

Agnieszka Wlazło
Józef S. Pastuszka
Beata Łudzeń-Izbińska

OCENA NARAŻENIA NA AEROZOL BAKTERYJNY PRACOWNIKÓW NIEDUŻEJ OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

ASSESSMENT OF WORKERS' EXPOSURE TO AIRBORNE BACTERIA AT A SMALL WASTEWATER TREATMENT PLANT

Z Zakładu Higieny Mieszkań
Instytutu Medycyny Pracy i Zdrowia Środowiskowego w Sosnowcu
Kierownik zakładu: dr J.S. Pastuszka

STRESZCZENIE Celem pracy była ocena narażenia na bioaerazol bakteryjny pracowników niedużej oczyszczalni ścieków na przykładzie oczyszczalni w Myszkowie. Próbkę powietrza pobrano sześciostopniowym impaktorem Andersena na dwóch stanowiskach. Stwierdzono, że stężenia całkowite aerozolu bakteryjnego w powietrzu, na badanych stanowiskach, były rzędu od 10^2 do 10^3 CFU/m³ i były mniejsze od zalecanych (proponowanych) poziomów normatywnych. Największy udział, około 35% całego składu flory bakteryjnej, stanowiły bakterie Gram-ujemne. Dominującymi były bakterie należące do rodziny Enterobacteriaceae. Wykryto następujące bakterie patogenne: *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter agglomerans*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* i *Streptococcus faecalis*. Stwierdzono duże stężenie bakterii Gram-ujemnych na stanowisku pomiarowym w pobliżu komór napowietrzania. Mogą one być potencjalną przyczyną występowania u narażonych pracowników oczyszczalni szeregu różnych dolegliwości ze strony układu oddechowego i pokarmowego. Konieczna jest kontrola i zmniejszenie ekspozycji na bioaerazol wchłaniany drogą inhalacyjną na tym stanowisku. Med. Pr. 2002, 53, 2, 109–114

SŁOWA KLUCZOWE: oczyszczalnia ścieków, aerazol bakteryjny, bakterie patogenne, narażenie pracowników

ABSTRACT A study of workers' exposure to airborne culturable bacteria was performed at the wastewater treatment plant in Myszków. A six-stage Andersen impactor was used to carry out measurements. The concentrations of total bacterial aerosols ranged from 10^2 to 10^3 CFU/m³ and were lower than the proposed standards. The results of the study show that Gram-negative bacteria contributed to about 35% of the total bacterial aerosol. The largest part of the airborne Gram-negative bacteria constituted Enterobacteriaceae. Pathogenic bacteria found in the air: were as follows: *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter agglomerans*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* and *Streptococcus faecalis*. The microbiological contamination of the air was highest near the aeration basin. Exposure to airborne culturable bacteria may cause respiratory and gastrointestinal symptoms among sewage workers. It is necessary to reduce the exposure to airborne bacteria at this phase of the process of wastewater treatment. Med Pr 2002, 53, 2, 109–114

KEY WORDS: wastewater treatment, bacterial aerosol, pathogenic bacteria, worker's exposure

WSTĘP

Ścieki miejskie oraz osady ściekowe są siedliskiem mikroorganizmów, w tym gatunków chorobotwórczych, które pochodzą głównie od chorych ludzi i zwierząt między innymi z gospodarstw domowych, szpitali, rzeźni itp. (1,2,3). W czasie oczyszczania ścieków powietrze zostaje zanieczyszczone przez bakterie (2,3,4,5). W skład tworzącego się bioaerozolu wchodzi liczne pałeczki (głównie z rodzaju *Pseudomonas*), gronkowce, paciorkowce, a także ziarniaki Gram-ujemne, między innymi z rodzaju *Acinetobacter*. Spotyka się też laseczki z rodzaju *Bacillus* oraz promieniowce. Część bakterii stanowią gatunki patogenne, wśród których dominują gronkowce hemolizujące (*Staphylococcus aureus*), paciorkowce hemolizujące (*Streptococcus faecalis*, *Streptococcus pneumoniae*) oraz bakterie z grupy coli (3–9).

