

Wpłynęło 10.11.2016 r.  
Zrecenzowano 17.12.2016 r.  
Zaakceptowano 20.12.2016 r.  
A – koncepcja  
B – zestawienie danych  
C – analizy statystyczne  
D – interpretacja wyników  
E – przygotowanie maszynopisu  
F – przegląd literatury

# DOBOWE ZMIANY SKŁADU ILOŚCIOWEGO AEROZOLU BAKTERYJNEGO W KRAKOWIE

Jacek GRZYB<sup>1)</sup> CDEF, Maria J. CHMIEL<sup>1)</sup> AB,  
Dorota SWĘDRZYŃSKA<sup>2)</sup> B

<sup>1)</sup> Uniwersytet Rolniczy im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Wydział Rolniczo-Ekonomiczny, Katedra Mikrobiologii

<sup>2)</sup> Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Wydział Rolnictwa i Bioinżynierii, Katedra Mikrobiologii Ogólnej i Środowiskowej

## Streszczenie

Cząstki bioaerozolu o średnicy aerodynamicznej 10 µm i mniejszej (PM10) to jeden z najbardziej niebezpiecznych składników powietrza atmosferycznego, dlatego aerozol ziarnisty PM10 jest obecnie podstawowym wskaźnikiem jakości powietrza w krajach Unii Europejskiej. Mając na uwadze wagę powyższego problemu wykonano badania, które miały na celu ocenę dobowych zmian składu ilościowego bakterii znajdujących się w powietrzu atmosferycznym w wybranych punktach Krakowa w zależności od nasilenia ruchu samochodowego oraz zapylenia.

Pomiary przeprowadzono w lipcu 2013 r. na dwóch stanowiskach badawczych w odstępach 2-godzinnych w czasie 48 h. Stężenie aerozolu bakteryjnego oznaczono z użyciem 6-stopniowego impaktora Graseby-Andersena, a badania zapylenia (całkowitego – PM10 i frakcji respirabilnej – PM4) wykonano za pomocą pyłomierza DustTrak II.

Czynnikami istotnie różnicującymi stężenie bakterii w powietrzu była lokalizacja stanowisk badawczych (różnice od 240 do 410% w zależności od grupy bakterii) oraz pora dnia. Największe zanieczyszczenie bakteriologiczne powietrza stwierdzono w porze dziennej na stanowisku przy alei Mickiewicza. Pomiary zapylenia wykazały większe stężenie pyłu w obydwu stanowiskach badawczych w porze nocnej niż w ciągu dnia. Wielokrotnie, głównie na stanowisku zlokalizowanym bezpośrednio przy trakcie komunikacyjnym, notowano przekroczenia dopuszczalnych wartości zapylenia. Największe stężenie bakterii dotyczyło frakcji o średnicach aerodynamicznych cząstek powyżej 7 µm. W większości próbek z obu stanowisk badawczych stwierdzono obecność bakterii α- i β-hemolizujących we frakcji respirabilnej, co może mieć niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi, podobnie jak zwiększone wartości zapylenia, szczególnie frakcji respirabilnej.

**Słowa kluczowe:** bakterie, bioaerozol, jakość powietrza w Krakowie, przebieg dobowy

**Do cytowania For citation:** Grzyb J., Chmiel M.J., Swędrzyńska D. 2017. Dobowe zmiany składu ilościowego aerozolu bakteryjnego w Krakowie. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie. T. 17. Z. 2 (58) s. 93–101.

## WSTĘP

Mikroorganizmy są powszechnie obecne w atmosferze, ich liczebność jest uzależniona od warunków środowiskowych oraz miejsca występowania. Wraz z cząstkami pyłowymi, na których zazwyczaj są osadzone, wchodzi w skład bioaerozolu. Stężenie bioaerozolu wykazuje przestrzenne, geograficzne, dzienne i sezonowe wahania, zatem ilość i jakość mikroorganizmów może zmieniać się w ciągu doby, roku oraz w zależności od lokalizacji. Stężenie bioaerozolu w konkretnym miejscu jest zatem zbiorczą funkcją lokalizacji geograficznej, aktywności antropogenicznej oraz czynników środowiskowych [BURROWS i in. 2009; WANG i in. 2010]. Stwierdzono ponad wszelką wątpliwość, że większe stężenie bioaerozolu występuje na terenach zurbanizowanych [FANG i in. 2007; KUMAR i in. 2011].

