

## OCENA CZYSTOŚCI MIKROBIOLOGICZNEJ POWIETRZA W REJONIE ODDZIAŁYWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW W CHOCIWLU

*Małgorzata Hawrot-Paw, Agnieszka Jachura*

Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska,  
Akademia Rolnicza w Szczecinie

### Wstęp

Obiekty gospodarki komunalnej, w tym oczyszczalnie ścieków, znajdują się na ogół w bezpośrednim otoczeniu człowieka, stąd też niezbędne jest nie tylko ograniczanie ich uciążliwości, ale również prowadzenie bieżących analiz dotyczących wpływu tych obiektów na środowisko. Skład jakościowy bioaerozoli emitowanych przez oczyszczalnie uzależniony jest od rodzaju ścieków, sposobu ich oczyszczania, natomiast ilość mikroorganizmów w znacznej mierze zależy od warunków środowiska [PASCUAL i in. 2003] oraz odległości od źródła emisji [BRANDI i in. 2000]. Oprócz heterotroficznych bakterii i grzybów, w powietrzu atmosferycznym wokół oczyszczalni, można stwierdzić również obecność drobnoustrojów chorobotwórczych [CRONHOLM 1980; BAUER i in. 2002], np. bakterii *Escherichia coli* [MALINOWSKA, MARSKA 2004], *Legionella* sp. [PALMER i in. 1993]. Monitoring powietrza daje możliwość oceny stopnia zanieczyszczenia oraz potencjalnego zagrożenia dla środowiska naturalnego, w tym dla człowieka.

Celem przeprowadzonych badań była ocena wpływu oczyszczalni ścieków komunalnych w Chociwlu na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza na terenie obiektu i poza nim.

### Materiał i metodyka

Badania prowadzono na obszarze i w okolicach mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych w Chociwlu o sumarycznej przepustowości 1400 m<sup>3</sup> na dobę.

Próbki powietrza atmosferycznego do badań pobierano w 8 punktach pomiarowych zlokalizowanych względem stron świata. Punkty 1N, 2E, 3S, 4W usytuowano na obszarze oczyszczalni ścieków, w odległości 4 m od emitora bioaerozoli (bioblok), natomiast punkty 5N, 6E, 7S i 8W umiejscowiono poza oczyszczalnią, w odległości do 120 m. Pomiary czystości mikrobiologicznej powietrza wykonywano wiosną, latem i jesienią 2005 r. oraz zimą 2006 r. Przy pobieraniu próbek

do badań zastosowano metodę sedymentacyjną (czas ekspozycji – 15 min.). W ramach badań oznaczano ogólną liczebność bakterii, promieniowców, bakterii *Pseudomonas fluorescens* oraz liczebność grzybów. Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oceniano w oparciu o Polskie Normy – PN-89/Z04111/02 i 03. Do oznaczeń mikroorganizmów, zgodnie z wytycznymi zawartymi w normach, zastosowano odpowiednie podłoża stałe: ogólna liczba bakterii – agar odżywczy MPA, promieniowce – podłoże Pochona, grzyby – podłoże Czapek-Doxa, *Pseudomonas fluorescens* – podłoże Kinga B. Dodatkowo określano również liczebność bakterii *Escherichia coli* na podłożu Endo. Wszystkie badania wykonywano w trzech powtórzeniach. Ilość drobnoustrojów podano jako liczbę jednostek tworzących kolonie, w przeliczeniu na  $\text{m}^3$  powietrza ( $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ ).

Wyniki badań poddano analizie statystycznej stosując analizę wariancji.

## Wyniki i dyskusja

Oceniając wpływ oczyszczalni ścieków na mikrobiologiczną jakość powietrza atmosferycznego stwierdzono, że liczebność badanych grup drobnoustrojów zmieniła się w czasie i w przestrzeni. Wartości odnotowane w poszczególnych punktach badawczych w latach 2005–2006 zestawiono w tabeli 1. Analiza statystyczna otrzymanych wyników wykazała wysoce istotny wpływ terminu badań oraz rozmieszczenia punktów pomiarowych na ogólną liczebność bakterii, promieniowców, grzybów, a także bakterii *E. coli*, natomiast czynniki te nie miały wpływu na obserwowaną liczbę bakterii *Pseudomonas fluorescens* (tab. 2).