Narażenie na bakterie emitowane ze ścieków następuje na drodze inhalacji aerozolu lub przez przeniesienie brudnymi rękami zanieczyszczeń do układu pokarmowego. Bakterie i produkowane przez nie substancje zwłaszcza entero- i endotoksyny mogą powodować infekcje, zatrucia i symptomy alergii u pracowników oczyszczalni (5,10,11,12). Enterotoksyny pochodzące od jelitowych bakterii Gram-ujemnych (np. *Enterobacter*) mogą współuczestniczyć w wywoływaniu dolegliwości ze strony układu pokarmowego (3,11,12,13). Wdychanie endotoksyn, które są składnikiem ściany

komórkowej bakterii Gram-ujemnych (np. z rodzajów *Pseudomonas*, *Enterobacter*) może powodować reakcje zapalną w płucach, objawiającą się uczuciem duszności, gorączką i upośledzeniem funkcji układu oddechowego (2,5,7–13).

W niniejszej pracy badano narażenia pracowników na inhalację szkodliwego bioaerozolu na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie. Oczyszczalnia ta jest niedużym obiektem, który można uznać za modelowy (typowy) dla miast powiatowych w Polsce. Ocena narażenia dokonano na podstawie rejestrowanych poziomów stężeń aerozolu bakteryjnego oraz przeprowadzonej identyfikacji gatunkowej izolowanych szczepów mikroorganizmów.

MATERIAŁ I METODY

Oczyszczalnia ścieków w Myszkowie jest jedyną oczyszczalnią pracującą obecnie na tym terenie. Istniejąca w mieście sieć kanalizacyjna zbiera ścieki socjalno-bytowe z północnej części miasta oraz zakładów: Myszkowskiej Fabryki Naczyń Emaliowanych i Myszkowskich Zakładów Papierniczych, a także mieszaninę ścieków socjalno-bytowych i przemysłowych z Myszkowskich Zakładów Metalurgicznych, Zakładów Przemysłu Welnianego „Wartex” oraz Spółdzielni Mleczarskiej. Projektowana przepustowość wynosi 8000 m³ na dobę, a obecnie oczyszczanych jest około 4000 m³ na dobę,

przy stopniu redukcji zanieczyszczeń wynoszącym około 80%. Aktualnie pracują dwie części oczyszczalni – część mechaniczna, składająca się z przepompowni ścieków z kratami, piaskownika i osadnika wstępnego oraz część biologiczna, składająca się z komory napowietrzania i osadnika wtórnego. Unieszkodliwienie osadów ściekowych następuje na drodze fermentacji w otwartych basenach, a odwadnianie na poletkach osadowych. Ścieki odprowadzane po oczyszczeniu do rzeki Warty odpowiadają II klasie czystości wód.

Próby powietrza pobierano na dwóch stanowiskach:

- stanowisko I – na terenie otwartym, w odległości 1 m od komory napowietrzania (w trakcie pomiarów załączono aerator napowietrzający komorę).

- stanowisko II – w przepompowni głównej w odległości 2,5 m od kraty mechanicznej.

Sesję pomiarową wykonano jednorazowo w miesiącu wrześniu. Pomiar prowadzono z użyciem sześciostopniowego impaktora Andersena. Badania mikrobiologiczne obejmowały następujące oznaczenia:

- oznaczenie ogólnej liczby bakterii na podłożu agaru tryptozowo-sojowego (TSA-Tryptic Soy Agar),

- oznaczenie ogólnej liczby i składu gatunkowego mezofilnych bakterii Gram-dodatnich na podłożu agarowym z krwią (AK),

- oznaczenie ogólnej liczby i składu gatunkowego mezofilnych bakterii Gram-ujemnych na podłożu agarowym z eozyną i błękitem metylenowym (EMB-Eosin Methylene Blue agar).

Na każdym stanowisku pobierano po jednej próbie powietrza na poszczególne pożywki.

W trakcie pobierania prób rejestrowano temperaturę i wilgotność powietrza. Próby powietrza pobrane na podłożu Tryptic Soy agar inkubowano 7 dni w temperaturze 22°C, natomiast próby pobrane na podłoża agar z krwią i EMB inkubowano kolejno w temp. 37°C (1 dobę), 22°C (2 doby), 4°C (3 doby). Kolonie bakterii, które wyrosły na poszczególnych podłożach, zliczano i następnie obliczano stężenie badanego aerozolu. Było ono wyrażane jako liczba komórek lub agregatów komórek zdolnych do rozwoju w formie kolonii (CFU – Colony Forming Units) obecnych w jednym metrze sześciennym (m³) pobranego powietrza.