Bioaerozol to układ składający się z fazy rozpraszającej, którą stanowi powietrze, oraz rozproszonej, zawierającej drobnoustroje. Faza rozproszona bioaerozolu składa się z cząstek stałych, takich jak: nasiona i pyłki roślin, kurz, komórki bakterii, fragmenty strzępek grzybów i ich zarodniki oraz cząsteczki wody, substancji organicznych i nieorganicznych. Cząstki bioaerozolu o średnicy 10  $\mu\text{m}$  i mniejszej (PM10) są uznawane za jeden z najbardziej toksycznych składników powietrza atmosferycznego, wywołuje wiele niekorzystnych skutków zdrowotnych dla ludzi. Powietrze zanieczyszczone aerozolem bakteryjnym może być istotnym źródłem infekcji dla ludzi. W zależności od składu bioaerozolu ludzie mogą doznawać podrażnień skóry i układu oddechowego, alergii, infekcji o różnym nasileniu oraz reakcji toksycznych. Pojawiają się sugestie, że mikrobiologiczne skażenie powietrza wraz z jego zapyleniem (w skład cząsteczek pyłu wchodzi m.in. metale ciężkie oraz węglowodory wielopierścieniowe, szczególnie benzo- $\alpha$ -piren) wpływa na zwiększoną śmiertelność i większą zapadalność na choroby górnych dróg oddechowych, choroby serca oraz zwiększa ryzyko rozwoju nowotworów wśród ludzi. W związku z powyższym aerozol ziarnisty PM10 jest obecnie podstawowym wskaźnikiem jakości powietrza w krajach Unii Europejskiej [GÓRNY 2009; RAISI i in. 2010; SHAFFER, LIGHTHART 1997].

Kraków jest miastem szczególnym – zlokalizowanym w niecce, stosunkowo słabo przewietrzanym i z dużym natężeniem ruchu samochodowego. Na jego obszarze wykonano szereg badań bioaerozolu, żadne z nich nie dotyczyło jednak zmian stężenia aerozolu zachodzących w cyklu dobowym wraz z towarzyszącymi im zmianami zapylenia. Badania takie były natomiast wykonywane w skali światowej, np. przez LIGHTHART i SHAFFER [1995], TONG i LIGHTHART [1999], ABDEL HAMEED i in. [2009].

Badania przedstawione w niniejszej pracy miały na celu ocenę składu ilościowego wybranych grup bakterii występujących w powietrzu atmosferycznym w wybranych punktach Krakowa w zależności od nasilenia ruchu samochodowego, zapylenia oraz pory dnia.

## METODY BADAŃ

Badania wykonywano w lipcu 2013 r. w czasie 48 h w odstępach 2-godzinnych na dwóch stanowiskach badawczych: w miejscu o bardzo dużym nasileniu ruchu samochodowego przy alei Adama Mickiewicza (aleja) oraz w punkcie oddalonym o 200 m – oddzielonym od ciągu komunikacyjnego dużym budynkiem wielokondygnacyjnym, który z założenia był miejscem o mniejszym stężeniu pyłu, jak i aerozolu bakteryjnego (parking).

