

Tomasz GACZOŁ<sup>1</sup>

## WENTYLACJA GRAWITACYJNA W BUDYNKACH MIESZKALNYCH - WYBRANE ZAGADNIENIA

Wentylacja grawitacyjna, polega na wymianie powietrza, powstałej z powodu różnicy ciśnień, odbywająca się w sposób ciągły, poprzez przewody wentylacyjne. Jest to stary, sprawdzony i najczęściej stosowany sposób wentylowania pomieszczeń. Złe rozwiązania projektowe, powodują brak skutecznego jej działania. Prawidłowy przepływ powietrza, wywiera istotny wpływ na jakość struktury budowlanej. Brak zawilgoceń i zagrzybień to dowód na poprawne działanie wentylacji. Jest ona również odpowiedzialna za dobre samopoczucie człowieka, a przede wszystkim za jego zdrowie. W referacie zwrócono uwagę na konieczność opracowania już na etapie koncepcji projektowej, schematów wentylacji budynku – pionowy i poziomy przepływ powietrza, zależy od przyjętego rodzaju nawiewu i odprowadzenia mas powietrza z pomieszczeń mieszkalnych. Usytuowanie ścianek, elementów konstrukcji budynku, układ okien i drzwi, a nawet rozmieszczenie elementów stałego wyposażenia mieszkań, ma istotny wpływ na kierunek przepływającego powietrza, a tym samym na wydajność systemu wentylacji grawitacyjnej. Istotnym problemem występującym już na etapie projektu budowlanego jest dobór ilości kanałów oraz odpowiednie obliczenie pola przekroju poprzecznego w zależności od ich wysokości i zapotrzebowania projektowanych pomieszczeń na wielkość przepływu powietrza, wyrażoną krotnością wymiany lub strumieniem powietrza, mierzoną w m<sup>3</sup>/s. Dobra znajomość zagadnień związanych z poprawnie działającą wentylacją grawitacyjną, to obowiązek każdego architekta, który jest w pełni odpowiedzialny za zaprojektowany budynek, a przede wszystkim za ludzi, którzy będą jego użytkownikami.

**Słowa kluczowe:** mikroklimat, nawiew, wywiew, krotność wymiany, strumień powietrza

### 1. Parametry mikroklimatyczne

Parametry mikroklimatu pomieszczeń, to parametry powietrza w tych pomieszczeniach. Na parametry mikroklimatyczne mają wpływ: procentowy skład tlenu, azotu i innych gazów oraz różnego rodzaju zanieczyszczeń, a także temperatura powietrza, zalecana w zakresie od 18°C do 20°C, wilgotność względna

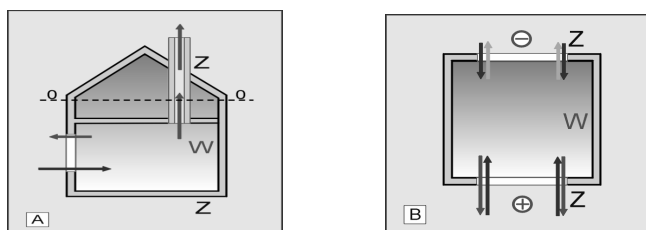
---

<sup>1</sup> Tomasz Gaczoł: Politechnika Krakowska, Wydział Architektury, Instytut Projektowania Budowlanego, ul. Warszawska 24, 31-155 Kraków, tel. nr: 126282459, 500445876, e-mail: at.polgac@neostrada.pl

od 40% - 60% oraz jego ruch, który w pomieszczeniach zamkniętych nie powinien przekraczać 0,5 m/s, a optymalna jego wartość to 0,15 m/s (polskie normy określają prędkość przepływu powietrza w pomieszczeniach zamkniętych na poziomie 0,7 m/s). Ruch powietrza, powoduje mieszanie warstw, dzięki czemu wyrównywany jest skład chemiczny i temperatura. W przypadku niskiego poziomu wilgotności względnej powietrza dochodzi do unoszenia się w nim kurzu, pyłu i wszelkiego rodzaju zanieczyszczeń [1]. Wysoka temperatura i wilgotność, połączona z niedostatecznym ruchem powietrza sprzyja rozwojowi grzybów pleśniowych, roztoczy oraz mikroorganizmów. Niewłaściwe parametry mikroklimatyczne, zanieczyszczenia chemiczne, pyły, obecność alergenów biologicznych są powodem występowania wielu syndromów chorobowych, takich jak: „Syndrom Chorego Budynku” – SBS (Sick Building Syndrome), alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, „Choroba Legionistów”, pylice, zmiany wywołane czynnikami biologicznymi, choroby powstałe na skutek zwiększonego stężenia dymu tytoniowego oraz tlenu węgla [2].