Następnie przeprowadzono identyfikację wyizolowanych mikroorganizmów. Identyfikacja przebiegała w dwóch etapach. Pierwszy obejmował analizę morfologiczną kolonii i komórek barwionych metodą Grama, a następnie przesiew bakterii na odpowiednie podłoża różnicujące, np. Chapmana, McConkey'a. W drugim etapie przeprowadzono różnicowanie bakterii na podstawie ich własności metabolicznych, przy pomocy testów API (analiza wspomaganą komputerowym systemem analizy APILAB), w celu identyfikacji wyizolowanych szczepów do szczebla rodzaju i/lub gatunku.

WYNIKI I ICH OMÓWIENIE

Wyniki pomiarów stężenia mikroflory bakteryjnej w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków przedstawiono w tabeli I. Można zauważyć, że stężenie bakterii w pobliżu komór napowietrzania (stanowisko I) było rzędu 10⁵ CFU/m³ i było o rząd wielkości wyższe od stężenia aerozolu bakteryjnego zmierzonego na stanowisku II (przepompownia). Porównując otrzymane wyniki z danymi literaturowymi można stwierdzić, że wartości stężeń bakterii zmierzone na wytypowanych stanowiskach na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie mieszczą się w dolnych zakresach wartości stężeń bakterii mierzonych na terenie innych oczyszczalni. Przykładowo, stężenia całkowite aerozolu bakteryjnego na stanowisku w pobliżu komór napowietrzania, mierzone w Finlandii, mieściły się w granicach od 2,5 • 10⁵ CFU/m³ do 1,6 • 10⁴ CFU/m³ (13), a w Norwegii mediana stężeń wynosiła 5 • 10⁵ CFU/m³ (5).

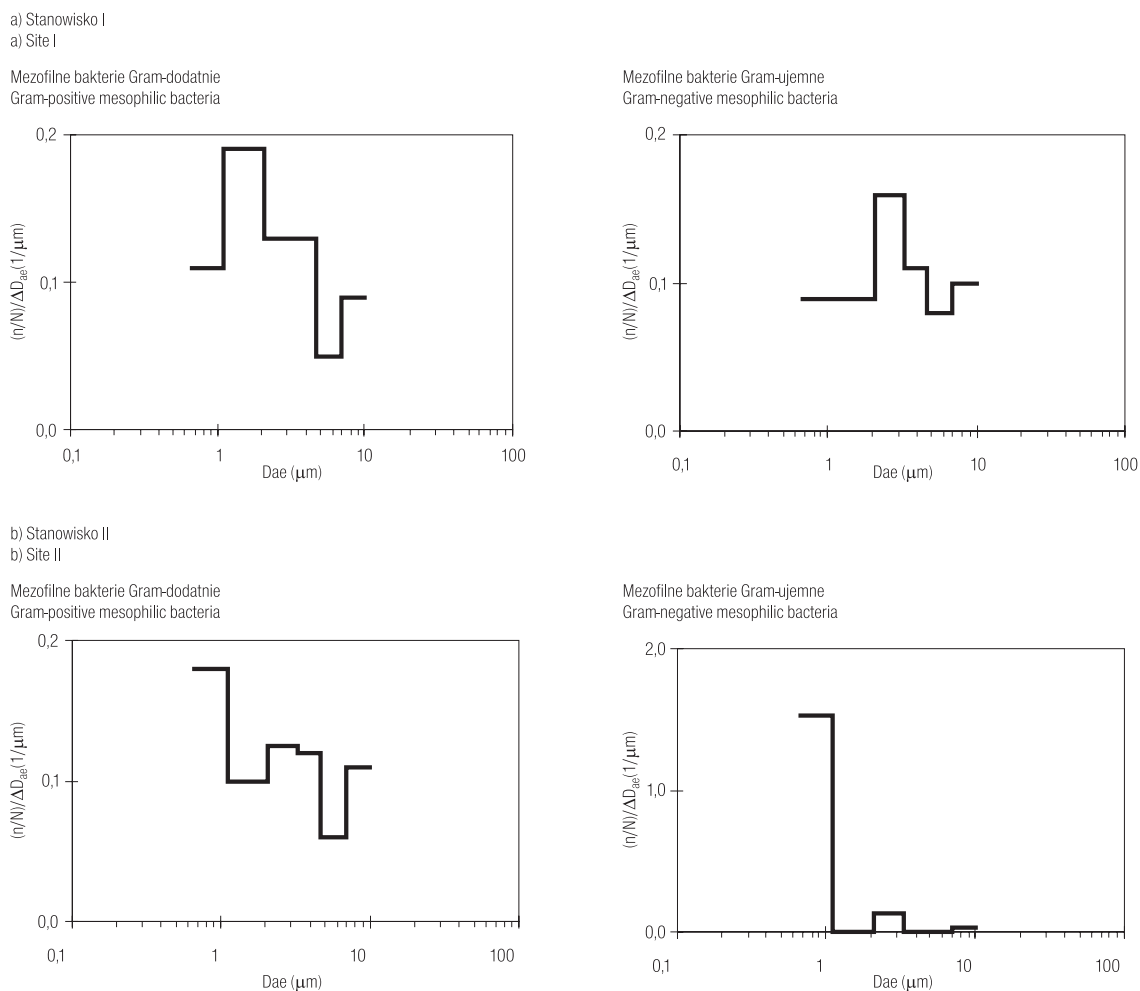
Ilość i skład mikroflory powietrza na terenie oczyszczalni zależy od wielu czynników, takich jak: powierzchnia ścieków narażona na działanie czynników atmosferycznych, rodzaj i stopień skażenia ścieków, sposób utylizacji (rodzaj technologii), warunki atmosferyczne i klimatyczne itd. (2,3,13). Tworzeniu się bioaerozoli sprzyja zwłaszcza mieszanie i transport ścieków, gromadzenie i długotrwałe przetrzymanie nieustabilizowanej biomasy oraz podwyższona temperatura.

