

dr RAFAŁ L. GÓRNY  
Instytut Medycyny Pracy  
i Zdrowia Środowiskowego  
41-200 Sosnowiec  
ul.Kościelna 13

## Biologiczne czynniki szkodliwe: normy, zalecenia i propozycje wartości dopuszczalnych

**Słowa kluczowe:** biologiczne czynniki szkodliwe, ocena narażenia, normy, wartości referencyjne.

**Key words:** biohazards, exposure assessment, standards, reference values.

Ekspozycja na czynniki biologiczne często prowadzi do wystąpienia wielu niekorzystnych skutków zdrowotnych u narażonych osób. Wypracowanie wartości normatywnych i (lub) referencyjnych dla biologicznych czynników szkodliwych obecnych w powietrzu jest warunkiem koniecznym zachowania właściwego stanu środowiska zarówno pracy, jak i pozazawodowego, a także właściwej jego kontroli i oceny.

W artykule dokonano przeglądu istniejących w piśmiennictwie przedmiotu standardów, propozycji wartości normatywnych i wartości referencyjnych dla takich biologicznych czynników szkodliwych, jak: bakterie, grzyby, substancje pochodzenia drobnoustrojowego (np. endotoksyny i subtylizyna), alergenzy zwierzęce (kota, psa i roztoczy) oraz środowisk specjalnych (szpitali czy pomieszczeń ambulatoryjnych), a także powierzchni w pomieszczeniach, gdzie wymagana jest duża czystość powietrza.

Wszechstronnie przedstawiono istniejący stan prawny w tej dziedzinie w Polsce, a ponadto omówiono ograniczenia związane z praktycznym stosowaniem wartości normatywnych i problemy związane z dokonywaniem oceny zagrożeń spowodowanych bioaerozolami, przy braku kryteriów interpretacyjnych wyników pomiarów.

### UWAGI WSTĘPNE

Biologiczne czynniki szkodliwe stanowią bardzo ważny i coraz częściej doceniany problem zarówno medycyny pracy, jak i zdrowia publicznego. Analizy ocen epidemiologicznych wskazują, że w skali całego świata co najmniej kilkaset milionów ludzi jest narażonych na ich działanie (Dutkiewicz, Górny 2002). Szacuje się, że tego typu narażenie występuje, nie licząc pozazawodowego środowiska wewnątrz, w co najmniej 148 specjalistycznych grupach zawodowych należących do 22 kategorii dużych gałęzi gospodarki (Dutkiewicz i in. 2002).

Narażenie na czynniki biologiczne w środowisku zawodowym i pozazawodowym jest zatem powszechne i często prowadzi do wystąpienia wielu niekorzystnych skutków zdrowotnych, poczynając od prostych podrażnień i dolegliwości, przez reakcje alergiczne, aż do wystąpienia infekcji, chorób zakaźnych i reakcji toksycznych. Najpowszechniejsze zagrożenie w środowisku pracy biologiczne czynniki szkodliwe stwarzają jako składniki bioaerozoli, które przenoszone drogą powietrzno-pyłową lub powietrzno-kropelkową wnikają do organizmu przez skórę, błony śluzowe czy ukłucie krwio pijnych stawonogów, a rzadziej dostają się do

organizmu drogą pokarmową, która nie jest drogą typową dla zakażeń zawodowych (Bioaerosols... 1999; Dutkiewicz, Jabłoński 1989).

Jak się wydaje, warunkiem *sine qua non* zachowania prawidłowego stanu środowiska pracy i pełnego komfortu zdrowotnego jest właściwa kontrola narażenia ludzi oraz parametrów zanieczyszczenia środowiska biologicznymi czynnikami szkodliwymi.

## KRYTERIA OCENY

Środkiem osiągnięcia wspomnianego wcześniej celu może być wypracowanie odpowiednich wytycznych i standardów, które byłyby powszechnie akceptowane i pozwoliłyby na odpowiednią interpretację wyników pomiarów.

W odróżnieniu od większości czynników chemicznych i fizycznych, w skali światowej nie ma powszechnie akceptowanych kryteriów oceny narażenia na czynniki biologiczne, jak również ogólnie uznanych wartości normatywnych (referencyjnych) i zaleceń metodycznych (Bioaerosols... 1999; Maroni i in. 1995; Rao i in. 1996). Wynika to przede wszystkim z faktu, że:

- wciąż nie ma zadowalających danych epidemiologicznych określających relację między narażeniem na dany czynnik a skutkiem zdrowotnym wywołanym jego działaniem
- wrażliwość każdego organizmu ekspozowanego na działanie danego biologicznego czynnika szkodliwego jest indywidualną jego cechą, co przekłada się na trudność w jednoznacznym określeniu skutków takiego działania
- wciąż niewystarczające są dane źródłowe (pomiarowe) dotyczące najpowszechniej występujących w środowisku bioaerozoli
- nie ma standaryzacji metod pomiarowych (np. brak standardowych poborników) i metod doświadczalnych.

Choć są podejmowane liczne inicjatywy zmierzające do normalizacji tej sfery problemowej – by wymienić tu tylko wprowadzanie w życie zapisów dyrektywy 2000/54/WE do polskiego systemu prawnego czy utworzenie w ramach Światowej Organizacji Zdrowia grupy eksperckiej przygotowującej poradnik „Guidance for biological agents in the indoor environment”, na wzór istniejącego już poradnika dla chemicznych czynników szkodliwych – wciąż jednak nie ma ogólnie akceptowanych kryteriów oceny narażenia na czynniki biologiczne.

Ze względu na ograniczony dostęp do danych, opisujących relację między stężeniem biologicznego czynnika szkodliwego a skutkiem zdrowotnym wywołanym jego działaniem – normy lub ich propozycje, o ile w ogóle są opracowane na tej bazie, nie mają w praktyce powszechnego zastosowania. Większość dostępnych standardów czy rekomendacji jest określana na podstawie obrazu klinicznego choroby(ób) wywołanej(ych) działaniem danego czynnika biologicznego i przy uwzględnieniu procedury jego poboru, zastosowania działań remedacyjnych oraz zapobiegawczych bez wyznaczania limitów ilościowych dla stężenia danego czynnika w powietrzu. Niemniej jednak istnieją w piśmiennictwie przedmiotu dość liczne liczbowe wartości standardów, norm lub propozycji wartości dopuszczalnych, które pomagają w interpretowaniu uzyskanych empirycznie danych pomiarowych. Mają one zazwyczaj charakter wartości arbitralnych lub względnych. W arbitralnie wyznaczonych wartościach normatywów określono poziomy stężenie czynników biologicznych (np. dla całości mikroflory lub dla specyficznego gatunku), które uznaje się za akceptowane lub nieakceptowane. Są one zazwyczaj wyznaczane przez indywidualnych badaczy czy grupy naukowców (ekspertów) lub są określane na podstawie wyników przekrojowych badań prowadzonych w normalnych środowiskach bez odniesienia do specyficznych skutków zdrowotnych wywołanych oddziaływa-

niem czynników biologicznych (tj. nie precyzują relacji między dawką a odpowiedzią organizmu). Określają one poziomy stężenie, które normalnie występują w danym środowisku lub jego części, i wówczas każde stwierdzone pomiarem przekroczenie tak wyznaczonej wartości jest traktowane jako niezwykłe i wskazuje na możliwość występowania dodatkowego źródła zanieczyszczenia. Arbitralne wartości są też określane (zwykle na poziomie równym lub zbliżonym poziomowi detekcji stosowanej metody) dla mikroorganizmów (np. grzybów), które wywołują poważne skutki zdrowotne.

W ustalaniu względnych wartości normatywów wykorzystuje się zwykle relacje między stężeniami czynników biologicznych w próbach mierzonych jednocześnie w środowisku wewnętrznym i zewnętrznym. Przyjmuje się zasadę, że jeżeli wartości stężeń w środowisku wewnętrznym są mniejsze od tych w środowisku zewnętrznym, wówczas stan środowiska wewnętrznego jest oceniany jako dobry i(lub) akceptowany. Stosunek stężeń wewnątrz – zewnątrz świadczy też o ewentualnym istnieniu wewnętrznych źródeł emisji. Względne metody oceny stosuje się też podczas porównywania jakościowego bądź przy konfrontacji częstości występowania, np. określonych rodzajów czy gatunków mikroorganizmów.

### Wartości normatywne

Na rysunku 1. przedstawiono schematycznie strategię uwzględniania parametrów środowiska w celu tworzenia wartości normatywów higienicznych.



**Rys. 1.** Strategia uwzględniania parametrów środowiska w celu tworzenia wartości normatywów higienicznych

Opracowywania liczbowych wartości normatywnych lub ich propozycji dokonuje się w odniesieniu do rodzajów badanych środowisk (punkt 1. na rys. 1) i typów prób środowiskowych uzyskiwanych w czasie pomiarów czynników biologicznych (punkt 2. na rys. 1). Jak wynika z analizy piśmiennictwa przedmiotu, część proponowanych normatywów odnosi się do środowiska zewnętrznego (np. powietrze atmosferyczne), a pozostałe – do środowiska wewnątrz. W wypadku środowiska wewnątrz uwzględnia się zarówno przemysłowe, jak i nieprzemysłowe środowisko pracy (np. biura, urzędy, szkoły, kina, sklepy oraz środowisko pracy służby zdrowia, tj. szpitale czy ambulatoria), a także środowisko wewnątrz mieszkalnych (np. domów, mieszkań czy hoteli).

Immanentną częścią każdego tworzonego normatywu jest jego komponenta techniczna dotycząca metody badawczej zastosowanej do wyznaczenia wartości liczbowej danego standardu. W spotykanych w piśmiennictwie przedmiotu normach lub propozycjach wartości referencyjnych zwykle określano stężenie badanego czynnika w próbie powietrza lub w próbie powierzchniowej, z uwzględnieniem zarówno obciążenia zanieczyszczeniem określonej powierzchni (np. stołu), jak i pyłu zgromadzonego na niej bądź obok niej (np. kurzu z podłogi). Jednak to, jaki czynnik jest oceniany i w jaki sposób możliwe jest przeprowadzenie określonej analizy próby środowiskowej w celu wyznaczenia stężenia badanego czynnika determinuje rodzaj i sposób samej procedury poboru.