Stężenie bakterii (ogólne bakterii oraz bakterii  $\alpha$ - i  $\beta$ -hemolizujących) oznaczano na agarze sojowym (Trypticase Soy Agar, bioMerieux) z dodatkiem 5% krwi baraniej, z wykorzystaniem 6-stopniowego impaktora Graseby-Andersena. Pobór próbek trwał 5 min przy przepływie powietrza przez impaktor  $28,3 \text{ dm}^3 \cdot \text{min}^{-1}$ , co dawało objętość aspirowanego powietrza wynoszącą  $141,5 \text{ dm}^3$ . Warunki inkubacji dla badanych bakterii przedstawiały się następująco: 1 dzień w  $37^\circ\text{C}$ , następnie 3 dni w  $22^\circ\text{C}$  oraz 3 dni w  $4^\circ\text{C}$  w warunkach tlenowych. Jednocześnie prowadzono pomiary zapylenia (całkowitego – PM10 i frakcji respirabilnej – PM4) pyłomierzem DustTrak II model 8530 (TSI Inc.), działającego na zasadzie fotometrii laserowej (czas pomiaru – 1 min). Przez frakcję respirabilną rozumie się agregaty zawierające bakterie o średnicy aerodynamicznej mniejszej niż  $4,7 \mu\text{m}$ . W przypadku zapylenia przyjęto, że do frakcji respirabilnej należą agregaty o wielkości poniżej  $4,0 \mu\text{m}$ .

## WYNIKI I DYSKUSJA

W wyniku przeprowadzonych badań stwierdzono występowanie bakterii w zdecydowanej większości badanych próbek powietrza. Stężenie bakterii zależało przede wszystkim od miejsca poboru próbek. W przypadku stanowiska zlokalizowanego przy alei Mickiewicza sumaryczne stężenie bakterii (ze wszystkich frakcji i wszystkich wykonanych pomiarów) wynosiło  $18\,481 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$ , natomiast na stanowisku zlokalizowanym na parkingu ta wartość wyniosła  $5\,493 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$ , była zatem ponad 3,3 razy mniejsza. W przypadku bakterii  $\alpha$ -hemolizujących wartości stężeń wynosiły odpowiednio  $2\,298 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$  oraz  $559 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$  (ponad 4,1 razy mniej), natomiast dla bakterii  $\beta$ -hemolizujących  $1\,661 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$  i  $679 \text{ jtk} \cdot \text{m}^{-3}$  (2,4 razy mniej). Udział frakcji respirabilnej wynosił w przypadku badanych grup bakterii na stanowisku zlokalizowanym przy alei od 50,5 do 52,8%, w przypadku parkingu udział ten był większy i wynosił od 57,2 do 58,1%; świadczy to o przewadze drobniejszej frakcji cząstek bioaerozolu na stanowisku zlokalizowanym z dala od wzmożonego ruchu samochodowego. Udział badanych grup bakterii był zbliżony na obu stanowiskach badawczych – 82% stanowiły bakterie ogółem i po 8–10% bakterie hemolizujące (tab. 1).

**Tabela 1.** Rozkład ziarnowy aerozolu bakteryjnego**Table 1.** Bacterial aerosol size distribution

Grupa bakterii Group of bacteria	Frakcja Fraction $\mu\text{m}$	Zakres Range $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$		Mediana Median $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$		Suma frakcji The sum of fractions $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$	
		aleja avenue	parking car park	aleja avenue	parking car park	aleja avenue	parking car park
Bakterie ogółem Total bacteria	11,0–7,0	42–1421	14–247	173	49	6 405	1 548
	7,0–4,7	7–516	0–99	60	28	2 750	785
	4,7–3,3	21–587	7–113	71	25	2 877	756
	3,3–2,1	7–445	0–120	67	21	2 701	813
	2,1–1,1	7–304	7–64	49	21	1 831	721
	1,1–0,65	0–354	7–78	53	32	1 916	870
	ogółem total	0–1421	0–247	64	28	18 481	5 493
	PM4 (4,7–0,65)	0–587	0–120	64	25	9 325	3 160
Bakterie $\alpha$ -hemolizujące $\alpha$ -hemolytic bacteria	11,0–7,0	0–120	0–28	14	7	693	177
	7,0–4,7	0–134	0–14	4	0	403	57
	4,7–3,3	0–85	0–21	7	7	403	113
	3,3–2,1	0–78	0–21	7	0	382	71
	2,1–1,1	0–21	0–14	7	0	205	57
	1,1–0,65	0–78	0–21	0	0	212	85
	ogółem total	0–134	0–28	7	0	2 298	559
	PM4 (4,7–0,65)	0–85	0–21	7	0	1 202	325
Bakterie $\beta$ -hemolizujące $\beta$ -hemolytic bacteria	11,0–7,0	0–99	0–28	14	7	495	198
	7,0–4,7	0–78	0–14	7	0	290	92
	4,7–3,3	0–78	0–21	0	0	212	64
	3,3–2,1	0–49	0–42	7	0	240	127
	2,1–1,1	0–35	0–14	7	0	198	99
	1,1–0,65	0–49	0–21	0	0	226	99
	ogółem total	0–99	0–42	7	0	1 661	679
	PM4 (4,7–0,65)	0–78	0–42	7	0	877	389