W trakcie sesji pomiarowej wykonanej we wrześniu, pomiary prowadzone były w dzień bezwietrzny, temperatura

Tabela I. Stężenie bakterii w powietrzu (CFU/m³) na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie

Table I. The concentration (in CFU/m³) of airborne bacteria at the wastewater treatment plant in Myszków

Rodzaj podłoża Type of culture medium	Agar tryptozowo-sojowy Trypticase soy agar	Agar z krwią Blood agar	Agar z eozyną i błękitem metylenowym Eosin methylene blue agar
Liczba prób Number of samples	n = 1	n = 1	n = 1
Stanowiska Sites	Stężenie całkowite bakterii The concentration of total bacteria	Stężenie bakterii Gram-dodatnich The concentration of Gram-positive bacteria	Stężenie bakterii Gram-ujemnych The concentration of Gram-negative bacteria
I. Komory napowietrzania Aeration Basin (Outdoor)	3096	1379	1086
II. Przepompownia Wastewater pumping	445	424	13



n – stężenie bakterii w poszczególnych przedziałach średnic;
 n – concentration of bacteria in the size interval;
 N – całkowite stężenie bakterii;
 N – total concentration of bacteria;
 ΔD_{ae} – szerokość przedziału średnic cząstek dla poszczególnych stopni impaktora Andersena;
 ΔD_{ae} – width of size interval of a six-stage Andersen impactor;
 D_{ae} – średnica aerodynamiczna cząstki bakteryjnej
 D_{ae} – aerodynamic diameter of the bacterial particle.

Ryc. 1. Rozkład ziarnowy stężeń dla badanych bakterii w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie.

Fig. 2. The size distribution of airborne viable bacteria at the wastewater treatment plant in Myszków.

powietrza wynosiła 17°C, wilgotność powietrza 69%, a aerator napowietrzający komorę włączono dopiero przy wykonywanym pomiarze. Należy więc sądzić, że stężenie bakterii, w sprzyjających ku temu okolicznościach, może wzrosnąć nawet o rząd wielkości, czyli do wartości 10^4 CFU/m³.

Zanieczyszczenia mikrobiologiczne w powietrzu atmosferycznym są w Polsce częściowo normowane przez Polskie Normy (14). Brak jest jednak Polskiej Normy podającej kryteria dopuszczalnego sanitarnego zanieczyszczenia powietrza na terenie i w otoczeniu oczyszczalni ścieków.

Zastosowanie w badaniach bioaerozolu sześciostopniowego impaktora Andersena pozwoliło na uzyskanie danych o rozkładzie wielkości cząstek bakteryjnych, występujących w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków. Wyniki badań

przedstawiono na ryc. 1. Na stanowisku I maksymalne stężenia dla mezofilnych bakterii Gram-dodatnich występują dla cząstek o średnicach aerodynamicznych 1,1-2,1 μm , a dla mezofilnych bakterii Gram-ujemnych dla średnic 2,1-3,3 μm . Z kolei na stanowisku zlokalizowanym w przepompowni maksymalne stężenia dla mezofilnych bakterii Gram-dodatnich i Gram-ujemnych występują dla cząstek o średnicach poniżej 1,1 μm .

