

Piotr Kaczmarzyk<sup>a), b)\*</sup>, Rafał Noske<sup>a)</sup>, Paweł Janik<sup>a)</sup>, Piotr Krawiec<sup>b)</sup>

<sup>a)</sup> *Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute / Centrum Naukowo-Badawcze Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowy Instytut Badawczy*

<sup>b)</sup> *Poznań University of Technology, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Machine Design / Politechnika Poznańska, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Konstrukcji Maszyn*

\* *Corresponding author / Autor korespondencyjny: pkaczmarzyk@cnbop.pl*

## Experimental Study of Flow Characteristics of Mobile Fans under Real Operating Conditions (Case Study)

### Badania eksperymentalne charakterystyk przepływowych mobilnych wentylatorów w rzeczywistych warunkach pracy (studium przypadku)

#### ABSTRACT

**Aim:** The aim of this article is to evaluate the effect of selected positioning parameters of the fan (positioning distance and impeller angle) on the ability to pump a volumetric airflow stream through a construction object.

**Method design:** Mobile fans used during rescue operations are an important tool to reduce the spread of smoke during interior fires in buildings. Due to the nature of the use of these devices, the characteristics that determine their performance should be tested using test methodologies with characteristics similar to their actual conditions of use. The article presents the author's method for studying the volumetric flow rate of air. In addition, a flow resisting curtain (FRC) test stand for determining flow characteristics in real building systems was presented. The flow tests were carried out at a facility with a volume of 282 m<sup>3</sup>, which is a training room of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute.

**Results:** As part of the performed research, the flow characteristics for the mobile fan sample were determined. The completed tests showed that the fan pumped a volumetric flow rate ranging from 2471 to 17997 m<sup>3</sup>/h. It was determined that the most favourable positioning distance of the tested fan calculated from the inlet opening to the room is 5 meters. At this distance, the highest values of volumetric flow rate were obtained for both studied slope angles – 0 and 8° (recorded values are 17298 and 17997 m<sup>3</sup>/h, respectively).

**Conclusions:** Proper positioning of the mobile fan has a significant impact on the amount of airflow pumped through the building. The positioning parameters of the mobile unit are, respectively, the mechanism for changing the angle of the air supply and its mobility – the ability to move to another location. This article presents the results of a test of the volumetric flow characteristics of an air jet generated by a mobile fan. The test results showed that the parameters of fan positioning have a significant impact on the effectiveness of tactical mechanical ventilation during rescue operations. Observations made during the tests indicate that it is reasonable to implement requirements for the mandatory use of information boards showing the optimal positioning parameters for mobile units to achieve the highest possible expenditure.

**Keywords:** Positive Pressure Ventilator (PPV), mobile fan, full scale experiment, open flow, air flow rate

**Type of article:** original scientific article

---

Received: 16.11.2022; Reviewed: 05.12.2022; Accepted: 12.12.2022;

Authors' ORCID IDs: P. Kaczmarzyk – 0000-0003-4310-6086; R. Noske – 0000-0002-0771-890X; P. Janik – 0000-0003-4498-7575;

P. Krawiec – 0000-0003-3076-0337;

Percentage contribution: P. Kaczmarzyk – 50%; R. Noske – 25%; P. Janik – 15%; P. Krawiec – 10%;

Please cite as: SFT Vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 104–117, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.5>;

This is an open access article under the CC BY-SA 4.0 license (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

---

#### ABSTRAKT

**Cel:** Celem artykułu jest ocena wpływu wybranych parametrów pozycjonowania wentylatora (odległości ustawienia i kąta nachylenia wirnika) na zdolność do przetłaczania objętościowego strumienia przepływu powietrza przez obiekt budowlany.

**Projekt metody:** Mobilne wentylatory wykorzystywane podczas działań ratowniczych stanowią ważne narzędzie pozwalające ograniczyć rozprzestrzenianie się dymu podczas pożarów wewnętrznych obiektów budowlanych. Z uwagi na charakter wykorzystania tych urządzeń, cechy warunkujące ich skuteczność działania powinny być poddane badaniom z wykorzystaniem metodyk badawczych o charakterystyce zbliżonej do ich rzeczywistych warunków stosowania. W artykule przedstawiono autorską metodę badań objętościowego strumienia przepływu powietrza. Ponadto zaprezentowane

zostało stanowisko badawcze FRC (ang. *flow resisting curtain*) przeznaczone do wyznaczania charakterystyk przepływowych w rzeczywistych układach obiektów budowlanych. Badania przepływowe wykonano na terenie obiektu o kubaturze 282 m<sup>3</sup> stanowiącego salę szkoleniową Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpożarowej – Państwowego Instytutu Badawczego.

**Wyniki:** W ramach wykonanych badań określona została charakterystyka przepływowa dla próbki mobilnego wentylatora. W wyniku zrealizowanych testów wykazano, że wentylator przetoczył objętościowy strumień w zakresie od 2471 do 17997 m<sup>3</sup>/h. Stwierdzono, że najkorzystniejsza odległość pozycjonowania badanego wentylatora liczona od otworu wlotowego do pomieszczenia wynosi 5 metrów. Przy tej odległości uzyskano największe wartości objętościowego strumienia przepływu dla obu zbadanych kątów nachylenia – 0 i 8° (odnotowane wartości to odpowiednio 17298 i 17997 m<sup>3</sup>/h).

**Wnioski:** Odpowiednie ustawienie mobilnego wentylatora ma znaczący wpływ na wielkość tłoczonego strumienia powietrza przez obiekt budowlany. Parametrami pozycjonowania mobilnej jednostki są odpowiednio mechanizm zmiany kąta nawiewu oraz jego mobilność – możliwość przeniesienia w inne miejsce. W artykule przedstawiono wyniki badań charakterystyki przepływu objętościowego strugi powietrza generowanej przez mobilny wentylator. Uzyskane rezultaty testów wykazały, że parametry pozycjonowania wentylatora mają znaczący wpływ na efektywność działania taktycznej wentylacji mechanicznej podczas działań ratowniczych. Obserwacje przeprowadzone w trakcie testów wskazują na zasadność wdrożenia wymagań dotyczących obowiązku stosowania tablic informacyjnych przedstawiających optymalne parametry pozycjonowania mobilnych jednostek pozwalające osiągnąć możliwie największy wydatek.

**Słowa kluczowe:** wentylator nadciśnieniowy (PPV), wentylator mobilny, eksperyment na pełną skalę, przepływ otwarty, natężenie przepływu powietrza

**Typ artykułu:** oryginalny artykuł naukowy

**Przyjęty:** 16.11.2022; **Zrecenzowany:** 05.12.2022; **Zaakceptowany:** 12.12.2022;

Identyfikatory ORCID autorów: P. Kaczmarzyk - 0000-0003-4310-6086; R. Noske - 0000-0002-0771-890X; P. Janik - 0000-0003-4498-7575; P. Krawiec - 0000-0003-3076-0337;

Procentowy wkład merytoryczny: P. Kaczmarzyk – 50%; R. Noske – 25%; P. Janik – 15%; P. Krawiec – 10%;

**Proszę cytować:** SFT Vol. 60 Issue 2, 2022, pp. 104–117, <https://doi.org/10.12845/sft.60.2.2022.5>;

Artykuł udostępniany na licencji CC BY-SA 4.0 (<https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>).

## Introduction

Reducing the spread of hot thermal decomposition products using tactical mechanical ventilation is an important issue in the context of reducing losses associated with the destructive effects of smoke and hot gases during fires inside buildings. Rescuers use a variety of tactical ventilation techniques during smoke evacuation operations in the facilities mentioned above. These include [1]: fire isolation (known as anti-ventilation), gravity ventilation, hydraulic ventilation and mechanical ventilation – implemented using mobile fans. Referring to tactical mechanical ventilation, it should be pointed out that its effectiveness depends on such factors as [1]:

- proper selection of aeration opening,
- proper location of the fan,
- ensuring that the gas exchange track is as obstacle-free as possible, taking into account local spatial conditions,
- making a proper outlet,
- taking into account weather conditions during the implemented activities.

Given the spectrum of conditions under which mobile fans are used, these devices should have high reliability and operational efficiency [2], [12]. In their work, Kaczmarzyk et al. [2] showed that the most important technical and operational characteristics determining the effectiveness of tactical ventilation include: the size of the generated volumetric air flow rate, the shape of the jet (the area of the effective distribution of the air jet as a function of distance), noise, operating time, weight and dimensions of the fan. Lougheed [3] performed a study on the effect of the placement distance of a mobile fan in front of a doorway. During tests, he demonstrated that the airflow speed was

## Wprowadzenie

Ograniczenie rozprzestrzeniania się gorących produktów rozkładu termicznego z wykorzystaniem taktycznej wentylacji mechanicznej jest istotną kwestią w kontekście zmniejszania strat związanych z destruktywnym oddziaływaniem dymu i gorących gazów w trakcie pożarów wewnątrz obiektów budowlanych. Podczas działań związanych z oddymianiem pomieszczeń i dróg ewakuacyjnych we wspomnianych obiektach ratownicy wykorzystują różne techniki taktycznej wentylacji. Należą do nich m.in. [1]: izolowanie pożaru (tzw. antywentylacja), wentylacja grawitacyjna, wentylacja hydrauliczna oraz wentylacja mechaniczna – realizowana z wykorzystaniem mobilnych wentylatorów. Odnosząc się do taktycznej wentylacji mechanicznej, należy wskazać, że jej efektywność zależy od takich czynników, jak [1]:

- właściwy dobór otworu napowietrzającego,
- odpowiednie usytuowanie wentylatora,
- zapewnienie toru wymiany gazowej w możliwie największym stopniu wolnym od przeszkód, uwzględniającego miejscowe uwarunkowania przestrzenne,
- sprawienia odpowiedniego otworu wylotowego,
- uwzględnienia warunków atmosferycznych podczas realizowanych działań.

