

Piotr WOLAŃSKI¹

RYZIKO MIKROBIOLOGICZNE W BUDYNKACH Z WENTYLACJĄ NATURALNĄ

W pracy opisano proces identyfikacji i metodykę prowadzenia badania laboratoryjnych jakości powietrza wewnętrznego pod kątem występowania zanieczyszczenia mikrobiologicznego i jego wpływu na samopoczucie człowieka. W opracowaniu przedstawiono również wybrane badania dotyczące pomiaru liczby zarodników grzybów występujących w powietrzu rozpatrywane w funkcji zmiennych warunków meteorologicznych. Badania wykonywano przy jednoczesnym odczycie poziomu nasycenia powietrza parą wodną zarówno wewnątrz budynku jak i na zewnątrz, stopnia nasłonecznienia, wartości siły wyporu termicznego w przewodach kominowych zlokalizowanych w pomieszczeniach higieniczno-sanitarnych oraz prędkości i kierunku wiatru. Opisano procesy i przemiany fizyko-chemiczne zachodzące w zamkniętych pomieszczeniach np. mieszanie czystego powietrza z zanieczyszczeniami. Zidentyfikowano i opisano problem jakości powietrza wewnętrznego w systemach z naturalną wentylacją, wpływ zanieczyszczeń na mikroklimat oraz potencjalnych ich przyczynach pojawiających się w trakcie pracy instalacji, których głównym powodem są mikroorganizmy zawarte w powietrzu. Omówiono zasadność: monitorowania parametrów powietrza zewnętrznego, wprowadzania do pomieszczenia powietrza zewnętrznego o odpowiedniej jakości i utrzymywanie jego składu chemicznego w odpowiednich proporcjach. Przedstawiono negatywne skutki złego użytkowania pomieszczeń mieszkalnych w których przebywają ludzie i sposoby zapobiegania ich. Otrzymane wyniki badań laboratoryjnych przedstawiono przy użyciu wykresów oraz porównano ich stężenia z wartościami dopuszczalnymi.

Słowa kluczowe: Mikroklimat, wentylacja naturalna, jakość powietrza, zanieczyszczenie powietrza

1. Wstęp

Jednym z głównych czynników mających wpływ na mikroklimat pomieszczenia i komfort przebywających w nim osób jest jakościowa i ilościowa ocena działania naturalnej wentylacji kanałowej [1,2]. Powszechnie znany jest jej brak skuteczności eksploatacyjnej wynikający zarówno ze sposobu jej projektowania jaki i niewłaściwego użytkowania, co potwierdzono też w badaniach własnych [3,9,10]. Ujawnia się to głównie przez spadek strumieni powietrza

¹ Piotr Wolański, Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii środowiska i Energetyki ul. Akademicka 2A, 44-100 Gliwice; tel 694 587 262; piotrekwolan@interia.pl

wymienianych w mieszkaniach i wzrost zanieczyszczeń w okresie grzewczym. Sprzyja to pojawieniu się wpływu szeregu czynników ryzyka wystąpienia zmian chorobowych, a tym czynników mikrobiologicznych [2,4,5]. Zgodnie z zasadą wentylacji powietrze po zużyciu ma być usuwane przez kanały wywiewne i zastępowane powietrzem zewnętrznym, które jest ośrodkiem transportu zanieczyszczeń pochodzenia mineralnego i organicznego. Mogą one reagować z sobą i wywołać różne procesy i przemiany. Przebieg i produkty tych przemian zależą od stanu atmosfery (inwersji temperatury), wilgotności i nasłonecznienia. Tak więc napływające powietrze zewnętrzne jest już obciążone różnymi zanieczyszczeniami, które są dodatkowo wzbogacane zanieczyszczeniami wynikającymi z użytkowania pomieszczeń. Jednym z nich są różnego rodzaju mikroorganizmy biologiczne np. bakterie i wirusy oraz grzyby i pleśnie, często odpowiedzialne za nasilanie się chorób alergicznych.

2. Identyfikacja i rozpoznawanie zagrożeń

Doprowadzanie powietrza zewnętrznego o odpowiedniej jakości do pomieszczeń w których przebywają ludzie jest konieczne z uwagi na:

- rozcieńczenie i usuwanie zanieczyszczeń tła, tj. substancje emitowane przez meble i materiały budowlane, środki czyszczące, zapachy, metaboliczny CO₂, para wodna, zarodniki grzybów, wirusy i bakterii,
- rozcieńczenie i usuwanie zanieczyszczeń z dających się zidentyfikować,
- z miejscowych źródeł, tj. zapachy z toalet i kuchni, para wodna powstająca podczas gotowania i kąpieli, pojawiania się dymu tytoniowego i produktów spalania pochodzące z palenisk,
- zapewnienie powietrza do oddychania i spalania w paleniskach,
- kontrola wilgotności wewnętrznej.

