



# Pomiary szczelności powietrznej dużych budynków cz. 2

Dobra szczelność powietrzna pokryć zewnętrznych oraz przegród wewnętrznych budynków wpływa na poprawę ich jakości energetycznej. Pomiary szczelności powietrznej są więc bardzo wskazane, a w niektórych krajach – wymagane. Pierwszą część artykułu na temat ogólnych zagadnień związanych z pomiarami szczelności powietrznej dużych budynków opublikowaliśmy przed miesiącem, tym razem przechodzimy do ich praktycznych aspektów.

## Lokalizacja nieszczelności w wyższych kondygnacjach budynku

Wykres 1. Spadki różnicy ciśnienia wywołane otwarciem drzwi i okien (Źródło: Blower-Door GmbH).

W ramach przeprowadzanej procedury lokalizowania nieszczelności może się okazać, że będzie konieczne badanie przepływów strumienia powietrza na górnych kondygnacjach budynku. W takim wypadku wskazane jest, by jeszcze przed przystąpieniem do pomiaru,



uzgodnić ze zleceniodawcą potrzebę zastosowania odpowiednich rusztowań, wózków podnośnikowych, zwyżek lub drabin. W razie stwierdzenia istotnych

różnic pomiędzy temperaturą wewnętrzną oraz temperaturą zewnętrzną celowe może się okazać wykonanie badań termograficznych. Zastosowanie analizy termograficznej pozwoli na szybkie wykrycie nieprawidłowości, które następnie można zbadać pod kątem istnienia nieszczelności.

## Przerwa w pomiarach wywołana mimowolnym otwarciem drzwi i okien

Pomiar szczelności powietrznej budynku może przynieść miarodajne wyniki jedynie wówczas, kiedy w okresie trwania pomiaru wszystkie zewnętrzne drzwi oraz okna są zamknięte. Jednakże mimo instruowania wszystkich osób wykonujących prace na placu budowy oraz wprowadzania odpowiednich przerw w pomiarach, potrzebnych na przykład na dowieszenie do budynku materiałów, zasada ta często nie jest przestrzegana. Dzieje się tak zwłaszcza pod presją krótkiego terminu

oddania inwestycji do użytku. W takich sytuacjach zaleca się przeprowadzenie pomiaru w nocy albo też w czasie weekendu. Przedstawiona na wykresie 1 charakterystyka została zarejestrowana w trakcie procedury lokalizacji szczelności. W celu wykrycia szczelności w pokryciach zewnętrznych budynków względnie w jego przegrodach niezbędne jest utrzymanie stałego podciśnienia wynoszącego ok. 50 Pa. Tymczasem na przestrzeni zaledwie 20 minut odnotowano ogółem 6 spadków ciśnienia spowodowanych otwarciem okien i drzwi i trwających niekiedy kilka minut. Zamiast lokalizacją szczelności budynku zajmowano się w tym wypadku poszukiwaniem osób, które swym postępowaniem spowodowały spadki ciśnienia.

### Wykonywanie serii pomiarów według normy DIN EN 13829

Po zlokalizowaniu szczelności przeprowadza się serię pomiarów przy podciśnieniu i nadciśnieniu; pomiary wykonuje się zgodnie z normą DIN EN 13829. Całkowite natężenie przepływu strumienia powietrza określa się przez zsumowanie wydajności pracy poszczególnych wentylatorów i następnie przetłacza się powietrze w celu uzyskania w budynku wymaganego ciśnienia. Wartości objętościowego natężenia przepływu powietrza ( $V_{50}$ ) oraz odpowiednich współczynników krotności wymiany powietrza ( $n_{50}$ ,  $q_{50}$  lub  $w_{50}$ ) obliczane są za pomocą oprogramowania służącego do oceny wyników pomiarów wykonywanych przy użyciu wielu wentylatorów [5].

### Wyniki pomiarów

Wyniki pomiarów dużych budynków prawie zawsze spełniają wymagania określone rozporządzeniem w sprawie oszczędnej gospodarki energią i dotyczące współczynników krotności wymiany powietrza ( $n_{50}$ ).