Podczas opracowywania wcześniejszych propozycji norm czy wartości referencyjnych wykorzystywano metodę sedymentacyjną Kocha jako metodę podstawową w ocenie stężenia aerozolu bakteryjnego i grzybowego. Według współczesnych wymagań, do mikrobiologicznego badania powietrza środowiska pracy konieczne jest zastosowanie metod wolumetrycznych umożliwiających pobranie mikrobiologicznej próby powietrza o określonej objętości i w zadanym czasie (Bioaerosols... 1994; Bioaerosols... 1999; Biological... 1993; Dutkiewicz, Górny 2002; Reponen i in. 2001). Niemniej jednak w wybranych normach, szczególnie dotyczących tzw. środowisk specjalnych (np. pomieszczeń „czystych w działaniu”), dopuszczono zastosowanie obu (tj. sedymentacyjnej i wolumetrycznej) metod kontroli mikrobiologicznej czystości powietrza, uzupełniając je o kontrolę czystości powierzchni.

## **Standardy, ich propozycje i zalecenia**

Ilościowe standardy, wartości norm, zaleceń i propozycji wartości dopuszczalnych dostępne w piśmiennictwie przedmiotu wraz z ich komentarzem zamieszczono w tabelach 1 ÷ 11. Tabele ułożono chronologicznie, kierując się kryterium roku publikacji, grupując poszczególne normatywy razem według rodzaju czynnika, np. bakterie (w tym: ogólna liczba bakterii oraz liczba bakterii Gram-ujemnych), endotoksyny bakteryjne, grzyby, enzymy pochodzenia bakteryjnego oraz alergeny kurzu domowego (w tym: alergeny psa i kota oraz roztoczy), a także rozgraniczając propozycje rządowych organizacji (instytucji) od propozycji indywidualnych czy grup badaczy. Przedstawiono też zestawienie wartości referencyjnych mikrobiologicznego zanieczyszczenia powierzchni, uwzględniając zalecane limity w monitorowaniu zanieczyszczeń mikrobiologicznych, tzw. pomieszczeń czystych w działaniu oraz dwustopniowe wartości graniczne limitów ostrzegawczych i limitów reakcyjnych wyznaczone dla stężeń mikroorganizmów, otrzymanych przy zastosowaniu wybranych procedur poboru na przykładzie metody wolumetrycznej i kontaktowej.

Oznaczanie stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza wyrażonego zawartością jednostek tworzących kolonie, czyli CFU (ang. *colony forming units*) w 1 m<sup>3</sup> powietrza, jest najlepszą znaną i najczęściej stosowaną miarą liczbową określającą narażenie na szkodliwe czynniki biologiczne. Dlatego też większość wartości norm (wartości referencyjnych) określa się za pomocą tej właśnie jednostki.

Analiza dostępnych w piśmiennictwie przedmiotu wartości normatywów pozwala na określenie zakresów wartości stężeń, jakie zostały zaproponowane przez organizacje, instytucje, krajowe komitety specjalistów, a także niezależne grupy badaczy czy indywidualnych naukowców na przestrzeni ostatnich 110 lat. Wartości te dla poszczególnych biologicznych czynników szkodliwych przedstawiają się następująco:

a) dla ogólnej liczby bakterii (tab. 1A – 1B):  $\leq 1,0 \cdot 10^3 \div \leq 7,0 \cdot 10^3$  CFU/m<sup>3</sup> dla pomieszczeń mieszkalnych i nieprzemysłowego środowiska pracy oraz  $\leq 7,5 \cdot 10^2 \div 1,0 \cdot 10^7$  CFU/m<sup>3</sup> dla powietrza pomieszczeń produkcyjnych (przemysłowych), przy czym określono, że we wszystkich pomieszczeniach dla patogennych mikroorganizmów nie ma poziomu bezpiecznego (norma winna wynosić 0 CFU/m<sup>3</sup>),

b) dla bakterii Gram-ujemnych (tab. 1C):  $1,0 \cdot 10^3 \div 2,0 \cdot 10^4$  CFU/m<sup>3</sup> dla powietrza pomieszczeń produkcyjnych (przemysłowych),

c) dla endotoksyn bakteryjnych (tab. 2):  $0,005 \div 0,2$  µg/m<sup>3</sup> dla powietrza pomieszczeń produkcyjnych (przemysłowych),

d) dla grzybów (tab. 3):  $1,0 \cdot 10^1 \div 1,0 \cdot 10^4$  CFU/m<sup>3</sup> dla pomieszczeń mieszkalnych i nieprzemysłowego środowiska pracy oraz  $< 1,0 \cdot 10^2 \div 1,0 \cdot 10^7$  CFU/m<sup>3</sup> dla powietrza pomieszczeń produkcyjnych (przemysłowych), przy czym stwierdzono, jak w wypadku ogólnej liczby bakterii, że w żadnych z tych środowisk dla patogennych mikroorganizmów nie ma poziomu bezpiecznego (norma winna wynosić 0 CFU/m<sup>3</sup>),

e) dla subtylezyny (tab. 4):  $0,06$  µg/m<sup>3</sup> dla powietrza pomieszczeń produkcyjnych (przemysłowych),

f) dla alergenów kurzu domowego:

– roztoczy *Der p I* (tab. 5A - B):  $2 \div < 15$  µg/g

– kota *Fel d I* (tab. 5C):  $< 1,0 \cdot 10^4$  ng/g

– psa *Can f I* (tab. 5C):  $< 1,0 \cdot 10^5$  ng/g.

### Tabela 1.

#### Zestawienie standardów i propozycji wartości normatywnych/referencyjnych dla bakterii

##### A. Propozycje rządowych organizacji (instytucji) dla ogólnej liczby bakterii

| Wartości normatywne(wartości referencyjne)  | Dokument  | Organizacja/instytucja lub państwo             |
|---|---|--|
| 0 CFU/m <sup>3</sup> – nie ma bezpiecznego poziomu dla patogennych mikroorganizmów  | Biohazards reference manual 1986                              | AIHA (American Industrial Hygiene Association) |
| < $1,0 \cdot 10^2$ (domy) i < $5,0 \cdot 10^1$ (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie bardzo małe<br>< $5,0 \cdot 10^2$ (domy) i < $1,0 \cdot 10^2$ (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie małe<br>< $2,5 \cdot 10^3$ (domy) i < $5,0 \cdot 10^2$ (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie średnie/zwiększone<br>< $1,0 \cdot 10^4$ (domy) i < $2,0 \cdot 10^3$ (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie duże<br>> $1,0 \cdot 10^4$ (domy) i > $2,0 \cdot 10^3$ (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie bardzo duże   | Biological particles in indoor environment Report No. 12 1993 | CEC (Commission of the European Communities)   |
| $\leq 1,0 \cdot 10^3 \div 2,5 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla hoteli (GB9663-1996)<br>$\leq 2,5 \cdot 10^3 \div 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla lokali rozrywkowych (np. dyskoteka czy kino), (GB9664-1996)<br>$\leq 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla salonów fryzjerskich/piękności (GB9666-1996)<br>$\leq 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla basenów miejskich (GB9667-1996)<br>$\leq 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla sal szkolnych (GB9668-1996)<br>$\leq 2,5 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla bibliotek, muzeów, galerii (GB9669-1996) | Chinese National Standards 1996                               | Chiny <sup>a</sup>                             |

cd. tabeli 1A.

| Wartości normatywne(wartości referencyjne)   | Dokument                        | Organizacja/instytucja lub państwo |
|--|---------------------------------|------------------------------------|
| $\leq 7,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla sal wystawowych (GB9669-1996)<br>$\leq 7,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla centrów handlowych, księgarni (GB9670-1996)<br>$\leq 7,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla stacji kolejowych, dworców autobusowych, portów (GB9672-1996)<br>$\leq 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla lotnisk (GB9672-1996)<br>$\leq 4,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla pociągów, statków (GB9673-1996)<br>$\leq 2,5 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla samolotów (GB9673-1996)<br>$\leq 2,5 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość graniczna dla pomieszczeń mieszkalnych (255-2001) | Chinese National Standards 2001 | Chiny <sup>a</sup>                 |

<sup>a</sup> Cyt. za Wang 2002.

### B. Propozycje indywidualne (grup) badaczy dla ogólnej liczby bakterii

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)   | Piśmiennictwo                |
|---|------------------------------|
| 50/l  | <i>Bujwid</i> 1894           |
| $1,765 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie (dla bakterii i grzybów razem)  | <i>Bourdillon</i> i in. 1941 |
| $2,67 \cdot 10^3$ (dla bakterii i grzybów razem) i $3,0 \cdot 10^1$ (dla paciorkowców) CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie w sklepach  | <i>Topley</i> 1955           |
| $2,825 \cdot 10^3$ (dla bakterii i grzybów razem) i $4,5 \cdot 10^1$ (dla paciorkowców) CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie w szkołach   |                              |
| $1,5 \cdot 10^3$ (lato) i $4,5 \cdot 10^3$ (zima), (dla bakterii i grzybów razem) i $1,6 \cdot 10^1$ (lato) i $3,6 \cdot 10^1$ (zima), (dla paciorkowców) CFU/m <sup>3</sup> – powietrze czyste           | <i>Wells</i> 1955            |
| $2,5 \cdot 10^3$ (lato) i $7,0 \cdot 10^3$ (zima), (dla bakterii i grzybów razem) i $3,6 \cdot 10^1$ (lato) i $1,24 \cdot 10^2$ (zima), (dla paciorkowców) CFU/m <sup>3</sup> – powietrze zanieczyszczone |                              |
| $1,0 \cdot 10^7$ CFU/m <sup>3</sup> – bezpieczne stężenie w powietrzu pomieszczeń produkcyjnych   | <i>Clark</i> 1985            |
| $4,3 \cdot 10^5$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość normatywna (dla bakterii i grzybów razem) narażenia w pomieszczeniach hodowlanych dla zwierząt  | <i>Donham</i> i in. 1988     |
| $4,5 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe normalne stężenie w mieszkaniach  | <i>Nevalainen</i> 1989       |
| $5,0 \cdot 10^4$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość normatywna (dla bakterii i grzybów razem) narażenia w pomieszczeniach produkcyjnych   | <i>Erman</i> i in. 1989      |
| $\leq 7,5 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli stężenie bakterii i grzybów razem nie przekracza tej wartości i wśród nich nie ma organizmów zakaźnych i alergizujących    | <i>Binnie</i> 1990           |
| $5,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe normalne stężenie w mieszkaniach  | <i>Reponen</i> i in. 1990    |
| $5,0 \cdot 10^3 \div 1,0 \cdot 10^4$ CFU/m <sup>3</sup> – wartość progowa narażenia zawodowego  | <i>Malmros</i> i in. 1992    |

