

WYTYCZNE

INSTALACJA

WENTYLACJI MECHANICZNEJ

Z ODZYSKIEM CIEPŁA (REKUPERACJA)

W DOMACH JEDNORODZINNYCH

GRZEGORZ GRYGIER
PAWEŁ SZYPERSKI
Z ZESPOŁEM



Stowarzyszenie
Polska
Wentylacja®

Autorzy:
Grzegorz Grygier
Paweł Szyperski
Zespół:

Marcin Bogacz,
Andrzej Cebula,
Marcin Czerwiński,
Marcin Orłowski,
Tomasz Skarżyński
Adrian Zagulski

Material został opracowany we współpracy z członkami
Grupy Technicznej „Wentylacja w domach jednorodzinnych”
działającej w Stowarzyszeniu Polska Wentylacja

Material jest objęty prawem autorskim.

Przedruk i kopiowanie w części lub całości w jakikolwiek sposób bez pisemnej zgody wydawcy są zabronione.

*Wydawca dołożył wszelkiej staranności, aby publikacja nie zawierała błędów,
przy czym wydawca nie ponosi odpowiedzialności za skutki popełnionych, niezamierzonych błędów.*



**Stowarzyszenie
Polska
Wentylacja®**

spw@wentylacja.org.pl
www.wentylacja.org.pl

Wydanie II
ISBN 978-83-957068-1-3

Skład i łamanie: BigR

SŁOWO WSTĘPNE

Przed Państwem zaktualizowane „Wytyczne” dotyczące instalacji wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła (rekuperacja) w domach jednorodzinnych, które zostały przygotowane w ramach prac Grupy Technicznej „Wentylacja w domach jednorodzinnych” działającej w Stowarzyszeniu Polska Wentylacja.

Od poprzedniego, pierwszego wydania upłynęło 13 lat, więc to najwyższy czas na ich nową wersję. Wraz z całym zespołem Grupy Technicznej podeszliśmy do tego zadania kompleksowo. Część rozdziałów została rozszerzona, powstało też wiele zupełnie nowych. Dokonane zmiany wynikają przede wszystkim z dostosowania wytycznych do nowych regulacji prawnych zarówno krajowych, jak i europejskich. Część jest efektem zmian technologicznych, jakie dokonały się w branży HVAC w minionym okresie.

Niezmiennie „Wytyczne” pozostają praktycznym poradnikiem dla instalatorów zajmujących się montażem rekuperacji w domach jednorodzinnych. Mogą stanowić wspólną platformę porozumienia między instalatorami i inwestorami. Korzystać z nich będą również studenci inżynierii sanitarnej, kierownicy budów, projektanci oraz wszystkie zainteresowane osoby z branży wentylacyjnej.

Obserwując, z jaką pasją i zaangażowaniem cały zespół pracował nad tym projektem, mogę Państwa zapewnić, że „Wytyczne” to kompletny poradnik najlepszych praktyk, przygotowany przez pracowników firm będących liderami w branży wentylacji mechanicznej z rekuperacją.

W tym miejscu chciałbym podziękować całemu zespołowi, zarówno Grupie Technicznej, jak i pracownikom Stowarzyszenia za wysiłek i zaangażowanie, a Państwa zapraszam do lektury.

Grzegorz Grygier

SPIS TREŚCI

SŁOWO WSTĘPNE	2
I. ZAŁOŻENIA OGÓLNE – INFORMACJE PODSTAWOWE	6
1.1 Rola wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła	6
1.2 Zasada działania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła	6
1.3 Podstawowe elementy systemu wentylacji z odzyskiem ciepła (rekuperacji).....	8
1.3.1 Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła (rekuperator).....	8
1.3.1.1 Wymiennik ciepła	8
1.3.1.2 Wentylatory	9
1.3.1.3 By-pass	9
1.3.1.4 Filtry powietrza.....	10
1.3.1.5 Układ antyzamrozeniowy	11
1.3.2 Przewody wentylacyjne.....	13
1.3.2.1 Przewody z tworzyw sztucznych	13
1.3.3 Elementy nawiewne	14
1.3.4 Elementy wywiewne.....	14
1.3.5 Czerpnia.....	14
1.3.6 Wyrzutnia.....	15
1.3.7 Zabezpieczenia instalacji.....	15
1.4 Dodatkowe elementy systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła	15
1.4.1 Gruntowy wymiennik ciepła (GWC)	16
1.4.2 Elementy grzewcze.....	16
1.4.3 Elementy chłodzące	16
1.4.4 Pompy ciepła jako element grzewczy lub chłodzący powietrze wentylacyjne	17
1.4.5 Nawilżacze powietrza	17
1.4.6 Dodatkowa filtracja powietrza	18
1.4.7 Tłumiki akustyczne.....	19
2. PROJEKTOWANIE SYSTEMU WENTYLACJI MECHANICZNEJ Z ODZYSKIEM CIEPŁA	20
2.1 Uproszczona procedura doboru centrali do instalacji	20
2.2 Projekt.....	20
2.3 Zalecana intensywność wymiany powietrza	20
2.4 Lokalizacja centrali wentylacyjnej	24
2.5 Regulacja systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.....	24

2.6	Prowadzenie instalacji.....	24
2.7	Rozmieszczenie nawiewników	25
2.8	Lokalizacja czerpni i wyrzutni.....	26
2.9	Izolacja termiczna przewodów wentylacyjnych	27
2.10	Prowadzenie przewodów wentylacyjnych i ich inspekcja.....	28
2.11	Rozmieszczenie klap rewizyjnych	28
2.12	Przybliżone obliczanie strat ciśnienia w instalacji	28
3.	WYKONANIE SYSTEMU WENTYLACJI MECHANICZNEJ Z ODZYSKIEM CIEPŁA	34
3.1	Projekt wykonania.....	34
3.2	Zalecenia materiałowe.....	34
3.3	Mocowanie do przegród.....	34
3.4	Zaślepienie przewodów wentylacyjnych.....	35
3.5	Łączenie elementów wentylacyjnych i uszczelnianie połączeń	35
3.6	Dodatkowe zabezpieczenia.....	35
3.7	Dostęp do elementów instalacji.....	35
3.8	Dostęp do centrali wentylacyjnej.....	36
3.9	Odpływ skroplin	36
3.10	Stolarka wewnętrzna – wymagania.....	36
4.	CENTRALA WENTYLACYJNA Z ODZYSKIEM CIEPŁA (REKUPERATOR)	37
4.1	Wymagana dokumentacja techniczna	37
4.2	Efektywność energetyczna centrali wentylacyjnej	38
4.2.1	Etykiety efektywności energetycznej	38
4.2.1.1	Określanie klas efektywności energetycznej	38
4.2.1.2	Informacje na etykiecie energetycznej	38
4.2.2	Karta produktu.....	39
	Karta produktu centrali wentylacyjnej przykładowy produkt XYZ.....	40
4.2.3	Klasa energetyczna a rodzaj sterowania centralą wentylacyjną	41
4.2.4	Baza EPREL. Czym jest i jak można z niej skorzystać.....	41
4.3	Podstawowe wymagania dotyczące centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła.....	42
4.4	Sterowanie	42
4.5	Uruchomienie i odbiór.....	44
4.5.1	Regulacja systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.....	45
4.6	Eksploatacja	46

5. INNE URZĄDZENIA W DOMU A WENTYLACJA MECHANICZNA	
 NAWIEWNO-WYWIEWNA Z ODZYSKIEM CIEPŁA.....	47
5.1 Kominiek.....	47
5.2 DGP – system Dystrybucji Gorącego Powietrza	48
5.3 Koty.....	48
5.4 Okap kuchenny	48
5.5 Odkurzacz centralny	49
Załącznik nr 1 LISTA SPRAWDZAJĄCA.....	50
Szczelność budynku	52
Załącznik nr 2 PROTOKÓŁ REGULACJI/SKUTECZNOŚCI INSTALACJI	
 NAWIEWNO-WYWIEWNEJ BUDYNKU	53
Załącznik nr 3 PROTOKÓŁ ODBIORU KOŃCOWEGO INSTALACJI	
 NAWIEWNO-WYWIEWNEJ W BUDYNKU	55
Załącznik 4 KLASYFIKACJA FILTRÓW DO WENTYLACJI OGÓLNEJ.....	58
Filtry powietrza	58
Oznaczenia filtrów	58
Wentylacja bytowa.....	60
Zużycie energii	60
Eksploatacja	61
Procedura wyboru klasy filtracji.....	61
SŁOWNIK POJĘĆ	65

I. ZAŁOŻENIA OGÓLNE – INFORMACJE PODSTAWOWE

I.1 Rola wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Rolą wentylacji mechanicznej jest dostarczanie optymalnej ilości świeżego powietrza do budynku i usuwanie z niego powietrza zanieczyszczonego. W odróżnieniu od wentylacji grawitacyjnej wentylacja mechaniczna charakteryzuje się możliwością regulacji ilości powietrza dostarczanego do budynku niezależnie od warunków atmosferycznych, a wpływ na jej intensywność ma użytkownik systemu. Zaletą systemu wentylacji mechanicznej jest dodatkowo możliwość zastosowania odzysku ciepła (i opcjonalnie wilgoci), co pozwala zmniejszyć koszty ogrzewania i zdecydowanie poprawić jakość powietrza i komfort życia.

Urządzenia wentylacji mechanicznej powinny pracować w sposób ciągły (również podczas nieobecności użytkownika). Instalacja powinna obsługiwać wszystkie pomieszczenia w budynku, zapewniając optymalną wymianę powietrza ze względu na wymagania higieniczne, usuwanie zanieczyszczeń i wilgoci.

Brak prawidłowo działającej wentylacji może powodować złe samopoczucie ludzi i ich problemy zdrowotne, a także zawilgocenie, a w skrajnych przypadkach zagrzybenie ścian i innych przegród zewnętrznych.

I.2 Zasada działania wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Świeże powietrze jest pobierane z zewnątrz budynku za pomocą czerpni i dostarczane przez przewód wentylacyjny do centrali wentylacyjnej (rekuperatora¹). W centrali wentylacyjnej powietrze przechodzi przez wymiennik, gdzie wymienia ciepło z powietrzem wyciąganym z pomieszczeń.

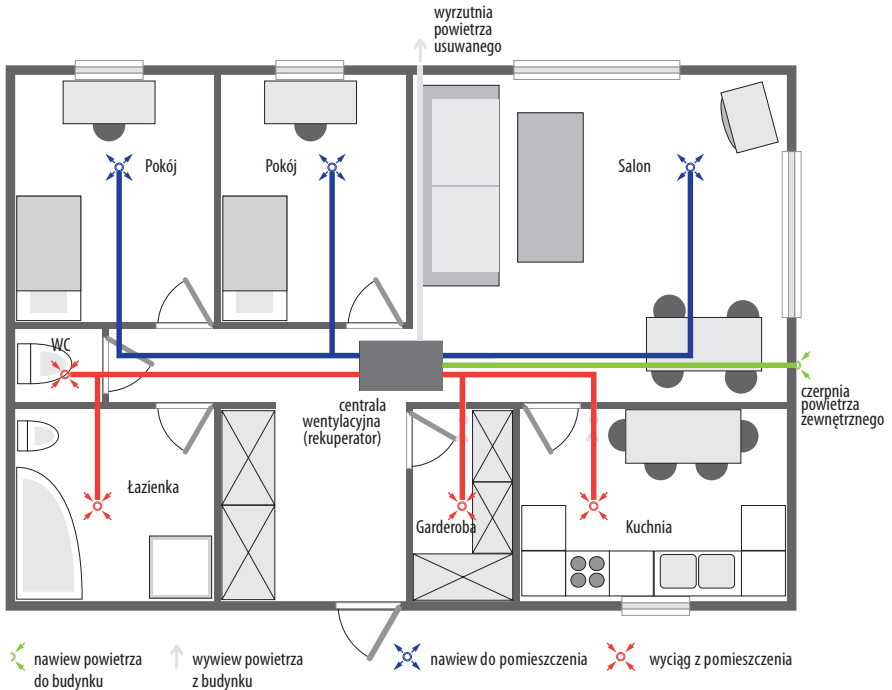
Po przejściu przez centralę wentylacyjną powietrze jest dostarczane przez sieć przewodów nawiewnych do pomieszczeń użytkowych², takich jak: salon, sypialnie, pokoje dzieńne, gabinety. Przepływ powietrza w instalacji jest wymuszany przez wentylatory centrali wentylacyjnej.

W typowych budynkach jednorodzinnych o małej powierzchni najczęściej stosuje się wyciągi z pomieszczeń sanitarnych i pomocniczych, takich jak łazienka, kuchnia, toaleta, garderoba, spiżarnia, pomieszczenie gospodarcze itp. W domach jednorodzinnych o dużej powierzchni stosuje się również wyciągi z pomieszczeń mieszkalnych, nie zapominając o priorytecie zapewnienia usuwania wilgoci i zanieczyszczeń z pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i pomocniczych. Z takim

1 W podstawowym swoim znaczeniu „rekuperator” oznacza wymiennik ciepła, którym odzyskuje się ciepło w instalacji wentylacyjnej. Potocznie jednak słowem „rekuperator” określa się centralę wentylacyjną wyposażoną w wentylatory, filtry, układ sterowania oraz wymiennik ciepła umożliwiający odzysk ciepła z powietrza wentylacyjnego.

2 Poradnik adresowany jest głównie do inwestorów, projektantów, instalatorów i użytkowników budynków mieszkalnych, dlatego nie wymienia się w tym miejscu innych pomieszczeń znajdujących się w tzw. budynkach użyteczności publicznej, czyli biur, sal konferencyjnych itp.

przypadkiem możemy mieć do czynienia, gdy pokoje mają dużą powierzchnię i kubaturę lub kiedy liczba pomieszczeń mieszkalnych znacząco przewyższa liczbę pomieszczeń higieniczno-sanitarnych i pomocniczych, np. w rezydencjach.



Schemat ideowy instalacji wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła

Świeże powietrze przepływa między pomieszczeniami przez szczeliny pod drzwiami, kratki lub otwory w dolnej części drzwi. Z pomieszczeń sanitarnych i pomocniczych zużyte powietrze jest usuwane za pomocą elementów wyciągowych. Przez wyciągowe przewody wentylacyjne dociera ono do rekuperatora, gdzie w wymienniku ciepła oddaje swoją energię cieplną świeżemu, czerpanemu powietrzu.

Następnie przez przewody wentylacyjne i wyrzutnię jest usuwane na zewnątrz budynku.
UWAGA: Należy wziąć pod uwagę, że w niektórych centralach wentylacyjnych, wyposażonych w regeneracyjny wymiennik ciepła, może dochodzić do kilkuprocentowej recyrkulacji (tzw. przecieków) powietrza wywiewanego do powietrza świeżego dostarczanego do pomieszczeń.

1.3 Podstawowe elementy systemu wentylacji z odzyskiem ciepła (rekuperacji)

- ♦ centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła (potocznie zwana rekuperatorem),
- ♦ przewody wentylacyjne,
- ♦ elementy nawiewne i wywiewne (zawory, anemostaty, kratki, inne),
- ♦ czerpnia,
- ♦ wyrzutnia.

1.3.1 Centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła (rekuperator)

Urządzenie służące do wymiany powietrza w budynku pełniące dodatkowo funkcję odzysku ciepła (w zaawansowanych centralach również odzysku wilgoci) i filtracji powietrza.

Elementami centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła są:

1.3.1.1 Wymiennik ciepła

Element centrali wentylacyjnej odpowiadający za efektywność energetyczną urządzenia. Realizuje funkcję odzysku energii cieplnej ze strumienia powietrza wyciąganego z przekazaniem jej do strumienia powietrza świeżego. Wymienniki stosowane w domowych centralach wentylacyjnych różnią się konstrukcją i parametrami użytkowymi. Ważna jest wysoka sprawność odzysku ciepła, która znacząco obniża koszty ogrzewania budynków, jednak przy wyborze rozwiązania warto zwrócić uwagę także na funkcję odzysku wilgoci (wpływa ona m.in. na komfort w pomieszczeniach), zabezpieczenia antyzamrożeniowe czy sposób wyłączenia odzysku ciepła.

Wymienniki dzielą się na:

- ♦ wymienniki płytowe przeciwprądowe – wykonane z tworzyw sztucznych (najczęściej polistyren lub polietylen) albo aluminium. W naprzemiennie ułożonych kanałkach strumienie powietrza przepływają w przeciwnych kierunkach równoległe do siebie, co zapewnia minimalne ryzyko mieszania strumieni powietrza. Nie realizują funkcji odzysku wilgoci. Sprawność temperaturowa odzysku ciepła wynosi do 85-95%. Konieczne jest zabezpieczenie wymiennika przed zamrożeniem (więcej informacji w punkcie 1.3.1.5) i zapewnienie odpływu skroplin z jednostki. Wyłączenie odzysku ciepła realizowane jest przez wbudowany by-pass (więcej informacji w punkcie 1.3.1.3).
- ♦ wymienniki płytowe entalpiczne – podobne do wymienników przeciwprądowych, przy czym płyty wymiennika wykonano z materiału umożliwiającego transfer wilgoci z powietrza wyciąganego do powietrza nawiewanego. Nie ma ryzyka mieszania strumieni powietrza. Realizują funkcję odzysku wilgoci. Sprawność odzysku ciepła wynosi 80-85%, zaś sprawność odzysku wilgoci 60-70% (wysoka sprawność entalpiczna – całkowitego odzysku energii). Wymagają zabezpieczenia antyzamrożeniowego (więcej informacji w punkcie 1.3.1.5), konieczne jest też zapewnienie odpływu skroplin z jednostki. Wyłączenie odzysku ciepła realizowane jest przez wbudowany by-pass (więcej informacji w punkcie 1.3.1.3).

- ◆ wymienniki obrotowe (rzadziej stosowane w centralach domowych) – wykonane jako wirniki (rotory) z materiału umożliwiającego akumulowanie energii (głównie blacha aluminiowa). Wirnik tworzący masę akumulacyjną obraca się stale z niewielką prędkością. Naprzemienny kontakt strumieni powietrza z masą akumulacyjną powoduje nieznaczne mieszanie strumieni powietrza. Realizują funkcję odzysku wilgoci przy różnicy temperatury umożliwiającej kondensację wilgoci. Sprawność temperaturowa odzysku ciepła wynosi 75-90%, zaś sprawność odzysku wilgoci – 50-60%. Zabezpieczenie antyzamrożeniowe polega na odpowiednim doborze układu regulacji i sterowania. Wyłączenie odzysku ciepła realizowane jest przez zatrzymanie wirnika.
- ◆ wymienniki obrotowe o zwiększonym odzysku wilgoci – analogiczne do wymienników obrotowych, przy czym materiał wirnika dodatkowo pokryty jest powłoką higroskopijną lub sorpcyjną. Ze względu na konstrukcję wymiennika, następuje nieznaczne mieszanie strumieni powietrza. Realizują funkcję odzysku wilgoci. Sprawność temperaturowa odzysku ciepła wynosi 75-85%, natomiast sprawność odzysku wilgoci – 70-90% (wysoka sprawność entalpiczna – całkowitego odzysku energii). Zabezpieczenie antyzamrożeniowe polega na odpowiednim doborze układu regulacji i sterowania (ryzyko zamarzania niższe niż w przypadku wymienników obrotowych). Wyłączenie odzysku ciepła realizowane jest przez zatrzymanie wirnika.
- ◆ wymienniki regeneracyjne periodyczne – zbliżone do wymienników przeciwprądowych, jednak wyposażone w zespół przepustnic umożliwiających naprzemiennie (periodycznie, z częstotliwością zależną od temperatury zewnętrznej) kierowanie strumieni powietrza przez wymiennik. W momencie zamiany kierunku przepływu powietrza następuje nieznaczne mieszanie strumieni powietrza. Realizują funkcję odzysku wilgoci. Nie wymagają ochrony antyzamrożeniowej ani odpływu kondensatu. Sprawność temperaturowa odzysku ciepła wynosi 85-95%, zaś sprawność odzysku wilgoci – 60-70%. Wyłączenie odzysku ciepła realizowane jest przez wbudowane obejście wymiennika (by-pass).

1.3.1.2 Wentylatory

Urządzenia służące do wymuszenia ruchu powietrza w instalacji wentylacyjnej.

W domach jednorodzinnych stosuje się centrale wentylacyjne z silnikami stałoprądowymi, które umożliwiają ciągłą regulację wydajności układu wentylacyjnego w zakresie od 15 do 100%, przy jednoczesnym ograniczeniu zużycia energii elektrycznej, szczególnie dla silników elektronicznie komutowanych (EC).

Płynna regulacja umożliwia dopasowanie wydajności systemu do aktualnych potrzeb użytkownika oraz znacząco obniża koszty użytkowania instalacji.

