projektowanych urządzeń [6, 20].

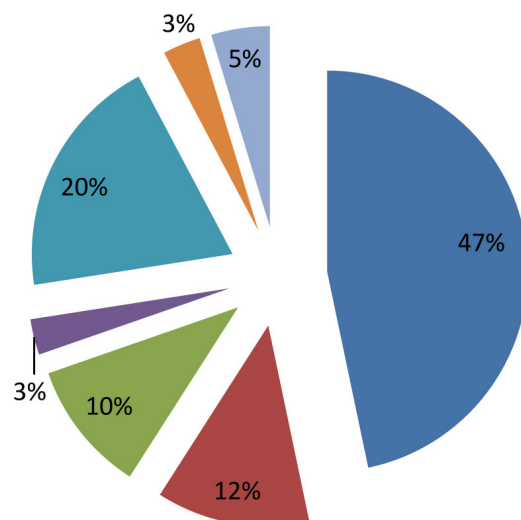
Do zwiększenia oszczędności w systemach HVAC (ogrzewanie, wentylacja i klimatyzacja) zachęcają K. Macek, K. Mařík [16]. Podają oni



- Centrale wentylacyjne-131900 zł
- Automatyka systemu-11200 zł
- Agregat chłodniczy-11420 zł
- Doprowadzenie energii cieplnej-8680 zł
- Elementy wentylacji-39301zł

Rys. 2. Zestawienie kosztów inwestycyjnych instalacji wentylacyjnej

Fig. 2. Investment costs of the ventilation system



- Centrale klimatyzacyjne-188200 zł
- Automatyka systemu-49780 zł
- Agregat chłodniczy-42740 zł
- Doprowadzenie energii cieplnej-11560 zł
- Elementy wentylacji-79397zł
- Regulatory przepływu-12235zł
- Nawilżacze parowe-19000zł

Rys. 3. Zestawienie kosztów inwestycyjnych instalacji klimatyzacyjnej

Fig. 3. Investment costs of the air condition system

konkretne sposoby kontroli działania systemu energetycznego oraz opracowane przez nich rozwiązania przynoszące poprawę efektywności w systemach HVAC.

Uproszczone oszacowanie zapotrzebowania energii według VDI 2067 polega na określeniu energii potrzebnej do przygotowania powietrza wentylacyjnego w ujęciu rocznym, uwzględniając zmienność godzinową temperatury powietrza, entalpii, wilgotności, a także częstotliwość sumaryczną wilgotności i entalpii powietrza [11].

Rozróżniamy następujące grupy kosztów koszty:

- Koszty energii elektrycznej, cieplnej i chłodniczej zimnej i ciepłej wody.
- Nadzór i obsługa.
- Konserwacja.

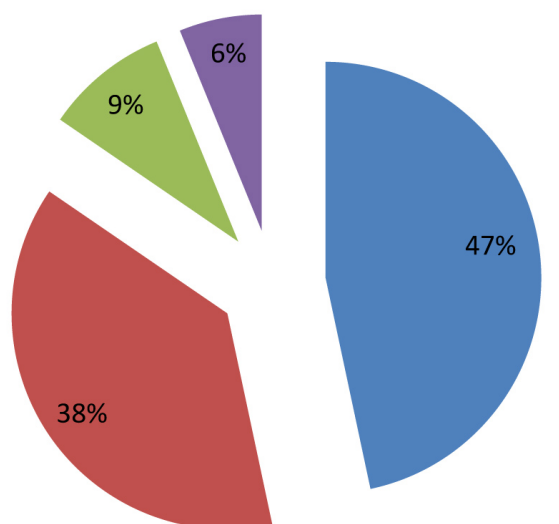
Po przeanalizowaniu wszelkich składowych kosztów eksploatacyjnych instalacji wentylacji szacuję iż całkowite koszty eksploatacyjne wyniosą zarządcę budynku 68 130 zł rocznie. Rysunek 4 ilustruje jak znaczące dla kosztów

eksploatacyjnych instalacji wentylacji jest zużycie energii elektrycznej i cieplnej. Centrale pracujące na stałym wydatku powietrza charakteryzują się bardzo dużym zużyciem energii elektrycznej. Mimo tego iż obliczenia mają charakter szacunkowy nasuwa się wniosek zainwestowania w przetworniki częstotliwości umożliwiające płynną zmianę obrotów wentylatora, a co za tym idzie zmniejszenie wydatku powietrza, a także zmniejszenie kosztów zużycia energii elektrycznej.