### C. Propozycje indywidualne (grup) badaczy dla bakterii Gram-ujemnych

| Wartości normatywne (referencyjne)  | Piśmiennictwo      |
|---|--------------------|
| 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – bezpieczne stężenie w powietrzu pomieszczeń produkcyjnych                              | Clark 1985         |
| 2,0 · 10 <sup>4</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wartość normatywna dla narażenia w pomieszczeniach produkcyjnych (dla <i>E. coli</i> ) | Buyanov i in. 1990 |
| 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wartość progowa dla narażenia zawodowego   | Malmros i in. 1992 |

**Tabela 2.**

#### Zestawienie standardów i propozycji wartości normatywnych (referencyjnych) dla endotoksyn bakteryjnych

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)                          | Piśmiennictwo       |
|--|---------------------|
| 1,0 · 10 <sup>-1</sup> µg/m <sup>3</sup>                             | Clark 1985          |
| 1,0 · 10 <sup>-1</sup> ÷ 2,0 · 10 <sup>-1</sup> µg/m <sup>3</sup>    | Rylander 1987       |
| 3,0 · 10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup> (8-godzinna średnia ważona) | Palchack i in. 1988 |
| 1,0 · 10 <sup>-1</sup> ÷ 2,0 · 10 <sup>-1</sup> µg/m <sup>3</sup>    | Malmros i in. 1992  |
| 5,0 · 10 <sup>-3</sup> µg/m <sup>3</sup>                             | DECOS 1998          |
| 2,5 · 10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup>                             | Laitinen i in. 1999 |

**Tabela 3.**

#### Zestawienie standardów i propozycji wartości normatywnych (referencyjnych) dla grzybów

##### A. Propozycje rządowych (prywatnych) organizacji czy instytucji

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)   | Dokument  | Organizacja/instytucja lub państwo             |
|---|---|--|
| 0 CFU/m <sup>3</sup> – nie ma bezpiecznego poziomu dla patogennych mikroorganizmów  | Biohazards reference manual 1986                      | AIHA (American Industrial Hygiene Association) |
| 0 CFU/m <sup>3</sup> – nie należy podejmować działań<br>$\geq 5,0 \cdot 10^1$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli jednego gatunku, to należy zidentyfikować źródło<br>$\leq 1,5 \cdot 10^2 \div 2,0 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli wiele gatunków, nie należy podejmować działań<br>$\geq 2,0 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli wiele gatunków, ostrożność nakazuje dalszą inspekcję<br>$\leq 4,0 \cdot 10^2 \div 5,0 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli głównie jest to <i>Cladosporium</i> i <i>Alternaria</i> , nie należy podejmować działań<br>$\geq 5,0 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli głównie jest to <i>Cladosporium</i> i <i>Alternaria</i> , należy znaleźć przyczynę | Determination of fungal propagules in indoor air 1988 | CMHC (Canada Mortgage and Housing Corporation) |
| 0 CFU/m <sup>3</sup> – w środowisku wewnątrz nie powinno być patogennych i toksynotwórczych grzybów<br>$> 5,0 \cdot 10^1$ CFU/m <sup>3</sup> – jeśli jednego gatunku, to należy podjąć działania<br>$\leq 1,5 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – dopuszczalne, jeśli jest to mieszanina gatunków<br>$\leq 5,0 \cdot 10^2$ CFU/m <sup>3</sup> – dopuszczalne, jeśli jest to <i>Cladosporium</i> lub inne fitopleśnie   | Indoor air quality. Biological contaminants 1988      | WHO (World Health Organization)                |

cd. tabeli 3A.

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)  | Dokument   | Organizacja/institucja lub państwo   |
|--|--|--|
| <p><math>&gt; 1,0 \cdot 10^4</math> CFU/m<sup>3</sup> – groźne dla zdrowia</p> <p><math>&gt; 5,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – jeśli jednego potencjalnie patogenego gatunku, groźne dla zdrowia</p> <p><math>\geq 1,0 \cdot 10^4</math> CFU/m<sup>3</sup> – wskazuje na „atypową” sytuację duży stosunek stężeń wewnątrz/zewnątrz wskazuje na wewnętrzne źródło emisji</p> <p><math>&lt; 1,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – środowisko niezanieczyszczone; stosunek stężeń wewnątrz/zewnątrz <math>&lt; 1</math> – środowisko niezanieczyszczone, jeśli występują te same rodzaje/gatunki</p> <p><math>\leq 2,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – zalecane porównanie stężeń wewnątrz/zewnątrz</p> <p><math>&gt; 2,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – jeśli różne gatunki inne niż <i>Alternaria</i> i <i>Cladosporium</i>, należy podjąć badania</p> <p><math>&gt; 5,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – jeśli różne gatunki, włączając w to <i>Alternaria</i> i <i>Cladosporium</i>, należy podjąć badania</p> <p><math>1,0 \cdot 10^1 - 1,0 \cdot 10^4</math> CFU/m<sup>3</sup> – typowy poziom dla “chorych budynków” (ang. “<i>sick building</i>”) i powietrza atmosferycznego</p> <p><math>&gt; 1,0 \cdot 10^3</math> CFU/m<sup>3</sup> – wskaźnik kontaminacji</p> <p><math>&lt; 5,0 \cdot 10^1</math> (domy) i <math>&lt; 2,5 \cdot 10^1</math> (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie bardzo małe</p> <p><math>&lt; 2,0 \cdot 10^2</math> (domy) i <math>&lt; 1,0 \cdot 10^2</math> (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie małe</p> <p><math>&lt; 1,0 \cdot 10^3</math> (domy) i <math>&lt; 5,0 \cdot 10^2</math> (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie średnie/zwiększone</p> <p><math>&lt; 1,0 \cdot 10^4</math> (domy) i <math>&lt; 2,0 \cdot 10^3</math> (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie duże</p> <p><math>&gt; 1,0 \cdot 10^4</math> (domy) i <math>&gt; 2,0 \cdot 10^3</math> (pomieszczenia nieprzemysłowe) – zanieczyszczenie bardzo duże</p> <p><math>1,0 \cdot 10^3 \div 1,0 \cdot 10^4</math> komórek/m<sup>3</sup> – w zależności od gatunków</p> <p><math>3,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie dla powszechnie występujących grzybów (np. dla <i>Cladosporium</i>)</p> <p><math>2,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie dla całości flory grzybowej</p> <p><math>1,5 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie dla mieszaniny gatunków innych niż patogenne i toksynotwórcze</p> <p><math>1,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie, o ile nie ma ludzi z obniżoną odpornością</p> | <p>Research methods in biological indoor air pollution 1989</p> <p>The practitioner’s 1989</p> <p>Guidelines for the assessment of bioaerosols in indoor environment 1989</p> <p>Testing of older houses for microbiological pollutants 1991</p> <p>Criteria documents from the expert group 1991</p> <p>Technical manual 1992</p> <p>Biological particles in indoor environment Report No. 12 1993</p> <p>Maximum allowable concentrations of harmful substances. Standard 1993</p> <p>Indoor air quality update. Biocontaminants in indoor environments 1994</p> | <p>Holandia<sup>a</sup></p> <p>AIHA (American Industrial Hygiene Association)</p> <p>ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists)</p> <p>Bowser Technical Inc.</p> <p>Nordic Council<sup>b</sup></p> <p>US OSHA (United States Occupational Safety and Health Administration)</p> <p>CEC (Commission of the European Communities)</p> <p>Federacja Rosyjska: State Committee for Hygiene and Epidemiological Surveillance</p> <p>Cutter Information Corp.<sup>c</sup></p> |



cd. tabeli 3A.

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)   | Dokument  | Organizacja/instytucja lub państwo   |
|---|---|--|
| 103 ÷ 104 CFU/m <sup>3</sup> – niezwłoczna ewakuacja narażonych osób  | Guidelines on assessment and remediation of <i>S. atra</i> in indoor environments<br>1994 | New York City Department of Health   |
| < 1,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – małe stężenie, dla pomieszczeń o podwyższonej czystości i szpitali<br>1,0 · 10 <sup>2</sup> ÷ 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – średnie, dla innych wnętrz i powietrza atmosferycznego<br>> 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – duże stężenie, przy produkcji zwierzęcej | Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants<br>1995               | ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) <sup>d</sup> |
| < 3,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – dla powszechnie występujących grzybów<br>< 1,5 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – dla mieszaniny gatunków innych niż patogenne i toksynotwórcze  | Indoor air quality standard No. 95-1 recommended for Florida<br>1995                      | Indoor Air Quality Association Inc.  |

<sup>a</sup> Cyt. za Heida i in. 1995.

<sup>b</sup> Cyt. za Natanson 1993.

<sup>c</sup> Cyt. za Etkin 1994.

<sup>d</sup> Cyt. za Macher 1995.

