

Ocena oddziaływania składowiska odpadów komunalnych na wybrane parametry mikrobiologiczne powietrza

*Krzysztof Berleć, Katarzyna Budzińska,
Bożena Szejniuk, Anna Kułakowska
Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Bydgoszcz*

1. Wstęp

W Polsce unieszkodliwianie odpadów poprzez składowanie jest nadal jedną z najczęściej stosowanych metod. Składowanie odpadów komunalnych na wysypiskach może być powodem powstawania wielu uciążliwych i niebezpiecznych substancji, zagrażających środowisku naturalnemu. Stopień uciążliwości tych obiektów zależy od wielu czynników, takich jak: ukształtowanie terenu, warunki gruntowe, hydrologiczne, mikroklimat danego obszaru, odległość od osiedli ludzkich itd. Ponadto do czynników wpływających na oddziaływanie składowisk na środowisko zaliczyć można technologię składowania, przygotowanie terenów pod składowisko, uszczelnienie składowiska i infrastrukturę techniczną. Największe zagrożenie stanowią składowiska niezorganizowane nie posiadające podstawowych zabezpieczeń i infrastruktury technicznej. Ze względów sanitarno-higienicznych obiekty takie powinny zostać poddane jak najszybszej modernizacji albo likwidacji.

Składowiska niezorganizowane charakteryzują się największą szkodliwością przejawiającą się głównie zanieczyszczeniem powietrza (fizycznym, chemicznym i mikrobiologicznym). W wyniku procesów gnilnych i fermentacyjnych zachodzących wewnątrz składowanych odpadów, dochodzi do powstawania zanieczyszczeń mikrobiologicznych (bakterie, grzyby, wirusy, jaja i cysty pasożytów), przenoszących się na znaczne odległości.

Drobnoustroje pochodzące ze składowisk odpadów komunalnych mogą przedostawać się do wód podziemnych i powierzchniowych, gleby, a także do powietrza atmosferycznego [7, 8]. Mikroorganizmy w powietrzu tworzą aerozol

biologiczny, który ze względu na skład gatunkowy i znaczenie dla ludzi i zwierząt można podzielić na: zakaźny, saprofityczny, a także mieszany, przy czym żadna z tych faz nie pozostaje obojętna dla środowiska [10, 17].

Celem pracy było określenie wpływu niezorganizowanego składowiska odpadów na zanieczyszczenie bakteriologiczne powietrza atmosferycznego.

2. Materiał i metodyka

2.1. Opis obiektu badań

Składowisko odpadów komunalnych w miejscowości Zrazim przyjmuje odpady z terenu gminy Janowiec Wlkp. Składowisko położone jest w odległości około 3 km od Janowca Wlkp. i około 400 m od drogi Żnin – Janowiec. Składowisko powstało w miejscu dawnego wyrobiska poźwirowego i jest eksploatowane od lat 60-tych. W 1991 roku B.U.T. „Atest” opracował jednostadiowy projekt techniczny wysypiska odpadów komunalnych stałych oraz tymczasowe wylewisko dla odpadów płynnych. Lokalizacja składowiska została pozytywnie zaopiniowana przez UW- WOS w Bydgoszczy nr OŚ-I 8624-/OŚ.VIII-8620-4-23/89 z dnia 11.08.1989 roku. Zarząd Miejski w Janowcu Wielkopolskim z własnych środków zrealizował część niezbędnych obiektów, jak np. drogę dojazdową z płyt żelbetowych pełnych (dołem), ogrodzenie i zieleń ochronną oraz kontener socjalny dla obsługi. Brak środków, przerwał dalsze wykonawstwo. Do 1995 roku, do momentu uruchomienia oczyszczalni ścieków, na teren składowiska przywożono nieczystości płynne.

Składowisko składa się z trzech części:

- pierwszej części eksploatowanej od lat 60-tych, wyłączonej z użytku, porośniętej trawą i drzewami, o powierzchni około 0,5 ha,
- drugiej części, eksploatowanej obecnie, o powierzchni 3,0 ha,
- trzeciej części, nieeksploatowanej, porośniętej trawą i drzewami (samosiejkami) – w obrębie tej części znajduje się rozlewisko wodne o powierzchni około 3,0 ha.