## 2. Wentylacja grawitacyjna

Wentylację grawitacyjną uzyskuje się poprzez połączenie z otoczeniem wewnętrznej kubatury pomieszczenia za pomocą kanału wentylacyjnego wyprowadzonego ponad poziom dachu. Płaszczyzna wyrównania ciśnienia znajduje się ponad pomieszczeniem, tak więc w całym jego wnętrzu panuje mniejsze ciśnienie od atmosferycznego. Taki sposób wentylowania nosi nazwę wentylacji grawitacyjnej wywiewnej (rys. 1).



Rys. 1. A - Wentylacja grawitacyjna. Rozkład ciśnienia w budynku 1-kondygnacyjnym z kanałem wywiewnym. B – poziomy przepływ powietrza (różnica ciśnień) - rysunek autora

Fig. 1. A - Gravitational ventilation. Pressure distribution in 1-storey building with the exhaust duct. B - horizontal air flow (pressure differential) - figure of the author

W Polsce wymagania dotyczące intensywności wymiany powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych odnoszą się: do zanieczyszczeń pochodzących od ludzi oraz stopnia wilgotności powietrza. Przyjmuje się, że minimalna ilość świeżego powietrza przypadająca na jedną osobę wynosi  $20\text{m}^3/\text{h}$ . Według obowiązujących przepisów i norm budowlanych [3,4], intensywność wymiany jest sumą usuwanych mas powietrza z zanieczyszczonych pomieszczeń takich jak

toalety, łazienki i kuchnie. Wielkość mieszkań oraz liczba mieszkających osób nie ma tu znaczenia. W związku z tym, przypadająca na osobę ilość wymienia-  
nego powietrza może się zdecydowanie różnić [5].

Tabela 1. Strumień powietrza wentylacyjnego dla wybranych pomieszczeń. Na podstawie: PN-83/B-03430 (wraz ze zmianą A3:2000) „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania”

Table 1. Ventilation air flow of choosen rooms. Based on: PN-83/B-03430 (with a change in A3:2000) "Ventilation in buildings, housing and public buildings. Requirements"

Dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię gazową lub węglową	70 m <sup>3</sup> / h
Dla kuchni z oknem zewnętrznym, wyposażonej w kuchnię elektryczną - w mieszkaniu do 3 osób - w mieszkaniu dla więcej niż 3 osób	30 m <sup>3</sup> / h 50 m <sup>3</sup> / h
Dla kuchni bez okna zewnętrznego lub dla wnęki kuchennej wyposażonej w kuchnię elektryczną	50 m <sup>3</sup> / h
Dla łazienki ( z ustępem lub bez)	50 m <sup>3</sup> / h
Dla oddzielnego ustępu	30 m <sup>3</sup> / h
Dla pokoju mieszkalnego, znajdującego się na najwyższej kondygnacji w wielopiętrowym domu jednorodzinnym lub w wielopiętrowym mieszkaniu domu jednorodzinnego	30 m <sup>3</sup> / h
Dla pomocniczego pomieszczenia bez okna	15 m <sup>3</sup> / h
<b>Kuchnie bez okna zewnętrznego, wyposażone w kuchnię gazową, powinny mieć mechaniczną wentylację wywiewną; usuwany strumień powietrza powinien wynosić</b>	70 m <sup>3</sup> / h

Dodatkowym mankamentem jest także zły dobór przekroju poprzecznego kanału wentylacyjnego wywiewnego w stosunku do jego wysokości oraz brak odpowiedniego nawiewu powietrza do pomieszczeń. Częste „projektowanie” wentylacji grawitacyjnej, ogranicza się do wrysowania na projekcie kanałów wentylacyjnych bez analizy przepływu powietrza przez pomieszczenia oraz bez dodatkowych obliczeń możliwości wymiany jaką daje zastosowany przewód wentylacji grawitacyjnej.

