

Zdzisław Jan Małecki, Marek Moga, Izabela Małecka

DROBNOUSTROJE CHOROBOTWÓRCZE W POWIETRZU W UKŁADACH WENTYLACYJNO-KLIMATYZACYJNYCH

Streszczenie

Do drobnoustrojów chorobotwórczych zaliczamy mikroorganizmy, a mianowicie: drobnoustroje, mikroby, bakterie o kształtach kulistych, cylindrycznych, spiralnych, nitkowatych lub innych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Skażenia mikrobiologiczne urządzeń technologicznych oraz urządzeń i instalacji między innymi wentylacyjno – klimatyzacyjnych, mają wpływ na rozwój bakterii chorobotwórczych. Zarazki przyczepiają się do cząstek pyłu znajdującego się w powietrzu, dlatego obserwuje się wzrost liczby zarazków wraz ze wzrostem zapylenia. Urządzenia wentylacyjne (klimatyzacyjne) mogą przenosić różne bakterie chorobotwórcze np.: powodujące zapalenie płuc (choroba legionistów). Powstawanie punktu rosy („zamglone” powietrze) może przyczynić się z dużym prawdopodobieństwem do pogorszenia się warunków mikrobiologicznych (mogą wystąpić tzw. zarodki kondensacji).

Niezależnie od poprawy rozwiązań technologicznych należy likwidować pierwotne i wtórne skażenie mikrobiologiczne w pomieszczeniach o podwyższonym standardzie (wymaganiach) mikrobiologicznym, nie wolno stosować recyrkulacji powietrza.

Słowa kluczowe: drobnoustroje chorobotwórcze, mikrobiologia, recyrkulacja powietrza, punkt rosy, pył, wentylacja.

WPROWADZENIE

Wokół kuli ziemskiej, dolną warstwę powłoki przylegającej do powierzchni Ziemi, określa się mianem **troposfery**, która w naszych szerokościach geograficznych sięga do ok. 11 km. Nad troposferą rozciąga się **stratosfera**, a powyżej na wysokości od 75 do 600 km – **jonosfera**. Średnie ciśnienie spowodowane masą powietrza na jednostkę powierzchni Ziemi wynosi $p = 1,013$ bar przy założeniu równomiernej gęstości powietrza odpowiadającej ob-

liczeniowej grubości warstwy atmosfery wynoszącej 7990 m ($h = \frac{p}{\alpha x g} = \frac{1,013 \times 10^5}{1,293 \times 9,81}$).

W rzeczywistości jednak gęstość i temperatura powietrza maleją ze wzrostem wysokości.

Pod względem składu chemicznego powietrze stanowi mieszaninę różnych, trwałych w normalnym zakresie temperatury gazów, wśród których przeważają ilościowo azot (N_2 – udział: masowy 75.51%; objętościowy 78.10%), tlen (O_2 – udział: masowy 23.01%;

prof. nadzw. dr hab. inż. Zdzisław Jan MAŁECKI – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Łądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu.

dr n. med. Marek MOGA – Centrum Diagnostyki Serca „Medix” w Kaliszu.

dr inż. Izabela MAŁECKA – Instytut Badawczo-Rozwojowy Inżynierii Łądowej i Wodnej „Euroexbud” w Kaliszu

objętościowy 20,93%), argon (Ar – udział: masowy 1,286%, objętościowy 0,9325%) i dwutlenek węgla (CO_2 – udział: masowy 0,04%; objętościowy 0,03%), co stanowi sumę ich udziałów masowych około 99,99 masy powietrza [11].

W powietrzu atmosferycznym występują w określonych ilościach, zależnie od miejsca, klimatu, pory roku, pogody i wielu innych czynników jeszcze inne gazy i pary (źródło emisji: przemysł, elektrownie, gospodarstwa domowe, transport itp.) [11].

Do najważniejszych należą:

- ozon (O_3) – powstający przy wyładowaniach elektrycznych w procesach utleniania i parowania dyfuzyjnego (zawartość w atmosferze wynosząca około 0,02 do 0,1 mg/m^3),
- nadtlenek wodoru (H_2O_2) – powstaje w podobnych warunkach co ozon, ale w znacznie większych ilościach (w opadach atmosferycznych zauważalny jest w stężeniach ok. 200 mg/m^3),
- tlenek węgla (CO) – jako bardzo trujący powstaje w wyniku procesów niecałkowitego spalania w paleniskach oraz w następstwie innych procesów spalania,
- dwutlenek węgla (CO_2) – jego zawartość w powietrzu powiększa się w wyniku spalania paliw kopalnych. Szacuje się obecnie zawartość tego gazu w atmosferze na wielkość około 340 ppm. Naukowcy z zakresu meteorologii i klimatologii twierdzą, że stężenie dwutlenku węgla w atmosferze wpływa na wzrost temperatury powietrza (tzw. efekt cieplarniany) poprzez zmniejszenie wypromieniowania ciepła z powierzchni ziemi (zwiększona absorpcja promieniowania ciepłego),
- dwutlenek siarki (SO_2) – szkodliwy dla zdrowia, powstaje podczas spalania węgla i oleju opałowego, zwłaszcza na obszarach przemysłowych. W powietrzu występuje w stężeniu około 0,1 do 1 $\text{mg SO}_2/\text{m}^3$ (0,04÷0,4 ppm), przy czym wartości te ulegają znacznym wahaniom (w zimie są znacznie większe niż w lecie),
- amoniak (NH_3) – powstaje w procesach gnilnych i rozkładu. Stężenie w powietrzu atmosferycznym wynosi około 0,02 do 0,05 mg/m^3 ,
- tlenki azotu (N_2O , NO, NO_2) – są trujące i powstają podczas eksploatacji pojazdów mechanicznych i instalacji z paleniskami o temperaturze spalania powyżej 1300 °C. W powietrzu atmosferycznym występują w stężeniach 0,1-0,5 mg/m^3 (NO_2),
- ołów – jako aerozol jest bardzo trujący, w atmosferze pochodzi przede wszystkim ze spalin samochodowych. Średnie stężenie w powietrzu jest stosunkowo wysokie: 1–3 $\mu\text{g}/\text{m}^3$.