Ogólna liczebność bakterii wynosiła od 42 do niemal 7900  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$  powietrza, średnio 1400  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ . Największą liczbę tych drobnoustrojów odnotowano wokół biobloków, szczególnie w okresie letnio-jesiennym oraz zimą. Liczebność poza obszarem oczyszczalni była niższa w zakresie od 15 do 96%. Pod względem bakteriologicznym powietrze na terenie oczyszczalni oraz na obszarze wokół obiektu określono jako silnie zanieczyszczone, przy czym istotny wpływ na ocenę miała stosunkowo wysoka – w porównaniu z normą – liczebność promieniowców. Mikroorganizmy te występowały licznie nie tylko wokół emitorów bioaerozoli (średnio 276  $\text{jtk}$  w  $1 \text{ m}^3$  powietrza przy komorach napowietrzania), ale również w pozostałych punktach badawczych zlokalizowanych w odległości do 120 m od oczyszczalni (średnio 178  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$  powietrza). Przenoszenie promieniowców na znaczne odległości potwierdzają również inni autorzy [MARCINKOWSKA i in. 2004]. W trakcie badań odnotowano maksymalnie 2378  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$  powietrza, a średnio 227  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ . Najwięcej promieniowców stwierdzono w okresie letnim, zarówno na terenie oczyszczalni, jak i poza nią.

Bakterie *Pseudomonas fluorescens* występowały w powietrzu w ilości od 0 do 74  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ . Średnio w całym doświadczeniu oznaczono 27  $\text{jtk}$  w  $\text{m}^3$ . Największą liczbę tych bakterii odnotowano w okresie wiosennym i jesiennym, odpowiednio 42 i 48  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ , nie stwierdzono natomiast ich obecności w okresie zimowym.

Grzyby stanowią dobry wskaźnik czystości mikrobiologicznej powietrza, a ich zarodniki stanowią istotny składnik bioaerozoli [TRACZEWSKA, KARPIŃSKA-SMULIKOWSKA 2000]. W przeprowadzonych badaniach liczebność grzybów mieściła się w zakresie 0–5393  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$  powietrza, średnio w całym doświadczeniu 725  $\text{jtk}\cdot\text{m}^{-3}$ .

Tabela 1; Table 1

Liczebność mikroorganizmów w m<sup>3</sup> powietrza na terenie i wokół oczyszczalni ścieków w Chociwlu  
The number of microorganisms in m<sup>3</sup> air on the area and round sewage treatment plant in Chociwel

Punkt pomiarowy Measuring point	Minimalna liczebność (jtk·m <sup>-3</sup> ) Minimum number (cfu·m <sup>-3</sup> )					Maksymalna liczebność (jtk·m <sup>-3</sup> ) Maximum numer (cfu·m <sup>-3</sup> )					Średnia liczebność (jtk·m <sup>-3</sup> ) Mean numer (cfu·m <sup>-3</sup> )				
	B	P	Pf	G	Ec	B	P	Pf	G	Ec	B	P	Pf	G	Ec
1N	42	0	0	0	0	4628	2378	42	977	0	1507	616	11	297	21
2E	212	0	0	42	0	637	212	42	340	0	425	64	21	180	11
3S	764	0	0	85	0	7898	467	127	1996	2760	2771	117	42	849	711
4W	2208	0	0	0	0	7176	1146	85	1359	1826	4756	308	32	520	732
5N	42	0	0	0	0	467	340	0	2293	0	265	106	0	679	0
6E	42	0	0	42	0	594	467	42	1316	0	244	117	21	648	0
7S	42	0	0	0	0	2081	594	297	5393	0	743	265	85	2028	0
8W	127	0	0	0	0	849	467	0	1614	0	488	223	0	594	0