Z uwagi na intensywne eksploatowanie mieszkań powietrze wewnętrzne narażone jest na różne zanieczyszczenia, stanowiące potencjalne zagrożenie dla zdrowia użytkowników, a nawet przyczynić się do uszkodzenia struktury mieszkań i ich wyposażenia [2,4,6–8]. Zanieczyszczenia wewnętrzne dzielone są na trzy główne grupy:

- zanieczyszczenia dające się usunąć za pomocą wentylacji miejscowej,
- zanieczyszczenia tła i zanieczyszczenia nie dające się usunąć przez wentylację miejscową,
- produkty spalania pochodzące z palenisk.

Uzyskanie racjonalnego poziomu jakości powietrza wewnętrznego bez wykorzystania energii wymaga:

- utrzymywania stężenia CO₂ na odpowiednim poziomie,
- utrzymywania wilgotności w odpowiednich granicach dla unikania zbyt suchego powietrza oraz kondensacji pary wodnej i rozwoju grzybów i pleśni,
- usuwania zapachów oraz innych zanieczyszczeń chemicznych i biologicznych poniżej racjonalnego poziomu.

Wilgotność powietrza wewnętrznego jest jednym z podstawowych wskaźników, które pozwalają oceniać sprawność systemu wentylacji jak i prawidłowość użytkowania mieszkania np.: widoczna para wodna skraplająca się na szybach, świadczy o dużej wilgotności powietrza, która może doprowadzić do powstawania pleśni i grzybów. Z drugiej strony, łatwość elektryzowania się różnych przedmiotów (ekranów monitorów komputerów czy telewizorów), może świadczyć o zbyt niskiej zawartości wilgoci, co również nie sprzyja dobremu samopoczuciu mieszkańców. Skutkami braku odpowiedniej wymiany powietrza jest nagromadzenie się zanieczyszczeń w ilościach przekraczających wartości dopuszczalne. Najczęściej negatywnie wpływającymi na organizm są następujące związki: para wodna, dwutlenek węgla, dym papierosowy, zanieczyszczenia emitowane przez meble i materiały wykończeniowe co powoduje bóle głowy, uczucie zmęczenia, choroby dróg oddechowych. Z kolei wzrost wilgoci wywołuje skraplanie pary wodnej na częściach przegród oraz rozwój pleśni i grzybów. Znaczne ograniczenie strumienia powietrza wentylacyjnego prowadzi do drastycznego pogorszenia się jakości powietrza wewnętrznego, w którym znajdują się zarodniki grzybów. Dla oznaczania jakości powietrza z nimi związanych powstało kilka metod, których wyniki podaje się jako liczbę mikroorganizmów w 1 m³ powietrza. Pierwsze normy dotyczące badań mikrobiologicznych powstały prawie sto lat temu i był to zestaw 5 aktów prawnych określających: wytyczne i postanowienia ogólne dotyczące pobierania próbek powietrza atmosferycznego (PN-84/Z-04008/02 i PN-89/Z-04008/08); metody badań mikrobiologicznych powietrza (PN-89/Z-04111/01), w tym sposoby oznaczania liczby bakterii i grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną (PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z-04111/03). Wszystkie akty prawne dotyczą powietrza atmosferycznego (emisji). Zgodnie z nimi analiza mikrobiologiczna powietrza obejmuje:

A. Badania poligonowe.

1) Pobór prób:

- metodą sedymentacyjną i zderzeniową z jednoczesnym posiewem na gotowe podłoża,
- metodą filtracyjną;

2) Przygotowanie prób do posiewów:

- przeniesienie bakterii zatrzymanych na filtrze do cieczy, ich rozcieńczenie (powietrze „brudne”);

3) Posiew:

- rodzaj podłoża i czas inkubacji; w zależności od grupy mikroorganizmów jaka jest oznaczana;

4) Zliczanie mikroorganizmów wyrosłych na podłożach;

5) Analiza ilościowa i jakościowa (identyfikacja);

6) Opracowanie wyników.

