

Próba poprawy jakości powietrza wewnętrznego w przedszkolu

**Dorota Koruba¹, Ewa Zender Świercz², Jerzy Zb. Piotrowski³,
Lukasz Orman⁴, Marek Telejko⁵**

^{1, 2, 3} Katedra Fizyki Budowli i Energii Odnawialnej, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, e-mail: ¹dkoruba@tu.kielce.pl, ²ezender@tu.kielce.pl, ³piotrowski@tu.kielce.pl

⁴ Katedra Sieci i Instalacji Sanitarnych, Wydział Inżynierii Środowiska, Geomatyki i Energetyki, Politechnika Świętokrzyska, e-mail: orman@tu.kielce.pl

⁵ Katedra Technologii i Organizacji Budownictwa, Wydział Budownictwa i Architektury, Politechnika Świętokrzyska, e-mail: mtelejko@tu.kielce.pl

Streszczenie: W artykule przedstawiono wyniki badań nad jakością powietrza wewnętrznego (IAQ) w jednym z wybranych przedszkoli. W obiekcie zastosowany został system wentylacji grawitacyjnej. Wstępne badania potwierdziły niską jakość powietrza wewnętrznego w podmiotowym budynku. W trakcie badań zaproponowano dwa usprawnienia mające na celu poprawę jakości powietrza: zwiększenie strumienia powietrza nawiewanego oraz, w drugiej kolejności, montaż urządzeń do uzdatniania powietrza wewnętrznego. Uzyskane wyniki badań wskazują, że wprowadzone usprawnienia wpływają na poprawę jakości powietrza wewnętrznego.

Słowa kluczowe: fizyka budowli, wentylacja, wymiana powietrza, jakość powietrza wewnętrznego, wymiana powietrza

1. Wprowadzenie

Wymagania dotyczące wentylacji grawitacyjnej zawarte w rozporządzeniu w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać budynki [1] oraz w normie [2, 3] określają ogólne wytyczne dotyczące wentylacji. Podano w nich między innymi dopuszczalną szczelność otwieranych okien i drzwi balkonowych oraz minimalny strumień powietrza jaki należy doprowadzić do pomieszczeń. Pomimo, że wymagania te mają znaczenie nie tylko w przypadku budynków nowo powstałych, ale również poddanych zabiegom modernizacyjnym, przepisy zawarte w normie [1] dotyczą jedynie obiektów nowo powstałych, na co wskazuje umieszczony tam zakres stosowania normy. Jednak jak wskazują badania [4, 5], w wielu przypadkach to właśnie przeprowadzona modernizacja wpływa negatywnie na działanie systemu wentylacji naturalnej. Dodatkowo, zgodnie z obowiązującymi przepisami [6] niektóre z prac modernizacyjnych właściciele obiektów mogą przeprowadzać we własnym zakresie bez wcześniejszych uzgodnień czy pozwoleń. Natomiast egzekwowanie wspomnianych przepisów prawnych w stosunku do obiektów istniejących jest, z różnych względów, utrudnione. Ponadto nawet najlepiej opracowany projekt systemu wentylacji nie uwzględni skrajnych zachowań użytkowników, którzy na etapie eksploatacji podejmują szereg nieuzasadnionych działań mających, ich zdaniem, poprawić komfort użytkownika. Skutkiem tego są z reguły zaburzenia w działaniu systemu wentylacji grawitacyjnej, a co za tym idzie pogorszenie warunków mikroklimatu wewnętrznego.

PRZEDMIOT I ZAKRES BADAŃ

Badania prowadzone były w przedszkolu powstałym w 1980 r., wykonanym w technologii szkieletowej i wyposażonym w system wentylacji grawitacyjnej. W roku 2004 obiekt poddany został modernizacji, w ramach której wymieniona została stolarka okienna i drzwiowa, a ściany zewnętrzne ocieplono styropianem. Przeprowadzone prace modernizacyjne uszczelniły bryłę budynku. Powietrze zewnętrzne doprowadzane było nawiewnikami higrosterowalnymi o wydajności maksymalnej 30 m³/h zainstalowanymi w ramiakach wybranych okien w wytypowanych pomieszczeniach oraz przez nieliczne przypadkowe nieszczelności w przegrodach zewnętrznych.