W nawiązaniu do ostatnich doniesień naukowych pochodzących ze Stanów Zjednoczonych, w oparciu o uzyskane wyniki badań, które dowodzą, że występuje znaczny stopień zagrożenia radonem, znacznie większy niż sądzono wcześniej, czego konsekwencją może być rak płuc (za wartość krytyczną przyjmuje się 500 Bq/m^3) [11].

Pył jako rozproszone w powietrzu substancje stałe o dowolnej postaci, strukturze i gęstości, które dzielimy zależnie od stopnia rozdrobnienia, a mianowicie: pył gruboziarnisty > 10 μm , pył drobnoziarnisty 1-10 μm , pył o największym stopniu rozdrobnienia < 1 μm .

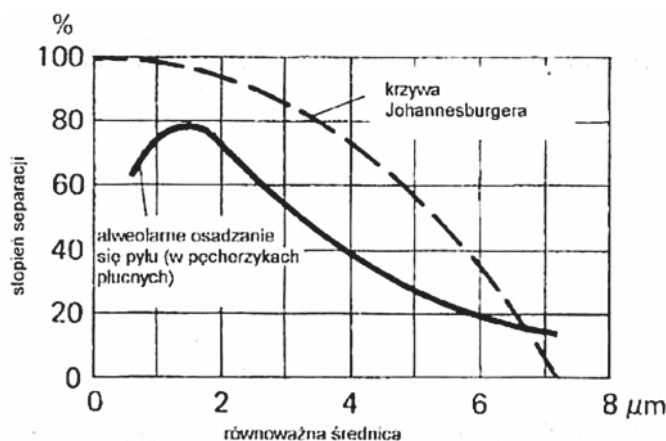
Skład chemiczny pyłu:

- składniki nieorganiczne: piasek, sadza (prawie czysty węgiel elementarny), węgiel, popiół, wapno, metale, pyły kamienne, cement oraz inne,
- składniki organiczne: cząstki roślin, nasiona, pyłki, zarodniki, cząstki włosów, włókienka tekstylne, mąka oraz inne.

Pył powstaje w naturalny sposób przez wietrzenie i rozpad, z meteorów, w następstwie oddziaływania wiatru i burz, pożarów, erupcji wulkanów, procesów gnilnych itd. Powstaje także w wyniku działalności ludzkiej, takiej jak: ogrzewnictwo, procesy spalania, mechaniczne i chemiczne procesy technologiczne, komunikacja drogowa i kolejowa, procesy ścierania odzieży i sprzętu itp.

Zawartość cząstek pyłu w wolnym powietrzu atmosferycznym jest bardzo zróżnicowana i w dużym stopniu zależy od pogody, głównie wiatru i deszczu oraz od pory dnia i roku (średnio w ciągu roku wynosi $0-0,2 \text{ mg/m}^3$). Zawartość pyłu w okresie zimowym przeważnie jest większa niż w lecie w następstwie ogrzewania i stosunkowo niskiej wilgotności względnej powietrza atmosferycznego. W lecie przeważa kurz komunikacyjny (ścieranie nawierzchni dróg). Opady atmosferyczne wpływają oczyszczająco na powietrze (po opadach deszczu powietrze charakteryzuje się podwyższoną czystością) [11].

W normalnych warunkach pył zawarty w powietrzu nie powoduje szkodliwych konsekwencji dla zdrowia, poza wpływem negatywnym na proces oddychania. Natomiast pyły przemysłowe (drobnoziarniste) z reguły oddziałują na zdrowie bardzo niekorzystnie i niebezpiecznie (pylica płuc).



Rys. 1. Podatność płuc na osadzenie się pyłów [11]

DROBNOUSTROJE CHOROBOTWÓRCZE

Do drobnoustrojów chorobotwórczych zaliczamy mikroorganizmy, a mianowicie: drobnoustroje, mikroby, bakterie o kształtach kulistych, cylindrycznych, spiralnych, nitkowatych lub innych pochodzenia roślinnego lub zwierzęcego. Mikroorganizmy rozmnażają się niezwykle szybko i najczęściej drogą podziału (grzybki rozczepowe), natomiast rozmiary tych mikroorganizmów wynoszą od $0,5-1 \text{ μm}$ o długości $1-5 \text{ μm}$. Zarazki przyczepiają się do ziaren kurzu o wielkości $> 2 \text{ μm}$, a liczba tych zarazków zawartych w powietrzu jest bardzo zmienna (na ogół ze wzrostem zawartości pyłu w powietrzu zauważa się również wzrost liczby zarazków). W zamkniętych pomieszczeniach liczba drobnoustrojów jest często jeszcze większa [17].