Wartości wskaźników  $n_{50}$  są często znacznie niższe od wartości analogicznych wskaźników uzyskiwanych w przypadku małych budynków (patrz tablica 1). Te wyraźnie lepsze rezultaty są z reguły spowodowane dwoma przyczynami. Po pierwsze liczba przypadających na 1 m<sup>2</sup> powierzchni pokrycia lub przegrody budynku punktów pomiarowych – a zatem możliwych punktów krytycznych – jest w wypadku dużych budynków zazwyczaj mniejsza niż w wypadku budynków małych. Po drugie w wypadku dużych budynków współczynniki krotności wymiany powietrza przyjmują niższe wartości – co jest konsekwencją mniejszej wartości wskaźnika A/V (stosunek powierzchni do kubatury). Kubatura pomieszczeń wewnętrznych dużych budynków jest zazwyczaj znaczna w porównaniu do niewielkiej powierzchni pokryć i przegród budynku, przez które powietrze może do wnętrza budynku infiltrować lub też ulatniać się z niego do otoczenia.

Przedstawione wyżej wyniki pomiarów wyraźnie pokazują, że w wypadku dużych budynków uzasadnione jest przyjęcie innych wartości dopuszczalnych współczynników krotności wymiany powietrza  $n_{50}$  niż

te, które ustalono w rozporządzeniu w sprawie oszczędnej gospodarki energią (EnEV).

Aby uzyskać pokrycie zewnętrzne budynku o jakości odpowiadającej wymaganiom stawianym budynkom jednorodzinny (budynki bez klimatyzacji o stosunku powierzchni do kubatury A/V wynoszącym około 1), należało by przyjąć, że dopuszczalna wartość współczynnika przepuszczalności powietrza jest równa przynajmniej wartości zalecanej przez normę DIN 4108-7, wynoszącej  $q_{50} \leq 3,0 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ .

W tym kontekście powinno się dyskutować także o dwóch kolejnych normatywnych wartościach granicznych: dla dużych budynków wyposażonych w instalacje techniczne służące do utrzymywania odpowiednich warunków klimatycznych w pomieszczeniach:  $q_{50} \leq 1,5 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$  i dla dużych budynków budowanych w technologii domów pasywnych:  $q_{50} \leq 0,6 \text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$ .

### Podsumowanie

W ostatnich latach nastąpił wzrost znaczenia pomiarów szczelności powietrznej dużych budynków. Przyczyniło się do tego rozporządzenie w sprawie oszczędnej gospodarki energią (EnEV), które określa wyraźnie wymagania w zakresie szczelności powietrznej budynków oraz fakt, że przepisy wspomnianego rozporządzenia ustalają również szczególne wymagania stawiane pokryciom zewnętrznym i przegrodom budynków. Przykładem są kryteria minimalizacji ryzyka wybuchu pożaru i rozprzestrzeniania się ognia, obowiązujące w wypadku dużych hal, które wiążą się z wymogiem uzyskania wyjątkowo dobrej szczelności powietrznej pokryć zewnętrznych. Z kolei kryteria utrzymania czystej atmosfery w pomieszczeniach budynku wiążą się z wymogiem uzyskania określonej przepuszczalności powietrza przez ograniczające te pomieszczenia pokrycia zewnętrzne budynku lub jego przegrody wewnętrzne.



Fot. 3 Sprawdzenie szczelności stolarki okiennej za pomocą wytwornicy dymu (Źródło: BlowerDoor GmbH).



Fot. 4. Uszczelnianie otworu za pomocą dętki do piłki; dętkę po wsunięciu w otwór należy napompuwać (Źródło: BlowerDoor GmbH).

Tablica 1. Wyniki pomiarów szczelności powietrznej dużych budynków.