1.3.1.3 By-pass

Element lub funkcja centrali realizująca wyłączenie odzysku ciepła w momencie, kiedy nie jest on pożądany. Latem, kiedy następuje silne nagrzewanie budynku w dzień, a wieczorem temperatura

zewnątrzna znacznie się obniża, wprowadzenie do budynku przefiltrowanego, świeżego powietrza z pominięciem procesu odzysku ciepła zapewnia wykorzystanie w godzinach nocnych free-cooling (chłodzenia swobodnego) – obniżenie temperatury w pomieszczeniach bez dodatkowego przygotowania powietrza.

W wielu centralach funkcja wyłączenia odzysku ciepła może działać automatycznie, zależnie od temperatury zadanej przez użytkownika. Układ sterowania umożliwia użytkownikowi także okresowe całkowite wyłączenie odzysku ciepła lub zablokowanie funkcji wyłączenia odzysku ciepła.

W części central dostępnych na rynku wykorzystuje się by-pass także zimą, jako ostateczne zabezpieczenie antyzamrożeniowe (więcej informacji w punkcie 1.3.1.5).

Sposób wyłączenia funkcji odzysku ciepła zależy od zastosowanego wymiennika ciepła:

wymienniki przeciwprądowe, w tym entalpiczne oraz periodyczne wyposażone są we wbudowane, fizyczne obejście układu odzysku ciepła lub zespół kłap odcinający całkowicie lub częściowo przepływ powietrza przez wymiennik:

- ♦ by-pass pełny – otwarcie kłapy/przepustnicy powoduje odcięcie przepływu powietrza przez wymiennik – 100% przepływającego powietrza nie odzyskuje ciepła (pełne wykorzystanie funkcji free cooling);
- ♦ by-pass niepełny – otwarcie kłapy/przepustnicy umożliwia częściowy przepływ powietrza przez wymiennik – część przepływającego powietrza nie odzyskuje ciepła (tylko częściowe wykorzystanie free-cooling).

W wymiennikach obrotowych następuje zatrzymanie pracy wirnika – strumienie powietrza swobodnie przepływają przez wymiennik bez realizacji funkcji odzysku ciepła.

1.3.1.4 Filtry powietrza

Podzespoły montowane w centrali wentylacyjnej zapewniają czystość powietrza nawiewanego do pomieszczeń (głównie oczyszczające je z pyłu zawieszonego PM o różnych frakcjach) i chronią urządzenia przed zanieczyszczeniami wywiewanymi z budynku (pochodzącymi m.in. z codziennych czynności czy od zwierząt domowych).

Na polskim rynku obecnie są używane równolegle dwa oznaczenia filtrów:

- ♦ skala G1-F9 (wg PN-EN 779 – normy zastąpionej normą ISO i wycofanej, ale wciąż powołanej w Warunkach Technicznych), w której litera oznacza grupę filtrów: zgrubne (G), średnie (M), dokładne (F). Cyfra określa umowny poziom średniej skuteczności filtracji, im wyższa cyfra, tym dokładniejsza filtracja;
- ♦ z oznaczeniem określonej procentowo minimalnej skuteczności dla danej frakcji pyłów (wg PN-EN ISO 16890) – zgrubne (*coarse*), ePM₁, ePM_{2,5}, ePM₁₀.

Klasyfikację filtrów według obu standardów oraz wartościowe zestawienie porównawcze stosowanych klasyfikacji – wykonane na podstawie badania certyfikowanych filtrów przedstawione

w dokumencie Eurovent 4/23 – 2022: *Dobór klas filtrów powietrza do wentylacji ogólnej sklasyfikowanych według PN-EN ISO 16890* – zamieszczono w załączniku 4. pt. **KLASYFIKACJA FILTRÓW DO WENTYLACJI OGÓLNEJ** niniejszego opracowania.

UWAGA: Z racji bardzo istotnych różnic w procesie badania filtrów klasyfikacje te nie są wymienne i nie istnieje jednoznaczny klucz pozwalający na nadpisanie klas według nowego standardu!

Zgodnie z zaleceniami wskazanymi w dokumencie Eurovent 4/23-2022, wybór filtra do instalacji wentylacyjnej dla budynku powinien uwzględniać wymagania wobec jakości powietrza wewnętrznego oparte na wytycznych WHO z 2021 r., wpływ zanieczyszczeń ze źródeł wewnętrznych oraz faktyczną jakość powietrza zewnętrznego. W budynkach mieszkalnych należy zapewnić taką skuteczność filtracji, by w powietrzu nawiewanym do pomieszczenia stężenie $PM_{2,5} \leq 2,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} \leq 7,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$.

Procedurę wyboru klasy filtracji zamieszczono w załączniku nr 4. **KLASYFIKACJA FILTRÓW DO WENTYLACJI OGÓLNEJ** w rozdziale pt. **PROCEDURA WYBORU KLASY FILTRACJI** niniejszego opracowania.

Wraz ze wzrostem ilości zatrzymanych zanieczyszczeń, rośnie strata ciśnienia na filtrze, zatem jego regularna wymiana ma istotne znaczenie dla zużycia energii przez wentylator. Centrale wyposażone są zatem w różne systemy monitoringu zużycia filtrów, np. mechanizm czasowy, detekcję przekroczenia wartości maksymalnej strat ciśnienia (presostat różnicy ciśnienia) lub pomiar ciągły strat ciśnienia (przetwornik różnicy ciśnienia). Częstotliwość wymiany filtrów zależy od wielu czynników, m.in lokalizacji obiektu, niemniej filtry wstępne powinny być wymieniane co najmniej raz na kwartał, a filtry wtórne – co najmniej raz na rok lub według wskazań układu pomiarowego.

W układach rekuperacji mogą być też stosowane filtry dodatkowe (kanałowe), scharakteryzowane w punkcie 1.4.6 „Dodatkowa filtracja powietrza”.

1.3.1.5 Układ antyzamrozeniowy

Układ chroniący wymiennik przeciwprądowy lub entalpiczny przed powstawaniem warstwy lodu w przypadku temperatury zewnętrznej poniżej 0°C i zapewniający drożność wymiennika. Wymienniki obrotowe oraz regeneracyjne periodyczne użytkowane w typowych warunkach wilgotnościowych dla domów jednorodzinnych nie wymagają układu antyzamrozeniowego.

Do zamrożenia wymiennika płytowego może dochodzić, kiedy temperatura powietrza wyciąganego w wymienniku spada poniżej temperatury punktu rosy, co skutkuje wykropleniem znacznej ilości kondensatu. Dopływ do wymiennika powietrza świeżego o temperaturze poniżej 0°C powoduje ryzyko zamrożenia kondensatu po stronie wyrzutowej.

Do ochrony przed gromadzeniem się lodu na powierzchni wymiennika stosuje się następujące rozwiązania techniczne:

- ♦ elektryczna nagrzewnica wstępna – jej zadaniem jest wstępne podgrzanie powietrza zewnętrznego przed wymiennikiem ciepła. Wadą jest wyższe zużycie energii elektrycznej;

- ♦ automatyczne zwalnianie obrotów wentylatora nawiewnego – ograniczenie ilości zimnego powietrza świeżego zmniejsza ryzyko zamrożenia wymiennika. Wadą jest powstanie podciśnienia w budynku – brakujący strumień powietrza świeżego jest uzupełniony przez infiltrację powietrza przez nieszczelności budynku;
- ♦ automatyczne zwiększenie obrotów wentylatora wyciągowego – zwiększenie ilości ciepłego powietrza wyciąganego ułatwia rozmrażania i wspomaga usunięcie kondensatu z wymiennika. Wadą jest (podobnie jak w metodzie wykorzystującej zmniejszanie obrotów wentylatora nawiewnego) powstawanie podciśnienia w budynku. Dodatkowo, proces ten wiąże się z wykorzystaniem ciepła zakumulowanego wewnątrz budynku, co należy uwzględnić przy obliczeniach wydajności instalacji grzewczej;
- ♦ wykorzystanie obejścia (by-passu) wymiennika odzysku ciepła – strumień powietrza świeżego omija wymiennik ciepła, zatem strumień powietrza wyciąganego nie jest chłodzony i przeciwdziała zamrożeniu wymiennika. Wadą tego procesu jest ryzyko wprowadzenia do budynku strumienia powietrza o temperaturze zewnętrznej – w takim wypadku warto zastosować nagrzewnicę wtórną;
- ♦ zastosowanie powietrznego gruntowego wymiennika ciepła – powietrze świeże przechodzi przez specjalnie zaprojektowany i wykonany układ przewodów umieszczonych w gruncie poniżej głębokości przemarzania. Przy odpowiednio dobranej długości wymiennika, metoda ta może być wystarczająca jako jedyne rozwiązanie antyzamrożeniowe. Wadą jest wysoki koszt wykonania wymiennika i konieczność zaplanowania go wcześniej;
- ♦ wykorzystanie glikolowego gruntowego wymiennika ciepła – podobnie jak w poprzedniej metodzie, przy czym powietrze świeże jest ogrzewane przez wymiennik wodny, przez który tłoczona jest ciecz czerpiąca energię cieplną z gruntu.

W urządzeniach dostępnych na rynku realizowane są następujące procedury antyzamrożeniowe:

- ♦ utrzymanie stałej temperatury powietrza świeżego przed wymiennikiem ciepła – wymaga zastosowania modulowanej nagrzewnicy wstępnej o większej mocy. Układ taki zużywa więcej energii elektrycznej, ale nie powoduje okresowego powstawania podciśnienia w budynku;
- ♦ uruchomienie procedury antyzamrożeniowej przez układ sterowania (np. według zadanej granicznej temperatury zewnętrznej) – można zastosować nagrzewnicę wstępną o mniejszej mocy i uzyskać niższy pobór energii elektrycznej, jednak może dochodzić do okresowego powstawania podciśnienia w budynku;
- ♦ wykorzystanie obejścia wymiennika (by-passu) zimą jako zabezpieczenia antyzamrożeniowego powinno być ostatecznością, jeśli wystąpią problemy z działaniem innych procedur;
- ♦ działanie gruntowego (powietrznego lub przeponowego) wymiennika ciepła może być procedurą antyzamrożeniowego wyłączającą lub ograniczającą działanie układu zabudowanego w centrali wentylacyjnej, jednak zwykle wiąże się z rozbudową instalacji o dodatkowe elementy.

1.3.2 Przewody wentylacyjne

Przewody służące do transportowania powietrza. W instalacjach rekuperacyjnych wyróżnia się cztery typy przewodów:

- ♦ przewód czerpny – łączy czerpnię powietrza z centralą wentylacyjną, transportuje powietrze zewnętrzne do centrali, gdzie jest ono poddawane obróbce termicznej i jakościowej,
- ♦ przewody nawiewne – prowadzą od centrali wentylacyjnej do elementów nawiewnych w pomieszczeniach mieszkalnych, transportują powietrze, które zostało już poddane obróbce termicznej i jakościowej,
- ♦ przewody wywiewne – prowadzą od elementów wywiewnych zlokalizowanych w pomieszczeniach sanitarnych i pomocniczych do centrali wentylacyjnej, transportują powietrze niosące ze sobą wilgoć i zanieczyszczenia,
- ♦ przewód wyrzutowy – zlokalizowany pomiędzy centralą wentylacyjną a wyrzutnią umieszczoną na dachu budynku lub na ścianie, transportuje na zewnątrz budynku powietrze, z którego odzyskano już energię cieplną w centrali wentylacyjnej.

W budownictwie mieszkaniowym w instalacjach wentylacyjnych używa się przewodów stalowych, a także płyt lub gotowych przewodów i kształtek z wełny mineralnej szklanej lub skalnej, które spełniają wszystkie przepisy w zakresie odporności ogniowej oraz dopuszcza się do stosowania materiały instalacyjne takie jak EPP, EPS, HDPE i inne dopuszczone do stosowania w wentylacji – zgodnie z Dziennikiem Ustaw nr 75 z późniejszymi zmianami, Rozporządzenie Ministra Infrastruktury (tekst jednolity z dnia 15 kwietnia 2022) r., w *sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* (§267).

W budynkach mieszkalnych jednorodzinnych stanowiących jeden lokal mieszkalny nie obowiązuje wymóg wykonania przewodów wentylacyjnych z materiałów niepalnych. W budynkach mieszkalnych jednorodzinnych dwulokalowych lub z jednym lokalem mieszkalnym i usługowym lub w ramach jednego lokalu mieszkalnego w budownictwie wielorodzinnym, przewody wentylacyjne muszą spełniać klasę odporności na ogień minimum E. Wentylację w mieszkaniu w budynku wielorodzinnym można zatem wykonać z przewodów innych niż stalowe, jednak w przypadku instalacji prowadzonej poza pojedynczym lokalem należy spełnić wymogi stosowania przewodów z materiałów niepalnych. W przypadku przejścia instalacji przez przegrody strefy pożarowej należy stosować kłapy pożarowe o odpowiedniej odporności ogniowej.

1.3.2.1 Przewody z tworzyw sztucznych

Do najbardziej popularnych tworzyw sztucznych stosowanych w instalacjach wentylacyjnych można zaliczyć:

- ◆ EPP (spieniony polipropylen) – termoplastyczne tworzywo sztuczne, które jest lekkie i ma dobre właściwości termoizolacyjne, przez co jest szeroko stosowane w różnych branżach. Jest też odporne na uderzenia i uszkodzenia mechaniczne.
- ◆ EPS (spieniony polistyren, powszechnie znany jako styropian) – tworzywo sztuczne równie lekkie jak EPP i o podobnych właściwościach termoizolacyjnych. Ma jednak gorsze właściwości mechaniczne – jest bardziej kruche. Przewody i kształtki z EPP i EPS o typowych średnicach 125-200 mm mogą służyć do rozprowadzenia głównych ciągów kanałów nawiewnych i wywiewnych. Przy zastosowaniu przewodów o grubszych ściankach można je stosować jako kanały czerpni i wyrzutni.
- ◆ HDPE (polietylen o wysokiej gęstości) – elastyczny materiał, w rekuperacji często stosowany do łączenia rozdzielaczy z puszkami rozprężnymi. Stosunkowo małe średnice (50, 63, 75 oraz 90 mm) pozwalają ukryć instalację w stropach, wylewkach lub sufitach podwieszanych. Może mieć wewnętrzną powłokę higieniczną, która zapobiega rozwojowi pleśni i grzybów w instalacji.

1.3.3 Elementy nawiewne

Elementy końcowe instalacji wentylacyjnej służące do wprowadzania powietrza świeżego do budynku.

Ich konstrukcja powinna umożliwiać regulację lub zawierać elementy dodatkowe, które pozwolą na osiągnięcie założonych wartości przepływów powietrza, oraz kształt zapewniający w danych warunkach prawidłowy napływ powietrza do pomieszczenia w danych warunkach. Ma to duże znaczenie w prawidłowym ulokowaniu konkretnych typów nawiewników.

1.3.4 Elementy wywiewne

Elementy końcowe instalacji wentylacyjnej służące do wyprowadzania powietrza z pomieszczeń.

Ich konstrukcja powinna umożliwiać regulację lub zawierać elementy dodatkowe, które pozwolą na osiągnięcie założonych wartości przepływów powietrza. Powinny być zawsze zlokalizowane w możliwie najwyższym punkcie pomieszczenia.

1.3.5 Czerpnia

Element początkowy instalacji umieszczony w ścianie, w dachu lub w sąsiedztwie budynku. Zadaniem czerpni jest pobieranie świeżego powietrza o możliwie najwyższej czystości. Musi być ona właściwie zabezpieczona przed przedostawaniem się do niej jakichkolwiek niepożądanych elementów z zewnątrz, np. liści.

I.3.6 Wyrzutnia

Element końcowy instalacji w ścianie budynku, na dachu lub na terenie przylegającym (wyrzutnia terenowa), którego zadaniem jest odprowadzanie z budynku zużytego powietrza. Musi być właściwie zabezpieczony przed przedostawaniem się do niego jakichkolwiek niepożądanych elementów z zewnątrz.

I.3.7 Zabezpieczenia instalacji

Rozwiązania chroniące instalację przed grawitacyjnym przepływem powietrza podczas jej przerwy w pracy.

Jeśli regularnie występują zaniki napięcia lub planowane są regularne przestoje pracy instalacji wentylacyjnej, warto zabezpieczyć instalację przed grawitacyjnym przepływem powietrza (szczególnie zimą, kiedy brak pracy wentylatorów i układu odzysku ciepła może skutkować wykropleniem wilgoci w dowolnym elemencie instalacji), wykorzystując jedno z następujących rozwiązań:

- ♦ automatyczne przepustnice odcinające – wyposażone w siłownik ze sprężyną powrotną gwarantującą zamknięcie przepustnicy w razie zaniku napięcia lub wyłączenia pracy systemu, zabudowane w ciągu przewodów czerpnego i wyrzutowego;
- ♦ ręczne przepustnice odcinające – zabudowane w ciągu przewodów czerpnego i wyrzutowego rozwiązanie tańsze, lecz wymagające ręcznego ustawienia przepustnicy w pozycji zamkniętej;
- ♦ fizyczne zablokowanie przepływu powietrza przez czerpnie i wyrzutnie powietrza.

UWAGA: Automatyczne przepustnice odcinające na przewodzie czerpny i wyrzutowy należy także zastosować w przypadku wymienników wodnych, w których nie zastosowano domieszek substancji niezamarzającej (solanka, glikol), układ należy zabezpieczyć przed grawitacyjnym przepływem powietrza, stosując rozwiązania wskazane powyżej. Zimą w okresie przestoju wentylatorów i układu odzysku ciepła (np. w przypadku zaniku napięcia), czynnik grzewczy w wymienniku wodnym może zamarznąć i spowodować rozszczenie wymiennika, jego zniszczenie i wysokie koszty naprawy.

I.4 Dodatkowe elementy systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Elementy uzupełniające pracę instalacji wentylacyjnej i umożliwiające dodatkowe uzdatnienie powietrza.

Każde z opisanych poniżej urządzeń dodatkowych zamontowanych w instalacji powoduje zwiększenie oporów przepływu. Zatem dobierając wielkość urządzeń do wydatku powietrza, należy kierować się raczej powstającymi stratami ciśnienia niż średnicą/wymiarem elementu przyłączeniowego. Dodanie dużej liczby urządzeń (lub jednego urządzenia powodującego duże straty ciśnienia)

może spowodować konieczność ponownego doboru centrali wentylacyjnej z uwzględnieniem całkowitych strat ciśnienia, (więcej informacji w rozdziale **2.12 Przybliżone obliczenia strat ciśnienia w instalacji**).

1.4.1 Gruntowy wymiennik ciepła (GWC)

Instalacja wspomagająca i uzupełniająca instalację wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Świeże powietrze czerpane z zewnątrz, zanim dotrze do instalacji wentylacyjnej wewnątrz budynku, przepływa przez GWC umieszczony na odpowiedniej głębokości w gruncie sąsiadującym z budynkiem.

Wymiennik gruntowy wykorzystuje energię cieplną zmagazynowaną w gruncie, którego temperatura na głębokości ok. 1,5 m poniżej rzędnej terenu oscyluje na poziomie ok. 8°C. Zimą GWC służy do wstępnego podgrzewania powietrza (działa jako dodatkowy system antyzamrozeniowy – por. punkt 1.3.1.5), a latem schładza powietrze nawiewane do pomieszczeń.

Wśród dostępnych na rynku rozwiązań GWC można wymienić wymienniki powietrzne:

- ♦ rurowe (transport powietrza odbywa się specjalną rurą),
- ♦ płytowe (transport powietrza odbywa się przez strukturę płytową),
- ♦ żwirowe (transport powietrza odbywa się przez warstwę żwiru).

Powietrze pełni funkcję medium dla energii cieplnej przekazywanej przez wymiennik. Spotyka się także wymienniki glikolowe (takie same jak stosuje się do pomp ciepła), gdzie ciepło z gruntu przekazywane jest najpierw do zamkniętego układu glikolowego, a potem do powietrza.

GWC najlepiej przewidzieć w momencie sporządzania projektu budynku. Wynika to przede wszystkim z konieczności określenia przestrzeni wymaganej do ułożenia GWC w gruncie, wskazania miejsca wejścia wymiennika do budynku oraz usytuowania czerpni powietrza. W projekcie należy określić moc grzewczą i chłodniczą wymiennika.

UWAGA: Gruntowy wymienniki ciepła nie pełni funkcji klimatyzacji budynku.

1.4.2 Elementy grzewcze

Dodatkowe wtórne nagrzewnice powietrza (wodne lub elektryczne) instalowane najczęściej w przewodzie nawiewnym (poza centralą), służące do podgrzania powietrza dostarczanego do pomieszczeń. Pełnią funkcję poprawiającą warunki komfortu.