B. Metody obliczeniowe: metoda bilansowa, metoda jakościowa, metoda wskaźnikowa.

W tabeli 1 zestawiono problemy, które mogą wystąpić w instalacjach wentylacyjnych oraz potencjalnych ich przyczynach pojawiających się w trakcie pracy instalacji, których powodem są także mikroorganizmy.

Tabela 1. Przyczyny i skutki wpływu zanieczyszczeń mikrobiologicznych na mikroklimat pomieszczenia

Table 1. Causes and consequences of the impact of microbiological contamination on the microclimate room

Potencjalny problem	Prawdopodobna przyczyna
Grzyby pleśniowe, inne drobnoustroje żyjące w materiale filtracyjnym; Zapchanie filtrów zanieczyszczeniami powodujące uniemożliwiające prawidłowy przepływ powietrza, Zanieczyszczenia cyrkulujące w powietrzu	Wilgotne/zabrudzone ponad miarę filtry
Zarodniki roślin, mikroskopowe fragmenty grzybów pleśniowych, itp., cyrkulujące w powietrzu w budynku; nieprzyjemne zapachy pochodzące z rozkładających się substancji organicznych recyrkulujące w instalacji wentylacyjnej lub klimatyzacyjnej	Wilgotne, rozkładające się substancje organiczne
Namnażanie się grzybów pleśniowych, rozwój mikroorganizmów wraz z bakteriami i algami; nieprzyjemne zapachy	Stojąca woda w waniecie ociekowej lub/i w zbiorniku kondensatu
Nieprzyjemne zapachy, cząstki stałe cyrkulujące w powietrzu w budynku	Brudne, obłożone pyłem węzownice nagrzewnicy i chłodnicy
Nieprzyjemne zapachy, podrażnienie lub nadwrażliwość wywołana substancjami chemicznymi	Cząsteczki pochodzące z substancji chemicznych lub środków czyszczących
Brak przepływu powietrza lub zbyt mały strumień powietrza	Pasek klinowy przekładni wentylatora zsunięty lub zerwany
Brak przepływu powietrza lub zbyt mały strumień powietrza	Niedziałający silnik napędowy
Rozwój grzybów pleśniowych, bakterii; nieprzyjemne zapachy; stopniowa degradacja uszkodzonego materiału izolacyjnego skutkującą pojawieniem się zawieszonych w powietrzu cząstek cyrkulujących w powietrzu w budynku	Wilgotna, brudna lub uszkodzona izolacja przewodów
Sprzyjające warunki do rozwoju drobnoustrojów; nieprzyjemne zapachy	Stojąca woda/ objawy uszkodzeń w wyniku pojawienia się wody (zawilgocenia) (w jakimkolwiek miejscu w systemie wentylacyjnym, urządzeniu lub przewodzie)
Zabrudzenie/ plama na suficie wokół nawiewnika, wywiewnika	Dostanie się zwiększonej ilości pyłu do instalacji; obłożenie pyłem wnętrza przewodów; zła konserwacja filtrów

3. Metodyka badań i ich przebieg

W celu określenia jakości powietrza pod względem zagrożenia mikrobiologicznego wyróżnia się następujące metody: mikroskopowe, hodowlane i kombinowane. Jedną z najczęściej stosowanych metod polega na hodowli kolonii mikroorganizmów na płytkach Petriego na specjalnie wyselekcjonowanych podłożach. Podłoża mikrobiologiczne są to mieszaniny odpowiednio dobranych składników odżywczych, dostarczających hodowanym na nich organizmom niezbędnych pierwiastków chemicznych oraz źródła energii. Każde podłoże musi mieć odpowiednią dla danego gatunku wartość odżywczą, odpowiednie pH i ciśnienie osmotyczne. Jednym z koniecznych warunków, jaki muszą spełniać wszystkie podłoża, jest ich sterylność, co oznacza, że muszą być pozbawione wszelkich żywych organizmów zarówno ich form wegetatywnych jak i przetrwalnikowych. W ramach wykonanych badań stosowane było podłoże oparte na pożywce Agarowej Sabourauda. Proces sterylizacji ma na celu zabicie drobnoustrojów i ich form przetrwalnych w danym środowisku w wyniku działania: wysokiej temperatury (suszarka, autoklaw) oraz promieniowania UV lub jonizującego. Jałowienie w autoklawie przebiega w temperaturze 100°C. W autoklawie (hermetycznie zamkniętym kotle) stosując nadciśnienie 1 atm, uzyskuje się atmosferę nasyconej pary wodnej o temperaturze 121°C. W tej temperaturze wszystkie mikroorganizmy i ich przetrwalniki, a także wirusy, zostają zniszczone w ciągu około 30 minut. Czas trwania sterylizacji w autoklawie zależy od rodzaju jałowionego materiału i jego objętości. W autoklawie jałowi się podłoża (oprócz tych, które rozkładają się w tej temperaturze), sól fizjologiczną, bufor, wodę destylowaną, narzędzia chirurgiczne, opatrunki.

