

Badanie szczelności budynków w praktyce

Poniższy artykuł udziela odpowiedzi na liczne pytania, m.in.: czy budynek powinien być szczelny; jakie wynikają z tego korzyści, a jakie straty; czy można zmierzyć szczelność; na jakim etapie powinno się planować szczelność oraz co mówią o tym przepisy. W pierwszej części artykułu w kontekście problematyki budownictwa energooszczędnego omówiono zagadnienia związane z wentylacją naturalną i mechaniczną, zasady oraz metody pomiaru szczelności.

mgr inż. Katarzyna Jarocka ■

Budownictwo energooszczędne w Polsce

Nowoczesny budynek energooszczędny musi być szczelny. Media ostatnio dostarczają coraz więcej informacji na temat budownictwa energooszczędnego. W Narodowym Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (NFOŚiGW) powstał program dopłat do budynków energooszczędnych NF15 i NF40 (www.nfosigw.gov.pl).

1. Wymaganie szczelności

Jednym z kryteriów do uzyskania dotacji jest spełnienie wymagania szczelności dla budynków wykonanych w obu standardach NF15 i NF40. Kryterium określa **współczynnik krotności wymian n_{50}** . Obowiązkowe zatem stało się wykonanie testu szczelności budynku.

Kryterium szczelności (h^{-1})	Standard NF40	Standard NF15
n_{50}	$\leq 1,0$	$\leq 0,6$

Czym jest n_{50} ? Dostarcza informacji o tym, ile powietrza wymienia się w budynku przez nieszczelności w ciągu 1 h. Jeżeli w budynku o kubaturze 1000 m³ w wyniku pomiaru $n_{50} = 0,5$, oznacza to, że 500 m³ powietrza uchodzi z budynku przez nieszczelności w ciągu 1h.

Obecnie na potrzeby wspomnianych dotacji badanie to będzie potwierdzało m.in. zgodność realizacji wykonania budynku z projektem. W Niemczech takie badania są wykonywane obligatoryjnie

już od 2002 r., a kryterium $n_{50} \leq 0,6 h^{-1}$ dotyczy budynków pasywnych. Proces projektowania budynku musi uwzględniać planowanie szczelności w detalach już podczas projektowania.

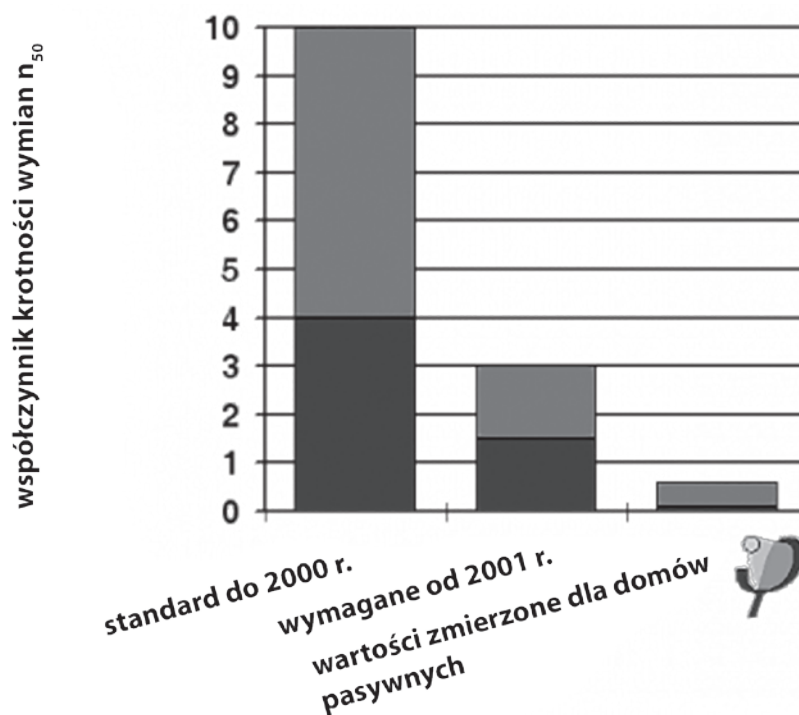
2. Co przepisy i normy mówią o szczelności?

Według rozporządzenia Ministra Infrastruktury z 6.11.2008 r. 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.

