

JACEK GRZYB, KRZYSZTOF FRĄCZEK

Katedra Mikrobiologii
Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie

BADANIA NAD ROZPRZESTRZENIANIEM SIĘ AEROZOLU BAKTERYJNEGO W KRAKOWIE*

Streszczenie. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza w dużych ośrodkach miejskich, pomimo różnych zabiegów, wciąż się zwiększa. Mając na względzie wagę problemu, podjęto próbę oceny rozprzestrzeniania się bioaerozolu bakteryjnego w Krakowie w punktach badawczych miasta, różniących się średnią roczną temperaturą, z uwzględnieniem stopnia zapylenia i parametrów mikroklimatycznych. Badania wykonywano w dwóch porach roku (zimną oraz wiosną) w ciągu jednego dnia na 16 stanowiskach pomiarowych za pomocą 6-stopniowego impaktora Andersena. W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono, że w większości punktów badawczych powietrze atmosferyczne w okresie zimy oraz wiosny zgodnie z PN-89/Z-04111/02 (1989) było niezanieczyszczone oraz wykazano istnienie korelacji pomiędzy ogólną liczebnością bakterii a wszystkimi badanymi frakcjami pyłu.

Słowa kluczowe: bakterie, bioaerozol, zapylenie, Kraków

Wstęp

Problem zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w dużych ośrodkach miejskich wciąż narasta. Jest to spowodowane wieloma czynnikami, takimi jak: duża koncentracja ludności, gęsta zabudowa, wiążąca się zazwyczaj z niedostatecznym przewietrzaniem, duże zapylenie powietrza sprzyjające unoszeniu się na cząsteczkach pyłu bioaerozolu oraz zazwyczaj wyższa średnia temperatura powietrza niż na terenach nieurbanizowanych. W obrębie dużych miast mogą występować znaczne różnice w zakresie panujących w tym samym czasie temperatur oraz stopnia zapylenia, w szczególności pomiędzy terenami zalesionymi lub parkami a gęsto zabudowanymi osiedlami lub terenami przemysłowymi. Te dwa czynniki – temperatura oraz zapylenie – w największym

*Projekt finansowany ze środków na naukę na lata 2009-2011 jako projekt badawczy nr N N304 1529 37.

stopniu wpływają na liczbę drobnoustrojów mogących występować w danym miejscu i czasie (PASTUSZKA 2001).

Badania mikrobiologiczne powietrza w ośrodkach miejskich są prowadzone zazwyczaj na obiektach komunalnych (oczyszczalnie ścieków, składowiska odpadów, kompostownie) oraz w ich najbliższym otoczeniu (KOCWA-HALUCH i IN. 2001, WLAZŁO i IN. 2002, MARCINOWSKA i IN. 2004, FRĄCZEK i IN. 2008). Prac dotyczących badań mikrobiologicznych w innych obszarach miast jest niewiele (NOWAK 1998, BUGAJNY i IN. 2005, BURKOWSKA i DONDESKI 2008).

Celem przeprowadzonych badań było uchwycenia różnic w składzie ilościowym drobnoustrojów w różnych miejscach Krakowa w zależności od stopnia zapylenia i parametrów mikroklimatycznych.

Material i metody

Badania wykonywano w dwóch porach roku (zimą oraz wiosną) w ciągu jednego dnia na 16 stanowiskach pomiarowych (w dwóch powtórzeniach) rozmieszczonych w różnych miejscach Krakowa różniących się średnią roczną temperaturą. Punkty pomiarowe zostały wybrane na podstawie odchylenia od średniej rocznej temperatury panującej w Krakowie, w tym było siedem stanowisk badawczych charakteryzujących się temperaturami niższymi od średniej, siedem takich, w których temperatura była wyższa od średniej, jedno, w którym temperatura była równa średniej oraz jeden punkt kontrolny (tab. 1).

