

# Czy można porównywać różne systemy wentylacji dla budynków mieszkalnych?

Odpowiedź na tytułowe pytanie jest twierdząca. Ważne jednak, aby porównanie robić rzetelnie, biorąc pod uwagę przynajmniej dwa kryteria: jakość powietrza wewnętrznego oraz koszt energii do ogrzewania budynku.

## Wprowadzenie

Jednym z najważniejszych aspektów jest sama przyczyna stosowania wentylacji, czyli wymiany powietrza w budynku w stopniu zapewniającym komfort użytkownika. Należy mieć tu na myśli nie tylko sprawy oczywiste, np. czystość powietrza czy brak uciążliwych zapachów, lecz także prawidłowe funkcjonowanie urządzeń grzewczych (kotłów, kominków, piecyków łazienkowych), brak zawilgocenia przegród, oraz prawidłowe kierunki przepływu powietrza w obrębie mieszkania/domu.

Drugim częstym aspektem branym pod uwagę jest zużycie energii potrzebnej do ogrzewania. Jest to istotne w przypadku wentylacji, ponieważ we współczesnym budynku prawie połowa energii zużywanej na

cele c.o. służy do ogrzania powietrza wentylacyjnego.

Niestety te dwa aspekty pozostają ze sobą w sprzeczności. Nie jest to nic zaskakującego, trzeba jednak pamiętać, że jakość powietrza można utożsamiać z komfortem, a zużycie energii z kosztami.

Zazwyczaj wraz ze wzrostem intensywności wentylacji poprawia się jakość powietrza lecz jednocześnie rośnie zużycie energii. Z drugiej strony niekoniecznie system zużywający mniejszą ilość energii powinien być polecony do zastosowania, ze względu na niespełnianie przez system wentylacji podstawowych wymagań.

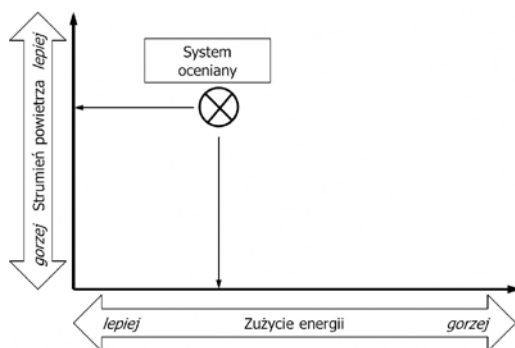
Jak więc oceniać systemy wentylacji? Na pewno biorąc pod uwagę przynajmniej dwa wymienione wcześniej aspekty. Z technicznego punktu widzenia jest to możliwe. Istnieją zarówno metody pozwalające na określenie jakości powietrza wewnętrznego (rozumianego np. jako strumień powietrza zewnętrznego), jak i zużycia energii na potrzeby c.o. (rozumianego jako suma energii cieplnej i elektrycznej dodanych z odpowiednimi wskaźnikami).

## Założenia metody

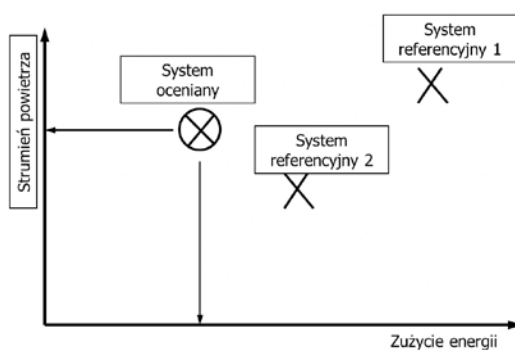
Można założyć, że ocena efektywności energetycznej powinna polegać na porównaniu rocznego zużycia energii (ogrzewanie i napędy związane z wentylacją) oraz strumienia powietrza (minimum, maksimum i średnia – dla temperatury zewnętrznej poniżej 12°C) w budynku mieszkalnym mającym oceniany system wentylacji. Ilustracją będzie więc dwuwymiarowy wykres, na którym skala pionowa informuje o ilości powietrza wentylacyjnego (co jest skorelowane z jakością powietrza wewnętrznego) czyli im więcej tym lepiej, a skala pozioma odpowiada za poziom zużycia energii (im mniej tym lepiej) – rys. 1.