Z uwagi na spektrum warunków wykorzystania mobilnych wentylatorów, urządzenia te powinny charakteryzować się wysoką niezawodnością oraz efektywnością działania [2], [12]. W swoich pracach Kaczmarzyk i in. [2] wykazali, że do najważniejszych cech techniczno-użytkowych warunkujących skuteczność wentylacji taktycznej należy zaliczyć: wielkość generowanego objętościowego strumienia przepływu powietrza, kształt strugi (powierzchnia efektywnego rozkładu strugi powietrza w funkcji odległości), hałas,

highest when the fan was located closer to the door opening. On the other hand, Panindre [11] investigated the effect of the size of the inlet opening on the effectiveness of realized positive pressure ventilation (PPV). The performed tests confirmed that it is possible to increase the mass of the air stream pumped into the interior of the building by installing a smoke curtain in the upper area of the door opening. Lambert et al. [10] conducted several experiments to determine the best PPV positioning configuration in the stairwell space. They noted that when a single fan is used, ventilation efficiency increases as the distance between the fan and the door opening decreases. In their work, they also noted that higher flow rates are achieved by using more fans and that the best configuration of two fans is to place them relative to each other and the inlet opening in a V-shape with an internal angle of 60°. In their publication [4], Firtsche et al. stated that the manufacturers' declared mass flux values can vary due to the lack of a unified test method for evaluating airflow. Tests using standardized stations were also performed by Kaczmarzyk et al. (2022) [5]. They evaluated the impact of the test methodology of the mass flux generated by the mobile fan on the performance of the drive unit. The researchers showed that, depending on the used test method, i.e., testing in a tube duct [6] or in an open flow [7], the engine showed differences in propulsion power requirements of 3.2 to 4.5%. The authors also presented flow characteristics for two types of fans (conventional and turbo) prepared under tube duct test conditions, according to the requirements of PN-EN ISO 5801 [6]. As a result of the completed tests, they determined that the conventional fan generated a flow rate of 32,444 m<sup>3</sup>/h, while the turbo fan generated 34,040 m<sup>3</sup>/h. Another type of test, performed by Kaczmarzyk et al. (2022) [9], was an evaluation of the characteristics of the airflow velocity profile generated by a mobile fan. During the tests, the team evaluated the distribution of the velocity profiles of the airflow on the surface of the doorway. In addition, the characteristics of the magnitude of the pumped jet flow rate depending on the positioning parameters of the fan (i.e. the distance from the door opening and the angle of the impeller) were determined. It was demonstrated that the highest value of volume flux (42,269.3 m<sup>3</sup>/h) was generated with the positioning parameters of the unit: 4 m of distance and an inclination angle of 11°. On the other hand, the worst result (12,087.6 m<sup>3</sup>/h) was obtained at 7 m and 17° respectively. Kaczmarzyk et al. (2022) also performed CFD (computational fluid dynamics) simulations in the FDS (Fire dynamics simulator) program to verify that the large eddy simulation (LES) model can be used for numerical analyses reflecting the application conditions of mobile fans [8]. As a result of the carried out work, the differences between simulation and real-world tests were shown to range from 0.18 to 17.94%, respectively.

The aim of this article is to evaluate the effect of selected fan positioning parameters (positioning distance and impeller angle) on the ability to pump a volumetric airflow through a construction object. The tests were performed using an experimental methodology developed to determine the volumetric flow rate generated by a mobile fan under actual operating conditions (fan – construction object system).

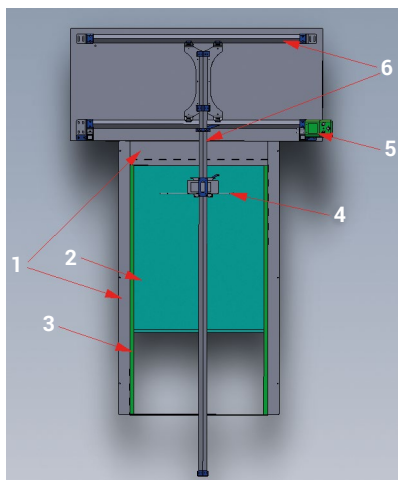
czas pracy, masę oraz wymiary wentylatora. Lougheed [3] wykonał badania wpływu odległości ustawienia mobilnego wentylatora od otworu drzwiowego. W trakcie testów wykazał on, że prędkość przepływu powietrza była największa, kiedy wentylator był usytuowany bliżej otworu drzwiowego. Panindre [11] zbadał z kolei wpływ wielkości otworu wlotowego na skuteczność realizowanej wentylacji nadciśnieniowej (PPV). Wykonane testy potwierdziły, że istnieje możliwość zwiększenia masy strumienia powietrza tłoczonego do wnętrza obiektu budowlanego poprzez zamontowanie kurtyny dymowej w górnym obszarze otworu drzwiowego. Lambert i in. [10] przeprowadzili kilka eksperymentów mających na celu określenie najlepszej konfiguracji pozycjonowania PPV w przestrzeni klatek schodowych. Odnotowali oni, że w przypadku zastosowania pojedynczego wentylatora, skuteczność wentylacji wzrasta wraz ze zmniejszaniem odległości pomiędzy wentylatorem a otworem drzwiowym. W swojej pracy odnotowali oni również, że większe natężenie przepływu uzyskiwane jest poprzez zastosowanie większej liczby wentylatorów i że najlepszą konfiguracją dwóch wentylatorów jest umieszczenie ich względem siebie i otworu wlotowego w kształcie litery V o wewnętrznym kącie 60°. Firtsche i in. w swojej publikacji [4] stwierdzili, że deklarowane przez producentów wartości strumienia masy mogą się różnić ze względu na brak zunifikowanej metody badawczej do oceny przepływu powietrza. Testy z wykorzystaniem stanowisk znormalizowanych zostały również wykonane przez Kaczmarzyka i in. (2022) [5]. Dokonali oni oceny wpływu metodyki badawczej strumienia masy generowanego przez mobilny wentylator na parametry pracy jednostki napędowej. Badacze wykazali, że w zależności od zastosowanej metody badawczej, tj. badania w kanale rurowym [6], czy w otwartym przepływie [7], silnik wykazuje różnice w zapotrzebowaniu na moc napędową od 3,2 do 4,5%. Autorzy przedstawili również charakterystyki przepływu dla dwóch typów wentylatorów (konwencjonalnego oraz turbo) sporządzone w warunkach badania w kanale rurowym, zgodnie z wymaganiami PN-EN ISO 5801 [6]. W wyniku zrealizowanych badań określili, że wentylator konwencjonalny wygenerował strumień objętości przepływu 32 444 m<sup>3</sup>/h, natomiast wentylator typu turbo 34 040 m<sup>3</sup>/h. Innego rodzaju testem, wykonanym przez Kaczmarzyka i in. (2022) [9], była ocena charakterystyki profilu prędkości strugi powietrza generowanej przez mobilny wentylator. W trakcie badań zespół ocenił rozkład profili prędkości strugi powietrza na powierzchni otworu drzwiowego. Dodatkowo określono charakterystykę wielkości przetłaczanego strumienia objętości przepływu strugi w zależności od parametrów pozycjonowania wentylatora (tj. odległość od otworu drzwiowego i kąta nachylenia wirnika). Wykazano, że największa wartość strumienia objętości (42 269,3 m<sup>3</sup>/h) została wygenerowana przy parametrach pozycjonowania jednostki: 4 m odległości i kącie nachylenia 11°. Natomiast najgorszy rezultat (12 087,6 m<sup>3</sup>/h) uzyskano przy ustawieniu odpowiednio 7 m i 17°. Kaczmarzyk i in. (2022) wykonali również symulacje CFD (ang. *computational fluid dynamics*) w programie FDS (ang. *Fire dynamics simulator*) celem sprawdzenia, czy model LES (ang. *large eddy simulation*) może zostać wykorzystany do analiz numerycznych odzwierciedlających warunki stosowania mobilnych wentylatorów [8]. W wyniku realizowanych prac wykazano różnice pomiędzy symulacją a badaniami w warunkach rzeczywistych wynosiły odpowiednio od 0,18 do 17,94%.

