



The impact of municipal waste landfill on the microbiological air quality

Małgorzata HAWROT-PAW, Arkadiusz DOMŻAŁ

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Katedra Inżynierii Systemów Agrotechnicznych, ul. Papieża Pawła VI 1, 71-459 Szczecin, e-mail: malgorzata.hawrot-paw@zut.edu.pl

Abstract

The aim of the study was to assess the sanitary condition of the air in and around Department of Recovery and Storage of Municipal Waste in Leśno Górne near Police. Air samples were collected within seven measurements points, twice during each season. The study was carried out in accordance with the Polish Standards, which concern the assessment of microbial contamination of atmospheric air. To determine the total number of mesophilic bacteria, actinomycetes, bacteria *Pseudomonas fluorescens*, *Escherichia coli* and microscopic fungi the sedimentation method was used. Based on these results, it was found that the test communal object was a source of bioaerosols emissions. The factors analyzed in the experiment (time of year and location of measuring point) had a significant impact on the microbiological quality of air, which also confirmed the statistical analysis.

Keywords: municipal waste, bioaerosols, air quality

Streszczenie

Oddziaływanie składowiska odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza atmosferycznego

Celem pracy była ocena stanu sanitarnego powietrza na terenie i wokół Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym k/Police. Próbkę powietrza do badań pobierano w obrębie 7 punktów pomiarowych, dwukrotnie w ciągu każdej pory roku. Badania prowadzono zgodnie z Polskimi Normami dotyczącymi oceny zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza atmosferycznego. Do oznaczenia ogólnej liczby bakterii mezofilnych, promieniowców, bakterii *Pseudomonas fluorescens* i *Escherichia coli* oraz grzybów mikroskopowych zastosowano metodę sedymentacyjną. Na podstawie otrzymanych wyników stwierdzono, że badany obiekt komunalny był źródłem emisji bioaerozoli, a czynniki analizowane w doświadczeniu (pora roku i lokalizacja punktu pomiarowego) miały istotny wpływ na jakość mikrobiologiczną powietrza, co potwierdziła również przeprowadzona analiza statystyczna.

Słowa kluczowe: odpady komunalne, bioaerozole, jakość powietrza

1. Wprowadzenie

Składowiska odpadów komunalnych z założenia są obiektami służącymi ochronie środowiska, jednak deponowanie dużej masy odpadów w jednym miejscu jest zawsze w mniejszym lub większym stopniu dla środowiska uciążliwe [1-3]. Efektem procesów zachodzących wewnątrz składowanych odpadów jest m. in. powstawanie pyłów z ładunkiem mikrobiologicznym, który w atmosferze tworzy bioaerozol [4-8]. Składową częścią bioaerozoli mogą być chorobotwórcze mikroorganizmy, endotoksyny i inne alergeny [9], które nie tylko pogarszają stan higieniczny powietrza, ale mogą mieć również negatywny wpływ na ludzi, zwierzęta i rośliny [10-12].

Znaczący wpływ na ilość mikroorganizmów w powietrzu ma m. in. wysokość nad powierzchnią gruntu, topografia terenu i rodzaj poszycia, częstotliwość opadów atmosferycznych, infrastruktura oraz urbanizacja, intensywność i

kąt padania promieni słonecznych [13]. Szereg z tych czynników będzie decydowało również o czasie przebywania mikroorganizmów w powietrzu, a więc o długości okresu, w którym stanowią one będą potencjalne zagrożenie.

Celem pracy była ocena czystości mikrobiologicznej powietrza na terenie i wokół Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym k/Polic na podstawie pomiarów ogólnej liczby bakterii mezofilnych, promieniowców, bakterii *Pseudomonas fluorescens* i *Escherichia coli* oraz grzybów mikroskopowych.