UWAGA: W przypadku nagrzewnic wodnych zasilanych czynnikiem bez domieszki substancji nie-zamarzającej, układ wymaga odpowiedniego zabezpieczenia (więcej informacji w punkcie 1.3.7).

1.4.3 Elementy chłodzące

Dodatkowe chłodnice powietrza instalowane najczęściej w przewodzie nawiewnym (poza centralą), służące do schłodzenia powietrza wentylacyjnego jako elementy wspomagające wentylację mechaniczną.

UWAGA: Z uwagi na stosunkowo małą wielkość (objętość) strumieni powietrza nie pełnią one funkcji klimatyzacji budynku, jedynie mogą pełnić funkcję wspomagającą jego chłodzenie.

1.4.4 Pompy ciepła jako element grzewczy lub chłodzący powietrze wentylacyjne

Pełnią one te same funkcje, co wymienione powyżej elementy grzewcze lub chłodzące, przy dużo wyższej efektywności.

Należy zaznaczyć, że zarówno sama centrala wentylacyjna z odzyskiem ciepła, jak również wyposażenie jej w opisane powyżej elementy dodatkowe, stanowią tylko ewentualne uzupełnienie systemu grzewczo-klimatyzacyjnego budynku.

1.4.5 Nawilzacze powietrza

Urządzenia kanałowe umożliwiające regulację ilości wilgoci zawartej w powietrzu nawiewanym do pomieszczeń.

W Polsce w budynkach ze sprawnie działającą instalacją zimą pojawia się problem niskiego poziomu wilgotności powietrza, który dzięki wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła i dodatkowym urządzeniem w instalacji można złagodzić.

Pierwszym wyborem powinien być wymiennik zapewniający odzysk nie tylko ciepła, ale także wilgoci (więcej informacji w punkcie 1.3.1.1) – poprawi on sytuację pod warunkiem, że w budynku będzie wytwarzana odpowiednia ilość wilgoci (np. w kuchniach lub łazienkach). Jeśli jednak ilość ta jest niewystarczająca, technicznie możliwy jest montaż nawilzacza powietrza w kanale nawiewnym za rekuperatorem. Chociaż rozwiązanie to znacznie zwiększa komfort, wiąże się z wyraźnym zwiększeniem zużycia energii.

Instalacje rekuperacji najczęściej współpracują z następującymi rodzajami nawilzaczy:

- ◆ nawilzacze adiabatyczne, w których zwiększanie wilgoci następuje przez swobodne odparowanie wody na odpowiednim złożu, powodują również obniżenie temperatury powietrza nawiewanego, zatem należy je uzupełnić o nagrzewnicę umieszczoną przed nawilzaczem oraz o układ regulacji – tak, aby powietrze po przejściu przez nawilzacz miało odpowiednią wilgotność i temperaturę. Nawilzacze te powinny być wyposażone w rozwiązania zabezpieczające przed rozwojem bakterii legionella (np. filtr). Nawilzacze adiabatyczne to rozwiązanie kompromisowe – łączą rozsądne koszty eksploatacji z dobrą skutecznością, która jednak wyraźnie zależy od mocy nagrzewnicy, wydajności nawilżania i sprawności odparowania, a także od warunków zewnętrznych;
- ◆ nawilzacze parowe, które działają poprzez doprowadzenie wody do wrzenia. Ze względu na wyższy pobór energii powodują wyższe koszty eksploatacji w porównaniu do urządzeń adiabatycznych, jednak nie wymagają dodatkowej ochrony przed Legionellą, działają stabilnie, a przy prawidłowym doborze zapewniają oczekiwaną wartość wilgotności.

UWAGA: Efekt nawilżania w instalacji wentylacyjnej może być zakłócany w budynkach o dużym współczynniku infiltracji powietrza – napływ powietrza poprzez mikronieszczelności będzie powodował obniżenie wilgotności powietrza w poszczególnych pomieszczeniach.

1.4.6 Dodatkowa filtracja powietrza

Najczęściej dodatkowe filtry mechaniczne lub hybrydowe wylapujące cząstki pyłu zawieszonego i inne zanieczyszczenia fizyczne, chemiczne i mikrobiologiczne, stosowane jako drugi stopień oczyszczania powietrza, optymalnie montowane są za centralą na kanale nawiewnym.

Na terenach silnie zanieczyszczonych lub w przypadku wysokiej wrażliwości mieszkańców domu na zanieczyszczenia fizyczne, chemiczne lub mikrobiologiczne, standardową filtrację G4 (ISO coarse) lub F7 (ISO ePM1) można uzupełnić o kanałowe filtry dodatkowe. Na rynku dostępna jest ich bogata oferta:

- ◆ rozwiązania klasyczne wykorzystujące filtrację mechaniczną, obejmujące np. filtry płaskie lub kieszeniowe o klasach filtracji F7-F9 (ePM1 70-90%);
- ◆ filtry hybrydowe łączące filtrację mechaniczną, np. z adsorpcją lotnych związków organicznych oraz zanieczyszczeń odorowych dzięki warstwie węgla aktywnego, z filtracją elektrostatyczną czy z uzdatnianiem powietrza za pomocą procesu fotokatalizy lub promieniowania UV;
- ◆ filtry absolutne (EPA/HEPA) o klasach E10-H13.

Oczyszczanie powietrza nierozzerwalnie wiąże się ze zużyciem energii. Urządzenia elektrostatyczne, fotokatalizacyjne czy lampy UV nie powodują dużych strat ciśnienia, nie wpływają więc znacząco na zużycie energii przez wentylator, jednak same wymagają zasilania elektrycznego. W przypadku filtracji mechanicznej o energochłonności decyduje strata ciśnienia na filtrze – z reguły im wyższa klasa filtracji, tym wyższa strata ciśnienia, która dodatkowo wzrasta przy zabrudzeniu filtra w czasie eksploatacji. Istotne jest tu znalezienie złotego środka – filtra o możliwie wysokiej skuteczności filtracji i umiarkowanym zużyciu energii. Stosując filtry dodatkowe, należy zatem:

- ◆ zastosować filtrację kaskadową – filtr wstępny do zatrzymania większych frakcji zanieczyszczeń, a za nim filtr dokładny, co zapewnia dłuższą żywotność poszczególnych filtrów;
- ◆ sprawdzić opory przepływu filtra i porównać je ze sprężem dyspozycyjnym rekuperatora – dobór takiego filtra może wymagać większej centrali, dla której zapas ciśnienia [Pa] musi być wystarczający do pokonania oporów przepływu całej instalacji z dodatkowym filtrem. Należy uwzględnić także pracę centrali przy zwiększonych wydatkach związanych z zanieczyszczeniem filtra dodatkowego.

UWAGA: Ze szczególną ostrożnością należy podchodzić do filtrów klasy EPA/HEPA, cechujących się bardzo wysoką skutecznością, jednak kosztem znaczących strat ciśnienia, nierzadko równym stratom na całej sieci przewodów. Rozwiązanie to rzadko znajduje zainteresowanie wśród użytkowników rekuperacji domowej.

Więcej informacji o filtracji w instalacjach rekuperacyjnych zawarto w podrozdziale I.3. I.4 *Filtry powietrza*

I.4.7 Tłumiki akustyczne

Są montowane na przewodach wentylacyjnych tłumiące dźwięk pochodzący od centrali. Hałas powodowany przez centralę przenoszony jest nie tylko poprzez obudowę, ale też poprzez przewody wentylacyjne. Spełnienie przez instalację wymogów aktualnej normy akustycznej wymaga wyposażenia jej w tłumiki, których liczba i wielkość zależy od hałasu wytwarzanego przez centralę. Dane akustyczne centrali – potocznie nazywane widmem hałasu – w rozbiciu na częstotliwości od 63 do 8000 Hz dla kilku lub kilkunastu trybów pracy należy zestawić z analogicznymi danymi tłumienności tłumików. Dzięki temu po zastosowaniu odpowiedniej metodologii obliczeń można dobrać tłumik do centrali lub do parametrów głośności ustalonych przez projektanta instalacji. Dobór tłumików należy wykonać również dla instalacji pomiędzy czerpnią a centralą i wyrzutnią a centralą – pozwoli to zapewnić dopuszczalny poziom dźwięku emitowany do otoczenia.

2. PROJEKTOWANIE SYSTEMU WENTYLACJI MECHANICZNEJ Z ODZYSKIEM CIEPŁA

2.1 Uproszczona procedura doboru centrali do instalacji

- ♦ Wyznaczenie ilości powietrza dla poszczególnych pomieszczeń w budynku.
- ♦ Ustalenie miejsc nawiewu i wywiewu powietrza. Zaplanowanie tras przewodów wentylacyjnych i pozostałych elementów instalacji (skrzynek rozdzielaczowych, tłumików akustycznych, filtra kanałowego itp.).
- ♦ Wytypowanie najbardziej niekorzystnej trasy (najczęściej najdłuższej lub o najbardziej skomplikowanej geometrii, o największych oporach przepływu powietrza).
- ♦ Określenie elementów najbardziej niekorzystnej trasy – należy uwzględnić elementy od czerpni/wyrzutni do ostatniego elementu nawiewnego/wyciągowego.
- ♦ Obliczenie i zsumowanie spadków ciśnienia na poszczególnych elementach instalacji w odniesieniu do projektowanego strumienia powietrza, zgodnie z wytycznymi producentów. Należy zsumować wszystkie pozycje – otrzymuje się w ten sposób przybliżoną wartość oporów przepływu instalacji.

Na podstawie obliczonych oporów przepływu powietrza należy dobrać centralę o takich parametrach, aby zapewniała zarówno odpowiednie ciśnienie, jak i wielkość przepływu powietrza. Charakterystyka urządzeń wyznaczana jest dla czystych filtrów powietrza, zatem warto uwzględnić odpowiedni zapas. Przy wyborze konkretnego modelu rekuperatora pomocna może być wartość strumienia referencyjnego, podana w karcie produktu.

2.2 Projekt

System wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła powinien zostać wykonany na podstawie projektu budowlanego domu. Projekt instalacji wentylacyjnej powinien zawierać co najmniej: obliczenia bilansu powietrza, sposób prowadzenia i średnice kanałów wentylacyjnych, umiejscowienie centrali wentylacyjnej, czerpni, wyrzutni, elementów nawiewnych i wywiewnych, parametry centrali wentylacyjnej, wskazanie możliwych do usunięcia kanałów wentylacji grawitacyjnej. W opisie technicznym powinien się znaleźć sposób i zasada działania systemu wentylacji mechanicznej, rodzaj i typ projektowanych materiałów, dane techniczne urządzeń.

Brak projektu uniemożliwia zbudowanie dobrze działającej instalacji i zachowanie parametrów takich jak: ilość wymienianego powietrza, prędkość przepływu powietrza, głośność pracy instalacji.

2.3 Zalecana intensywność wymiany powietrza

Strumienie powietrza wentylacyjnego powinny być zgodne z Dziennikiem Ustaw nr 75 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r., w sprawie warunków

technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami oraz z PN-83/B-03430/Az3 *Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania.*

Instalacja wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła powinna być tak zaprojektowana, by umożliwić osiągnięcie w każdych warunkach i w okresie całego roku przynajmniej wartości, które podane są w wyżej wymienionym dokumencie. Umożliwi to dopasowanie wydajności systemu do bieżących potrzeb użytkowników. Zalecane wymiany powietrza dla poszczególnych pomieszczeń podaje poniższa tabela, w której uwzględniono polskie normy i wieloletnie doświadczenie firm instalacyjnych.

UWAGA: Z powodu zróżnicowania poczucia komfortu różnych użytkowników zaleca się projektowanie systemów wentylacji wg wartości zamieszczonych w poniższej tabeli w kolumnie „WARTOŚCI ZALECANE”

Lp.	Rodzaj pomieszczenia i przeznaczenie	WARTOŚCI NORMOWE (minimalne)		WARTOŚCI ZALECANE	
		Strumień powietrza nawiewanego	Strumień powietrza wywiewanego	Krotność wymiany* lub strumień powietrza	
		A		B	
		Należy stosować największą z kolumn A lub B			
		[m ³ /h]	[m ³ /h]	–	
1	Kuchnia zamknięta wyposażona w kuchenkę gazową	70**	70	2	
2	Kuchnia otwarta wyposażona w kuchenkę gazową	–	70	2	
3	Kuchnia zamknięta wyposażona w kuchenkę elektryczną	–	50	2	
4	Kuchnia otwarta wyposażona w kuchenkę elektryczną	–	50	2	
5	Łazienka	–	50	2-3	
6	WC (bez wanny lub kabiny prysznicowej)	–	30	2-3	
7	Pomieszczenia typu wiatrołap oraz pom. pomocnicze typu garderoba, spiżarnia	–	15	1	
8	Klatka schodowa	–	–	minimum 50 m ³ /h	
9	Pralnia/suszarnia/pomieszczenia rekreacyjne	–	–	2	
10	Pomieszczenia mieszkalne: pokój, salon, sypialnia gabinet	20/os.	–	1	
11	Strych (w przypadku kiedy nie jest jasno określone jego przeznaczenia)	–	–	1	
12	Garaż, kotłownia, pom. techniczne, pom. gospodarcze	wentylacja grawitacyjna lub inna zgodnie ze szczegółowymi przepisami			

* Krotność wymiany powietrza jest to parametr określający, ile razy w ciągu godziny cała objętość powietrza w danym pomieszczeniu jest wymieniana

**zalecane zgodnie z „Wytycznymi” Stowarzyszenia Polska Wentylacja

Dla wszystkich pomieszczeń kryterium doboru ilości powietrza powinna być wartość większa z kolumny A i B (krotność wymian przeliczona na m^3/h), np. dla kuchni o kubaturze 50 m^3 projektowana wydajność wentylacji wynikająca z kolumny A (wartości normowe) powinna wynosić $70 \text{ m}^3/\text{h}$, a obliczona na podstawie krotności wymian powietrza $100 \text{ m}^3/\text{h}$. Zalecane jest przyjęcie wartości większej, czyli w tym przypadku $100 \text{ m}^3/\text{h}$ (dwie wymiany na godzinę).

Dla pomieszczeń mieszkalnych (pokoje, salony, sypialnie) minimalna wydajność wentylacji to $20 \text{ m}^3/\text{h}$ na osobę. Przykładowo dla małej sypialni o kubaturze $30 \text{ m}^3/\text{h}$ przewidzianej dla dwóch osób wydajność powinna wynosić zgodnie z kolumną A nie mniej niż $40 \text{ m}^3/\text{h}$ z kolumny B – $30 \text{ m}^3/\text{h}$. Zaleca się wybranie wielkości większej, czyli w tym przypadku $40 \text{ m}^3/\text{h}$.

W kuchni powinna być zapewniona możliwość okresowego podnoszenia wydajności wentylacji do poziomu $120 \text{ m}^3/\text{h}$ w chwili przygotowania posiłków. Wydajność tę można uzyskać przez system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła lub system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła i pracujący równolegle okap kuchenny.

Aby zapewnić odpowiednią ilość powietrza we wszystkich pomieszczeniach, wielkość centrali wentylacyjnej należy dobierać do większej sumy nawiewu lub sumy wyciągu przy zachowaniu wartości zbilansowanej (nawiew = wywiew). Zaprojektowanie systemu wentylacji o zbyt małej wydajności powietrza może powodować uczucie dyskomfortu, szczególnie w okresach podwyższonej wilgotności powietrza. Konieczne jest dobre rozpoznanie potrzeb inwestora, ponieważ niektóre domy mają pomieszczenia rzadko wykorzystywane. Krótkookresowo jest tam potrzebne zwiększenie intensywności wentylacji. W pozostałym czasie pomieszczenia są praktycznie wyłączane z użytkowania, np. kino domowe. W takich przypadkach zasadne jest zrobienie strefowania i krótkookresowe zwiększanie intensywności wentylacji podczas użytkowania. Dobór ilości powietrza wykonuje się na podstawie takich parametrów jak np. liczba osób, potencjalne zyski wilgoci lub usuwanie zanieczyszczeń, np. dymu papierosowego z domowej palarni.

Dla zobrazowania zasad doboru przedstawiono poniżej dwa przykłady:

Przykład I

Nr pom.	Nazwa pom.	Powierzchnia pom. [m^2]	Kubatura pom. [m^3]	Nawiew [m^3/h]	Wywiew [m^3/h]	Krotność
1	Salon	36,0	99	100	–	1,0
2	Gabinet	12,0	33	40	–	1,2
3	Kuchnia	15,0	41	–	90	2,1
4	Spizarnia	3,0	8	–	15	1,8
5	WC	3,0	8	–	30	3,6
6	Pokój	16,0	44	50	–	1,1
Suma		85,0	233	190	135	

Powyższy przykład obrazuje, że spełnione są wszystkie wymagania dla poszczególnych pomieszczeń, jednak strumień powietrza nawiewanego jest o 55 m³/h większy od strumienia powietrza wywiewanego, w związku z tym dla optymalnego spełnienia wymagań komfortu w pokojach należy podnieść strumień powietrza wywiewanego z pomieszczeń.

Jedna z kilku możliwych propozycji zbilansowania systemu wygląda tak:

Nr pom.	Nazwa pom.	Powierzchnia pom. [m ²]	Kubatura pom. [m ³]	Nawiew [m ³ /h]	Wywiew [m ³ /h]	Krotność
1	Salon	36,0	99	100	–	1,0
2	Gabinet	12,0	33	40	–	1,2
3	Kuchnia	15,0	41	–	120	2,9
4	Spiżarnia	3,0	8	–	20	2,4
5	WC	3,0	8	–	50	6,1
6	Pokój	16,0	44	50	–	1,1
Suma		85,0	233	190	190	

Przykład 2

Nr pom.	Nazwa pom.	Powierzchnia pom. [m ²]	Kubatura pom. [m ³]	Nawiew [m ³ /h]	Wywiew [m ³ /h]	Krotność
1	Salon	25,0	69	70	–	1,0
2	Gabinet	10,0	28	40	–	1,5
3	Kuchnia	14,0	41	–	80	2,1
4	Spiżarnia	3,0	8	–	15	1,8
5	WC	3,0	8	–	30	3,6
6	Garderoba	4,0	11	–	15	1,4
Suma		59,0	165	110	140	

W przykładzie 2 również mamy prawidłowe ilości w poszczególnych pomieszczeniach, ale strumień powietrza nawiewanego jest mniejszy o 30 m³/h od strumienia powietrza wywiewanego. Aby zapewnić wszędzie wartości minimalne, i jednocześnie zagwarantować efekt zrównoważonego ciśnienia w budynku, należy zwiększyć strumień powietrza nawiewanego.

Nr pom.	Nazwa pom.	Powierzchnia pom. [m ²]	Kubatura pom. [m ³]	Nawiew [m ³ /h]	Wywiew [m ³ /h]	Krotność
1	Salon	25,0	69	100	–	1,5
2	Gabinet	10,0	28	40	–	1,5
3	Kuchnia	14,0	41	–	80	2,1
4	Spizarnia	3,0	8	–	15	1,8
5	WC	3,0	8	–	30	3,6
6	Garderoba	4,0	11	–	15	1,4
Suma		59,0	165	140	140	

2.4 Lokalizacja centrali wentylacyjnej

Zaleca się lokalizowanie urządzeń w pomieszczeniach ogrzewanych lub dobrze izolowanych o dodatniej temperaturze wewnętrznej w ciągu całego roku.

Ma to wpływ na efektywność pracy systemu zarówno w okresie zimowym, jak i letnim. Chroni powietrze nawiewane przed nadmiernym wychładzaniem zimą i nagrzewaniem latem.

Dopuszczalne jest montowanie urządzeń w pomieszczeniach o ujemnej temperaturze pod warunkiem, że producent dopuszcza takie zastosowanie (odpowiednia warstwa izolacji cieplnej w obudowie). W takim wypadku odpływ skroplin z centrali należy zabezpieczyć kablem grzejmym.

2.5 Regulacja systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

System wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła powinien umożliwiać regulację wielkości strumieni powietrza wentylacyjnego w zależności od bieżącego zapotrzebowania (przynajmniej regulacja trójstopniowa). Brak możliwości regulacji centrali wentylacyjnej będzie powodował niepotrzebne zużycie energii w czasie nieużytkowania budynku. W okresie zimowym może dochodzić do nadmiernych strat ciepła związanych ze zbyt intensywną, w stosunku do potrzeb, wymianą powietrza w budynku.

2.6 Prowadzenie instalacji

Przewody wentylacyjne powinny być prowadzone w miarę możliwości przez pomieszczenia ogrzewane lub przez pomieszczenia izolowane o temperaturze różniącej się od temperatury powietrza przesyłanego o nie więcej niż o 12°C. Dopuszcza się prowadzenie instalacji wentylacyjnej przez pomieszczenia o znacznie niższej lub znacznie wyższej temperaturze pod warunkiem odpowiednio grubej izolacji (pkt. 2.9). Trasę prowadzenia przewodów należy wyznaczyć tak, by możliwe było wykonanie zabudowy i żeby nie dochodziło do kolizji z innymi instalacjami.