Prędkość przepływu powietrza w kanale wywiewnym zależy od różnicy temperatury wewnętrznej i zewnętrznej ( $t_w - t_z$ ), od wysokości przewodu wentylacyjnego, a przede wszystkim od pola powierzchni przekroju poprzecznego kanału wywiewnego.

Pole powierzchni przekroju poprzecznego kanału wywiewnego określa się wzorem [6]:

$$F = \frac{L}{v \times 3600} \quad [m^2] \quad (1)$$

gdzie:  $v$  – prędkość powietrza w kanale, m/sek (tabela 2),  
 $L$  – ilość powietrza, m<sup>3</sup>/h, obliczona wg wzoru:

$$L = \frac{K}{K_d} \cdot V \quad [\text{m}^3 / \text{h}] \quad (2)$$

gdzie:  $K$  – ilość wydzielających się zanieczyszczeń  $\text{mg}/\text{m}^3 \cdot \text{h}$ ,  
 $K_d$  – dopuszczalne stężenie zanieczyszczeń  $\text{mg}/\text{m}^3$  (tabela 3),  
 $V$  – objętość wentylowanego pomieszczenia  $\text{m}^3$ .

Podana lista wydzielających się zanieczyszczeń ( $\text{mg}/\text{m}^3$ ) jest bardziej restrykcyjna od obowiązujących danych, zawartych w zarządzeniu ministra zdrowia z dnia 12 marca 1996 roku (M.P. nr 19 poz. 231), „W sprawie dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia, wydzielanych przez materiały budowlane, urządzenia i elementy wyposażenia w pomieszczeniach przeznaczonych na pobyt ludzi”.

Tabela 2. Prędkość przepływu powietrza (m/sek.) w murowanych kanałach pionowych, wg Degen. Na podstawie: POLSKI ZWIĄZEK INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA: "Poradnik inżyniera i technika budowlanego". Warszawa, Arkady 1968 tom 2 część III, s. 373 oraz 385

Table 2. Air flow (m/sek.) speed in bricks made ventilation ducts (Degen). Based on: POLISH ASSOCIATION OF ENGINEERS AND TECHNICIANS CONSTRUCTION: "Guidance engineering and construction technique." Warsaw, Arcade 1968 Volume 2, Part III, p 373, and 385

<b>Tw – Tz Wysokość kanału (m)</b>	<b>6</b>	<b>10</b>	<b>16</b>	<b>20</b>	<b>24</b>	<b>30</b>	<b>34</b>	<b>40</b>
2	0,30	0,41	0,56	0,64	0,72	0,84	0,40	1,00
3	0,41	0,55	0,71	0,80	0,89	1,00	1,07	1,17
4	0,51	0,67	0,85	0,94	1,03	1,15	1,23	1,32
5	0,59	0,76	0,96	1,07	1,17	1,30	1,38	1,47
6	0,66	0,85	1,06	1,18	1,28	1,41	1,50	1,59
7	0,78	0,97	1,29	1,36	1,48	1,62	1,72	1,84
10	0,85	1,09	1,36	1,52	1,63	1,81	1,92	2,06
12	0,93	1,20	1,50	1,66	1,81	1,99	2,11	2,26
14	1,01	1,30	1,62	1,79	1,95	2,15	2,27	2,43
16	1,08	1,39	1,73	1,91	2,09	2,29	2,42	2,59
18	1,14	1,47	1,83	2,03	2,21	2,43	2,56	2,74
20	1,20	1,54	1,93	2,15	2,33	2,56	2,70	2,89
21	1,23	1,58	1,97	2,20	2,39	2,63	2,77	2,97
22	1,25	1,61	2,01	2,25	2,44	2,68	2,83	3,03
23	1,28	1,65	2,06	2,29	2,50	2,74	2,90	3,10
24	1,31	1,68	2,10	2,34	2,55	2,80	2,96	3,16
25	1,34	1,72	2,15	2,39	2,60	2,86	3,02	3,23
26	1,37	1,75	2,19	2,44	2,66	2,92	3,09	3,30
27	1,39	1,79	2,24	2,46	2,71	2,98	3,15	3,36
28	1,42	1,82	2,28	2,52	2,76	3,04	3,21	3,43
29	1,44	1,86	2,32	2,57	2,81	3,09	3,27	3,49
30	1,47	1,89	2,36	2,62	2,96	3,15	3,33	3,55