Zaleca się przeprowadzenie sprawdzenia szczelności powietrznej budynku. Wymagana szczelność wynosi:

- ✓ budynki z wentylacją grawitacyjną $n_{50} \leq 3 h^{-1}$
- ✓ budynki z wentylacją mechaniczną $n_{50} \leq 1,5 h^{-1}$



Rys. 1. Współczynnik n_{50} a zapotrzebowanie na energię do ogrzewania budynku (www.passipedia.de)

Według PN-EN 13799:2008 „Wentylacja budynków niemieszkalnych. Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji”: Zaleca się, aby szczelność budynku była odpowiednia do sposobu jego użytkowania i rodzaju wykonanej instalacji wentylacji. Budynki wyposażone w instalację wentylacji zrównoważonej (mechaniczny nawiew i wywiew powietrza) powinny być jak najszczelniejsze i charakteryzować się szczelnością $n_{50} \leq 1 \text{ h}^{-1}$ w przypadku budynków wysokich (wyższych niż 3 kondygnacje) i $n_{50} \leq 2 \text{ h}^{-1}$ w przypadku budynków niskich.

Rozporządzenie określa: [...] w przypadku zastosowania w pomieszczeniach innego rodzaju wentylacji niż wentylacja mechaniczna nawiewna lub nawiewno-wywiewna, dopływ powietrza zewnętrznego w ilości niezbędnej dla potrzeb wentylacyjnych należy zapewnić przez urządzenia nawiewne umieszczone w oknach, drzwiach balkonowych lub w innych częściach przegród zewnętrznych.

Powyższy przepis należy interpretować tak, że dopływ powietrza do pomieszczeń winien być zapewniony nie przez nieszczelności w obudowie, ale przez celowo wykonane otwory. Należy, zatem wyeliminować zjawisko niekontrolowanej infiltracji i eksfiltracji.

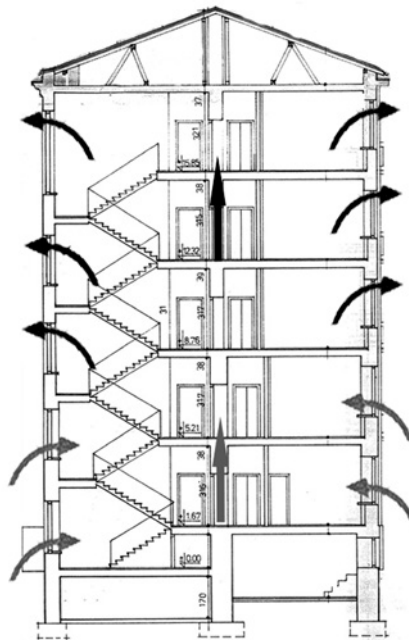
3. Źródło niekontrolowanej wymiany powietrza

Zjawisko napływu i wypływu powietrza w budynku jest spowodowane dwiema przyczynami:

- ✓ Naporem wiatru na budynek,



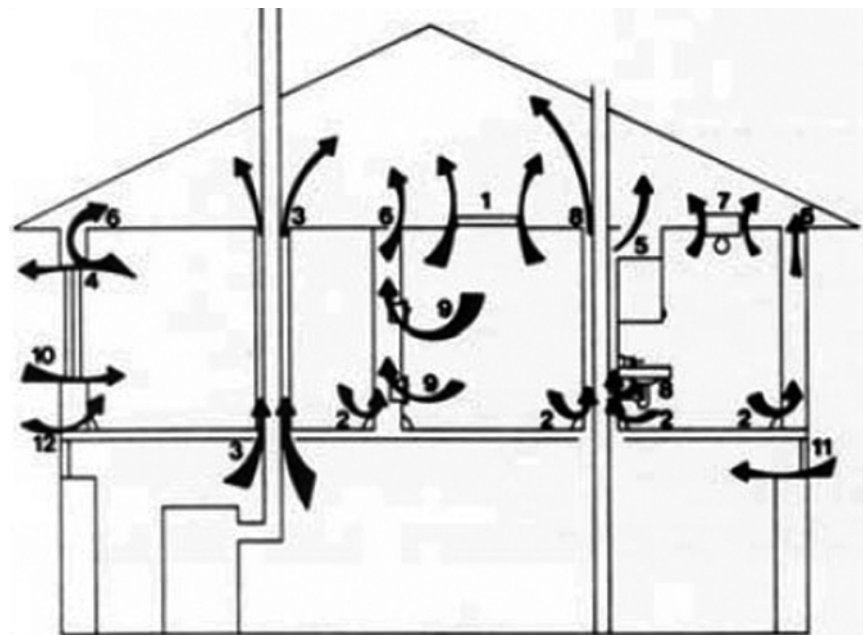
Rys. 2. Napływ wiatru na budynek (rys. autorski)



Rys. 3. Różnica ciśnień powietrza (rys. autorski)

- ✓ Powstaniem różnicy ciśnień w budynku, szczególnie wielokondygnacyjnym.