## B. Propozycje indywidualne (grup) badaczy

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)   | Piśmiennictwo                        |
|---|--------------------------------------|
| 1,765 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie (dla bakterii i grzybów razem)   | <i>Bourdillon</i> i in. 1941         |
| 2,67 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie (dla bakterii i grzybów razem) w sklepach                                 | <i>Topley</i> 1955                   |
| 2,825 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie (dla bakterii i grzybów razem) w szkołach                                |                                      |
| 1,5 · 10 <sup>3</sup> (lato) i 4,5 · 10 <sup>3</sup> (zima) CFU/m <sup>3</sup> – powietrze czyste   | <i>Wells</i> 1955                    |
| 2,5 · 10 <sup>3</sup> (lato) i 7,0 · 10 <sup>3</sup> (zima) CFU/m <sup>3</sup> – powietrze zanieczyszczone  |                                      |
| 2,0 · 10 <sup>1</sup> - 7,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – brak ujemnych skutków zdrowotnych  | <i>Berk</i> i in. 1979               |
| < 2,2 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – środowisko wolne od zanieczyszczenia   | <i>Holmberg</i> 1984                 |
| 1,0 · 10 <sup>4</sup> ÷ 1,5 · 10 <sup>4</sup> CFU/m <sup>3</sup> – pewny wzrost na powierzchniach   |                                      |
| > 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – konieczne podjęcie działań   | <i>Morey</i> i in. 1984              |
| < 1,6 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – niezanieczyszczone powietrze wewnątrz mieszkalnych   | <i>Solomon</i> i in. 1984            |
| < 6,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – maksymalny poziom zanieczyszczenia   |                                      |
| 1,0 · 10 <sup>7</sup> CFU/m <sup>3</sup> – bezpieczne stężenie w powietrzu pomieszczeń produkcyjnych  | <i>Clark</i> 1985                    |
| > 1,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wskazuje na istnienie źródła wewnętrznego, konieczne podjęcie dalszych badań                             | <i>Ohgke</i> i in. 1987              |
| 1,0 · 10 <sup>3</sup> ÷ 1,0 · 10 <sup>4</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone   | <i>Lacey</i> i in. 1988 <sup>a</sup> |
| 4,3 · 10 <sup>5</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wartość normatywna (dla bakterii i grzybów razem) dla narażenia w pomieszczeniach hodowlanych dla zwierząt | <i>Donham</i> i in. 1988             |

cd. tabeli 3B.

| Wartości normatywne (wartości referencyjne)   | Piśmiennictwo              |
|---|----------------------------|
| 0 CFU/m <sup>3</sup> – w środowisku wewnątrz nie powinno być patogennych i toksynotwórczych grzybów   | <i>Miller i in. 1988</i>   |
| ≥ 5,0 · 10 <sup>1</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli grzyby są jednego gatunku  |                            |
| ≤ 1,5 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli grzyby są wielu gatunków   |                            |
| ≤ 3,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli grzyby są z grupy powszechnie występujących fitopleśni   |                            |
| 5,0 · 10 <sup>4</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wartość normatywna (dla bakterii i grzybów razem) dla narażenia w pomieszczeniach produkcyjnych  | <i>Erman i in. 1989</i>    |
| ≤ 7,5 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli stężenie bakterii i grzybów razem nie przekracza tej wartości i wśród nich nie ma organizmów zakaźnych i alergizujących  | <i>Binnie 1990</i>         |
| Jeżeli mikroflora aerozolu wewnątrz różni się jakościowo od mikroflory powietrza zewnętrznego, a jego stężenie stale co najmniej dwukrotnie przekracza stężenie w powietrzu zewnętrznym i jest większe niż 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – należy podjąć działania higieniczne | <i>Burge 1990</i>          |
| > 5,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – istnienie dodatkowego wewnętrznego źródła emisji (zimą)  | <i>Reponen i in. 1990</i>  |
| Stosunek stężeń wewnątrz/zewnątrz > 1 – istnienie dodatkowego wewnętrznego źródła emisji (latem)  |                            |
| > 5,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze zanieczyszczone  | <i>Reynolds i in. 1990</i> |
| Znaczna różnica stężeń wewnątrz/zewnątrz – istnienie dodatkowego wewnętrznego źródła emisji   |                            |
| < 1,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – środowisko wolne od zanieczyszczenia   | <i>Godish 1991</i>         |
| > 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wysoki poziom zanieczyszczenia   |                            |
| 1,0 · 10 <sup>2</sup> ÷ 1,0 · 10 <sup>3</sup> CFU/m <sup>3</sup> – własna interpretacja i ocena czystości środowiska przez osobę badającą   |                            |
| ≥ 5,0 · 10 <sup>1</sup> CFU/m <sup>3</sup> – jeśli grzyby są jednego gatunku, należy podjąć dalsze badania  | <i>Malmberg 1991</i>       |
| ≤ 1,5 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone, jeśli grzyby są wielu gatunków   |                            |
| ≤ 5,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – powietrze niezanieczyszczone (latem), jeśli grzyby są z grupy powszechnie występujących pleśni drzew i liści   |                            |
| 5,0 · 10 <sup>3</sup> ÷ 1,0 · 10 <sup>4</sup> CFU/m <sup>3</sup> – wartość progowa dla narażenia zawodowego   | <i>Malmros i in. 1992</i>  |
| 2,0 · 10 <sup>2</sup> CFU/m <sup>3</sup> – maksymalny poziom zanieczyszczenia   | <i>Yang i in. 1993</i>     |

<sup>a</sup> Cyt. za Rao i in. 1996.

**Tabela 4.**

**Wartości normatywne dla enzymów pochodzenia bakteryjnego**

| Wartość standardu                        | Uwagi  | Organizacja/institucja  |
|--|--|---|
| 6,0 · 10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup> | 60-minutowy limit w zawodowym narażeniu na subtylizynę | OSHA (United States Occupational Safety and Health Administration) 1992 |
| 6,0 · 10 <sup>-2</sup> µg/m <sup>3</sup> |  | ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 1999  |

**Tabela 5.**

**Propozycje wartości normatywnych alergenów kurzu domowego**

**A. Propozycja standardu dla alergenu roztoczy kurzu domowego *Der p I* (w mikrogramach na gram pyłu), (Platts-Mills i in. 1987; 1992)**

| Gradacja ryzyka   | Propozycja         |
|---|--------------------|
| Poziom bezpieczny   | $2,0 \cdot 10^0$   |
| Podwyższony poziom ryzyka i wzrost szans na wystąpienie ostrego ataku astmy | $1,0 \cdot 10^1$   |
| Wystąpienie sensytyzacji u wrażliwych mieszkańców                           | $> 2,0 \cdot 10^1$ |

**B. Kategorie biologicznej czystości pomieszczeń na podstawie wyników pomiarów stężeń alergenów roztoczy w kurzu domowym (w mikrogramach na gram pyłu) według raportu Komisji Wspólnoty Europejskiej**

| Ocena stężenia     | <i>Der p I</i>        | <i>Der f I</i>        |
|--------------------|-----------------------|-----------------------|
| Bardzo małe        | $< 5,0 \cdot 10^{-1}$ | $< 5,0 \cdot 10^{-1}$ |
| Małe               | $< 5,0 \cdot 10^0$    | $< 5,0 \cdot 10^0$    |
| Średnie/zwiększone | $< 1,5 \cdot 10^1$    | $< 1,5 \cdot 10^1$    |
| Duże               | $< 2,0 \cdot 10^1$    | $< 2,0 \cdot 10^1$    |
| Bardzo duże        | $> 2,0 \cdot 10^1$    | $> 2,0 \cdot 10^1$    |

**C. Kategorie biologicznej czystości pomieszczeń na bazie pomiarów stężeń alergenów kota i psa w kurzu domowym (w nanogramach na gram pyłu) według raportu Komisji Wspólnoty Europejskiej**

| Ocena stężenia     | <i>Fel d I</i>     | <i>Can f I</i>     |
|--------------------|--------------------|--------------------|
| Bardzo małe        | $< 1,0 \cdot 10^2$ | $< 3,0 \cdot 10^2$ |
| Małe               | $< 1,0 \cdot 10^3$ | $< 1,0 \cdot 10^4$ |
| Średnie/zwiększone | $< 1,0 \cdot 10^4$ | $< 1,0 \cdot 10^5$ |
| Duże               | $< 1,0 \cdot 10^5$ | $< 1,0 \cdot 10^6$ |
| Bardzo duże        | $> 1,0 \cdot 10^5$ | $> 1,0 \cdot 10^6$ |

W pomieszczeniach specjalnych, tj. w pomieszczeniach szpitalnych (tab. 6) i pomieszczeniach tzw. czystych w działaniu (tab. 7), wartości norm mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza mieszczą się odpowiednio w zakresach:  $1,0 \cdot 10^0 \div \leq 4,0 \cdot 10^3$  CFU/m<sup>3</sup> i  $< 1,0 \cdot 10^0 \div 1,0 \cdot 10^3$  CFU/m<sup>3</sup>. W wypadku wnętrz, w których jest wymagana podwyższona sterylność, tak jak ma to miejsce w wypadku pomieszczeń tzw. czystych w działaniu, w normach określano zazwyczaj nie tylko dopuszczalne wartości stężeń biologicznych czynników szkodliwych w powietrzu, lecz i zalecane limity zanieczyszczenia mikrobiologicznego powierzchni.

Proponowane wartości zawierają się w przedziale:  $< 1,0 \cdot 10^0 \div 4,0 \cdot 10^2$  CFU/24 cm<sup>2</sup>, jeśli stężenie jest określone w odniesieniu do wielkości powierzchni badanej (wartość 24 cm<sup>2</sup> jest powierzchnią płytki z agarem używanej zazwyczaj w takim badaniu),  $< 1,0 \cdot 10^0 \div 2,0 \cdot 10^1$  CFU/rękawiczkę, jeśli pobierane są odciski palców pracownika lub  $3,23 \cdot 10^5$  CFU/m<sup>2</sup>, jeśli mikroorganizmy sedymentują na powierzchnię przez tydzień bądź do  $10^6$  CFU/g pyłu, jeśli stężenie jest określone w odniesieniu do ilości pyłu zdeponowanego na danej powierzchni.

Tabela 6.