2. Materiały i metody

2.1. Charakterystyka składowiska odpadów

Zakład Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym znajduje się ok. 4 km na południowo-zachód od granic miasta Police. Zakład położony jest wewnątrz obszarów należących do Puszczy Wkrzańskiej, której wysoka i stosunkowo zwarta roślinność stanowi bezpośrednie sąsiedztwo od strony zachodniej, północnej i południowo-wschodniej. Zakład położony jest na terenie po starym wyrobisku żwiru. W okresie badań składowisko zajmowało 8,82 ha, w tym 3,25 ha powierzchnia robocza (pojemność kwatery I - 69.300 m³, kwatery II - 44.500 m³). Najbliższa zabudowa mieszkaniowa, w rejonie której potencjalnie mogłyby wystąpić objawy szkodliwego wpływu składowiska, oddalona jest o ok. 0,6-0,7 km.

2.2. Miejsca poboru próbek powietrza

Na terenie zakładu oraz w obrębie granic terenów ograniczonego użytkowania (Ryc. 2.1.) wyznaczono w sumie siedem punktów pomiarowych:

P0 – punkt położony był na pograniczu terenu zakładu oraz lasu należącego do Puszczy Wkrzańskiej, w odległości ok. 600 m od kwater (tło)

P1 - punkt pomiarowy tuż przy kompostowni, w odległości około 400 metrów od kwater

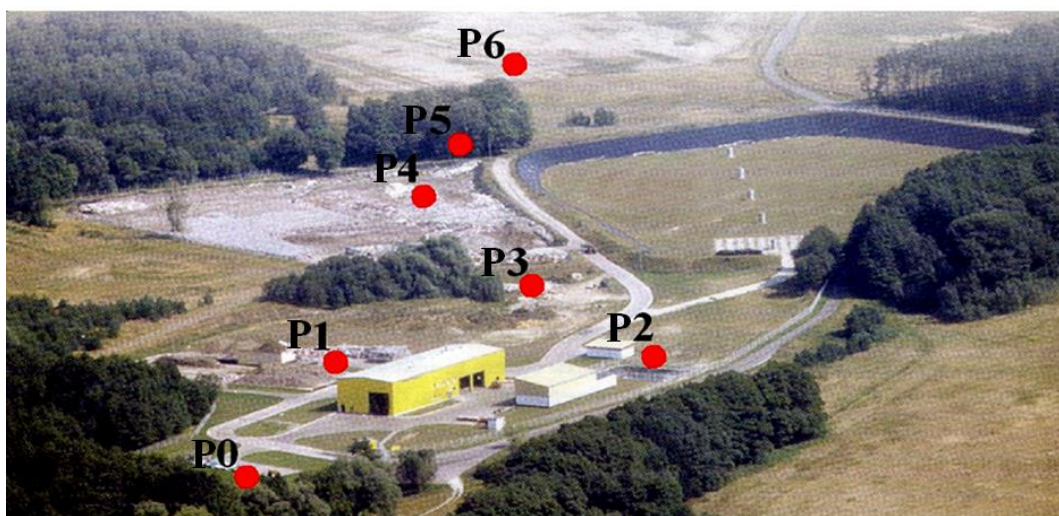
P2 - punkt przy ogrodzeniu graniczącym z drogą dojazdową, przy zbiorniku zbiorczym odcieków spływających ze składowiska

P3 - punkt zlokalizowany tuż przed kwaterą nr 2, na placu przeznaczonym pod odpady pochodzące z odzysku

P4 - punkt położony w centralnej części składowiska (kwatery II)

P5 - punkt, w odległości około 100 metrów za kwaterą, przed pasem zieleni ochronnej

P6 - punkt zlokalizowano poza granicami zakładu, na niewielkiej polanie, oddalonej od granicy składowiska o około 150 m.