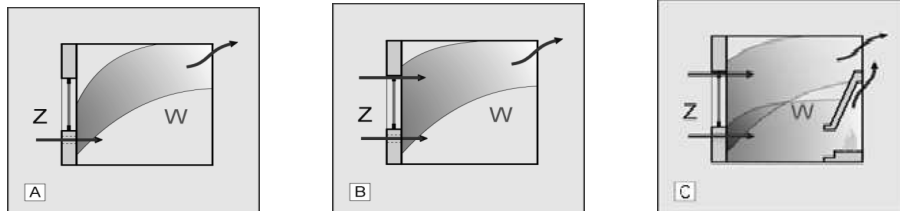
Tabela 3. Wartość stężeń gazów, par i pyłów dopuszczalnych ze względów zdrowotnych. Na podstawie: POLSKI ZWIĄZEK INŻYNIERÓW I TECHNIKÓW BUDOWNICTWA: "Poradnik inżyniera i technika budowlanego". Warszawa, Arkady 1968, tom 2 część III, s. 373

Table 3. Concentrating gasses, steams and dusts admissible in respects to health. Based on: POLISH ASSOCIATION OF ENGINEERS AND TECHNICIANS CONSTRUCTION: "Guidance engineering and construction technique." Warsaw, Arcade 1968, Volume 2, Part III, p 373

Nazwa substancji	Stężenie dopuszczalne mg/l	Nazwa substancji	Stężenie dopuszczalne mg/l
Aceton	0,2	Eter	0,03
Akroleina	0,002	Fenol	0,005
Alkohol butylowy	0,2	Fluorowodór i sole fluoru	0,001
Alkohol etylowy	1,0	Formaldehyd	0,005
Alkohol metylowy	0,05	Fosfor (żółty)	0,00003
Amoniak	0,02	Jod	0,001
Anilina	0,005	Kwas azotowy	0,002
Arsen i jego związki przeliczone na wolny arsen	0,0003	Kwas siarkowy	0,002
Arsenowodór	0,0003	Mangan i jego związki	0,0003
Benzen	0,1	Nitrobenzen	0,005
Benzol	0,1	Ołów i jego związki	0,00001
Benzyna, nafta, oleje mineralne	0,3	Ozon	0,0001
Chlor	0,001	Rtęć	0,00001
Chlorowodór	0,01	Siarkowodór	0,01
Cyjanowodór	0,0003	Siarczan cynku	0,005
Czterochlorek węgla	0,05	Terpentyna	0,3
Dwusiarczek węgla	0,01	Tlenki azotu	0,005
Dwutlenek siarki	0,02	Tlenki cynku	0,005
Dwutlenek węgla	10,00	Tlenki węgla	0,02
		Tytoniowy i herbaciany pył	0,003