Przebieg eksperymentu

Badania przeprowadzono w mieszkaniu (m. Rzeszów) zlokalizowanym na 7 kondygnacji 10 piętrowego budynku. W mieszkaniu tym dokonano wcześniej pomiarów przepływów powietrza przy użyciu anemometru, elektronicznego czujnika temperatury, regulatora pomiaru ciśnienia i wilgotności względnej. Badania te prowadzone nieprzerwanie przez okres ponad roku przy zamkniętych oknach i drzwiach. Równocześnie wykonywano pomiary warunków zewnętrznych. Pomiary stężeń mikroorganizmów biologicznych prowadzono na stałej wysokości nad podłogą i w kratce wywiewnej pomieszczeń łazienki i kuchni. Wykonano je metodą sedymentacyjną zgodnie z normą PN-89/Z-04111/02 (pkt. 2.1.6.2) z wykorzystaniem płytek Petriego, które umieszczano w zamkniętym pomieszczeniu z odpowiednio przygotowaną pożywką agarową. Metodę zastosowano do celów porównawczych do pobierania próbek powietrza atmosferycznego w celu określenia liczby bakterii, w tym wytypowanych bakterii wskaźnikowych i przedstawicieli grzybów mikroskopowych. Pobieranie próbek metodą sedymentacyjną pozwoliło na ustalenie liczby mikroorganizmów występujących głównie w cząsteczkach gruboziarnistych bioareozolu. Próbkę pobiera-

no z częstotliwością w cyklu rocznym jeden raz w miesiącu, wykonano czynności wstępne, a mianowicie:

- opisano stan powietrza zewnętrznego podczas poboru próbki usytuowanie budynku względem stron świata
- wybrano miejsca poboru próbek w pomieszczeniach (na wysokości 1,30 m nad posadzką), wyjątek stanowią pomiary w kratce wywiewnej (na wysokości 2,20 m nad posadzką podłogi). Pomiar w kratce wywiewnej przeprowadzano bez sterylizacji z uwagi na chęć uzyskania wiarygodnych wyników. Przed badaniem zdezynfekowano powierzchnię na której położono próbkę alkoholem.

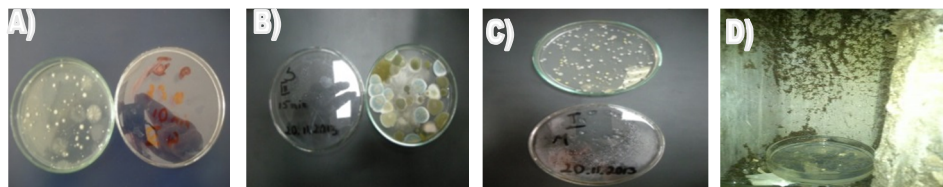
Z umieszczonych w pomieszczeniu zamkniętym płytek Petriego na określony czas (10 minut.) zdejmowano wieczko a wszystkie płytki przenoszono do laboratorium celem przeprowadzenia inkubacji w odpowiedniej temperaturze przez okres zależnie 24 i 48 h dla bakterii mezofilnych i prostofilnych. Uzyskane na pożywce kolonie reprezentują mikroorganizmy, które wraz z odpowiedniej wielkości cząstkami opadły z powietrza. Liczbę mikroorganizmów (A) zawartą w 1 m³ powietrza obliczono z zależności:

$$A = \frac{5 \cdot a \cdot 10^4}{\pi \cdot r^2 \cdot t} \quad (1)$$

gdzie:

- a – średnia liczb koloni na płytce,
- πr^2 – powierzchnia płytki (cm²),
- t – czas ekspozycji w minutach,
- 5 – współczynnik przeliczeniowy.