Dzięki wykresowi jak na rys. 1, można wygodnie porównywać dwa systemy, ale gdy oceniamy jeden system to trudno stwierdzić czy osiągnięte wskaźniki są na do-

Rys. 1. Ilustracja koncepcji oceny systemu wentylacji



Rys. 2. Ilustracja koncepcji oceny systemu wentylacji – koncepcja systemów referencyjnych



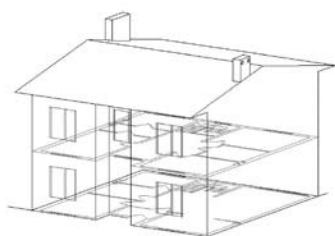
brym czy może bardzo dobrym poziomie. W tym celu można porównać oceniany system z systemem referencyjnym czyli porównać wskaźniki dla takiego samego budynku, ale wyposażonego w referencyjne systemy wentylacji naturalnej i mechanicznej wywiewnej – rys. 2.

Dzięki wprowadzeniu budynku referencyjnego i systemu referencyjnego zdefiniować można skalę pozwalającą na ocenę systemów. Przykładowo w Narodowej Agencji Poszanowania Energii (NAPE) wprowadzono następujące kategorie efektywności energetycznej (rys. 4):

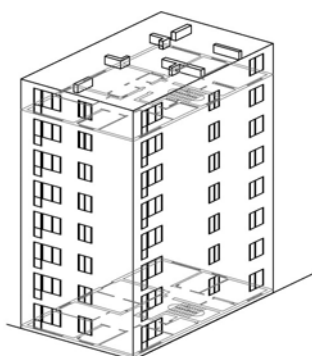
- zużycie energii dla budynku referencyjnego stanowi poziom odniesienia równy 100% – poziom referencyjny zużycia energii pierwotnej wg NAPE,
- wynik zużycia energii dla budynku z „zerową” wentylacją stanowi poziom odniesienia równy 0%,
- wynik od 0% do 30% włącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE A1,
- wynik od 30% do 50% włącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE A2,
- wynik od 50% do 70% włącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE B1,
- wynik od 70% do 90% włącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE B2,
- wynik od 90% do 110% włącznie oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE C,
- wynik powyżej 110% oznacza kategorię efektywności energetycznej NAPE D.

Budynek referencyjny musi być zatem zdefiniowany jako budynek typowy w swoim rodzaju (np. wielorodzinny budynek mieszkalny lub jedno-

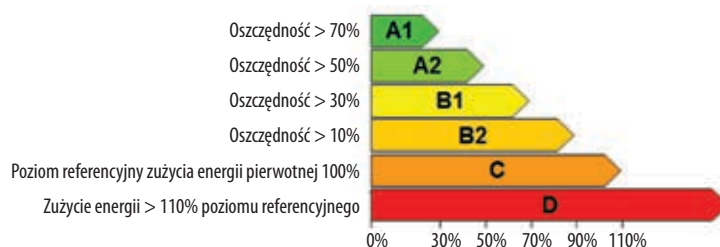
a)



b)



Rys. 3. Widok jednorodzinny (a) i wielorodzinny (b) budynku referencyjnego NAPE ([www.nape.pl/rekomendacje.aspx](http://www.nape.pl/rekomendacje.aspx))

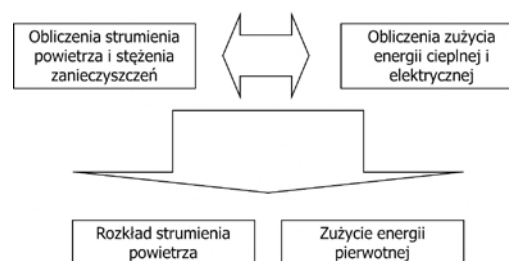


rodzinny budynek mieszkalny, w dalszej kolejności również np. budynek biurowy odpowiedniej klasy). Budynek taki powinien być szczegółowo opisany zarówno pod względem architektoniczno-konstrukcyjnym, jak i sposobu użytkowania. Opis taki został opracowany również w NAPE jako podstawa do oceny i wydawania rekomendacji dla różnych systemów znajdujących się w budynku, w tym również systemów wentylacji.

Widok budynku stanowiącego podstawę opisu budynku referencyjnego NAPE przedstawia rys. 3.