Rys. 2.1. Rozmieszczenie punktów poboru prób powietrza na terenie i wokół ZO i SOK w Leśnie Górnym

2.3. Metodyka badań

Analizy mikrobiologiczne prowadzono w okresie od maja 2006 roku do marca 2007 roku, w oparciu o Polskie Normy oceny zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza atmosferycznego. Ocenę czystości powietrza w odniesieniu do bakterii przeprowadzono zgodnie z normą PN Z-04111-02 [14], natomiast dla grzybów zgodnie z normą PN Z-04111-03 [15]. W sumie wykonano 8 pomiarów (dwa w okresie każdej pory roku), w ramach których określono: ogólną liczebność bakterii mezofilnych (B) na agarze odżywczym po 48-godzinnej inkubacji w temperaturze 37°C oraz liczebność promieniowców (P) na podłożu Pochona, *Pseudomonas fluorescens* (Pf) na podłożu King B i grzybów mikroskopowych (G) na agarze Czapek-Doxa po 5-dniowej inkubacji w temperaturze 26°C. Dodatkowo określono również liczebność bakterii *Escherichia coli* (Ec) na podłożu Endo po 48-godzinnej inkubacji w temp. 37°C. Badania prowadzono metodą sedimentacyjną z 15-minutowym czasem ekspozycji, a każde oznaczenie wykonano w 3 powtórzeniach. Wyniki podano jako jtk (jednostki tworzące kolonie) w 1 m³ powietrza.

Wyniki badań poddano analizie statystycznej z zastosowaniem programu Statistica ver. 10.0. Przeprowadzono dwuczynnikową analizę wariancji określając wpływ terminu i miejsca poboru prób powietrza na liczebność badanych grup mikroorganizmów.

3. Wyniki

Zmiany w liczebności mikroorganizmów przedstawiono w tabeli 3.1. Podane wartości to średnie z dwóch pomiarów wykonywanych w poszczególnych porach roku. Próbkę pobierano w dniach, w których wiał słaby wiatr, aby ograniczyć wpływ tego czynnika na wyniki. Przeprowadzona analiza statystyczna wykazała istotny wpływ zarówno terminu pomiaru, jak i rozmieszczenia punktów pomiarowych na liczebność wszystkich badanych grup drobnoustrojów (Tab. 3.2).

Ogólna liczba bakterii podczas wykonywanych badań mieściła się w zakresie od $1,2 \cdot 10^2$ do $2,6 \cdot 10^4$ jtk·m⁻³. Największe wartości odnotowano w okresie wiosenno-letnim, przede wszystkim w punkcie położonym centralnie na składowisku (P4) oraz w okolicach zbiorczego zbiornika odcieków spływających ze składowiska (P2). W okresie letnim uzyskane wyniki, niezależnie od punktu wykonywania pomiaru, wskazywały na przekroczenia w stosunku do obowiązujących norm zanieczyszczenia, klasyfikując powietrze jako silnie zanieczyszczone.

Zgodnie z Polską Normą liczba komórek promieniowców w powietrzu w zakresie 10-100 klasyfikuje je jako średnio zanieczyszczone. Tak niskie wartości obserwowano jednak tylko podczas dwóch pomiarów wykonanych jesienią w pkt P5 i P6 oraz zimą w P6. W pozostałych terminach i punktach pomiarowych, zwłaszcza wiosną i latem, wartości były zdecydowanie wyższe. Wiosną największą liczebność promieniowców odnotowano w próbkach powietrza pobranych przy zbiorniku z odciekami oraz w centralnej części składowiska (odpowiednio $4,2$ i $4,5 \cdot 10^2$ jtk w 1 m³), a w okresie letnim w punkcie P4.

Czyste mikrobiologicznie powietrze nie powinno zawierać komórek bakterii *Pseudomonas fluorescens*. Podczas pomiarów ich liczba mieściła się w zakresie od 0 do ok $5,1 \cdot 10^2$ jtk·m⁻³. Brak mikroorganizmów lub ich niewielką liczbę odnotowano w okresie zimowym. Nasilenie emisji widoczne było na przełomie wiosny i lata. Podobnie jak w przypadku pozostałych opisywanych grup mikroorganizmów, największą liczbę tych drobnoustrojów stwierdzono w okresie letnim, w punkcie zlokalizowanym na terenie kwatery II. Z otrzymanych wyników ponad 60% wskazywało na silne zanieczyszczenie powietrza.