Pojemność składowiska wynosi 57300 m³. Składowisko jest nieuszczelnione, nie ma układu drenującego zbierającego odcieki, nie posiada piezometrów kontrolnych i nie jest prowadzony monitoring stanu środowiska. Najbliższa zabudowa mieszkalna znajduje się w odległości 180 m od granicy składowiska.

Pod względem geomorfologicznym obszary te stanowią wysoczyznę polodowcową. Ma ona cały szereg długich rynien jeziornych, co nadaje jej cechy rzeźby młodoglacjalnej. Składa się z moreny dennej płaskiej (deniwelacje do 2 m) i moreny dennej falistej z wysokościami względnymi w granicach od 2

do 5 m oraz o nachyleniach do 10%, natomiast zagłębienia w niej wynoszą 1÷3 m. Znaczącą formą krajobrazową jest rynnna glacialna w postaci doliny rzeki Wełny, która w okolicach Janowca Wlkp. poszerza się do 3 m. Według rozpoznania geologicznego na obszarze gminy występują utwory jury, kredy, trzeciorzędu i czwartorzędu. Pliocen trzeciorzędowy stanowi tzw. ily poznańskie o grubości rzędu 20÷80 m przy stropie zalegającym na rzędnych od 35 m do 75 m p.p.t. Natomiast wyżej zalegają utwory czwartorzędu, składające się z holocenijskich piasków próchnicznych (0,2÷0,3 m), w wyrobisku – nasypy miejscowe ziemne przemieszane z odpadami, a nad rzeką Wełną w sąsiedztwie łąk – torf, torf z piaskiem oraz namuł z torfem o łącznej grubości 2,6 do 4,2 m. Utwory plejstocenijskie stanowią: piaski pylaste i drobnych, piaski grube, pospółki, piaski drobne z domieszkami piasków pylastych i gliniastych, piaski grube z wkładkami żwiru, pospółek, piasków i pyłów gliniastych, aż po gliny, gliny piaszczyste oraz gliny z piaskiem drobnym i pospółki gliniaste. Są to więc utwory genetycznie związane z akumulacją rzeczno-ładową i akumulacją lądolodu. Akumulacje ww. mają budowę geologiczną bardzo zmienną i nieregularną.

Przeważnie w stropie występuje seria piaszczysto-żwirowa o miąższości 1,2 do 3,0 m, natomiast głębiej – utwory zwarte w postaci glin, pyłów i piasków gliniastych. Natomiast wyrobisko i jego zbocza są zbudowane na całej długości i szerokości z warstw piaszczysto-żwirowych. Zanikają one w kierunku przeciwnym do rzeki przechodząc w utwory typu zwarte. Strop utworów zwartych, pokryty zmiennej grubości warstwami piaszczysto-żwirowymi opada do rzeki w granicach od 3,4 do 4,1%. Jest to równoznaczne ze spadkiem lustra wody gruntowej przypowierzchniowej. Warunki hydrogeologiczne można ogólnie określić jako dobre. Pierwszy poziom wodonośny wód przypowierzchniowych występuje na głębokościach od 1,8 do 6,4 m p.p.t., co odpowiada rzędnych w granicach od 95,2 do 113,2 m n.p.m. W okresach rocznych wahania lustra wody mogą wynosić do 0,5 m wysokości. Pierwszy poziom wodonośny ma spadek od 3,4 do 4,1% w kierunku rzeki Wełny. Drugi, trwałe poziomy wodonośny zalega w wodonośnych utworach miocenu, który jest przykryty pliocenijskimi ilami o grubości rzędu 25÷75 m. Są jednak lokalne sporadyczne warunki geologiczne, na występowanie nieciągłego, drugiego poziomu wód gruntowych. Wody pierwszego poziomu mogą mieć zanieczyszczenia organiczne pochodzenia antropogenicznego.