W trakcie pomiarów prowadzono rejestrację podstawowych czynników opisujących mikroklimat wewnętrzny, tj. stężenie dwutlenku węgla, temperaturę oraz wilgotność względną powietrza. Pomiary prowadzono przy temperaturze powietrza zewnętrznego - 12°C ÷ +5°C oraz prędkości wiatru 0 ÷ 6,2 m/s. Dodatkowo w pomieszczeniach z kanałami rejestrowano prędkość oraz kierunek przepływu powietrza przez poszczególne kratki wywiewne układu wentylacji grawitacyjnej. Analizowane parametry mierzone były w okresach dwutygodniowych z krokiem pomiarowym wynoszącym 30 minut. Dla każdego rozpatrywanego pomieszczenia przeprowadzono przynajmniej dwie serie pomiarów. Do badań wytypowano 3 pomieszczenia przeznaczone dla dzieci w różnym wieku.

Urządzenia do pomiarów wewnętrznych usytuowano na wysokości 1,00 ÷ 1,20 m, co miało odpowiadać wysokości głowy dziecka.

Równolegle prowadzono pomiary parametrów charakteryzujących powietrze zewnętrzne z wykorzystaniem automatycznej stacji pogodowej wspomaganą sondą OAQ i oddalonej w linii prostej o 4,5 km od rozpatrywanego budynku. Średnie dobowe wartości parametrów powietrza zewnętrznego w analizowanym okresie przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1 Średnie dobowe wartości parametrów powietrza zewnętrznego w analizowanym okresie

| Parametr | Październik | Grudzień | Luty |
|-------------------------------|-------------|------------|-------------|
| Temperatura [°C] | 8 ÷ 21 | 0 ÷ 9 | - 2 ÷ 7 |
| Wilgotność względna [%] | 58 ÷ 92 | 70 ÷ 96 | 73 ÷ 86 |
| Ciśnienie atmosferyczne [hPa] | 1002 ÷ 1026 | 998 ÷ 1029 | 1005 ÷ 1023 |
| Stężenie CO ₂ | 403 ÷ 416 | 429 ÷ 441 | 460 ÷ 483 |

Tabela 2. Klasyfikacja jakości powietrza wewnętrznego dla pomieszczeń o małej emisyjności zanieczyszczeń z zakazem palenia [11]

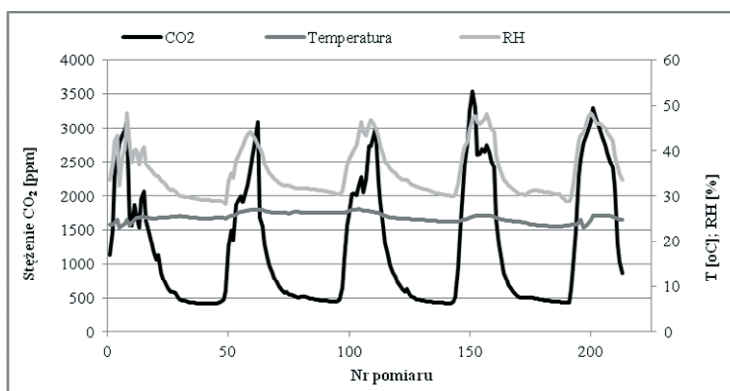
| Kategoria | Opis jakości powietrza wewnętrznego | Przyrost stężenia CO ₂ w stosunku do powietrza zewnętrznego [ppm] | Strumień objętościowy powietrza wewnętrznego [m ³ /h] |
|-----------|-------------------------------------|--|--|
| IDA 1 | Wysoka | < 400 | < 54 |
| IDA 2 | Średnia | 400 ÷ 600 | 36 ÷ 54 |
| IDA 3 | Umiarkowana | 600 ÷ 1000 | 22 ÷ 36 |
| IDA 4 | Niska | > 1000 | > 22 |