W okresie wiosenno-letnim obserwowano również wysoką liczebność bakterii *Escherichia coli* ($1,0$ - $1,2 \cdot 10^3$ jtk·m⁻³), a dane wielokrotnie przekraczały wartości tła. W okresie jesienno-zimowym w 1 m³ nie notowano wartości powyżej $2,8 \cdot 10^2$ jtk.

Zgodnie z normą niemal 60% pomiarów dotyczących czystości mikologicznej klasyfikowało powietrze jako względnie czyste, natomiast wartości zagrażające środowisku naturalnemu człowieka odnotowano wiosną w punktach P2 i P4. W okresie letnim oraz jesiennym oznaczone wartości odpowiadały średniemu zanieczyszczeniu mikologicznemu.

Tabela 3.1. Liczebność mikroorganizmów w powietrzu atmosferycznym na terenie i wokół Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym

Pora roku	Punkt pomiarowy	Liczebność mikroorganizmów [jtk·m ⁻³]				
		B	P	Pf	Ec	G
WIOSNA	P0	3,9·10 ³	1,1·10 ²	1,1·10 ¹	6,6·10 ¹	9,5·10 ²
	P1	6,2·10 ³	4,0·10 ²	1,4·10 ²	4,0·10 ²	1,0·10 ⁴
	P2	1,5·10 ⁴	4,2·10 ²	3,3·10 ²	1,2·10 ³	1,1·10 ⁴
	P3	1,4·10 ⁴	3,5·10 ²	1,5·10 ²	7,9·10 ²	3,1·10 ³
	P4	1,7·10 ⁴	4,5·10 ²	1,7·10 ²	1,1·10 ³	1,1·10 ⁴
	P5	8,3·10 ³	2,5·10 ²	2,2·10 ²	2,7·10 ²	1,1·10 ³
	P6	1,7·10 ³	2,5·10 ²	1,0·10 ²	2,9·10 ²	8,1·10 ²
LATO	P0	6,2·10 ³	2,7·10 ²	2,2·10 ¹	1,5·10 ²	4,0·10 ³
	P1	1,0·10 ⁴	7,7·10 ²	1,7·10 ²	4,3·10 ²	2,1·10 ³
	P2	1,6·10 ⁴	1,9·10 ³	3,9·10 ²	9,5·10 ²	5,5·10 ³
	P3	7,5·10 ³	2,7·10 ²	1,9·10 ²	5,0·10 ²	5,7·10 ³
	P4	2,6·10 ⁴	2,7·10 ³	5,1·10 ²	1,0·10 ³	3,2·10 ³
	P5	9,5·10 ³	4,8·10 ²	1,0·10 ²	2,9·10 ²	1,4·10 ³
	P6	4,2·10 ³	2,0·10 ²	3,3·10 ¹	1,8·10 ²	1,6·10 ³
JESIEŃ	P0	2,0·10 ³	1,4·10 ²	ns	5,5·10 ¹	1,4·10 ³
	P1	3,1·10 ³	1,2·10 ²	4,4·10 ¹	1,3·10 ²	5,6·10 ³
	P2	7,6·10 ³	4,3·10 ²	1,7·10 ²	1,8·10 ²	7,0·10 ³
	P3	3,7·10 ³	3,5·10 ²	3,3·10 ¹	3,3·10 ¹	1,3·10 ³
	P4	9,4·10 ³	7,5·10 ²	1,1·10 ²	2,8·10 ²	5,2·10 ³
	P5	3,2·10 ³	4,4·10 ¹	1,1·10 ¹	1,1·10 ²	1,7·10 ³
	P6	9,3·10 ²	1,1·10 ¹	ns	3,3·10 ¹	1,5·10 ³
ZIMA	P0	9,3·10 ²	5,2·10 ²	ns	1,1·10 ¹	2,8·10 ²
	P1	2,4·10 ³	4,6·10 ²	4,4·10 ¹	8,8·10 ¹	1,3·10 ³
	P2	2,0·10 ³	3,0·10 ²	6,6·10 ¹	7,7·10 ¹	1,5·10 ³
	P3	1,2·10 ³	2,0·10 ²	1,1·10 ¹	3,3·10 ¹	8,0·10 ²
	P4	1,9·10 ³	5,5·10 ²	6,6·10 ¹	1,1·10 ¹	9,2·10 ²
	P5	7,4·10 ²	1,9·10 ²	ns	5,5·10 ¹	7,0·10 ²
	P6	7,9·10 ²	ns	ns	4,4·10 ¹	5,3·10 ²