## Czystość mikrobiologiczna powietrza w pomieszczeniach szpitalnych

| Wartości normatywne (referencyjne)  | Piśmiennictwo  |
|---|--|
| <p><math>7,0 \cdot 10^1</math> (dla bakterii i grzybów razem) i 0 (dla paciorkowców) CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie w salach operacyjnych neurochirurgicznych</p> <p><math>2,5 \cdot 10^2</math> (dla bakterii i grzybów razem) i 0 (dla paciorkowców) CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie w salach operacyjnych chirurgicznych</p> <p><math>7,0 \cdot 10^2</math> (dla bakterii i grzybów razem) i 0 (dla paciorkowców) CFU/m<sup>3</sup> – najwyższe dopuszczalne stężenie w salach zabiegowych i opatrunkowych</p> <p><math>3,5 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „1”</p> <p><math>1,75 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „5”</p> <p><math>7,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „20”</p>  | <p><i>Topley</i> 1955</p> <p>American Academy of Orthopedic Surgeons 1976<sup>a</sup></p>                                |
| <p><math>5,0 \cdot 10^0</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości bakteriologicznej w pustej sali operacyjnej „B 5”</p> <p><math>2,0 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości bakteriologicznej w pustej sali operacyjnej „B 20”</p> <p><math>1,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości bakteriologicznej w pustej sali operacyjnej „B 100”</p>   | <p>Francja<br/>Norma NF X 44-101 1981<sup>a</sup></p>  |
| <p><math>1,0 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „A”</p> <p><math>2,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „B”</p> <p><math>5,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – maksymalna ilość mikroorganizmów w pomieszczeniu klasy „C”</p>   | <p>Włoski Instytut Zdrowia 1995<sup>a</sup></p>  |
| <p><math>&lt; 2,0 \cdot 10^1</math> i <math>&lt; 1,0 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – dopuszczalna ilość kolonii mikroorganizmów w polu operacyjnym, odpowiednio: gdy chirurdzy ubrani są „normalnie” i w sposób „hermetyczny” (sala operacyjna ultraczysta, tzn. klimatyzowana powietrzem sterylnym)</p> <p><math>&lt; 1,0 \cdot 10^1</math> i <math>&lt; 1,0 \cdot 10^0</math> CFU/m<sup>3</sup> – dopuszczalna ilość kolonii mikroorganizmów w odległości <math>\leq 30</math> cm od rany operacyjnej, odpowiednio: gdy chirurdzy ubrani są „normalnie” i w sposób „hermetyczny” (sala operacyjna ultraczysta, tzn. klimatyzowana powietrzem sterylnym)</p> <p><math>&lt; 5,0 \cdot 10^0</math> CFU/m<sup>3</sup> – dopuszczalna ilość kolonii mikroorganizmów przy filtrze HEPA na wywiewie powietrza z pomieszczenia</p> <p><math>&lt; 1,0 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – małe stężenie, dla pomieszczeń o podwyższonej czystości i szpitali</p> | <p><i>Whyte, Cole</i> 1995<sup>a</sup></p> <p>ACGIH (American Conference of Governmental Industrial Hygienists) 1995</p> |
| <p><math>0 \div 2,5 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – ocena czystości mikrobiologicznej: bardzo dobra</p> <p><math>2,6 \cdot 10^1 \div 1,25 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – ocena czystości mikrobiologicznej: dobra</p> <p><math>12,6 \cdot 10^2 \div 2,5 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – ocena czystości mikrobiologicznej: słaba</p> <p><math>2,51 \cdot 10^2 \div 3,75 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – ocena czystości mikrobiologicznej: zła</p> <p><math>&gt; 3,75 \cdot 10^2</math> CFU/m<sup>3</sup> – ocena czystości mikrobiologicznej: bardzo zła</p>  | <p><i>Rabino</i> 1995<sup>a</sup></p>  |
| <p><math>1,0 \cdot 10^0</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości pomieszczeń i stref sterylnych „MCB-1”</p> <p><math>1,8 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości pomieszczeń i stref sterylnych „MCB-2”</p> <p><math>8,8 \cdot 10^1</math> CFU/m<sup>3</sup> – klasa czystości pomieszczeń i stref sterylnych „MCB-3”</p> <p><math>\leq 4,0 \cdot 10^3</math> CFU/m<sup>3</sup> – wartość graniczna dla poczekalni szpitalnych (GB9671-1996)</p>  | <p><i>Sartorius</i> 1995<sup>a</sup></p> <p>Chiny 1996<sup>b</sup></p>   |

<sup>a</sup> Cyt. za Charkowska 1996.<sup>b</sup> Cyt. za Wang 2002.

**Tabela 7.**

**Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powierzchni**

**A. Zestawienie wartości referencyjnych dla grzybów**

| Wartości referencyjne  | Piśmiennictwo  |
|--|--|
| > 1,0 · 10 <sup>6</sup> CFU/g pyłu – należy podjąć działania | <i>Morey</i> 1984  |
| > 1,0 · 10 <sup>6</sup> CFU/g pyłu – wskaźnik kontaminacji   | US OSHA (United States Occupational Safety and Health Administration) 1992 |

**B. Wskaźnik i ocena zanieczyszczenia mikrobiologicznego powierzchni w zależności od ogólnej liczby drobnoustrojów tlenowych mezofilnych na 25 cm<sup>2</sup> (PN-A-82055-19)**

| Liczba drobnoustrojów                         | Wskaźnik | Ocena          |
|---|----------|----------------|
| 0 ÷ 2,0 · 10 <sup>0</sup>                     | 0        | Celująca       |
| 3,0 · 10 <sup>0</sup> ÷ 9,0 · 10 <sup>0</sup> | 1        | bardzo dobra   |
| 1,0 · 10 <sup>1</sup> ÷ 2,9 · 10 <sup>1</sup> | 2        | Dobra          |
| 3,0 · 10 <sup>1</sup> ÷ 9,9 · 10 <sup>1</sup> | 3        | Dostateczna    |
| 1,0 · 10 <sup>2</sup> i powyżej               | 4        | niedostateczna |

**C. Zalecane limity w monitorowaniu zanieczyszczeń mikrobiologicznych pomieszczeń tzw. czystych w działaniu, według rozporządzenia ministra zdrowia w sprawie wymagań dobrej praktyki wytwarzania z dnia 3 grudnia 2002 r. (DzU nr 224, poz. 1882) oraz European Commission guide to good manufacturing practice (EC GMP): Manufacturing of sterile medicinal products (Rev. to Annex 1)**

| Klasa | Zalecane limity zanieczyszczeń mikrobiologicznych <sup>a</sup> |   |  |  |
|-------|--|---|--|--|
|       | próbka powietrza CFU/m <sup>3</sup>                            | płytki używane w metodzie sedimentacyjnej (średnica 90 mm) CFU/4 h <sup>#</sup> | płytki odciskowe (średnica 55 mm) CFU/płytkę | odciski palców (dłoni w rękawiczce z 5 palcami) CFU/rękawiczkę |
| A     | < 1,0 · 10 <sup>0</sup>  | < 1,0 · 10 <sup>0</sup>   | < 1,0 · 10 <sup>0</sup>                      | < 1,0 · 10 <sup>0</sup>  |
| B     | 1,0 · 10 <sup>1</sup>  | 5,0 · 10 <sup>0</sup>   | 5,0 · 10 <sup>0</sup>                        | 5,0 · 10 <sup>0</sup>  |
| C     | 1,0 · 10 <sup>2</sup>  | 5,0 · 10 <sup>1</sup>   | 2,5 · 10 <sup>1</sup>                        | –  |
| D     | 2,0 · 10 <sup>2</sup>  | 1,0 · 10 <sup>2</sup>   | 5,0 · 10 <sup>1</sup>                        | –  |

<sup>a</sup> Wartości średnie.

<sup>#</sup> Poszczególne płytki mogą być wystawione przez okres krótszy niż 4 h.

**D. Zalecane limity w monitorowaniu zanieczyszczeń mikrobiologicznych pomieszczeń czystych w działaniu według Farmakopei Amerykańskiej (USP, chapter 1116, US Fed. Std. 209E)**

| Klasa według      | Odpowiednik danej klasy | Zalecane limity zanieczyszczeń mikrobiologicznych <sup>a</sup> |   |  |
|-------------------|-------------------------|--|---|--|
| US Fed. Std. 209E | według EC GMP           | próbka powietrza CFU/m <sup>3</sup>                            | płytki odciskowe CFU/24 cm <sup>2</sup> | odciski palców (dłoni w rękawiczce) CFU/24 cm <sup>2</sup> |
| 100               | A                       | < 3,0 · 10 <sup>0</sup>  | 3,0 · 10 <sup>0</sup>                   | < 1,0 · 10 <sup>0</sup>                                    |
| 10000             | B                       | < 2,0 · 10 <sup>1</sup>  | 5,0 · 10 <sup>0</sup>                   | 2,0 · 10 <sup>1</sup>                                      |
| 100000            | C                       | < 1,0 · 10 <sup>2</sup>  | 1,0 · 10 <sup>1</sup> (podłoga)         | –  |
| Nie stosuje się   | D                       | –  | –                                       | –  |

<sup>a</sup> Wartości średnie.

**E. Standard NASA – NHB 5340.2 dla klas pomieszczeń tzw. czystych w działaniu (NASA Standard for Clean Room and Work Stations 1967)**

| Klasa według US Fed. Std. 209E | Stężenie mikroorganizmów w powietrzu #/ft <sup>3</sup> <sup>a)</sup> | Stężenie mikroorganizmów osiadłych w ciągu 1 tygodnia na powierzchni ft <sup>2</sup> |
|--------------------------------|--|--|
| 100                            | $1,0 \cdot 10^{-1}$  | $1,2 \cdot 10^3$   |
| 10000                          | $5,0 \cdot 10^{-1}$  | $6,5 \cdot 10^4$   |
| 100000                         | $2,5 \cdot 10^0$   | $3,0 \cdot 10^5$   |

<sup>a</sup> ft – stopa.

**F. Propozycja normy dla pomieszczeń czystych (ICCCS 1978)<sup>a</sup>**

| Klasa | Stężenie mikroorganizmów w 1 m <sup>3</sup> powietrza | Stężenie mikroorganizmów na powierzchni 1 m <sup>2</sup> |
|-------|---|--|
| I     | $9,0 \cdot 10^1$                                      | $3,1 \cdot 10^5$   |
| II    | $1,7 \cdot 10^1$                                      | $6,0 \cdot 10^4$   |
| III   | $3,0 \cdot 10^0$                                      | $1,2 \cdot 10^4$   |
| IV    | $1,0 \cdot 10^0$                                      | $5,0 \cdot 10^3$   |

<sup>a</sup> Cyt. za *Whyte* 1991.

**G. Dwustopniowe wartości graniczne limitów ostrzegawczych i limitów reakcyjnych wyznaczone dla stężeń mikroorganizmów otrzymanych przy zastosowaniu metod: wolumetrycznej (pobornik RCS) i kontaktowej (płytki RODAC)**

| Punkt pomiarowy (według schematu badań) |               | Limity ostrzegawcze              |                  | Limity reakcyjne                 |                  |
|---|---------------|----------------------------------|------------------|----------------------------------|------------------|
| środowisko, jednostka                   | numer punktu  | całkowita liczba mikroorganizmów | grzyby(spory)    | całkowita liczba mikroorganizmów | grzyby(spory)    |
| Powietrze, CFU/m <sup>3</sup>           | 1 ÷ 3,5,6     | $3,0 \cdot 10^2$                 | $1,0 \cdot 10^1$ | $5,0 \cdot 10^2$                 | $2,0 \cdot 10^1$ |
|   | 4             | $5,0 \cdot 10^2$                 | –                | $1,0 \cdot 10^3$                 | –                |
| Powierzchnie, CFU/25 cm <sup>2</sup>    | 1 ÷ 4,8, 9,11 | $4,0 \cdot 10^1$                 | $5,0 \cdot 10^0$ | $8,0 \cdot 10^1$                 | $1,0 \cdot 10^1$ |
|   | 6,12          | $5,0 \cdot 10^1$                 | $5,0 \cdot 10^0$ | $1,0 \cdot 10^2$                 | $1,0 \cdot 10^1$ |
|   | 5,10          | $2,0 \cdot 10^2$                 | $1,0 \cdot 10^1$ | $4,0 \cdot 10^2$                 | $2,0 \cdot 10^1$ |

**Zalecenia, projekty norm i obowiązujące akty prawne**

Kontrola czystości mikrobiologicznej powietrza w prawodawstwie polskim jest do dziś w sposób niewystarczający opracowana, choć pierwsze próby określenia dopuszczalnego mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza były czynione ponad sto lat temu.