| Dane budynku   | Wielkości odniesienia                                 | Wymagania   | Wyniki pomiarów   |
|--|---|---|---|
| Hala przemysłowa<br>Braunschweig, Niemcy<br>Rok budowy: 2002<br>Konstrukcja drewniana  | $V = 47\,000\text{ m}^3$                              | $n_{50} \leq 0,6\text{ h}^{-1}$<br>Budynek pasywny  | $n_{50} = 0,27\text{ h}^{-1}$<br>Użyty układ pomiarowy: 4 wentylatory BlowerDoor<br>Pomiar: 2 wentylatory BlowerDoor  |
| Biurowiec,<br>Hamm, Niemcy<br>Rok budowy: 2003<br>Masywna budowla monolityczna   | $V = 31\,500\text{ m}^3$                              | $n_{50} \leq 1,5\text{ h}^{-1}$   | $n_{50} = 0,3\text{ h}^{-1}$<br>Użyty układ pomiarowy: 3 wentylatory BlowerDoor<br>Pomiar: 2 wentylatory BlowerDoor   |
| Hala magazynowa z wysokimi regałami<br>Marl, Niemcy<br>Rok budowy: 2004<br>Konstrukcja stalowa z elementami przekładkowymi (typu <i>sandwich</i> ) | $V = 190\,000\text{ m}^3$                             | $n_{50} \leq 0,02\text{ h}^{-1}$<br>Pomiar specjalny, instalacja zabezpieczenia przeciwpożarowego       | $n_{50} = 0,014\text{ h}^{-1}$<br>Użyty układ pomiarowy: 2 wentylatory BlowerDoor<br>Pomiar: 1 wentylator BlowerDoor  |
| Biblioteka<br>Cottbus, Niemcy<br>Rok budowy: 2006<br>Szkłana fasada oraz masywna budowla monolityczna  | $V = 45\,300\text{ m}^3$<br>$AE = 9\,900\text{ m}^2$  | $n_{50} \leq 1,0\text{ h}^{-1}$<br>Specjalny pomiar regulacyjny, instalacja wentylacyjno-klimatyzacyjna | $n_{50} = 0,42\text{ h}^{-1}$<br>$q_{50} = 1,9\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$<br>Użyty układ pomiarowy: 6 wentylatorów BlowerDoor<br>Pomiar: 3 wentylatory BlowerDoor  |
| Biurowiec<br>Garching, Niemcy<br>Rok budowy: 2007<br>Masywna budowla monolityczna ze szklaną fasadą  | $V = 86\,000\text{ m}^3$<br>$AE = 12\,000\text{ m}^2$ | $n_{50} \leq 3\text{ h}^{-1}$   | $n_{50} = 0,5\text{ h}^{-1}$<br>$q_{50} = 3,3\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$<br>Użyty układ pomiarowy: 10 wentylatorów BlowerDoor<br>Pomiar: 7 wentylatorów BlowerDoor |
| Szpital,<br>Prizren, Kosowo<br>Rok budowy: 2007<br>Masywna budowla monolityczna  | $V = 12\,000\text{ m}^3$<br>$AE = 5\,000\text{ m}^2$  | $n_{50} \leq 1,5\text{ h}^{-1}$   | $n_{50} = 0,6\text{ h}^{-1}$<br>$q_{50} = 1,5\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$<br>Użyty układ pomiarowy: 2 wentylatory BlowerDoor<br>Pomiar: 1 wentylator BlowerDoor     |
| Hala produkcyjna<br>Linz, Austria<br>Rok budowy: 2008<br>Konstrukcja drewniana   | $V = 16\,000\text{ m}^3$                              | $n_{50} \leq 0,6\text{ h}^{-1}$   | $n_{50} = 0,08\text{ h}^{-1}$<br>Użyty układ pomiarowy: 3 wentylatory BlowerDoor  |
| Biurowiec<br>Kopenhaga, Dania<br>Rok budowy: 2008<br>Szkłana fasada  | $V = 66\,000\text{ m}^3$<br>$AF = 9\,900\text{ m}^2$  | $w_{50} \leq 1,5\text{ l/s/m}^2$<br>Wymagania obowiązujące w Danii                                      | $w_{50} = 1,25\text{ l/s/m}^2$<br>$n_{50} = 0,68\text{ h}^{-1}$<br>$q_{50} = 5,7\text{ m}^3/(\text{h}\cdot\text{m}^2)$<br>Użyty układ pomiarowy: 8 wentylatorów BlowerDoor    |
| Budynek pływalni<br>Drammen, Norwegia<br>Rok budowy: 2008<br>Szkłana fasada  | $V = 68\,370\text{ m}^3$                              | Brak danych   | $n_{50} = 0,31\text{ h}^{-1}$<br>Użyty układ pomiarowy: 4 wentylatory BlowerDoor  |

Wykorzystywanie wielu wentylatorów nadmuchiwo-wyciągowych do celów pomiaru dużych natężeń przepływu strumienia powietrza jest dziś praktyką powszechnie stosowaną w całej Europie. Załączanie lub wyłączenie poszczególnych wentylatorów umożliwia stopniową regulację natężenia przepływu i uzyskanie każdej wymaganej wartości natężenia z zachowaniem określonej dokładności. Możliwość umieszczania poszczególnych układów pomiarowych w różnych pomieszczeniach budynku pozwala również na uzyskanie dużej elastyczności pomiarowej. Jest to bardzo ważne w tych wypadkach, kiedy rozkład ciśnienia w pomieszczeniach wewnętrznych budynku jest nierównomierny.