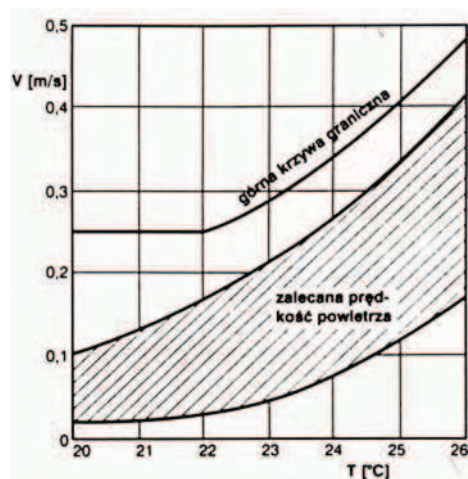
Chorobotwórcze oddziaływanie ma tylko niewielka część drobnoustrojów. Znaczna ich część ginie stosunkowo szybko w następstwie wysychania i dlatego też powietrze jest stosunkowo rzadkim czynnikiem przenoszenia chorób.

Duże niebezpieczeństwo stwarzają jednak kropelki wody powstające w następstwie punktu rosy (tzw. „zamglone” powietrze). We wszelkiego rodzaju filtrach powietrza przy zwiększonej wilgotności powietrza uwalniają się pleśnie, które wpływają na pogorszenie warunków mikrobiologicznych. Żywotność filtrów powietrza zależy przede wszystkim od obciążenia pyłem. Również wewnątrz pomieszczeń mogą powstawać pleśnie i roztocza.

Bakterie związane z chorobą legionistów (zapalenie płuc) zostały wprowadzone do powietrza poprzez urządzenia wentylacyjno-klimatyzacyjne. Choroba legionistów może doprowadzić do śmierci. Zarazki (*Legionella*) są przenoszone z aerozolami z komór zraszania powietrza i wień chłodniczych do pomieszczeń użytkowych (niedostateczna kontrola i nie zachowanie warunków higienicznych). Bakterie te rozmnażają się również w instalacjach wody użytkowej w niskich temperaturach [6, 15, 16, 18, 20].

Łagodniejszą formą przebiegu choroby legionistów jest Gorączka Pontiac (dolegliwość podobna do grypowych). Optymalne warunki do wzrostu zarazków (*Legionella*) powodujących chorobę legionistów zawierają się w przedziale temperatury od 32 do 42 °C. Natomiast w temperaturze 65 °C ulegają one inaktywacji [11]. W miarę skutecznymi środkami zaradczymi (ochronnymi) przed rozmnażaniem się bakterii m.in. choroby legionistów w układach wentylacyjno-klimatyzacyjnych są wykonywane n/w czynności (sposoby):

- staranny dobór miejsca czerpania powietrza świeżego z otoczenia [3],
- czyszczenie i dezynfekcja sekcji central wentylacyjno-klimatyzacyjnych i instalacji sanitarnych (w tym kanałów wentylacyjnych),
- eliminowanie do minimum powstawania w układach wentylacyjnych punktu rosy („zamglenie” powietrza) [2, 5, 6, 8],
- stosowanie nawilżania parowego powietrza kondycjonowanego [4, 6, 7, 8],
- stosowanie promienników wbudowanych w urządzenia wentylacyjne (np. katalityczna jonizacja powietrza) w zakresie nadfioletu o długości fali 253,7 nm skutecznie zabijającej zarazki,
- rozpylanie na mgłę lub odparowywanie odpowiednich chemikaliów,
- stosowanie wysoko skutecznych filtrów powietrza (np. typu HEPA) ewentualnie w połączeniu z filtrami elektrostatycznymi (sterylne laboratoria i inne) [6, 7, 8],
- poprzez odpowiednie kierowanie strumieniami powietrza nie dopuścić by mikroorganizmy gromadziły się w miejscach niepożądanych (dynamiczne zapobieganie zanieczyszczeniom),
- znaczne obniżanie stężeń związków fizyko-chemicznych (składników) i bakterii w następstwie nawiewania powietrza świeżego (zewnętrznego),
- w kanałach nawiewowym i wywiewnym przechodzących przez pomieszczenia o różnych wymaganiach mikrobiologicznych (sanitarnych) powinny być zamontowane szczelne przepustnice zamykane w momencie wyłączenia centrali wentylacyjnej (klimatyzacyjnej) [11],
- stosowanie wentylacji naciśnieniowej w pomieszczeniach, w których względy technologiczne wymagają utrzymania szczegółowej czystości powietrza (warunków mikrobiologicznych) [11],



Oznaczenia: V – prędkość strumienia powietrza [m/s]
T – temperatura w pomieszczeniu [°C]