Pod koniec XIX wieku *Bujwid* (polski lekarz bakteriolog i immunolog, założyciel m.in. Instytutu Pasteurowskiego w Krakowie) sprecyzował pierwszą propozycję normy, stwierdzając, że: „powietrze mieszkalne nie powinno zawierać więcej niż 50 bakterii w 1 litrze” (*Bujwid* 1894). Kolejna propozycja pojawiła się dopiero na początku lat 70. Stosując metodę sedymentacyjną, *Krzysztofik* (1992) określił „dopuszczalny stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza zewnętrznego (atmosferycznego) i pomieszczeń użytkowych” na podstawie pomiarów ogólnej liczby mikroorganizmów, liczby mikroorganizmów hemolizujących oraz ogólnej liczby grzybów (tab. 8).

Tabela 8.

**Dopuszczalny stopień mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza pomieszczeń użytkowych (Krzysztofik 1992)**

| Rodzaj pomieszczenia użytkowego      | Dopuszczalna liczba mikroorganizmów w 1m <sup>3</sup> powietrza |   |   |
|--------------------------------------|---|---|---|
|                                      | ogólna liczba mikroorganizmów na podłożu MPA                    | liczba mikroorganizmów hemolizujących na agarze z krwią | ogólna liczba grzybów na podłożu Sabourauda |
| Powietrze zewnętrzne (atmosferyczne) | $3,0 \cdot 10^3$  | $1,0 \cdot 10^2$  | $1,0 \cdot 10^3$                            |
| Pomieszczenia służby zdrowia:        |   |   |   |
| – sala operacyjna                    | $1,0 \cdot 10^2$  | 0   | 0   |
| – sala opatrunkowa                   | $1,5 \cdot 10^2$  | 0   | $5,0 \cdot 10^1$                            |
| – sala chorych                       | $1,0 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^1$  | $2,0 \cdot 10^2$                            |
| Pomieszczenia 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                          | $1,0 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^1$  | $1,0 \cdot 10^2$                            |
| Pomieszczenia szkolne:               |   |   |   |
| – sale wykładowe                     | $1,5 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^1$  | $2,0 \cdot 10^2$                            |
| – sale do ćwiczeń                    | $2,0 \cdot 10^3$  | $1,0 \cdot 10^2$  | $2,0 \cdot 10^2$                            |
| – sale gimnastyczne                  | $3,0 \cdot 10^3$  | $1,5 \cdot 10^2$  | $3,0 \cdot 10^2$                            |
| Pomieszczenia produkcyjne:           |   |   |   |
| – przemysł spożywczy                 | $6,0 \cdot 10^2$  | 0   | 0   |
| – przemysł mięsny                    | $5,0 \cdot 10^2$  | 0   | $5,0 \cdot 10^1$                            |
| – przemysł fermentacyjny             | $6,0 \cdot 10^2$  | $5,0 \cdot 10^1$  | 0   |
| – przemysł farmaceutyczny:           |   |   |   |
| – boksy dozowni                      | $1,0 \cdot 10^2$  | 0   | 0   |
| – hale produkcyjne                   | $3,0 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^1$  | $1,0 \cdot 10^2$                            |
| Pomieszczenia inwentarskie:          |   |   |   |
| – obory                              | $1,5 \cdot 10^5$  | $1,0 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^3$                            |
| – pomieszczenia dla cieląt           | $5,0 \cdot 10^4$  | $5,0 \cdot 10^2$  | $2,0 \cdot 10^3$                            |
| – stajnie                            | $5,0 \cdot 10^4$  | $5,0 \cdot 10^2$  | $5,0 \cdot 10^3$                            |
| – chlewnie                           | $2,0 \cdot 10^5$  | $2,0 \cdot 10^3$  | $1,0 \cdot 10^4$                            |
| – pomieszczenia dla prosiąt          | $5,0 \cdot 10^4$  | $1,0 \cdot 10^3$  | $5,0 \cdot 10^3$                            |
| – kurniki                            | $1,0 \cdot 10^5$  | $1,0 \cdot 10^3$  | $2,0 \cdot 10^3$                            |

Pierwsze polskie normy dotyczące badań mikrobiologicznych w kierunku ochrony czystości powietrza powstały prawie sto lat po pierwszej propozycji *Bujwida*. Był to zestaw pięciu 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 oznaczanie 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), (tab. 9 i 10). Metoda wolumetryczna zalecana we wspomnianych normach polegała na zastosowaniu, tzw. płuczek bełkotkowych typu Zajcewa i odwoływała się do dość dziś już odległych w czasie technik, bo zaproponowanych w innej polskiej normie PN-69/C-13047 pod koniec lat 60. Wszystkie wymienione akty prawne dotyczyły wyłącznie powietrza atmosferycznego (imisji) i od czasu ich wprowadzenia w życie nie wypracowano żadnych innych propozycji, w których by opisano

metody badań mikrobiologicznych powietrza i określono najwyższe dopuszczalne stężenia mikroorganizmów w środowisku.

**Tabela 9.**

**Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego bakteriami (PN-89/Z-04111/02)**

| Ogólna liczba bakterii  | Liczba   |   |   |   | Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego                      |
|---|--|---|---|---|---|
|   | promieniowców  | <i>Pseudomonas fluorescens</i>                                    | gronkowców hemolizujących   |   |   |
|   |  |   | hemoliza typu   |   |   |
|   |  |   | $\alpha$  | $\beta$   |   |
| poniżej $1,0 \cdot 10^3$<br>od $1,0 \cdot 10^3$ do $3,0 \cdot 10^3$<br>powyżej $3,0 \cdot 10^3$ | poniżej $1,0 \cdot 10^1$<br>od $1,0 \cdot 10^1$<br>do $1,0 \cdot 10^2$<br>powyżej $1,0 \cdot 10^2$ | brak<br>$5,0 \cdot 10^1$<br>i poniżej<br>powyżej $5,0 \cdot 10^1$ | brak<br>$2,5 \cdot 10^1$<br>i poniżej<br>powyżej $2,5 \cdot 10^1$ | Brak<br>$5,0 \cdot 10^1$<br>i poniżej<br>powyżej $5,0 \cdot 10^1$ | niezanieczyszczone<br>średnio zanieczyszczone<br>silnie zanieczyszczone |

**Tabela 10.**

**Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego grzybami (PN-89/Z-04111/03)**

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

Brak ogólnie ustalonych wytycznych dotyczących oceny ekspozycji na bioaerozole nie ogranicza się wyłącznie do polskiej sfery unormowań prawnych. Wartości graniczne narażenia zawodowego lub zalecane wartości progowe dla mikroflory powietrza i substancji pochodzenia drobnoustrojowego również w skali światowej nie są nadal wypracowane lub nie mają statusu prawnych regulacji. W tej sytuacji, oceny higienicznej badanego środowiska zawodowego, a także i pozazawodowego dokonuje się na podstawie propozycji normatywów higienicznych lub wytycznych, określając wartości progowe stężenia mikroorganizmów w powietrzu dla poszczególnych klas pomieszczeń.

*Dutkiewicz i Mołocznik (1993)* opracowali szczegółowe normatywy higieniczne, w których określono wartości najwyższych dopuszczalnych stężeń (traktowanych jako norma fakultatywna lub pomocnicze wartości referencyjne) w środowisku pracy zanieczyszczonym pyłem organicznym (tab. 11). Zaproponowane wartości dotyczyły stężeń (uzyskanych na bazie pomiarów wolumetrycznych): ogólnej liczby bakterii mezofilnych, bakterii Gram-ujemnych, termofilnych promieniowców, grzybów i endotoksyny bakteryjnej, dla której zaproponowano zastosowanie testu Limulus. W propozycji tej założono ponadto zastosowanie do pobierania prób przyrządu oddzielającego frakcję respirabilną i zmniejszenie proponowanych wartości o połowę, o ile wartość tej frakcji będzie stanowiła 50 lub więcej procent całości mikroflory.



**Tabela 11.**

**Propozycje dopuszczalnych stężeń drobnoustrojów i endotoksyny w powietrzu** (*Dutkiewicz, Mołocznik 1993; Górny, Dutkiewicz 2002*)

| Czynnik mikrobiologiczny                              | Dopuszczalne stężenie   |   |
|---|---|---|
|   | pomieszczenia robocze zanieczyszczone pyłem organicznym                       | pomieszczenia mieszkalne, urzędy                              |
| Bakterie mezofilne                                    | $1,0 \cdot 10^5$ CFU/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>                              | $5,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup>                           |
| Bakterie Gram-ujemne                                  | $2,0 \cdot 10^4$ CFU/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>                              | –   |
| Termofilne promieniowce                               | $2,0 \cdot 10^4$ CFU/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>                              | –   |
| Grzyby  | $5,0 \cdot 10^4$ CFU/m <sup>3</sup> <sup>a</sup>                              | $5,0 \cdot 10^3$ CFU/m <sup>3</sup>                           |
| Bakterie i grzyby zaliczone do 3 i 4 klasy zagrożenia | 0 CFU/m <sup>3</sup>  | 0 CFU/m <sup>3</sup>  |
| Endotoksyna bakteryjna                                | $2,0 \cdot 10^{-1}$ µg/m <sup>3</sup> (2.000 EU/m <sup>3</sup> ) <sup>#</sup> | $5,0 \cdot 10^{-3}$ µg/m <sup>3</sup> (50 EU/m <sup>3</sup> ) |

<sup>a</sup> dla frakcji respirabilnej proponowane wartości powinny być o połowę mniejsze i powinny wynosić: 50 000 CFU/m<sup>3</sup> dla bakterii mezofilnych; 10 000 CFU/m<sup>3</sup> dla bakterii Gram-ujemnych; 10 000 CFU/m<sup>3</sup> dla termofilnych promieniowców; 25 000 CFU/m<sup>3</sup> dla grzybów i 100 ng/m<sup>3</sup> (1 000 EU/m<sup>3</sup>) dla endotoksyny bakteryjnej.