4. Gdzie szukać nieszczelności?



Rys. 4. Ucieczka ciepłego powietrza: 1 – włazy strychowe, 2 – listwy przypodłogowe, 3 – przewody kominowe, 4 – okna i drzwi, 5 – stropy podwieszane, 6 – ściany zewnętrzne działowe, 7 – oprawy oświetleniowe, 8 – przejścia instalacyjne, 9 – gniazdka elektryczne; Infiltracja zimnego powietrza: 10 – okna i drzwi, 11 – wieńce, 12 – inne szczeliny i otwory (źródło: Minneapolis Blower Door)

5. Wentylacja naturalna – czy się opłaca?

W budynku z wentylacją grawitacyjną mamy do czynienia z niekontrolowaną wymianą powietrza i bardzo dużymi stratami ciepła uciekającego przez kominy.



Rys. 5. Straty ciepła przez przegrody i wentylację (rys. autorski)

- ✓ Zalety:
 - niskie koszty instalacji,
 - prosta zasada działania;

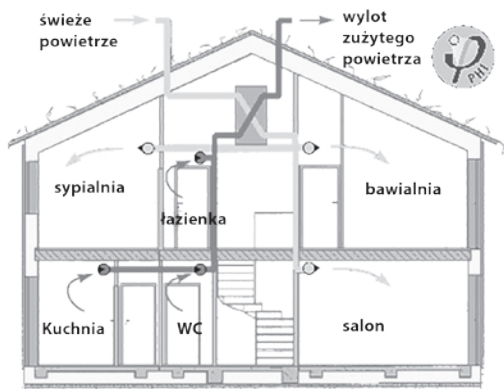
✓ **Wady:**

- działa tylko w okresie zimy, nie działa w okresach przejściowych,
- generuje duże straty ciepła – większe niż straty przez przenikanie przez przegrody,
- brak ciągu może powodować wykraplanie wilgoci (pleśń, grzyb) na ścianach, oknach.

6. Wentylacja mechaniczna

Spełnienie wymagań cieplnych dla budynków niskoenergetycznych i pasywnych może nastąpić wyłącznie przy zastosowaniu wentylacji mechanicznej nawiewno-wywiewnej z odzyskiem ciepła. Jednak warunkiem działania wentylacji z deklarowaną sprawnością jest **szczelny budynek**. Im mniejsza szczelność, tym mniejszy odzysk ciepła. **Cechy wentylacji mechanicznej:**

- rozwiązanie dla budynków energooszczędnych,
- kontrolowana wymiana powietrza,
- odzysk ciepła – ogrzewanie budynku,
- świeże powietrze.



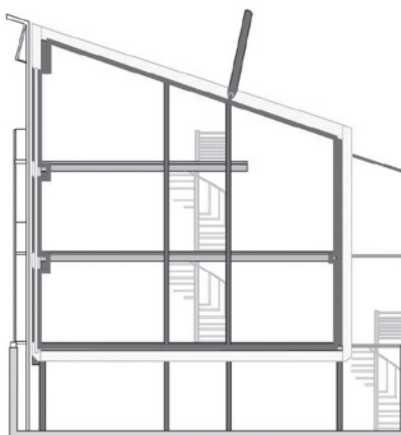
Rys. 6. Wentylacja mechaniczna z odzyskiem ciepła

7. Jak uzyskać szczelność?

Zasadą, której należy bezwzględnie przestrzegać, jest planowanie powłoki szczelnej na etapie projektowania budynku, jak również to, iż prowadzić należy jedną szczelną warstwę, czyli unikać dokładania kolejnych.

Prowadzenie szczelnej powłoki można przedstawić metodą flamastra (rys.

7). Idealnie jest wówczas, gdy linia nie jest nigdzie przerwana.