1N, 2E, 3S, 4W odległość 4 m od źródła emisji; distance 4 m from emission source

5N, 6E, 7S i 8W odległość do 120 m od źródła emisji; distance to 120 m from emission source

N północ; north

E wschód; west

S południe; south

W zachód; west

B bakterie; bacteria

P promieniowce; actinomycetes

Pf *Pseudomonas fluorescens*

G grzyby; fungi

Ec *Escherichia coli*

Stosunkowo wysoką zawartość spor grzybów obserwuje się późnym latem, natomiast w zimie ich liczba znacznie zmniejsza się [MĘDRELA-KUDER 1999], co potwierdziły również badania własne. Na ogół liczebność tych mikroorganizmów poza oczyszczalnią była wyższa niż na jej obszarze, podobnie jak w badaniach MALINOWSKIEJ i MARSKIEJ [2002], które stwierdziły o 19–23% mniejszą średnią liczebność grzybów w pobliżu biooksybłoków niż w oddalonych punktach badawczych. Oznaczona liczba grzybów klasyfikowała powietrze jako wolne od zanieczyszczeń, niezagrażające człowiekowi i środowisku naturalnemu (niezależnie od pory roku i odległości od źródła emisji).

Tabela 2; Table 2

Wyniki statystycznej analizy badań  
Statistical analysis of the investigations results

Czynnik Effect	Il. st. swobody df Effect	Śr. $\Sigma$ kwadr MS Effect	Il. st. sw. błędu df Error	Sr. $\Sigma$ kw. błędu MS Error	Wartość F Value F	Wartość p Value p	Istotność Significant
<i>Bakterie; Bacteria</i>							
1	3	5329111	64	551295,8	9,66652	0,00	**
2	7	30790390	64	551295,8	55,85095	0,00	**
12	21	10017582	64	551295,8	18,17098	0,00	**
<i>Promieniowce; Actinomycetes</i>							
1	3	2873148,	64	11025,16	260,5991	0,00	**
2	7	388328,	64	11025,16	35,2220	0,00	**
12	21	433935,	64	11025,16	39,3586	0,00	**
<i>Pseudomonas fluorescens</i>							
1	3	15226,12	64	9898,230	1,538267	0,2131	–
2	7	9702,36	64	9898,230	0,980211	0,4534	–
12	21	10389,25	64	9898,230	1,049607	0,4223	–
<i>Grzyby; Fungi</i>							
1	3	13146603	64	44889,51	292,8658	0,00	**
2	7	3860766	64	44889,51	86,0060	0,00	**
12	21	2248493	64	44889,51	50,0895	0,00	**
<i>E. coli</i>							
1	3	1637227,	64	14424,75	113,5013	0,00	**
2	7	1316856,	64	14424,75	91,2915	0,00	**
12	21	817392,	64	14424,75	56,6660	0,00	**

Czynniki; Effects:

- 1 termin; date  
2 punkt pomiaru; point of measurement  
– działanie czynnika nieistotne; not significant  
\*\* działanie czynnika wysoko istotne; highly significant

Obecność bakterii *Escherichia coli*, uważanych za wskaźnik zanieczyszczenia sanitarnego powietrza [MARCINKOWSKI 1989], stwierdzono jedynie na terenie oczyszczalni ścieków, wokół emitorów bioaerologii. W zależności od pory roku liczebność mikroorganizmów tej grupy wynosiła od 5 do niemal 1150 jtk w 1 m<sup>3</sup> powietrza w poszczególnych punktach pomiarowych, średnio w całym badanym

okresie 184 jtk·m<sup>-3</sup>. Na sezonową zmienność w zakresie liczby drobnoustrojów tej grupy wskazują również MALINOWSKA i MARSKA [2004], które w przeprowadzonych przez siebie badaniach odnotowały istotną korelację między liczbą bakterii *E. coli* i wzrostem temperatury w poszczególnych porach roku.