B – bakterie, P – promieniowce, Pf – *Pseudomonas fluorescens*, Ec – *Escherichia coli*, G – grzyby
 ns – nie stwierdzono obecności

Tabela 3.2. Wyniki analizy statystycznej wpływu terminu pomiaru i rozmieszczenia punktu poboru prób powietrza atmosferycznego na liczebność badanych grup mikroorganizmów

Czynniki	Il. st. swob.	Śr. Σ kwadr.	Il. st. sw. błędu	Śr. Σ kw. błędu	Wartość F	Wartość $P \leq 0,05$
BAKTERIE MEZOFILNE (B)						
1	7	456400736	112	19115836	23,87	0,00
2	6	401872320	112	19115836	21,02	0,00
1-2	42	74829432	112	19115836	3,91	0,00
<i>Escherichia coli</i> (Ec)						
1	7	1408873	112	84713,90	16,63	0,00
2	6	1100765	112	84713,90	12,99	0,00
1-2	42	234643	112	84713,90	2,76	0,00
<i>Pseudomonas fluorescens</i> (Pf)						
1	7	170659,3	112	13887,52	12,28	0,00
2	6	176292,9	112	13887,52	12,69	0,00
1-2	42	38989,9	112	13887,52	2,80	0,00
PROMIENIOWCE (P)						
1	7	5215825	112	324889,4	16,05415	0,00
2	6	3080096	112	324889,4	9,48044	0,00
1-2	42	1105537	112	324889,4	3,40281	0,00
GRZYBY (G)						
1	7	122385568	112	1495320	81,84576	0,00
2	6	105761904	112	1495320	70,72864	0,00
1-2	42	26050334	112	1495320	17,42125	0,00

Czynniki: 1 – termin pomiaru, 2 – punkt pomiaru

4. Dyskusja

W trakcie badań prowadzonych na terenie i wokół Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym odnotowano zróżnicowane liczebności mikroorganizmów z poszczególnych grup, związane z punktem poboru próbek powietrza oraz porą roku. Istotny wpływ tych czynników na skład jakościowo-ilościowy mikroflory w powietrzu potwierdzają badania innych autorów [16-18].

Wysoką liczebność mikroorganizmów obserwowano przede wszystkim w próbkach powietrza pobranych na obszarze, w którym deponowane są odpady (P4) oraz w miejscu gromadzenia odcieków ze składowiska (P2). W punktach P5 i P6, zlokalizowanych w odległości 100 i 150 m od kwatery II, liczba drobnoustrojów zmniejszała się lub malała do zera. Zależność tę w swoich doświadczeniach potwierdzili również inni autorzy [19, 20].