Celem niniejszego artykułu jest ocena wpływu wybranych parametrów pozycjonowania wentylatora (odległości ustawienia i kąta nachylenia wirnika) na zdolność do przetłaczania objętościowego strumienia przepływu powietrza przez obiekt budowlany. Badania wykonano z wykorzystaniem eksperymentalnej metodyki opracowanej do określania objętościowego strumienia przepływu generowanego przez mobilny wentylator w rzeczywistych warunkach eksploatacji (układ wentylator – obiekt budowlany).

## Materials and methods

The discussed field tests for the evaluation of the volumetric flow rate in the construction object-fan system (conditions of actual operation of mobile units) were carried out on the premises of construction objects constituting the infrastructure of the Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute. The building where the tests were performed is a training chamber with a volume of 282 m<sup>3</sup>. The following tools were used to conduct the tests:

- flow resisting curtain (FRC) – a self-developed test stand for testing the velocity profile of an air stream flow in the outlets of buildings (e.g. windows) with the additional possibility of changing the size of the opening, in which the velocity field distribution is measured in order to adjust the flow resistance for the determination of flow characteristics (see Figure 1); the stand is equipped with IBROS brand thermoanemometer with a measuring range of 0.1–50 m/s;
- 5 pressure transducers with a measuring range of 0–100 Pa, distributed evenly along the gas exchange path inside the building structure,
- others: data acquisition system, i.e. NI measurement card (0–10 V), allowing to carry out acquisition at 10 Hz, manifold of pneumatic pipes distributing reference pressure around the object, weather station, thermo-hygrometer, time meter, web gauge.



- 1 – Body of the stand / Korpus stanowiska,
- 2 – Aperture reducing the cross-sectional area of the outlet opening / Przesłona zmniejszająca pole przekroju otworu wylotowego,
- 3 – Guides holding the aperture / Prowadnice utrzymujące przesłonę,
- 4 – Measuring probe (TSI IBROS 0.1–50 m/s thermoanemometer) mounted on a transport carriage in the area of the measuring surface of the device/ Sonda pomiarowa (termoanemometr TSI IBROS 0,1–50 m/s) mocowana na karcie transportującej w obszarze powierzchni pomiarowej urządzenia,
- 5 – Stepper motor driving the measuring probe / Silnik krokowy napędzający sondę pomiarową,
- 6 – Guides for transporting the measuring probe / Prowadnice do transportu sondy pomiarowej.

**Figure 1.** FRC stand for testing flow velocities in construction objects at varying outlet opening sizes

**Rycina 1.** Stanowisko FRC do badania prędkości przepływu w obiektach budowlanych przy zmiennych wielkościach otworu wylotowego

Source: Own elaboration.

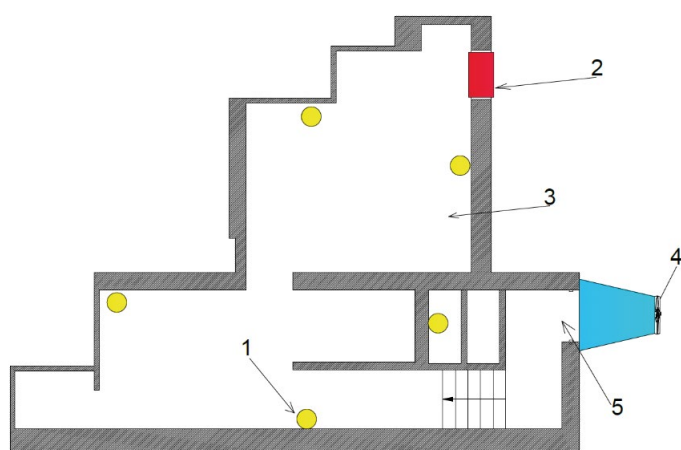
Źródło: Opracowanie własne.

## Materiały i metody

Omawiane badania poligonowe w zakresie oceny objętościowego natężenia przepływu w układzie obiekt budowlany – wentylator (warunki rzeczywistej eksploatacji mobilnych jednostek) przeprowadzono na terenie obiektów budowlanych stanowiących infrastrukturę Centrum Naukowo-Badawczego Ochrony Przeciwpowarowej – Państwowego Instytutu Badawczego. Budynek, w którym wykonano badania, jest salą szkoleniową o kubaturze 282 m<sup>3</sup>. Do realizacji badań wykorzystano następujące narzędzia:

- flow resisting curtain (FRC) – autorskie stanowisko testowe do badania prędkości profilu przepływu strugi powietrza w otworach wylotowych obiektów budowlanych (np. okiennych) z dodatkową możliwością zmiany wielkości otworu, w którym dokonywany jest pomiar rozkładu pola prędkości celem regulowania oporów przepływu na potrzeby wyznaczania charakterystyk przepływowych (zob. ryc. 1); stanowisko wyposażone jest w termoanemometr marki IBROS o zakresie pomiarowym 0,1–50 m/s;
- 5 przetworników ciśnienia o zakresie pomiarowym 0–100 Pa, rozlokowanych równomiernie na torze wymiany gazowej wewnątrz obiektu budowlanego,
- inne: system akwizycji danych, tj. karta pomiarowa NI (0–10 V), umożliwiający prowadzenie akwizycji z częstotliwością 10 Hz, kolektor pneumatycznych przewodów rozprowadzających po obiekcie ciśnienie referencyjne, stacja pogodowa, termo-higrometr, miernik czasu, przmiar wstępowy.

A mobile turbo fan with a rotor diameter of 60 cm (7 blades), driven by an 8.5 hp (6.3 kW) spark-ignition engine, with an airflow directional system, was used for the tests. The fan is a common piece of equipment for fire protection units. A diagram of the adaptation of the utility room, including the locations of the test apparatus, is shown in Figure 2. For the purposes of carrying out the tests, under real conditions, the fan was positioned in front of the construction object, taking into account variable positioning parameters (distances of 1, 3, 5 and 7 m from the inlet opening and the angle of the impeller – 0° and 8°, respectively). Figure 3 illustrates the location of the fan unit in relation to the doorway (location of air supply). Then, at each of the established positions, the fan was started, the maximum speed was set, and the recording of the flow velocity by traversing method was started for different damper positions and overpressure values inside the object.



- 1 – Pressure transducers / Przetworniki ciśnienia,
- 2 – FRC test stand (outlet opening) /  
Stanowisko badawcze FRC (otwór wylotowy),
- 3 – Room volume, which is the gas exchange path /  
Objętość pomieszczenia, stanowiąca tor wymiany gazowej,
- 4 – Mobile fan positioned in front of the door opening /  
Mobilny wentylator pozycjonowany przed otworem  
drzwiowym,
- 5 – Inlet opening into the interior of the tested volume /  
Otwór wlotowy do wnętrza badanej kubatury

**Figure 2.** Diagram of the adaptation of the utility room, adapted to the implementation of the test of flow characteristics of mobile fans  
**Rycina 2.** Schemat adaptacji pomieszczenia użytkowego, przystosowanego do realizacji badań charakterystyk przepływowych mobilnych wentylatorów

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

During the tests in question, the measuring plane was adjusted to 700 × 1400 mm. On its surface, 50 measurement points were distributed. The airflow velocity profile was measured at each of these points. The test program was configured so that the acquisition frequency was 10 Hz and the measurement duration at 1 point was 10 s. In addition, using the capabilities of the FRC stand, the size of the outlet opening was changed during traversing – using a sealed shutter, the opening was divided into 5 parts (planes of 0.196; 0.392; 0.588; 0.784; 0.980 m<sup>2</sup>, respectively). A diagram of the location of the measurement points and the degrees of shutter aperture are shown in Figure 4. Based on the measured velocity values at the surface of the outlet opening (for different damper positions), from the product of the arithmetic mean value of the flow velocity of the air stream generated by the fan  $V$  and the surface area of the window opening  $S$ , the volumetric flow rate  $Q$  was estimated according to the following equation:

Do badań wykorzystano mobilny wentylator typu turbo o średnicy wirnika 60 cm (7 łopat), napędzany silnikiem o zapłonie iskrowym o mocy 8,5 KM (6,3 kW), posiadający system kierunkowania strumienia powietrza. Wentylator stanowi powszechne wyposażenie jednostek ochrony przeciwpożarowej. Schemat adaptacji pomieszczenia użytkowego, z uwzględnieniem miejsc lokalizacji aparatury badawczej, przedstawiono na rycinie 2. Na potrzeby realizacji badań, w warunkach rzeczywistych, wentylator ustawiono przed obiektem budowlanym z uwzględnieniem zmiennych parametrów pozycjonowania (odległości 1, 3, 5 i 7 m od otworu wlotowego oraz kąta nachylenia wirnika – odpowiednio 0° i 8°). Na rycinie 3 zilustrowano sposób usytuowania jednostki wentylatorowej względem otworu drzwiowego (miejsce nawiewu). Następnie, w każdej z ustalonych pozycji, uruchamiano wentylator, ustawiano maksymalną prędkość obrotową i rozpoczynano rejestrację prędkości przepływu metodą trawersowania dla różnych położeń przepustnicy oraz wartości nadciśnienia wewnątrz obiektu.