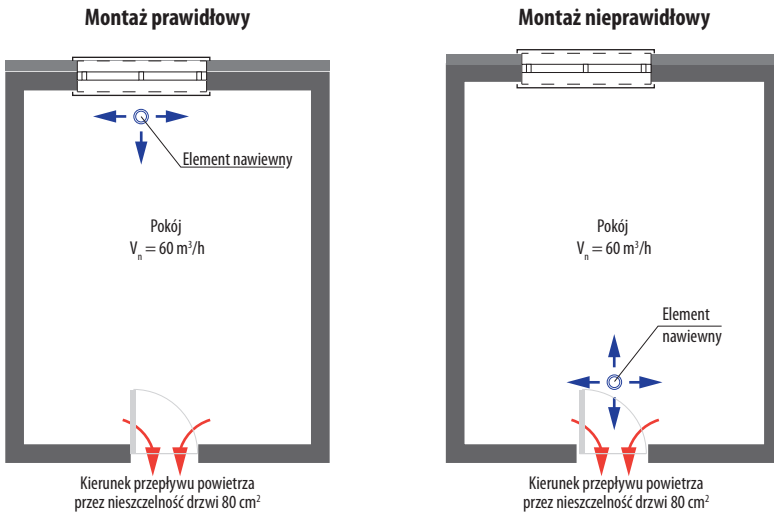
Każde prowadzenie instalacji przez pomieszczenia o znacznie niższej/wyższej temperaturze niż powietrze przetłaczane powoduje niepożądane wychładzanie lub ogrzewanie powietrza w w instalacji.

2.7 Rozmieszczenie nawiewników

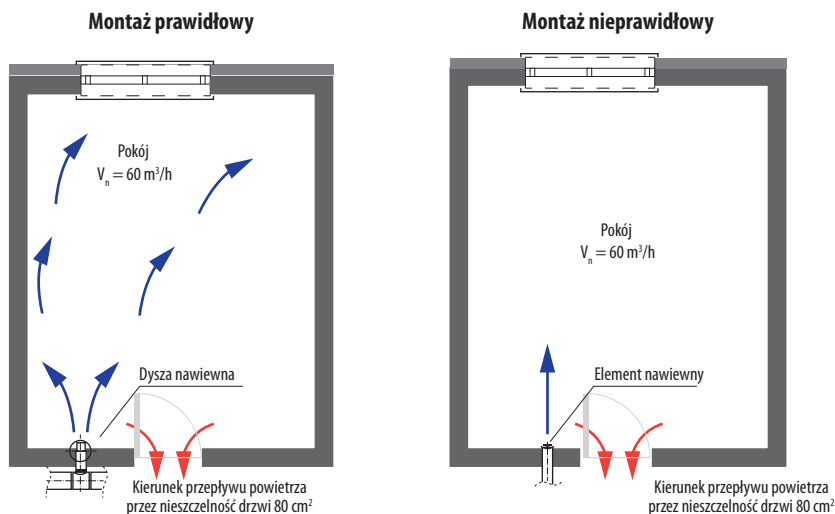
Rozmieszczenie nawiewników powinno pozwolić na wentylację pomieszczeń w całej ich kubaturze poprzez odpowiednie ich usytuowanie i dobór, np. anemostaty i kratki nawiewne powinny się montować możliwie najdalej od drzwi wejściowych do pomieszczenia (wyjątek stanowią dysze nawiewne). Nawiew powietrza może być realizowany z poziomu podłogi, sufitu lub ze ściany. Najbardziej efektywne jest stosowanie nawiewu w górnej strefie pomieszczenia. Wywiewy również powinny być umieszczone zawsze w górnej strefie pomieszczeń (ściana, sufit). Takie umiejscowienie elementów nawiewnych i wywiewnych powoduje prawidłową cyrkulację powietrza w pomieszczeniu. W przypadku pomieszczeń o różnej wysokości (np. skosy na poddaszach) zaleca się montowanie elementów wywiewnych w najwyższym punkcie.

W przypadku pomieszczeń o wysokości większej niż 3 m elementy nawiewne należy lokalizować w strefie przebywania ludzi, czyli do wysokości 3 m

Przykłady



Przykłady



Nieprawidłowa lokalizacja lub zastosowanie niewłaściwych elementów nawiewnych i wywiewnych może spowodować brak odpowiedniego przepływu powietrza w pomieszczeniach wentylowanych.

2.8 Lokalizacja czepni i wyrzutni

Lokalizacja czepni i wyrzutni powinna być zgodna z Dz.U. Nr 75 *Rozporządzenie ministra infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie* z dnia 12.02.2002 z późniejszymi zmianami w Dz. U. nr 56 z dnia 12 marca 2009 rozdział 6 *Wentylacja i klimatyzacja*.

Czepnie powietrza w instalacjach wentylacji powinny być zabezpieczone przed opadami atmosferycznymi i działaniem wiatru oraz być zlokalizowane w sposób umożliwiający pobieranie w danych warunkach jak najczystsze i, w okresie letnim, najchłodniejsze powietrze.

Czepni powietrza nie należy lokalizować w miejscach, w których istnieje niebezpieczeństwo napływu powietrza wywiewanego z wyrzutni.

Czepnie powietrza sytuowane na poziomie terenu lub na ścianie dwóch najniższych kondygnacji nadziemnych budynku powinny znajdować się w odległości co najmniej 8 m w rzucie poziomym od ulic i zgrupowania miejsc postojowych dla więcej niż 20 samochodów, miejsc gromadzenia odpadów stałych, wywiewek kanalizacyjnych oraz innych źródeł zanieczyszczenia powietrza.

Odległość dolnej krawędzi otworu wlotowego czerpni od poziomu terenu powinna wynosić co najmniej 2 m.

Dopuszcza się sytuowanie wyrzutni powietrza w ścianie budynku, pod warunkiem, że powietrze wywiewane nie zawiera uciążliwych zapachów oraz zanieczyszczeń szkodliwych dla zdrowia. Dodatkowo przeciwległa ściana sąsiedniego budynku z oknami znajduje się w odległości co najmniej 10 m lub bez okien w odległości co najmniej 8 m, okna znajdujące się w tej samej ścianie są oddalone w poziomie od wyrzutni co najmniej 3 m, a poniżej lub powyżej wyrzutni – co najmniej 2 m. Czerpnia powietrza, usytuowana w tej samej ścianie budynku, znajduje się poniżej lub na tym samym poziomie co wyrzutnia, w odległości co najmniej 1,5 m od niej.

2.9 Izolacja termiczna przewodów wentylacyjnych

System wentylacji z odzyskiem ciepła w domu jednorodzinnym to nie tylko sposób na prawidłowe wentylowanie pomieszczeń, lecz także spore oszczędności energetyczne. Istotna i niezbędna jest izolacja termiczna wszystkich przewodów, chroniąca przed kondensacją pary wodnej zarówno na ich powierzchni wewnętrznej, jak i zewnętrznej. Zalecaną grubość izolacji termicznej dla poszczególnych przewodów oraz dla różnej temperatury obrazuje poniższa tabela.

Przewody	Temperatura otoczenia rury		
	od +20°C do 15°C	od 14°C do 1°C	od 0°C do -20°C
	grubość izolacji dla danego przedziału temperatury		
	[mm]	[mm]	[mm]
nawiewne	20	50	20+(200)*
wywiewne	20	50	20+(200)*
czerpni	50	50	20
wyrzutni	20-30	20	20+(200)*

* izolacja wełną mineralną grubości 20 mm, pokrytą jednostronnie folią aluminiową + minimum 200 mm wełny mineralnej jako obłożenie lub obudowanie przewodów układanych na poddaszu niez izolowanym termicznie

W przypadku przewodów między centralą wentylacyjną i wywiewem dopuszcza się niez izolowanie tych odcinków. Jest to jednak dopuszczalne tylko wtedy, kiedy różnica temperatury między powietrzem przesyłanym a powietrzem otaczającym przewód wentylacyjny nigdy nie przekroczy 4°C. Minimalna grubość zastosowanej izolacji z wełny mineralnej powinna wynosić 20 mm.

Dbałość o izolację instalacji przekłada się na wyższy stopień efektywności energetycznej układu jako całości i na niektórych odcinkach zabezpiecza system przed powstawaniem wilgoci na powierzchni instalacji.

Brak izolacji, jej niewystarczająca grubość lub nieprawidłowe wykonanie to jedne z najczęstszych błędów montażowych mogących spowodować obniżenie sprawności wentylacji z odzyskiem ciepła, nawiewanie do pomieszczeń zimnego powietrza lub tworzenie skroplin na zewnątrz lub

wewnątrz przewodu. Użycie wełny mineralnej – najpopularniejszy sposób izolowania przewodów – jest jednak czasochłonne i wymaga dużego doświadczenia instalatora. Należy m.in. zachować pełną ciągłość izolacji, aby uniknąć mostków termicznych i zapobiec przyszłym problemom. Dlatego alternatywą wobec przewodów stalowych z izolacją jest zastosowanie przewodów wentylacyjnych z tworzyw sztucznych (więcej o takich przewodach w punkcie 1.3.2.1).

2.10 Prowadzenie przewodów wentylacyjnych i ich inspekcja

W zależności od zastosowanej technologii przewody wentylacyjne można poprowadzić w budynku na różne sposoby, jednak niezależnie od zastosowanego systemu przewody wentylacyjne należy przymocować trwale do przegród budowlanych. Wyróżnić można następujące systemy:

- ◆ prowadzone w warstwach podłogowych na stropie – przewody prowadzi się w warstwie izolacji akustycznej/termicznej, dzięki temu nie jest wymagana dodatkowa izolacja. Jest to najwygodniejszy i najczęściej stosowany sposób prowadzenia instalacji;
- ◆ prowadzone na poddaszu – przewody układa się na podłodze lub na elementach konstrukcji dachu. W przypadku prowadzenia w przestrzeni nieogrzewanej lub nieizolowanej, przewody wentylacyjne należy prawidłowo zabezpieczyć przed stratami energii powodowanymi przez oddziaływanie niskiej temperatury, np. poprzez umieszczenie przewodów pod materiałem izolacyjnym;
- ◆ podwieszane – przewody mocuje się do stropu obejmami lub taśmą montażową, wymagającymi późniejszego obudowania i zasłonięcia;
- ◆ prowadzone w elementach konstrukcyjnych – przewody można ułożyć w stropach monolitycznych pomiędzy siatkami zbrojeniowymi. Ze względu na ingerencję w element konstrukcyjny budynku, konieczne są ponowne obliczenia konstrukcyjne (ze szczególnym uwzględnieniem zagęszczenia rur w okolicach rozdzielaczy i miejsc przenoszących obciążenia stropu) wykonane przez konstruktora i pisemna akceptacja takiego rozwiązania przez osoby uprawnione.

2.11 Rozmieszczenie klap rewizyjnych

Rozmieszczenie klap rewizyjnych należy projektować, biorąc pod uwagę możliwość czyszczenia i inspekcji kamerą instalacji wentylacyjnej. Liczba klap rewizyjnych jest uzależniona od długości instalacji, przy czym należy je projektować w taki sposób, by zachować dostęp do każdego fragmentu instalacji z uwzględnieniem zastosowanych trójników i elementów regulacyjnych. Najczęściej spotykana długość elementów czyszczących wynosi 15-20 m.

2.12 Przybliżone obliczanie strat ciśnienia w instalacji

Dla każdego rozbudowanego systemu wentylacyjnego powinny być wykonane obliczenia strat ciśnienia, aby odpowiednio dobrać wielkość centrali wentylacyjnej. Choć systemy rekuperacji dla

domów jednorodzinnych i mieszkań zwykle są stosunkowo proste, centrale przeznaczone do tych obiektów bardzo często osiągają stosunkowo niewielki spręż. Zaleca się zatem przynajmniej szacunkowe obliczenia oporów przepływu (strat ciśnienia) w instalacji, aby poprawnie dobrać centralę. UWAGA: Przedstawione poniżej dane w tabeli i przykład to tylko jedna z możliwości.

Dane zebrano dla najpopularniejszego sposobu realizacji instalacji rekuperacyjnej w Polsce, tj. dla systemu rozdzielaczowego z zastosowaniem przewodów z tworzywa sztucznego. W przypadku innych systemów należy przeprowadzić podobną analizę, zbierając dane o każdym elemencie powodującym powstawanie strat ciśnienia.

Parametry strat ciśnienia elementów najczęściej występujących w systemach rekuperacji		
Element instalacji rekuperacyjnej	jednostkowe straty ciśnienia	
	zakres	wartość ze wskazanego zakresu lub według kart katalogowych (przykład)
Czerpnia powietrza ścienna z dużym rozstawem lamel, prędkość przepływu powietrza 2-3 m/s (przepływ 300 m ³ /h, średnica 200 mm)	20-70 Pa	38 Pa
Kanály główne do i od centrali (najczęstsze średnice 125-200 mm) – wybrano rurę spiro, prędkość przepływu $V_{max} = 5$ m/s	1,5 -2,5 Pa/m	2 Pa/m
Kształtki – kolana tłoczone $r/D = 1$, $V_{max} = 5$ m/s	2-4 Pa	3,3 Pa/szt.
GWC glikolowy	30-100 Pa	50 Pa
GWC rurowy $\varnothing 160-315$ mm, prędkość przepływu powietrza do 2,5 m/s (rury gładkie niekarbowane)	0,3-0,7 Pa/m	0,5 Pa/m
GWC rurowy $\varnothing 160-315$ mm, prędkość przepływu powietrza do 2,5 m/s (kolana)	0,7-1,2 Pa	1 Pa/szt.
GWC innej konstrukcji	wg danych producenta	
Filtr wstępny G4	10-50 Pa	30 Pa
Filtr kanałowy dokładny klasy F7	20-100 Pa	60 Pa
Filtr HEPA (niezalecany do małych urządzeń i domów jednorodzinnych)	150-300 Pa	-
Nawilżacz adiabatyyczny	10-100 Pa	35 Pa
Nagrzewnica / chłodnica wodna / freonowa	10-50 Pa	30 Pa
Przewód wentylacyjny dn 75 mm pomiędzy rozdzielaczem a skrzynką rozprężną, przykładowa prędkość przepływu powietrza 2,5 m/s (prędkości zalecana: 2-3 m/s)	1-2,5 Pa/m	1,5 Pa/m
Skrzynka rozprężna (przykład: 2×dn 75 mm /125 mm)	2-6 Pa	5 Pa
Rozdzielacz powietrza w systemach dystrybucji powietrza na przewodach tworzywowych	5-20 Pa	15 Pa
Zawór nawiewny 125 mm (przykładowy przepływ 70 m ³ /h, poziom otwarcia – średnio rozkręcony)	20-70 Pa	40 Pa
Zawór wywiewny 125 mm (przykładowy przepływ 70 m ³ /h, poziom otwarcia – średnio rozkręcony)	20-70 Pa	35 Pa

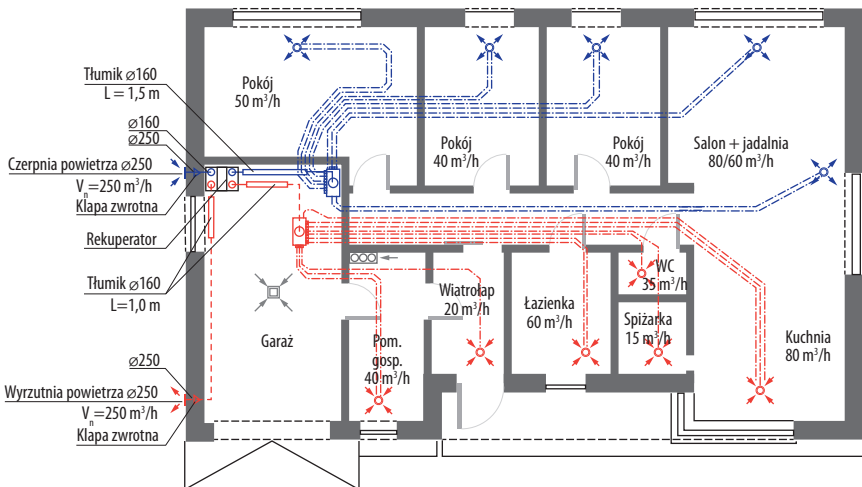
UWAGA: Przedstawione przykłady mogą być traktowane jedynie jako orientacyjna i przybliżona metoda szacowania strat ciśnienia.

W celu dokładnych obliczeń należy zapoznać się ze szczegółowymi danymi konkretnych producentów oraz dobrać wartości jednostkowe dla projektowanych przepływów.

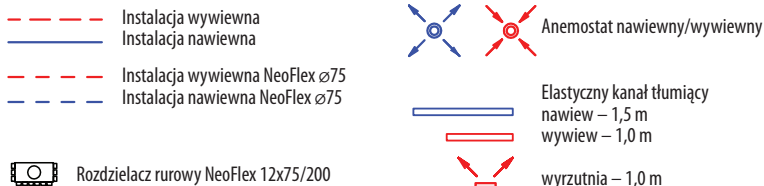
W przypadku braku dokładnych obliczeń należy przyjąć zapas ciśnienia w mocy dobieranego urządzenia.

PRZYKŁAD 1. INSTALACJA STANDARDOWA

Przykład szacunkowego obliczenia strat ciśnienia: instalacja standardowa				
I. Klasyczny system rozdzielaczy z centralą wentylacyjną bez urządzeń dodatkowych	straty ciśnienia – wartość jednostkowa [Pa]	liczba	jedn.	suma [Pa]
Czerpnia powietrza ścienna z dużym rozstawem lamel, prędkość przepływu powietrza 2-3 m/s (przepływ 300 m ³ /h, średnica 200 mm)	38	1	szt.	38
Przewody główne do i od centrali, najczęstsze średnice 125-200 mm – wybrano rurę spiro, prędkość przepływu powietrza $V_{max} = 5$ m/s	2	6	mb	12
Kształtki - kolana tłoczone $r/D = 1$, $V_{max} = 5$ m/s	3,3	5	szt.	16,5
Rura elastyczna dn 75 pomiędzy rozdzielaczem a skrzynką rozprężną, przykładowa prędkość przepływu powietrza 2,5 m/s	1,5	13,5	mb	20,25
Filtr wstępny G4 w rekuperatorze, średnio zabrudzony	1	30	szt.	30
Skrzynka rozprężna (przykład: 2 x dn 75 mm /125 mm)	5	1	szt.	5
Rozdzielacz powietrza w systemach dystrybucji powietrza na przewodach tworzywowych	13,5	1	szt.	13,5
Zawór wywiewny 125 mm (przykładowy przepływ 70 m ³ /h, poziom otwarcia – średnio rozkręcony)	40	1	szt.	40
				175,25 Pa



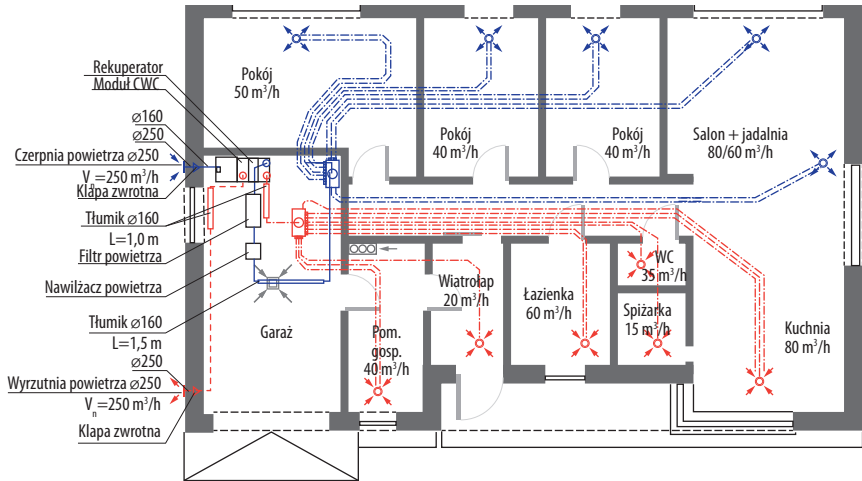
Legenda







Przykład standardowej instalacji wentylacyjnej wykonanej na potrzeby obliczenia strat ciśnienia w domu POD HEBANOWCEM 2 z pracowni Archon (<https://www.archon.pl>)

PRZYKŁAD 2. INSTALACJA WYPOSAŻONA W URZĄDZENIA DODATKOWE

Przykład szacunkowego obliczenia strat ciśnienia: instalacja wyposażona w urządzenia dodatkowe				
2. Klasyczny system rozdzielaczowy z centralą wentylacyjną, wyposażony w GWC, filtr kanałowy klasy F7 i nawilżacz adiabatyyczny	wartość jednostkowa strat ciśnienia [Pa]	liczba	jedn.	suma [Pa]
Czerpnia powietrza ścienna z dużym rozstawem lamel, prędkość przepływu powietrza 2-3 m/s (przepływ 300 m ³ /h, średnica 200 mm)	38,0	1	szt.	38,0
Przewody główne do i od centrali, najczęstsze średnice 125-200 mm – wybrano rurę spiro, prędkość przepływu powietrza $V_{max} = 5$ m/s	2,0	6	mb	12,0
Kształtki - kolana tłoczone $r/D = 1$, $V_{max} = 5$ m/s	3,3	5	szt.	16,5
GWC glikolowy	50,0	1	szt.	50,0
Rura elastyczna dn 75 pomiędzy rozdzielaczem a skrzynką rozprężną, przykładowa prędkość przepływu powietrza 2,5 m/s	1,5	12	mb	18,0
Filtr klasy F7 (średnio zabrudzony)	60,0	1	szt.	60,0
Nawilżacz adiabatyyczny	35,0	1	szt.	35,0
Skrzynka rozprężna (przykład: 2 × dn 75 mm /125 mm)	5,0	1	szt.	5,0
Rozdzielacz powietrza w systemach dystrybucji powietrza na przewodach tworzywowych	15,0	1	szt.	15,0
Zawór nawiewny 125 mm (przykładowy przepływ 70 m ³ /h, poziom otwarcia – średnio rozkręcony)	40,0	1	szt.	40,0
				289,5 Pa



Legenda

- - - Instalacja wywiewna
- Instalacja nawiewna
- - - Instalacja wywiewna NeoFlex $\varnothing 75$
- - - Instalacja nawiewna NeoFlex $\varnothing 75$
-  Rozdzielacz rurowy NeoFlex 12x75/200
-   Anemostat nawiewny/wywiewny
- Elastyczny kanał tłumiący nawiew – 1,5 m
- wywiew – 1,0 m
-  wyrzutnia – 1,0 m

Przykład instalacji wentylacyjnej z urządzeniami dodatkowymi, wykonanej na potrzeby obliczenia strat ciśnienia w domu POD HEBANOWCEM 2 z pracowni Archon (<https://www.archon.pl>)

3. WYKONANIE SYSTEMU WENTYLACJI MECHANICZNEJ Z ODZYSKIEM CIEPŁA

3.1 Projekt wykonania

Bezwzględnie całą instalację systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła należy wykonać zgodnie z uprzednio wykonanym projektem.

