

Barbara Błachno*

**POJEMNIKI NA ODPADY KOMUNALNE JAKO ŹRÓDŁO
ZANIECZYSZCZENÍ MIKROBIOLOGICZNYCH POWIETRZA**

**WASTE CONTAINERS AS A SOURCE OF MICROBIOLOGICAL
AIR POLLUTION**

Słowa kluczowe: mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza, odpady komunalne.

Key words: microbiological air pollution, municipal refuse.

Problems connected with accumulation of municipal refuse are very important in environmental protection. Waste containers are inseparable elements of housing estate all over the world. In many cases, because of odours, insects, rodents, they can form arduous conditions for environment. Pathogenic microorganisms can be the reason of health hazard.

This work presents microbiological findings of air, collected near waste containers. Following microbiological parameters were indicated in air: total viable counts of bacteria, number of fungi, the order Actinomycetales, the genus Staphylococci, species Pseudomonas fluorescens, number of Gram negative bacteria from Enterobacteriaceae family. The research was carried out in the different seasons of the year, according to the operative norm, by settling and striking methods. Microbiological analysis revealed different degree of air pollution, in many cases greater than environmental background contamination.

1. WPROWADZENIE

Wzrost stopy życiowej współczesnego społeczeństwa i nadprodukcja dóbr materialnych sprzyjają powstawaniu coraz większych ilości odpadów komunalnych. W przypadku osiedli miejskich wiąże się to z zaprojektowaniem, wykonaniem i eksploatacją odpowiednich miejsc gromadzenia odpadów. Najczęściej są to różnego rodzaju kontenery, czasem otoczone dodatkową obudową.

* **Dr inż. Barbara Błachno – Zakład Biologii Sanitarnej i Biotechnologii,
Politechnika Białostocka, ul. Wiejska 45 A, 15-351 Białystok; tel.: 85 746 96 82;
e-mail: basiablachno@op.pl**

Wprawdzie gromadzenie odpadów w miejscu ich powstawania jest etapem krótkotrwałym i przejściowym, to jednak może być uciążliwe dla mieszkańców osiedli miejskich a niejednokrotnie może też stanowić zagrożenie sanitarne. Uciążliwości są spowodowane zwykle powstawaniem nieprzyjemnych zapachów a zagrożenia sanitarne wynikają z niewłaściwego stanu higienicznego pojemników, powodującego rozwój mikroorganizmów, pojawienie się insektów i gryzoni. Pomimo, że powietrze nie jest środowiskiem sprzyjającym rozwojowi drobnoustrojów, to jednak mogą one utrzymywać się w tych warunkach przez pewien czas, tym dłuższy, im jest większa ich odporność na wysychanie i brak substancji odżywczych. Przenoszone z wiatrem na znaczne odległości mogą być przyczyną licznych zakażeń aerogennych.

Celem pracy była ocena stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w pobliżu wybranych pojemników na odpady komunalne na terenie Białegostoku.

2. TEREN BADAŃ I METODYKA BADAŃ

Mikrobiologiczne badania powietrza atmosferycznego wykonywano w okresie od października do maja, przy zróżnicowanych warunkach meteorologicznych, w pobliżu dwudziestu czterech pojemników na odpady usytuowanych na terenie osiedli mieszkaniowych Białegostoku. Badania prowadzono metodą sedymentacyjną zgodnie z normą PN-89/Z-04111/01,02,03. Dziewięciokrotnie, oprócz metody sedymentacyjnej, zastosowano metodę zderzeniową przy użyciu próbnika powietrza Mass-100 Eco firmy Merck.

Próby powietrza pobierano wzdłuż osi wiatru (w tzw. smudze). Przy każdym pojemniku wyznaczano cztery punkty pomiarowe:

- 0 (tło) – punkt usytuowany po stronie nawietrznej, w odległości ok. 10 m od pojemnika,
- 1 – punkt po stronie zawietrznej, w bezpośrednim sąsiedztwie pojemnika (w odległości ok. 1 m),
- 2 – punkt po stronie zawietrznej, w odległości ok. 10 m,
- 3 – punkt położony w odległości ok. 30 m od pojemnika.

Jednocześnie z badaniami mikrobiologicznymi oznaczano aktualne wartości wybranych parametrów meteorologicznych:

- kierunek i prędkość wiatru,
- temperaturę i wilgotność powietrza,
- ciśnienie atmosferyczne

oraz

- nasłonecznienie.

Analizy mikrobiologiczne obejmowały:

- ogólną liczbę bakterii psychrofilnych i mezofilnych na agarze odżywczym,
- liczbę grzybów na podłożu Sabourauda,
- liczbę gronkowców na podłożu Chapmana,

- liczbę promieniowców na podłożu Pochona,
- liczbę *Pseudomonas fluorescens* na podłożu Kinga B,
- liczbę pałeczek Gram-ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae* na podłożu Mac Conkeya.

3. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

W tabeli 1 przedstawiono zakresy zmienności oraz średnie wartości badanych parametrów mikrobiologicznych w pobliżu dwudziestu czterech pojemników na odpady, w wyznaczonych czterech punktach pomiarowych. Oceny stanu mikrobiologicznego powietrza dokonano według kryteriów zamieszczonych w normach PN-89/Z-04-111/02 i PN-89/Z-04-111/03 z uwzględnieniem aktualizacji proponowanych przez Instytut Systemów Inżynierii Środowiska Politechniki Warszawskiej.

Tabela 1. Zakresy zmienności i średnie wielkości badanych parametrów mikrobiologicznych

Table 1. The variability levels and average values of microbiological parameters

Drobnoustroje	Liczebność drobnoustrojów na stanowisku			
	0	1	2	3
Bakterie psychrofilne	318 – 1465 703	382 – 2230 890	573 – 2548 1287	382 – 2038 900
Bakterie mezofilne	111 – 1306 754	159 – 1879 920	191 – 2739 1113	96 – 2771 1004
Grzyby	425 – 2654 1274	510 – 3376 1468	531 – 3631 1561	318 – 3439 1296
Promienowce	0 – 149 88	32 – 382 173	30 – 318 146	16 – 255 118
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	0 – 276 <106	0 – 382 <217	21 – 340 201	0 – 361 <135
Gronkowce	0 – 84 22	0 – 318 <81	0 – 420 <132	0 – 255 <77
Pałeczki Gram-ujemne	0 – 26 <4	0 – 79 <27	0 – 79 <30	0 – 52 <15

W otoczeniu dwudziestu trzech pojemników, w żadnym z punktów pomiarowych nie stwierdzono przekroczenia maksymalnej liczby grzybów mikroskopowych określonej dla powietrza niezanieczyszczonego (3000 jtk/m^3). W jednym pojemniku we wszystkich trzech punktach po stronie zawietrznej zanotowano nieco większą liczbę grzybów (maksymalnie 3439 jtk/m^3), co odpowiada normom dla powietrza przeciętnie czystego.

Liczba bakterii psychrofilnych również nie budziła poważniejszych zastrzeżeń. Wokół jedenastu pojemników liczba tych bakterii odpowiadała parametrom powietrza niezanieczyszczonego, w pozostałych wypadkach otrzymano wyniki charakterystyczne dla powietrza średnio zanieczyszczonego. Należy przy tym podkreślić, że podobną liczbę psychrofilii zanotowano w tych wypadkach również w punkcie „0” (czyli w tle), co wskazuje że

nie można wiązać niewielkiego wzrostu liczby tych bakterii z obecnością pojemników na odpady.

Liczba bakterii mezofilnych natomiast nie jest parametrem uwzględnianym w obowiązujących kryteriach czystości powietrza, a proponowane aktualizacje określają ich granice dla różnych stopni zanieczyszczenia. I tak ilość mezofili do 1500 jtk/m³ została uznana za dopuszczalną dla powietrza niezanieczyszczonego. Przyjmując takie kryteria, należy uznać powietrze w otoczeniu szesnastu pojemników na odpady za niezanieczyszczone. Wokół pozostałych pojemników na odpady stwierdzano ilość bakterii mezofilnych charakterystyczną dla powietrza średnio zanieczyszczonego.

Jednym z mikrobiologicznych wskaźników czystości powietrza są promieniowce. Jest to grupa bakterii pojawiająca się w powietrzu stosunkowo często w wyniku przedostawania się z gleby, roślinności itp. W prowadzonych badaniach ich poziom, według obowiązujących kryteriów, określano jako odpowiadający powietrzu średnio bądź silnie zanieczyszczoneму. Uwzględniając propozycje norm, które dziesięciokrotnie zwiększają dopuszczalne liczby promieniowców, można badane powietrze zaklasyfikować do niezanieczyszczonego lub średnio zanieczyszczonego.

Kolejnym drobnoustrojem wskaźnikowym są bakterie z gatunku *Pseudomonas fluorescens*. Norma określa, że w powietrzu niezanieczyszczoneм nie powinno się wykrywać tych pałeczek, 50 jtk/m³ stanowi wartość graniczną dla powietrza średnio zanieczyszczonego, a wartość powyżej 50 jtk/m³ świadczy o silnym zanieczyszczeniu. W proponowanej aktualizacji przyjęto, że liczba *P. fluorescens* mniejsza niż 10 jtk w 1m³ odpowiada warunkom powietrza niezanieczyszczonego. Biorąc pod uwagę to kryterium można stwierdzić, że zostało ono spełnione jedynie w pięciu punktach. W większości przypadków wykrywano w badanym powietrzu pałeczki *P. fluorescens* w ilościach odpowiadających średniemu i silnemu zanieczyszczeniu.