Tabela 1. Lokalizacja punktów pomiarowych
Table 1. Location of the measurement points

Punkt kontrolny (poza Krakowem)	
K	Libertów (w odległości 400 m od Zakopianki)
Punkty badawcze charakteryzujące się temperaturami niższymi od średniej	
N1	Kopiec Kościuszki – na szczycie Kopca
N2	Kopiec Krakusa – na szczycie Kopca
N3	Nowohuckie Centrum Kultury
N4	Błonia – na środku Błoni
N5	Bulwar Czerwieński nad Wisłą – obok Smoka Wawelskiego
N6	Zalew w Nowej Hucie – ul. Bulwarowa
N7	Ogród Botaniczny – ul. Kopernika
Punkt badawczy, w którym temperatura jest równa średniej	
Ś	Ul. Grochowska – teren Szkoły Mistrzostwa Sportowego

Tabela 1 – cd. / Table 1 – cont.

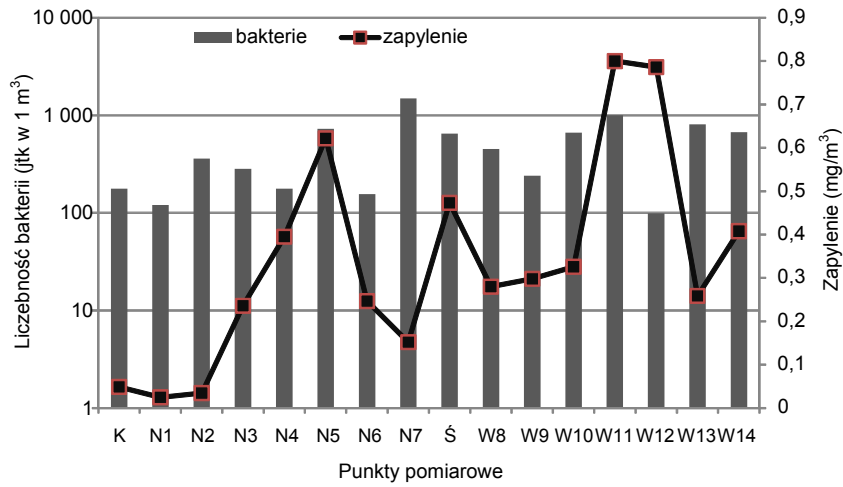
Punkty badawcze charakteryzujące się temperaturami wyższymi od średniej	
W8	Politechnika Krakowska na ul. Jana Pawła II – przy nowym gmachu
W9	Ul. Cystersów – w pobliżu skrzyżowania z ul. Fabryczną
W10	Os. Teatralne w Nowej Hucie – za budynkiem Teatru Ludowego przy ul. Obrońców Krzyża
W11	Rynek Główny – na płycie Rynku w pobliżu Wieży Ratuszowej
W12	Al. Mickiewicza – pomiędzy Uniwersytetem Rolniczym a Akademią Górniczo-Hutniczą
W13	Kombinat ArcelorMittal Poland – ul. Ujastek, przed budynkiem administracji
W14	Kombinat ArcelorMittal Poland – ul. Igołomska, przy skrzyżowaniu z ul. Dymarek

Próbki powietrza pobierano za pomocą 6-stopniowego impaktora Andersena. Jednocześnie prowadzono pomiary zapylenia oraz parametrów mikroklimatycznych (temperatury, siły wiatru, wilgotności względnej) celem skorelowania wszystkich zmierzonych wartości. Próbki pobierano w czasie 5 min przy przepływie powietrza przez impaktor równym 28,3 dm³/min. Zastosowanym podłożem był agar sojowy (Trypticase Soy Agar, bioMerieux) z dodatkiem 5% krwi baraniej. Inkubację próbek powietrza prowadzono w następujący sposób: jeden dzień – w 37°C, trzy dni – w 22°C oraz trzy dni – w 4°C w warunkach tlenowych. Jednocześnie prowadzono pomiary zapylenia powietrza dla czterech frakcji pyłu: PM₁₀, PM₄, PM_{2,5} oraz PM₁ za pomocą pyłomierza DustTrak II model 8530 (TSI Inc.) działającego na zasadzie fotometrii laserowej (czas: 1 min, pomiar: co 1 s, uśredniany). Pomiary mikroklimatyczne (temperatury, siły wiatru oraz wilgotności względnej) były wykonywane za pomocą przyrządu Kestrel 4000 (Nielsen-Kellerman) w trzech powtórzeniach.