### Wnioski

1. Największą liczbę mikroorganizmów, niezależnie od pory roku, obserwowano na obszarze oczyszczalni ścieków. Wraz ze wzrostem odległości od źródła emisji liczebność mikroorganizmów na ogół malała w zakresie od 36 do 100% (wyjątek stanowią grzyby – wzrost liczebności o ponad 100%).
2. Na podstawie klasyfikacji zawartej w Polskich Normach powietrze na terenie oczyszczalni ścieków oraz na badanym obszarze poza nią pod względem czystości bakteriologicznej należy zaliczyć do silnie zanieczyszczonego, natomiast pod względem mikologicznym za czyste.
3. Wśród mikroflory badanego powietrza atmosferycznego stwierdzono obecność chorobotwórczych bakterii *Escherichia coli*, przy czym obszar występowania ograniczał się do terenu oczyszczalni ścieków (średnio 5–573 jtk·m<sup>-3</sup> w zależności od pory roku).

### Literatura

- BAUER H., FUERHACKER M., ZIBUSCHKA F., SCHMID H., PUXBAUM H. 2002. *Bacteria and fungi in aerosols generated by two different types of wastewater treatment plants*. Water Research 36: 3965–3970.
- BRANDI G., SISTI M., AMAGLIANI G. 2000. *Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems*. J. Appl. Microbiol. 88: 845–852.
- CRONHOLM L.S. 1980. *Potential health hazards from microbial aerosols in densely populated urban regions*. Appl. Environ. Microbiol. 39(1): 6–12.
- MALINOWSKA K., MARSKA B. 2002. *Wpływ bioaerozoli emitowanych przez oczyszczalnie ścieków na jakość mikrobiologiczną powietrza*. Folia Univ. Agric. Stetin. 226(90): 163–170.
- MALINOWSKA K., MARSKA B. 2004. *Występowanie bakterii Escherichia coli w powietrzu i w glebie w rejonie oddziaływania emisji z biologicznych oczyszczalni ścieków*. Acta Agraria et Silvestria XLII: 271–278.
- MARCINKOWSKA K., FRĄCZEK K., BARABASZ W., GRZYB J. 2004. *Występowanie promieniowców w powietrzu atmosferycznym w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Wujkowie Starym, Krakowie oraz Tarnowie*. Acta Agraria et Silvestria XLII: 297–309.
- MARCINKOWSKI T. 1989. *Zagrożenie środowiska organizmami chorobotwórczymi występującymi w ściekach miejskich i ich osadach*. Gaz, Woda i Tech. Sanit. 8/9: 186–188.
- MĘDRELA-KUDER E. 1999. *Występowanie zarodników grzybów w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa z uwzględnieniem zanieczyszczenia pyłowego*. Arch.

Ochr. Środ. 1: 63–70.

PALMER C.J., TSAI Y., PASZKO-KOLVA C., MAYER C., SANGERMANO L.R. 1993. *Detection of Legionella species in sewage and ocean water by polymerase chain reaction, direct fluorescent-antibody, and plate culture methods*. Appl. Environ. Microbiol. 59: 3618–3624.

PASCUAL L., PÉREZ-LUZ S., YÁÑEZ M.A., SANTAMARÍA A., GIBERT K., SALGOT M., APRAIZ D., CATALÁN V. 2003. *Bioaerosol emission from wastewater treatment plants*. Aerobiologia 19: 261–270.

POLSKA NORMA PN-89/Z-04111/02. *Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.

POLSKA NORMA PN-89/Z-04111/03. *Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną*.

TRACZEWSKA T.M., KARPIŃSKA-SMULIKOWSKA J. 2000. *Wpływ składowisk odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza*. Ochrona Środowiska 2(77): 35–38.

**Słowa kluczowe:** bioaerozole, jakość powietrza, oczyszczalnię ścieków

### Streszczenie

W prezentowanej pracy oceniano stopień zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza w strefie emisji mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków w Chociwlu k/Stargardu Szczecińskiego.