Po opisaniu opisać wieczka płytek Petriego z pożywką (patrz rys. 1A) zdejmowano z nich wieczka ustawiano je w wybranym miejscu (patrz rys. 1D), a po 10 minutach zamykano płytki. Następnie wstawiano je do termostatu: pierwszą do temperatury 37°C na okres 24 godzin, drugą do temperatury 20°C na 72 godziny. Po inkubacji próbek liczono wszystkie kolonie na obu płytkach oraz oddzielnie kolonie barwne (rys. 1B i C). W celu obliczenia udziału procentowego kolonii zabarwionych zawartych w ogólnej ich liczbie, wykorzystano powyższą zależność.



Rys. 1. Sposób pobierania próbek do badania

Fig. 1. Process for the test sample

Określanie liczby zarodników grzybów: próbki powietrza pobrano metodą sedymentacyjną w sposób opisany w PN-89/Z-04111/02 i PN-89Z-04008/08 następnie próbki poddano inkubacji w temperaturze 26°C przez 6 dni i policzono liczbę kolonii grzybów na szalkach następnie po podstawieniu do wzoru obliczono liczbę zarodników grzybów w 1 m³ powietrza.

4. Wyniki pomiarów

Do ustalenia jakości badanego powietrza wykorzystano relacje między stężeniami czynników biologicznych w próbach mierzonych jednocześnie w środowisku wewnętrznym i zewnętrznym a stężeniami normatywnymi. Przyjęto zasadę, że jeżeli wartości stężeń w środowisku wewnętrznym są mniejsze od tych w środowisku zewnętrznym oraz niższe od wartości dopuszczalnych, wówczas stan środowiska wewnętrznego jest oceniany jako dobry i do zaakceptowania. Stosunek stężeń wewnętrznych do zewnętrznych świadczy o istnieniu wewnętrznych źródeł emisji. Względne metody oceny stosuje się też podczas porównywania jakościowego bądź przy konfrontacji częstości występowania, np. określonych rodzajów czy gatunków mikroorganizmów. Ilościowe standardy, wartości norm, zaleceń i propozycje poszczególnych wartości zamieszczono w tabelach 2 i 3 oraz na rys. 2 i 3.

Stwierdzono występowanie przekroczeń dopuszczalnych poziomów stężeń mikroorganizmów zarówno w pomieszczeniu zamkniętym jak i w powietrzu zewnętrznym (rys. 2.), z wyłączeniem kuchennego przewodu wywiewnego, co może być spowodowane mniejszą wilgotnością względną panującą w badanym pomieszczeniu w momencie przeprowadzania pomiaru.

Tab. 2. Dopuszczalny stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego

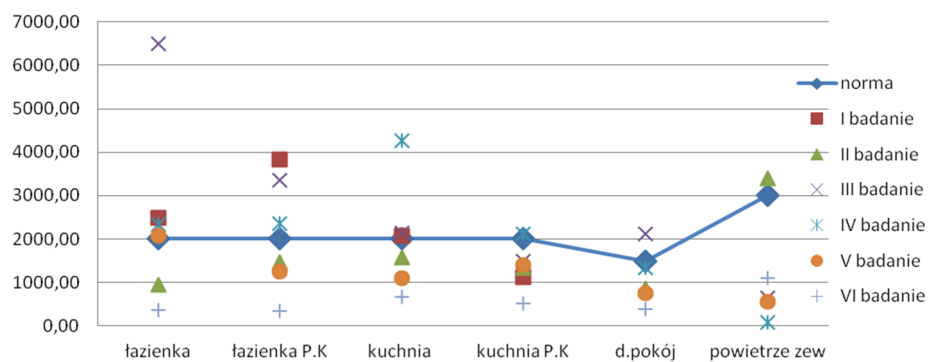
Tab. 2. The permissible level of microbiological contamination

Rodzaj pomieszczenia użytkowego	Dopuszczalna liczba mikroorganizmów w 1 m ³ powietrza		
	Ogólna liczba mikroorganizmów na podłożu MPA	Liczba mikroorganizmów hemolizujących na agarze z krwią	Ogólna liczba grzybów na podłożu Sabourauda
Powietrze zewnętrzne	$3,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^3$
Pom. domów mieszkalnych:			
– kuchnia i jadalnia	$2,0 \cdot 10^3$	$1,0 \cdot 10^2$	$3,0 \cdot 10^2$
– salon	$1,5 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^2$
– sypialnia	$1,0 \cdot 10^3$	$5,0 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^2$

Tab. 3. Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza zarodnikami grzybów