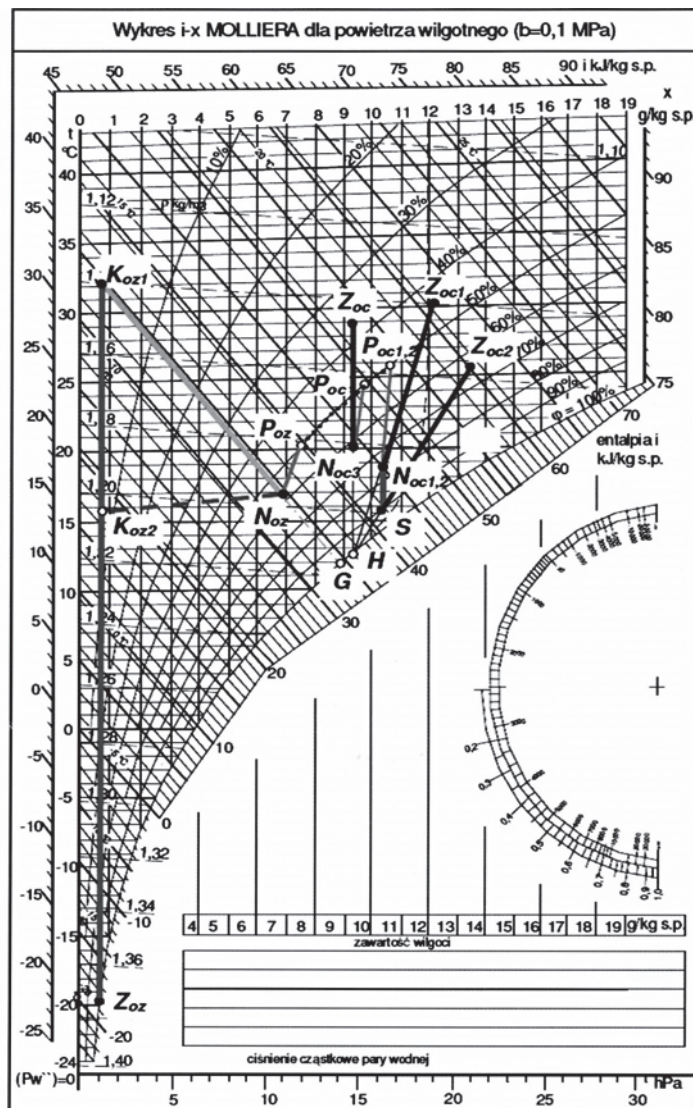
Rys. 2. Zalecana prędkość strumienia powietrza ze względu na samopoczucie człowieka

- zapewnienie, aby cała objętość strumienia powietrza wentylowanego uczestniczyła (brała udział) w asymilacji lub rozcieńczeniu zanieczyszczeń,
- przy wejściach zewnętrznych do pomieszczeń produkcyjnych (laboratoryjnych itp.) w przypadku braku śluz sanitarnych należy stosować kurtyny powietrzne,
- wskazane jest odprowadzenie z instalacji wentylacyjnej ładunków elektrostatycznych,
- przeprowadzanie kontroli stanu higienicznego instalacji klimatyzacyjnych wraz z wykonaniem monitoringu środowiska wewnętrznego pomieszczeń, gdzie występują wymagane podwyższone warunki mikrobiologiczne.

Tabela 1. Krotność wymian powietrza i głośność (zalecenia) dla wybranych pomieszczeń [8]

Rodzaj pomieszczeń	LW/h	Poziom dźwięku dB	Uwagi
Ubikacje zakładowe	8–15	50	Wywiew
Akumulatorownie	5–10	70	Wersja przeciwybuchowa
Biura	4–8	45	
Prysznice	15–25	65–70	Ogrzewanie wstępne
Garaże	ca. 5	70	Wywiew
Laboratoria	8–15	60	Wywiew, ex. kwasood.
Przebieralnie	6–8	60	Wywiew
Warsztaty:			
• duże zabrudzenia powierzchni	10–20	60–70	
• małe zabrudzenia powierzchni	3–6	60–70	

Zawarte w powietrzu małe cząsteczki zanieczyszczeń o średnicach ok. $0,01\text{--}0,1\ \mu\text{m}$, na których w warunkach przesylenia powietrza skrapla się para wodna oznaczają środek kondensacji. Z powodu małych wymiarów ośrodki te poruszają się nie spełniając „prawa Stokesa”. Często tego rodzaju ośrodki można określić jako ciała rozpuszczone lub rozproszone w powietrzu w formie zawiesiny, określane jako całość mianem układu koloidalnego. Ośrodki kondensacji mają często ładunki dodatnie lub ujemne tworząc jony (małe o wymiarach ok. $0,1\ \text{nm} = 10^{-8}\ \text{cm}$; duże – pył o wymiarach $1\ \mu\text{m} = 10^{-4}\ \text{cm}$).