3.2 Zalecenia materiałowe

Zaleca się stosowanie przewodów wentylacyjnych wykonanych ze sztywnych elementów, które nie zmieniają przekroju pod wpływem nacisków mechanicznych. Zalecane są stalowe okrągłe kształtki i zwijane rury spiro lub przewody o przekroju okrągłym lub owalnym wykonane z tworzyw sztucznych z założeniem ich odpowiedniej sztywności i niezmienności przekroju.

Nie zaleca się projektowania instalacji z przewodów elastycznych (tzw. fleksów, które można łatwo uszkodzić podczas wykonywania instalacji lub podczas użytkowania – zgnieść, przedziurawić) zarówno izolowanych, jak i nieizolowanych wykonanych zarówno z aluminium, jak i tworzyw sztucznych.

Dopuszcza się stosowanie przewodów elastycznych jedynie na podejściach pod elementy nawiewne i wyciągowe, jednak nie dłuższych niż 1,5 m. Nie jest to jednak rozwiązanie zalecane.

Dla każdej instalacji powinna być zapewniona możliwość wyczyszczenia jej w dowolnym momencie funkcjonowania. Nie zapewnia tego instalacja wykonana z przewodów elastycznych.

Do budowy instalacji wentylacyjnej zaleca się stosowanie kształtek wentylacyjnych i rur tego samego producenta, którego produkty mają certyfikat szczelności minimum klasy B.

Stosowanie zamienników i innych niedopasowanych elementów powoduje nieszczelności, zwiększone straty ciśnienia i zabrudzenia.

3.3 Mocowanie do przegród

Mocowanie przewodów z rur spiro do przegród budowlanych powinno być wykonywane za pomocą obejm lub systemów przeznaczonych do danego typu instalacji. Zaleca się stosowanie obejm z gumową uszczelką antywibracyjną w liczbie co najmniej 2 sztuki na 3-metrowy odcinek przewodu wentylacyjnego.

Obejmy zaleca się montować do konstrukcji budynku za pomocą kołków rozporowych i szpilek. Przewody systemów rozdzielaczowych należy mocować za pomocą specjalnie do tego przeznaczonych uchwyty lub taśm montażowych w rozstawie zapewniającym stabilność prowadzonej instalacji.

3.4 Zaślepienie przewodów wentylacyjnych

W okresie pomiędzy zakończeniem montażu instalacji a podłączeniem centrali wentylacyjnej i uruchomieniem całego systemu zaleca się zaślepienie końcówek przewodów wentylacyjnych za pomocą szczelnych korków, taśmy lub innego materiału uszczelniającego.

Brak zaślepienia końcówek instalacji na etapie budowy domu powoduje dostawanie się do wnętrza instalacji zanieczyszczeń (pyłu budowlanego, kurzu), co będzie skutkowało znaczącym zabrudzeniem wnętrza przewodów i może spowodować uszkodzenie centrali wentylacyjnej.

3.5 Łączenie elementów wentylacyjnych i uszczelnianie połączeń

Na łączeniach kształtek i rur stalowych klasy niższej niż D (bez uszczelek) zaleca się stosowanie uszczelnienia w formie taśmy aluminiowej lub taśmy z tworzywa przeznaczonego do wentylacji. Zaleca się łączenie przewodów i kształtek za pomocą nypli lub muf oraz wzmacnianie połączeń co najmniej trzema blachowkrętami na każdym połączeniu oraz uszczelnianie aluminiową taśmą klejącą. Połączenia w okolicy elementów nawiewnych i wywiewnych oraz centrali wentylacyjnej należy wykonać w sposób umożliwiający łatwy demontaż w celach konserwacyjnych.

Należy zachowywać ciągłość izolacji cieplnej w miejscach przewidzianych do izolowania. Szczególną uwagę należy zwrócić na izolowanie kształtek wentylacyjnych. Brak izolacji lub jej fragmentów generuje straty ciepła i powoduje ryzyko wykraplania się pary wodnej na zewnątrz lub wewnątrz instalacji.

Brak uszczelnień może powodować utratę powietrza oraz infiltrację zanieczyszczeń do instalacji oraz ogólne zaburzenia w pracy systemu.

3.6 Dodatkowe zabezpieczenia

Zaleca się stosowanie opasek zaciskowych na izolacji przewodów lub innego systemu pozwalającego na dodatkowe zabezpieczenie stabilności izolacji i jej dobre przyleganie do izolowanych elementów. Zalecana liczba opasek na 1 m długości kanałów wynosi 3 sztuki.

UWAGA: Dodatkowe zabezpieczenia nie są konieczne, jeśli w instalacji zastosowano materiały izolacyjne z warstwą kleju na całej powierzchni.

3.7 Dostęp do elementów instalacji

Montując system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, należy pamiętać o pozostawieniu dostępu do elementów regulacyjnych, sterujących i mogących ulec uszkodzeniu. Brak dostępu może uniemożliwić wyregulowanie instalacji lub jej serwis.

Nie należy również zabudowywać, maskować ani zastawiać montowanych elementów nawiewnych i wywiewnych. Ich zasłanianie przez zabudowę i elementy maskujące znacząco utrudnia lub uniemożliwia pomiary i regulację oraz zaburza przepływ powietrza.

3.8 Dostęp do centrali wentylacyjnej

Lokalizacja centrali wentylacyjnej oraz urządzeń towarzyszących powinna pozwolić na bezproblemowy dostęp w celu konserwacji i ewentualnych napraw.

3.9 Odpływ skroplin

Centrala wentylacyjna powinna być podłączona do instalacji kanalizacyjnej przez syfon umożliwiającą prawidłowy odpływ skroplin. Zaleca się stosowanie kabli grzejnych na odprowadzeniu skroplin w pomieszczeniach, w których może wystąpić okresowo spadek temperatury poniżej 0°C.

UWAGA: Należy zwrócić uwagę, aby syfon lub kratka ściekowa służąca do odprowadzenia skroplin z rekuperatora były przez cały rok napełnione wodą (z powodu braku skroplin w okresie letnim wyschnięty syfon może powodować przedostawanie się odorów z kanalizacji do budynku!).

3.10 Stolarka wewnętrzna – wymagania

W celu zapewnienia należytego przepływu powietrza z pomieszczeń mieszkalnych do korytarza, pomieszczeń sanitarnych i pomocniczych zaleca się wyposażenie wszystkich drzwi wewnętrznych w szczelinę umieszczoną w ich dolnej części. Powierzchnia szczeliny w drzwiach pomieszczeń mieszkalnych i pomocniczych powinna wynosić co najmniej 80 cm² (przy szerokości drzwi 80 cm należy wykonać podcięcie 1 cm). Stosując w drzwiach otwory (tuleje), należy zastosować taką ich liczbę, by zapewnić wymaganą średnicę otworu (przy standardowych tulejach o średnicy otworu 4 cm należy stosować 7 szt.). Wielkość szczeliny wentylacyjnej w drzwiach pomieszczeń sanitarnych powinna wynosić 200 cm² (drzwi szerokości 80 cm wymagają 2,5 cm podcięcia lub kratki o równoważnej powierzchni otworu). W przypadku otworów okrągłych (tulei) ich łączna powierzchnia musi być równa lub większa od powierzchni wymaganej (17 szt. tulei o średnicy 4 cm).

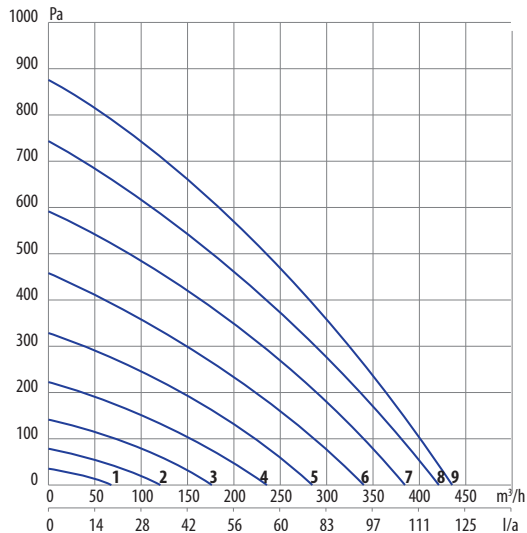
4. CENTRALA WENTYLACYJNA Z ODZYSKIEM CIEPŁA (REKUPERATOR)

4.1 Wymagana dokumentacja techniczna

Każda centrala wentylacyjna powinna mieć dokumentację techniczną, w której podana jest jej charakterystyka zawierająca:

- ♦ wykres zależności sprężu dyspozycyjnego i wydajności strumieni powietrza,
- ♦ pobór mocy i prądu dla poszczególnych biegów wentylatorów,
- ♦ poziom hałasu (w postaci poziomu mocy akustycznej najlepiej z rozbiem na hałas emitowany do każdego z przewodów oraz wokół obudowy),
- ♦ efektywność (zwana potocznie sprawnością) odzysku ciepła,
- ♦ wymiary, masę,
- ♦ szczegółową instrukcję montażu i użytkowania wraz z podaniem niezbędnych warunków bezpieczeństwa jej użytkowania.

UWAGA: Podawana przez producenta efektywność powinna być liczona dla określonych i zrównoważonych strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego (bez uwzględnienia dodatkowych elementów dogrzewających, takich jak nagrzewnice wstępne) oraz, co ważne, przy podanych parametrach powietrza wewnętrznego i zewnętrznego



Przykład charakterystyki wentylatorów centrali

UWAGA: Porównując wydajności poszczególnych central wentylacyjnych, należy zwrócić uwagę, czy podawane są one dla tych samych wartości sprężu dyspozycyjnego, np. wydajność centrali wentylacyjnej 350 m³/h przy 100 Pa nie jest równoważna wydajności 350 m³/h przy 200 Pa.

4.2 Efektywność energetyczna centrali wentylacyjnej

4.2.1 Etykiety efektywności energetycznej

Rozporządzenie delegowane Komisji Europejskiej nr 1254/2014 z dnia 11 lipca 2014 r. uzupełniające dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2010/30/UE w odniesieniu do etykiet efektywności energetycznej systemów wentylacyjnych przeznaczonych do budynków mieszkalnych wymaga, by od 1 stycznia 2016 roku producenci oraz dystrybutorzy systemów wentylacyjnych na terenie Unii Europejskiej umieszczali etykiety efektywności energetycznej (potocznie określane jako etykiety energetyczne) na urządzeniach przeznaczonych do budynków mieszkalnych. Producent ma obowiązek fizycznie dołączyć do urządzenia co najmniej jedną etykietę.

4.2.1.1 Określanie klas efektywności energetycznej

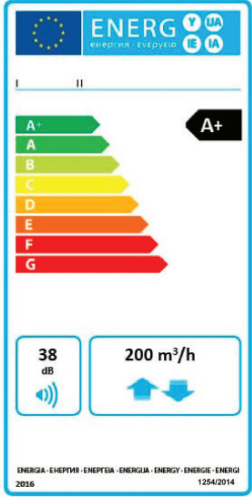
W poniższej tabeli przedstawiono sposób określania klas jednostkowego zużycia energii (JZE) systemów wentylacyjnych przeznaczonych do budynków mieszkalnych, obliczonych dla warunków klimatu umiarkowanego (zgodnie z załącznikiem II do rozporządzenia KE 1254/2014), będących podstawą klasyfikacji efektywności energetycznej central wentylacyjnych do budynków mieszkalnych.

Klasyfikacja od dnia 1 stycznia 2016

Klasa JZE	JZE w kWh/rok/m ²
A+ (najwyższa efektywność)	JZE < -42
A	-42 ≤ JZE < -34
B	-34 ≤ JZE < -26
C	-26 ≤ JZE < -23
D	-23 ≤ JZE < -20
E	-20 ≤ JZE < -10
F	-10 ≤ JZE < 0
G (najniższa efektywność)	0 ≤ JZE

4.2.1.2. Informacje na etykiecie energetycznej

Etykiety energetyczne są elementem informacyjnym, dzięki któremu można łatwo i szybko porównać różne modele urządzeń i wybrać te, które dzięki lepszej efektywności energetycznej zapewniają większe oszczędności i mają pozytywny wpływ na środowisko. Informacje na etykiecie energetycznej musi być zgodna z wymaganiami określonymi w załączniku III do rozporządzenia KE 1254/2014.

Informacje, które musi zawierać etykieta efektywności energetycznej centrali wentylacyjnej dla budynków mieszkalnych, według rozporządzenia KE 1254/2014	
	<p>I. nazwa dostawcy lub jego znak towarowy;</p> <p>II. identyfikator modelu dostawcy;</p> <p>III. efektywność energetyczna – wierzchołek strzałki zawierającej literę określającą klasę efektywności energetycznej urządzenia umieszczony jest na tej samej wysokości co wierzchołek strzałki odpowiedniej klasy efektywności energetycznej. Efektywność energetyczna wskazana jest dla klimatu umiarkowanego;</p> <p>IV. poziom mocy akustycznej (LWA) w dB, w zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej;</p> <p>V. maksymalne natężenie przepływu w m³/h w zaokrągleniu do najbliższej liczby całkowitej, wraz z dwiema strzałkami w przeciwnych kierunkach oznaczającymi dwukierunkowy (nawiewno-wyciągowy) system wentylacyjny (DSW).</p>

Jak czytać etykiety energetyczne i porównywać ze sobą podobne urządzenia:

- klasa efektywności energetycznej – według skali od A+ (urządzenie najbardziej efektywne) do G (najmniej efektywne).
- poziom hałasu (dB) – informuje o tym, jak głośne jest urządzenie podczas pracy, im niższa wartość, tym mniejszy poziom hałasu. Hałas jest mierzony przy około 70% wydajności urządzenia.
- maksymalne natężenie przepływu [m³/h] – oznacza deklarowaną maksymalną wartość objętościowego natężenia przepływu powietrza w danym systemie wentylacyjnym, jaką można osiągnąć w standardowych warunkach (temperatura 20°C i ciśnienie 101 325 Pa), jeśli system został zainstalowany zgodnie z instrukcjami producenta. Pozwala na porównanie urządzeń przeznaczonych do budynków o podobnej kubaturze.

4.2.2 Karta produktu

Według Rozporządzenia KE nr 1254/2014, producenci muszą także dostarczyć wraz z produktem jego podstawowe parametry techniczne oraz kartę produktu. Jest ona jednym z instrumentów, które pomagają konsumentom zrozumieć parametry energetyczne danego urządzenia, a jednocześnie skłaniają producentów do projektowania urządzeń bardziej efektywnych energetycznie. W przypadku central wentylacyjnych, karta produktu zawiera informacje dotyczące klasy efektywności energetycznej, rocznego zużycia energii i innych ważnych parametrów, co pozwala na porównanie różnych modeli i wybór tego, który najlepiej spełnia oczekiwania konsumenta. Poniżej przedstawiono przykładową kartę produktu dla domowej centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła.

Karta produktu centrali wentylacyjnej przykładowy produkt XYZ

Rozporządzenie Komisji (UE) Nr 1253/2014, 1254/2014, Załącznik IV

Nazwa dostawcy	XYZ											
Identyfikator modelu	XYZ											
Sterowanie	Ręczne			Czasowe			Centralne wg zapotrzebowania			Lokalne wg zapotrzebowania		
Czynnik rodzaju sterowania	1,00			0,95			0,85			0,65		
Klimat	Chłodny	Umiarkowany	Ciepły	Chłodny	Umiarkowany	Ciepły	Chłodny	Umiarkowany	Ciepły	Chłodny	Umiarkowany	Ciepły
Jednostkowe zużycie energii (JZE) [kWh/(m²rok)]	-76,24	-37,74	-13,05	-77,30	-38,64	-13,87	-79,30	-40,34	-15,40	-82,82	-43,27	-17,99
Klasa energetyczna	A+	A	E	A+	A	E	A+	A	E	A+	A+	E
Roczne zużycie energii elektrycznej (RZE) [kWh/rok/100 m²]	890	535	308	860	323	278	804	267	222	712	175	130
Roczne oszczędności w ogrzewaniu (ROO) [kWh/rok/100 m²]	8976	4588	2075	9006	4604	2882	9067	4635	2096	9190	4698	2124
Deklarowany typ	Dwukierunkowy											
Rodzaj napędu	Bezstopniowy											
Rodzaj układu odzysku ciepła	Przeponowy											
Sprawność cieplna odzysku ciepła	90,2%											
Maksymalna wartość natężenia przepływu [m²/h]²	250											
Pobór mocy przy maks. natężeniu przepływu [W]	108											
Poziom mocy akustycznej LWA [dB(A)]	48,5											
Wartość odniesienia natężenia przepływu [m³/s]³	0,049											
Wartość odniesienia różnicy ciśnienia [Pa]⁴	50											
JPM [W/m³/h]⁵	0,25											
Deklarowane współczynniki maksymalnych przecieków⁶	Zewnętrzne: 1,17% Wewnętrzne: 2,56%											
Umieszczenie i opis mechanizmu wizualnego ostrzeżenia o konieczności wymiany filtra	Wizualny: dioda statusu na centrali i na sterowniku											
Adres strony www	www.przykladowyproduktXYZ.pl											

¹Zgodnie z normą EN 13141-7:2010²Zgodnie z normą EN 13141-7:2010 przy różnicy ciśnienia 100 Pa³Zgodnie z normą EN 13141-7:2010 przy 70% maksymalnego natężenia przepływu oraz przy różnicy statycznego ciśnienia 50 Pa⁴Zgodnie z normą EN 13141-7:2010 przy wartości odniesienia – 70% maksymalnego natężenia przepływu⁵Mierzone zgodnie z normą EN 13141-7:2010 w punkcie referencyjnym – 70% maksymalnego wydatku⁶Mierzone zgodnie z normą EN 13141-7:2010

4.2.3 Klasa energetyczna a rodzaj sterowania centralą wentylacyjną

Przy obliczaniu klasy efektywności energetycznej urządzenia uwzględniany jest rodzaj sterowania centralą. Do każdego rodzaju sterowania przypisany jest współczynnik obliczeniowy, który ma bardzo duży wpływ na końcowy wynik. Im niższa wartość tego współczynnika, tym wyższa klasa efektywności energetycznej.

UWAGA: Nawet urządzenia z tego samego typoszeregu mogą mieć różne klasy energetyczne. Przy wyborze konkretnej centrali należy zawsze zapoznać się z rodzajem/rodzajami sterowania, jakie oferuje dany producent.