Objaśnienie: PM4 = frakcja respirabilna. Explanation: PM4 = respirable fraction.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Zmierzone zapylenie nie różniło się znacząco pomiędzy stanowiskami pomiarowymi (aleja versus parking): ogólne zapylenie (PM10) na parkingu było mniejsze w stosunku do alei o 8,6%, dla frakcji respirabilnej (PM4) – mniejsze o 7,9% (tab. 2).

Przyjęto, że pomiary w ciągu dnia to są pomiary w godzinach od 7.00 do 19.00, a w ciągu nocy – od 21.00 do 5.00. Na stanowisku zlokalizowanym przy alei największe stężenie bakterii ogółem stwierdzono w ciągu dnia, mediana tych bakterii dla pory nocnej była mniejsza o 37,4% niż w ciągu dnia (tab. 3). Na stanowisku na

**Tabela 2.** Wartości stężeń pyłu na badanych stanowiskach w Krakowie z podziałem na frakcje

**Table 2.** Dust concentration divided into fractions on research points in Krakow

Frakcja Fraction $\mu\text{m}$	Zakres Range $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$		Mediana Median $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$		Suma dla frakcji The sum of fractions $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	
	aleja avenue	parking car park	aleja avenue	parking car park	aleja avenue	parking car park
PM10	0,043–0,124	0,044–0,139	0,08	0,079	2,009	1,850
PM4	0,041–0,109	0,041–0,098	0,08	0,074	1,795	1,663

Objaśnienie: PM4 = frakcja respirabilna. Explanation: PM4 = respirable fraction.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

parkingu odnotowano znacznie mniejsze różnice między nocą i dniem – mediana była mniejsza jedynie o 11,6%. Podobne zależności stwierdzono dla bakterii  $\beta$ -hemolizujących (mediana różniła się odpowiednio o 8,7% dla dnia oraz o 16% dla nocy). Dla bakterii  $\alpha$ -hemolizujących mediana liczby bakterii była większa na obu stanowiskach w porze nocnej (tab. 3).

Analiza wyników zapylenia z zastosowaniem podziału na porę dzienną i nocną wykazała, że niezależnie od stanowiska i frakcji pyłu w porze nocnej jego stężenie było większe; przy porównaniu median stężeń stwierdzono różnicę na poziomie od 57,8 do 70,4% w zależności od stanowiska (tab. 4). Oznacza to, że jedynie część komórek bakterii jest osadzona na cząsteczkach pyłowych, gdyż jednocześnie odnotowywano mniejsze stężenie bakterii.

**Tabela 3.** Wartości stężeń badanych bakterii z podziałem na pory dnia

**Table 3.** Concentrations of the bacteria with the division on the time of day

Grupa bakterii Group of bacteria	Miejsce poboru próbek Sampling place	Pora dnia Time of the day	Zakres Range $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$	Mediana Median $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$
Bakterie ogółem Total bacteria	aleja avenue	dzień day	177–2390	735
		noc night	134–1287	460
	parking car park	dzień day	92–544	216
		noc night	64–403	191
Bakterie $\alpha$ -hemolizujące $\alpha$ -hemolytic bacteria	aleja avenue	dzień day	14–354	53
		noc night	21–177	57
	parking car park	dzień day	0–57	14
		noc night	0–35	21
Bakterie $\beta$ -hemolizujące $\beta$ -hemolytic bacteria	aleja avenue	dzień day	7–233	46
		noc night	14–318	42
	parking car park	dzień day	7–106	25
		noc night	0–49	21