W trakcie przedmiotowych testów płaszczyzna pomiarowa została dostosowana do wymiarów 700 × 1400 mm. Na jej powierzchni rozlokowano 50 punktów pomiarowych. W każdym z tych punktów dokonywano pomiaru profilu prędkości strugi powietrza. Program badawczy skonfigurowano tak, aby częstotliwość akwizycji wynosiła 10 Hz, a czas trwania pomiaru w 1 punkcie wynosił 10 s. Dodatkowo, wykorzystując możliwości stanowiska FRC, podczas trawersowania dokonywano zmiany wielkości otworu wylotowego – za pomocą szczelnej rolety podzielono otwór na 5 części (odpowiednio płaszczyzny o wielkości: 0,196; 0,392; 0,588; 0,784; 0,980 m<sup>2</sup>). Schemat rozmieszczenia punktów pomiarowych oraz stopnie przesłony rolety zostały przedstawione na rycinie 4. Na podstawie zmierzonych wartości prędkości na powierzchni otworu wylotowego (dla różnych położeń przepustnicy), z zależności iloczynu arytmetycznej średniej wartości prędkości przepływu strugi powietrza generowanej przez wentylator  $V$  i powierzchni otworu okiennego  $S$  oszacowano objętościowy strumień przepływu  $Q$  zgodnie z następującym równaniem:



$$Q = V \cdot S, \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \frac{\text{m}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \right] \quad (1)$$

where:

V – the arithmetic mean value of the airflow velocity of the air stream generated by the mobile fan,

S – measuring area of the window opening (measuring plane).

Weather conditions were monitored during the tests. On the day of the tests, the temperature value was 5–9°C, pressure: 998–1003 hPa; humidity: 41–45%. During the tests, there was a northwest (NW) wind of  $\leq 0.5$  m/s.

$$Q = V \cdot S, \left[ \frac{\text{m}^3}{\text{h}} = \frac{\text{m}}{\text{h}} \cdot \text{m}^2 \right] \quad (1)$$

gdzie:

V – średnia arytmetyczna wartość prędkości przepływu strugi powietrza generowanej przez mobilny wentylator,

S – powierzchnia pomiarowa otworu okiennego (płaszczyzny pomiarowej).

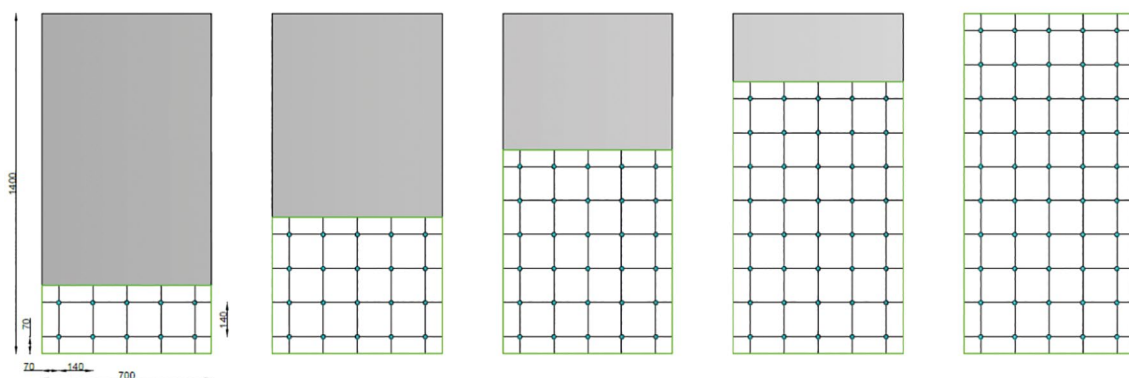
Podczas badań monitorowano warunki atmosferyczne. W dniu realizacji badań wartość temperatury wynosiła 5–9°C, ciśnienie: 998–1003 hPa; wilgotność 41–45%. W trakcie realizacji badań występował wiatr północno-zachodni (NW) o prędkości  $\leq 0,5$  m/s.



**Figure 3.** Method of positioning the unit in front of the construction object during the test of the flow characteristics  
**Rycina 3.** Sposób ustawienia jednostki przed obiektem budowlanym podczas badania charakterystyki przepływu

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.



**Figure 4.** Distribution of velocity profile measurement points on the surface of the measurement plane of the FRC test stand and the degrees of shutter aperture. Measured areas, from left: 0.196; 0.392; 0.588; 0.784; 0.980 m<sup>2</sup>

**Rycina 4.** Rozmieszczenie punktów pomiarowych profilu prędkości na powierzchni płaszczyzny pomiarowej stanowiska badawczego FRC oraz stopnie przesłony rolety. Powierzchnie pomiarowe, od lewej: 0,196; 0,392; 0,588; 0,784; 0,980 m<sup>2</sup>

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

## Results and discussion

Figures 5–12 show the flow characteristics of the fan as a function of the arithmetic mean value of pressure and volumetric flow rate. The characteristics take into account the variable positioning parameters of the mobile unit, i.e. the distance from the doorway and the angle of the rotor, as well as the different sizes of the outlet area adjusted by the degree of opening of the aperture. Figure 5 shows the building's flow characteristics, i.e. the sets of all measurements taken at given aperture settings (see Figure 4). The solid lines indicate parabolic curves according to the mapping  $p = a \cdot Q^2$ , corrected for the mean square deviation from the measurements. Points whose markers are not filled correspond to the case of 1 m and 0°. They are excluded from the regressions for the shown curves due to their significant deviation from the characteristics. This is probably due to the fact that at this fan setting there is a significant backflow in the doorway, which underestimates the measured volume flow in the outlet section.

The performed tests showed that the parameters related to the positioning of the fan and the possible presence of obstacles in the gas exchange path that increase flow resistance (changing the position of the shutter to change the size of the outlet opening) have a significant impact on the efficiency of tactical mechanical ventilation. During the ongoing tests, the test team recorded flow rates ranging from 2,471 to 17,997 m<sup>3</sup>/h. The recorded values were obtained depending on variable parameters: fan setting and position of the shutter position (size of the outlet opening).

Analysing the flow characteristics and positioning parameters, the authors would like to point out that under the adopted test conditions, the effectiveness of the implemented ventilation increases with increasing the positioning distance of the test fan, but only up to a distance of 5 m. Such a trend is observed for the parameters of volumetric flow rate and reference pressure. It should also be pointed out that the considered relationship was observed for all areas of the outlet opening – the degrees of opening of the aperture (from 0.196 to 0.980 m<sup>2</sup>). The above relationship shows that the optimal positioning of a mobile unit is not significantly dependent on the resistance characteristics of the building. This is very important, because under the conditions of using the fans in question, it is not possible to determine the flow resistance in the ventilated facilities where rescue operations are carried out. With this information, rescuers setting up the fan are able to select the optimal distance of the fan from the inlet opening.

The tested fan pumped the highest volume flow rate (17,997 m<sup>3</sup>/h), while generating an average interior overpressure of 32.4 Pa (full throttle opening). The value was obtained for fan positioning parameters of 5 m distance and 8° tilt angle. With these settings, the axis of the fan impeller was directed at the central area of the doorway. Over a distance of 5 m, with the rotor angle changed to 0°, under conditions of full shutter opening and a pressure equal to 29.9 Pa, a flow of 17,297 m<sup>3</sup>/h was recorded.

Under full throttle conditions, with the fan positioned at a distance of 1 m and at an angle of 8°, the value of volumetric

## Wyniki i dyskusja

Na rycinach 5–12 przedstawiono charakterystyki przepływowe wentylatora w zależności od średniej arytmetycznej wartości ciśnienia i natężenia objętościowego przepływu. Charakterystyki uwzględniają zmienne parametry pozycjonowania mobilnej jednostki, tj. odległości od otworu drzwiowego i kąta nachylenia wirnika, a także różnych wielkości powierzchni otworu wylotowego regulowanych stopniem otwarcia przesłony. Rycina 5 przedstawia charakterystyki przepływowe budynku, tj. zbiory wszystkich pomiarów wykonywanych na zadanych ustawieniach przesłony (zob. ryc. 4). Liniami ciągłymi zaznaczono krzywe paraboliczne według odwzorowania  $p = a \cdot Q^2$ , skorygowane z uwzględnieniem średniego kwadratowego odchylenia od pomiarów. Punkty, których markery nie są wypełnione, odpowiadają przypadkowi 1 m i 0°. Są one wyłączone z regresji dla przedstawionych krzywych z uwagi na ich znaczne odbieganie od charakterystyki. Wiąże się to prawdopodobnie z faktem, że przy tym ustawieniu wentylatora następuje znaczny przepływ zwrotny w otworze drzwiowym, co zaniża mierzony w przekroju wylotowym strumień objętości.

