

dr MAŁGORZATA GOŁOFIT-SZYMCZAK (ORCID: 0000-0003-1463-404X)

Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy

Kontakt: magol@ciop.pl

DOI: 10.5604/01.3001.0014.0201

# Szkodliwe czynniki biologiczne w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych

Transport drogowy jest w Polsce najbardziej powszechnym sposobem przemieszczania się ludzi i przewożenia towarów. W celu zwiększenia komfortu użytkownika, samochody wyposażane są w instalacje klimatyzacyjne. W miarę wydłużenia się okresu eksploatacji, samochodowe instalacje klimatyzacyjne mogą ulegać zanieczyszczeniu i stanowić źródło mikrobiologicznego skażenia powietrza wewnątrz pojazdów. Zmniejszeniu narażenia użytkowników pojazdów służy właściwe użytkowanie oraz systematycznie serwisowanie klimatyzacji.

*Słowa kluczowe: szkodliwe czynniki biologiczne, instalacje klimatyzacyjne, samochody*

## Harmful biological agents in automobile air-conditioning systems

The road transport is the most common means of communication in Poland. To improve the comfort, the cars are equipped with air conditioning installation. As the service life increases, automobile air-conditioning systems can become polluted and be a source of microbiological contamination of inside vehicles. In order to reduce the exposure of vehicle users, the car air conditioning system should be properly used and regularly serviced.

*Keywords: harmful biological agents, air-conditioning systems, cars*



Fot. nbnserge/Bigstockphoto

## Wstęp

Transport drogowy jest w Polsce najbardziej powszechnym sposobem przemieszczania się ludzi i przewożenia towarów. Codziennie tysiące osób spędza wiele godzin w różnego typu pojazdach samochodowych. Ogólna liczba zarejestrowanych pojazdów samochodowych w Polsce według stanu na 31 grudnia 2018 r. wynosiła 30,8 mln, w tym 23,4 mln to samochody osobowe, 3,3 mln – ciężarowe i 119,5 tys. autobusy. Przeciętne zatrudnienie na podstawie stosunku pracy w transporcie w sektorze publicznym wyniosło w 2018 r. 158,1 tys. osób, natomiast w sektorze prywatnym 464,8 tys. osób [1].

W celu zwiększenia komfortu użytkownika wiele samochodów wyposażonych jest w instalacje klimatyzacyjne. Po raz pierwszy rozwiązanie to zastosowano w 1933 r. w USA i od tego czasu systematycznie obserwuje się wzrost liczby samochodów osobowych, wyposażonych

w tę technologię (zwłaszcza w XXI wieku). Wśród modeli wyprodukowanych przed 2000 r. samochody z klimatyzacją stanowiły niespełna 50%, natomiast wśród aut młodszych ten odsetek jest zdecydowanie większy – w 2013 r. było to już 74% [2]. Zadaniem samochodowej instalacji klimatyzacyjnej jest zapewnienie odpowiedniej jakości powietrza wewnątrz auta. Najważniejsze parametry powietrza, które można regulować w klimatyzowanym wnętrzu, to temperatura i wilgotność względna. Ich wartości zależą od rodzaju instalacji, którą zastosowano do uzdatniania powietrza.

Sprawnie działający system klimatyzacji samochodowej gwarantuje komfort kierowcy i pasażerowi, zapewniając np. chłodne powietrze w okresie letnim, a także ochronę przed zanieczyszczonymi cząstkami stałymi powietrzem zewnętrznym. Celem artykułu jest opis zanieczyszczeń o podłożu biologicznym, które mogą zakłócić sprawność systemu klimatyzacji.