Rys. 7. Ciągłość szczelnej powłoki (www.pibp.pl)

8. Zasady planowania szczelnej powłoki

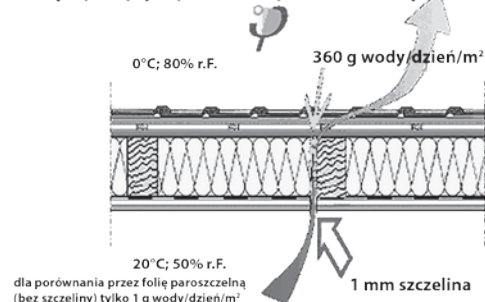
- koncepcja i projekt budowlany ze szczegółami wykonawczymi,
- określenie przebiegu szczelnej powłoki budynku,
- unikanie przebiegów powłoki szczelnej powietrznie,
- minimalizacja długości połączeń ewentualnych przebiegów,
- wybór odpowiednich materiałów,
- wykonanie projektu detali w skali 1:10,
- instrukcja (wskazówki) wykonawcza dla wykonawców,
- nadzór nad jakością wykonania (źródło: www.phi.de).

9. Skutki niedotrzymania szczelnej powłoki

- ✓ *Obniżenie jakości użytych komponentów w obudowie budynku – izolacje, konstrukcje, okna, drzwi*

Przerwanie ciągłości szczelnej powłoki powoduje eksfiltrację powietrza w powstałe szczeliny i kondensację w okresie zimy. Zjawisko to może się znacznie przyczynić do pogorszenia parametru współczynnika przenikania ciepła U (izolacji termicznej) przegród, co ma wpływ na zwiększenie strat ciepła.

błąd: przepływ powietrza przez szczelinę



Rys. 8. Wpływ szczeliny w przegrodzie na ilość pochłanianej wilgoci

✓ **Straty finansowe**

Obniżenie trwałości konstrukcji – konieczność inwestowania w remonty i naprawy w czasie krótszym, niż wynikałoby to z planowania na początku realizacji inwestycji.

✓ **Brak komfortu użytkownika**

Zgromadzona wilgoć w przegrodach może powodować powstawanie pleśni i grzybów. Zjawisko to jest niekorzystne dla zdrowia mieszkańców, zwłaszcza małych dzieci (astma, alergia). Poza tym wychłodzenie okolic podłogi, wychłodzenie szyb po stronie wewnętrznej, nieszczelności przy otworach okiennych i drzwiowych powodują najczęściej powstawanie przeciągów, co w znacznym stopniu obniża komfort cieplny, zarówno zimą, jak i latem. Pogarsza się akustyka – hałasy z zewnątrz negatywnie wpływają na mieszkańców.

10. Aparatura pomiarowa

Pomiar szczelności wykonuje się zgodnie z normą PN-EN 13829 „Właściwości cieplne budynków. Określenie przepuszczalności powietrznej budynków. Metoda pomiaru ciśnieniowego z użyciem wentylatora”.

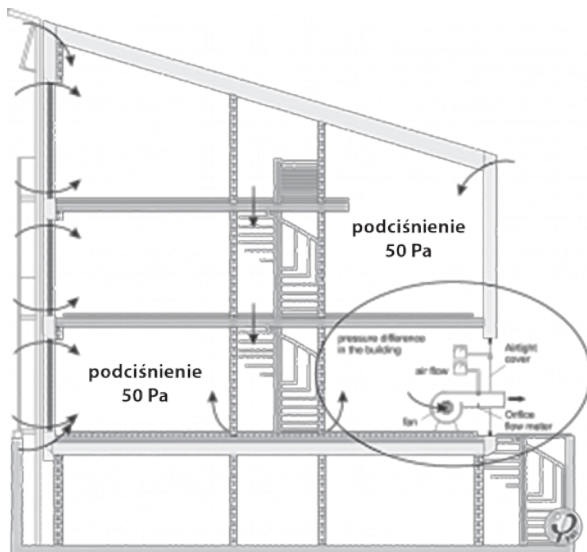
Norma dopuszcza dowolne urządzenia pomiarowe wprowadzające powietrze w ruch wyposażone w aparaturę do pomiaru ciśnienia, strumienia przepływu powietrza i temperatury. Jednym z dostępnych na rynku urządzeń jest Minneapolis Blower Door – drzwi nawiewne. Na urządzenie składają się wentylator osiowy o regulowanej prędkości obrotowej oraz rama wraz z plandeką.