Jako wyznacznik jakości powietrza wewnętrznego wybrano stężenie dwutlenku węgla. Związek pomiędzy ilością powietrza wentylacyjnego, a stężeniem CO₂ wewnątrz pomieszczeń jest od lat powszechnie stosowanym kryterium oceny jakości powietrza [7, 8]. Jego wartość w powietrzu atmosferycznym waha się w granicach 400 – 600 ppm. Obecne standardy dla powietrza wewnętrznego zakładają natomiast dopuszczalny poziom stężenia CO₂ na poziomie 1000 ppm [9, 10], przyjmując go jako wymóg minimum higienicznego. Polskie przepisy prawne nie podają maksymalnego stężenia dwutlenku węgla dla pomieszczeń mieszkalnych oraz budynków użyteczności publicznej. Jednak w normie [11] w zależności od jego stężenia określone zostały kategorie powietrza wewnętrznego (tabe-

la 2). Norma ta podaje również wymagany minimalny strumień powietrza przypadający na jedną osobę dla każdej kategorii jakości powietrza wewnętrznego.

2. Analiza wyników

Pierwszą serię pomiarów parametrów jakości powietrza wewnętrznego (IAQ) przeprowadzono dla stanu wyjściowego. Do badań wytypowano sale o powierzchni ok. 70 m². W każdym pomieszczeniu zainstalowano 3 okienne nawiewniki powietrza. Wydajność każdego nawiewnika wynosiła 30 m³/h. Analizując otrzymane wyniki należy stwierdzić, że we wszystkich pomieszczeniach przebieg zmienności parametrów mikroklimatu miał podobny charakter, a otrzymane wartości poszczególnych mierzonych parametrów w zasadzie nie różniły się w poszczególnych oddziałach. Wartości stężenia CO₂ oraz wilgotności względnej wzrastały od momentu rozpoczęcia zajęć w salach i w krótkim czasie osiągały wartości maksymalne, a po całkowitym opuszczeniu pomieszczeń wartości te powoli spadały, aby uzyskać wartości minimalne (rys. 1).



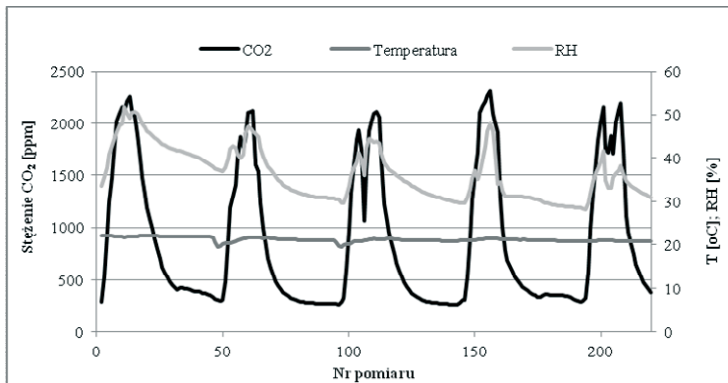
Rys. 1. Przebieg zmienności parametrów powietrza wewnętrznego dla wybranego pomieszczenia – stan wyjściowy.

Odnotowane wartości temperatury powietrza wewnętrznego przekraczały wartości optymalne dla komfortu cieplnego. Maksymalną wartość tego parametru odnotowano w słoneczny dzień w pomieszczeniu o południowej orientacji i wynosiła ona 26,2°C. W pozostałych przypadkach temperatury maksymalne mieściły się w przedziale od 21,3 °C do 25,1 °C. W trakcie korzystania z pomieszczeń temperatury niższe niż 20 °C zanotowano jedynie po intensywnym i długotrwałym (ponad 30 minut) wietrzeniu. Najniższe wartości temperatury wewnętrznej odnotowano w godzinach nocnych oraz porannych.