# EU – jednostki endotoksyczne (ang. *endotoxin units*).

Analiza danych w piśmiennictwie przedmiotu dotyczących stężeń spotykanych w środowisku pracy zanieczyszczonym pyłem organicznym (*Dutkiewicz, Jabłoński 1989; Górny 1998*) pozwala stwierdzić, że zaproponowane przez *Dutkiewicza i Mołocznika* wartości są wyważone, pozostają w dobrej (rząd wielkości) zgodności ze światowymi propozycjami normatywów i śmiało mogą posłużyć za kanwę nowych polskich rozwiązań prawnych w dziedzinie biologicznych szkodliwości zawodowych.

Podobna sytuacja związana jest z propozycjami *Górnego i Dutkiewicza* sformułowanymi w 2002 r., a dotyczącymi środowiska wewnątrz, tj. pomieszczeń mieszkalnych i nieprzemysłowego środowiska pracy (tab. 11). Autorzy określili w nich wartości dopuszczalnych stężeń bakterii mezofilnych, grzybów i endotoksyny bakteryjnej w powietrzu na podstawie wyników pomiarów wolumetrycznych. Obie wymienione propozycje wartości normatywnych mają charakter zbliżony do arbitralnego, tj. zostały wypracowane w wyniku pomiarów środowiskowych z uwzględnieniem potencjalnej szkodliwości określonego czynnika biologicznego i powinny być traktowane jako norma fakultatywna lub pomocnicze wartości referencyjne.

### **„ŻYCIE PO...” DYREKTYWIE 2000/54/WE**

Postanowienia zawarte w dyrektywie 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady Unii Europejskiej „w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy” zostały wdrożone do prawa polskiego odnośnym zapisem w kodeksie pracy, a przygotowane rozporządzenie ministra zdrowia „w sprawie biologicznych czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki” jest w fazie uzgodnień (stan na sierpień 2004 r.).

Dyrektywa 2000/54/WE jest znaczącym aktem prawnym zawierającym postanowienia dotyczące m.in. obowiązków pracodawcy w zakresie ochrony pracowników przed działaniem czynników biologicznych, klasyfikacji czynników biologicznych stanowiących zagrożenie

zawodowe, a także wskazówek dotyczących środków bezpieczeństwa i stref bezpieczeństwa obowiązujących w laboratoriach oraz zakładach przemysłowych, w których występują szczególnie niebezpieczne czynniki zakaźne.

Logiczną konsekwencją prac nad przyjęciem i wprowadzeniem do polskiego systemu prawnego postanowień zawartych w dyrektywie 2000/54/WE jest systematyczne przyjmowanie kolejnych norm europejskich, regulujących m.in. sprawy pomiarów bioaerozoli w środowisku pracy.

Pierwszym takim aktem prawnym jest uznana w 2002 r. za normę polską PN-EN 13098 przez Polski Komitet Normalizacyjny norma europejska „Powietrze na stanowiskach pracy. Wytyczne dotyczące pomiaru zawieszonych w powietrzu mikroorganizmów i endotoksyn”. W normie tej określono warunki poboru mikrobiologicznych prób powietrza w środowisku pracy w odniesieniu do mikroorganizmów (ich całkowitej liczby oraz liczby mikroorganizmów zdolnych do wzrostu) i endotoksyn bakteryjnych. W normie zawarto podstawowe definicje i omówiono metody wolumetryczne oparte na zasadzie impakcji, impingementu lub filtracji. W postanowieniach normy dopuszczono możliwość oceny stopnia mikrobiologicznego skażenia powietrza przez oznaczenie składników komórek mikroorganizmów (endotoksyn, glukanów) oraz pierwotnych (np. ATP) i wtórnych (np. miktotoksyny) metabolitów.

Drugim aktem prawnym jest norma europejska „Powietrze na stanowiskach pracy. Oznaczanie zawieszonych w powietrzu endotoksyn” uznana za normę polską PN-EN 14031 w 2004 r. W normie tej zawarto informacje na temat: metod poboru prób w celu stwierdzenia obecności w powietrzu endotoksyn bakteryjnych, transportu pobranych w środowisku prób do laboratorium, ich przechowywania i wyznaczania w nich poziomu endotoksyn wraz z podaniem wymagań dotyczących sprzętu laboratoryjnego i przeprowadzenia analiz. W omawianej normie zaleca się stosowanie kinetycznej chromogennej modyfikacji testu LAL, lecz dopuszcza się jednocześnie i inne metody analityczne, tj. chromatografię cieczową (HPLC) oraz chromatografię gazową i spektrometrię masową (GC-MS).

Mankamentem obu wspomnianych aktów prawnych (podobnie zresztą jak i dyrektywy 2000/54/WE) jest jednak to, że nie podano w nich wartości dopuszczalnych stężeń mikroorganizmów i endotoksyn w powietrzu, co stawia pod znakiem zapytania ich skuteczność w dziedzinie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na czynniki biologiczne w miejscu pracy.

## OCENA ZAGROŻENIA

Z analizy przedstawionego powyżej *status quo ante* i *status praesens* w dziedzinie unormowań prawnych dotyczących zagrożeń związanych z biologicznymi czynnikami szkodliwymi nasuwa się pytanie: w jaki sposób należy dokonywać oceny zagrożenia przy braku kryteriów interpretacyjnych pomiarów?

Sytuacja w tej dziedzinie byłaby idealna, gdyby normy ilościowe oparte na udowodnionej epidemiologicznie i eksperymentalnie relacji między stężeniem danego biologicznego czynnika szkodliwego a skutkiem zdrowotnym wywołanym jego oddziaływaniem były dostępne. Tak jednak nie jest, a nim tak się stanie, wydaje się, że w tego typu ocenie istotne jest przede wszystkim: zrozumienie natury samego zjawiska, określenie potencjalnych skutków zdrowotnych wywołanych działaniem danego czynnika, wypracowanie takiej hipotezy, którą można poddać testowaniu, a także wybór adekwatnego pomiaru czynników biologicznych (najczęściej w powietrzu). Niemniej jednak w celu ograniczenia narażenia przez osiągnięcie wysokiej jakości powietrza w środowisku oraz ułatwienia interpretacji uzyskiwanych danych pomiarowych powinno się dążyć w najbliższej przyszłości do określenia wartości referencyj-

nych i (lub) dopuszczalnych stężeń najpowszechniejszych kategorii mikroorganizmów i endotoksyny bakteryjnej w powietrzu zarówno przemysłowego środowiska pracy, jak i nieprzemysłowego środowiska wewnątrz. Umożliwiłoby to również podjęcie działań profilaktycznych, a w określonych sytuacjach także działań prewencyjnych.

## PIŚMIENNICTWO

*Berk J.B.* i in. (1980) Field monitoring of indoor air quality. W: 1979 Annual report of the energy and environment division. Berkeley, Lawrence Berkeley Laboratory, University of California.

*Binnie P.W.H.* (1990) Biological pollutants in the indoor environment. W: Indoor air pollution. Chelsea, Lewis Publishers.

Bioaerosols: assessment and control (1999) Cincinnati, ACGIH.

Bioaerosols handbook (1995). Pod red. C.S.Cox, C.M. Wathes. Boca Raton, CRC Press.

Biohazards reference manual (1986) Biosafety Committee, Waszyngton, AIHA.

Biological particles in indoor environments (1993) Report No. 12: Indoor Air Quality & its Impact on Man. Brussels-Luxembourg, CEC.

*Bourdillon R.B.* i in. (1941) A slit sampler for collecting and counting the airborne bacteria. J. Hyg. 41, 197-224.

*Bujwid O.F.K.* (1894) Bakteryje w powietrzu: sposoby badania, znaczenie i opis pospolicie znajdujących bakterii. Warszawa, Towarzystwo Lekarskie Warszawskie.

*Burge H.A.* (1990) Bioaerosols: prevalence and health effects in the indoor environment. J. Allergy Clin. Immunol. 86, 687-701.

*Buyanov V.V.* i in. (1990) Gigenicheskoye normirovanye soderzhanya v vozdukhie uslovno-patogennykh mikroorganizmov. Gig. Truda Prof. Zabol. 8, 27-30.

*DeBoer S., Morrison W.D.* (1988) The effects of the quality of environment in livestock buildings on the productivity of swine and safety of humans. A literature review. Guelph, University of Guelph.

*Charkowska A.* (1996) Czystość powietrza w pomieszczeniach szpitalnych – wymagania i kontrola. W: Problemy jakości powietrza wewnętrznego w Polsce. Warszawa, Instytut Ogrzewnictwa i Wentylacji, Politechnika Warszawska.

Chiny (2002) Chinese National Standards. Cyt. za *Z. Wang* 2002.

*Clark C. S.* (1985) Report on prevention and control. Proc. of an International Workshop: Health effects of organic dusts in the farm environment. Skokloster, Sweden, April 23-25, 1985. Am. J. Ind. Med. 10, 267-273.

Determination of fungal propagules in indoor air (1988) Ottawa, Canada Mortgage and Housing Corporation, CMHC, Paracel Laboratories.

*Donham K.* i in. (1988) Environmental and health studies in swine confinement buildings. Cyt. za *DeBoer S., Morrison W.D.* 1988.

*Dutkiewicz J., Górny R.L.* (2002) Biologiczne czynniki szkodliwe dla zdrowia – klasyfikacja i kryteria oceny narażenia. Medycyna Pracy 53, 29-39.

*Dutkiewicz J., Jabłoński L.* (1989) Biologiczne szkodliwości zawodowe. Warszawa, Państwowy Zakład Wydawnictw Lekarskich.

*Dutkiewicz J., Mołocznik A.* (1993) Zweryfikowana dokumentacja NDS dla pyłów pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Lublin, Instytut Medycyny Wsi.

*Dutkiewicz J.* i in. (2002) Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych. Wyd. 3. Lublin, Ad punctum.