Wyraźnie widoczne przesunięcie maksimum stężeń do zakresu submikronowego wynika zapewne z faktu, że na tym stanowisku (przepompownia) występuje głównie tzw. świeżo wyemitowany bioaerozol. Tymczasem na stanowisku I, zlokalizowanym na terenie otwartym, na obserwowany rozkład stężeń istotny wpływ wywiera tzw. wtórna emisja

Tabela II. Rodzaje bakterii i ich stężenie w powietrzu na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie
Table II. Species of airborne bacteria and their concentrations at the wastewater treatment plant in Myszków

Mikroorganizmy Microorganisms	Rodzaje i/lub gatunki Species of bacteria	Stężenie Concentration CFU/m ³
Stanowisko I – komory napowietrzania Site I – Aeration basin		
Bakterie Gram-dodatnie Gram-positive bacteria	Ziarniaki <i>Cocci</i> : <i>Micrococcus</i> (2 gatunki) (2 species) <i>Staphylococcus</i> (4 gatunki) (4 species) <i>Streptococcus faecalis</i>	446
	Corynebacteria (8 gatunków) (8 species)	769
	Laseczki (4 gatunki) (4 species) Aerobic endospore-forming bacilli	212
Bakterie Gram-ujemne Gram-negative bacteria	Actinomycetes	62
	<i>Acinetobacter calcoaceticus</i>	118
	<i>Aeromonas hydrophila</i>	54
	<i>Alcaligenes</i> spp.	75
	<i>Citrobacter freundii</i>	103
	<i>Citrobacter koseri</i>	90
	<i>Enterobacter agglomerans</i>	170
	<i>Escherichia coli</i>	33
	<i>Pseudomonas putida</i>	113
	<i>Serratia liquefaciens</i>	101
<i>Yersinia enterocolitica</i>	106	
Stanowisko I – przepompownia Site I – Wastewater pumping		
Bakterie Gram-dodatnie Gram-positive bacteria	Ziarniaki <i>Cocci</i> : <i>Micrococcus</i> (2 gatunki) (2 species) <i>Staphylococcus</i> (3 gatunki) (3 species)	226
	Corynebacteria (5 gatunków) (5 species)	155
	Laseczki (1 gatunek) (1 species) <i>Aerobic endospore-forming bacilli</i>	7
Bakterie Gram-ujemne Gram-negative bacteria	<i>Citrobacter koseri</i>	7
	<i>Pseudomonas putida</i>	12

cząstek bioaerozolu, zwłaszcza z przesuszonego osadu uprzednio wytrąconego ze ścieków.

Uzyskanie informacji o stężeniu i rozkładzie wielkości cząstek mikroflory w powietrzu, na wyznaczonych stanowiskach pomiarowych, pozwala na określenie ich potencjalnych możliwości biologicznego oddziaływania na organizm ludzki.

Z mechanicznego punktu widzenia, układ oddechowy człowieka jest strukturą, w której możliwy jest rozdział cząstek aerozolu na frakcje o różnej (zależnej od ich średnicy aerodynamicznej) głębokości penetracji. Na podstawie empirycznie uzyskanych danych o rozkładzie wielkości cząstek mikroorganizmów można stwierdzić, że cząstki bakteryjne o średnicy aerodynamicznej poniżej 5 µm mogą dotrzeć w układzie oddechowym człowieka do regionu jamy nosowej i ustnej oraz tchawicy i oskrzeli pierwszorzędowych (15).

Na stanowiskach pracy w oczyszczalni ścieków w Myszkowie udział frakcji respirabilnej (cząstki mniejsze od 5 µm) wyniósł 61%. Tak wysoki udział drobnych cząstek bakteryjnych w całkowitym stężeniu aerozolu bakteryjnego stanowi o jego potencjalnej wysokiej toksyczności.

Analiza składu gatunkowego mikroflory powietrza została przedstawiona w tabeli II. Wśród mezofilnej mikroflory powietrza na omawianych stanowiskach pomiarowych stwierdzono występowanie ziarniaków Gram-dodatnich, maczugowców, laseczek z rodzaju *Bacillus*, promieniowców i pałeczek Gram-ujemnych. Stosunkowo największy udział, około 35% całego składu flory bakteryjnej, stanowią bakterie Gram-ujemne, co jest zgodne z wynikami uzyskiwanymi przez innych badaczy (13).