## Szkodliwe czynniki biologiczne w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych

W samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych panują zazwyczaj sprzyjające warunki do rozwoju szkodliwych czynników biologicznych (głównie bakterii i grzybów). Stwarzają je powierzchniowo zanieczyszczone cząstkami pyłu czy zwiększona wilgotność, spowodowana przez przewody klimatyzacyjne o małej średnicy, filtry powietrza, chłodnice powietrza itp. W miarę wydłużenia się okresu eksploatacji samochodowe instalacje klimatyzacyjne mogą stanowić źródło niepożądanego skażenia powietrza patogennymi drobnoustrojami. Część zanieczyszczeń mikrobiologicznych zdeponowanych jako biofilm w przewodach klimatyzacyjnych wraz ze strumieniem płynącego powietrza może ulec rozprzodzeniu zarówno po innych elementach instalacji, jak i kabiny samochodowej [3,4]. W tabeli przedstawiono

wykaz szkodliwych czynników biologicznych, które mogą występować w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych.

Większość wymienionych mikroorganizmów nie stanowi zagrożenia zdrowotnego w normalnych warunkach środowiskowych (tj. przy niskich stężeniach bioaerozolu). Szczepy, które należą do wymienionych rodzajów, zwykle wchodzą w skład naturalnej mikrobioty człowieka, jak również powszechnie występują w środowisku zewnętrznym. Niemniej jednak część z nich wykazuje właściwości chorobotwórcze, alergizujące lub toksyczne. Inhalacja bioaerozoli może spowodować wystąpienie wielu niepożądanych skutków zdrowotnych ze strony układu oddechowego, począwszy od reakcji alergicznych (m.in. astmy, alergicznego zapalenia), przez infekcje po reakcje toksyczne (wywołane głównie przez mykotoksyny, składniki ściany komórkowej bakterii i grzybów oraz ich metabolity), [5]. Gatunki należące do grupy 2. zagrożenia, np. *Staphylococcus aureus* czy *Bacillus subtilis*, mogą być niebezpieczne dla ludzi i stać się przyczyną zakażeń skóry i zakażeń układowych.

Ze schorzeniami powodowanymi przez urządzenia klimatyzacyjne najczęściej kojarzone są Gram-ujemne pałeczki *Legionella pneumophila*, będące czynnikiem etiologicznym legionelozy (choroby legionistów i gorączki Pontiac). Legioneloza ma postać ciężkiego, szybko postępującego zapalenia płuc z wysoką gorączką (powyżej 40°C), dreszczami, złym samopoczuciem, suchym kaszlem, biegunką, objawami neurologicznymi, uszkodzeniem wątroby, bradykardią itp. [6].

Z piśmiennictwa przedmiotu wynika, że aż 80 gatunków grzybów pleśniowych może być związanych z alergiami układu oddechowego. Szczególne zagrożenie dla zdrowia człowieka mogą stanowić gatunki z rodzajów *Aspergillus*, *Cladosporium* i *Penicillium* [7-8]. To one (wraz z gatunkami z rodzajów *Alternaria*, *Trichoderma* i *Mucor*) stanowią najczęstszą przyczynę alergii [9]. Występowanie i rozwój grzybów pleśniowych wiąże się z uwalnianiem do środowiska alergenów, mykotoksyn, lotnych związków organicznych i glukanów. Alergeny grzybów są główną przyczyną chorób o podłożu atopowym.