Dyrektywa 2000/54/WE Parlamentu Europejskiego oraz Rady Unii Europejskiej z dnia 18 września 2000 r. w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w miejscu pracy (siódma dyrektywa szczegółowa w rozumieniu art. 16 ust. 1 dyrektywy 89/391/EWG) (2002) Official Journal of the European Communities, L. 262/21, Bruksela.

Endotoxins. Health based recommended occupational exposure limit (1998) Report of the DECOS, Den Haag, The Netherlands (Gezondheidsraad: 3 WGD) ISBN 90-5549-222-1.

*Erman M.I.* i in. (1989) Aerogennaya mikroflora zhivotnovodcheskikh i pticevodcheskikh proizvodstvennykh pomeshchennyi, kriterii eyo vrednogo deistva i gigenicheskaya reglamentatsia. Gig. Truda Prof. Zabol. 4, 19-22.

*Etkin D.S.* (1994) Indoor air quality update: biocontaminants in indoor environments. Arlington, Massachusetts CIC.

European Commission guide to good manufacturing practice. Manufacturing of sterile medicinal products. Revision to Annex 1, Bruksela (2003) (EC GMP).

*Godish T.* (1991) Indoor air pollution control. Chelsea, Lewis Publishers.

Guidelines for the assessment of bioaerosols in indoor environment (1989) Cincinnati, ACGIH.

Guidelines on assessment and remediation of *S. atra* in indoor environments. New York City Department of Health (1994) W: Fungi and bacteria in indoor air environment. Proc. of the International Conference at Saratoga Springs. October 6-7, 1994, New York, 201-207.

*Górny R.L.* (1998) Ocena właściwości aerozoli ziarnistych i bioaerozoli w mieszkaniach konurbacji górnośląskiej. Praca doktorska. Sosnowiec, Śląska Akademia Medyczna.

*Górny R.L., Dutkiewicz J.* (2002) Bacterial and fungal aerosols in indoor environment in Central and Eastern European countries. Ann. Agric. Environ. Med. 9, 17-23.

*Heida H., Barman F., van der Zee S.C.* (1995) Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composing facility. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 56, 39-43.

*Holmberg K.* (1984) Mould growth inside buildings. W: *Flannigan B.* i in.: Allergenic and toxigenic micro-organisms in houses. Symposium Supplement 70, 61S-73S. J. Appl. Bacteriol. 1991.

Indoor air quality. Biological contaminants (1988) Report on a WHO meeting, Rautavaara, 29 August-2 September 1988. WHO Regional Publications, European Series No. 31. Kopenhaga, WHO Regional Office for Europe.

Indoor air quality standard (1995) No. 95-1 Recommended for Florida IAQ Association Inc., Longwood.

International Committee of Contamination Control Societies, ICCCS (1991) Cyt. za *Whyte W.* Clean-room design. John Wiley and Sons Ltd., Baffins Lane, Chichester, West Sussex.

*Krzysztofik B.* (1992) Mikrobiologia powietrza. Warszawa, Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej.

*Laitinen S.* (1999) Exposure to airborne bacteria in occupational environments. Praca doktorska, Department of Environmental Sciences. Kuopio, University of Kuopio.

*Macher J.M., Chatigny M.A., Burge H.A.* (1995) Sampling airborne microorganisms and aeroallergens. W: Air sampling instruments for evaluation of atmospheric contaminants. Cincinnati, ACGIH 589-617.

*Malmberg P.* (1991) Microorganisms. W: Criteria documents from the export group. Solna, Arbets Milio Institutet 39-69.

*Malmros P.* i in. (1992) Occupational health problems due to garbage sorting. *Waste Management Res.* 10, 227-234.

*Maroni M.* i in. (1995) NATO's efforts to set indoor air quality guidelines and standards. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56, 499-508.

Maximum Allowable Concentrations of Harmful Substances (1993) Federacja Rosyjska, State Committee for Hygiene and Epidemiological Surveillance.

*Miller J.D.* i in. (1988) Fungi and fungal products in some Canadian houses. *Int. Biodeterior.* 24, 103-120.

*Morey P.R.* i in. (1984) Environmental studies in moldy office buildings: biological agents, sources and preventative measures. *Ann. ACGIH* 10, 21-35.

*Nevalainen A.* (1989) Bacterial aerosols in indoor air. Praca doktorska, National Public Health Institute, Helsinki.

*Nathanson T.* (1995) Indoor air quality in office buildings. A technical guide. Ottawa, Department of National Health and Welfare.

Nordic Council. Criteria documents from the Export Group (1991). Cyt. za *Nathanson* 1995.

*Ohgke H.* i in. (1987) Fungal load of indoor air in historical and newly constructed buildings used by public services. W: Proc. of the 4th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate 1, 681-684.

OSHA (1992) CFR Part 1910.1000. Tabl. Z-1-A. Limits for Air Contaminants 27.

*Palchack R.B.* i in. (1988) Airborne endotoxin associated with industrial-scale production of protein products in gram-negative bacteria. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 49, 420-421.

*Platts-Mills T.A.E., Chapman M.D.* (1987) Dust mites: immunology, allergic disease, and environmental control. *J. Allergy Clin. Immunol.* 80, 755-775.

*Platts-Mills T.A.E.* i in. (1992) Dust mite allergens and asthma: report of a second international workshop. *J. Allergy Clin. Immunol.* 1992, 89, 1046-1060.

Polska Norma PN-A-82055-19 (2000) Mięso i przetwory mięsne. Badania mikrobiologiczne: Oznaczenie zanieczyszczenia mikrobiologicznego powierzchni urządzeń, sprzętów, pomieszczeń oraz opakowań i rąk pracowników. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny.

Polska Norma PN-EN 13098 (2002) Powietrze na stanowiskach pracy – Wytyczne dotyczące pomiaru zawieszonych w powietrzu mikroorganizmów i endotoksyn. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny.

Polska Norma PN-EN 14031 (2004) Powietrze na stanowiskach pracy – Oznaczanie zawieszonych w powietrzu endotoksyn. Warszawa, Polski Komitet Normalizacyjny.

Polska Norma PN-69/C-13047 (1969) Szklany sprzęt laboratoryjny. Płuczki bełkotkowe typu Zajcewa. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.

Polska Norma PN-84/Z-04008/02 (1984) Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Wytyczne ogólne pobierania próbek powietrza atmosferycznego (imisja). Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.

Polska Norma PN-89/Z-04008/08 (1989) Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Pobieranie próbek powietrza atmosferycznego (imisja) do badań mikrobiologicznych metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.

Polska Norma PN-89/Z-04111/01 (1989) Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Postanowienia ogólne i zakres normy. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.

- Polska Norma PN-89/Z-04111/02 (1989): Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.
- Polska Norma PN-89/Z-04111/03 (1989) Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. Warszawa, Polski Komitet Normalizacji Miar i Jakości.
- Rao C.Y.* i in. (1996) Review of quantitative standards and guidelines for fungi in indoor air. *J. Air Waste Manage. Assoc.* 46, 899-908.
- Reponen T.* i in. (1990) Proposal for an upper limit of the normal range of indoor air bacteria and fungal spores in subarctic climate. W: *Proc. of the 5th Int. Conf. on Indoor Air Quality and Climate* 2, 47-50.
- Reponen T.* i in. (2001) Biological particle sampling. W: *Aerosol measurement: principles, techniques, and applications*. New York, Wiley-Interscience 751-777.
- Research methods in biological indoor air pollution (1995) W: *Occupational exposure and indoor air quality monitoring in a composting facility*. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 56, 39-43.
- Reynolds S.J.* i in. (1990) Elevated airborne concentrations of fungi in residential and office environments. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 51, 601-604.
- Rozporządzenie ministra zdrowia z dnia 3 grudnia 2002 r. w sprawie wymagań dobrej praktyki wytwarzania. DzU nr 224, poz. 1882.
- Rylander R.* (1987) The role of endotoxin for reactions after exposure to cotton dust. *Am. J. Ind. Med.* 12, 687-697.
- Solomon W.R.* i in. (1984) *Indoor air quality*. CRC Press, Boca Raton 174-191.
- Technical manual (1992) Waszyngton DC, US OSHA.
- Testing of older houses for microbiological pollutants (1991) Ottawa, Bowser Technical Inc., Canada Mortgage and Housing Corporation.
- The Practitioner's approach to IAQ investigations (1989) *Proc. of the Indoor Air Quality International Symposium*, Fairfax, AIHA, 43 i 66.
- Topley, Wilson* (1955) *Principles of bacteriology and immunology* (1955). Londyn, Arnold 2, 2275.
- US Federal Standard 209E (1992) Airborne particulate cleanliness classes for cleanrooms and clean zones. *Farmakopea Amerykańska, USP*, chapter 1116.
- Wang Z.* (2002) *Chinese National Standards (Górny – informacja autora)*.
- Wells W.F.* (1955) *Airborne contagion and air hygiene*. Cambridge, Harvard University Press.
- Whyte W.* (1991) *Cleanroom design*. Chichester, Baffins Lane, Wiley, International Committee of Contamination Control Societies, ICCCS.
- Whyte W., Bresin S.* (1993) Standard NASA – NHB 5340.2. W: *Les salles propres. Maitriser la contamination: Pourquoi? Comment?* PYC Edition, Ivry-sur-Seine.
- Yang C.S.* i in. (1993) Airborne fungal populations in non-residential buildings in the United States. W: *Proc. of Indoor Air'93*, 4, 219-224.

**Biohazards: standards, guidelines, and proposals for threshold limit values**

**A b s t r a c t**

Exposure to biological agents very often leads to adverse health effects in susceptible individuals. Development of values for biologically derived airborne contaminants seems to be necessary to prevent harmful exposure in occupational and non-occupational environments, to ensure reliability of measurement methods and proper interpretation of the results.

This paper presents an overview of existing quantitative standards and guidelines for biological agents such as bacteria, fungi, substances derived from microorganisms (endotoxins, subtilisins), animal (mite, cat and dog) allergens, for special environments such as hospitals and related facilities, as well as for microbial contamination of surface in indoor spaces where high air quality is required.

This article describes limitations of the available recommendations and discusses decision making and data interpretation issues without limit values for bioaerosols. Moreover, a special emphasis is placed in the paper on existing quantitative Polish standards and proposals for occupational exposure limits and reference limit values for work and other indoor environments.