Odpady bez rozdrabniania i ugniatania przysypywane są warstwą ziemi i osadów ściekowych, które z czasem zarastają samorzutnie trawą i krzewami [18].

2.2. Procedura prowadzenia badań mikrobiologicznych

Badania przeprowadzono w okresie od kwietnia do listopada 2006 roku na składowisku odpadów komunalnych w województwie kujawsko-pomorskim, funkcjonującym jako gminny obiekt gospodarki odpadami, lecz nie posiadający żadnych zabezpieczeń i ustalonego systemu badań monitoringowych. Analizy obejmowały oznaczenie: ogólnej liczby bakterii, liczby promieniowców, liczby *Pseudomonas fluorescens* oraz liczby gronkowców α - i β -hemolizujących.

Badania przeprowadzono metodą sedymentacyjną i zderzeniową zwykłą przy użyciu aparatu SAS 100.

Próbki powietrza do analiz pobierano w smudze zanieczyszczeń raz w miesiącu w 5 punktach:

- w centralnej części składowiska (A),
- 50 m od źródła emisji na stronie zawietrznej (B),
- 100 m od źródła emisji na stronie zawietrznej (C),
- 300 m od źródła emisji na stronie zawietrznej (D),
- 100 m od źródła emisji na stronie nawietrznej (E).

W każdym z tych miejsc za pomocą miernika mikroklimatu MM-01 dokonano pomiaru temperatury, wilgotności względnej i prędkości ruchu powietrza. Wszystkie badania zostały przeprowadzone zgodnie z przyjętymi wymogami i potrzebami analitycznymi, stosując standardowe metody analizy mikrobiologicznej, zgodnie z Polską Normą [15, 16].

Aparatem SAS 100 pobierano próbki powietrza od 100 do 500 dm³ w zależności od przewidywanego stopnia zanieczyszczenia.

Do badań wykorzystano następujące podłoża mikrobiologiczne:

- agar odżywczy (ogólna liczba bakterii) – 37°C; 24÷48 godz.,
- agar Kinga B (*Pseudomonas fluorescens*) – 30°C; 2÷7 dni,
- agar Pochona (promieniowce) – 26°C; 5÷14 dni,
- agar wzbogacony z krwią (bakterie hemolizujące) – 37°C; 24÷48 godz.

Wyrosłe kolonie zliczono, skorygowano za pomocą tabel, dołączonych do wykorzystywanego aparatu, a wynik końcowy podano jako liczbę poszczególnych mikroorganizmów w 1 m³. Następnie oceniono stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego na podstawie normy [15].

W metodzie sedymentacyjnej płytki Petriego z określonym podłożem rozmieszczono w tych samych miejscach, w których pobierano próbki powietrza aparatem SAS 100. Płytki eksponowano przez okres 30 i 60 minut w zależności od spodziewanego stopnia zanieczyszczenia powietrza. Po przywiezieniu do laboratorium podłoża inkubowano w warunkach odpowiednich dla każdego

z oznaczeń. Kolonie, które wyrosły na podłożu zliczono i podstawiono do wzoru Omeliańskiego:

$$x = \frac{a \cdot 100}{k \cdot b} \quad (1)$$

gdzie:

- x – ogólna liczba drobnoustrojów w 10 dm³ powietrza,
- a – średnia arytmetyczna z liczby wyrosłych kolonii na płytkach z tym samym podłożem (jtk),
- b – powierzchnia eksponowanej płytki (cm²),
- k – współczynnik czasu ekspozycji (czas ekspozycji/5).

Uzyskane wyniki przeliczono na liczbę bakterii w 1m³ powietrza.

3. Opis i analiza wyników badań

Składowiska odpadów komunalnych oraz związane z nimi niedogodności stają się w ostatnich latach coraz bardziej zauważalnym problemem w ochronie środowiska. Wielu autorów zajmujących się problematyką odpadów komunalnych i mikroorganizmów chorobotwórczych występującymi w powietrzu wykazało, że obiekty mogą być źródłem zakaźnego bioaerozolu, który może w pewnych warunkach meteorologicznych negatywnie oddziaływać na zdrowie ludzkie [4, 5, 14].

