

Jan A. Krajewski¹
Jadwiga Szarapińska-Kwaszewska²
Bożena Dudkiewicz²
Marcin Cyprowski¹
Stanisław Tarkowski¹
Jerzy Kończalik¹
Grażyna Stroszejn-Mrowca¹

OCENA NARAŻENIA PRACOWNIKÓW NA BIOAEROZOLE, WYSTĘPUJĄCE W POWIETRZU NA STANOWISKACH PRACY W CZASIE ZBIERANIA I ZAGOSPODAROWYWANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH*

ASSESSMENT OF EXPOSURE TO BIOAEROSOLS IN WORKPLACE AMBIENT AIR DURING MUNICIPAL WASTE COLLECTION AND DISPOSAL

¹ Z Zakładu Środowiskowych Zagrożeń Zdrowia Instytutu Medycyny Pracy im. prof. J. Nofera w Łodzi
Kierownik zakładu: prof. dr hab. S. Tarkowski

² Z Zakładu Mikrobiologii Farmaceutycznej Akademii Medycznej w Łodzi
Kierownik zakładu: dr hab. med. E. Szewczyk

STRESZCZENIE W pracy przedstawiono ocenę narażenia na bioaerozole pracowników zatrudnionych przy zbieraniu i zagospodarowywaniu odpadów komunalnych. Badano grupy zawodowe: zbierających odpady (ładowcze i kierowcy), pracowników kompostowni (operatorzy maszyn i placowi), pracowników sortowni (operator maszyn i sortowacze), pracowników przeladowni (operator maszyn i placowi), pracowników wysypisk (operatorzy maszyn i wagowi). Ponadto, próbki pobrano również na ulicach miasta oraz w mieszkaniach, stanowiły one punkt odniesienia dla uzyskanych wyników.

Próbki powietrza pobierano w strefie oddychania pracowników i określono stężenie: pyłu, żywych drobnoustrojów (bakterii mezofilnych i termofilnych, grzybków), endotoksyn oraz ogólną liczbę komórek drobnoustrojów.

Najwyższe, indywidualne narażenie na pył stwierdzono u pracowników kompostowni i zbierających odpady. Przekraczały one znacznie obowiązujący NDS (w kompostowni dziesięciokrotnie). Wartości średnie dla ww. grup zawodowych również przekraczały stężenie 4 mg/m³. Na pozostałych stanowiskach pracy stężenia pyłu były istotnie niższe, a w mieszkaniach i centrum miasta znajdowały się na poziomie około 0,1 mg/m³.

Stężenie endotoksyn na poziomie zabezpieczającym przed zapaleniem dróg oddechowych (10 ng/m³) było przekroczone w zdecydowanej większości pomiarów (ponad 50% wyników) powodując, że średnie stężenie w grupach zawodowych było również wyższe od 10 ng. Próbki pobrane w centrum miasta oraz w mieszkaniach zawierały endotoksyny na poziomie - 1 ng.

Przyjmując jako kryterium oceny higienicznych warunków pracy stężenie pyłu ogólnego obowiązujący w Polsce NDS oraz stężenie endotoksyn na poziomie 10 ng/m³ należy uznać, że zbierający odpady oraz pracownicy kompostowni pracowali w złych warunkach higienicznych. Med. Pr. 2001; 52; 6; 417–422

SŁOWA KLUCZOWE: odpady komunalne, bioaerozole, narażenie zawodowe, kryteria oceny higienicznej, endotoksyny

ABSTRACT The assessment of the exposure to bioaerosols among workers engaged in the collection and disposal of municipal waste is presented. The workers were divided into the following groups, depending on the job performed: waste collectors (loaders, drivers), composting plant workers (heavy equipment operators, waste site workers), sorters (heavy equipment operators, waste sorters) and landfill site workers (heavy equipment operators, weighers). Air samples were also collected on the city streets and in flats. They were reference points to the results obtained.

Air samples were collected at the breathing zone. The concentrations of dust, viable microorganisms (mesophilic and thermophilic bacteria, and fungi), endotoxins and the total number of microbial cells were determined.

The highest, individual exposure to dust was found in composting plant workers and waste collectors. The values exceeded considerably maximum allowable concentrations (by ten times at composting plant). The mean values for the above listed groups also exceeded the concentration of 4 mg/m³. Dust concentrations at other workposts were substantially lower. The concentrations in the city streets and in flats maintained at the level of 0.1 mg/m³.

Endotoxin concentration at a protecting upper airway inflammation level (10 ng/m³) was exceeded in the majority (above 50%) of samples. That is why the average concentration in individual groups was also higher than 10 ng/m³. Street and flat samples included endotoxins at the level of 1 ng/m³.