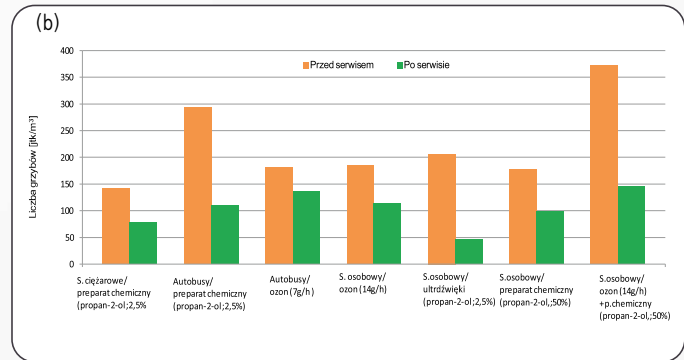
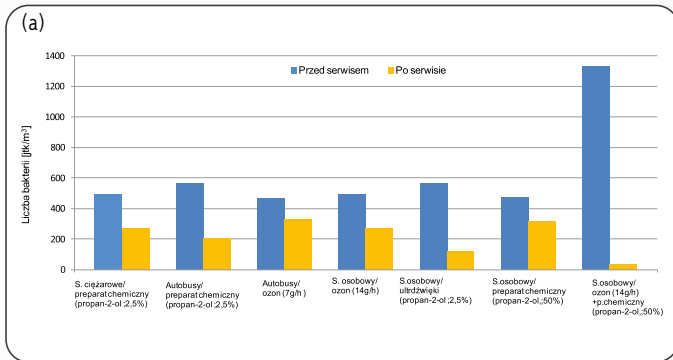
Od 80 do ponad 100 gatunków grzybów jest łączonych przyczynowo z symptomami związanymi z chorobami alergicznymi układu oddechowego [10]. Kontakt z grzybami pleśniowymi (np. z rodzaju *Aspergillus*) może być przyczyną reakcji alergicznych typu dychawicy oskrzelowej, zapalenia spojówek, kataru siennego lub alergicznego zapalenia pęcherzyków płucnych. Ekspozycja na alergeny pleśni może również wywoływać zmiany skórne – atopowe zapalenie skóry (AZS). Do najgroźniejszych mykotoksyn wytwarzanych przez grzyby pleśniowe należą aflatoksyny wydzielane przez *Aspergillus flavus* i *A. parasiticus*, ochratoksyny uwalniane przez *Aspergillus ochraceus* i *Penicillium verrucosum*, rubratoksyny wytwarzane przez *Penicillium rubrum* [11]. Toksyny grzybów mogą powodować zatrucia o charakterze ostrym lub przewlekłym. Aflatoksyny są znanymi kancerogenami, zaś ochratoksyny – wykazują głównie działanie neurotoksyczne.

Tabela. Szkodliwe czynniki biologiczne w samochodowych instalacjach klimatyzacyjnych  
Table. Harmful biological agents in air condition units of cars