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

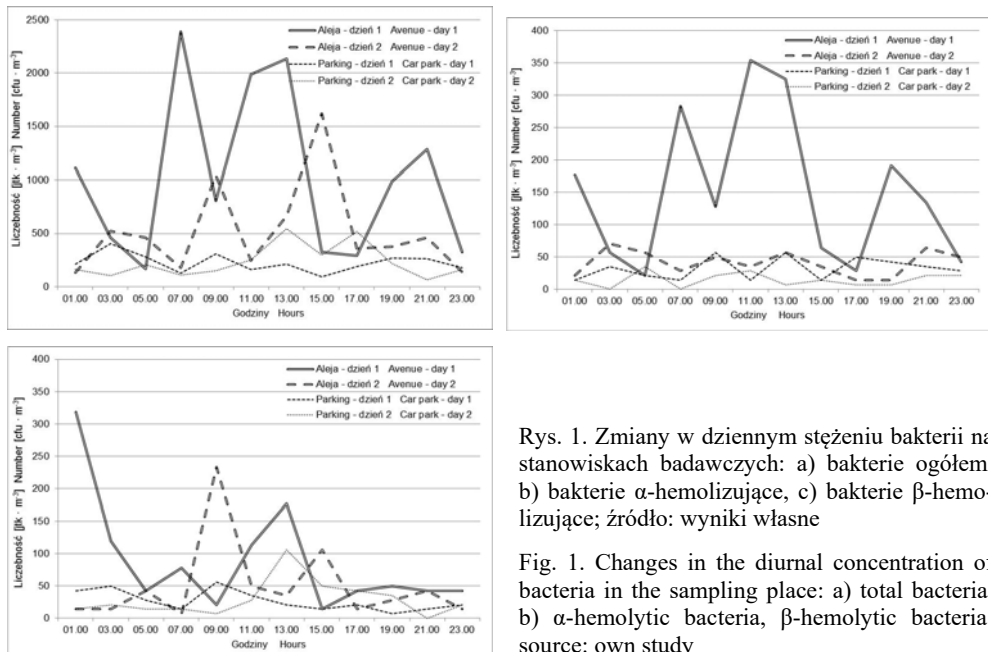
**Tabela 4.** Wartości stężeń pyłu na badanych stanowiskach w Krakowie z podziałem na pory dnia**Table 4.** Dust concentration divided on time of the day on research points in Krakow

Zapylenie Dustiness	Miejsce poboru próbek Sampling place	Pora dnia Time of the day	Zakres Range $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$	Mediana Median $\text{mg}\cdot\text{m}^{-3}$
PM10	aleja avenue	dzień day	0,043–0,123	0,064
		noc night	0,059–0,124	0,101
	parking car park	dzień day	0,044–0,112	0,054
		noc night	0,066–0,139	0,092
PM4	aleja avenue	dzień day	0,041–0,100	0,056
		noc night	0,058–0,109	0,092
	parking car park	dzień day	0,041–0,094	0,052
		noc night	0,056–0,098	0,085

Objaśnienie: PM4 = frakcja respirabilna. Explanation: PM4 = respirable fraction.

Źródło: wyniki własne. Source: own study.

Jak wynika z danych przedstawionych na rysunku 1., w pierwszym dniu pomiarowym zanotowano dla bakterii ogółem oraz dla bakterii  $\alpha$ -hemolizujących na stanowisku przy alei cztery maksima liczebności – nocny (z maksymalnym stężeniem bakterii o godzinie 01.00), poranny (z maksymalnym stężeniem bakterii o godzinie 7.00), południowy (11.00–13.00) oraz wieczorny (19.00–21.00). W drugim dniu wystąpiły przy alei jedynie dwa maksima liczebności bakterii ogółem z prze-