Taking as a criterion the obligatory total dust and endotoxin MAC value of 10 ng/m³ for assessing work hygiene conditions, it should be stated that waste collectors and composting plant workers were employed in conditions of poor hygiene. Med Pr 2001; 52; 6; 417–422

KEY WORDS: municipal waste, bioaerosols, occupational exposure, criteria for hygiene assessment, endotoxins

WSTĘP

Zbieraniem i utylizacją odpadów komunalnych w Polsce zajmuje się duża grupa pracowników, której wielkość szacuje się na kilkadziesiąt tysięcy osób. Ocena warunków pracy tej grupy ludzi musi być poprzedzona oceną (jakościową

i ilościową) narażenia na czynniki szkodliwe występujące na stanowiskach pracy. W Polsce do chwili obecnej nie oceniano narażenia zawodowego osób zatrudnionych przy zbieraniu i zagospodarowywaniu odpadów.

Zgodnie z definicją podaną w Dyrektywie 2000/54/UE (1) czynniki biologiczne, to wszystkie drobnoustroje łącznie z mutantami, hodowlami komórkowymi i pasożytami wewnętrznymi człowieka, które mogą być przyczyną zakaże-

* Praca wykonana w ramach zadania finansowanego z dotacji na działalność statutową nr IMP 3.1 pt.: „Ocena występowania biologicznych czynników szkodliwych dla zdrowia w powietrzu na wysypiskach odpadów komunalnych oraz określenie kryteriów higienicznych narażenia”. Kierownik zadania: dr J.A. Krajewski.

nia, alergii lub działania toksycznego. Drobnoustroje wg tej Dyrektywy oznaczają samodzielną jednostkę mikrobiologiczną, komórkową lub składającą się ze struktur komórkopodobnych, zdolną do autoreprodukcji lub przenoszenia materiału genetycznego. Czynniki biologiczne są istotnym składnikiem pyłu organicznego, który Komitet ds. Pyłu Organicznego ICOH (International Commission on Occupational Health) definiuje jako pył pochodzenia roślinnego, zwierzęcego i bakteryjnego (2). W Stanach Zjednoczonych używa się terminu bioaerozole, który zgodnie z definicją podaną przez Komitet ds. Bioaerozoli ACGIH (3) obejmuje mikroorganizmy i ich fragmenty, toksyny oraz cząstki pochodzące z rozpadu różnych organizmów żywych. Inną definicję, szerszą i bardziej uniwersalną proponuje J. Dutkiewicz (4): „biologiczne szkodliwości zawodowe” są to takie mikro- i makroorganizmy oraz takie struktury i substancje wytwarzane przez te organizmy, które występując w środowisku pracy wywierają szkodliwy wpływ na organizm ludzki i mogą być przyczyną chorób pochodzenia zawodowego. W niniejszym opracowaniu, mówiąc o czynnikach biologicznych, pyłe organiczne oraz bioaerozolu, ma się na myśli wszystkie te substancje, które obejmuje przedstawiona szeroka definicja wg J. Dutkiewicza.

O ile w piśmiennictwie polskim brak informacji na temat narażenia ludzi na czynniki biologiczne występujące przy pracy z odpadami komunalnymi, to narażenie w przemyśle rolno-spożywczym na pył organiczny, zawierający czynniki biologiczne, jest dość dobrze opisane (4,5,6). Za granicą wiele publikacji poświęcono ocenie ekspozycji i skutków narażenia na pył organiczny powstający przy wykonywaniu różnych prac na przykład w: tkalniach bawełny (7), tartakach (8), hodowli zwierząt (m. in. świń i drobiu) (9), elewatorach zbożowych (10) itp.

W Danii i Finlandii, między innymi, opublikowano (11,12,13,14,15,16) wyniki prac, dotyczące narażenia oraz skutków zdrowotnych, jakie obserwuje się u pracowników zawodowo zajmujących się zbieraniem i zagospodarowywaniem odpadów. Stężenie czynników w powietrzu (17) jest bardzo zróżnicowane, zmienne, zależne od pory roku, warunków meteorologicznych, rodzaju wykonywanych czynności, a także od rodzaju czynnika i sposobu wykonywania pomiaru. Z powyższych publikacji wynika również, że narażenie na pył organiczny wywołuje choroby o charakterze immunotoksycznym oraz alergicznym płuc i górnych dróg oddechowych, choroby skóry i błon śluzowych o podłożu alergicznym lub toksycznym oraz choroby zakaźne. W Danii (11) ryzyko względne wystąpienia chorób alergicznych układu oddechowego, w tej kategorii pracowników, wynosi 2,6 a chorób zakaźnych 6,0. Pył drzewny może być przyczyną powstania nowotworów (gruczolaki) górnych dróg oddechowych (4).

Ocena warunków higienicznych na stanowiskach pracy pod kątem występowania bioaerozoli jest dyskusyjna z powodu możliwych do przyjęcia różnych kryteriów oceny. Wprawdzie w Polsce istnieje normatyw higieniczny, dotyczący pyłu organicznego pochodzenia roślinnego

i zwierzęcego (18), ale reguluje on jedynie dopuszczalną masę pyłu nieuwzględniając obecności mikroorganizmów. Za granicą również nie normuje się bioaerozoli, chociaż istnieje propozycja, przygotowana przez Komitet ds. Pyłu Organicznego ICOH (19), przyjęcia dopuszczalnego stężenia endotoksyn w powietrzu jako kryterium oceny narażenia na mikroorganizmy obecne w pyłach organicznych.