Na podstawie badań stwierdzono, iż bakterie są jedną z grup mikroorganizmów, której liczebność w znacznym stopniu przekroczyła dopuszczalne normy, a istotny wpływ miała tu pora roku i lokalizacja punktu pomiarowego, na co zwracają też uwagę Frączek i in. [2]. W badaniach przeprowadzonych przez tych autorów w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Ujkowie Starym liczba komórek bakterii była jednak wielokrotnie niższa od wartości przedstawionych w niniejszym opracowaniu. Różnica może wynikać z innej metody pomiaru bioaerolu, odmiennych warunków meteorologicznych podczas pomiaru oraz powierzchni składowania odpadów. Maksymalna liczebność bakterii oznaczona to 1,7 jtk w 1m³, a w badaniach przeprowadzonych przez Mansoura i in. [21] to 7,3·10⁵ jtk·m⁻³. Zwiększoną emisję aerolu bakteryjnego odnotowano w okresie wiosenno-letnim. Wiosną obserwowano również wzrost liczebności bakterii *Escherichia coli*, która wg Marcinkowskiego [22] uważana jest za wskaźnik zanieczyszczenia sanitarnego powietrza. Liczba komórek tych mikroorganizmów mieściła się w zakresie 1,1·10¹-1,2·10³ jtk w 1m³, podobnie jak w badaniach Niedźwieckiego i Nowaka [23] prowadzonych na wysypisku w Sierakowie.

Na terenie składowiska w Leśnie Górnym odnotowano wysoką, w stosunku do obowiązujących norm, liczebność promieniowców. Niezależnie od pory roku największą liczbę ich komórek obserwowano w próbkach powietrza z obszaru kwatery II. Na podstawie niemal 90% wykonanych pomiarów powietrze należy uznać za silnie zanieczyszczone. Ponadnormatywną liczebność promieniowców (w 30-45,8%) odnotowali również Marcinkowska i

in. [24] w badaniach dotyczących występowania tych drobnoustrojów w powietrzu w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Ujkowie Starym, Krakowie i Tarnowie. Niedźwiecki i Nowak [23] w otoczeniu wysypiska odpadów komunalnych w Sierakowie uzyskali średnie roczne liczebności ponad $6,8 \cdot 10^3$ jtk w 1m^3 , jednak w tym przypadku istotny mógł być brak sprawnej technologii odzysku. Butarewicz i Kowaluk-Krupa [25] na terenie i wokół składowiska w Augustowie zaobserwowali przekroczenie dopuszczalnych wartości, przede wszystkim w centralnej części składowiska w stopniu, który może wpływać negatywnie na zdrowie przebywających tam osób.

Według Kocwy-Haluch i in. [3] przydatnym wskaźnikiem oceny wpływu obiektów komunalnych na mikroflorę powietrza może być liczba bakterii *Pseudomonas fluorescens*. W przeprowadzonych badaniach największe wartości dla tych mikroorganizmów, bez względu na porę roku, utrzymywały się w punkcie pomiarowym P2 (zbiornik z odciekami). Dużym emitorem było też samo składowisko (P4).

Grzyby stanowią dobry wskaźnik czystości mikrobiologicznej powietrza, a ich zarodniki stanowią istotny składnik bioaerozoli [26]. Stan powietrza na terenie Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym pod względem mikologicznym ogólnie można uznać za zadawalający. Zanieczyszczenie na poziomie zagrażającym ludziom pojawiło się tylko w okresie wiosennym. Stosunkowo wysoką zawartość zarodników grzybów obserwuje się późnym latem, natomiast zimą ich liczba ulega redukcji [27], co potwierdziły również badania własne. W porównaniu do pozostałych grup drobnoustrojów istotnym źródłem emisji zanieczyszczeń mikrobiologicznych była też kompostownia (P1). Średnie wartości liczebności dla terminów wykonywanych pomiarów mieszczą się w granicach od ok. $5,1 \cdot 10^2$ jtk- m^3 do $5,1 \cdot 10^3$ jtk- m^3 . Średnie wartości z poszczególnych punktów wskazują, że punktami o największej emisji zarodników grzybów mikroskopowych są punkty P1, P2 i P4. W punktach P1 i P4 średnie wartości przekraczają $4,0 \cdot 10^3$ jtk- m^3 , natomiast średnie wartości w punkcie P2 sięgają $5,5 \cdot 10^3$ jtk- m^3 . Jeszcze wyższą liczebność odnotowała w swoich badaniach Traczewska i Karpińska-Smulikowska [26] - średnio od 585 do 8.247 jtk- m^3 oraz Niedźwiecki i Nowak [23] - od 939 do 8.565 jtk- m^3 , natomiast Butarewicz i Kowaluk-Krupa [25] w powietrzu na składowisku odpadów w Augustowie wynosiła oznaczyli od 246 do 1.448 jtk- m^3 . Takie różnice w uzyskiwanych wynikach mogą zależeć nie tylko od metody pomiaru, ale również zawartości frakcji organicznej w całej masie odpadów znajdujących się na składowiskach. Poza oceną liczebności istotnym elementem badań czystości mikologicznej powietrza powinna być również analiza składu bioaerozolu grzybowego, w tym gatunków produkujących mikotoksyny oraz wywołujących reakcje alergiczne [16].