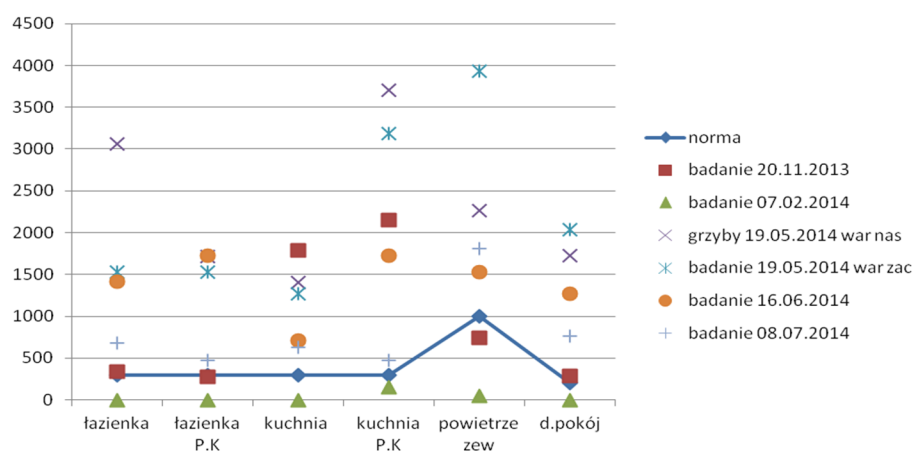
Tab. 3. Assessment of air pollution fungal spores

Ogólna liczba grzybów w 1 m ³ powietrza atmosferycznego	Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
do $3,0 \cdot 10^3$	powietrze niezanieczyszczone
od $3,0 \cdot 10^3$ do $5,0 \cdot 10^3$	przeciętnie czyste powietrze atmosferyczne, zwłaszcza w okresie wczesnojesiennym i późnojesiennym
$5,0 \cdot 10^3$ do $1,0 \cdot 10^4$	zanieczyszczenie mogące negatywnie oddziaływać na środowiska naturalne człowieka
powyżej $1,0 \cdot 10^4$	zanieczyszczenie zagrażające środowisku naturalnemu człowieka



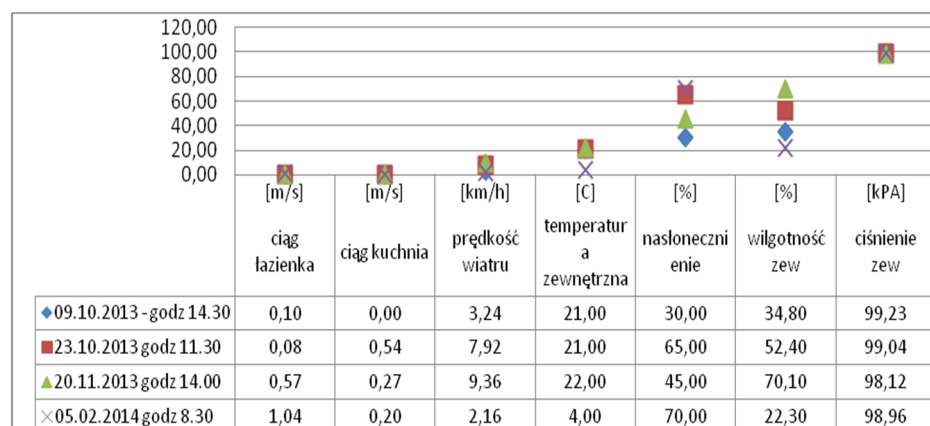
Rys. 2. Porównanie zanieczyszczeń powietrza mikroorganizmami (metodą sedymentacji)

Fig. 2. Comparison of microbial air pollution (by sedimentation)



Rys. 3. Porównanie zanieczyszczeń powietrza zarodnikami grzybów

Fig. 3. Comparison of air pollution fungal spores



Rys. 4. Pomiar charakterystycznych parametrów powietrza atmosferycznego

Fig. 4. Measurement of characteristic parameters of atmospheric air

Wyniki pomiarów ilości mikroorganizmów i analizy zawartości zarodników grzybów w 1 m³ powietrza przedstawione na rys. 2 obrazuje, iż powietrze wewnętrzne pomieszczenia jest doskonałym nośnikiem dla mikroorganizmów i zarodników grzybów, które w niesprzyjających warunkach zewnętrznych (rys. 4) prowadzi do znacznego przekroczenia wartości dopuszczalnych. Nasuwa to wniosek iż powietrze zewnętrzne samo w sobie nie stanowi dobrego medium do napływu powietrza do pomieszczeń. Należałoby poddać je wstępnemu oczyszczeniu co skutkowałoby czystszy powietrzem wewnętrznym pomieszczenia a tym samym lepszym samopoczuciem mieszkańców.