Fot. 1. Drzwi nawiewne (www.blowerdoor.de)

11. Zasada pomiaru

Pomiar polega na wytworzeniu przy użyciu wentylatora podciśnienia lub nadciśnienia tak, aby różnica ciśnienia pomiędzy wnętrzem budynku a zewnątrz wynosiła 50 Pa. Wielkość ciśnienia odpowiada działaniu na budynek w warunkach naturalnych siły wiatru o prędkości 8–10 m/s, co w skali Beauforta odpowiada cyfrze 5 – opisywanej w normie PN-EN 13829 stan: *małe drzewa liściaste zaczynają się kołysać, na wodach lądowych powstają grzebieniaste małe fale*. Jak widać, warunki wytworzone na potrzeby pomiaru mogą zaistnieć w sytuacjach naturalnych w zależności od lokalizacji badanego budynku.



W celu zamocowania wentylatora w obudowie budynku konstrukcję ramy wraz z plandeką umieszcza się w otworze okiennym lub drzwiowym.



Fot. 2. Urządzenie zamontowane w drzwiach domu jednorodzinnej (fot. autorska)



Fot. 3. Duży budynek (www.blowerdoor.de)

12. Celem badania może być

- ✓ wg Metody A – sprawdzenie przepuszczalności powietrznej budynku lub jego części pod kątem spełnienia wymagań projektowych w zakresie szczelności powietrznej – wyznaczenie n_{50} w (h^{-1});

- ✓ wg Metody B – lokalizowanie źródeł nieszczelności.

Przygotowanie budynku do badania:

Metoda A – obudowę budynku bada się w stanie takim, w jakim jest użytkowana, czyli zamyka się jedynie celowo wykonane otwory (jeśli jest taka możliwość) lub pozostawia się je w stanie użytkowania.

Metoda B – celowo wykonane otwory zaślepia się (szczelnie zamyka).

13. Dane do pomiaru

Należy zmierzyć powierzchnię podłogi netto, kubaturę netto i powierzchnię przegród zewnętrznych po obrysie zewnętrznym.

14. Mierzone parametry

n_{50} – współczynnik krotności wymian – informuje ile razy w ciągu godziny następuje całkowita wymiana powietrza przy różnicy ciśnienia odniesienia 50 Pa.

$$n_{50} = V/V (h^{-1})$$

V – średni przeciek powietrza m^3/h ,

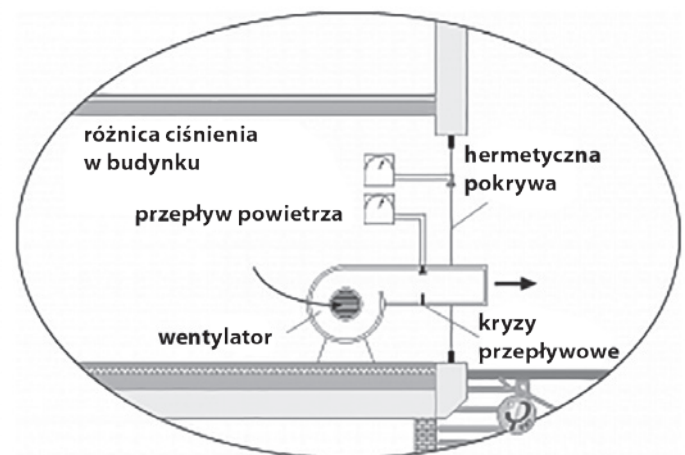
V – kubatura powierzchni mierzona w m^3 .

q_{50} – przepuszczalność powietrzna – informuje, ile powietrza w jednostce objętości przedostaje się przez powierzchnię przegrody przy różnicy ciśnienia odniesienia 50 Pa.

$$q_{50} = V / A_E (m/h)$$

V – średni przeciek powietrza w m^3/h ,

A_E – pole powierzchni przegrody w m^2 .



Rys. 9. Schemat mocowania wentylatora w drzwiach budynku (www.passipedia.de)

W_{50} – jednostkowy strumień powietrza odniesiony do powierzchni podłogi netto.