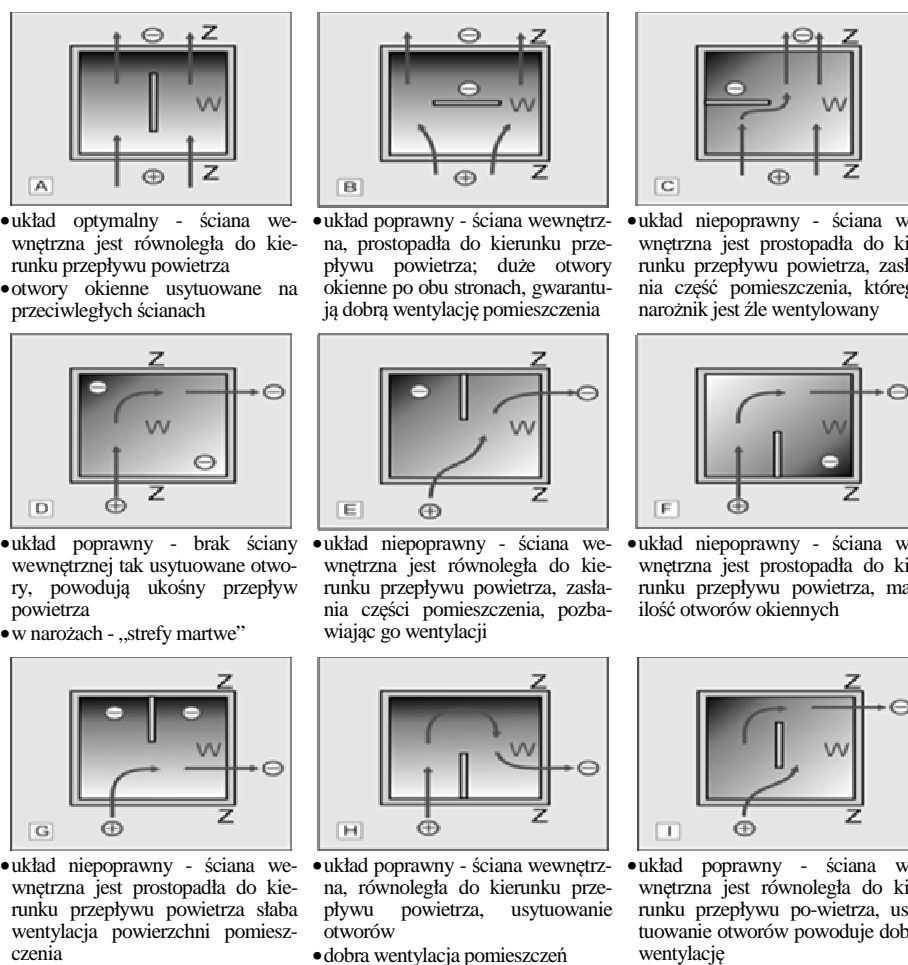
### 3. Przepływ powietrza w pomieszczeniach

Ze względu na ruch powietrza w pomieszczeniach wentylowanych i występujące w nich tzw. „strefy martwe”, należy zawsze przeprowadzić analizę przepływu mas powietrza. Wentylacja grawitacyjna powinna usuwać z pomieszczeń lekkie i cięższe zanieczyszczenia. Jednak czasem ze względu na wadliwy np.: układ okien i drzwi w pomieszczeniach, przegrody pionowe takie jak ścianki działowe, elementy konstrukcji budynku oraz ustawione meblowanie, nie dochodzi do prawidłowej wymiany powietrza. Brak wymogów stosowania kratki wentylacyjnych znajdujących się w górnej części ściany, np. nad nadprożem drzwiowym, uniemożliwia swobodny ruch powietrza i powoduje występowanie niewentylowanej strefy na pewnej wysokości pomieszczenia. W takim przypadku umieszczanie antresol lub łóżek piętrowych w pokojach jest dużym błędem, mającym ogromny wpływ na nasze zdrowie [7],[8]. Prawidłowo działająca wentylacja grawitacyjna odpowiada za dobry stan techniczny przegród budowlanych. Często widoczne zagrzybienia i zawilgocenia, świadczą o złym działaniu wentylacji lub o jej całkowitym braku. Poniżej przedstawiono wybrane schematy analizy pionowego i poziomego przepływu mas powietrza w pomieszczeniach mieszkalnych (rys. 2, rys. 3).



Rys. 2. Wentylacja grawitacyjna - analiza pionowego przepływu powietrza w pomieszczeniach wentylowanych (Z - przestrzeń zewnętrzna, W - przestrzeń wewnętrzna) - rysunek autora

Fig. 2. Natural ventilation - analysis of vertical air flow in ventilated residents - drawing of the author



Rys. 3. Wentylacja grawitacyjna - analiza poziomego przepływu powietrza w pomieszczeniach wentylowanych w zależności od usytuowania otworów okiennych i ścian (+ naciśnienie; - podciśnienie) - rysunek autora

Fig. 3. Natural ventilation - an analysis of the horizontal air flow in ventilated areas depending on the location of windows and walls - drawing of the author

#### 4. Wnioski

Wentylacja grawitacyjna ma istotny wpływ na warunki higieniczne w pomieszczeniach budynków mieszkalnych. Odpowiednia ilość świeżego powietrza zapewnia człowiekowi dobre samopoczucie, a przede wszystkim decyduje o jego zdrowiu.