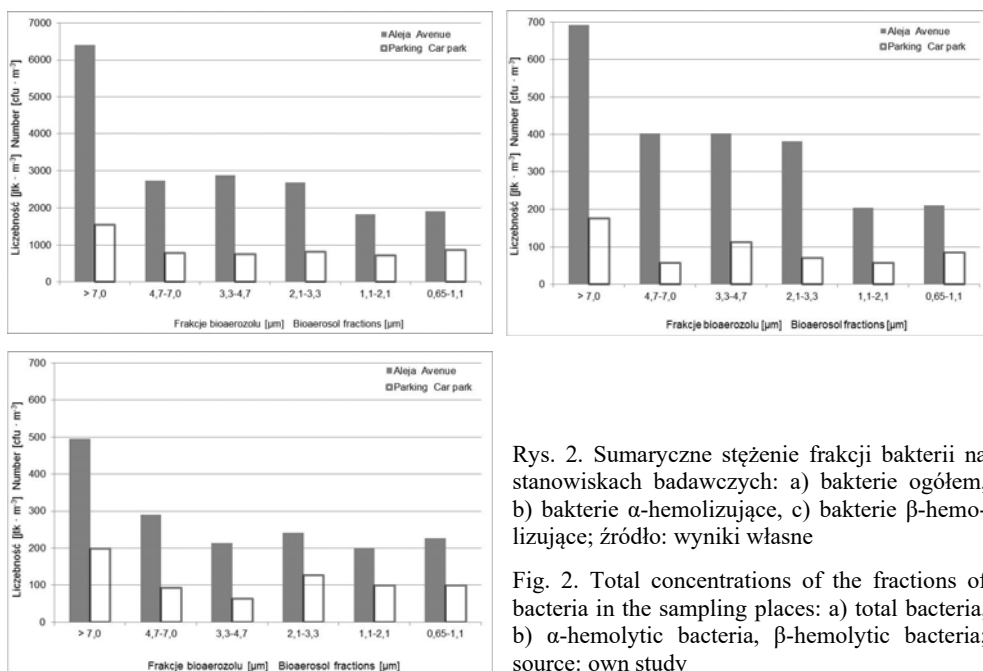


Rys. 1. Zmiany w dziennym stężeniu bakterii na stanowiskach badawczych: a) bakterie ogółem, b) bakterie  $\alpha$ -hemolizujące, c) bakterie  $\beta$ -hemolizujące; źródło: wyniki własne

Fig. 1. Changes in the diurnal concentration of bacteria in the sampling place: a) total bacteria, b)  $\alpha$ -hemolytic bacteria,  $\beta$ -hemolytic bacteria; source: own study

sunięciem czasowym wynoszącym 2 h. Na stanowisku zlokalizowanym na parkingu różnice w stężeniach bakterii były znacznie mniejsze.

Stwierdzono, że największe stężenie bakterii, niezależnie od lokalizacji stanowiska pomiarowego, dotyczyło frakcji o średnicy aerodynamicznej cząstek powyżej 7  $\mu\text{m}$ . Ta frakcja bioaerozolu dociera podczas oddychania jedynie do jamy nosowej, gdzie jest zatrzymywana. Druga pod względem liczebności w stosunku do bakterii ogółem i bakterii  $\alpha$ -hemolizujących była frakcja 3,3–4,7  $\mu\text{m}$  – cząstki bioaerozolu z tej frakcji docierają do tchawicy oraz oskrzeli I-rzędowych; dla bakterii  $\beta$ -hemolizujących była to frakcja 4,7–7,0  $\mu\text{m}$  docierająca do gardła (rys. 2).



Rys. 2. Sumaryczne stężenie frakcji bakterii na stanowiskach badawczych: a) bakterie ogółem, b) bakterie  $\alpha$ -hemolizujące, c) bakterie  $\beta$ -hemolizujące; źródło: wyniki własne

Fig. 2. Total concentrations of the fractions of bacteria in the sampling places: a) total bacteria, b)  $\alpha$ -hemolytic bacteria,  $\beta$ -hemolytic bacteria; source: own study

Dobowe zmiany wartości stężeń zarówno bakterii, jak i pyłu w atmosferze pozwalają ocenić, kiedy jest ono największe. Ta informacja jest szczególnie użyteczna dla ludzi cierpiących na choroby układu oddechowego (astma, alergie) – może bowiem pomóc w planowaniu ich dziennej aktywności.