### Obliczenia

Obliczenia niezbędne do wyznaczenia punktu charakteryzującego oceniany system wentylacji (rys. 2) można wykonać zgodnie ze schematem zamieszczonym poniżej:



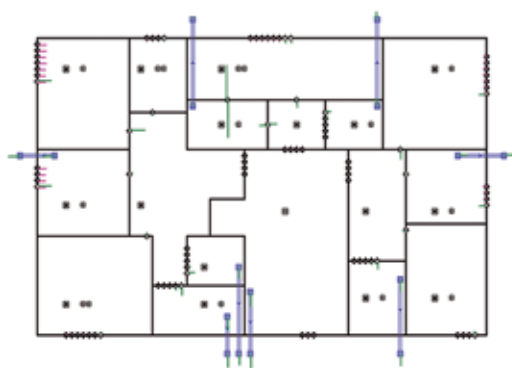
Rys. 5. Schemat prowadzenia obliczeń

Obliczenia strumienia powietrza muszą oczywiście uwzględniać wszystkie z założeń poczynionych dla budynków i systemów referencyjnych. Po sprawdzeniu, czy strumienie powietrza odpowiadają założonym wymaganiom można przejść do kolejnego kroku obliczeń. Jest nim określenie zużycia energii cieplnej na potrzeby c.o. i elektrycznej do napędu wentylatorów i/lub innych urządzeń pomocniczych. W tym przypadku obliczone wcześniej strumienie powietrza stanowią daną wejściową do obliczeń energetycznych.

### Obliczenia strumienia powietrza

Obliczenia strumienia powietrza można wykonać np. w programie CONTAM 3.0. Szczegółowy opis programu można znaleźć na stronie <http://www.bfrl.nist.gov/IAQanalysis/CONTAM/index.htm>. Ilustrację opisu przykładowej kondygnacji jednego z budynków referencyjnych w programie CONTAM przedstawiono na rys. 6.

Rys. 6. Ilustracja opisu przykładowej kondygnacji jednego z budynków referencyjnych wyposażonego w referencyjny system wentylacji naturalnej w programie CONTAM



Wyniki uzyskane dla budynku wielorodzinnego wyposażonego w referencyjny system wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej wywiewnej przedstawiono na rys. 7.

Na wykresach zauważyć można typową dla wentylacji grawitacyjnej zależność strumienia powietrza od temperatury zewnętrznej oraz stosunkowo stabilny strumień dla wentylacji mechanicznej. Można stwierdzić, że oczywiście nie zawsze potrzebny jest ten sam strumień powietrza, czyli w przypadku wentylacji mechanicznej po zastosowaniu różnych opcji sterowania mamy pewien potencjał oszczędności energii bez pogorszenia jakości powietrza wewnętrznego.

### Obliczenia zużycia energii

Obliczenia energetyczne można wykonać, np. zgodnie z PN-EN-ISO 13790 (Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling), za pomocą zmodyfikowanej metody go-

dzinowej 6R1C, w układzie jednostrefowym (budynek stanowi jedną strefę). Warto zauważyć, że metoda ta uwzględnia dynamikę cieplną budynku, a temperatura powietrza wewnętrznego jest w każdym kroku obliczana na podstawie dostarczanej mocy cieplnej, zysków ciepła oraz ilości i temperatury powietrza dopływającego do pomieszczenia.

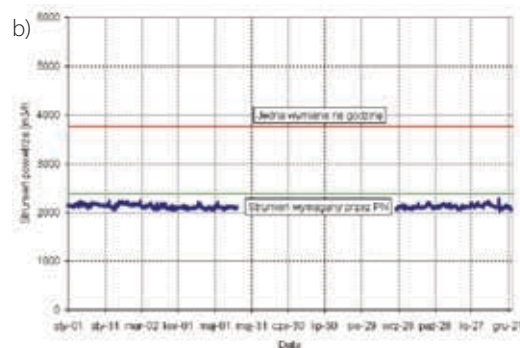
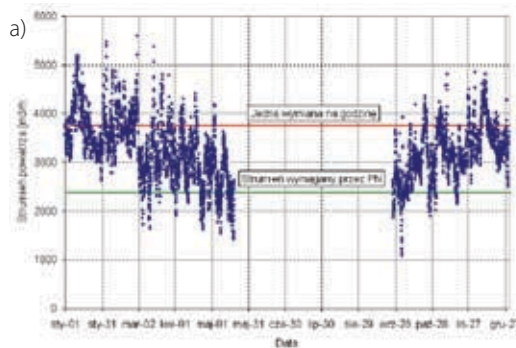
Obliczenia należy uzupełnić jeszcze wyznaczeniem zużycia energii elektrycznej do napędu wentylatorów, np. korzystając z obliczonego wcześniej strumienia powietrza i charakterystyki energetycznej danego typu wentylatora. Wyniki uzyskane dla budynku wielorodzinnego wyposażonego w referencyjny system wentylacji grawitacyjnej i mechanicznej wywiewnej przedstawiono na rys. 8.