Czynnik biologiczny	Grupa zagrożenia*	Działanie na człowieka	Profilaktyka
<b>BAKTERIE</b>			
<i>Bacillus</i> spp. ( <i>B. cereus</i> , <i>B. pumilus</i> , <i>B. circulans</i> , <i>B. licheniformis</i> , <i>B. firmus</i> , <i>B. coagulans</i> , <i>B. egaterium</i> , <i>B. mycooides</i> , <i>B. sphaericus</i> )	1	Reakcje alergiczne na bakterie i ich białkowe toksyny	Redukcja zapylenia, oświata zdrowotna
<i>B. subtilis</i> <i>B. thuringiensis</i>	2	Reakcje alergiczne na bakterie i ich białkowe toksyny	Redukcja zapylenia, oświata zdrowotna
<i>Staphylococcus</i> spp. ( <i>S. cohnii</i> , <i>S. auricularis</i> , <i>S. epidermidis</i> , <i>S. hominis</i> , <i>S. warneri</i> , <i>S. sciuri</i> , <i>S. lentus</i> )	1	Zakażenia oportunistyczne zapalenie płuc, wsierdza, jamy ustnej, dróg moczowych i innych narządów	Redukcja zapylenia, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna, stosowanie utleniających mydeł zapobiegających alkalizacji skóry
<i>Staphylococcus aureus</i> – gronkowiec złocisty	2	Zakażenia ropne, stany zapalne dróg oddechowych, zatrucia pokarmowe, alergie skórne	Redukcja zapylenia, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna, stosowanie utleniających mydeł zapobiegających alkalizacji skóry
<i>Pseudomonas aeruginosa</i>	2	Zapalenie płuc, zakażenia skóry (ropnie)	Redukcja zapylenia, środki ochrony indywidualnej
<i>Kocuria</i> spp. ( <i>K. varians</i> , <i>K. rosea</i> )	1	Reakcje alergiczne	Redukcja zapylenia, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
<i>Microbacterium</i> spp.	1	Reakcje alergiczne układu oddechowego, stany zapalne	Redukcja zapylenia, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
<i>Rhodococcus</i> spp.	1	Zakażenia oportunistyczne	Dezynfekcja
<i>Thermomonospora</i> spp.	1	Reakcje alergiczne układu oddechowego	Redukcja zapylenia
<i>Corynebacterium</i> spp.	2	Błonica, zapalenie węzłów chłonnych, zakażenia skóry	Dezynfekcja, przestrzeganie zasad higieny
<i>Legionella</i> spp.	2	Legioneloza, zapalenie płuc, gorączka grypopodobna (gorączka Pontiac)	Stosowanie biocydów, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
<b>GRZYBY</b>			
<i>Aspergillus</i> spp. ( <i>A. candidus</i> , <i>A. carbonarius</i> , <i>A. clavatus</i> , <i>A. flavus</i> , <i>A. niger</i> , <i>A. sydowii</i> , <i>A. oryzae</i> , <i>A. repens</i> , <i>A. glaucus</i> )	1	Aspergiloza płuc, astma, alergiczny nieżyt nosa	Ochrony osobiste, redukcja zapylenia, dezynfekcja i sterylizacja, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
<i>Aspergillus fumigatus</i>	2	Aspergiloza płuc, astma, alergiczny nieżyt nosa	
<i>Penicillium</i> spp. ( <i>P. expansum</i> , <i>P. chrysogenum</i> , <i>P. commune</i> , <i>P. citrinum</i> , <i>P. crustosum</i> , <i>P. citeonigrum</i> , <i>palitans</i> )	1	Alergiczne zapalenie pęcherzyków płucnych, astma oskrzelowa, alergiczny nieżyt nosa, działanie toksyczne	
<i>Acremonium</i> spp. ( <i>A. strictum</i> )	1	Właściwości alergizujące	Ochrony osobiste, redukcja zapylenia, dezynfekcja i sterylizacja, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
<i>Cladosporium</i> spp. ( <i>C. cladosporioides</i> )	1	Astma oskrzelowa, alergiczny nieżyt nosa	
<i>Alternaria</i> spp. ( <i>A. alternata</i> )	1	Alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa, wytwarza szkodliwe mikotoksyny, ziarniak w skórze	
<i>Fusarium</i> spp. ( <i>F. culmorum</i> )	1	Wytwarzają toksyczne mikotoksyny	
<i>Rhizopus</i> spp.	1	Zygomikoza płuc, reakcje alergiczne układu oddechowego	Redukcja zapylenia
<i>Trichoderma</i> spp.	1	Alergie układu oddechowego	
<i>Candida albicans</i>	2	Kandydoza skóry, paznokci, jamy ustnej	Używanie przewiewnej odzieży, mydła i zasyпки z dodatkiem środków przeciugrzybiczych
<i>Mucor</i> spp.	1	Reakcje alergiczne układu oddechowego	Redukcja zapylenia, dezynfekcja
<b>INNE CZYNNIKI</b>			
Roztocze kurzu domowego <i>Dermatophagoides</i> spp.	1	Zapalenie spojówek, zapalenie skóry, alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa	Redukcja zapylenia, środki ochrony indywidualnej, przestrzeganie zasad higieny, oświata zdrowotna
Stawonogi – <i>Glycyphagus domesticus</i> – roztoczek domowy	1	Alergiczny nieżyt nosa, astma oskrzelowa, alergiczne zapalenie spojówek i skóry	

\* Oprac. własne; klasyfikacja na podstawie obowiązującego rozporządzenia Ministra Zdrowia z dnia 22 kwietnia 2005 r. w sprawie szkodliwych czynników biologicznych dla zdrowia w środowisku pracy oraz ochrony zdrowia pracowników zawodowo narażonych na te czynniki (Dz. U. Nr 81 poz. 716 z późn. zm.). Rozporządzenie klasyfikuje czynniki biologiczne, w zależności od właściwości zakaźnych, do czterech grup zagrożeń.