Próbki powietrza atmosferycznego do badań pobierano w 8 punktach pomiarowych zlokalizowanych na obszarze oczyszczalni ścieków i w odległości do 120 m od „biobloków”. Pomiarów wykonywano w latach 2005–2006. Próby powietrza do badań mikrobiologicznych pobierano metodą sedymentacyjną. W ramach badań oznaczano ogólną liczebność bakterii, promieniowców, bakterii *Pseudomonas fluorescens* oraz liczebność grzybów. Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego oceniano w oparciu o Polskie Normy – PN–89/Z04111/02 i 03. Dodatkowo określano liczebność bakterii *Escherichia coli*. Wszystkie oznaczenia wykonywano w trzech powtórzeniach.

Oceniając wpływ oczyszczalni ścieków na mikrobiologiczną jakość powietrza atmosferycznego stwierdzono, że liczebność badanych grup drobnoustrojów zmieniła się w czasie i w przestrzeni. Pod względem bakteriologicznym powietrze na terenie oczyszczalni oraz na obszarze wokół obiektu określono jako silnie zanieczyszczone, przy czym istotny wpływ na ocenę miała stosunkowo wysoka – w porównaniu z normą – liczebność promieniowców (średnio 276 jtk w 1 m<sup>3</sup> powietrza przy komorach napowietrzania i 178 jtk·m<sup>-3</sup> w odległości do 120 m.). Oznaczona w badaniach liczebność grzybów klasyfikowała powietrze jako wolne od zanieczyszczeń, niezagrożące człowiekowi i środowisku naturalnemu (niezależnie od pory roku i odległości od źródła emisji). Obecność bakterii *Escherichia coli*, uważanych za wskaźnik zanieczyszczenia sanitarnego powietrza, stwierdzono jedynie na terenie oczyszczalni ścieków, wokół emitatorów bioaerozoli.

## EVALUATING THE MICROBIOLOGICAL PURITY OF AIR ON THE AREA INFLUENCED BY CHOCIWEL SEWAGE TREATMENT PLANT

*Małgorzata Hawrot-Paw, Agnieszka Jachura*  
Department of Microbiology and Environmental Biotechnology,  
Agricultural University, Szczecin

Key words: bioaerosol, quality of air, sewage treatment plant

### Summary

The paper presents the evaluation of air microbial pollution level in the area of mechanical-biological sewage treatment plant in Chociwel near Stargard Szczeciński.

Samples of atmospheric air were taken for determinations at 8 measurement points within the sewage treatment plant and at the distance of 120 m away from the „bio-blocks”. The determinations were made in 2005–2006. Air samples for microbial assays were taken by the means of sedimentation method. The total number of bacteria, actinomycetes, *Pseudomonas fluorescens* bacteria and fungi were determined. The level of atmospheric air pollution was evaluated on the base of Polish Norms – PN-89/Z04111/02 and PN-89/Z04111/03. In addition, a number of *Escherichia coli* bacteria was assessed. All determinations were made in three replications.

The evaluation of the sewage treatment plant influence on microbial quality of air revealed that a number of determined microorganisms varied in time and space. In bacteriological aspect, the air within sewage treatment plant and around was considered as strongly polluted, but relatively high – as compared to the norm – number of actinomycetes (276 cfu in 1 m<sup>3</sup> of air at aeration chambers and 178 cfu per m<sup>3</sup> at the distance of 120 m) had a significant influence on the evaluation. The number of determined fungi classified the air as free from pollution the not hazardous to the man and natural environment (regardless the season and distance from the emission source). The presence of *Escherichia coli* bacteria considered as an indicator of air sanitary pollution was found only in the area of sewage treatment plant around the bio-aerosols emitters.

Dr Małgorzata **Hawrot-Paw**  
Katedra Mikrobiologii i Biotechnologii Środowiska  
Akademia Rolnicza  
ul. Słowackiego 17  
71–434 SZCZECIN  
e-mail: mhawrot@agro.ar.szczecin.pl