Badane mikroorganizmy występują w największej liczbie w najbliższym otoczeniu czynnego składowiska odpadów komunalnych, w miarę oddalania się od tego miejsca ich liczebność wyraźnie się zmniejszała [1, 2, 6, 11]. Teorię tę potwierdzają wyniki uzyskane w badaniach własnych: średnia liczebność bakterii w strefie czynnej składowiska odpadów wyniosła 3,0·10³ jtk/m³ w metodzie sedymentacyjnej i 2,3·10³ jtk/m³ w metodzie zderzeniowej. Natomiast w punkcie oddalonym o 300 m od źródła zanieczyszczenia wartość ta wyraźnie się zmniejszyła i wyniosła 6,2·10² jtk/m³ w metodzie sedymentacyjnej i 5,0·10² jtk/m³ w drugiej zastosowanej metodzie (tabela 1).

Ogólna liczba bakterii określona przez Marcinkowską i wsp. [12] była niższa i wyniosła odpowiednio 1,4·10³ jtk/m³ w centrum składowiska i 2,3·10² jtk/m³ w punkcie oddalonym 300 m od tego punktu. Pomimo tego, że średnie ilości bakterii w powietrzu badanym w rejonie analizowanego składowiska odpadów wskazują na średni stopień zanieczyszczenia powietrza, to trzeba zaznaczyć, że w miesiącach od kwietnia do czerwca wartości te przekroczyły 3·10³ jtk/m³, co świadczy o silnym zanieczyszczeniu tego elementu środowiska.

Tabela 1. Ogólna liczba bakterii (jtk/m³) w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów

Table 1. Total number of bacteria (jtk/m³) in atmospheric air in the range of the influence of the unsealed landfill

Miesiące badań	Metoda	Punkty pomiarowe				
		A	B	C	D	E
IV	I	4,4·10 ³	4,4·10 ³	1,7·10 ³	8,1·10 ²	1,9·10 ²
	II	3,2·10 ³	3,3·10 ³	1,3·10 ³	7,0·10 ²	1,6·10 ²
V	I	5,2·10 ³	5,0·10 ³	1,7·10 ³	9,2·10 ²	3,5·10 ²
	II	4,7·10 ³	4,1·10 ³	1,5·10 ³	6,5·10 ²	2,2·10 ²
VI	I	5,7·10 ³	5,0·10 ³	1,5·10 ³	8,5·10 ²	1,7·10 ²
	II	3,9·10 ³	3,7·10 ³	1,1·10 ³	6,8·10 ²	1,3·10 ²
VII	I	2,0·10 ³	1,8·10 ³	1,1·10 ³	5,6·10 ²	1,4·10 ²
	II	1,7·10 ³	1,1·10 ³	9,6·10 ²	3,8·10 ²	1,2·10 ²
VIII	I	2,5·10 ³	1,8·10 ³	1,2·10 ³	9,6·10 ²	2,8·10 ²
	II	2,0·10 ³	1,7·10 ³	1,0·10 ³	8,5·10 ²	2,0·10 ²
IX	I	1,4·10 ³	1,4·10 ³	1,1·10 ³	4,2·10 ²	1,7·10 ²
	II	1,1·10 ³	1,1·10 ³	1,1·10 ³	4,0·10 ²	1,3·10 ²
X	I	1,2·10 ³	1,0·10 ³	8,2·10 ²	3,0·10 ²	2,7·10 ²
	II	1,1·10 ³	1,0·10 ³	6,9·10 ²	2,6·10 ²	2,6·10 ²
XI	I	1,3·10 ³	1,1·10 ³	7,4·10 ²	1,3·10 ²	1,2·10 ²
	II	1,2·10 ³	8,3·10 ²	6,3·10 ²	9,2·10 ¹	9,8·10 ¹
\bar{x}	I	3,0·10 ³	2,6·10 ³	1,3·10 ³	6,2·10 ²	2,1·10 ³
	II	2,3·10 ³	2,1·10 ³	1,0·10 ³	5,0·10 ²	1,7·10 ²