Celem pracy jest określenie wielkości narażenia na bioaerozole oraz ocena warunków higienicznych na stanowiskach pracy, związanych ze zbieraniem i zagospodarowaniem odpadów komunalnych, na podstawie oznaczenia stężenia w powietrzu pyłu organicznego, ogólnej liczby drobnoustrojów, liczby drobnoustrojów żywych (w tym bakterii mezofilnych, termofilnych i grzybów) oraz endotoksyn.

MATERIAŁ I METODY

Badania przeprowadzono w trzech zakładach robót komunalnych i oczyszczania miasta, działających w aglomeracji łódzkiej, których zadaniem było zbieranie odpadów z posesji mieszkalnych oraz ich zagospodarowanie przez sortowanie, kompostowanie i składowanie. Badaniem objęto 70 osób, które podzielono na grupy, wykonujące podobne czynności zawodowe: zbierający odpady (ładowacze i kierowcy), pracownicy kompostowni (operatorzy maszyn i placowi), pracownicy sortowni (operator maszyn i sortowacze), pracownicy przeladowni (operator maszyn i placowi) i pracownicy wysypisk (operatorzy maszyn i wagowi). Charakterystykę stanowisk pracy oraz osób zatrudnionych przy zbieraniu odpadów przedstawiono w oddzielnej publikacji (20). Na podstawie przeprowadzonego badania ankietowego można stwierdzić, że pracownicy nie zgłaszali objawów chorobowych, które można by wiązać z przebytą ekspozycją. Zdecydowana większość zatrudnionych oceniała swój stan zdrowia jako dobry lub bardzo dobry. Do najczęściej zgłaszanych uciążliwości pracownicy zaliczali duży wysiłek fizyczny, przykry zapach (odór), duże zapylenie oraz zmienne warunki atmosferyczne (20).

Próbki pyłu organicznego zawieszonego w powietrzu pobierano za pomocą pompki indywidualnych, które nosił pracownik na sobie w czasie co najmniej sześciu godzin w ciągu zmiany roboczej. Pompki instalowano przedstawicielom wszystkich grup zawodowych. Tam gdzie nie można było znaleźć wystarczającej liczby osób do badania, próbki powietrza pobierano na stanowisku pracy w stałym punkcie również przy użyciu pompki indywidualnej. Ponadto, po to, aby mieć punkt odniesienia dla uzyskanych wyników, próbki pobierano w centrum miasta oraz w mieszkaniach pracowników. W centrum miasta próbki pobierali studenci, którzy nosili pompki indywidualne przez określoną liczbę godzin.

Każdy pracownik nosił dwie pompki, które pobierały równoległe próbki na dwa filtry. Z próbki pobranej na jednym filtrze oznaczano masę pyłu, ogólną liczbę komórek drobnoustrojów oraz drobnoustroje żywe z podziałem na bakterie mezofilne, termofilne oraz grzyby. Z drugiego filtra oznacza-

no masę pyłu, ogólną liczbę bakterii oraz stężenie endotoksyn. Szczegóły strategii pobierania próbek, a także metodę oznaczania żywych drobnoustrojów oraz ich identyfikację przedstawiono w oddzielnej publikacji (21).

Oznaczanie stężenia endotoksyn

Filtry z zaadsorbowanym pyłem umieszczano w jałowych, a-pirogennych pojemnikach z tworzywa sztucznego, zalewano 10 mL a-pirogennej wody i wytrząsano w celu ekstrakcji endotoksyn (22,23). Po ekstrakcji zawiesinę wirowano przy 1300 obr./min w czasie 15 minut. Supernatanty, w zależności od masy pyłu, rozcieńczano w wodzie a-pirogennej od 5 do 500 razy, niektóre próby badano nierozcieńczone.

Do oznaczenia endotoksyn zastosowano ilościowy test LAL o nazwie COATEST Endotoxin z substratem chromogennym S-2423 (Charles River Endotoxin, USA). Oznaczenie przeprowadzono ściśle wg instrukcji dołączonej do testu. Poszczególne roztwory wzorcowe endotoksyny *E. coli* 0111-B4 o stężeniu w zakresie od 0,15 do 1,2 EU/mL (EU – endotoxin units, 1 ng endotoksyny = 12 EU) oraz próby badane o objętości 0,1 mL, były inkubowane z odczynnikiem LAL (0,1 mL) przez 5 minut w łaźni wodnej o temp. 37°C. Następnie dodawano 0,2 mL roztworu chromogenego substratu S-2423 w buforze zawierającym Tris (0,05 mol/L; pH 9,0) i przeprowadzano inkubację w temp. 37°C przez 4 minuty. Reakcję zatrzymywano przez dodanie 0,2 mL 20% kwasu octowego. Na zakończenie każdego etapu analizy mieszaninę energicznie mieszano. Zawartość probówek przenoszono do mikrokuwety i mierzono absorbancję wobec ślepej próby w spektrofotometrze przy długości fali $\lambda = 405$ nm. Wykreślano krzywą wzorcową, przedstawiającą zależność pomiędzy absorbancją a stężeniem endotoksyny *E. coli* 0111-B4. Ilość endotoksyn w próbkach badanych odczytywano z krzywej wzorcowej, sporządzanej każdorazowo w dniu wykonywania oznaczeń i przeliczano na stężenie w m^3 . Do analizy używano a-pirogennych odczynników i sprzętu laboratoryjnego. Z czystego szkła usuwano endotoksyny przez ogrzewanie w 180°C w czasie 4 godzin.