Wyniki i dyskusja

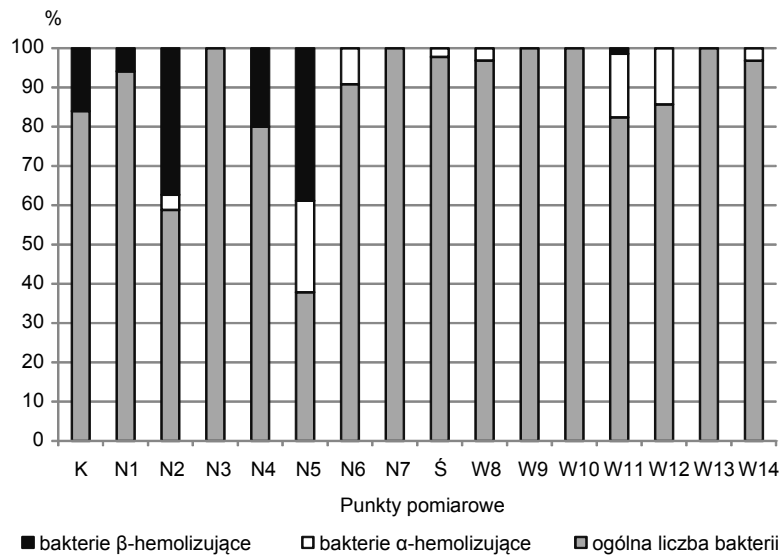
Jak wynika z uzyskanych danych (rys. 1), istnieje duża rozpiętość ogólnej liczebności bakterii, wynosząca w okresie zimy od 99 do 1492 jtk w 1 m³ powietrza (średnia liczebność: 505 jtk w 1 m³). W odniesieniu do Polskiej Normy PN-89/Z-04111/02 (1989) powietrze było niezanieczyszczone w 14 badanych punktach badawczych (87,5% przypadków), a w pozostałych dwóch – średnio zanieczyszczone (12,5%). Udział bakterii α -hemolizujących w ogólnej liczebności w okresie zimowym mieścił się w przedziale od 0 do 23%, a β -hemolizujących – od 0 do 39% (rys. 2).

Z kolei w okresie wiosny (rys. 3) rozpiętość liczebności bakterii była jeszcze większa i mieściła się w zakresie od 120 do 5253 jtk w 1 m³ powietrza, przy czym średnia liczebność miała wartość 908 jtk w 1 m³ powietrza. NOWAK i IN. (1997), prowadząc badania na terenie Szczecina, zanotowali podczas zimy znacznie większe liczebności bakterii, dochodzące do 30 000 jtk w 1 m³ w strefie wielkomiejskiej o dużym natężeniu ruchu. Na terenach parku i ogródków działkowych liczebności nie przekraczały 6000 jtk w 1 m³. Liczebności stwierdzone na wiosnę nie były tak zróżnicowane, ale i tak były większe (od 550 do 23 400 jtk w 1 m³) niż w badaniach niniejszej pracy.