I – metoda sedymentacyjna; II – metoda zderzeniowa

Przejęcie tylko ogólnej liczebności mikroorganizmów jako wskaźnika zanieczyszczenia powietrza eliminuje możliwość stwierdzenia zagrożenia chorobotwórczego. Dlatego zwrócono uwagę na mikroorganizmy specyficzne, bardziej jednoznacznie wyznaczające zasięg oddziaływania badanych obiektów [6]. Jedną z grup drobnoustrojów wskazujących na mikrobiologiczne zanieczyszczenie powietrza są promieniowce, które jako typowe mikroorganizmy glebowe posiadają wysokie uzdolnienia mineralizacyjne i będą występowały zawsze tam gdzie znajduje się w dużej ilości materia organiczna [11]. Wyniki badań przeprowadzone na składowisku w Podańsku przez Michalcewicza i Nowaka [11] wskazują, że średnia liczebność promieniowców na poszczególnych miejscach poboru próbek kształtowała się na wysokim poziomie: od 3,2·10² jtk/m³ do 1,6·10⁴ jtk/m³ w zależności od roku, w którym przeprowadzono badania. W badaniach własnych największą liczebność promieniowców stwierdzono w strefie czynnej składowiska i wyniosła ona 1,2·10² jtk/m³ w

metodzie sedymentacyjnej i $1,1 \cdot 10^2$ jtk/m³ w metodzie zderzeniowej (tabela 2). Wartości te świadczą o silnie zanieczyszczonym powietrzu, na co wpływa z pewnością fakt ciągłego dowożenia świeżych odpadów.

Tabela 2. Liczba promieniowców (jtk/m³) w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów

Table 2. Number of Actinmycetes (jtk/m³) in atmospheric air in the range of the influence of the unsealed landfill

Miesiące badań	Metoda	Punkty pomiarowe				
		A	B	C	D	E
IV	I	$1,8 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$4,3 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$
	II	$1,6 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$3,6 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$
V	I	$1,6 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$5,0 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$
	II	$1,5 \cdot 10^2$	$1,3 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$4,4 \cdot 10^1$	$3,1 \cdot 10^1$
VI	I	$1,3 \cdot 10^2$	$1,1 \cdot 10^2$	$5,3 \cdot 10^1$	$4,8 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$
	II	$1,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$
VII	I	$8,4 \cdot 10^1$	$4,6 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$
	II	$7,6 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
VIII	I	$1,1 \cdot 10^2$	$1,2 \cdot 10^2$	$7,0 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$
	II	$1,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$3,9 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$
IX	I	$1,1 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$3,3 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$
	II	$1,0 \cdot 10^1$	$7,3 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$
X	I	$8,9 \cdot 10^1$	$8,5 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$
	II	$8,1 \cdot 10^1$	$6,7 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$
XI	I	$6,7 \cdot 10^1$	$5,1 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
	II	$5,8 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^0$
\bar{x}	I	$1,2 \cdot 10^2$	$1,0 \cdot 10^2$	$5,9 \cdot 10^1$	$3,5 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$
	II	$1,1 \cdot 10^2$	$8,4 \cdot 10^1$	$5,0 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$

I – metoda sedymentacyjna; II – metoda zderzeniowa

Ogólnie zalecanymi przez Polską Normę drobnoustrojami wskaźnikowymi wskazującymi na możliwość występowania w powietrzu mikroorganizmów chorobotwórczych są gronkowce α - i β -hemolizujące. W badaniach własnych oznaczono je w ilościach przekraczających dopuszczalne wartości określone w normie dla powietrza nie zanieczyszczonego (tabela 3 i 4) [15]. W strefie czynnej składowiska liczebność tych drobnoustrojów przekroczyła 25 jtk/m³, co świadczy o silnie zanieczyszczonym powietrzu. Równie wysoki stopień skażenia powietrza odnotowali Frączek i wsp. [6] na składowisku w Tarnowie-Krzyżu. Przeprowadzone badania wykazały, że w 9 na 10 punktów pomiarowych średnia miesięczna ich liczba była większa od 25 jtk/m³, nawet 1000 m od strefy czynnej składowiska.