Wykonane badania wykazały, że parametry związane z pozycjonowaniem wentylatora i możliwa obecność przeszkód na torze wymiany gazowej zwiększających opory przepływu (zmiana pozycji rolety do zmiany wielkości otworu wylotowego) mają znaczący wpływ na efektywność taktycznej wentylacji mechanicznej. W trakcie realizowanych testów zespół badaczy odnotował strumienie objętości przepływu w zakresie od 2471 do 17 997 m<sup>3</sup>/h. Odnotowane wartości uzyskano w zależności od zmiennych parametrów: ustawienia wentylatora i położenia pozycji rolety (wielkości otworu wylotowego).

Analizując charakterystykę przepływową oraz parametry pozycjonowania, autorzy pragną zwrócić uwagę na fakt, że w przyjętych warunkach badania skuteczność realizowanej wentylacji rośnie wraz ze zwiększaniem odległości ustawienia badanego wentylatora, ale tylko do dystansu 5 m. Taka tendencja obserwowana jest dla parametrów objętościowego strumienia przepływu oraz ciśnienia referencyjnego. Należy również wskazać, że rozpatrywaną zależność zaobserwowano w odniesieniu do wszystkich powierzchni otworu wylotowego – stopni otwarcia przesłony (od 0,196 do 0,980 m<sup>2</sup>). Powyższy związek wykazuje, że optymalne ustawienie mobilnej jednostki nie jest w znaczącym stopniu zależne od charakterystyki oporów budynku. Jest to bardzo ważne, ponieważ w warunkach stosowania omawianych wentylatorów nie ma możliwości określenia oporów przepływu w wentylowanych obiektach, w których prowadzone są działania ratownicze. Dzięki tej informacji ratownicy ustawiający wentylator są w stanie dobrać optymalną odległość wentylatora od otworu wlotowego.

Badany wentylator przetoczył największą wartość strumienia objętości (17 997 m<sup>3</sup>/h), generując przy tym średnią wartość nadciśnienia wewnątrz obiektu 32,4 Pa (pełne otwarcie przepustnicy). Wartość została uzyskana dla parametrów pozycjonowania wentylatora 5 m odległości i kąta nachylenia 8°. Przy takich ustawieniach oś wirnika wentylatora była skierowana w centralny obszar otworu drzwiowego. Na dystansie 5 m, przy zmianie kąta nachylenia wirnika na 0°, w warunkach pełnego otwarcia rolety i ciśnieniu równym 29,9 Pa, odnotowano przepływ 17 297 m<sup>3</sup>/h.

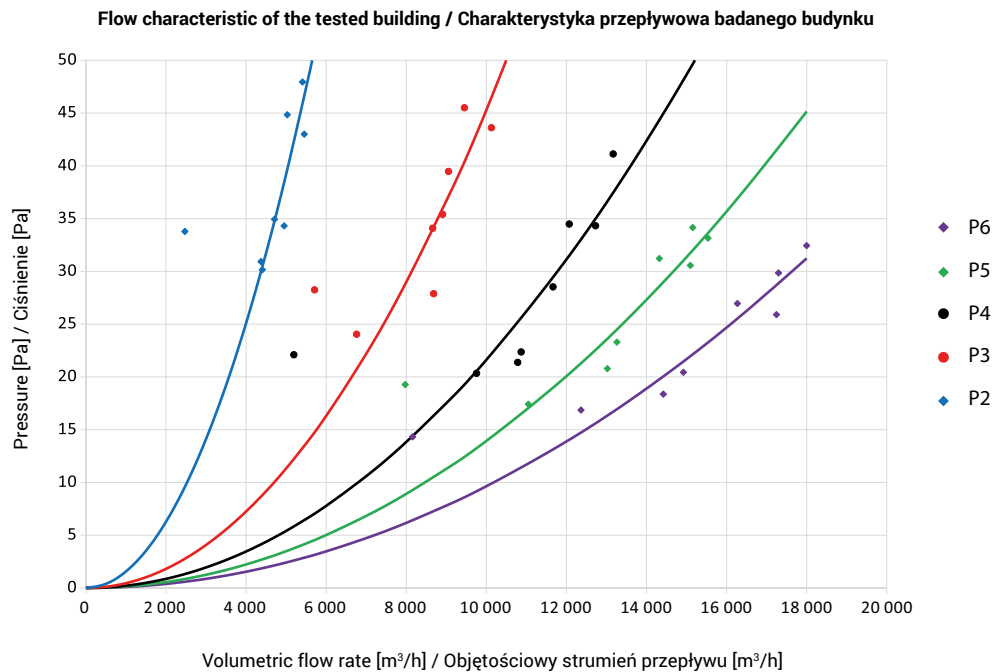
airflow was reduced by 31.3%, while at an impeller angle of  $0^\circ$  it was reduced by 52.8% (when compared to the highest result of this parameter in the experiment in question). Analysing the conditions associated with increasing the distance beyond the optimum distance of 5 m, it was found that when the fan was set at a distance of 7 m, the volume flow rate decreased by 4.2% for an  $8^\circ$  slope angle and by 13.7% for a  $0^\circ$  slope. On the other hand, the smallest value of volumetric flow ( $2,471 \text{ m}^3/\text{h}$ ) was obtained at an overpressure of 40.1 Pa, a 20% damper opening ratio, and positioning parameters of 1 m and  $0^\circ$ . These positioning conditions (1 m and  $0^\circ$ ) also produced the smallest value of the considered flow ( $8,156 \text{ m}^3/\text{h}$ ) among all measurements made with the curtain fully open. The above data entitles to formulate the thesis that the least effective operation of the fan occurred when it was positioned at a distance of 1 m from the inlet opening. It was observed that such a state of affairs may have been influenced by the presence of obstacles (in the form of pedestals) just outside the door of the inlet opening leading to the interior of the training room building. The injected jet into the building's interior, encountering an obstacle, lost momentum, thus spreading with a smaller velocity field inside the building's volume. During the tests, it was also noted that the flow of the jet supplied from close proximity and at right angles to the rotor tended to back up through the upper areas of the doorway. A similar phenomenon was also observed by Panindre [11]. The test team also noted that positioning the fan in too close proximity deprives it of the opportunity to induce additional portions of ambient air sucked in by the generated jet.

The carried out tests confirmed that the positioning parameters of mobile fans have a significant impact on the size of the airflow injected into the ventilated objects. Therefore, it is anticipated that they will be continued, including in view of developing recommendations on the appropriateness of implementing requirements related to the mandatory testing under this aspect of fans put into use in fire protection units, as well as placing on their housing clear markings (information boards) indicating the most effective way to set up a given mobile fan. There is no doubt that the implementation of these recommendations would contribute to increasing the effectiveness of the rescue operations carried out using the equipment in question.

W warunkach pełnego otwarcia przepustnicy, przy ustawieniu wentylatora w odległości 1 m oraz przy kącie równym  $8^\circ$  wartość objętościowego przepływu powietrza uległa zmniejszeniu o 31,3%, natomiast przy kącie nachylenia wirnika wynoszącym  $0^\circ$  o 52,8% (w porównaniu do najwyższej wartości tego parametru osiągniętej w przedmiotowym badaniu). Analizując warunki związane ze zwiększaniem odległości ponad optymalną wynoszącą 5 m, stwierdzono, że przy ustawieniu wentylatora w odległości 7 m, wielkość objętościowego przepływu zmniejszyła się o 4,2% dla kąta nachylenia  $8^\circ$  oraz o 13,7% dla nachylenia  $0^\circ$ . Z kolei najmniejszą wartość objętościowego przepływu ( $2471 \text{ m}^3/\text{h}$ ) uzyskano przy nadciśnieniu 40,1 Pa, 20-procentowego stopnia otwarcia przepustnicy oraz parametrach pozycjonowania – 1 m i  $0^\circ$ . W tych warunkach pozycjonowania (1 m i  $0^\circ$ ) uzyskano również najmniejszą wartość rozpatrywanego przepływu ( $8156 \text{ m}^3/\text{h}$ ) wśród wszystkich pomiarów dokonanych przy pełnym otwarciu kurtyny. Powyższe dane uprawniają do sformułowania tezy, że najmniej efektywne działanie wentylatora miało miejsce w przypadku jego pozycjonowania w odległości 1 m od otworu wlotowego. Zaobserwowano, że na taki stan rzeczy mogła wpływać obecność przeszkód (w postaci cokółów) tuż za drzwiami otworu wlotowego prowadzącego do wnętrza obiektu budowlanego sali szkoleniowej. Nawiewana struga do wnętrza obiektu, napotykając na przeszkodę, wytracała pęd, przez co rozprzestrzeniała się z mniejszym polem prędkości wewnątrz kubatury budynku. W trakcie testów zauważono również, że przepływ strumienia nawiewany z bliskiej odległości i pod kątem prostym nachylenia wirnika miał tendencję do cofania się poprzez górne obszary otworu drzwiowego. Podobne zjawisko zostało również zaobserwowane przez Panindre [11]. Zespół badawczy zauważył również, że ustawienie wentylatora w zbyt bliskiej odległości sprawia, że pozbawia się go możliwości zaindukowania dodatkowych porcji powietrza z otoczenia zassanych przez generowaną strugę.