$$W_{50} = V/A_F$$

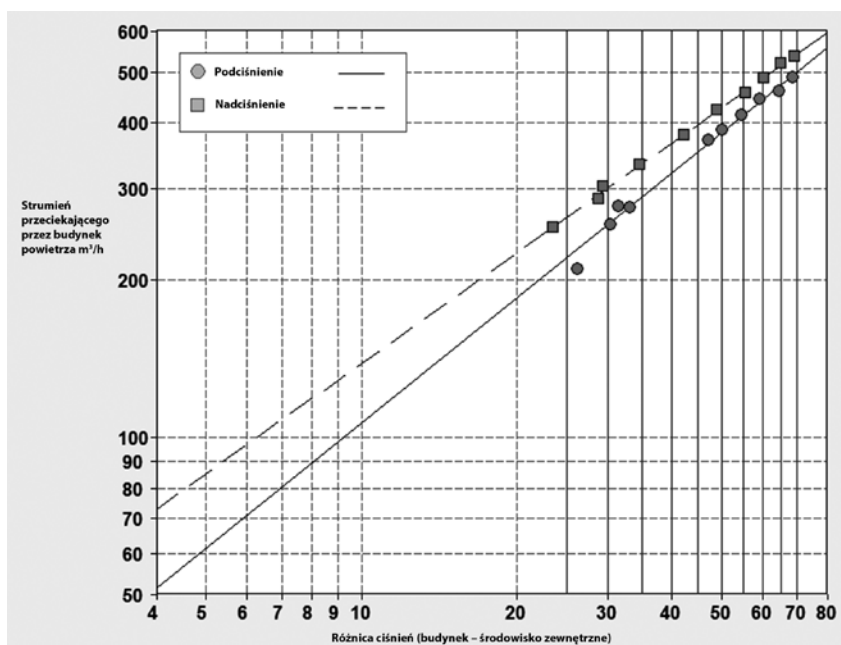
V – średni przeciek powietrza m^3/h ,

A_F – pole powierzchni podłogi m^2 .

Pomiarem obejmują się zazwyczaj całe powierzchnie ogrzewane budynku lub jego części, a bezwzględnie pomieszczenia z wentylacją mechaniczną lub klimatyzacją.

15. Kiedy wykonuje się pomiar?

Badanie przeprowadza się na etapie wykańczania budynku, czyli wówczas, gdy przegrody zewnętrzne są otynkowane, otwory w przegrodach zamknięte (zamontowane okna i drzwi), wewnątrz jest możliwy dostęp do szczelnej powłoki, np. na poddaszu użytkowym zamontowana jest folia paraizolacyjna, a nie ma jeszcze warstwy wykończeniowej (np. poszycia z płyty g-k). Wszystkie instalacje, które przebijają obudowę budynku, powinny być już zamontowane. Pomiar na tym etapie powinien być pomiarem roboczym, wykonanym wg metody B w celu lokalizacji źródeł nieszczelności. Drugi pomiar powinien być wykonany już na etapie, gdy budynek jest w stanie użytkowania. Wówczas zgodnie z metodą A wyznacza się współczynnik n_{50} .



Rys. 10. Wykres przepływu strumienia powietrza w zależności od ciśnienia (wykres z programu – pomiar autorski)

16. Obliczenia

Plik danych zostaje przetworzony w programie obliczeniowym (rys. 10). Wartości różnicy ciśnień i przepływu powietrza naniesione zostają na wykres współrzędnych logarytmicznych. Zaraz po badaniu program podaje wyliczone wartości n_{50} , q_{50} , W_{50} .

Przeprowadzający badanie powinien sporządzić sprawozdanie. Dodatkowo program generuje gotowy raport z obliczonymi wartościami i wykresem mierzonych punktów.

17. Detekcja nieszczelności (lokalizacja przecieków powietrza)

Określenie przepuszczalności powietrznej budynku wiąże się z lokalizacją nieszczelności. Podczas wytworzonej różnicy ciśnień szczegółowo identyfikuje się przecieki powietrza w powłoce budynku. W tym celu można się posłużyć metodą „dłoni” (przykładając rękę do punktowych i liniowych miejsc, można stwierdzić nieszczelność). Przydatna okazuje się wytwornica dymu, anemometr (dzięki niemu można zarejestrować wielkość przepływu w m^3/h) oraz kamera termowizyjna (w przypadku, gdy pomiar jest wykonywany podczas różnicy temperatury pomiędzy wnętrzem a otoczeniem budynku minimum $10^{\circ}C$). ■



Fot. 4. Wytwornica dymu (www.blowerdoor.de)



Fot. 5. Anemometr (fot. autorska)



Fot. 6. Kamera termowizyjna (fot. autorska)

W kolejnym numerze opublikujemy cz. 2 artykułu, w którym autorka omówi następujące zagadnienia m.in.: najczęściej występujące nieszczelności, błędy wykonawcze oraz zachowanie prawidłowej szczelności.