Z uwagi na potrzebę utrzymania w określonych granicach nakładu czasu pracy oraz liczby osób zatrudnianych w celu wykonania pomiarów, konieczne jest ich staranne przygotowanie i zapewnienie ich właściwej organizacji. Zwłaszcza w wypadku dużych

budynków trzeba przeprowadzić przed przystąpieniem do pomiarów dokładne oględziny placu budowy. Pozwolą one na ocenę stanu cechujących się szczelnością powietrzną przegród i pokryć budynku, obejrzenie miejsc ewentualnego montażu urządzeń pomiarowych oraz określenie potrzeby wykonania tymczasowych uszczelnień lub zaślepek (np. urządzeń wentylacyjno-klimatyzacyjnych). Na podstawie wiadomości uzyskanych podczas oględzin należy określić termin przeprowadzenia pomiarów, które z uwagi na narzucone tempo wykonywania prac oraz terminy realizacji często przeprowadzane są w nocy lub w czasie weekendu.

Wykonywane przed pomiarami prace związane z przygotowaniem budynku oraz lokalizacją nieszczelności (np. w wypadku hal – przy użyciu przesuwanych rusztowań) są czasochłonne. Staranne zaplanowanie tych prac i rozdzielenie ich na większą liczbę kompetentnych pracowników pozwoli na zaoszczędzenie



Fot. 5. Biblioteka w Cottbus w Niemczech (Źródło: ingBEU)



Fot. 6. Biurowiec w Kopenhadze w Danii (Źródło: Lars Due, Dania)

dzenie czasu oraz szybkie wykonanie pomiarów. Ich czas trwania – w zależności od wielkości budynku – powinien się zawierać w granicach od połowy do całego dnia. Wartości poszczególnych wielkości charakterystycznych uzyskiwane w toku pomiarów prowadzonych w zakresie zarówno podciśnieniowym jak i nadciśnieniowym obliczane są przy użyciu odpowiedniego oprogramowania oraz narzędzi pomocniczych; ten etap pomiarów wymaga najmniejszego nakładu czasu pracy.

Pomiary szczelności powietrznej dużych budynków nie są dziś trudne. Podstawowym warunkiem uniknięcia ewentualnych zakłóceń w ich przebiegu jest zarówno dobre przygotowanie i organizacja pomiarów, jak i uzyskanie podczas ich wykonywania wsparcia ze strony kompetentnych współpracowników.

*Tekst i ilustracje: Dipl. Ing. Stefanie Rolfsmeier,*

*Dipl. Ing. Paul Simons*

*Tłumaczenie z języka niemieckiego Mariusz Krysiak,*

*Biuro Tłumaczeń Kontakt*

#### Literatura

[1] Norma DIN 4108, część 7, sierpień 2001: Izolacja termiczna i racjonalne wykorzystanie energii w budynkach. Aeroszczelność budynków. Wymagania, zalecenia oraz przykłady planowania i wykonania pomiarów.

[2] Norma DIN EN 13829, luty 2001. Termotechniczne własności budynków. Określenie przepuszczalności powietrza budynków. Metoda różnicy ciśnień (ISO 9972: 1996, znowelizowana); wersja obowiązująca w Niemczech: EN 13829: 2000.

[3] Rozporządzenie w sprawie oszczędnej gospodarki energią 2007 (rozp. OGE/EnEV 2007).

Rozporządzenie w sprawie energooszczędnej izolacji termicznej oraz energooszczędnych technik instalacyjnych w budynkach. Federalny Dziennik Ustaw, wydanie BGBl I nr 34 z dnia 26 lipca 2007, strony 1519-1563.

[4] Norma DIN 4108, część 2, czerwiec 2003: Izolacja termiczna i racjonalne wykorzystanie energii w budynkach. Podstawowe wymagania izolacji termicznej.

[5] S. Dorschky i in.: Metoda BlowerDoor w pomiarach dużych budynków. Fizyka budowy 2007 (2005), Rozdział 6, str. 378-382.

reklama



**Poświęćcie swoją energię na co innego!**  
**Próbę szczelności pozostawcie nam!**

## Minneapolis BlowerDoor

**Wiodące na rynku systemy pomiarowe szczelności powietrznej**



Uniwersalne zastosowanie w:

- domach pasywnych
- domach o niskim zapotrzebowaniu na energię
- budynkach eksploatowanych
- budynkach wielorodzinnych
- budynkach użyteczności publicznej i komercyjnych

**Chętnie służymy pomocą:**

Biuro Doradcze technologii  
 budownictwa pasywnego  
 80-299 Gdańsk  
 ul. Homera 57  
 Tel. +48 58 / 524 12 06  
 Fax +48 58 / 522 98 50