Rys. 3. Przebieg przemian stanu powietrza podczas przepływu przez urządzenie klimatyzacyjne z bezpośrednią regulacją wilgotności względnej i przez pomieszczenie [8]

PODSUMOWANIE

Hipokrates, starożytny lekarz z Kos (460–377 r. p.n.e.), jako pierwszy zwrócił uwagę na wpływ czystości powietrza na stan zdrowia człowieka stwierdzając: „*Gorączka epidemiczna jest spowodowana przez powietrze. Ponieważ wszyscy ludzie oddychają tym samym powietrzem, wówczas, gdy jest ono zainfekowane zanieczyszczeniami wrogimi dla rasy ludzkiej, człowiek staje się chory*”.

Problem zagrożenia wynikającego z infekcji bakteryjnej w następstwie przebywania w zanieczyszczonym środowisku powietrznym (wewnętrznym i zewnętrznym), tak samo jak za czasów Hipokratesa, również i dzisiaj jest niezwykle istotny. Analizowany jest on w wielu aspektach m.in. higienicznym, zdrowotnym oraz technologicznym.

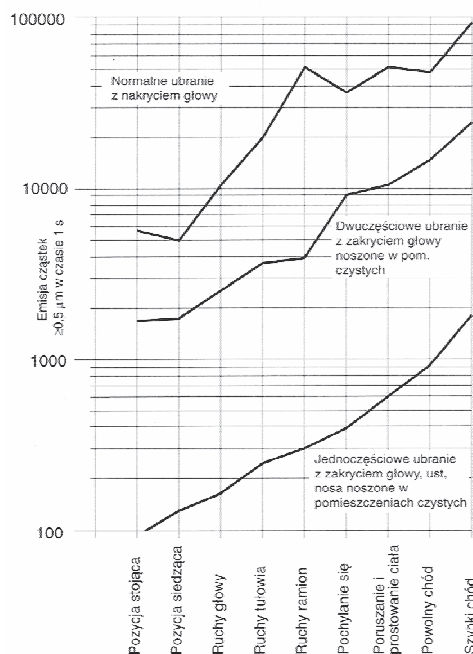
Bakterie jako mikroorganizmy jednokomórkowe, które mogą rozwijać się w koloniach i mają kształt kuli, prętów lub spiralki. Użyteczne jest ich klasyfikowanie pod kątem ich zapotrzebowania na tlen, a mianowicie bakterie: tlenowe (aerobowe) wymagają tlenu cząsteczkowego do przeżycia, podczas gdy bakterie beztlenowe (anaerobowe) rozwijają się przy braku tlenu, który może być dla nich toksyczny. Z kolei bakterie fakultatywne (dowolne) mogą rozwijać się w warunkach aerobowych albo anaerobowych [17].

Jednym z trudniejszych zadań wentylacji (klimatyzacji) w pomieszczeniach o podwyższonych warunkach mikrobiologicznych jest przeciwdziałanie tzw. infekcjom bakteryjnym przenoszonym przez mikroorganizmy. W pomieszczeniach, gdzie wymagane są podwyższone (wysokie) standardy mikrobiologiczne (np. laboratoria, przemysł spożywczy itp.) zadaniem układów wentylacyjno-klimatyzacyjnych, poza stworzeniem i zachowaniem odpowiednich warunków ergonomicznych, jest także ograniczenie liczby zarazków w powietrzu oraz zapobieganie ich rozprzestrzenianiu się.

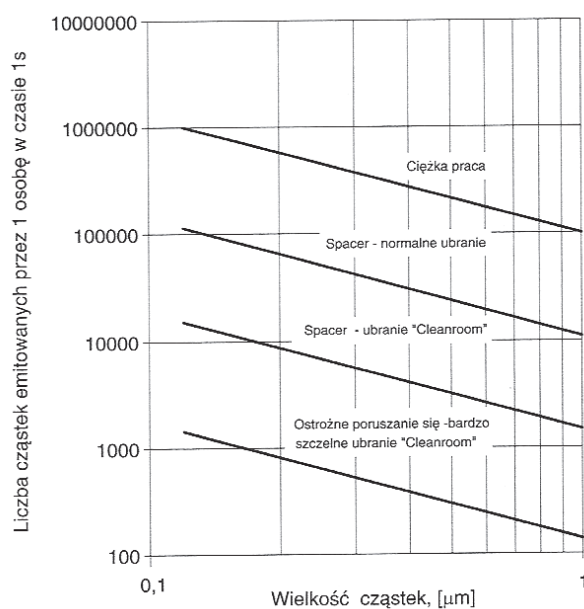
Poza mikroorganizmami, z pomieszczeń o podwyższonym (wysokim) standardzie, trzeba także usuwać zanieczyszczenia pyłowe, zapachowe, zanieczyszczenia pochodzące od różnych innych substancji. Instalacje nawiewne i wyciągowe powinny posiadać na wlocie (czerpaniu) i wylocie (wyrzucie) szczelne przepustnice, które zamykają się podczas wyłączonej centrali wentylacyjnej (postoju). Dla ograniczenia wzrostu mikroorganizmów na filtrze wilgotność względna nie powinna przekraczać 70%. Pomieszczenia o różnym poziomie wymagań mikrobiologicznych (sanitarnych) nie mogą być łączone we wspólny układ wentylacji mechanicznej [5, 6, 8].