Minimalne wartości stężenia dwutlenku węgla odnotowano w nocy lub we wczesnych godzinach rannych i wynosiły one od 456 ppm do 527 ppm. W trakcie dnia stężenie CO₂ wzrastało w szybkim tempie do wartości maksymalnych przekraczających nawet 3200 ppm. Charakterystyczne, niewielkie, spadki wartości stężenia dwutlenku węgla w trakcie dnia (rys. 1) były wynikiem krótkotrwałego wietrzenia pomieszczeń. Nie miały większego wpływu na poprawę jakości powietrza wewnętrznego, a jedynie chwilowo poprawiały jakość powietrza wewnątrz pomieszczeń.

Drugą serię badań przeprowadzono po zainstalowaniu w każdym z pomieszczeń dodatkowych 3 nawiewników powietrza, co dwukrotnie zwiększyło strumień powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń. Nie wpłynęło to na schemat przebiegu zmienności parametrów IAQ (rys. 2). Jednak odnotowane wartości stężenia CO₂ były zdecydowanie niższe i nie przekraczały 2260 [ppm]. Zarejestrowane wartości temperatury

powietrza wewnętrznego były średnio o $2 \div 3$ °C niższe w porównaniu do pierwszego etapu badań. Ma to związek z większym strumieniem powietrza zewnętrznego o niskiej temperaturze, który wychładzał pomieszczenia. Jednak wartości te mieściły się w zalecanych granicach. Zainstalowanie dodatkowych nawiewników powietrza nie miało natomiast zasadniczego wpływu na wilgotność względną zarejestrowaną w pomieszczeniach. Wyniki pomiarów z obydwu serii badań pozwalają zakwalifikować rozpatrywane przedszkole jedynie do kategorii IDA 4 jakości powietrza, wg PN-EN 13779:2008 [11], a więc najniższej tam określonej.



Rys. 2. Przebieg zmienności parametrów powietrza wewnętrznego dla wybranego pomieszczenia – stan po zainstalowaniu dodatkowych nawiewników powietrza.

Dalszą poprawę jakości powietrza wewnętrznego można było osiągnąć poprzez kolejne zwiększenie strumienia powietrza zewnętrznego doprowadzanego do pomieszczeń. Jednak z uwagi na obawę dalszego obniżenia temperatury wewnętrznej dyrekcja przedszkola nie wyraziła na to zgody mimo, że temperatura w pomieszczeniach zdecydowanie przekraczała 20 °C. Pozostawienie jednak obecnego stanu prowadzić może do pogłębiania występujących już w obiekcie symptomów syndromu budynku chorego (SBS).

Dalsze zwiększenie strumienia powietrza napływającego do pomieszczeń w przypadku tak specyficznego budynku, jakim jest przedszkole, ma jeszcze jedno uzasadnienie. Duża część autorów opracowań poświęconych tej tematyce wskazuje, że zwiększenie to jest konieczne nie tylko z przyczyn jakości powietrza wewnętrznego, ale również związanego z nią komfortu pracy personelu i czasu odpoczynku dzieci. Obecne normy i wymagania projektowe nie biorą pod uwagę wydajności pracy i nauki. Jednak jak wykazały badania, 2–7 krotna poprawa jakości powietrza wewnętrznego w odniesieniu do obecnych norm, podwyższa tę wydajność nawet o kilkanaście procent, zaś w budynkach mieszkalnych obniża ryzyko wystąpienia alergii i astmy [12, 13].