5. Podsumowanie

Ryzyko związane ze wzmożoną obecnością mikroorganizmami przekraczających dopuszczalne wartości nie ograniczają się tylko do przenoszenia bakterii i wirusów wywołujących choroby i alergię lecz przede wszystkim do zaburzenia mikroklimatu i komfortu osób przebywających w danym pomieszczeniu. Badanie wpływu zanieczyszczeń bioareozolami przy użyciu metody sedimentacyjnej w oparciu o obecność wskaźnikowego czynnika (zarodników grzybów) na stan sanitarny powietrza przy ciągłym analizowaniu parametrów panujących na zewnątrz i wewnątrz pomieszczenia, ukazało znaczne przekroczenia poziomu dopuszczalnych stężeń. Pomimo licznych badań mikrobiologicznych nad problematyką wpływu zanieczyszczeń powietrza na zdrowie człowieka wciąż nie ma ogólnie przyjętych norm prawnych, które jednoznacznie określałyby ich dopuszczalny poziom w powietrzu. Wobec przedstawionych danych słuszną wydaje się stwierdzenie, iż wentylacja naturalna nie jest w stanie zapewnić odpowiedniej jakości powietrza w pomieszczeniu w każdych warunkach zewn. a szczególnie przy niesprzyjających warunkach meteorologicznych w centrach dużych miast.

Literatura

- [1] Pełech A.: Wentylacja i klimatyzacja: podstawy, Oficyna Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2008.
- [2] Nantka M. B.: Wentylacja z elementami klimatyzacji, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011.
- [3] Wolański P.: Badania przepływów powietrza w wielorodzinnym budynku, prace własne niepublikowane.
- [4] Charkowska A i inni: Wilgoć, pleśnie i grzyby, Wydawnictwo Verlag Dashofer, Warszawa 2005.
- [5] Gaska-Jędruch U., Dudzińska, M.R.: Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu wewnętrznym, Polska Akademia Nauk, Monografie nr 59, Lublin 2009.
- [6] Müller J., Skrzyniowska D.: Jakość powietrza a wentylacja pomieszczeń, Czasopismo Techniczne – Technical Transcation, zeszyt 28, Wydawnictwo Politechniki Krakowskiej, Kraków 2012.
- [7] Maryniak Z., Syczewska K. Fizykochemiczna analiza zanieczyszczeń powietrza 1997.
- [8] Skrypt Mikrobiologia Politechniki Rzeszowskiej.
- [9] Strzeszewski M; Określanie zapotrzebowania na ciepło do wentylacji w przypadku stosowania odzysku ciepła z powietrza wywiewanego, bez nagrzewnic powietrza.
- [10] PKN-CEN/TR 14788 Wentylacja budynków Projektowanie i wymiarowanie systemów wentylacji mieszkań kwiecień 2012.

MICROBIOLOGICAL RISK IN BUILDINGS WITH NATURAL VENTILATION

Summary

This article describes the identification process and methodology of research laboratory for indoor air quality for the presence of microbial contamination and its impact on human well-being. The study also presents selected research on the measurement of the number of fungal spores present in the air considered as a function of changing weather conditions. Tests were performed at the same time reading the saturation vapor air inside the building and outside, sun exposure, the buoyancy thermal chimney flues are located in public sanitary facilities and the speed and wind direction. Describes the processes and the transformation of physical chemistry in confined spaces, eg. Mixing clean air pollution. Identified and described the problem of indoor air quality in systems with natural ventilation, the impact of pollution on climate and their potential causes occurring during the operation of the plant, whose main reason for micro-organisms are in the air. Discuss the rationale of monitoring parameters of outside air entering the room to the outside air of appropriate quality and maintaining its chemical composition in appropriate proportions. Shows the negative effects of improper use of living spaces where people stay and how to prevent them. The results of laboratory tests are presented using graphs and compared their levels of limit values.

Keywords: microclimate, ventilation, air quality, air pollution

Przesłano do redakcji: 22.12.2017 r.

Przyjęto do druku: 29.12.2017 r.