Określone są cztery rodzaje sterowania:

- ◆ **sterowanie ręczne** (wartość współczynnika = 1) – sterowanie, w którym użytkownik włącza w urządzeniu konkretny tryb pracy, w efekcie czego urządzenie pracuje cały czas z tą samą wydajnością.
- ◆ **sterowanie czasowe** (wartość współczynnika = 0,95) – pozwala na ustawienie przez użytkownika harmonogramu tygodniowego lub dziennego pracy urządzenia. Przykładowo, w tygodniu podczas nieobecności domowników (szkoła, praca), można zaprogramować urządzenie tak, by pracowało na niższym biegu i zużywało mniej energii.
- ◆ **centralne sterowanie według zapotrzebowania** (wartość współczynnika = 0,85) – polega na ciągłej regulacji pracy urządzenia według wskazań jednego czujnika jakości powietrza w całym budynku lub jego części. Może to być np. czujnik wilgotności wbudowany wewnątrz centrali lub czujnik mierzący poziom dwutlenku węgla. Gdy czujnik wykryje zmianę parametrów powietrza w budynku, automatycznie wysyła żądanie do centrali, aby zwiększyć lub zmniejszyć prędkość wentylatorów, co przekłada się bezpośrednio na zużycie energii.
- ◆ **lokalne sterowanie według zapotrzebowania** (wartość współczynnika = 0,65) – sterowanie automatyczne przy użyciu przynajmniej dwóch dodatkowych czujników. Jest to najbardziej efektywny energetycznie rodzaj sterowania, ponieważ parametry powietrza są mierzone w poszczególnych pomieszczeniach, a nie w całym budynku – czujniki wilgotności najczęściej montowane są w łazienkach lub kuchniach, aby centrala szybko reagowała na wzrost wilgotności, zaś czujniki CO₂ montowane są w pomieszczeniach bytowych strefy dziennej (salon, gabinet) oraz w strefie nocnej (głównie sypialnie). W ten sposób centrala wentylacyjna szybko reaguje na zmiany – zwiększa swoją wydajność tylko wtedy, gdy istnieje taka potrzeba, zaś w pozostałych okresach może pracować na minimalnych obrotach gwarantujących odpowiednią wymianę powietrza w budynku, oszczędzając przy tym najwięcej energii.

4.2.4 Baza EPREL. Czym jest i jak można z niej skorzystać

Baza EPREL (*European Product Registry for Energy Labelling*) to europejska baza danych utworzona w ramach polityki Unii Europejskiej dotyczącej etykiet efektywności energetycznej. Baza EPREL jest dostępna online, publicznie i nieodpłatnie. Ma umożliwiać różnym grupom użytkowników

szeroki dostęp do informacji o efektywności energetycznej różnych produktów (w tym urządzeń wentylacyjnych). Ułatwia to konsumentom porównywanie produktów i dokonywanie świadomych wyborów zakupowych.

W bazie można przeglądać i porównywać produkty, sprawdzać zgodność produktów z obowiązującymi standardami czy analizować tendencje rynkowe. Baza oferuje narzędzia do przeszukiwania i filtrowania danych na podstawie różnych kryteriów, np. kategoria produktu, marka, klasa energetyczna itp. Baza dla urządzeń wentylacyjnych w języku polskim dostępna jest pod adresem: <https://eprel.ec.europa.eu/screen/product/residentialventilationunits>.

4.3 Podstawowe wymagania dotyczące centrali wentylacyjnej z odzyskiem ciepła

Zaleca się, aby centrala wentylacyjna cechowała się:

- ♦ możliwością automatycznego, czasowego wyłączenia funkcji odzysku ciepła realizowaną poprzez by-pass (wymienniki krzyżowe i przeciwwrótowe) lub zatrzymanie wymiennika obrotowego w centralach wentylacyjnych wyposażonych w ten typ wymiennika,
- ♦ możliwie jak najwyższą sprawnością (80% lub więcej); przy wysokiej sprawności urządzenia uzyskuje się największe oszczędności wynikające z odzysku ciepła,
- ♦ automatycznym systemem antyzamroziowym, niepowodującym powstawania podciśnienia w budynku,
- ♦ energooszczędnyymi wentylatorami prądu stałego,
- ♦ izolacją akustyczną oraz izolacją termiczną z materiałów nietoksycznych i zapewniających wysoką efektywność – brak izolacji powoduje utratę sprawności oraz wzmożony hałas centrali wentylacyjnej, możliwością łatwego demontażu wymiennika ciepła w celu jego wyczyszczenia. Pomimo zastosowania filtrów nawet o wysokiej klasie filtracji, nie można całkowicie uchronić wymiennika ciepła przed zanieczyszczeniem; brak możliwości czyszczenia może powodować w dalszej perspektywie nieprawidłową pracę systemu oraz generować zagrożenia dla zdrowia użytkowników.

4.4 Sterowanie

Każda centrala wentylacyjna powinna pozwalać na regulację pracy wentylatorów; najczęściej stosowane są trzy stopnie regulacji (w urządzeniach bardziej zaawansowanych występuje większa liczba biegów lub regulacja ciągła):

- ♦ bieg 1: zaleca się jego zaprogramowanie na czas nieobecności użytkowników oraz w godzinach nocnych,
- ♦ bieg 2: najczęściej zaleca się jego zaprogramowanie podczas dziennej obecności użytkowników,
- ♦ bieg 3: czasowe przewietrzanie pomieszczeń lub normalna praca dzienna przy wysokiej wilgotności powietrza wewnętrznego oraz przy zwiększonej liczbie osób.

UWAGA: Należy pamiętać, że intensywność wentylacji zależna jest od indywidualnego poczucia komfortu użytkownika systemu wentylacji. Całkowite wyłączenie centrali wentylacyjnej następuje poprzez wyłącznik zasilania lub wyłączenie wtyczki z gniazda elektrycznego i dopuszczalne jest wyłącznie w czasie wymiany filtrów i prac konserwacyjnych.

Układ sterowania centrali wentylacyjnej ma za zadanie zapewnić poprawne działanie wszystkich komponentów zabudowanych wewnątrz urządzenia:

- realizuje funkcje sterowania i zasilania elementów takich jak wentylatory, nagrzewnice, siłowniki by-pass, silniki krokowe wymienników obrotowych;
- odczytuje dane z czujników temperatury, dodatkowych czujników jakości powietrza i elementów zabezpieczających poszczególne komponenty zabudowane wewnątrz urządzenia;
- nowoczesne układy sterowania mogą także sterować urządzeniami współpracującymi z centralą, takimi jak dodatkowe nagrzewnice, chłodnice, nawilżacze, przepustnice strefowe czy odcinające, a także przyjmować sygnały zewnętrzne, żeby zrealizować określony scenariusz pracy.

Najważniejszą funkcją układu sterowania jest regulacja strumieni powietrza w zależności od zapotrzebowania pomieszczeń i preferencji użytkowników. Zależnie od zaawansowania układu sterowania centrali, regulacja strumieni może odbywać się na kilka sposobów:

- regulacja wydajności wentylatorów – zwykle można ją ustawić w kilku trybach użytkowania. Wydajność strumieni powietrza zostaje zredukowana, kiedy rosną opory przepływu na filtrach związane z ich zabrudzeniem, zwiększa się ilość kondensatu zalegającego w wymienniku ciepła czy zmieniają się warunki atmosferyczne;
- regulacja utrzymująca stałe strumienie powietrza – zwykle można ją ustawić w kilku trybach użytkowania. Układ sterowania, poprzez pomiar różnicy ciśnienia wewnątrz urządzenia lub pomiar masowych strumieni powietrza, steruje wentylatorami w taki sposób, aby utrzymać stałą wydajność zadaną przez użytkownika, niezależnie od zwiększającego się oporu filtrów powietrza, zmiennego oporu wymiennika odzysku ciepła czy zmiennych warunków atmosferycznych;
- regulacja względem czujników jakości powietrza i obecności:
 - czujnik CO₂ – regulacja strumieni powietrza zależna od odczytu z czujnika stężenia CO₂, zwykle umieszczonego w pomieszczeniu, gdzie potencjalnie może wystąpić najwyższe reprezentatywne stężenie (np. główna sypialnia). W momencie wykrycia zwiększonego stężenia CO₂, urządzenie intensyfikuje wymianę powietrza, aby uzyskać określony poziom graniczny CO₂, będący miernikiem warunków komfortu;
 - czujnik RH (wilgotności względnej – *Relative Humidity*) – regulacja strumieni powietrza zależna od odczytu z czujnika wilgotności względnej, zwykle umieszczonego w pomieszczeniu, gdzie potencjalnie może wystąpić najwyższe reprezentatywne stężenie (np. główna łazienka). W momencie wykrycia zwiększonej wartości wilgotności względnej, urządzenie intensyfikuje wymianę powietrza, aby uzyskać określony poziom graniczny wilgotności względnej;

- czujnik obecności – regulacja strumienia powietrza zależna od wykrycia ruchu/obecności w określonej strefie. W momencie braku wykrycia obecności, urządzenie ogranicza wymianę powietrza do zadanej wartości obniżonej;
- ◆ ustawienie harmonogramu pracy – większość nowoczesnych układów sterowania central wentylacyjnych umożliwia ustalenie harmonogramu pracy, uwzględniającego intensywność wymiany powietrza i temperaturę zadaną nadążnie względem preferencji i trybu życia użytkowników.

Układy sterowania większości dostępnych na rynku urządzeń wyposażone są w wejścia cyfrowe, które mogą przyjąć sygnały zewnętrzne powodujące określoną reakcję centrali. Najczęściej podłącza się sygnały zewnętrzne od następujących urządzeń:

- ◆ centrale alarmowe – zakładając, że przejście systemu alarmowego w tryb uzbrojenia oznacza nieobecność ludzi w budynku, możliwe jest obniżenie wydajności centrali wentylacyjnej. Reakcja ta może być zautomatyzowana i występować po uzbrojeniu centrali alarmowej, bez konieczności zmiany parametrów pracy w sterowniku centrali wentylacyjnej;
- ◆ przełączniki ściennie – podłączenie przełącznika uruchamiającego np. oświetlenie w łazience, umożliwia zwiększenie wydajności centrali wentylacyjnej podczas korzystania z pomieszczenia;
- ◆ przełączniki dzwonek oraz czujniki ruchu lub obecności (np. montowane w łazience) – mogą spowodować czasowe uruchomienie funkcji przewietrzania, w celu szybszego pozbycia się nadmiaru pary wodnej.

Ponadto, większość układów sterowania central wentylacyjnych dostępnych na rynku ma protokoły komunikacyjne – najczęściej spotykane to Modbus RTU, Modbus TCP, KNX, BACnet IP lub BACnet MS/TP – umożliwiające komunikację i sterowanie z poziomu systemu inteligentnego domu.

4.5 Uruchomienie i odbiór

Podczas uruchamiania systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła należy wykonać poniższe czynności:

- ◆ sprawdzenie poprawności podłączeń elektrycznych (zasilanie i sterowanie),
- ◆ sprawdzenie poprawności działania wszystkich dostępnych funkcji w centrali wentylacyjnej (jeżeli centrala wentylacyjna ma funkcję auto-testu, wykonuje się to za jej pomocą),
- ◆ przeprowadzenie kontroli odpływu skroplin przez zalanie wodą tacy ociekowej w centrali wentylacyjnej (dotyczy urządzeń z wymaganym odpływem skroplin),
- ◆ uruchomienie urządzenia i sprawdzenie poprawności podłączonych kanałów powietrznych – sprawdzenie kierunków przepływu powietrza,
- ◆ ustawienie wszystkich parametrów w centrali wentylacyjnej i włączenie zaprojektowanych funkcji,
- ◆ dokonanie pierwszego pomiaru instalacji za pomocą urządzeń mierniczych, np. anemometrów,
- ◆ dokonanie pierwszej korekty ilości powietrza na obrotach wentylatorów (jeżeli urządzenie jest wyposażone w wentylatory z możliwością regulacji obrotów),

- ♦ dokonanie drugiego pomiaru z regulacją na elementach regulacyjnych, pomiar powinien zakończyć się protokołem regulacji, w którym podane jest zestawienie wartości projektowanych z osiągniętymi wartościami zmierzonymi.

Wzór dokumentu PROTOKÓŁ ODBIORU KOŃCOWEGO INSTALACJI NAWIEWNO-WYWIEWNEJ W BUDYNKU dostępny jest w Załączniku nr 3. niniejszego opracowania.

4.5.1. Regulacja systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła

Regulacja instalacji, dostosowana do warunków projektowych oraz do rzeczywistego wykorzystania instalacji przez użytkownika, powinna być ostatnim etapem wykonania systemu rekuperacji. Zimą zapotrzebowanie na wymianę powietrza w budynku zwykle jest mniejsze, dodatkowo ograniczenie strumieni powietrza wpływa na obniżenie kosztów związanych z pracą instalacji grzewczej i łagodzi zjawisko „przesuszania” pomieszczeń, zwłaszcza przy wykorzystaniu przeciwprądowych płytowych wymienników ciepła. Dobrą praktyką jest również weryfikacja pracy z większą wydajnością (tryb pracy przewidziany na okresowo zwiększoną liczbę osób przebywających w budynku) oraz latem, kiedy zapotrzebowanie na wymianę powietrza jest zwykle większe, zwłaszcza przy współpracy central wentylacyjnych z chłodnicami (większy strumień powietrza przekłada się na większą zdolność do przeniesienia mocy chłodniczej).

- ♦ **regulacja instalacji w przypadku wentylatora z regulacją stopniową:** projektowane wartości przepływów powinny zostać osiągnięte przy ustawieniu centrali wentylacyjnej na najwyższym biegu. W przypadku central wentylacyjnych z silnikami na prąd stały, które umożliwiają dopasowanie wydajności wentylatora do każdego biegu, należy ustawić taką minimalną wydajność pracy na najwyższym biegu, która zapewni zaprojektowane wartości wymiany powietrza. Niższe biegi należy zaprogramować proporcjonalnie;
- ♦ **regulacja instalacji w przypadku wentylatora z płynną regulacją:** zaleca się wykonanie regulacji systemu w minimum dwóch punktach pracy, dopasowanych do trybów pracy centrali wentylacyjnej:
 - projektowy – odpowiedni dla każdego okresu;
 - obniżony – odpowiedni dla okresu zimowego, wpływający na mniejsze wykorzystanie instalacji grzewczej i zmniejszający spadek wilgotności w budynku.

Warto zweryfikować również pracę układu w trybie większej intensywności wymiany powietrza pod kątem hałasu emitowanego przez instalację.

Regulacja powinna być wykonana przez wykonawcę instalacji, dysponującego odpowiednimi narzędziami pomiarowymi, takimi jak anemometr czy balometr. Polega ona na ustawieniu odpowiedniego sterowania wentylatorów centrali wentylacyjnej przy weryfikacji ilości powietrza dopływającego do punktów nawiewnych i wyciąganego z punktów wyciągowych. Ze względu na charakterystykę wentylatorów stosowanych w nowoczesnych centralach wentylacyjnych (stałoprądowych, typu EC)

warto dążyć do ustawienia jak najniższego sygnału sterującego wentylatorów względem oporów przepływu instalacji i oczekiwanego rezultatu. Chcąc uzyskać optymalną efektywność energetyczną, lepiej jest obniżyć sygnał sterujący zespołu wentylatorowego niż ograniczać (oporować) przepływ powietrza przez przepustnice regulacyjne lub elementy nawiewne/wyciągowe.

Z powodu niewielkich (poniżej 1000 m³/h) przepływów powietrza w systemach wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła w domach jednorodzinnych zaleca się mniejszą tolerancję przy regulacji systemu niż zaleca to COBRTI Instal:

- ♦ dla pojedynczego pomieszczenia zaleca się tolerancję 10% (COBRTI Instal – 20%),
- ♦ dla całego systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła zaleca się tolerancję 5% (COBRTI Instal – 15%).

Im dokładniej zbilansowane zostały sumaryczne przepływy powietrza, tym większe oszczędności energii i kosztów eksploatacyjnych udaje się osiągnąć.

Regulacja instalacji powinna zakończyć się sporządzeniem odpowiedniej dokumentacji. Wzór dokumentu PROTOKÓŁ REGULACJI/SKUTECZNOŚCI INSTALACJI NAWIEWNO-WYWIEWNEJ BUDYNKU dostępny jest w Załączniku nr 2 niniejszego opracowania.

4.6 Eksploatacja

W trakcie eksploatacji systemu zaleca się użytkownikom regularne wykonywanie:

- ♦ kontroli i wymiany filtrów w centrali wentylacyjnej w zależności od stopnia zanieczyszczenia powietrza w okolicy domu; zalecana wymiana nie rzadziej jak raz na 3-6 miesięcy. Brak wymiany filtrów skutkuje osłabieniem wydajności instalacji i może doprowadzić do uszkodzenia lub skrócenia żywotności centrali wentylacyjnej;
- ♦ czyszczenia czepni i wyrzutni powietrza przynajmniej raz w roku.

Podczas pracy brud (pył, kurz) osiada na czepni i wyrzutni, co może ograniczać przepływ powietrza. W trakcie eksploatacji systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła zaleca się regularne coroczne zlecenie firmom serwisującym:

- ♦ wyczyszczenia wnętrza centrali wentylacyjnej wraz z wymiennikiem,
- ♦ sprawdzenie parametrów pracy centrali wentylacyjnej (m.in. wydajności wentylatorów, temperatury, ustawień systemu antyzamrozeniowego, by-passów i innych),
- ♦ kontrolę regulacji układu systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła. Podczas użytkowania, czyszczenia elementów nawiewnych lub wyciągowych może dojść do rozregulowania systemu,
- ♦ raz na 8 lat zaleca się wykonanie inspekcji instalacji w celu sprawdzenia czystości instalacji i w razie potrzeby wykonanie czyszczenia.

5. INNE URZĄDZENIA W DOMU A WENTYLACJA MECHANICZNA NAWIEWNO-WYWIEWNA Z ODZYSKIEM CIEPŁA

5.1 Kominek

W przypadku zastosowania systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła kominek powinien być wyposażony w zamkniętą komorę spalania z niezależnym doprowadzeniem powietrza z zewnątrz. Wówczas praca kominka nie ma wpływu na poprawne działanie systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Pomieszczeń z kominkiem, w których funkcjonuje system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, a kominek pobiera powietrze do spalania z zewnątrz, nie powinno się wyposażać w wentylację grawitacyjną.

Wyciąg z przepisów:

Dziennik Ustaw nr 75 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:

§ 132 ust. 3. Kominki opalane drewnem z otwartym paleniskiem lub zamkniętym wkładem kominkowym mogą być instalowane wyłącznie w budynkach jednorodzinnych, mieszkalnych w zabudowie zagrodowej i rekreacji indywidualnej oraz niskich budynkach wielorodzinnych w pomieszczeniach:

1) o kubaturze wynikającej ze wskaźnika $4 \text{ m}^3/\text{kW}$ nominalnej mocy cieplnej kominka, lecz nie mniejszej niż 30 m^3 ,

2) spełniających wymagania dotyczące wentylacji, o których mowa w § 150 ust. 9, (...)

4) w których możliwy jest dopływ powietrza do paleniska kominka w ilości:

a) co najmniej $10 \text{ m}^3/\text{h}$ na 1 kW nominalnej mocy cieplnej kominka – dla kominków o obudowie zamkniętej, (...) w § 150 ust. 9 W pomieszczeniu z paleniskami na paliwo stałe, płynne lub z urządzeniami gazowymi pobierającymi powietrze do spalania z pomieszczenia i z grawitacyjnym odprowadzeniem spalin przewodem od urządzenia stosowanie mechanicznej wentylacji wyciągowej jest zabronione. ust. 10. Przepisu ust. 9 nie stosuje się do pomieszczeń, w których zastosowano wentylację nawiewno-wywiewną zrównoważoną lub nadciśnieniową).

Zgodnie z cytowanym wyżej rozporządzeniem w domach, które wyposażone będą w system wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, i w których instalowany będzie kominek, nie stosuje się central wentylacyjnych, w których system przeciwzamrożeniowy działa na zasadzie zwalniania lub wyłączania wentylatora nawiewnego, co może spowodować wytwarzanie podciśnienia i zasysanie spalin do pomieszczenia. Należy stosować urządzenia wyposażone w system przeciwzamrożeniowy, który uniemożliwia wytworzenie podciśnienia w budynku.

5.2 DGP – system Dystrybucji Gorącego Powietrza

W domach, w których planuje się zainstalować system wentylacji z odzyskiem ciepła oraz kominek, zaleca się zastosować wkłady kominkowe tradycyjne (powietrzne) bez systemu DGP (Dystrybucja Gorącego Powietrza) lub wkłady z płaszczem wodnym.