Koszty eksploatacyjne instalacji klimatyzacji

Po przeanalizowaniu wszelkich składowych kosztów eksploatacyjnych instalacji klimatyzacji szacuję iż całkowite koszty eksploatacyjne wyniosą zarządcę budynku 104 533 zł rocznie.

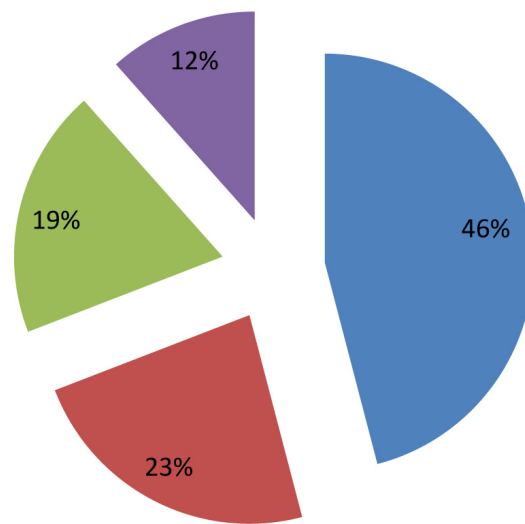
Rysunek 5 pokazuje nam rozkład kosztów eksploatacyjnych dla instalacji klimatyzacji. Obserwujemy znaczny przyrost kosztów obsługi i konserwacji w stosunku do kosztów w przypadku wentylacji. Koszty zużycia ener-



- Koszty zużycia energii elektrycznej-31786 zł
- Koszty zużycia energii cieplnej-25815 zł
- Koszty nadzoru i obsługi-6317 zł
- Koszty konserwacji-4211 zł

Rys. 4. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych instalacji wentylacyjnej

Fig. 4. Exploitation costs of the ventilation system



- Koszty zużycia energii elektrycznej-48022 zł
- Koszty zużycia energii cieplnej-24263 zł
- Koszty nadzoru i obsługi-20168 zł
- Koszty konserwacji-12100 zł

Rys. 5. Zestawienie kosztów eksploatacyjnych instalacji klimatyzacyjnej

Fig. 5. Exploitation costs of the air condition system

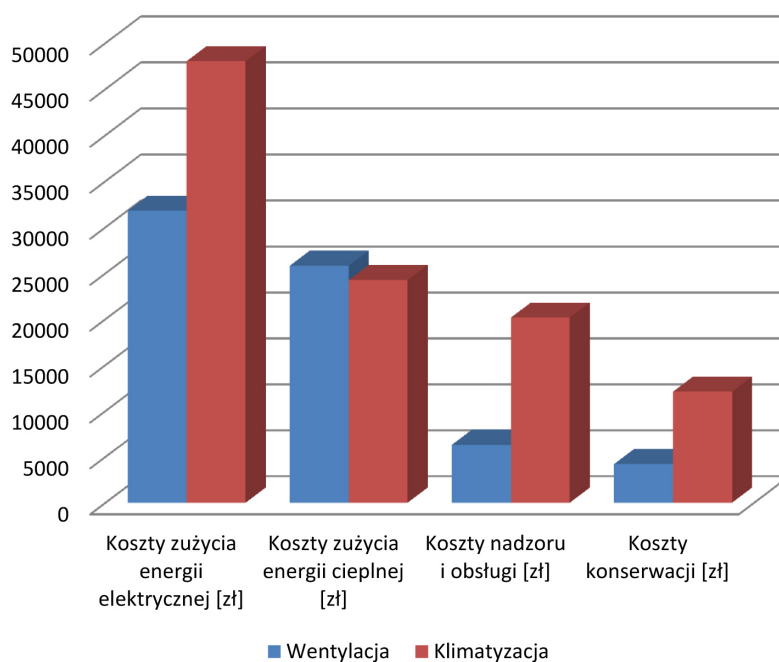
gii elektrycznej i cieplnej kształtują się na zbliżonym poziomie ze względu na obecność zaawansowanego układu automatyki instalacji klimatyzacji dystrybuujący powietrze klimatyzacyjne w ilościach zależnych od aktualnego zapotrzebowania. Porównanie kosztów eksploatacyjnych instalacji wentylacji i klimatyzacji ilustruje rysunek 6.