Suma zużycia energii cieplnej i elektrycznej została przeliczona na energię pierwotną i dla budynku wielorodzinnego otrzymano: 132 889 kWh/rok dla wentylacji grawitacyjnej i 106 681 kWh/rok dla wentylacji mechanicznej.

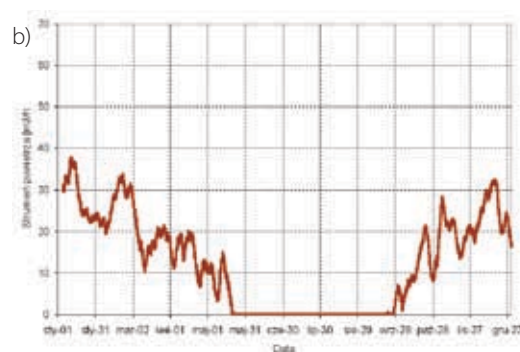
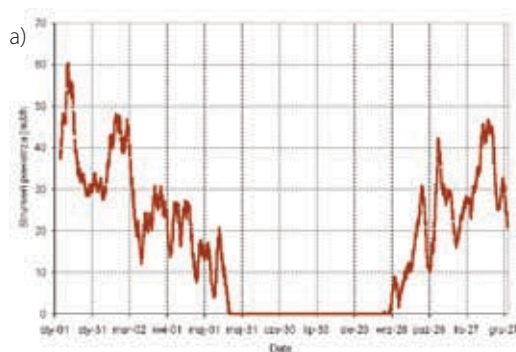
Wyniki strumienia powietrza wentylacyjnego i zużycia energii naniesione na dwuwymiarowy wykres stanowią tło będące podstawą do oceny innych systemów wentylacyjnych. Przykładowo, dla ilustracji metody, ocenie poddano dwa systemy wentylacji.

System wentylacji grawitacyjnej o charakterystyce wynikającej z poprzednich wymagań WT (sprzed nowelizacji w roku 2009), w którym brak jest nawiewników powietrza i napływ powietrza do pomieszczeń odbywa się wyłącznie poprzez szczeliny okienne o współczynniku infiltracji zgodnym z poprzednimi WT.

Rys. 7. Wyniki obliczeń strumienia powietrza wentylacyjnego dla referencyjnego budynku wielorodzinnego NAPE wyposażonego w referencyjny system wentylacji grawitacyjnej (a) i mechanicznej wywiewnej (b)



Rys. 8. Wyniki obliczeń zużycia energii cieplnej dla referencyjnego budynku wielorodzinnego NAPE wyposażonego w referencyjny system wentylacji grawitacyjnej (a) i mechanicznej wywiewnej (b)



Drugi system to przykład wentylacji mechanicznej regulowanej w postaci wentylacji mechanicznej wywiewnej higrosterowanej.

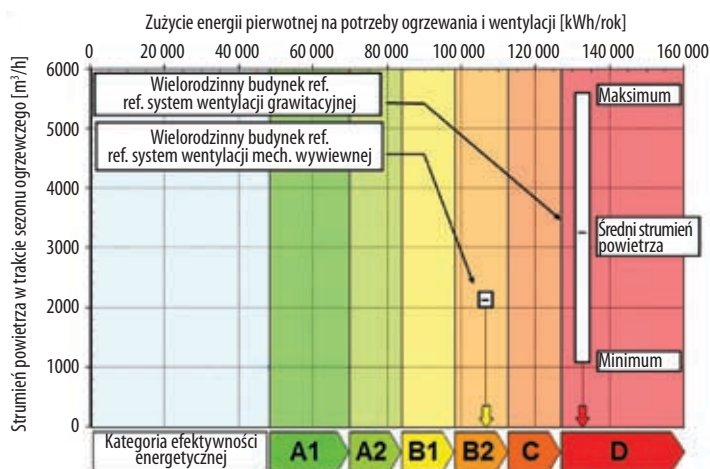
Wyniki dla obu systemów na tle systemów referencyjnych przedstawiono na rys. 9.