3. Badania mikrobiologiczne

Równoległe z prowadzonymi badaniami mikroklimatycznymi wykonano dodatkowe badania w zakresie mikroflory powietrza, które obejmowały oznaczenie grzybów pleśniowych. Wyniki badań miały dać odpowiedź, czy i w jaki sposób wprowadzone rozwiązania wpływają na czystość mikrobiologiczną pomieszczeń użytkowych. Badania wykonano zgodnie z PN-89/Z-04111, ark. 01 [14], ark. 02 [15] oraz ark. 03 [16]. Po okresie inkubacji wyhodowane szczepy grzybów pleśniowych poddano badaniom mającym na celu ustalenie ich przynależności taksonomicznej, na podstawie obserwacji makroskopowej i mikroskopowej ze względu na cechy morfologiczne i fizjologiczne. Przy identyfikacji brano pod

uwagę charakterystyczne bezpłciowe organy rozmnażania grzybów pleśniowych, budowę i barwę grzybni, budowę, barwę i długość konidioforów (zakończeń grzybni), sposób tworzenia konidiów, budowę kształt, barwę konidiów i liczbę ich komórek.

Cechy makroskopowe kolonii grzybów pleśniowych które podlegały ocenie to: średnica kolonii, struktura i charakter wzrostu, barwa kolonii na wierzchu i zabarwienie jej dolnej strony, krople wydzielin, kolor pigmentu przenikającego do podłoża, warstwę środkową i brzegową kolonii, koncentryczne tworzenie stref wzrostu.

Zainstalowanie dodatkowych nawiewników powietrza ograniczyło ilość zarodników grzybów pleśniowych w powietrzu wewnętrznym pomieszczeń, jednak nie udało się wyeliminować ich całkowicie (tabela 3). W celu dalszej poprawy jakości powietrza w pomieszczeniach zainstalowano urządzenia do uzdatniania powietrza oparte o technologię promieniowej jonizacji katalitycznej RCI [17]. Urządzenia te wykorzystują aktywną technologię uzdatniania powietrza, która polega na wytworzeniu, w specjalnej matrycy, światła o odpowiedniej długości fali, co z kolei pozwala na odwzorowanie w warunkach sztucznych procesu fotokatalizy. Przez wykorzystanie promieniowania UVX, w matrycy możliwe jest uzyskanie procesów utleniania i jonizacji przebiegających w naturze z udziałem światła słonecznego. W tym przypadku próbki powietrza pobierano po 12 godzinach od włączenia urządzenia. Wyniki badań wykazały bardzo dużą skuteczność działania takich urządzeń w zakresie redukcji grzybów pleśniowych. W pomieszczeniach zastosowano urządzenia przenośne, których skuteczność w tym zakresie wynosiła ponad 90%. Badania prowadzono przy założeniu, że doprowadzenie powietrza zewnętrznego odbywa się jedynie poprzez nawiewniki. Zestawione w tabeli 3 wyniki badań wskazują, że występowanie niektórych rodzajów grzybów pleśniowych zależne było od okresu badań. Dlatego też wyniki te należy traktować jako wstępne i wymagają one jeszcze wielu powtórzeń z uwzględnieniem pomiarów dla różnych parametrów powietrza zewnętrznego, pory roku, itp..

Tabela 3. Grzyby pleśniowe występujące w badanych pomieszczeniach (wartości maksymalne z pomiarów)

| Gatunek zidentyfikowanych grzybów pleśniowych | Stan wyjściowy | Po zainstalowaniu dodatkowych nawiewników | Po zainstalowaniu urządzeń w technologii IRC |
|---|----------------|---|--|
| <i>Aspergillus versicolor</i> | 10% | - | Brak |
| <i>Cladosporium herbarum</i> | 15% | 5% | Brak |
| <i>Aspergillus niger</i> | 10% | 7% | Brak |
| Grzyby drożdżopodobne | 60% | 30% | 7% |
| <i>Penicillium meleagrimum</i> | 10% | 5% | Brak |
| <i>Penicillium expansum</i> | 10% | 5% | Brak |
| <i>Penicillium versicolor</i> | 5% | - | Brak |
| <i>Penicillium chrysogenum</i> | 80% | 50% | 5% |
| <i>Penicillium notatum</i> | 5% | - | Brak |
| <i>Acremonium charticola</i> | - | 5% | Brak |
| <i>Trichoderma viride</i> | 5% | 5% | Brak |