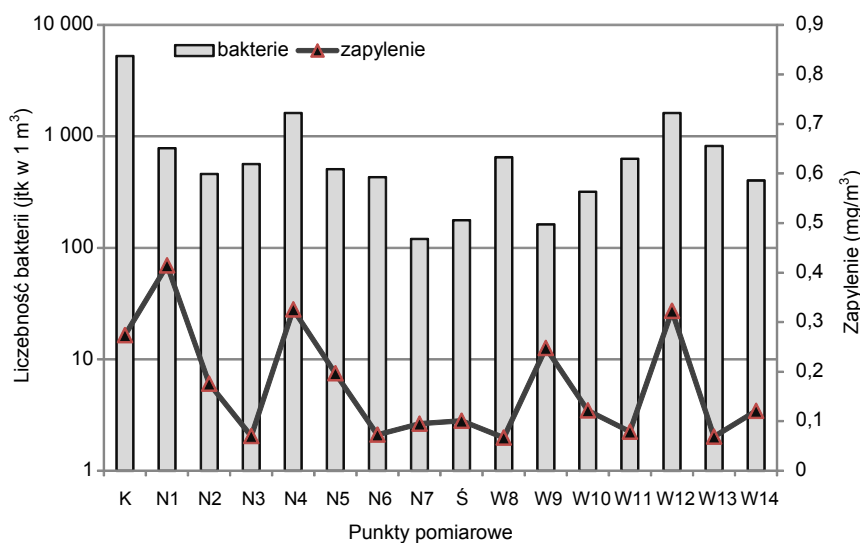
Rys. 1. Zestawienie liczebności bakterii z poziomem zapylenia w punktach pomiarowych na terenie Krakowa w okresie zimowym (opis punktów pomiarowych zamieszczono w tabeli 1)

Fig. 1. Comparison of the number of bacteria with dust concentration in the measurement points in Cracow area in winter (Table 1 describes the measurement points)



Rys. 2. Procentowy udział badanych bakterii w punktach pomiarowych na terenie Krakowa w okresie zimowym

Fig. 2. Percentage share of the investigated bacteria in the measurement points in Cracow area in winter



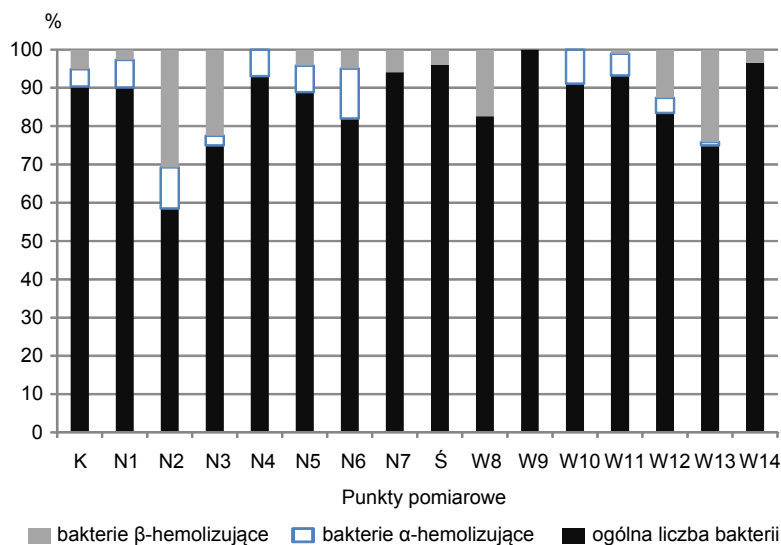
Rys. 3. Zestawienie liczebności bakterii z poziomem zapylenia w punktach pomiarowych na terenie Krakowa w okresie wiosennym

Fig. 3. Comparison of the number of bacteria with dust concentration in the measurement points in Cracow area in spring

Stwierdzono, że w okresie wiosny (rys. 4), podobnie jak w zimie, udział bakterii β -hemolizujących w stosunku do ogólnej liczby bakterii był większy (0-31%) niż udział bakterii α -hemolizujących (0-13%). Przeważająca część bakterii – w obydwóch badanych porach roku – nie wykazywała właściwości hemolizujących, można więc założyć, że do tej grupy w większości należały bakterie saprofityczne. Podczas wiosennej sesji pomiarowej powietrze było silnie zanieczyszczone (w odniesieniu do cytowanej powyżej normy) na jednym (6,25%) badanym stanowisku, na dwóch (12,5%) było średnio zanieczyszczone, a na pozostałych 13 (81,25%) – niezanieczyszczone.