Tabela 2. Orientacyjna charakterystyka zapylenia powietrza atmosferycznego [8]

Lokalizacja obiektu	Stężenie średnie mg/m ³	Stężenie średnie ziaren, μm	Maksymalne stężenie ziaren, μm
Teren pozamiejski			
Bez deszczu	0,15	2,0	25,0
W czasie deszczu	0,005	0,8	4,0
Teren miejski			
Dzielnice mieszkaniowe	0,40	7,0	60,0
Dzielnice przemysłowe	0,75	20,0	100,0
Centra miast, duża koncentracja przemysłu	3,0	60,0	1000,0



Rys. 4. Liczba cząstek o średnicy $> 0,5 \mu\text{m}$ emitowanych w czasie 1 sekundy przez człowieka ubranego w odzież zwykłą oraz w odzież noszoną w pomieszczeniach czystych [2]



Rys. 5. Liczba cząstek o różnych wymiarach emitowanych w czasie 1 sekundy przez człowieka ubranego w odzież zwykłą oraz w odzież noszoną w pomieszczeniach czystych [14]

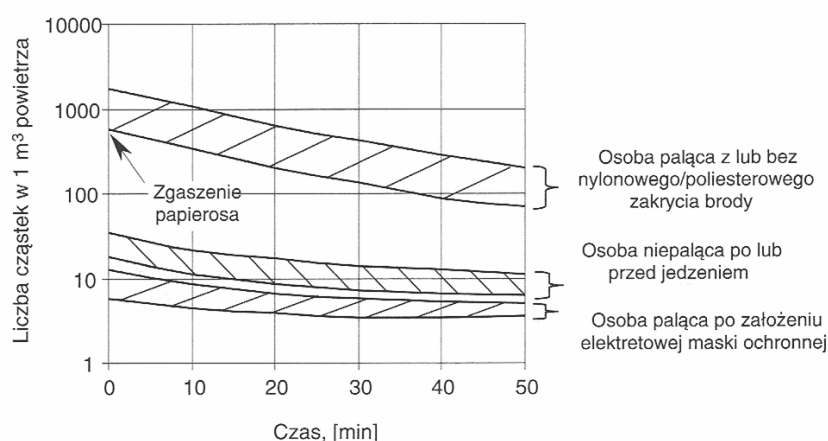
W laboratoriach (przemysle spożywczym): biologicznych (pracownie biochemiczne, mikrobiologiczne, hodowli tkanek, biotechnologiczne, immunologiczne, botaniczne, farmakologiczne, toksykologiczne itp.), chemicznych (pracownie chemii nieorganicznej, organicznej oraz laboratoria analityczne), zwierzęcych, fizycznych, krotność wymian powietrza powinna wynosić:

- w małych pomieszczeniach (do 30 osób) $8\text{--}12\text{ h}^{-1}$
- w dużych pomieszczeniach (do 100 osób) $6\text{--}8\text{ h}^{-1}$

Natomiast strumień objętości nawiewanego powietrza powinien wynosić co najmniej $25\text{ m}^3/\text{h}$ na jednostkę powierzchni użytkowej pomieszczenia i być o 10% mniejszy od strumienia powietrza wywiewanego. Należy nawiewać tylko powietrze zewnętrzne nawet w przypadku występowania najniższych temperatur zewnętrznych. W pomieszczeniach o podwyższonym standardzie (wymaganiach) mikrobiologicznych **nie wolno stosować recyrkulacji powietrza** (względy ekonomiczne nie mogą decydować o narażeniu człowieka na choroby lub utratę życia) [6, 8].

W przypadku stosowania częściowej recyrkulacji powietrza w pomieszczeniach o podwyższonych wymaganiach mikrobiologicznych występuje duże prawdopodobieństwo powstawania punktu rosy (tzw. „zamglenie” powietrza), co sprzyja rozwojowi bakterii i powstawaniu często nowych, nierozpoznanych związków chemicznych, które mogą przedostawać się do procesów technologicznych (skażenie chemiczne produktu) szczególnie w czasie mycia i dezynfekcji urządzeń technologicznych pomimo stosowania nawet odciągów technologicznych oraz lokalizacyjnych (miejscowych), ale także z dużą dozą prawdopodobieństwa w czasie produkcji [6, 8, 11, 15, 16, 20].

Niedotrzymanie odpowiednich wymagań w zakresie czystości powietrza prowadzi bowiem do powstawania i rozwoju zagrożeń mikrobiologicznych. Jak wykazały liczne badania zastosowanie odpowiedniego sposobu przygotowania powietrza nawiewanego do pomieszczeń o podwyższonych wymaganiach mikrobiologicznych jest jego wysoko skuteczne oczyszczenie, a także właściwe zaprojektowanie układu wentylacyjnego (klimatyzacyjnego) z uwzględnieniem układu ciśnienia powietrza pomiędzy sąsiadującymi pomieszczeniami.