4. Podsumowanie

Na podstawie przeprowadzonych badań można jednoznacznie stwierdzić, że niska jakość powietrza wewnętrznego w badanym przedszkolu jest wynikiem złej organizacji wymiany powietrza. Podjęta próba poprawy jakości powietrza wewnętrznego (IAQ) polegająca na zwiększeniu strumienia powietrza napływającego do pomieszczeń, przyniosła ograniczone rezultaty. Odnotowano zdecydowanie niższe wartości stężenia dwutlenku węgla, którego wartości wynosiły pierwotnie nawet 3200 ppm. Pomimo, że odnotowane

wartości maksymalne miały charakter chwilowy, to jednak przekroczenia wartości zalecane w przepisach występowały przez cały okres użytkowania pomieszczeń. Po zainstalowaniu dodatkowych nawiewników powietrza maksymalne stężenie CO₂ wynosiło w analizowanym okresie 2260 ppm. Wyniki pomiarów z obydwu serii badań pozwalają zakwalifikować rozpatrywane przedszkole jedynie do kategorii IDA 4 jakości powietrza, wg PN-EN 13779:2008. Dalsza poprawa jakości powietrza wewnętrznego możliwa była poprzez dalsze zwiększenie strumienia powietrza zewnętrznego, ale doprowadziłoby to do obniżenia temperatury wewnętrznej lub wymagałoby dodatkowych ilości energii potrzebnej do ogrzania większego strumienia powietrza wentylacyjnego. Zwiększenie strumienia powietrza zewnętrznego wpłynęło również pozytywnie na czystość mikrobiologiczną powietrza wewnętrznego. Nie udało się jednak wyeliminować całkowicie występowania grzybów pleśniowych. Natomiast bardzo dobre efekty w tym zakresie przyniosło zastosowanie urządzeń do uzdatniania powietrza wykorzystujących technologię promieniowej jonizacji katalitycznej (RCI). Jakkolwiek uzyskane wyniki należy traktować jako wstępne, to w zakresie redukcji zarodników grzybów pleśniowych dały one bardzo dobre wyniki.

Podsumowując, można stwierdzić, że poprawa jakości powietrza wewnętrznego w obiektach z wentylacją naturalną możliwe jest poprzez doprowadzenie odpowiedniego strumienia powietrza wentylacyjnego. Jednak możliwości te są ograniczone i nie pozostają bez wpływu na charakterystykę energetyczną obiektu. W takiej sytuacji uzyskanie dobrej jakości powietrza wewnętrznego wymaga zastosowania dodatkowych rozwiązań.

Wyniki przedstawione w publikacji zostały uzyskane w trakcie badań sfinansowanych w ramach Projektu "Perspektywy RSI Świętokrzyskie – IV etap" nr: WND – POKL.08.02.02 – 26 – 001/12 - Program Operacyjny Kapitał Ludzki, Priorytet VIII, Działanie 8.2 Transfer wiedzy, Poddziałanie 8.2.2 Regionalne Strategie Innowacji.