Odnotowane szczyty stężenia bakterii są zapewne w największym stopniu powodowane przez bardzo duży ruch pojazdów; świadczy o tym zbieżność godzin szczytów komunikacyjnych z największymi stężeniami bakterii na stanowisku przy alei Mickiewicza. W mniejszym stopniu stężenie bakterii jest uzależnione od poziomu zapylenia, stwierdzono bowiem występowanie istotnej zależności pomiędzy poziomem zapylenia na parkingu i przy alei, przy jednoczesnym zróżnicowaniu wartości stężeń bakterii. Prawdopodobnie największy wpływ zapylenia na ilość

bakterii zaznacza się w czasie nocnego szczytu stężenia bakterii (o godzinie 01.00), kiedy to pył wzbity w powietrze w ciągu godzin wzmożonego ruchu opada na powierzchnię gruntu. Znaczący wzrost ilości bakterii w sezonie letnim w porze nocnej odnotował ABDEL HAMEED i in. [2009], co wynikało jednocześnie z lokalizacji stanowiska badawczego (dach 15-metrowego budynku) oraz odmiennej strefy klimatycznej (Egipt). W powyższych pomiarach istotnym czynnikiem wpływającym na stężenie bakterii było silne nasłonecznienie, powodujące zamieranie części bakterii w ciągu dnia z powodu przesuszenia i bakteriobójczego działania promieniowania UV. Bardzo istotny wpływ czynników atmosferycznych na stężenie bakterii zaobserwowali na wiejskich łąkach LIGHTHART i SHAFFER [1995] oraz TONG i LIGHTHART [1999]; w dużym mieście czynniki atmosferyczne wydają się mieć zdecydowanie mniejsze znaczenie.

## WNIOSKI

1. Stwierdzono znaczące różnice w stężeniach bakterii między stanowiskami badawczymi, wynoszące od 240 do 410% w zależności od grupy bakterii.
2. Największe stężenie bakterii wykazano w porze dziennej na stanowisku zlokalizowanym przy alei Mickiewicza.
3. Wyniki przeprowadzonych analiz wykazały większe stężenie pyłu w porze nocnej, niezależnie od stanowiska badawczego.
4. W większości próbek z obu stanowisk badawczych stwierdzono obecność bakterii  $\alpha$ - i  $\beta$ -hemolizujących we frakcji respirabilnej, co może mieć niekorzystny wpływ na zdrowie ludzi. Na stanowisku przy alei Mickiewicza dominowały bakterie  $\alpha$ -hemolizujące, na parkingu – bakterie  $\beta$ -hemolizujące.
5. Największe stężenie bakterii niezależnie od lokalizacji stanowiska pomiarowego dotyczyło frakcji o średnicy aerodynamicznej cząstek powyżej 7  $\mu\text{m}$ .

## BIBLIOGRAFIA

- ABDEL HAMEED A.A., KHODER M.I., YUOSRA S., OSMAN A.M., GHANEM S. 2009. Diurnal distribution of airborne bacteria and fungi in the atmosphere of Helwan area, Egypt. *Science of the Total Environment*. Vol. 407 s. 6217–6222.
- BURROWS S. M., ELBERT W., LAWRENCE M. G., PÖSCHL U. 2009. Bacteria in the global atmosphere – Part 1: Review and synthesis of literature data for different ecosystems. *Atmospheric Chemistry and Physics*. Vol. 9 s. 9263–9280. DOI: 10.5194/acp-9-9263-2009.
- FANG Z., OUYANG Z., ZHENG H., WANG X., HU L. 2007. Culturable airborne bacteria in outdoor environments in Beijing, China. *Microbial Ecology*. Vol. 54 s. 487–496. DOI: 10.1007/s00248-007-9216-3.
- GÓRNY R.L. 2010. Aerozole biologiczne – rola normatywów higienicznych w ochronie środowiska i zdrowia [Biological aerosols – a role of hygienic standards in the protection of environment and health]. *Medycyna Środowiskowa / Environmental Medicine*. Vol. 13 (1) s. 41–51.