5. Wnioski

1. Pora roku oraz punkt pomiarowy w sposób istotny wpływają na liczebność mikroorganizmów w powietrzu.
2. Największą liczbę drobnoustrojów oznaczono w okresie wiosenno-letnim.
3. Głównym emitorem bioaerozoli na terenie Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym była kwatera centralna oraz zbiornik z odciekami ze składowiska.
4. Pod względem bakteriologicznym powietrze na obszarze składowiska było silnie zanieczyszczone i mogło stanowić w tym czasie zagrożenie dla zdrowia pracujących tam osób.
5. Pod względem mikologicznym negatywne oddziaływanie na otoczenie człowieka odnotowano jedynie w okresie wiosennym.
6. W okresach zwiększonej emisji bioaerozoli naturalna bariera w postaci zadrzewień wokół Zakładu Odzysku i Składowania Odpadów Komunalnych w Leśnie Górnym nie stanowiła wystarczającego zabezpieczenia dla otaczających go terenów.

Literatura

1. Bartosewicz S. (2001). Negatywny wpływ odpadów na środowisko. Odpady i Środowisko, 1, 44-54.
2. Frączek K., Marcinowska K., Barabasz W., Grzyb J., Chmiel M.J. (2004). Występowanie bakterii w powietrzu atmosferycznym w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Ujkowie Starym, Krakowie i Tarnowie. Acta Agraria et Silvestria, ser. Agraria, 42, 115-126.
3. Kocwa-Haluch R. Czachor M., Lemek M., Woźniakiewicz T. (2004). Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza atmosferycznego w rejonie oddziaływania składowiska odpadów. Acta Agraria et Silvestria, ser. Agraria, 42, 217-228.