Podczas dwóch badanych pór roku najbardziej zanieczyszczonym pod względem liczby bakterii miejscem był punkt kontrolny zlokalizowany poza Krakowem – w Libertowie, a pod względem całkowitej ilości pyłu – punkt badawczy zlokalizowany w pobliżu jednego z głównych ciągów komunikacyjnych Krakowa – al. Mickiewicza. Najmniej zanieczyszczonym pod względem liczebności bakterii miejscem (podczas dwóch pór roku) było stanowisko badawcze zlokalizowane przy skrzyżowaniu ul. Cystersów i Fabrycznej, a najmniejsze zapylenie odnotowano na stanowisku badawczym zlokalizowanym na szczycie Kopca Krakusa w Podgórzu. Wynika to zapewne z położenia – szczyt Kopca znajduje się kilkadziesiąt metrów ponad ciągami komunikacyjnymi i w pewnym oddaleniu od zabudowań, nie kumulują się w tym miejscu zanieczyszczenia, teren ten jest dobrze przewietrzony.

Za pomocą programu Statistica 9.0 (StatSoft Inc.) wyliczono korelacje pomiędzy badanymi czynnikami (tab. 2). Stwierdzono istnienie istotnych statystycznie korelacji ($p < 0,05$) pomiędzy ogólną liczbą bakterii a liczbą bakterii α -hemolizujących oraz



Rys. 4. Procentowy udział badanych bakterii w punktach pomiarowych na terenie Krakowa w okresie wiosennym

Fig. 4. Percentage share of the investigated bacteria in the measurement points in Cracow area in spring

Tabela 2. Korelacje pomiędzy badanymi czynnikami

Table 2. Correlations between the investigated coefficients

	Bakterie α-hemolizujące	Pył – frakcja 0-10 μm	Pył – frakcja 0-4 μm	Pył – frakcja 0-2,5 μm	Pył – frakcja 0-1 μm	Siła wiatru	Temperatura powietrza	Wilgotność powietrza
Ogólna liczba bakterii	0,44	0,77	0,74	0,68	0,52	–	–	0,72
Bakterie α-hemolizujące	–	–	–	–	–	0,47	–	–
Bakterie β-hemolizujące	–	–	–	–	–	–	0,37	0,37

Oznaczone współczynniki korelacji są istotne z $p < 0,05$. N = 32.

wszystkimi frakcjami pyłu. Jednocześnie stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy liczebnością bakterii α-hemolizujących a siłą wiatru oraz pomiędzy liczebnością bakterii β-hemolizujących a temperaturą oraz siłą wiatru. Również NOWAK i IN. (1997) stwierdzili dodatnią korelację pomiędzy siłą wiatru a liczbą bakterii. Z kolei LIGHTHART i SHAFFER (1995) obserwowali znaczny wzrost (o 500%) liczby bakterii podczas występowania silnego wiatru.

Wnioski

1. W większości punktów badawczych powietrze atmosferyczne w okresie zimy oraz wiosny zgodnie z wytycznymi PN-89/Z-04111/02 (1989) było niezanieczyszczone.
2. Stwierdzono istnienie korelacji pomiędzy ogólną liczebnością bakterii a wszystkimi frakcjami pyłu (PM_{10} , PM_4 , $PM_{2,5}$, PM_1).
3. Najbardziej zanieczyszczonym pod względem bakteriologicznym miejscem był punkt kontrolny zlokalizowany poza Krakowem.
4. Nie znalazło potwierdzenia w okresie badawczym założenie dotyczące zależności ogólnej liczby bakterii od średniej temperatury panującej w konkretnym miejscu Krakowa.