- KUMAR P., MAHOR P., GOEL A.K., KAMBOJ D.V., KUMAR O. 2011. Aero-microbiological study on distribution pattern of bacteria and fungi during weekdays at two different locations in urban atmosphere of Gwalior, Central India. *Scientific Research and Essays*. Vol. 6 (25) s. 5435–5441. DOI: 10.5897/SRE11.1485.
- LIGHTHART B., SHAFFER B.T. 1995. Airborne Bacteria in the Atmospheric Surface Layer: Temporal Distribution above a Grass Seed Field. *Applied and Environmental Microbiology*. Vol. 61 (4) s. 1492–1496.
- RAISI L., LAZARIDIS M., KATSIVELA E. 2010. Relationship between airborne microbial and particulate matter concentrations in the ambient air at a mediterranean site. *Global NEST Journal*. Vol. 12 Iss. 1 s. 84–91.
- SHAFFER B.T., LIGHTHART B. 1997. Survey of culturable airborne bacteria at four diverse locations in Oregon: Urban, Rural, Forest, and Coastal. *Microbial Ecology*. Vol. 34 s. 167–177.
- TONG Y., LIGHTHART B. 1999. Diurnal distribution of total and culturable; atmospheric bacteria at a rural site. *Aerosol Science and Technology*. Vol. 30. Iss. 2 s. 246–254. DOI: 10.1080/027868299304822.
- WANG W., MA Y., MA X., WU F., MA X., AN L., FENG H. 2010. Seasonal variations of airborne bacteria in the Mogao Grottoes, Dunhuang, China. *International Biodeterioration and Biodegradation*. Vol. 64 s. 309–315. DOI: 10.1016/j.ibiod.2010.03.004.

*Jacek GRZYB, Maria J. CHMIEL, Dorota SWĘDRZYŃSKA*

## STUDIES OF DIURNAL CHANGES IN THE QUANTITATIVE COMPOSITION OF THE BACTERIAL BIOAEROSOL IN THE CITY CRACOW

**Key words:** *air quality in Cracow, bacteria, bioaerosol, diurnal changes*

### Summary

Bioaerosol particles with an aerodynamic diameter of 10 microns and smaller (PM<sub>10</sub>) are one of the most dangerous components of air, because the aerosol fraction PM<sub>10</sub> is now a key indicator of air quality in the European Union. Considering the importance of this issue study was aimed at determining the quantitative composition of bacteria in the atmospheric air at selected points Cracow depending on the intensity of traffic and air dust.

Analysis was carried out in July 2013 in two locations at intervals of 2 hours for 48 hours. The concentration of bacterial aerosol was determined using a 6-stage impactor Graseby-Andersen and study dust (total – PM<sub>10</sub>, respirable fraction – PM<sub>4</sub>) was performed using the dust meter DustTrak II.

The factors significantly differentiating concentration of bacteria in the air was the location of sampling point (differences of 240 to 410% depending on the group of bacteria) and time of day. The highest bacteriological contamination has been demonstrated in the daytime on sampling point at Mickiewicza Avenue. The results showed higher concentrations of dust, regardless of the location, at night time. Repeatedly, mainly at the sampling point located directly on the traffic route, was reported exceedance of dust limits. The highest concentrations of bacteria were related to the fraction of the aerodynamic particle diameters greater than 7 μm. In the majority of samples from both locations the α- and β-hemolytic bacteria were present in the respirable fraction, which may have an adverse effect on human health as well as elevated pollination.

**Adres do korespondencji:** dr inż. Jacek Grzyb, Uniwersytet Rolniczy im. H. Kołłątaja w Krakowie, Katedra Mikrobiologii, al. Mickiewicza 24/28, 30-059 Kraków; tel. +48 12 662-41-81, e-mail: rgrzyb@cyfronet.pl