Oznaczanie całkowitej liczby drobnoustrojów

Całkowitą liczbę drobnoustrojów w badanej próbce określano metodą epifluorescencyjną (24,25). Filtr z pobraną próbą powietrza umieszczano w sterylnych polietylenowych pojemnikach, do których wlewano 10 mL jałowego buforowego roztworu NaCl (PBS). Pojemniki wytrząsano (100 cykli/min,) przez 45 min na wytrząsarce. Eluat z filtra przenoszono do próbówki i wirowano przy 3000 obr./min. Supernatant odrzucano, a osad zawieszano w 0,1 mL wody. Z otrzymanej zawiesiny pobierano 0,01 mL i wykonywano rozmaz na szkiełku podstawowym, na które wstępnie naklejono taśmę z wyciętym otworem o powierzchni 2 cm^2 . Na wysuszony i utrwalony metanolem preparat nalewano na 2 minuty 0,01% roztwór oranżu akrydyny w buforze octanowym (pH 4,5). Preparat oglądano w mikroskopie fluorescencyjnym sto-

sując obiektyw immersyjny. Komórki drobnoustrojów liczone w całym preparacie korzystając z siatki na okularze.

WYNIKI

W tabeli I przedstawiono narażenie pracowników na bioaerozole występujące w powietrzu na stanowiskach pracy (wartości średnie i skrajne) w czasie zbierania i zagospodarowywania odpadów komunalnych.

OMÓWIENIE

Stężenia oznaczanych składników pyłu organicznego w powietrzu na poszczególnych stanowiskach pracy charakteryzują się dużą rozpiętością, dochodzącą do dwóch rzędów wielkości. Jest to zrozumiałe, gdy weźmie się pod uwagę, że większość stanowisk pracy jest zlokalizowana na otwartej przestrzeni.

Spośród możliwych do zastosowania kryteriów oceny jako pierwszy przyjęto obowiązujący w Polsce normatyw, który reguluje stężenie pyłu organicznego w powietrzu (18). Biorąc pod uwagę sposób wykonania pomiaru przyjęto normatyw 4 mg/m^3 dla pyłu całkowitego, zawierającego mniej niż 10% krzemionki. Najwyższe, indywidualne narażenie stwierdzono u pracowników kompostowni i zbierających odpady. Przekraczały one znacznie obowiązujący normatyw (w kompostowni dziesięciokrotnie). Wartości średnie dla ww. grup zawodowych również przekraczały stężenie 4 mg/m^3 . Na pozostałych stanowiskach pracy stężenia pyłu były istotnie niższe, a w mieszkaniach i centrum miasta znajdowały się na poziomie około 0,1 mg/m^3 .

Stężenie endotoksyn jest następnym możliwym do zastosowania kryterium oceny narażenia zawodowego na pył organiczny. Jak już wcześniej wspomniano, Komitet ds. Pyłu Organicznego ICOH przedstawił Criteria Document (19), w którym uzasadnia użycie stężenia endotoksyn, jako miary narażenia zawodowego. Proponuje się w nim przyjąć wartość wytyczną dla narażenia niewywołującego efektu (no effect level – NEL), w tym wypadku toksycznego zapalenia płuc, stężenie 200 ng/m^3 , dla zapalenia dróg oddechowych 10 ng/m^3 oraz 100 ng/m^3 dla efektów systemowych. W doniesieniu prywatnym Rylander (26) wyraża opinię, że z higienicznego punktu widzenia nie ma istotnego znaczenia, czy jako normatyw przyjmie się stężenie 10 czy 20 ng/m^3 , natomiast działania naprawcze „action level” należy podjąć po przekroczeniu 30 ng/m^3 . W Holandii (27) Zespół Ekspertów ds. Standardów w Środowisku Pracy zaproponował dopuszczalną wielkość stężenia endotoksyn w powietrzu na poziomie 4,5 ng/m^3 , jako wartość średnią ważoną na zmianę roboczą. W Polsce proponowana przez Dutkiewicz (5) fakultatywna wartość stężenia endotoksyn wynosi 200 ng/m^3 .