5.3 Kotły

W kotłowniach z kotłami o otwartych komorach spalania powinna funkcjonować tylko wentylacja grawitacyjna z zapewnieniem nawiewu i wywiewu z kotłowni. Pomieszczenie kotłowni powinno być oddzielone od pozostałej części domu szczelnymi drzwiami.

W kotłowniach gazowych z kotłami z zamkniętą komorą spalania zaleca się zastosowanie nawiewu i wywiewu jako układu zrównoważonego.

Pomieszczenia kotłowni, w których pracuje pompa ciepła lub kocioł elektryczny, należy traktować jako pomieszczenia techniczne, z których realizowany jest tylko wywiew systemu wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła.

Wyciąg z przepisów:

Diennik Ustaw nr 75 Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie:

§ 136 ust. 11. W pomieszczeniu, w którym zainstalowane są kotły na paliwo stałe lub olej opałowy, powinien być zapewniony nawiew niezbędnego strumienia powietrza dla prawidłowej pracy kotłów z mocą cieplną nominalną, a także nawiew i wywiew powietrza dla wentylacji kotłowni. w § 150 ust. 9, 10 – cytowany powyżej (str. 47).

§ 150 ust. 3 Urządzenia gazowe z zamkniętą komorą spalania, przez co rozumie się urządzenia typu C, mogą być instalowane w pomieszczeniach mieszkalnych, niezależnie od rodzaju występującej w nich wentylacji, pod warunkiem zastosowania koncentrycznych przewodów powietrzno-spalinowych, z zachowaniem wymagań § 175.

5.4 Okap kuchenny

Okap kuchenny pracuje niezależnie od wentylacji bytowej, wyrzucając powietrze na zewnątrz. Jego obowiązkowym wyposażeniem jest kłapa zwrotna, która zapobiega cofaniu się tego powietrza. Trzeba także zaplanować sposób kompensacji podciśnienia wytwarzanego przez pracujący okap. Napływ powietrza kompensacyjnego może być realizowany, np. przez uchylone okno lub inne elementy kompensujące ilość powietrza potrzebną do pracy okapu albo przez zastosowanie urządzenia wyposażonego w funkcję automatycznej kompensacji podciśnienia.

Połączenie okapu z systemem wentylacji z odzyskiem ciepła nie jest zalecane. Krótkookresowo okap pracuje z dużą wydajnością, a transportowane powietrze niesie ze sobą duże ilości zanieczyszczeń (w tym tłuszczów). Rekuperator nie jest także przystosowany do kompensowania podciśnienia i zwiększania nawiewu powietrza w ilości potrzebnej do pracy okapu. Znaczne obniżenie

strumienia powietrza wywiewanego w rekuperatorze powoduje spadek sprawności odzysku ciepła zimą i niesie inne ryzyka. Wszelkie działania tego typu działania powinny być weryfikowane z DTR (Dokumentacją Techno Ruchową) urządzenia.

5.5 Odkurzacz centralny

Wyrzut powietrza z odkurzacza centralnego może być zlokalizowany w pobliżu czepni tylko w przypadku, gdy odległość między nimi będzie większa niż 3 m w rzucie poziomym. Lokalizacja gniazd centralnego odkurzacza nie ma wpływu na prawidłową pracę wentylacji.

Załącznik nr I

LISTA SPRAWDZAJĄCA

ETAP PROJEKTU		TAK	NIE
Czynności do zweryfikowania zakresu projektu (również do celów ofertowych).			
1.	Czy wykonano obliczenia bilansu powietrza dla budynku		
2.	Czy zaprojektowane ilości powietrza są w stanie zapewnić ilości powietrza podane w tabeli wytycznych SPW		
3.	Czy w projekcie podano dane techniczne centrali wentylacyjnej		
4.	Czy wskazano miejsce montażu centrali wentylacyjnej		
5.	Czy zaplanowano trasę prowadzenia kanałów		
6.	Czy opisano średnice kanałów		
7.	Czy wskazano rodzaj użytych materiałów		
8.	Czy określono lokalizację czerpni i wyrzutni		
9.	Czy centralę wentylacyjną zaprojektowano w pomieszczeniu o temperaturze dodatniej		

ETAP WYKONANIA INSTALACJI		TAK	NIE
Elementy instalacji do zweryfikowania pod kątem poprawności wykonania prac montażowych.			
1.	Czy przebieg instalacji jest zgodny z projektem		
2.	Czy lokalizacja punktów nawiewnych i wyciągowych zapewni wentylowanie całości pomieszczeń		
3.	Czy instalacja została przymocowana do konstrukcji budynku w sposób trwały		
4.	Czy kształtki i rury połączone w sposób szczelny i trwały		
5.	Czy zaizolowano termicznie przewody wentylacyjne zgodnie z wytycznymi, zapewniając ciągłość izolacji w miejscach wskazanych przez wytyczne SPW		
6.	Czy dla systemów bezuszczelkowych połączenia zostały uszczelnione zgodnie z zaleceniami producenta		
7.	Czy rodzaj użytych materiałów jest zgodny z projektem		
8.	Czy do uszczelnienia połączeń izolacji z wełny mineralnej użyto taśmy aluminiowej		
9.	Czy instalacja została wyposażona w klapy rewizyjne, umożliwiające jej wyczyszczenie w przyszłości		
10.	Czy zaślepieno w sposób szczelny wszystkie otwarte kanały instalacji, by zabezpieczyć je przed zabrudzeniem podczas dalszych prac budowlanych		

ETAP MONTAŻU URZĄDZENIA (CENTRALI WENTYLACYJNEJ) Sposób montażu centrali wentylacyjnej i wyposażenia budynku do zweryfikowania przed ostatecznym odbiorem, uruchomieniem i przekazaniem instalacji do użytkowania.		TAK	NIE
1.	Czy zapewniono dostęp serwisowy do urządzenia		
2.	Czy wymiana filtrów jest możliwa przez użytkownika w łatwy sposób bez szczególnej ingerencji w urządzenie		
3.	Czy jest możliwe wyjęcie wymiennika celem dokonania okresowego czyszczenia		
4.	Czy jest możliwość regulacji pracy urządzenia w cyklu tygodniowym lub inna możliwość regulacji wydajności układu		
5.	Czy są otwory w drzwiach wewnętrznych zapewniające przepływ powietrza między pomieszczeniami (80 cm ² w pomieszczeniach mieszkalnych i 200 cm ² w pomieszczeniach higieniczno-sanitarnych)		
6.	Czy klient otrzymał protokół regulacji instalacji wentylacyjnej oraz protokół odbioru		
7.	Czy suma nawiewów i wyciągów dla całego systemu nie przekracza odchyłki maksymalnej podanej w wytycznych SPW		
8.	Czy klient otrzymał dowód zakupu, który jest podstawą ewentualnych roszczeń gwarancyjnych		
9.	Czy klient otrzymał instrukcję obsługi i kartę gwarancyjną		
10.	Czy użytkownik został przeszkolony z obsługi urządzenia – systemu		
11.	Czy został zapewniony dostęp do elementów regulacyjnych i innych elementów ruchomych lub mechanicznych, do których może być potrzebny dostęp w przyszłości		
12.	W przypadku montażu centrali w pomieszczeniu nieogrzewanym lub na zewnątrz budynku, czy urządzenie jest do tego typu montażu przystosowane		
13.	Czy wykonano odprowadzenie skroplin z odpowiednim zasyfonowaniem wg wytycznych producenta. W przypadku montażu centrali w pomieszczeniu nieogrzewanym lub na zewnątrz budynku, czy zabezpieczono instalację odprowadzenia skroplin przed zamarznięciem		

Uwaga: System wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła jest zgodny z wytycznymi SPW tylko w przypadku spełnienia wszystkich punktów listy sprawdzającej.

Szczelność budynku

Pełna kontrola wymiany powietrza w budynku z zastosowaną instalacją wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej jest możliwa, gdy budynek jest szczelny i nie następują niekontrolowane przecieki powietrza przez przegrody zewnętrzne.

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury z 06.11.2008 w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie: „w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego oraz budynkach użyteczności publicznej, a także w budynkach produkcyjnych przegrody zewnętrzne nieprzezroczyste, złącza między przegrodami i częściami przegród oraz połączenia okien z ościeżami należy projektować i wykonywać pod kątem osiągnięcia ich całkowitej szczelności na przenikanie powietrza”.

W celu sprawdzenia szczelności powietrznej budynku możliwe jest wykonanie ciśnieniowego testu szczelności. W budynkach z wentylacją mechaniczną szczelność powinna wynosić $n_{50} \leq 1,5 \text{ h}^{-1}$.

Załącznik nr 2 PROTOKÓŁ REGULACJI/SKUTECZNOŚCI INSTALACJI NA- WIEWNO-WYWIEWNEJ BUDYNKU

Miejscowość, data

Inwestor:

Adres:

Wykonawca (firma):

reprezentowany przez:

Nr pom.	Nazwa pomieszczenia (wg projektu)	Strumień nawiewny (wg projektu)	Zmierzona wartość nawiewu	Strumień wywiewny (wg projektu)	Zmierzona wartość wywiewu
		[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
PARTER					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

Nr pom.	Nazwa pomieszczenia (wg projektu)	Strumień nawiewny (wg projektu)	Zmierzona wartość nawiewu	Strumień wywiewny (wg projektu)	Zmierzona wartość wywiewu
		[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]	[m ³ /h]
PIĘTRO					
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
SUMA:					

Pomiary wykonano przy użyciu przyrządu/ów (nazwa producenta, typ, model urządzenia pomiarowego, opis elementów pomiarowych)

.....

Data ostatniej kalibracji urządzeń

Instalacja została wyregulowana poprawnie **TAK/NIE** (zakreślić właściwe)

Podpis inwestora:

Podpis wykonującego regulację:

Miejscowość, data

Uwagi

.....

Załącznik nr 3 PROTOKÓŁ ODBIORU KOŃCOWEGO INSTALACJI NAWIEWNO-WYWIEWNEJ W BUDYNKU

(wg umowy nr: z dnia)

Obecni:

Inwestor: (tel.)

Wykonawca:

reprezentowany przez:

Adres wykonania zlecenia:

Wykonano

.....

.....

.....

Do odbioru wykonawca przedstawia następujące dokumenty:

Instrukcję obsługi rekuperatora,

TAK/NIE

Kartę gwarancyjną centrali,

TAK/NIE

Protokół regulacji/skuteczności instalacji.

TAK/NIE

Potwierdzenie wykonania czynności:

Rodzaj prac, czynności		TAK	NIE
1	Czy przebieg instalacji jest zgodny z projektem		
2	Czy instalacja została przymocowana do konstrukcji budynku w sposób trwały		
3	Czy wykonano izolację termiczną przewodów: czerpnia – centrala wentylacyjna		
4	Czy wykonano izolację termiczną przewodów: wyrzutnia – centrala wentylacyjna		
5	Czy wykonano izolację termiczną przewodów centrala wentylacyjna – elementy nawiewne		
6	Czy wykonano izolację termiczną przewodów: centrala wentylacyjna – elementy wyciągowe (obowiązek tylko dla kanałów prowadzonych w pomieszczeniach i przestrzeniach o temperaturze różniącej się od powietrza tłoczonego o więcej niż 4°C w okresie całego roku)		

Rodzaj prac, czynności		TAK	NIE
7	Czy instalację połączono w sposób szczelny i trwały		
8	Czy dla systemów bezuszczelkowych połączenia zostały uszczelnione zgodnie z zaleceniami producenta,		
9	Czy rodzaj użytych materiałów jest zgodny z projektem: podać rodzaj materiału użytego do budowy instalacji		
10	Czy do uszczelnienia izolacji z wełny mineralnej użyto taśmy aluminiowej		
11	Czy instalacja została wyposażona w kłapy rewizyjne umożliwiające jej wyczyszczenie w przyszłości		
12	Czy centrala wentylacyjna jest zamontowana w pomieszczeniu o temperaturze dodatniej		
13	W przypadku montażu centrali w pomieszczeniu nieogrzewanym lub na zewnątrz budynku, czy urządzenie jest do tego typu montażu przystosowane		
14	Czy podłączono centralę wentylacyjną do instalacji kanalizacji poprzez syfon (nie ma obowiązku dla rekuperatorów entalpicznych – chyba że producent podaje inaczej)		
15	W przypadku montażu centrali w pomieszczeniu nieogrzewanym lub na zewnątrz budynku, czy zabezpieczono instalację odprowadzenia skroplin przed zamarznięciem		
16	Czy sprawdzono prawidłowe działanie odpływu skroplin		
17	Czy zaślepieno w sposób szczelny otwory po montażu rur a przed montażem rekuperatora		
18	Czy zapewniono dostęp serwisowy do urządzenia		
19	Czy wymiana filtrów może nastąpić bez ingerowania w urządzenie		
20	Czy jest możliwe wyjęcie wymiennika celem dokonania okresowego czyszczenia		
21	Czy zamontowano sterownik regulacji wydajności układu z możliwością programowania lub sterownika pracy manualnej		
22	Czy są otwory w drzwiach wewnętrznych zapewniające przepływ powietrza między pomieszczeniami (80 cm ² w pomieszczeniach mieszkalnych i 200 cm ² w pomieszczeniach higieniczno-sanitarnych)		
23	Czy suma nawiewów i wyciągów dla całego systemu nie przekracza odchyłki maksymalnej 5%		
24	Czy klient otrzymał dowód zakupu, który jest podstawą ewentualnych roszczeń gwarancyjnych		

Rodzaj prac, czynności		TAK	NIE
25	Czy został zapewniony dostęp do elementów regulacyjnych i innych elementów ruchomych lub mechanicznych, do których może być potrzebny dostęp w przyszłości		
26	Instalację wykonano zgodnie z zaleceniami SPW nr System wentylacji nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła jest zgodny z wytycznymi SPW tylko w przypadku spełnienia wszystkich punktów		

Zamontowano wyposażenie dodatkowe TAK/NIE (jakie)

.....

.....

Poinstruowano inwestora o zasadach użytkowaniu systemu rekuperacji (obsługa sterownika, wymiana filtrów, konserwacja urządzenia itp.) TAK/NIE

.....

.....

Wykonawca oświadcza, że prace zostały wykonane zgodnie z dokumentacją oraz wymaganiami inwestora.

Inwestor oświadcza, że zamontowane elementy instalacji zostały zamontowane prawidłowo, zgodnie z założeniami przedstawionymi przez wykonawcę.

.....

INWESTOR

.....

PRZEDSTAWICIEL INWESTORA

.....

WYKONAWCA

Załącznik 4 KLASYFIKACJA FILTRÓW DO WENTYLACJI OGÓLNEJ

Filtry powietrza

Zazwyczaj montowane są w centrali wentylacyjnej, spotykane również w formie urządzeń kanałowych, w charakterze drugiego stopnia oczyszczania powietrza. Stosowane są w celu zapewnienia odpowiedniej jakości powietrza nawiewanego do pomieszczeń oraz zabezpieczenia urządzenia przed zanieczyszczeniami wywiewanymi z budynku.

Oznaczenia filtrów

Na rynku równoległe funkcjonują dwa rodzaje oznaczeń filtrów:

- ♦ wg PN-EN 779 – skala G1-F9, w której litera oznacza grupę filtrów: zgrubne (G), średnie (M), dokładne (F), a cyfra określa poziom średniej skuteczności filtracji, przy tym jest to tylko uszeregowanie, nieniosące wprost informacji na temat skuteczności filtracji,
- ♦ wg PN-EN ISO 16890 – składające się z oznaczenia frakcji pyłów (zgrubne – *coarse*, ePM_{10} , $ePM_{2,5}$, ePM_{10}) oraz procentowo określonej dla tej frakcji wartości minimalnej skuteczności.

Pierwszy ze standardów został wycofany z obiegu i zastąpiony normą ISO, jednak na skutek przywołania go w Rozporządzeniu Ministra Infrastruktury w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie, stanowiącym podstawę projektową i wykonawczą, przytoczone powyżej oznaczenia funkcjonują równoległe.

Z racji bardzo istotnych różnic w procesie badania filtrów klasyfikacji nie są wymienne i nie istnieje jednoznaczny klucz pozwalający na nadpisanie klas wg nowego standardu.

W celu rozjaśnienia sytuacji Stowarzyszenie Eurovent opracowało dokument: 4/23-2022 Dobór klas filtrów powietrza do wentylacji ogólnej, sklasyfikowanych według PN-EN ISO 16890. Opracowanie, zamieszczone na stronie internetowej Stowarzyszenia – www.eurovent.eu, dostępne w języku polskim, jest bardzo użytecznym przewodnikiem zawierającym m.in. zwięźle opisane wprowadzenie do zmiany klasyfikacji, metodykę doboru odpowiednich filtrów, w zależności od rozpatrywanej inwestycji oraz zestawienie porównawcze stosowanych klasyfikacji wykonane na podstawie badania certyfikowanych filtrów.

Tabela 1. Porównanie klas filtrów według PN-EN 779 i PN-EN ISO 16890,

źródło: Eurovent 4/23-2022

PN-EN 779	PN-EN ISO 16890 – zakres rzeczywistych zmierzonych średnich skuteczności		
	Klasa filtrów	ePM ₁	ePM _{2,5}
M5	5-35%	10-45%	40-70%
M6	10-40%	20-50%	60-80%
F7	40-65%	65-75%	80-90%
F8	65-90%	75-95%	90-100%
F9	80-90%	85-95%	90-100%

Tabela 2. Klasyfikacja filtrów powietrza wg PN-EN ISO 16890

Klasyfikacja filtrów powietrza wg PN-EN ISO 16890				
Oznaczenie grupy	Wymaganie			Klasa filtracji
	ePM _{1min}	ePM _{2,5min}	ePM _{10min}	
ISO zgrubne	–	–	< 50%	ISO coarse 5 ÷ 95%, wartości zaokrąglane do 5%
ISO ePM ₁₀	–	–	≥ 50%	ISO ePM ₁₀ 5 ÷ 95%, wartości zaokrąglane do 5%
ISO ePM _{2,5}	–	≥ 50%	–	ISO ePM _{2,5} 5 ÷ 95%, wartości zaokrąglane do 5%
ISO ePM ₁	≥ 50%	–	–	ISO ePM ₁ 5 ÷ 95%, wartości zaokrąglane do 5%

Tabela 3. Klasyfikacja filtrów powietrza wg PN-EN 779

Klasyfikacja filtrów powietrza wg PN-EN 779				
	Klasa filtra	Średni stopień zatrzymania pyłu A _m syntetycznego [%]	Średnia skuteczność filtracji E _m dla cząstek 0,4μm [%]	Minimalna skuteczność filtracji dla cząstek 0,4μm [%]
Filtry zgrubne	G1	$50 \leq A_m < 65$		
	G2	$65 \leq A_m < 80$		
	G3	$80 \leq A_m < 90$		
	G4	$90 \leq A_m$		
Filtry średnie	M5		$40 \leq E_m < 60$	
	M6		$60 \leq E_m < 80$	
Filtry dokładne	F7		$80 \leq E_m < 90$	35
	F8		$90 \leq E_m < 95$	55
	F9		$95 \leq E_m$	70

Wentylacja bytowa

Zgodnie z definicją, głównym zadaniem wentylacji bytowej jest wymiana powietrza zanieczyszczonego na powietrze świeże, w celu zapewnienia wymaganego poziomu jakości środowiska wewnętrznego. Odnosząc tę definicję do budownictwa mieszkalnego, należy przyjąć, że głównym źródłem zanieczyszczeń będzie człowiek oraz jego aktywność, np. codzienne czynności, takie jak gotowanie, pranie. Drugą istotną grupę stanowią emisje zanieczyszczeń pochodzących z instalacji, np. grzewczych, wyposażenia oraz konstrukcji budynków. Należy pamiętać, że zwierzęta domowe również stanowią istotne źródło zanieczyszczeń.

W celu dostatecznego rozcieńczenia zanieczyszczeń należy dostarczyć do pomieszczeń powietrze świeże, przefiltrowane do poziomu niższego niż określony jako docelowy. Metodyka wyboru odpowiednich filtrów, uwzględniająca zarówno otoczenie budynku, jak i jego przeznaczenie, zawarta jest w normie PN-EN 16798-3 i została szerzej opisana poniżej w rozdziale Procedura wyboru klasy filtracji.