Przeprowadzone badania potwierdziły, że parametry pozycjonowania mobilnych wentylatorów mają istotny wpływ na wielkość strumienia powietrza włączanego do wentylowanych obiektów. W związku z powyższym przewiduje się ich kontynuację, m.in. w kontekście wypracowania rekomendacji dotyczących zasadności wdrożenia wymagań związanych z obowiązkiem testowania pod tym kątem wentylatorów wprowadzanych do użytkowania w jednostkach ochrony przeciwpożarowej oraz umieszczaniem na ich obudowie czytelnych oznaczeń (tablic informacyjnych) wskazujących najbardziej efektywny sposób ustawienia danego mobilnego wentylatora. Nie ulega wątpliwości, iż wdrożenie niniejszych rekomendacji stanowiłoby przyczynek do zwiększenia skuteczności działań ratowniczych prowadzonych z wykorzystaniem omawianych urządzeń.



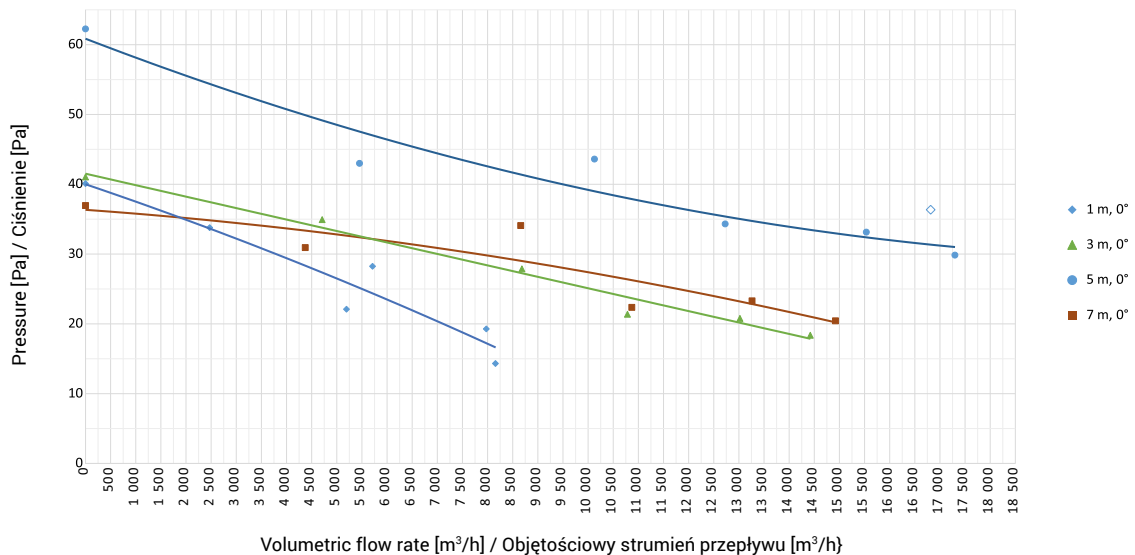


**Figure 5.** Flow characteristics of the building for different settings of the blind shutter (P2 – 0.196 m<sup>2</sup>; P3 – 0.392 m<sup>2</sup>; P4 – 0.588 m<sup>2</sup>; P5 – 0.784 m<sup>2</sup>; P6 – 0.980 m<sup>2</sup>)

**Rycina 5.** Charakterystyka przepływowa budynku dla różnych ustawień przesłony rolety (P2 – 0,196 m<sup>2</sup>; P3 – 0,392 m<sup>2</sup>; P4 – 0,588 m<sup>2</sup>; P5 – 0,784 m<sup>2</sup>; P6 – 0,980 m<sup>2</sup>)

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

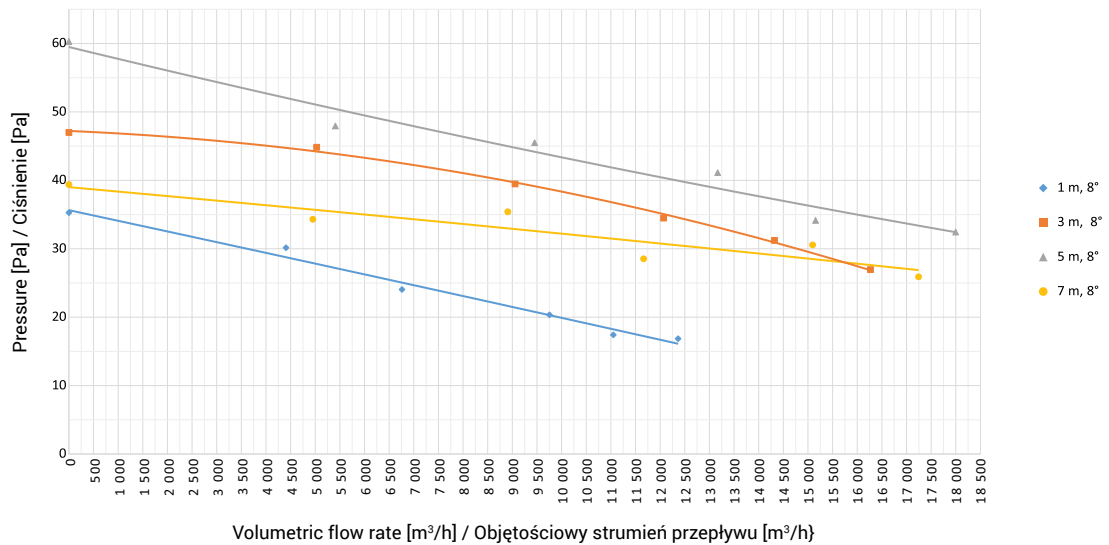


**Figure 6.** Flow characteristics of the mobile fan for different shutter opening positions and variable positioning distances. Tilt angle of 0° relative to the ground

**Rycina 6.** Charakterystyka przepływowa mobilnego wentylatora dla różnych pozycji otwarcia rolety oraz zmiennych odległości pozycjonowania. Kąt nachylenia 0° względem podłoża

Source: Own elaboration.

Źródło: Opracowanie własne.

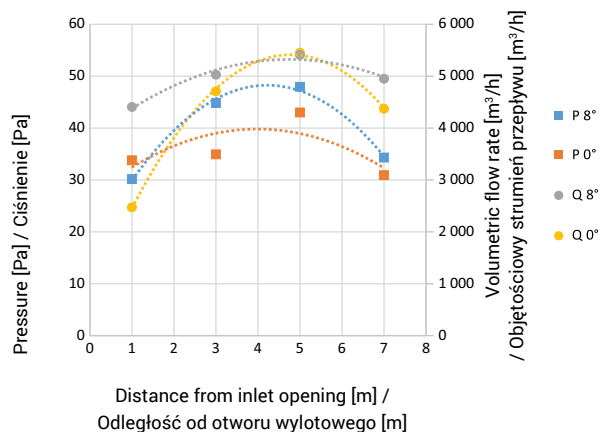


**Figure 7.** Flow characteristics of the mobile fan for different shutter opening positions and variable positioning distances. Tilt angle of 8° relative to the ground

**Rycina 7.** Charakterystyka przepływowa mobilnego wentylatora dla różnych pozycji otwarcia rolety oraz zmiennych odległości pozycjonowania. Kąt nachylenia 8° względem podłoża

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

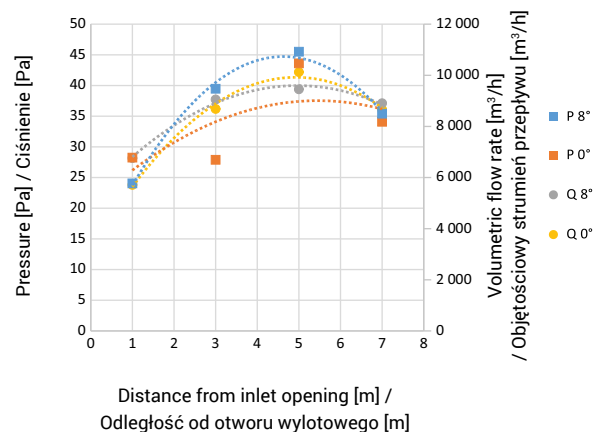


**Figure 8.** Fan flow characteristics for variable positioning parameters (distance from door opening [m] and impeller inclination angle [°]) for 1/5 damper opening (measuring area 0.196 m<sup>2</sup>)

**Rycina 8.** Charakterystyka przepływowa wentylatora dla zmiennych parametrów pozycjonowania (odległość od otworu drzwiowego [m] i kąt nachylenia wirnika [°]) dla otwarcia przepustnicy 1/5 (powierzchnia pomiarowa 0,196 m<sup>2</sup>)