Literatura

- BUGAJNY A., KNOPKIEWICZ M., PIOTRASZEWSKA-PAJĄK A., SEKULSKA-STRYJAKOWSKA M., STACH A., FILIPIAK M., 2005. On the microbiological quality of the outdoor air in Poznań, Poland. *Pol. J. Environ. Stud.* 14, 3: 287-293.
- BURKOWSKA A., DONDESKI W., 2008. Drobnoustroje w powietrzu miejskich i uzdrowiskowych terenów Inowrocławia. *Ekol. Tech.* 16, 5A: 25-28.
- FRĄCZEK K., GRZYB J., ROPEK D., 2008. Narażenia na bioaerozole pracowników zajmujących się składowaniem i utylizacją odpadów komunalnych. W: *Przemiany środowiska naturalnego a rozwój zrównoważony*. Red. M.J. Kotarba. Towarzystwo Badania Przemian Środowiska Geosfera, Kraków: 163-174.
- KOCWA-HALUCH R., LEMEK M., CZACHOR M., 2001. Ocena oddziaływania wysypisk odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza. W: *Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych*. II Ogólnokrajowa Konferencja Naukowa, Łódź, 08-10.03.2001. PŁ, Łódź: 138-141.
- LIGHTHART B., SHAFFER B.T., 1995. Airborne bacteria in the atmospheric surface layer: temporal distribution above a grass seed field. *Appl. Environ. Microbiol.* 61: 1492-1496.
- MARCINOWSKA K., FRĄCZEK K., BARABASZ W., GRZYB J., 2004. Wpływ składowiska odpadów komunalnych w Ujkowie Starym – gmina Bolesław na jakość mikrobiologiczną powietrza. *Acta Agr. Silv. Ser. Agr.* 42: 289-295.
- NOWAK A., 1998. Badanie rozkładu dobowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza na terenie Szczecina. *Ecol. Chem. Eng.* 5, 1-2: 51-65.
- NOWAK A., PRZYBULEWSKA K., TARNOWSKA A., 1997. Zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza na terenie Szczecina w różnych porach roku. W: *Drobnoustroje w środowisku. Występowanie, aktywność i znaczenie*. Red. W. Barabasz. Wyd. AR, Kraków: 527-549.
- PASTUSZKA J.S., 2001. Narażenie na aerozole ziarniste, włókniste i biologiczne (bakterie i grzyby mikroskopijne) populacji generalnej Górnośląskiego Okręgu Przemysłowego. *Pr. Nauk. Inst. Inż. Ochr. Środ. P. Wroc.* 73, Ser. Monogr. 40.
- PN-89/Z-04111/02. 1989. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną. PKN, Warszawa.
- WŁAZŁO A., PASTUSZKA J.S., ŁUDZEŃ-IZBIŃSKA B., 2002. Ocena narażenia na aerozol bakteryjny pracowników niedużej oczyszczalni ścieków. *Med. Pr.* 53, 2: 109-114.

RESEARCH ON BACTERIAL AEROSOL SPREADING IN CRACOW

Summary. Microbiological contamination of air in large urban areas still increases despite various applied procedures. Taking into consideration the seriousness of the problem, an attempt was made to assess the bacterial aerosol spreading in research points in different parts of Cracow that differ in average annual temperature allowing of the dust concentration and microclimatic parameters. The research was performed in two seasons (in winter and in spring) in one day on 16 measurement points with 6-stage Andersen impactor. The results of the carried out research showed that in most research points atmospheric air in winter and in spring was not contaminated according to the Polish Standard PN-89/Z-04111/02 (1989); the correlation between general number of bacteria and all dust fractions was also proved.

Key words: bacteria, bioaerosol, dust concentration, Cracow

Adres do korespondencji – Corresponding address:

Jacek Grzyb, Katedra Mikrobiologii, Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kollątaja w Krakowie, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków, Poland, e-mail: rgrzyb@cyfronet.pl

Zaakceptowano do druku – Accepted for print:

18.10.2010

Do cytowania – For citation:

Grzyb J., Frączek K., 2010. Badania nad rozprzestrzenianiem się aerozolu bakteryjnego w Krakowie. Nauka Przyr. Technol. 4, 6, #79.