Literatura

- 1 Dz. U. Nr 75 z 2002 r., poz. 690 z dn. 12 kwietnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie z późniejszymi zmianami, z późniejszymi zmianami
- 2 PN-83/B-03430 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania, PKN, 1983
- 3 PN-83/B-03430:Az03 Wentylacja w budynkach mieszkalnych zamieszkania zbiorowego i użyteczności publicznej. Wymagania. Zmiana Az3, PKN, 2000
- 4 Piotrowski J., Telejko M., Zender-Świercz E., Wpływ Szczelnej obudowy budynku na Dystrybucję powietrza wentylacyjnego, Energia i budynek 7/2010, s. 23 – 25
- 5 Telejko M., Piotrowski J. Z - Dystrybucja powietrza wentylacyjnego w budynkach ze szczelną obudową, Fizyka Budowli w Teorii i Praktyce, tom IV, s.183-186
- 6 Dz. U. Nr 207 poz. 2016 z roku 2003, Ustawa z dn. 7 lipca 1994 Prawo Budowlane, z późniejszymi zmianami
- 7 Nantka, M.B., Wentylacja w budownictwie ogólnym – przegląd, działanie, problemy i mity, Materiały Forum Instalacyjnego, Poznań 2004
- 8 Nowakowski, E., Problemy z wentylacją grawitacyjną pomieszczeń, Rynek Instalacyjny 9/2002, s. 58-62
- 9 WHO Regional Office for Europe (2000), Air Quality Guidelines for Europe, SE 2000, Copenhagen, European Series, No. 91
- 10 ASHRAE 62-1989 Ventilation for acceptable Indoor Air Quality.
- 11 PN-EN 13779:2008 Wentylacja budynków niemieszkalnych – Wymagania dotyczące właściwości instalacji wentylacji i klimatyzacji, PKN 2008

- 12 Popiołek Z. red., Energooszczędne kształtowanie środowiska wewnętrznego, Katedra Ogrzewnictwa, Wentylacji i Techniki Odpylania, Politechnika Śląska, Gliwice, 2005
- 13 Wargocki P., Wyon D., Matysiak B., Irgens S., The effects of classroom air temperature and outdoor air supply rate on performance of school work by children, Proceedings of Indoor Air 2005, The 10th International Conference on Indoor Air Quality and Climate, Beijing, China, 2005, pp. 368-372
- 14 PN-89/Z-04111, arkusz 01, Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Postanowienia ogólne i zakres normy.
- 15 PN-89/Z-04111 arkusz 02, Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
- 16 PN-89/Z-04111. arkusz 03, Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii grzybów pleśniowych mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną
- 17 Malicka D., Technologia oczyszczania powietrza Activtek, Polski Instalator 6/2010, s.78-79

Indoor air quality in a preschool

Dorota Koruba¹, Ewa Zender Świercz², Jerzy Zb. Piotrowski³,
Łukasz Orman⁴, Marek Telejko⁵

^{1, 2, 3} *Department of Building Physics and Renewable Energy, Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering, Kielce University of Technology, e-mail: piotrowski@tu.kielce.pl; dkoruba@tu.kielce.pl, ezender@tu.kielce.pl*

⁴ *Department of Network and Sanitary Systems, Faculty of Environmental Engineering, Geomatics and Power Engineering Kielce University of Technology, e-mail: orman@tu.kielce.pl*

⁵ *Department of Building Engineering Technologies and Organization, Faculty of Civil Engineering and Architecture, Kielce University of Technology, e-mail: mtelejko@tu.kielce.pl*

Abstract: The article demonstrates the results of research on the indoor air quality (IAQ) in one of chosen preschools. In such facilities, the standard solution is a system of natural ventilation. Only a small percentage of such buildings is equipped with a mechanical ventilation system with adjustable parameters of the microclimate. The article presents the results of indoor air quality in the local preschool located in Kielce. In the present facility natural ventilation system was used. Preliminary studies confirmed the poor quality of indoor air in a subjected building. During the study, two improvements aimed at improving air quality were proposed. The first improvement was to increase the supply air stream. The second one concerned the installation of equipment for the treatment of indoor air. The results indicate that under certain guidelines it is possible to improve indoor air quality. As an indicator of indoor air quality, concentration of carbon dioxide was adopted. In addition, microbiological tests were performed indoors.

Keywords: building physics, ventilation, air exchange, indoor air quality, air exchange