Do grupy bakterii dość często pojawiających się w powietrzu, a jednocześnie stwarzających istotne zagrożenie sanitarno-epidemiologiczne należą gronkowce. W dwunastu przypadkach nie wyizolowano ich z powietrza pobieranego w tle, natomiast pojawiały się w kolejnych punktach pomiarowych, w ilościach charakterystycznych dla zanieczyszczenia średniego i silnego. W otoczeniu pozostałych trzynastu pojemników gronkowce wykrywano zarówno w tle, jak i po stronie nawietrznej, przy czym były to ilości klasyfikujące powietrze jako średnio i silnie zanieczyszczone.

Gram-ujemne pałeczki jelitowe z rodziny *Enterobacteriaceae* generalnie nie są bakteriami uwzględnianymi w analizach mikrobiologicznych powietrza. Naturalnym siedliskiem wielu gatunków z tej rodziny jest przewód pokarmowy człowieka i zwierząt ciepłokrwistych, dlatego też obecność pałeczek Gram-ujemnych w powietrzu jest bardzo sporadyczna. W większym stopniu mogą one stanowić składnik bioaerozoli tworzących się w oczyszczalniach ścieków bądź na terenie wysypisk odpadów. Właśnie ze względu na możliwość występowania pałeczek Gram-ujemnych w odpadach komunalnych

uznano za uzasadnione włączenie ich wykrywania do oceny zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w otoczeniu pojemników na odpady. W punktach pomiarowych przyjętych po stronie nawietrznej (w tle) tylko raz stwierdzono obecność bakterii Gram-ujemnych z rodziny *Enterobacteriaceae*, natomiast w punktach zlokalizowanych po stronie zawietrznej izolowano je dziesięciokrotnie, w ilościach nieprzekraczających kilkudziesięciu w 1 m³ powietrza.

Wśród publikacji dotyczących mikrobiologicznych zanieczyszczeń powietrza brak jest danych na temat wpływu pojemników na odpady na stan mikroflory powietrza. Analizy mikrobiologiczne powietrza są najczęściej wykonywane w ramach oceny oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej uznanych za uciążliwe bądź stwarzające potencjalne zagrożenie sanitarne dla środowiska, takich jak: oczyszczalnie ścieków, kompostownie i wysypiska odpadów [Kulig 2002; Kaźmierczuk i in. 2004]. Wyniki otrzymywane w tych pracach są oczywiście bardzo różne i trudno jest je porównywać. W większości prac wykazano jednak znaczny wpływ odległości od źródła emisji na liczebność drobnoustrojów w powietrzu, pory roku, warunków meteorologicznych, a zwłaszcza prędkości wiatru, wilgotności powietrza i opadów [Barabasz i in. 2001; Traczewska, Karpińska-Smulikowska 2000; Kaźmierczuk, Kalisz 2001]. Podobne spostrzeżenia poczyniono w niniejszej pracy. Analizując wyniki przeprowadzonych badań, zauważono nieco większą liczebność drobnoustrojów w okresie wiosennym w stosunku do okresu jesienno i zimowego. Rezultaty takie są zgodne z wynikami badań mikrobiologicznych powietrza otrzymywanymi przez innych autorów [Korzeniewska i in. 2008; Butarewicz, Kowaluk-Krupa 2004]. Zauważono też, że przy większych prędkościach wiatru (4 i 6 m/s) mikroorganizmy były przenoszone na dalsze odległości i największa ich koncentracja występowała w punktach pomiarowych odległych o 10 i 30 m. Przy niewielkiej natomiast prędkości wiatru (poniżej 2 m/s) zanieczyszczenia koncentrowały się w odległości ok. 1 m od pojemnika na odpady.

Niezmiernie ważnym problemem wiążącym się z mikrobiologicznymi analizami powietrza jest dobór odpowiedniej metody pomiarowej. Metoda sedymentacyjna jest prosta i łatwa w wykonaniu, ale posiada też wiele wad, np.:

- nie pozwala na określenie liczby mikroorganizmów w najbardziej drobnej fazie bioaerozolu, który opada bardzo trudno bądź wcale,
- na płytce osadzają się drobnoustroje zarówno ze słupa powietrza nad płytki, jak i przenoszone prądami konwekcyjnymi powietrza,
- w metodzie tej nie można dokładnie określić objętości badanego powietrza [Krzysztofik 1992].