**Source:** Own elaboration.

**Źródło:** Opracowanie własne.

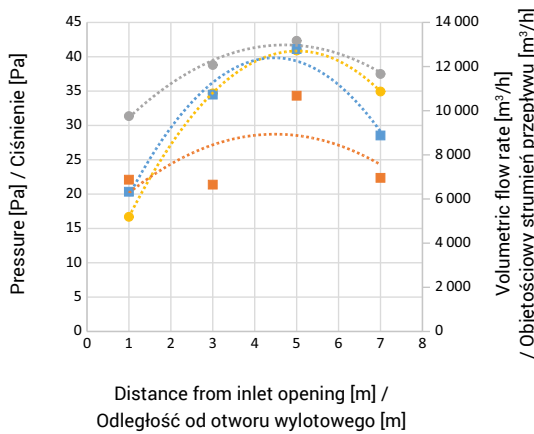


**Figure 9.** Fan flow characteristics for variable positioning parameters (distance from door opening [m] and impeller inclination angle [°]) for 2/5 damper opening (measuring area 0.392 m<sup>2</sup>)

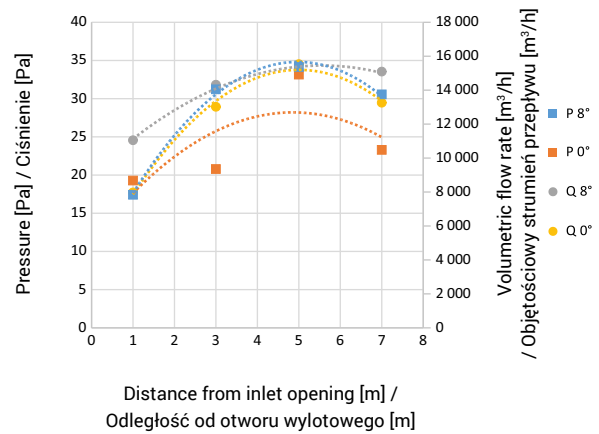
**Rycina 9.** Charakterystyka przepływowa wentylatora dla zmiennych parametrów pozycjonowania (odległość od otworu drzwiowego [m] i kąt nachylenia wirnika [°]) dla otwarcia przepustnicy 2/5 (powierzchnia pomiarowa 0,392 m<sup>2</sup>)

**Source:** Own elaboration.

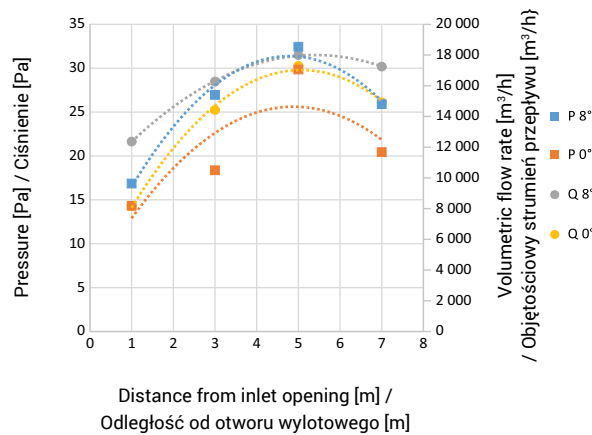
**Źródło:** Opracowanie własne.



**Figure 10.** Fan flow characteristics for variable positioning parameters (distance from door opening [m] and impeller angle [°]) for 3/5 damper opening (measuring area 0.588 m<sup>2</sup>)  
**Rycina 10.** Charakterystyka przepływowa wentylatora dla zmiennych parametrów pozycjonowania (odległość od otworu drzwiowego [m] i kąt nachylenia wirnika [°]) dla otwarcia przepustnicy 3/5 (powierzchnia pomiarowa 0,588 m<sup>2</sup>)  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.



**Figure 11.** Fan flow characteristics for variable positioning parameters (distance from door opening [m] and impeller angle [°]) for 4/5 damper opening (measuring area 0.784 m<sup>2</sup>)  
**Rycina 11.** Charakterystyka przepływowa wentylatora dla zmiennych parametrów pozycjonowania (odległość od otworu drzwiowego [m] i kąt nachylenia wirnika [°]) dla otwarcia przepustnicy 4/5 (powierzchnia pomiarowa 0,784 m<sup>2</sup>)  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.



**Figure 12.** Fan flow characteristics for variable positioning parameters (distance from door opening [m] and impeller angle [°]) for 5/5 damper opening (measuring area 0.980 m<sup>2</sup>)  
**Rycina 12.** Charakterystyka przepływowa wentylatora dla zmiennych parametrów pozycjonowania (odległość od otworu drzwiowego [m] i kąt nachylenia wirnika [°]) dla otwarcia przepustnicy 5/5 (powierzchnia pomiarowa 0,980 m<sup>2</sup>)  
**Source:** Own elaboration.  
**Źródło:** Opracowanie własne.

## Conclusion

The technical and performance characteristics that determine the effectiveness of mobile fans should be confirmed based on test methods that correspond to the actual conditions of use of the equipment under consideration. This also applies to the test in assessing the volumetric flow rate, which should take into account, in particular, the positioning parameters of the mobile fan. This article presents the results of a test to evaluate the volumetric flow determined under real conditions, at an existing

## Podsumowanie

Cechy techniczno-użytkowe warunkujące skuteczność działania mobilnych wentylatorów powinny zostać potwierdzone w oparciu o metody badawcze odpowiadające rzeczywistym warunkom stosowania rozpatrywanych urządzeń. Dotyczy to również testu w zakresie oceny objętościowego strumienia przepływu, który powinien uwzględniać w szczególności parametry pozycjonowania mobilnego wentylatora. W niniejszym artykule zaprezentowano wyniki badań oceny objętościowego przepływu

construction object. The tests were carried out using a test stand for testing the velocity of the airflow profile of the airstream in the exhaust openings of buildings (FRC). As a result of the implemented tests, volumetric flow and pressure values ranging from 2471 (33.8 Pa) to 17,997 m<sup>3</sup>/h (33.4 Pa) were measured for a sample of a mobile fan at varying positioning parameters (i.e. angle of inclination and distance from the inlet opening), as well as varying positions of the outlet aperture. The team showed that the effectiveness of the implemented ventilation increased with increasing the distance of fan positioning, but only up to a distance of 5 m. Such a trend was noted for all outlet throttle opening sizes. At a distance of 5 m, the highest flow values were obtained for both 0 and 8° slope angles. The smallest flow rates were recorded by positioning the fan at a distance of 1 m at an angle of 0°. Under these conditions, the fan pumped the smallest volume flow rate.

With reference to the above findings, the authors of this article formulated a postulate that the flow characteristics (the relationship between the positioning parameters and the generated volume of the flow stream) determined under the above conditions should be placed in the form of a graphic table on the surface of the fan body. Implementation of such a solution would help increase the effectiveness of the rescue operations carried out using such devices.

In the next stage, the test team plans to carry out further research in evaluating flow characteristics at a multi-story construction object. The tests will be performed for four different fan units, also with an electric drive.

#### Acknowledgements

The research was carried out as part of the Ministry of Education and Science program "Implementation Doctorate" executed in 2020–2024 (agreement no. DWD/4/22/2020).

określonego w warunkach rzeczywistych, na terenie istniejącego obiektu budowlanego. Testy zostały zrealizowane przy wykorzystaniu stanowiska do badania prędkości profilu przepływu strugi powietrza w otworach wylotowych obiektów budowlanych (FRC). W wyniku zrealizowanych testów, dla próbki mobilnego wentylatora przy zmiennych parametrach pozycjonowania (tj. kąta nachylenia oraz odległości od otworu wlotowego), a także zmiennych położeniach przesłony wylotowej, zmierzono wartości objętościowego przepływu i ciśnienia w zakresie od 2471 (33,8 Pa) do 17 997 m<sup>3</sup>/h (33,4 Pa). Zespół wykazał, że skuteczność realizowanej wentylacji wzrastała wraz ze zwiększaniem odległości ustawienia wentylatora, ale tylko do dystansu 5 m. Taka tendencja została odnotowana dla wszystkich wielkości otwarcia przepustnicy wylotowej. W odległości 5 m uzyskano największe wartości przepływu dla obu kątów nachylenia 0 i 8°. Najmniejsze wartości przepływu odnotowano, pozycjonując wentylator w odległości 1 m przy kącie nachylenia 0°. W tych warunkach wentylator przetoczył najmniejszą wartość strumienia objętościowego.

W nawiązaniu do powyższych ustaleń autorzy niniejszego opracowania sformułowali postulat, aby określone w powyższych warunkach charakterystyki przepływowe (relacja pomiędzy parametrami pozycjonowania i generowaną objętością strumienia przepływu) zostały umieszczane w formie tablicy graficznej na powierzchni korpusu wentylatorów. Wdrożenie takiego rozwiązania przyczyniłoby się do zwiększenia skuteczności działań ratowniczych prowadzonych z wykorzystaniem takich urządzeń.