PODSUMOWANIE

Wybór wyposażenia restauracji jest indywidualną decyzją właściciela lokalu. Przedstawiona analiza ekonomiczna jednoznacznie pokazuje iż projekt i wykonawstwo instalacji klimatyzacyjnej jest przedsięwzięciem droższym i bardziej skomplikowanym niż w przypadku instalacji wentylacyjnej. Zaprojektowany system klimatyzacji zapewni klientom lokalu poczucie komfortu i zadowolenia obciążając zarazem w znaczący sposób właściciela restauracji. Koszty inwestycyjne są w przypadku klimatyzacji prawie dwukrotnie wyższe niż w przypadku wentylacji. Zużycie energii cieplnej, energii

elektrycznej, koszty związane z serwisem i obsługą potęgują się w związku z zaawansowaniem technologicznym systemu też są wyższe w przypadku klimatyzacji. Za systemami wentylacyjnymi przemawia ponadto mniejsza awaryjność spowodowana mało skomplikowanym systemem. Układ wentylacji zapewni odpowiednie parametry w pomieszczeniu w okresach małego obciążenia jednakże należy podkreślić, że nie zapewni on odpowiednich warunków w okresie dużego obciążenia cieplnego oraz wilgotnościowego. Mankamenty związane z kosztownością systemu klimatyzacyjnego nie powinny odstraszać inwestora. Inwestor powinien być świadom niepoliczalnych zysków jakie dają zadowolenie klienta, renoma oraz dobry wizerunek jego lokalu, a taki efekt może dać mu wyłącznie instalacja klimatyzacyjna.

W strefie klimatycznej nie mającej 60 dni z temperaturami powyżej 25°C [11] można również rozważyć zastosowanie wentylacji jako tańszego przy inwestycji i eksploatacji, mniej awaryjnego i wymagającego rzadszego serwisowania systemu.



Rys. 6. Koszty eksploatacyjne instalacji wentylacyjnej i klimatyzacyjnej
Fig. 6. Exploitation costs ventilation and air condition

Podziękowania

Badania zostały zrealizowane w ramach pracy statutowej Katedry Ciepłownictwa, Ogrzewnictwa i Wentylacji Politechniki Białostockiej nr S/WBIS/04/2014 i sfinansowane ze środków na naukę MNiSW.