W naszych badaniach stwierdziliśmy tylko raz przekroczenie stężenia 200 ng/m^3 endotoksyn (324 ng/m^3), było to w kompostowni u placowego. Pozostałe wyniki były istotnie niższe. Stężenie 100 ng/m^3 , zabezpieczające przed efektami

Tabela I. Narażenie pracowników na bioaerozole występujące w powietrzu na stanowiskach pracy (wartości średnie i skrajne) w czasie zbierania i zagospodarowywania odpadów komunalnych oraz wartości tła

Table I. Occupational exposure to bioaerosols in workplace atmosphere during municipal waste collection and disposal (average, extreme value) and the background values

Miejsce poboru prób Sampling place	Stanowisko pracy Workplace	Stężenie pyłu Total dust mg/m ³	Ogólna liczba drobnoustrojów Total counts of microorganisms 10 ⁷ /m ³	Bakterie mezofilne Mesophilic bacteria 10 ³ cfu/m ³	Bakterie termofilne Thermophilic bacteria 10 ³ cfu/m ³	Grzyby Fungi 10 ³ cfu/m ³	Endotoksyny Endotoxins ng/m ³
Pracownicy zbierający odpady Waste collectors	kierowca Driver	6,3 (1,1–16)	0,4 (0,2–0,5)	267 (22–750)	1,7 (0,3–3,3)	30 (6,2–61)	36 (0,9–101)
	ładowacz Waste loader	7,7 (0,6–24)	0,4 (0,04–1,2)	59 (3,8–190)	1,4 (0,13–6,3)	63 (6,8–132)	36 (1,8–109)
Sortownia Sorting plant	operator maszyn Heavy equipment	6,3	1,1	29	4,6	126	20
	operator-sortowacz Waste sorter	2,6 (1,9–3,2)	0,9 (0,3–1,7)	65 (37–105)	3,7 (2,4–4,9)	102 (84–138)	13 (5,0–23)
Kompostownia Composting plant	operator maszyn Heavy equipment	4,9 (2,3–10)	41 (0,11–190)	323 (19–540)	257 (9,8–890)	27 (5,8–69)	61 (9,1–114)
	operator placowy Waste site worker	4,6 (0,8–10)	14 (0,17–48)	919 (26–6278)	64 (4,4–390)	19 (1,6–56)	76 (10–324)
Przeładownia Reloading plant	operator maszyn Heavy equipment	2,5 (1,9–3,2)	15 (0,16–29)	78 (31–170)	29 (6,1–59)	16 (11–26)	14 (9,2–20)
	operator placowy Waste site worker	3,8 (1,4–7,4)	17 (0,05–37)	48 (24–85)	10 (3,8–21)	12 (5,4–19)	34 (9,1–104)
Składowisko odpadów Landfill site	operator maszyn Heavy equipment	0,9 (0,2–1,9)	0,1 (0,02–0,2)	40 (21–81)	25 (0,8–110)	25 (0,4–110)	40 (0,9–120)
	operator placowy Waste site worker	0,3 (0,11–0,6)	0,06 (0,03–0,09)	37 (9,5–95)	6,4 (0,02–25)	3,1 (0,3–7,9)	38 (0,9–150)
Ulice miasta City streets	tło Background	0,03 (0,01–0,1)	0,3 (0,06–1,5)	1,1 (0,1–2,3)	0	17 (12–22)	0,5
Mieszkania Flats	tło Background	0,05 (0,01–0,2)	0,2 (0,08–0,5)	1,3 (0,13–6,7)	0,02 (0,04–0,07)	0,8 (0,2–1,8)	1,5 (0,8–2,1)

systemowymi, przekroczone było ośmiokrotnie, w kompostowni i w czasie zbierania odpadów, co jednak nie oznacza, że średnie stężenie endotoksyn w którejkolwiek grupie zawodowej było wyższe od 100 ng/m³.

Stężenie 10 ng/m³, zabezpieczające przed zapaleniem dróg oddechowych, również osoby z atopią, było przekroczone w zdecydowanej większości pomiarów (ponad 50% wyników) powodując, że średnie stężenie w grupach zawodowych było również wyższe od 10 ng. Próbkę pobrane w centrum miasta oraz w mieszkaniach zawierały endotoksyny na poziomie 1 ng.

Proponowane przez Dutkiewicza (5), fakultatywne, stężenia drobnoustrojów w pyłe organicznym dla: bakterii mezofilnych 100 tys. cfu/m³; bakterii Gram-ujemnych 20 tys. cfu/m³; termofilnych promieniowców 20 tys. cfu/m³ oraz grzybów 50 tys. cfu/m³ zostały również zastosowane do oceny wielkości narażenia na stanowiskach pracy. Na podstawie wykonanych pomiarów można stwierdzić, że proponowane stężenie bakterii mezofilnych (10⁵ cfu/m³) było przekraczane (wartości średnie dla stanowisk pracy) w czasie zbierania

odpadów i w kompostowni, natomiast na pozostałych stanowiskach było niższe. Stężenie bakterii termofilnych w próbkach pobranych w mieszkaniach i centrum miasta było niższe od wartości proponowanej, tj. 10³ cfu/m³. Na pozostałych stanowiskach było wyższe, a szczególnie wysokie w kompostowni u operatorów maszyn, średnia 2,57 • 10⁵ cfu/m³. Stężenie grzybów, podobnie, najniższe było w mieszkaniach, a najwyższe zgodnie z przewidywaniami w sortowni, średnio 1,0 • 10⁵ cfu/m³.