Rys. Liczba bakterii (a) i grzybów (b) w powietrzu badanych samochodów przed i po wykonaniu serwisu klimatyzacji  
 Fig. The number of bacteria (a) and fungi (b) in the air of researched cars before and after servicing their air condition units

### Serwis instalacji klimatyzacyjnych

Samochodowa instalacja klimatyzacyjna powinna być systematycznie serwisowana – zalecenie to nie wynika wprawdzie wprost z przepisów prawnych, ale powinno stać się dobrą praktyką. Regularnie należy wymieniać filtr kabinowy, czyścić i dezynfekować kanały dystrybucji powietrza do wnętrza kabiny, parownik, wloty powietrza umieszczone na zewnątrz pojazdu oraz kontrolować drożność kanału odprowadzającego skropliny z parownika instalacji klimatyzacyjnej.

Do oczyszczania instalacji klimatyzacyjnych w samochodach stosowane są metody chemiczne (preparaty dezynfekcyjne), fizyczne (ozonowanie) oraz chemiczno-fizyczne (preparat dezynfekcyjny + ultradźwięki). Zabiegi czyszczenia instalacji klimatyzacyjnych w zasadniczy sposób wpływają na jakość procesu konserwacji instalacji, a tym samym na jakość powietrza wewnętrznego, jednak charakteryzują się różnym stopniem skuteczności.

Z badań Gołofit-Szymczak i wsp. [11,12] wynika, że metody serwisowania instalacji klimatyzacyjnych w pojazdach działają na tyle efektywnie, że powodują istotne zmniejszenie mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza wewnątrz kabin samochodowych. Największą skuteczność obserwowano w przypadku rozpylania chemicznego preparatu dezynfekcyjnego przy zastosowaniu ultradźwięków (średnio o 76%).

Na rysunku przedstawiono liczbę bakterii (a) i grzybów (b) w pojazdach samochodowych przed i po wykonaniu serwisu klimatyzacji [11,12].

#### Zasady prawidłowego użytkowania samochodowej instalacji klimatyzacyjnej

- Przed uruchomieniem klimatyzacji samochodowej latem należy przewietrzyć auto (otworzyć okna, szyberdach).
- Nawiewy wlotu powietrza należy ustawić tak, aby strumień chłodnego powietrza nie był skierowany bezpośrednio na twarz, szyję, stopy użytkownika samochodu.
- Podczas używania klimatyzacji okna auta powinny być zamknięte.
- Różnica temperatur pomiędzy wnętrzem samochodu a powietrzem zewnętrznym nie powinna przekraczać 10 °C.

• Należy używać klimatyzacji cały rok – latem dla obniżenia temperatury powietrza, a zimą do osuszenia powietrza we wnętrzu samochodu.

• Samochodowa instalacja klimatyzacyjna powinna być systematycznie serwisowana (co najmniej 1 raz w roku). Regularnie należy wymieniać filtr kabinowy, czyścić i dezynfekować kanały dystrybucji powietrza do wnętrza kabiny, parownik, wloty powietrza umieszczone na zewnątrz pojazdu oraz kontrolować drożność kanału odprowadzającego skropliny z parownika instalacji klimatyzacyjnej.

• Zaleca się wymianę filtra powietrza (filtr pyłkowy) na wiosnę, ponieważ jesienią i zimą powietrze o większej wilgotności sprzyja rozwojowi mikroorganizmów na powierzchni filtrującej. Jeśli samochód porusza się częściej w warunkach miejskich lub w warunkach wysokiego zapylenia (budowy, drogi gruntowe), zaleca się wymieniać filtr kabinowy – niezależnie od przebiegu – dwa razy w roku.

### Podsumowanie

W miarę wydłużenia okresu eksploatacji samochodowe instalacje klimatyzacyjne ulegają coraz większemu zanieczyszczeniu i przez to rośnie ryzyko, że staną się źródłem mikrobiologicznego skażenia powietrza wewnątrz pojazdów. Wśród bakterii, które w ten sposób powstaną mogą wystąpić mikroorganizmy z 2. grupy zagrożenia, np. *Staphylococcus aureus*, *Pseudomonas aeruginosa* oraz gatunki z rodzajów *Legionella* spp., natomiast wśród grzybów szczególnie niebezpieczne dla użytkowników pojazdów są grzyby pleśniowe z rodzaju *Aspergillus* spp.