Rys. 6. Liczba cząstek emitowanych przez osoby palące i niepalące [1]

Zgodnie z zaleceniami Światowej Organizacji Zdrowia (WHO) budynki, w których ponad 30% użytkowników jest niezadowolonych z warunków mikroklimatu wewnętrznego zaliczane są do tzw. budynków chorych („syndrom chorych budynków” – SBS – Sick Buildings Syndrome) [8]. W pomieszczeniach, gdzie wymagane są standardy podwyższonych warunków mikrobiologicznych nie powinno się kwestionować konieczności projektowania oraz wykonywania coraz lepszych, nowoczesnych systemów doprowadzania i odprowadzania powietrza z tychże pomieszczeń. Łączy się to z ogromnymi nakładami finansowymi, ale są one niezbędne tam, gdzie w grę wchodzi ochrona zdrowia i życia ludzi. W ostatnich latach w obliczu stosunkowo szybkiego postępu technicznego i technologicznego w na-

Tabela 3. Przybliżone wartości stężenia mikroorganizmów wydzielanych przez ludzi [1]

Źródło mikroorganizmów	Ilość kolonii mikroorganizmów	Jednostka
Skóra – ogólnie	$1 \div 1550$	JTK/cm ²
Dłonie	$100 \div 1000$	JTK/cm ²
Czoło	$10^4 \div 10^3$	JTK/cm ²
Owłosiona skóra głowy	10^6	JTK/cm ²
Dół pachowy	$10^6 \div 10^7$	JTK/cm ²
Kichnięcie	4×10^4	JTK/ 1 raz
Kaszel	710	JTK/ 1 raz
Rozmowa	36	JTK/ 100 słów
Ślina	10^8	JTK/ml

Tabela 4. Dopuszczalne wartości stężeń pyłu zawieszonego ogółem i pyłu zawieszonego PM10 w powietrzu atmosferycznym dla tzw. obszarów zwykłych [13]

Rodzaj pyłu	Dopuszczalne wartości stężeń w µg/m ³ w odniesieniu do okresu		
	30 min.	24 h	roku
Pył zawieszony ogółem	350 ⁽¹⁾	150	75
Pył zawieszony PM10	280 ⁽¹⁾	125 50 do 2005 r.	50 30 do 2005 r. 20 do 2010 r.

⁽¹⁾ – wielkości normowane tylko do obliczeń

Tabela 5. Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego ze względu na obecność grzybów wg PN-89/Z-04111/03

Ogólna liczba grzybów w 1 m ³ powietrza atmosferycznego	Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
Od 3000 do 5000	Przeciętne czyste powietrze atmosferyczne, zwłaszcza w okresie późnojesiennym i wczesnojesiennym
Powyżej 5000 do 10 000	Zanieczyszczenie mogące negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka
Powyżej 10 000	Zanieczyszczenie zagrażające środowisku naturalnemu człowieka

szym kraju, często kosztem zdrowia człowieka zauważa się coraz częściej rażące odstępstwa między innymi ze strony producentów produktów żywnościowych od przestrzegania reżimów ergonomicznych i mikrobiologicznych (sanitarnych) oraz związanych także z ochroną środowiska [8].

Tabela 6. Ocena stopnia zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego ze względu na obecność bakterii wg PN-89/Z-04111/03

Ogólna liczba bakterii	Liczba				Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
	Promieniowców	Pseudomonas fluorescens	Gronkowców hemolizujących		
			Hemoliza typu		
			α	β	
Poniżej 1000	10	brak	brak	brak	niezanieczyszczone
Od 1000 do 3000	10 – 100	50 i poniżej	25 i poniżej	50 i poniżej	średnio zanieczyszczone
Powyżej 3000	powyżej 100	powyżej 50	powyżej 25	powyżej 50	silnie zanieczyszczone

Tabela 7. Porównanie klasyfikacji powietrza

Kraj	Polska		Niemcy	Europa
Podstawa klasyfikacji	PN-B-76003 (BN-88/8962-05)	pr PN-EN 779 pr PN-EN 1822-1	DIN 24 185 pr DIN 24 183 DIN 24 184	EN 779 pr EN 1822-1
Filtry wstępne ⁽¹⁾	A1	G1	EU1	G1
	A2			
Filtry dokładne ⁽¹⁾	B1	G2	EU2	G2
	B2	G3	EU3	G3
		G4	EU4	G4
Filtry bardzo dokładne ⁽¹⁾	C	F5	EU5	F5
		F6	EU6	F6
		F7	EU7	F7
		F8	EU8	F8
Filtry aerozoli koloidalnych ⁽¹⁾	Q	F9	EU9	F9
		H10		H10
	R	H11	EU11	H11
		H12	EU12	H12
		H13	EU13	H13
	S	H14		H14
		U15	EU14	U15
		U16		U16
U17			U17	

⁽¹⁾ – nazwa grupy filtrów zgodnie z PN-B-76003 (BN-88/8692-05)