Podsumowaniem powyżej opisanych rezultatów jest ryc. 1, na której przedstawiono ocenę narażenia pracowników (wartości średnie dla grupy zawodowej) na bioaerozole, występujące w powietrzu w czasie zbierania odpadów komunalnych za pomocą takich kryteriów, jak: stężenie pyłu ogólnego, stężenie bakterii mezofilnych oraz stężenie endotoksyn. Wynika z niej, że gdy zastosuje się jako kryterium ogólną masę pyłu, średnie stężenie na stanowiskach pracy zbierających odpady oraz w kompostowni jest wyższe od dopuszczalnego (wartość 1) odpowiednio o 1,75 i 1,18 razy. Na pozostałych stanowiskach narażenie nie przekracza wartości dopuszczalnej.

Średnie stężenie bakterii mezofilnych jest znacznie przekroczone (6,90 razy) na stanowiskach pracy w kompostowni. Na pozostałych stanowiskach nie przekracza wartości przyjętej za dopuszczalną.

Gdy przyjmie się za kryterium stężenie endotoksyn na poziomie 10 ng/m^3 , na wszystkich stanowiskach pracy stwierdza się przekroczenie dopuszczalnej wartości, które w kompostowni dochodzi do przekroczenia siedmiokrotnego. Natomiast przyjęcie za kryterium stężenia endotoksyn na poziomie 200 ng/m^3 lub 100 ng/m^3 pozwalałoby uznać warunki na stanowiskach pracy za dopuszczalne.

Użycie jako kryterium ogólnej liczby bakterii mezofilnych, stężenia bakterii termofilnych lub stężenia grzybów, o nominalach zgodnych z propozycją Dutkiewicza, prowadzi do oceny higienicznej, zasadniczo różniącej się od tej, jaką uzyskuje się stosując pozostałe kryteria.

Spośród zastosowanych kryteriów oceny higienicznych warunków na stanowiskach pracy dwa z nich są ważne: stężenie ogólne pyłu i stężenie endotoksyn na poziomie 10 ng/m^3 . Stężenie pyłu organicznego jest wartością w Polsce obowiązującą i do niej należy odnosić wyniki pomiarów. Z punktu widzenia nadzoru sanitarnego oznaczanie masy pyłu jest znacznie tańsze i łatwiejsze od oznaczania endotoksyn. Poważnym mankamentem tego normatywu jest brak merytorycznych podstaw dla jego stosowania.

Stężenie endotoksyn na poziomie 10 ng/m^3 posiada merytoryczne uzasadnienie; dokumentację kryterium opracowano w Komisji ds. Pyłu Organicznego ICOH. Podano w niej stężenia czynnika chorobotwórczego odpowiedzialnego za konkretne schorzenie. Mankamentem tego kryterium jest wzrost kosztu wykonania analizy.

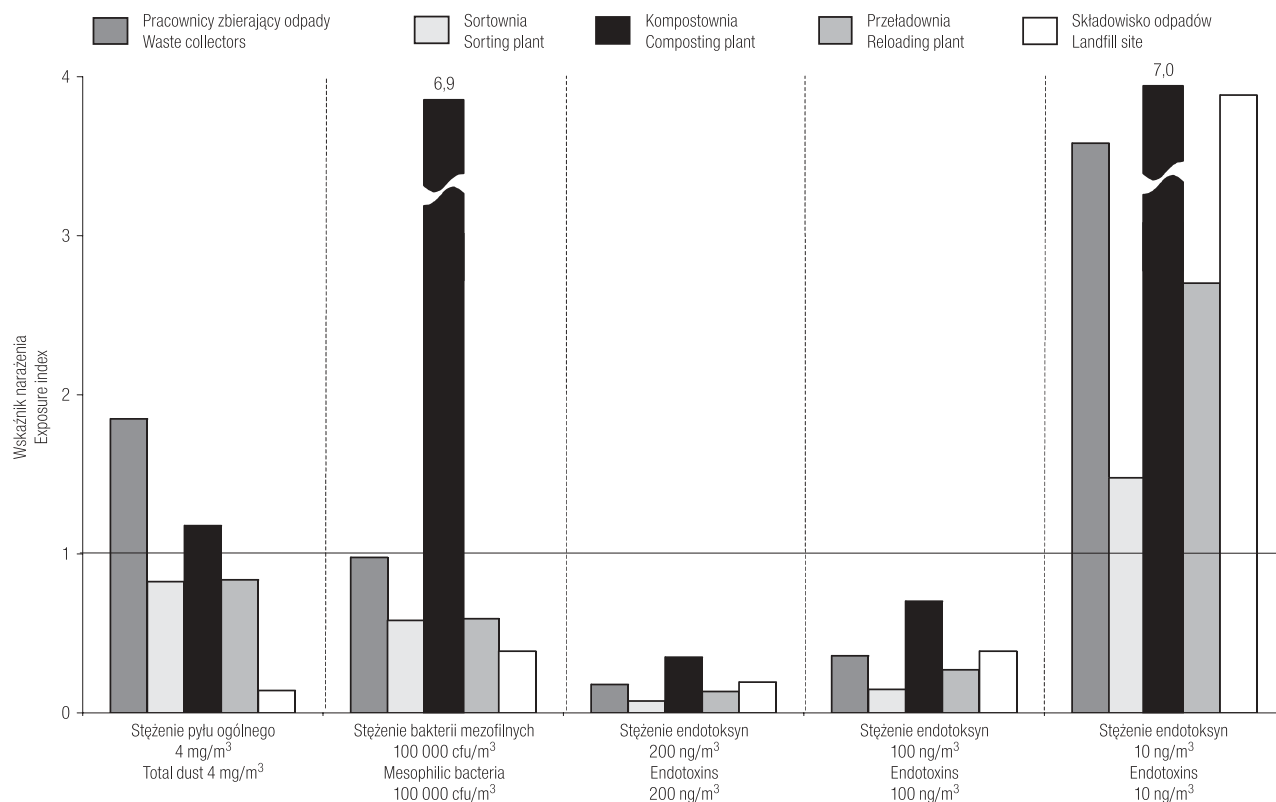
Analizy wykonane w mieszkaniach i centrum miasta pozwalają zorientować się, jakie stężenia spotyka się w środowisku komunalnym, należy traktować je jako tło. Jednocześnie jest to ważna informacja, którą należy uwzględnić w dyskusji w trakcie opracowywania propozycji dopuszczalnych stężeń w środowisku pracy.