W celu zmniejszenia narażenia użytkowników pojazdów, samochodowa instalacja klimatyzacyjna powinna być właściwie serwisowana oraz systematycznie dezynfekowana, co jest zalecaną dobrą praktyką. Ma to szczególnie duże znaczenie dla kierowców zawodowych, których w Polsce jest ponad 600 tys., a także dla pracowników, którzy w swojej aktywności zawodowej korzystają z samochodów służbowych. W badaniach przeprowadzonych w Pracowni Zagrożeń Biologicznych CIOP-PIB największą skuteczność dezynfekcji instalacji klimatyzacyjnej obserwowano w przypadku metody rozpylania chemicznego preparatu dezynfekcyjnego

we wnętrzu pojazdów przy zastosowaniu ultradźwięków – średnio o ok. 70%.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] Transport. Wyniki działalności w 2018 r. GUS, Warszawa 2019.
- [2] BOGUTA, A. Wpływ działania układu klimatyzacji automatycznej na właściwości fizyczne powietrza w klimatyzowanym samochodzie. [The impact of functioning of the automatic air condition in cars on physical properties of the air inside] TTS Technika Transportu Szynowego 2015, 22 (12):177-180.
- [3] LI, J.L., MINGZHEN, S., FANGXIA, Z.Z., YAO M., WU C.Y. Characterization of biological aerosol exposure risks from automobile air conditioning system, Environmental Science and Technology 2013, 47:10660-10666.
- [4] SIMMONS, R.B., NOBLE, J.A., ROSE, L., PRICE, D.L., AHEARN, D.G. Fungal colonization of automobile air conditioning systems. The Journal of Industrial Microbiology and Biotechnology 1997, 19:150-153.
- [5] DOUWES, J., THORNE, P., PEARCE, N., HEEDERIK, D. Bioaerosol health effects and exposure assessment: progress and prospects. Annals of Occupational Hygiene 2003, 47:187-200.
- [6] STYPUŁKOWSKA-MISIUREWICZ, H., PANCER, K. Legionelozę – nowe zagrożenie w Polsce. [Legionelozę – a new threat in Poland] Przegląd Epidemiologiczny 2002, 56: 567-576.
- [7] BARAN, E. (red.) Zarys mikologii lekarskiej. Volumes, Wrocław 1998.
- [8] JONES, R., RECER, G.M., HWANG, SA, LIN, S. Association between indoor mold and asthma among children in Buffalo, New York. Indoor Air 2011, 21:156-164.
- [9] OBTUŁOWICZ, K. (red.) Alergologia praktyczna. Wyd. Lekarskie PZWL, Warszawa 2001.
- [10] KURUP, P.I. BANERJEE, B. Fungal allergens and peptide epitopes. Peptides 2000, 21:589-599.
- [11] GOŁOFIT-SZYMCZAK, M., STOBNIKA-KUPIEC, A., GÓRNY, R.L. Impact of air-conditioning system disinfection on microbial contamination of passenger cars. Air Quality, Atmosphere & Health 2019, 12: 1127-1138.
- [12] GOŁOFIT-SZYMCZAK, M., STOBNIKA-KUPIEC, A., GÓRNY, R.L., ŁAWNICZEK-WAŁCZYK, A., CYPROWSKI, M. Wytyczne do ograniczania narażenia na aerogenne drobnoustroje w klimatyzowanych samochodowych środkach transportu. CIOP-PIB, Warszawa 2019.

Opracowano na podstawie wyników IV etapu programu wieloletniego „Poprawa bezpieczeństwa i warunków pracy”, a wydano w ramach V etapu programu wieloletniego finansowanych w zakresie zadań służb państwowych przez Ministerstwo Rodziny, Pracy i Polityki Społecznej. Koordynator programu: Centralny Instytut Ochrony Pracy – Państwowy Instytut Badawczy.