LITERATURA

- Aynur T.N., Hwang Y., Radermacher R. 2009. Simulation comparison of VAV and VRF air conditioning systems in an existing building for the cooling season, *Energy and Buildings* 41, Iss. 11, 1143–1150.
- Baranowski A., Ferdyn-Grygierek J. 2013. Wpływ wymiany powietrza na zużycie ciepła w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej, *Rynek Energii* 4 (107).
- Djongyang N., Tehinda R., Njomo D. 2010. Thermal comfort. A review paper, *Renewable and Sustainable, Energy Reviews* 14, 2626–2040.
- Faggianelli G.A., Brun A., Wurtz E., Muselli M. 2014. Natural cross ventilation in buildings on Mediterranean coastal zones. *Energy and Buildings* 77, 206–218.
- Fanger P.O. 1974. *Komfort cieplny*, Arkady, Warszawa.
- Figiel E. 2014. Efektywna wentylacja w budynkach niemieszkalnych według PN-EN 13779, *Instal* 2, 5–9.
- Gaziński B. red. 2013. *Technika klimatyzacyjna dla praktyków. Komfort cieplny, zasady obliczeń i urządzenia*, SYSTHERM Danuta Gazińska Spółka Jawna.
- Gładyszewska-Fiedoruk K. 2016. Pomiary skuteczności wentylacji w budynku laboratorium, *INSTAL* 2, 35–39.
- Gładyszewska-Fiedoruk K., Krawczyk D.A. 2015. Analysis of microclimate in public buildings in north-eastern Poland, *Proceedings of the 5th International Conference on Environmental Pollution and Remediation*, Barcelona, Spain – July.
- Hilse D., Kapała J., Olczak Cz. 2013. Ekonomiczny model i narzędzia zarządzania ochroną powietrza na przykładzie zakładu koksowniczego, *Inżynieria Ekologiczna* 32, 55–64.
- Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) <http://www.imgw.pl/internet/zz/pogoda/tempsred.html> [26.03.2013]
- Kapron H., Polecki Z. 2013. Wybrane aspekty ekonomiczne elektroenergetyki polskiej w latach 2010 – 2012, *Rynek Energii* 6 (109).
- Kazimierowicz J., Gajewski A. 2013. Rekuperacja – ekonomiczny sposób na poprawę jakości powietrza, *COW* 12, 521–525.
- Koniszewski A. 2014. Rozwiązania systemowe w zakresie grzania i chłodzenia, *Technika Chłodnicza i Klimatyzacyjna* 11–12, 422–428.
- Krygier K., Klinke T., Sewerynik J. 2000. *Ogrzewnictwo, wentylacja, klimatyzacja*, WSiP SA, Warszawa, 244–245.

16. Macek K., Mařík K. 2012. A methodology for quantitative comparison of control solutions and its application to HVAC (heating, ventilation and air conditioning) systems, *Energy* 44, Iss. 1, 117–125.
17. Miąskiewicz-Pęska E., Karwowska, E. 2013. Ocena mikrobiologicznej jakości powietrza wewnętrznego w restauracji, *Rynek Instalacyjny* 1–2, 26–28.
18. Recnagel H., Sprenger E., Honmann W., Schrammek E.R. 2008. Kompendium wiedzy Ogrzewnictwo, Klimatyzacja, Ciepła Woda, Chłodnictwo. Omni-Scala.
19. Rozporządzenie Ministra Zdrowia z dnia 28 lutego 2000 r. w sprawie warunków sanitarnych oraz zasad przestrzegania higieny przy produkcji i obrocie środkami spożywczymi, używkami i substancjami dodatkowymi dozwolonymi (Dz. U. Nr 30, poz. 377).
20. Szczechowiak E. 2015. Przemiany strukturalne systemów HVAC w budynkach przyszłości, *COW* 1, 30–36.
21. Śliwowski L. 1999. *Mikroklimat wewnątrz i komfort cieplny ludzi w pomieszczeniach*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
22. Wierzińska M., Piątek R. 2014. Sposoby ograniczania zanieczyszczeń powietrza na stanowiskach pracy na przykładzie zakładu Sauer-Danfoss Sp. z o.o. we Wrocławiu, *Inżynieria Ekologiczna* 36, 154–163.
23. Wołejko E., Kowaluk-Krupa A., Wydro U., Butarewicz A., Jabłońska-Trypuć A., Piekut J., Dec D., Łoboda T. 2016. Ocena mikrobiologiczna jakości powietrza w zakładach piekarniczych, *Inż. Ekolog.* 47, 182–188.
24. Żelasko P., Sikorska-Bączek R. 2011. Analiza techniczno-ekonomiczna zastosowania akumulacji chłodu w klimatyzacji na przykładzie obiektu biurowego, *COW* 5, 229–231.