Robotnicy wykonujący pracę na wszystkich stanowiskach, na których przeprowadzono badania, nie stosowali indywidualnych ochron dróg oddechowych i oczu, co w świetle uzyskanych wyników należy uznać, co najmniej w odniesieniu do niektórych stanowisk, za ważną okoliczność sprzyjającą większemu narażeniu.

Badania wykonano w porze roku, w której z uwagi na temperaturę i wilgotność powietrza, stężenia bioaerozoli były wysokie. Należy spodziewać się, że w porze zimowej narażenie pracowników będzie znacznie niższe.

WNIOSKI

Pracownicy zatrudnieni przy zbieraniu i zagospodarowaniu odpadów komunalnych są narażeni na bioaerozole o potenc-



Ryc. 1. Ocena narażenia pracowników na bioaerozole występujące w powietrzu na stanowiskach pracy, przy użyciu różnych kryteriów.

Fig. 1. Assessment of occupational exposure to bioaerosols in the workplace atmosphere according to different criteria.

jalnym działaniu chorobotwórczym. Najwyższe, średnie stężenie pyłu oraz stężenie endotoksyn było na stanowisku zbierających odpady oraz u pracowników kompostowni. Na pozostałych stanowiskach pracy (sortownia, przeładownia i wysypiska) stężenia były istotnie niższe.

Przyjmując jako kryterium oceny higienicznych warunków pracy stężenie pyłu ogólnego (obowiązujący w Polsce NDS = 4,0 mg/m³) oraz stężenie endotoksyn na poziomie 10 ng/m³ należy uznać, że zbierający odpady oraz pracownicy kompostowni pracowali w złych warunkach higienicznych.

Należy poddać weryfikacji obowiązujący w Polsce NDS dla pyłu organicznego pochodzenia roślinnego i zwierzęcego oraz przeprowadzić badania w celu określenia stężenia endotoksyn, jako kryterium oceny warunków higienicznych pracy na stanowiskach, na których występują bioaerozole.

Pracownicy na najbardziej zagrożonych stanowiskach pracy, w zakładach w których wykonano badania, nie stosowali indywidualnych ochron osobistych (okulary, maski przeciwpyłowe). Stosowanie wymienionych ochron jest podstawowym warunkiem ograniczenia narażenia. Dyrektywa 2000/54/EU, dotycząca ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w pracy, szczegółowo omawia zasady stosowania środków zapobiegawczych.