4. Drzał E., Kozak E., Kucharski B., Podgórski L., Streb M., Suchy M., Synoś A. (1995). Fizykochemiczne i mikrobiologiczne zagrożenia środowisk przez odpady. Państwowa Inspekcja Ochrony Środowiska. Warszawa: Biblioteka Monitoringu Środowiska.
5. Roszak Z., Wilusz W. (2001). Monitoring oddziaływania składowisk odpadów komunalnych na środowisko w świetle projektowanych zmian przepisów ochrony środowiska. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 6, 235-240.
6. Kulig A. (2002). Monitoring składowisk odpadów. *Przeгляд Komunalny*, 6, 92-95.
7. Marcinkowska K., Frączek K., Barabasz W., Grzyb J. (2004). Wpływ składowiska odpadów komunalnych w Ujkwie Starym – Gmina Bolesław na jakość mikrobiologiczną powietrza. *Acta Agraria et Silvestria*, ser. Agraria, 42, 289-295.
8. Barabasz W., Albińska D., Barabasz J. (2005). Obiekty komunalne jako źródła bioaerozolu i mikroorganizmów szkodliwych dla zdrowia. *Gospodarka Odpadami Komunalnymi*, 11, 223-236.
9. Pillai S.D., Ricke S.C. (2002). Bioaerosols from municipal and animal wastes: background and contemporary issues. *Canadian Journal of Microbiology*, 48(8), 681-696.
10. Krzysztofik B. (1992). *Mikrobiologia powietrza*. Warszawa: Wydawnictwo Politechniki Warszawskiej.
11. Grisoli P, Rodolfi M, Villani S, Grignan E, Cottica D, Berri A, Picco A M, Dacarro C. (2009). Assessment of airborne microorganism contamination in an industrial area characterized by an open composting facility and awastewater treatment plant. *Environmental Research*, 109(2), 135-142.
12. Lee B.R., Cha M.J., Jeong C.S., Kim J.S. (2012). Distribution and characteristics of culturable airborne microorganisms in composting facility and landfill. *Korean Journal of Microbiology*, 48(1), 8-15.
13. Bobrowski M. (2000). *Podstawy biologii sanitarnej*. Białystok: Wydawnictwo Ekonomia i Środowisko.
14. PN Z-04111-02: 1989. Oznaczenie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
15. PN Z-04111-03: 1989. Oznaczenie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
16. Breza-Boruta B. (2012). Bioaerosols of the municipal waste landfill site as a source of microbiological air
17. Roodbari A., Naddafi K., Javid A. (2013). Measurement of bioaerosols in the air around the facilities of waste collection and disposal. *Environment Protection Engineering*, 39(4), 105-112.
18. Frączek K., Różycki H., Ropek D. (2014). Statistical analyses of bioaerosol concentration at municipal landfill site. *Ecological Chemistry and Engineering (S)*, 21(2), 229-243.
19. Adamiak W., Kołwzan B. (2001). Qualitative assessment of the bioaerosol in the surroundings of Maślice landfill in Wrocław. *Environment Protection Engineering*, 27, 27-42.
20. Berleć K., Budzińska K., Szejniuk B., Kułakowska A. (2009). Ocena oddziaływania składowiska odpadów komunalnych na wybrane parametry mikrobiologiczne powietrza. *Rocznik Ochrona Środowiska*, 11, 1317-1328.
21. Mansour F.A., El-Dohlob S.M., Abdel Hameed A.A, Kamel M.M, El-Gendy S.A. (2012). Microorganisms in the air over a bio-solid waste landfill in Egypt. *Journal of American Science*, 8(4), 573-579.
22. Marcinkowski T. (1989). Zagrożenie środowiska organizmami chorobotwórczymi występującymi w ściekach miejskich i ich osadach. *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 8/9, 186-188.
23. Niedźwiecki E., Nowak A. (1997). Projekt badań gleby i powietrza w otoczeniu wysypiska odpadów komunalnych w Sierakowie. Opracowanie wyników badań laboratoryjnych.
24. Marcinkowska K., Frączek K., Barabasz W., Grzyb J. (2004a). Występowanie promieniowców w powietrzu atmosferycznym w strefie oddziaływania składowisk odpadów komunalnych w Ujkwie Starym, Krakowie oraz Tarnowie. *Acta Agraria et Silvestria*, ser. Agraria, 42, 297-309.

25. Butarewicz A., Kowaluk-Krupa A. (2004). Mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza na terenie i wokół składowiska odpadów komunalnych w Augustowie. *Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów*, 5, 167-173.
 26. Traczewska T.M., Karpińska-Smulikowska J. (2000). Wpływ składowiska odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza. *Ochrona Środowiska*, 2(77), 35-38.
 27. Mędreła-Kuder E. (1999). Występowanie zarodników grzybów w powietrzu atmosferycznym na terenie Krakowa z uwzględnieniem zanieczyszczenia pyłowego. *Archiwum Ochrony Środowiska*, 1, 63-70.
-