Głównym powodem podjęcia tematu jest:

- słaba znajomość odpowiednich metod projektowych poprawnie działającej wentylacji grawitacyjnej przez niektórych projektantów,
- przestarzałe normy i regulacje prawa budowlanego,
- stopień zanieczyszczenia powietrza wewnętrznego pomieszczeń mieszkalnych, jest często większy niż powietrza zewnętrznego,
- oszczędzanie energii, poprzez celowe uszczelnianie pomieszczeń, redukcja wentylacji grawitacyjnej, obniża jakość powietrza wewnętrznego i jest przyczyną powstania wielu groźnych schorzeń (SBS - „Zespół Chorego Budynku”, „Choroba Legionistów”, pylice, alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, zmiany wywołane czynnikami biologicznymi, choroby powstałe na skutek zwiększonego stężenia dymu tytoniowego, tlenku i dwutlenku węgla) [9][10],
- wentylacja grawitacyjna w istotny sposób decyduje o dobrym stanie technicznym przegród budowlanych,
- znajomość zagadnień związanych z poprawnie działającą wentylacją grawitacyjną, to obowiązek każdego architekta, który jest w pełni odpowiedzialny za zaprojektowany budynek, a przede wszystkim za ludzi, którzy będą jego użytkownikami.

#### Literatura

- [1] Kusionowicz T.: „Problemy projektowania budynków mieszkalnych, a zdrowie człowieka”. Monografia, Kraków 2008. Politechnika Krakowska, seria architektura, s. 43, 51,52
- [2] Gaczoł T.: „Wentylacja jako czynnik kształtowania architektonicznego”. Monografia, Kraków 2002. Politechnika Krakowska, Wydział Architektury.
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury „W sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie”. z dnia 12 kwietnia 2002 r. (Dz.U. Nr 75, poz. 690) ze zmianami.
- [4] PN-83/B-03430 (wraz ze zmianą A3:2000) „Wentylacja w budynkach mieszkalnych, zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania”.
- [5] Jędrzejewska-Ścibak T., Sowa J.: „Zdrowe powietrze w domu”. Warszawa, Wydawnictwo MURATOR 2000 s. 47.
- [6] Polski Związek Inżynierów i Techników Budownictwa: ”Poradnik inżyniera i technika budowlanego”. Warszawa, Arkady 1968, tom 2 część III, s. 373 oraz 385.

- [7] Jędrzejewska-Ścibak T., Sowa J. Praca zbiorowa: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce '97”. Warszawa 1998. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji.
- [8] Jędrzejewska-Ścibak T., Sowa J. Praca zbiorowa: „Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce '99”. Warszawa 2000. Politechnika Warszawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji.
- [9] Wojtczak A.: „Choroby wewnętrzne”. Wydawnictwo Lekarskie PZWL Warszawa 1995, tom 2, str. 67,68, oraz str. 120-125, tom 3, s. 876-890.
- [10] Wald I.: Członkowska A.: „Neurologia kliniczna”. Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich. Warszawa 1987, s. 236,237.

## GRAVITATIONAL VENTILATION IN RESIDENTIAL PREMISES. CHOSEN QUESTIONS

### Summary

Natural ventilation, involves the exchange of air resulting, due to the pressure difference, which takes place continuously through ventilation ducts. It is an old, well proven and most widely used method of rooms ventilation. Bad design solutions, causing her lack of effective action. Proper air flow has a significant effect on the quality of a building structure. Lack of moisture and fungi is proof of its correct functioning. It is also responsible for psychological comfort and well-being of human being, and above all for health. The paper highlights the need to develop at the stage of conceptual design, building ventilation patterns - vertical and horizontal air flow, depending on the adopted type of supply and discharge its masses of utility, residential premises. Walls location, structural elements of the building, the layout of windows and doors, and even the layout of the permanent equipment of flats, has a significant impact on the air flow direction, and thus the performance of the natural ventilation system. An important problem occurring at the design stage is the selection of the construction and the number of channels corresponding cross-sectional area calculation, depending on their height and space requirements of the designed air flow rate, expressed as multiples of the exchange or the air flow, measured in  $m^3/s$ . Good knowledge of issues related to a properly working air pressure is the duty of every architect who is fully responsible for the designed building, and most of all for people who are its users.

**Keywords:** microclimate, air flow, exhaust air, times of the exchange, air stream

*Przesłano do redakcji: 14.04.2015 r.*

*Przyjęto do druku: 22.06.2015 r.*

DOI:10.7862/rb.2015.38