PIŚMIENNICTWO

- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego oraz Rady 2000/54/UE z 18 września 2000 r. w sprawie ochrony pracowników przed ryzykiem związanym z narażeniem na działanie czynników biologicznych w pracy. OJ L 262, 17.10.2000.
- Rylander R., Jacobs R.R.: Organic dusts - exposure, effects and prevention. CRC Press, Lewis Publisher, Boca Raton, USA 1994.
- Ammann H.M.: ACGIH TLV Statement On Bioaerosols; American Council Of Government Industrial Hygienists Presented For The Bioaerosols Committee. W: Johanning E. [red.]. Bioaerosols, Fungi and Mycotoxins: Health Effects, Assessment, Prevention and Control.. ENYOEH, New York 1999.
- Dutkiewicz J.: Zagrożenia biologiczne w środowisku pracy. W: Indulski J. [red.]. Higiena Pracy. Tom II. Instytut Medycyny Pracy, Łódź 2000, ss. 219-253.
- Dutkiewicz J., Mołocznik A.: Pyły organiczne pochodzenia roślinnego i zwierzęcego. Dokumentacja proponowanych wartości dopuszczalnych poziomów narażenia zawodowego. Zeszyt 5. Podstawy i Metody Oceny Środowiska Pracy, Warszawa 1988.
- Dutkiewicz J., Śpiewak R., Jabłoński L.: Klasyfikacja szkodliwych czynników biologicznych występujących w środowisku pracy oraz narażonych na nie grup zawodowych. Instytut Medycyny Wsi, Lublin 1999.
- Rylander R.: Organic dusts - from knowledge to prevention. Scand. J. Work Environ. Health 1994, 20, 116-122.
- Goldsmith D.F., Shy C.M.: Respiratory health effects from occupational exposure to wood dust. Scan. J. Work Environ. Health 1988, 14, 1-15.
- Donham K., Haglund P., Peterson Y., Rylander R., Belin L.: Environmental and health studies of farm workers in Swedish swine confinement buildings. Br. J. Ind. Med. 1989, 46, 31-37.
- DeLucca A.J. II, Godshall M.A.: Gram-negative bacterial endotoxins in grain elevator dusts. Am. Ind. Hyg. Assoc. J. 1984, 45, 336-339.
- Poulsen O.M., Breum N.O., Ebbehoj N., Hansen A.M., Ivens U.I., van Lelieveld D. i wsp.: Colletion of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. Sci. Total Environ. 1995, 170, 1-19.
- Poulsen O.M., Breum N.O., Ebbehoj N., Hansen A.M., Ivens U.I., van Lelieveld D. i wsp.: Sorting and recycling of domestic waste. Review of occupational health problems and their possible causes. Sci. Total Environ. 1995, 168, 33-56.
- Rahkonen P., Ettala M., Loikkanen I.: Working conditions and hygiene at sanitary landfills in Finland. Ann. Occup. Hyg. 1987, 31, 4A, 505-513.
- Sigsgaard T., Hansen J.C., Malmros P.: Biomonitoring and work related symptoms among garbage handling workers. Ann. Agric. Environ. Med. 1997, 4, 107-112.
- Sigsgaard T., Malmros P., Nersting L., Petersen C.: Respiratory disorders and atopy in Danish refuse workers. Am. J. Respir. Crit. Care Med. 1994, 149, 6, 1407-1412.
- Kiviranta H., Tuomainen A., Reiman M., Laitinen S., Nevalainen A., Liesivouri J.: Exposure to airborne microorganisms and volatile organic compounds in different types of waste handling. Ann. Agric. Environ. Med. 1999, 6, 39-44.
- Krajewski J.A., Tarkowski S., Cyprowski M.: Szkodliwe oddziaływanie odpadów komunalnych na zdrowie ludzi zatrudnionych przy ich zbieraniu i zagospodarowywaniu. Med. Pr. 2000, 51, 2, 159-172.
- Rozporządzenie Ministra Pracy i Polityki Socjalnej z dnia 2 stycznia 2001 r. w sprawie najwyższych dopuszczalnych stężeń i natężeń czynników szkodliwych dla zdrowia w środowisku pracy. DzU 2001, nr 4, poz. 36.
- Rylander R.: Endotoxins in the environment - A criteria document. Int. J. Occup. Environ. Health 1997, 3, 1-48.
- Krajewski J.A., Tarkowski S., Cyprowski M., Buczyńska A.: Charakterystyka stanowisk pracy oraz pracowników zatrudnionych przy zbieraniu i utylizacji odpadów komunalnych w Łodzi. Med. Pr. 2000, 51, 6, 616-624.
- Krajewski J.A., Szarapińska-Kwaszewska J., Dutkiewicz B., Cyprowski M.: Drobnoustroje żywe występujące w powietrzu na stanowiskach pracy w zakładach zajmujących się utylizacją odpadów komunalnych. Med. Pr. 2001, 52, 5, 343-349.
- Górny R.L., Douwes J., Versloot, Heederick D., Dutkiewicz J.: Application of the classic Limulus test and the quantitative kinetic chromogenic LAL method for evaluation of endotoxin concentration in indoor air. Ann. Agric. Environ. Med. 1999, 6, 45-51.
- Laitinen S.K.: Importance of sampling, extraction and preservation for the quantitation of biologically active endotoxin. Ann. Agric. Environ. Med. 1999, 6, 33-38.
- Koneman E.W., Allen S.D., Janda W.M., Schreckenberger P.C., Winn W.C. jun.: Diagnostic Microbiology. Lippincott-Raven Publishers, Philadelphia, NY 1997, s. 92.
- Lipsky B.A., Plorde J.J., Tenover F.C.: Comparison of the AutoMicrobic system, acridine orange-stained smears and gram-stained smears in detecting bacteria. J. Clin. Microbiol. 1985, 22, 176-181.
- Rylander R.: Prywatne doniesienie. 13.06.2001
- Heederik D., Douwes J.: Towards an occupational exposure limit for endotoxins? Ann. Agric. Environ. Med. 1997, 4, 17-19.

Adres I autora: Św. Teresy 8, 90-950 Łódź, e-mail: krajan@imp.lodz.pl

Nadesłano: 18.10.2001

Zatwierdzono: 30.10.2001