W dziewięciu seriach badawczych, równoległe do metody sedymentacyjnej, zastosowano metodę zderzeniową, przy użyciu aparatu Mass-100 Eco. Średnie liczebności badanych parametrów mikrobiologicznych, wyznaczone na kolejnych stanowiskach obiema metodami, przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Porównanie średnich liczebności badanych parametrów mikrobiologicznych otrzymanych metodą sedymentacyjną i zderzeniową

Table 2. The comparison of average values of microbiological parameters

Drobnoustroje		Średnia liczba drobnoustrojów na stanowisku			
		0	1	2	3
Bakterie psychrofilne	sedymentacyjna	613	932	1100	920
	zderzeniowa	1016	1800	1467	1300
Bakterie mezofilne	sedymentacyjna	575	871	932	950
	zderzeniowa	998	1422	1400	1204
Grzyby	sedymentacyjna	570	632	1248	842
	zderzeniowa	820	740	1110	1212
Promieniowce	sedymentacyjna	135	226	280	102
	zderzeniowa	98	178	114	84
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	sedymentacyjna	<6	<8	<21	<8
	zderzeniowa	<48	<26	<90	<56
Gronkowce	sedymentacyjna	<5	<70	<20	<24
	zderzeniowa	<18	<20	<80	<36
Pałeczki Gram-ujemne	sedymentacyjna	<3	<16	<16	<8
	zderzeniowa	<4	<12	<10	<5

Porównując wyniki analiz próbek powietrza pobranych metodą sedymentacyjną i zderzeniową, stwierdzono większą liczebność poszczególnych grup drobnoustrojów w powietrzu pobieranym metodą zderzeniową, z wyjątkiem promieniowców i pałeczek Gram-ujemnych, których większe ilości oznaczano metodą sedymentacyjną. Należy jednak pamiętać, że wyniki otrzymywane różnymi metodami mogą odbiegać od siebie. Szczególnie jest to widoczne właśnie w analizach mikrobiologicznych powietrza, rezultaty bowiem metody sedymentacyjnej i zderzeniowej mogą różnić się między sobą nawet wielokrotnie [Kaźmierczuk i in. 2004].

Podsumowując należy zatem stwierdzić, że wyniki otrzymane w niniejszej pracy nie wykazują w sposób jednoznaczny wpływu pojemników na odpady komunalne na stan mikroflory powietrza, zachęcają jednak do podejmowania dalszych badań w tym kierunku. Niepokój budzi bowiem znaczna liczba gronkowców oraz bakterii *P. fluorescens* w badanym powietrzu. Poza tym badań nie prowadzono w okresie letnim, przy maksymalnych temperaturach, co mogłoby mieć wpływ na otrzymanie wyższych liczebności drobnoustrojów.

Trzeba również mieć na uwadze, że drobnoustroje występujące w powietrzu są najczęściej osadzone na cząstkach kurzu oraz innych stałych zanieczyszczeniach, dlatego wszystkie czynniki zwiększające zapylenie, takie jak: wiatr, brak szaty roślinnej, duży ruch uliczny itp., będą powodować wzrost ich ilości. Należy zatem wziąć te czynniki pod uwagę, przy planowaniu lokalizacji i późniejszej eksploatacji osiedlowych śmietników.

Opracowanie wykonano w ramach realizacji pracy statutowej WBiŚ/22/2006.

PIŚMIENNICTWO

- BARABASZ W., ALBIŃSKA D., BARABASZ J. 2001. Obiekty komunalne jako źródło bioaerozolu i mikroorganizmów szkodliwych dla zdrowia. Akademia Rolnicza, Kraków.
- BUTAREWICZ A., KOWALUK-KRUPA A. 2004. Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego na terenie i wokół składowiska odpadów komunalnych w Augustowie. *Ochrona powietrza i problemy odpadów* 5: 167–173.
- KAŹMIERCZUK M., KALISZ L. 2001. Ocena warunków aerosanitarnych na terenie wysypisk odpadów komunalnych. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 21/22: 25–34.
- KAŹMIERCZUK M., KALISZ L., SAŁBUT J. 2004. Mikrobiologiczne zanieczyszczenia powietrza w otoczeniu obiektów gospodarki komunalnej. IOŚ, Warszawa.
- KORZENIEWSKA E., FILIPKOWSKA Z., GOTKOWSKA-PŁACHTA A., JANCZUKOWICZ W. 2008. Bakteriologiczne zanieczyszczenie powietrza na terenie i w otoczeniu oczyszczalni ścieków z systemem filtrów gruntowo-roślinnych. *Woda – Środowisko – Obszary – Wiejskie* 1: 161–173.
- KRZYSZTOFIK B. 1992. *Mikrobiologia powietrza*. Wydawnictwa Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
- KULIG A. 2002. *Metody pomiarowo-obliczeniowe w ocenach oddziaływania na środowisko obiektów gospodarki komunalnej*. Politechnika Warszawska, Warszawa.
- TRACZEWSKA M., KARPIŃSKA-SMULIKOWSKA J. 2000. Wpływ składowiska odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza. *Ochrona Środowiska* 2 (77).