Zużycie energii

Bogata oferta rynkowa kanałowych rozwiązań do oczyszczania powietrza, umożliwiają projektantowi/użytkownikowi wybór pomiędzy rozwiązaniami klasycznymi, wykorzystującymi mechaniczną filtrację powietrza, np. w postaci filtrów płaskich lub kieszeniowych, o klasach filtracji F7-F9 (ePM₁ 70-90%), filtrów absolutnych (EPA/HEPA), o klasach E10-H13, czy filtrów hybrydowych łączących filtrację mechaniczną z adsorpcją dzięki warstwie węgla aktywnego. Coraz większym zainteresowaniem cieszą się bardziej zaawansowane urządzenia łączące filtrację mechaniczną z innymi metodami fizycznymi, np. filtracją elektrostatyczną, czy uzdatnianiem powietrza za pomocą procesu fotokatalizy lub promieniowania UV. Nierozzerwalnym aspektem związanym z oczyszczaniem powietrza jest zużycie energii. Warto więc, przed wyborem konkretnego rozwiązania, zweryfikować oferowane urządzenia. Filtry elektrostatyczne, fotokatalityczne czy lampy UV nie generują dużego oporu przepływu powietrza, więc ich wpływ na zużycie energii przez wentylator nie będzie duży. Wymagają za to zasilania elektrycznego do działania. W przypadku filtracji mechanicznej o energochłonności decyduje spadek ciśnienia, który jest wypadkową powierzchni filtra i zastosowanej tkaniny filtracyjnej. Z reguły im wyższa klasa filtracji, tym wyższy spadek ciśnienia i co za tym idzie pobór mocy wentylatora. Dla tej grupy filtrów istotne jest znalezienie złotego środka – filtra o możliwie wysokiej skuteczności filtracji i umiarkowanym zużyciu energii. Ze szczególną ostrożnością należy podchodzić do filtrów klasy EPA/HEPA, cechujących się bardzo wysoką skutecznością kosztem znaczącego spadku ciśnienia, nierzadko równego spadkowi ciśnienia w całej sieci przewodów, co czyni instalację bardzo energochłonną.

Eksploatacja

Układ filtracyjny wymaga odpowiedniej eksploatacji. W zależności od producenta urządzenia mogą być wyposażone w różne systemy monitoringu, np. mechanizm czasowy lub pomiar spadku ciśnienia (w formie detekcji przekroczenia wartości maksymalnej – presostat różnicy ciśnienia lub pomiaru ciągłego – przetwornik różnicy ciśnienia). Wraz ze wzrostem ilości zatrzymanych zanieczyszczeń filtry powodują coraz większy spadek ciśnienia, zatem ich regularna wymiana ma istotne znaczenie dla zużycia energii. Częstotliwość wymiany filtrów jest sprawą bardzo indywidualną, zależną od wielu czynników, m.in. położenia obiektu, czy zlokalizowanych w okolicy źródeł zanieczyszczeń. Nie mniej jednak filtry wstępne powinny być wymieniane nie rzadziej niż raz na kwartał. W przypadku filtrów wtórnych wymiana powinna się odbywać na podstawie wskazania układu pomiarowego lub raz do roku. W odniesieniu do filtrów elektrostatycznych, fotokatalitycznych i lamp UV brak jednolitych wskazań serwisowych, więc ich eksploatacja powinna być prowadzona zgodnie z wytycznymi producenta.

Procedura wyboru klasy filtracji

Proponowana przez Stowarzyszenie Eurovent procedura wyboru odpowiednich filtrów powietrza została opracowana na podstawie wytycznych normy projektowej PN-EN 16798-3, jednak jako poziom odniesienia zastosowano zaktualizowane wytyczne WHO z 2021 roku.

Kluczowym elementem analizy jest określenie kategorii środowiska zewnętrznego, w jakim zlokalizowany jest budynek oraz przeznaczenia i sposobu użytkowania wentylowanych pomieszczeń. Mając te informacje, odczytuje się z zamieszczonej poniżej tabeli nr 6 minimalne wymagania odnośnie poziomu oczyszczania powietrza.

W tabeli określony został jedynie wymagany poziom skuteczności filtracji, bez narzucania drogi do jego osiągnięcia.

W przypadku obiektów zlokalizowanych na terenach silnie zurbanizowanych, o dużym zapyleniu, zasadne jest stosowanie kaskady filtrów złożonej z co najmniej dwóch stopni, z filtrem wstępnym zlokalizowanym w centrali wentylacyjnej i filtrem wtórnym, montowanym w ciągu przewodów wentylacyjnych. Układ składający się z filtra wstępnego jest korzystny nie tylko z uwagi na skuteczność filtracji, ale także wydłuża żywotność filtrów wtórnych (dokładnych), zazwyczaj znacząco droższych.

Określenie kategorii środowiska zewnętrznego może wydawać się nieco trudne, z uwagi na przywołane wartości stężeń zanieczyszczeń pyłowych, dlatego warto korzystać ze wsparcia serwisów lub aplikacji agregujących dane dotyczące jakości środowiska, np. **„Jakość powietrza w Polsce”**, opracowanej przez **Główny Inspektorat Ochrony Środowiska**, zamieszczonej na stronie internetowej: https://powietrze.gios.gov.pl/pjp/content/mobile_app

Tabela 4. Kategorie jakości powietrza zewnętrznego, źródło: Eurovent 4/23-2022




Kategoria	Opis	Typowe środowisko
ODA 1	<p>Powietrze zewnętrzne, które może być tylko tymczasowo zanieczyszczone pyłem Stosuje się w przypadku spełnienia wytycznych WHO (2021) – średnia roczna dla $PM_{2,5} \leq 5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} \leq 15 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	
ODA 2	<p>Powietrze zewnętrzne o wysokim stężeniu cząstek stałych Stosuje się w przypadku, gdy stężenia cząstek stałych nie przekraczają 150% wartości wg wytycznych WHO – średnia roczna dla $PM_{2,5} \leq 7,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} \leq 22,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	
ODA 3	<p>Powietrze zewnętrzne o bardzo wysokim stężeniu cząstek stałych Stosuje się, gdy stężenia cząstek stałych przekraczają 150% wartości wg wytycznych WHO – średnia roczna dla $PM_{2,5} > 7,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 22,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	

Tabela 5. Kategorie jakości powietrza nawiewanego, źródło: Eurovent 4/23-2022

Kategorie jakości powietrza nawiewanego		
	Opis	Przykłady pomieszczeń
SUP 1	<p>Odnosi się do powietrza nawiewanego o stężeniach cząstek stałych spełniających wymagania dotyczące wartości dopuszczalnych określone w wytycznych WHO (2021) pomnożonych przez współczynnik 0,25</p> <p>– średnia roczna dla $PM_{2,5} > 1,25 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 3,75 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	–
SUP 2	<p>Odnosi się do powietrza nawiewanego o stężeniach cząstek stałych spełniających wymagania dotyczące wartości dopuszczalnych określone w wytycznych WHO (2021) pomnożonych przez współczynnik 0,5</p> <p>– średnia roczna dla $PM_{2,5} > 2,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 7,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	<p>Pomieszczenia przeznaczone na stały pobyt ludzi</p> <p>Przykłady: przedszkola, biura, hotele, budynki mieszkalne, sale konferencyjne, sale wystawowe, teatry, kina, sale koncertowe</p>
SUP 3	<p>Odnosi się do powietrza nawiewanego o stężeniach cząstek stałych spełniających wymagania dotyczące wartości dopuszczalnych określone w wytycznych WHO (2021) pomnożonych przez współczynnik 0,75</p> <p>– średnia roczna dla $PM_{2,5} > 3,75 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 11,25 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	<p>Pomieszczenia przeznaczone na czasowy pobyt ludzi</p> <p>Przykłady: magazyny, centra handlowe, pralnie, serwerownie</p>
SUP 4	<p>Odnosi się do powietrza nawiewanego o stężeniach cząstek stałych spełniających wymagania dotyczące wartości dopuszczalnych określone w wytycznych WHO (2021)</p> <p>– średnia roczna dla $PM_{2,5} > 5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 15 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	<p>Pomieszczenia przeznaczone na tymczasowy pobyt ludzi</p> <p>Przykłady: toalety, klatki schodowe, pomieszczenia magazynowe</p>
SUP 5	<p>Odnosi się do powietrza nawiewanego o stężeniach cząstek stałych spełniających wymagania dotyczące wartości dopuszczalnych określone w wytycznych WHO (2021) pomnożonych przez współczynnik 1,5</p> <p>– średnia roczna dla $PM_{2,5} > 7,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$ i $PM_{10} > 22,5 \mu\text{m}/\text{m}^3$</p>	<p>Pomieszczenia nieprzeznaczone na pobyt ludzi</p> <p>Przykłady: pomieszczenia na odpady, centra danych, parkingi podziemne</p>

Tabela 6. Zalecana minimalna skuteczność filtracji ePM_x w zależności od kategorii ODA i SUP (średnie roczne wartości PM_x w $[\mu g/m^3]$), źródło: Eurovent 4/23-2022

Powietrze zewnętrzne			Powietrze nawiewane				
			SUP1* $PM_{2,5} \leq 1,25$ $PM_{10} \leq 3,75$	SUP2** $PM_{2,5} \leq 2,5$ $PM_{10} \leq 7,5$	SUP3 $PM_{2,5} \leq 3,75$ $PM_{10} \leq 11,25$	SUP4 $PM_{2,5} \leq 5$ $PM_{10} \leq 15$	SUP5 $PM_{2,5} \leq 7,5$ $PM_{10} \leq 22,5$
kategoria	$PM_{2,5}$	PM_{10}	ePM_1	ePM_1	$ePM_{2,5}$	ePM_{10}	ePM_{10}
ODA 1	≤ 5	≤ 15	70%	50%	50%	50%	50%
ODA 2	$\leq 7,5$	$\leq 22,5$	80%	70%	70%	80%	50%
ODA 3	> 7	$> 22,5$	90%	80%	80%	90%	80%

* minimalne wymagania dotyczące skuteczności filtracji ePM_1 50% odnoszą się do filtra końcowego

** minimalne wymagania dotyczące skuteczności filtracji $ePM_{2,5}$ 50% odnoszą się do filtra końcowego

SŁOWNIK POJĘĆ

Anemostat – element montowany na zakończeniu przewodów wentylacyjnych nawiewnych i wywiewnych w ścianie lub suficie, przez które powietrze jest nawiewane lub wywiewane z pomieszczeń; anemostat umożliwia regulację strumienia powietrza i jego prawidłowe rozprowadzenie w pomieszczeniach.

By-pass – przepustnica lub inny element w rekuperatorze służący do ominięcia wymiennika ciepła pozwalający w okresie letnim na wykorzystanie chłodnego powietrza.

Centrala wentylacyjna (zwana potocznie rekuperatorem) – urządzenie służące do wymiany powietrza w pomieszczeniach mające wymiennik ciepła, umożliwiający odzysk energii cieplnej. Centrala zapewnia również filtrację powietrza wentylującego budynek.

Certyfikat szczelności – certyfikat informujący o szczelności połączeń kanałów z kształtkami i dokładności wykonania rur spiro; informuje o klasie szczelności używanego materiału, najczęściej spotykane to klasa A, B, C, D, A, przy czym A to klasa kanałów o najmniejszej szczelności, klasa D to kanały z uszczelkami o najwyższej szczelności.

COBRTI INSTAL – Centralny Ośrodek Badawczo-Rozwojowy Techniki Instalacyjnej INSTAL.

Czerpnia – element montowany na zewnątrz budynku, podłączony do przewodów wentylacyjnych, służący do pobierania świeżego powietrza (nawiewanego do pomieszczeń).

Elementy nawiewne – różnego rodzaju anemostaty, kratki, dysze i inne nawiewniki wprowadzające powietrze do pomieszczeń.

Elementy wywiewne – różnego rodzaju anemostaty i kratki odbierające powietrze z pomieszczeń.

Gruntowy wymiennik ciepła (GWC) – instalacja wspomagająca i uzupełniająca instalację wentylacji mechanicznej z odzyskiem ciepła, wykorzystująca energię ciepłą zmagazynowaną w gruncie do wstępnego podgrzewania zimą, a schładzania latem powietrza nawiewanego do pomieszczeń.

Filtr – element zatrzymujący zanieczyszczenia stałe, oczyszczający świeże powietrze na nawiewie, na wywiewie filtr chroni wymiennik przed zanieczyszczeniami.

Przewód czerpny – przewód łączący czerpnię z centralą wentylacyjną.

Przewody wentylacyjne – najczęściej stalowe elementy (rury) służące do transportowania powietrza.

Kłapa rewizyjna – kłapa przykrywająca otwór w przewodzie wentylacyjnym, służąca do wprowadzenia urządzeń czyszczących.

Kształtki wentylacyjne – kolana, trójniki i inne elementy służące do budowy instalacji (łączenia, rozgałęziania prostych odcinków przewodów wentylacyjnych).

Mufa – element instalacji wentylacyjnej, tuleja metalowa służąca odłączenia dwóch przewodów wentylacyjnych poprzez umieszczenie ich wewnątrz mufy.

Nagrzewnica wstępna – najczęściej grzałka lub spirala elektryczna montowana w kanale powietrza nawiewanego lub wewnątrz centrali wentylacyjnej przed wymiennikiem powietrza zapobiegająca zamarzaniu wymiennika ciepła.

Nagrzewnica wtórna – najczęściej grzałka lub spirala elektryczna montowana w kanale powietrza nawiewanego za centralą wentylacyjną, najczęściej w pobliżu nawiewu do pomieszczenia w celu podgrzania powietrza nawiewanego do pomieszczenia.

Nawiew – wprowadzenie powietrza do pomieszczeń.

Nypel – element instalacji wentylacyjnej, tuleja metalowa służąca odłączenia dwóch kanałów wentylacyjnych poprzez umieszczenie ich na zewnątrz nypla.

Pa (Pascal) – jednostka ciśnienia.

Pomieszczenia higieniczno-sanitarne – kuchnia, łazienka, toaleta, pralnia, suszarnia, itp.

Pomieszczenia mieszkalne – pokój, sypialnia, salon, itp.

Pomieszczenia pomocnicze – garderoba, spiżarnia, pomieszczenia porządkowe, itp.

Rekuperator (centrala wentylacyjna) – potoczne określenie centrali wentylacyjnej. Definicja centrali wentylacyjnej – patrz wyżej.

Rury spiro – sztywne okrągłe kanały ze zwijanej spiralnie blachy stalowej służące do przesyłu powietrza (często pojęciem tym błędnie określa się inne miękkie przewody wentylacyjne).

Sprawność rekuperatora¹ – jest to współczynnik obliczany jako stosunek strumienia ciepła odzyskiwanego w rekuperatorze (przekazanego z powietrza wywiewanego do powietrza świeżego nawiewanego do budynku), do całkowitego zapotrzebowania mocy grzewczej, jakiej trzeba by dostarczyć, aby powietrze zewnętrzne podgrzać do temperatury powietrza wewnętrznego.

UWAGA: Należy zwrócić uwagę, że w przypadku jeżeli określenie „rekuperator” dotyczy całej centrali wraz z wentylatorami, to taka wartość sprawności nie będzie równa sprawności odzysku realizowanego w samym wymienniku ciepła lecz będzie od niej większa o wartość ciepła dostarczonego do powietrza przez wentylator nawiewny, a w przypadkach wymienników regeneracyjnych, również o wartość ciepła odzyskanego na drodze recyrkulacji.

Wartość sprawności odzysku zależy głównie od proporcji strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego przez centralę z odzyskiem ciepła. Jeżeli strumień wywiewany jest mniejszy od nawiewanego, to strumień odzyskiwanego ciepła jest niewielki (mała wartość sprawności). Jeżeli natomiast strumień nawiewany jest mniejszy od wywiewanego, to przyrost temperatury powietrza w rekuperatorze będzie nieco większy niż poprzednio, ale niedobór powietrza w budynku stąd wynikający będzie wymuszał jego uzupełnienie o powietrze infiltrujące przez nieszczelności, które trzeba w całości podgrzać. Sumarycznie, w takim przypadku, użytkownik nie zużyje mniej energii na potrzeby wentylacji. Z tego powodu, przy porównaniach różnych rekuperatorów, trzeba po-

¹ Powyższe określenie definiuje tzw. „sprawność jawną” (nazywaną często „temperaturową”) z pozycji użytkownika systemu wentylacji mechanicznej funkcjonującego w okresie zimowym. Definicja ta nie uwzględnia tzw. ciepła utajonego przekazywanego w wymiennikach, w których dochodzi do odzysku wilgoci.

sługiwać się wskaźnikami sprawności określonymi dla równych wartości strumieni powietrza nawiewanego i wywiewanego przy zdefiniowanych parametrach zarówno powietrza zewnętrznego, jak i wewnętrznego.

Sprawność odzysku wilgoci rekuperatora – jest to współczynnik obliczany jako stosunek strumienia wilgoci przekazywanego w rekuperatorze z powietrza wywiewanego do powietrza świeżego nawiewanego do budynku, do zawartości wilgoci występującej w powietrzu wywiewanym.

Spręż dyspozycyjny rekuperatora – ciśnienie (siła), z jaką rekuperator przetłacza powietrze do kanałów wentylacyjnych, mierzone na jego króćcach; dopiero podanie wydajności razem ze sprężem w wyczerpujący sposób informuje o mocy urządzenia.

Strumień powietrza wentylacyjnego – całkowita objętość powietrza wykorzystanego do wentylacji pomieszczenia. Strumień nawiewny – całkowita objętość powietrza nawiewanego do pomieszczenia (lub budynku). Strumień wywiewny – całkowita objętość powietrza usuwanego z pomieszczenia (lub budynku).

Szpilka – pręt gwintowany, który służy do podwieszenia przewodów wentylacyjnych.

Wydajność rekuperatora – ilość powietrza, którą przetłacza rekuperator, zazwyczaj podawana równolegle ze sprężem dyspozycyjnym.

Wymiennik ciepła – urządzenie w rekuperatorze zbudowane z odpowiednio ukierunkowanych małych kanałików, pozwalających na przekazywanie energii z powietrza wywiewanego do powietrza nawiewanego lub odwrotnie.

Wymiennik entalpiczny – wymiennik, w którym zachodzi zarówno odzysk ciepła (jawnego), jak i wilgoci (bez mieszania obydwu strumieni powietrza).

UWAGA: W takim wymienniku dochodzi do odzysku zarówno ciepła jawnego (którego „wskaźnikiem” jest temperatura), jak i ciepła utajonego (związanego z przekazywaniem wilgoci). Suma ciepła jawnego i utajonego stanowi ciepło całkowite, którego potencjał określa „entalpia właściwa powietrza wilgotnego”.

W takich przypadkach należy posługiwać się definicją „sprawności całkowitej”, w której odzyskany strumień ciepła całkowitego (stanowiącego sumę jawnego i utajonego przekazywanego z wilgocią) jest odnoszony do sumarycznego zapotrzebowania ciepła całkowitego na potrzeby wentylacji.

Wyrzutnia – element montowany na elewacji podłączony do przewodów wentylacyjnych, służący do wyrzucenia powietrza zużytego (wyciąganego z pomieszczeń).

Wywiew – odbiór powietrza z pomieszczeń.

Zbilansowany przepływ powietrza – przepływ, w którym ilość powietrza nawiewanego i wywiewanego jest równa (z zachowaniem dopuszczalnych odchyłań podanych w tekście).

Stowarzyszenie Polska Wentylacja jest zrzeszeniem osób związanych z branżą wentylacyjną. Zostało założone w Warszawie 27.09.2001 r. Wśród założycieli są przedstawiciele uczelni technicznych, instytutów naukowych, inżynierowie i przedsiębiorcy.

Działania Stowarzyszenia są prowadzone wielotorowo. Głównym celem jest sprzyjanie rozwojowi branży wentylacyjnej. Jest on realizowany poprzez działania w zakresie:

- ◆ monitoringu prawa oraz stałej współpracy z urzędami i instytucjami odpowiedzialnymi za jego stanowienie,
- ◆ popularyzacji wiedzy z zakresu wentylacji.

Działania edukacyjne i szkoleniowe są skierowane zarówno do osób nie związanych zawodowo z branżą wentylacyjną, jak i do specjalistów branżowych.

Stowarzyszenie prowadzi działania popularyzujące wiedzę o wentylacji:

- ◆ - publikuje w prasie artykuły na temat wentylacji
- ◆ - wydaje czasopiśmo branżowe CYRKULACJE
- ◆ - wydaje książki branżowe
- ◆ - przygotowuje ulotki i broszury informacyjne
- ◆ - organizuje seminaria i szkolenia
- ◆ - organizuje wystawę branży wentylacyjno-klimatyzacyjnej
FORUM WENTYLACJA – SALON KLIMATYZACJA

Stowarzyszenie zbiera informacje i wymienia doświadczenia w dziedzinie wentylacji w budownictwie mieszkaniowym jedno- i wielorodzinnym, użyteczności publicznej, biurowym, komercyjnym i przemysłowym.

Celem Stowarzyszenia jest również szerzenie postaw moralnych w środowisku branży wentylacyjnej.



**Stowarzyszenie
Polska
Wentylacja®**

www.wentylacja.org.pl
spw@wentylacja.org.pl