LITERATURA

1. Kozicki M.N., i in.: Cleanrooms. Facilities and Practices. Nan Nostrand Reinhold, New York 1990.
2. Detzer R.: Advances in clean-room technology. Klima Kälte Heizung, Special Issue, International Edition '89, Clima 2000-Interclime-Clima Expo, (Zagreb), 1989, p. 10-14.
3. Malicki M.: Wentylacja i klimatyzacja. Arkady, Warszawa 1977.
4. Małecki Z., Małecka I., Staszewski Z.: Uwarunkowania dotyczące stosowania nawilżania powietrza w układach klimatyzacyjnych w przemyśle spożywczym. Zeszyty Naukowe – Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 1, 2009.
5. Małecki J. Z., Moga M.: Poprawa warunków ergonomicznych powietrza w przemyśle spożywczym, Zeszyty Naukowe – Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 1, 2009.
6. Małecki J. Z., Małecka I.: Poprawa stanu powietrza w przemyśle spożywczym, Zeszyty Naukowe – Inżynieria Lądowa i Wodna w Kształtowaniu Środowiska, nr 2, 2010.
7. Nantka M., Słaby A.: Wentylacja istniejących obiektów przemysłowych. Informacja INSTAL 10/1998.
8. Pelech A.: Wentylacja i klimatyzacja. Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2009.
9. PN-78/B-03421, Wentylacja i klimatyzacja. Parametry obliczeniowe powietrza wewnętrznego w pomieszczeniach przeznaczonych do stałego przebywania ludzi.
10. PN-89/Z-04111/02, Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
11. Recknagel, Sprenger, Schramek: Poradnik. Ogrzewnictwo, klimatyzacja, ciepła woda, chłodnictwo, Wyd. Politechniki Wrocławskiej, OMNI SCALA, Wrocław 2008.
12. Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 12.04.2002 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać budynki i ich usytuowanie.
13. Rozporządzenie Ministra Ochrony Środowiska, Zasobów Naturalnych i Leśnictwa z dn. 28.04.1998 r. w sprawie dopuszczalnych wartości stężeń substancji zanieczyszczających w powietrzu (Dz. U. Nr 55/98, poz. 355).
14. The Clean Way. Camfil. CD-ROM, 1996.
15. Sadosky A.B., Wilson J.W., Steinmah H.M., Shuman H.A.: The iron sueproxide dismutase of Legionella pneumophila ist essential for viability. Journakl of Bacteriology, 176(12), 1994: 3790-3799.
16. Stanley E. Manahan: Toksykologia środowiska – aspekty chemiczne i biochemiczne. Wydawnictwo naukowe PWN, Warszawa 2006.
17. Szykiewicz Z.: Mikrobiologia. PWN, Warszawa 1975.
18. Śliwowski L.: Mikroklimat wnętrz i komfort cieplny ludzi w pomieszczeniach. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2000.
19. VDI 2083, Part 6, Cleanroom Technology, Personel at the clean work pace, November 1996.
20. Yu V.: Could Aspiratio Be the Major Mode of Transmission for Legionella? The American Journal of Mecicine, Vol. 95, July 1993: 13-15.

KRANKHEITSERREGENDE MIKROORGANISMEN IN LUFT UND LÜFTUNGS-KLIMAAANLAGEN

Zusammenfassung

Zu den krankheitserregenden Mikroorganismen gehören solche Kleinstlebewesen wie: Mikroorganismen, Mikroben, Bakterien (Kokken, Stäbchen, Spirillen und andere), die von pflanzlicher oder tierischer Herkunft sind. Das mikrobiologische Verpesten der technologischen Anlagen darunter auch Lüftungs-Klimaanlagen hat einen Einfluss auf die Entwicklung der krankheitserregenden Bakterien. Die Krankheitserreger heften sich an Staubpartikel in der Luft. Je höher also die Verstaubung desto höhere ist die Zahl der Krankheitserreger. Die Lüftungs-Klimaanlagen können verschiedene krankheitserregende Bakterien übertragen und dadurch z.B.: Lungenentzündung (Legionellose) verursachen. Die Entstehung des Taupunkts („Nebelluft“) kann auch mit hoher Wahrscheinlichkeit zur Verschlechterung der mikrobiologischen Bedingungen beitragen (Vorkommen sog. Kondensationskeime)

Unabhängig von der Verbesserung der technologischen Lösungen soll man in Räumen mit erhöhtem mikrobiologischem Standard (Erforderung) primäre und sekundäre Verpestenursachen beseitigen. In solchen Räumen soll man keine Luftzirkulation anwenden.

Schlüsselworte: krankheitserregende Mikroorganismen, Mikrobiologie, Luftzirkulation, Taupunkt, Staub, Lüftung

PATHOGENIC MICROORGANISMS IN AIR AND VENTILATION & AIR-CONDITIONING SYSTEMS

Summary

Pathogenic microorganisms include microorganisms, microbes, spherical, cylindrical, spiral and filamentous bacteria of plant or animal origin. Microbiological contamination of process equipment as well as ventilation and air-conditioning systems contribute to development of pathogenic bacteria. Germs get attached to dust particles hovering in air. That is why growth of germ quantity can be seen as dustiness increases.

Ventilation (air-conditioning) equipment may transport various pathogenic bacteria, for instance, causing pneumonia (legionnaires disease). Formation of dew point (“misty” air) is likely to worsen microbiological conditions (condensation nucleuses).

Regardless of improved technological solutions primary and secondary microbiological contamination has to be eliminated in rooms of higher microbiological standard (requirements); air recirculation may not be employed.

Key words: pathogenic microorganisms, air recirculation, dew point, dust, ventilation.