Początek skali kategorii A1 odpowiada „zerowemu” zużyciu energii na potrzeby wentylacji, czyli jest to przypadek dla budynku w którym brak jest wentylacji (zużycie ciepła wynika tylko ze strat przez przenikanie) lub wentylacja nie powoduje wzrostu zużycia energii, w takim przypadku otrzymujemy: 48 116 kWh/rok. Stanowi to ok. połowy zużycia dla budynku z referencyjną wentylacją mechaniczną wywiewną. W tym kontekście widać, jak bardzo przewymiarowaną otrzymujemy wentylację grawitacyjną (zużycie energii 132 889 kWh/rok), a jednocześnie, mimo przewymiarowania, są w przypadku tej wentylacji okresy kiedy strumień powietrza wynosi połowę wartości wymaganej. Przy tej okazji od razu można stwierdzić, że należy wykluczyć z ocen lub porównań wszystkie systemy wentylacyjne, które nie są w stanie zapewnić wymiany powietrza na poziomie powyżej 2000 m<sup>3</sup> powietrza na godzinę (jest to słuszne dla rozpatrywanego budynku referencyjnego NAPE). Sytuacja taka ma miejsce w przypadku wentylacji grawitacyjnej odpowiadającej WT sprzed 2009 r. (brak nawiewników powietrza, nawiew jedynie poprzez szczeliny okienne). Wtedy otrzymywano redukcję zużycia energii, ale niestety przy równoczesnym niedopuszczalnym zmniejszeniu intensywności wentylacji. System ten nie charakteryzuje się więc kategorią A1 ze względu na brak spełnienia wymagania zapewnienia minimalnej wymaganej intensywności wentylacji. W przypadku wentylacji mechanicznej wywiewnej higrosterowanej otrzymaliśmy zmniejszenie zużycia energii (ze względu na zmniejszenie strumienia powietrza w okresach małej emisji wilgoci, a więc braku użytkowników), ale jednocześnie system jest w stanie zapewnić wymagany strumień powietrza w okresach bardziej intensywnego korzystania z pomieszczeń (okresy zwiększonej emisji wilgoci) – kategoria efektywności energetycznej jest więc korzystniejsza.

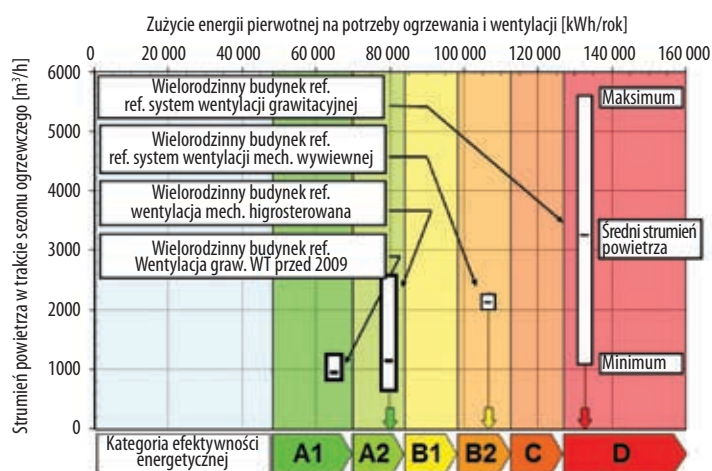
## Podsumowanie

Opisana metoda określania efektywności energetycznej systemów wentylacji dla budynków mieszkalnych charakteryzuje się prostotą obliczeniową, a jednocześnie pozwala na uwzględnienie:

- zużycia energii elektrycznej do napędów,
- zmian strumienia wynikających ze zmian temperatury i prędkości wiatru,
- zmian strumienia wynikających ze sterowania elementów wentylacyjnych,



Rys. 9. Referencyjne poziomy zużycia energii pierwotnej i strumienia powietrza wentylacyjnego dla oseny systemów wentylacji budynków mieszkalnych według założeń NAPE ([www.nape.pl/rekomendacje.aspx](http://www.nape.pl/rekomendacje.aspx))



Rys. 10. Prezentacja oceny systemu wentylacji grawitacyjnej według wymagań WT przed 2009, oraz wentylacji mechanicznej wywiewnej higrosterowanej

- zmniejszenia zużycia ciepła na skutek stosowania odzysku ciepła (w tym uwzględnienia szronienia wymiennika oraz ograniczenia sprawności odzysku ciepła w okresach przejściowych),
- jakości powietrza zapewnianej przez oceniany system wentylacji (w tym spełnienia wymagań minimalnych zdefiniowanych w polskich przepisach budowlanych).

Dzięki temu metoda spełnia szereg warunków, które umożliwiają zastosowanie jej do rzetelnej oceny różnych dostępnych na polskim rynku systemów wentylacji budynków mieszkalnych.

**Maciej Mijakowski<sup>1</sup>, Jerzy Sowa<sup>1</sup>  
Aleksander Panek<sup>1,2</sup>**

- 1 Wydział Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska
- 2 Narodowa Agencja Poszanowania Energii SA

*Pełna treść artykułu, wraz z literaturą, została opublikowana w materiałach seminaryjnych Forum Wentylacja – Sa-lon Klimatyzacja 2012*