W grupie bakterii Gram-ujemnych stwierdzono występowanie 10 różnych gatunków. Dominowały bakterie należące do rodziny *Enterobacteriaceae*, a zwłaszcza *Citrobacter*, *Enterobacter*, *Serratia*. Izolowano również bakterie z rodzajów *Acinetobacter* i *Pseudomonas*, które w literaturze określane są jako powszechnie spotykane, typowe dla omawianego środowiska. Jako potencjalnie patogenne bakterie, wyizolowane z powietrza oczyszczalni, uznaje się *Aeromonas hydrophila*, *Enterobacter agglomerans*, *Yersinia enterocolitica*, *Escherichia coli* i *Streptococcus faecalis* (3,13).

Na podstawie badań skandynawskich została podana propozycja dopuszczalnego stężenia bakterii Gram-ujemnych. Jest to wartość $1 \cdot 10^3$ CFU/m³ (16). Propozycja do projektu Polskiej Normy, wg Dutkiewicza, podaje stężenie $2 \cdot 10^4$ CFU/m³ jako stężenie dopuszczalne bakterii Gram-ujemnych w powietrzu przemysłowych gospodarstw hodowlanych, a w przypadku gdy frakcja respirabilna stanowi co najmniej 50% bioaerozolu: $1 \cdot 10$ CFU/m³ (17,18).

Porównując wyniki stężeń bakterii Gram-ujemnych zmierzonych na terenie oczyszczalni ścieków w Myszkowie z wyżej przedstawionymi propozycjami norm, można zauważyć, że tylko na stanowisku I została przekroczona wartość dopuszczalnego stężenia (wg propozycji do normy skandynawskiej). Można przypuszczać, że wartość ta w sprzyjających warunkach meteorologicznych może wzrosnąć, ale nie powinna przekroczyć stężenia dopuszczalnego zaproponowanego w projekcie do Polskiej Normy. Tym niemniej należy podkreślić, że stężenie bakterii Gram-ujemnych na terenie oczyszczalni jest wysokie, a około 50% z wyizolowanych bakterii Gram-ujemnych to bakterie patogenne. W oparciu o dyrektywę Unii Europejskiej dotyczące narażenia osób na stanowiskach pracy na czynniki biologiczne, wyizolowane szczepy bakteryjne można zaklasyfikować do 2 grupy ryzyka (19). Wynika stąd, że pracownicy na terenie oczyszczalni ścieków są narażeni na bezpośredni kontakt z biologicznymi czynnikami zagrożenia zawodowego. Przykładowo, *Aeromonas hydrophila* jest źródłem endotoksyn, powodujących biegunki u narażonych pracowników. Innym przykładem jest *Acinetobacter*, który stanowi źródło endotoksyn rozpylanych w oczyszczalni ścieków, stanowiących zagrożenie dla układu oddechowego pracowników. Endotoksyny, oprócz opisanych już właściwości chorobotwórczych, posiadają zdolność do wzmacniania reakcji immunologicznej w obecności innych substancji (20).

WNIOSKI

1. Przeprowadzone pomiary wykazały, że stężenia całkowite aerozolu bakteryjnego występujące na stanowiskach pracy w niedużej oczyszczalni ścieków w Polsce, są mniejsze od zalecanych (proponowanych) poziomów normatywnych i są porównywalne z wartościami otrzymanymi w innych tego typu obiektach w Europie.

2. Stwierdzono jednak stosunkowo duże stężenie bakterii Gram-ujemnych w pobliżu komory napowietrzania, co może być potencjalną przyczyną występowania u narażonych pracowników (zwłaszcza u osób z uszkodzonym lub osłabionym systemem odpornościowym) szeregu różnych chorób, między innymi schorzeń alergicznych, dolegliwości ze strony układu oddechowego i pokarmowego. Z tego względu należałoby zmniejszyć ekspozycję na bioaerozol wchłaniany drogą inhalacyjną na tym stanowisku. Można to osiągnąć dokonując wyboru właściwej technologii napowietrzania z zastosowaniem osłony na urządzenia generujące szkodliwy bio-

aerozol lub ograniczyć czas przebywania pracowników w pobliżu komory napowietrzania.

PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują Pani mgr B. Surowiec i Panu mgr J. Barteczko z firmy EKOLAB za pomoc w poborze próbek i za udzielenie informacji dotyczących sposobu utylizacji ścieków w oczyszczalni ścieków w Myszkowie.

PIŚMIENNICTWO

1. Zuskin E., Mustajbegovic J., Schachter E.N.: Respiratory function in sewage workers. *Am. J. Ind. Med.* 1993, 23, 751-761.
2. Douwes J., Mannelte A., Heederik D.: Work-related symptoms in sewage treatment workers. *Ann. Agric. Environ. Med.* 2001, 8, 39-45.
3. Marcinkowski M.: Zagrożenie środowiska organizmami chorobotwórczymi występującymi w ściekach miejskich i osadach. *Gaz Woda Technika Sanitarna* 1986, 60, 8-9, 186-188.
4. Borowski S.: Rola wysypisk odpadów komunalnych i oczyszczalni ścieków w kształtowaniu bioaerozolu powietrza atmosferycznego. Konferencja nt. „Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych”, Łódź 2001. Instytut Technologii Fermentacji i Mikrobiologii Politechniki Łódzkiej, Łódź 2001.
5. Melbostad E., Eduard W., Skogstrad A., Sandven P., Lassen J., Sørstrand P. i wsp.: Exposure to bacterial aerosols and work-related symptoms in sewage workers. *Am. J. Ind. Med.* 1994, 25, 59-63.
6. Pillai S.D., Widmer K. W., Dowd S.E., Ricke S.C.: Occurrence of airborne bacteria and pathogen indicators during land application of sewage sludge. *Appl. Environ. Microbiol.* 1996, 62, 1, 296-299.
7. Brandi G., Sisti M., Amagliani G.: Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *J. Appl. Microbiol.* 2000, 88, 845-852.
8. Crook B., Higgins S., Lacey J.: Airborne Gram-negative bacteria associated with the handling of domestic waste. W: Leuschner R. [red.]. *Advances in Aerobiology*, Birkhauser, Basel 1987, ss. 371-375.
9. Rahkonen P., Ettala M., Laukkanen M., Salkinoja-Salonen M.: Airborne microbes and endotoxins in the work environment of two sanitary landfills in Finland. *Aerosol Sci. Technol.* 1990, 13, 505-513.
10. Friis L., Norbäck D., Edling Ch.: Self-reported asthma and respiratory symptoms in sewage workers. *J. Occup. Health* 1999, 41, 87-90.
11. Khuder S.A., Arthur T., Bisesi M.S., Schaub E.A.: Prevalence of infectious diseases and associated symptoms in wastewater treatment workers. *Am. J. Ind. Med.* 1998, 33, 571-577.
12. Lundholm M., Rylander R.: Work related symptoms among sewage workers. *Brit. J. Ind. Med.* 1983, 40, 325-329.
13. Laitinen S., Kangas J., Kotimaa M., Liesivuori J., Martikainen P.J., Nevalainen A. i wsp.: Workers' exposure to airborne bacteria and endotoxins at industrial wastewater treatment plants. *Am. Ind. Hyg. Assoc. J.* 1994, 55, 11, 1055-1060.
14. PN-89/Z-04111/02: Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
15. Owen M.K., Ensor D.S.: Airborne particle sizes and sources found in indoor air. *Atmos. Environ.* 1992, 26A, 12, 2149-2162.

-
16. Malmros P., Sigsgaard T., Bach B.: Occupational health problems due to garbage sorting. *Waste Manag. Res.* 1992, 10, 227–234.
17. Dutkiewicz J.: Bacteria and fungi in organic dust as potential health hazard. *Ann. Agric. Environ. Med.* 1997, 4, 11–16.
18. Dutkiewicz J., Jabłoński L.: *Biologiczne szkodliwości zawodowe.* PZWL, Warszawa 1989.
19. Council Directive 93/88/EEC amending Directive 90/679/EEC on the protection of workers from risks related to exposure to biological agents at work (seventh individual Directive within the meaning of Article 16 (1) of Directive 89/391/EEC).
20. Pliszka A.: *Bakteryjne zatrucia pokarmowe.* PZWL, Warszawa 1979.
- Adres autorów: Kościelna 13, 41-200 Sosnowiec
Nadesłano: 6.12.2001
Zatwierdzono: 1.03.2001