W kolejnym etapie zespół badawczy planuje realizować dalsze badania w zakresie oceny charakterystyk przepływowych na terenie wielokondygnacyjnego obiektu budowlanego. Badania zostaną wykonane dla czterech różnych jednostek wentylatorów, również z napędem elektrycznym.

#### Podziękowania

Badania zostały przeprowadzone w ramach Programu „Doktorat Wdrożeniowy” Ministerstwa Edukacji i Nauki realizowanego w latach 2020–2024 (Umowa nr DWD/4/22/2020).

## Literature / Literatura

- [1] Kaczmarzyk P., Janik P., Klapsa W., Bugaj G., *Possibilities of Using Mobile Fans and the Parameters Conditioning the Effectiveness of Tactical Mechanical Ventilation*, SFT Vol. 59 Issue 1, 2022, pp. 58–82, <https://doi.org/10.12845/sft.59.1.2022.3>.
- [2] Kaczmarzyk P., Klapsa W., Janik P., Krawiec P., *Identification and Evaluation of Technical and Operational Parameters of Mobile Positive Pressure Ventilation Fans Used during Rescue Operations*, SFT Vol. 58 Issue 2, 2021, pp. 74–91, <https://doi.org/10.12845/sft.58.2.2021.5>.
- [3] Lougheed G. D., McBride P. J., Carpenter D. W., *Positive pressure ventilation for high-rise buildings*, National Research Council Canada, Institute for Research in Construction, 2002, <https://doi.org/10.4224/20378500>
- [4] Fritsche M., Epple P., Delgado A., *Development of a Measurement Method for the Classification and Performance Evaluation of Positive Pressure Ventilation (PPV) Fans*, w: *Fluids Engineering Division Summer Meeting*, The American Society of Mechanical Engineers, Montreal, Quebec 2018, <https://doi.org/10.1115/FEDSM2018-83278>.
- [5] Kaczmarzyk P., Warguła Ł., Janik P., Krawiec P., *Influence of Measurement Methodologies for the Volumetric Air Flow Rate of Mobile Positive Pressure Fans on Drive Unit Performance*, "Energies" 2022, 15(11), 3953, <https://doi.org/10.3390/en15113953>.
- [6] PN-EN 5801:2017-12 Wentylatory – Badanie właściwości użytkowych z zastosowaniem stanowisk znormalizowanych.

- [7] ANSI/AMCA 240-15 Laboratory Methods of Testing Positive Pressure Ventilators for Aerodynamic Performance Rating.
- [8] Kaczmarzyk P., Małozieć D., Warguła Ł., Krawiec P., *Comparative Analysis of Tests under Real Conditions and CFD Model for Selected Operation Parameters of a Mobile Fan Used by Fire Protection Units*, "MATEC Web of Conferences" 2022, Vol. 357, 02011-1 - 02011-12, <https://doi.org/10.1051/mateconf/202235702011>.
- [9] Kaczmarzyk P., Janik P., Krawiec P., Klapsa W., Noske R., *Measurement of air stream velocity profiles, generated by fire protection units mobile fans*, "Ecology & Safety" 2022, 16, 42–50, <https://www.scientific-publications.net/en/article/1002333/>.
- [10] Lambert K., Merci B., *Experimental study on the use of positive pressure ventilation for fire service interventions in buildings with staircases*, "Fire Technology" 2014, 50(6), 1517–1534, <https://doi.org/10.1007/s10694-013-0359-0>.
- [11] Panindre P., Mousavi N.S., Kumar S., *Improvement of Positive Pressure Ventilation by optimizing stairwell door opening area*, "Fire Safety Journal" 2017, 92, 195–198, <https://doi.org/10.1016/j.firesaf.2017.06.007>.
- [12] Warguła Ł., Kaczmarzyk P., *Legal Regulations of Restrictions of Air Pollution Made by Mobile Positive Pressure Fans – The Case Study for Europe: A Review*, "Energies" 2022, 15 (20), 7672, <https://doi.org/10.3390/en15207672>.

**PIOTR KACZMARZYK, M.SC. ENG.** – a graduate of the Fire Safety Engineering Faculty at the Main School of Fire Service. A graduate of the postgraduate course Building Smoke Detection Systems – Fire Ventilation; Faculty of Building Installations, Hydraulic Engineering and Environmental Engineering. Student of the Doctoral School of the Poznan University of Technology at the Faculty of Mechanical Engineering. Since 2015, he has worked in the Laboratory of Combustion Processes and Explosions at Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute. The author's professional activities are related to such issues as fire response of building materials, tactical ventilation, fire and explosion protection systems for buildings, performance evaluation of ventilation systems and equipment using CFD tools. He is the author of many publications, technical standards and studies related to fire safety in buildings. Member of Technical Subcommittee No. 1 on smoke and heat control systems, by the Technical Committee KT No. 180 on Fire Safety of Buildings. FPC auditor.

**RAFAL NOSKE, ENG.** – a graduate of the Fire Safety Engineering Faculty of the Main School of Fire Service in Warsaw. Since the beginning of his career, he has been associated with Scientific and Research Centre for Fire Protection – National Research Institute in Józefów. In the Department of Technical Assessment, he mainly implements processes for control and signalling devices, cables for fire protection systems, and fire protection circuit breakers.

**SEN. BRIG. PAWEŁ JANIK, PH.D. ENG.** – graduated with a master's degree from the Main School of Fire Service in Warsaw and a doctoral degree from the Poznan Academy of Economics (now Poznan University of Economics), as well as postgraduate studies in computer science at the Technical University of Lodz and in crisis management at SGSP. As of 2018, he is the Director of CNBOP-PIB. Speciality: security sciences.

**MGR INŻ. PIOTR KACZMARZYK** – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego w Szkole Głównej Służby Pożarnej. Absolwent studiów podyplomowych Systemy Oddymiania Budynków – Wentylacja Pożarowa; Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska. Słuchacz Szkoły Doktorskiej Politechniki Poznańskiej na Wydziale Inżynierii Mechanicznej. Od 2015 roku pracuje w Zespole Laboratoriów Procesów Spalania i Wybuchowości w Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym. Działalność zawodowa autora jest związana z takimi zagadnieniami jak: reakcja na ogień materiałów budowlanych, wentylacja taktyczna, systemy zabezpieczeń przeciwpożarowych i przeciwybuchowych obiektów budowlanych, ocena skuteczności działania systemów i urządzeń wentylacyjnych z wykorzystaniem narzędzi CFD. Jest autorem wielu publikacji, standardów technicznych oraz opracowań związanych z bezpieczeństwem pożarowym budynków. Członek Podkomitetu Technicznego nr 1 ds. systemów kontroli rozprzestrzeniania dymu i ciepła, przy Komitecie Technicznym KT nr 180 ds. Bezpieczeństwa Pożarowego Budynków. Auditor ZKP.

**INŻ. RAFAL NOSKE** – absolwent Wydziału Inżynierii Bezpieczeństwa Pożarowego Szkoły Głównej Służby Pożarnej w Warszawie. Od początku kariery zawodowej związany z Centrum Naukowo-Badawczym Ochrony Przeciwożarowej – Państwowym Instytucie Badawczym w Józefowie. W Zakładzie Ocen Technicznych realizuje głównie procesy dotyczące urządzeń sterujących i sygnalizujących, kabli do instalacji przeciwpożarowych, przeciwpożarowych wyłączników prądu.

**ST. BRIG. DR INŻ. PAWEŁ JANIK** – ukończył studia magisterskie w Szkole Głównej Służby Pożarnej w Warszawie oraz studia doktoranckie w Akademii Ekonomicznej w Poznaniu (obecnie Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu), a także studia podyplomowe z zakresu informatyki na Politechnice Łódzkiej oraz zarządzania kryzysowego w SGSP. Od 2018 r. jest dyrektorem CNBOP-PIB. Specjalność: nauki o bezpieczeństwie.



**PIOTR KRAWIEC, PH.D. ENG., PROFESOR OF PP** – graduated from the Faculty of Mechanical Engineering at the Poznan University of Technology. He received his doctoral degree in 2002 and his postdoctoral degree in 2011. Since 1994, he has worked in the Institute of Specialty – construction and operation of machinery, computer aided design, materials research, drive control, cargo transport safety.

**DR HAB. INŻ. PIOTR KRAWIEC, PROFESOR PP** – ukończył studia na Wydziale Budowy Maszyn Politechniki Poznańskiej. Stopień doktora uzyskał w 2002 r., natomiast w 2011 r. stopień doktora habilitowanego. Od 1994 r. pracuje w Instytucie Konstrukcji Maszyn. Specjalność – budowa i eksploatacja maszyn, komputerowe wspomaganie projektowania, badania materiałów, sterowanie napędami, bezpieczeństwo transportu ładunków.



Tłumaczenie na język angielski artykułów naukowych (także ich streszczeń), w tym artykułów recenzyjnych, w półroczniku „Safety & Fire Technology” – zadanie finansowane ze środków Ministerstwa Edukacji i Nauki w ramach programu „Rozwój Czasopism Naukowych” (umowa nr RCN/SP/0560/2021/1).