Tabela 3. Liczba gronkowców α -hemolizujących (jtk/m³) w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów

Table 3. Number of α -haemolytic streptococci (jtk/m³) in atmospheric air in the range of the influence of the unsealed landfill

Miesiące badań	Metoda	Punkty pomiarowe				
		A	B	C	D	E
IV	I	$3,9 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$9,8 \cdot 10^0$	$1,6 \cdot 10^1$
	II	$3,1 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$
V	I	$4,6 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$
	II	$4,4 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^0$
VI	I	$2,8 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	n.s.
	II	$2,6 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	n.s.
VII	I	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
	II	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.	n.s.
VIII	I	$3,3 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$
	II	$3,2 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
IX	I	$3,4 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$
	II	$3,2 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$
X	I	$2,7 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$
	II	$2,4 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$
XI	I	$1,9 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$
	II	$2,0 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
\bar{x}	I	$2,8 \cdot 10^1$	$2,4 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$
	II	$2,6 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$9,2 \cdot 10^0$

n.s. – nie stwierdzono; I – metoda sedymentacyjna; II – metoda zderzeniowa

Z badań Kocwy-Haluch i wsp. [9] wynika, że jednym z bardziej przydatnych wskaźników do oceny wpływu składowiska na mikroflorę powietrza jest liczba *Pseudomonas fluorescens*. Na jednym z badanych obiektów w strefie czynnej składowiska oznaczyli oni ten gatunek w liczbie $60 \div 120$ jtk/m³, na innym od 120 jtk/m³ do 180 jtk/m³. Uzyskane wartości świadczą o silnie zanieczyszczonym powietrzu, którego zasięg rozciąga się do 150 m na stronie zawietrznej. W badaniach przeprowadzonych na badanym składowisku liczebność *P. fluorescens* w centrum składowiska nie przekroczyła 50 jtk/m³ co było powodem umiejscowienia wyników w przedziale dla powietrza średnio zanieczyszczonego. Ten stopień zanieczyszczenia stwierdzono we wszystkich punktach badawczych (tabela 5).

Tabela 4. Liczba gronkowców β -hemolizujących (jtk/m³) w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów

Table 4. Number of β -haemolytic streptococci (jtk/m³) in atmospheric air in the range of the influence of the unsealed landfill

Miesiące badań	Metoda	Punkty pomiarowe				
		A	B	C	D	E
IV	I	$5,2 \cdot 10^1$	$4,8 \cdot 10^1$	$3,2 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$
	II	$5,0 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
V	I	$6,7 \cdot 10^1$	$6,2 \cdot 10^1$	$5,5 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
	II	$5,5 \cdot 10^1$	$5,0 \cdot 10^1$	$3,8 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$8,0 \cdot 10^0$
VI	I	$3,9 \cdot 10^1$	$3,3 \cdot 10^1$	$3,3 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$	n.s.
	II	$2,6 \cdot 10^1$	$2,7 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$	n.s.
VII	I	$2,2 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	n.s.	n.s.
	II	$1,2 \cdot 10^1$	$8,0 \cdot 10^0$	$3,3 \cdot 10^0$	n.s.	n.s.
VIII	I	$2,2 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	n.s.	n.s.
	II	$1,2 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^0$	$6,6 \cdot 10^0$	n.s.	n.s.
IX	I	$2,3 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	n.s.
	II	$1,4 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	$6,6 \cdot 10^0$	n.s.	$3,0 \cdot 10^0$
X	I	$5,5 \cdot 10^1$	$5,2 \cdot 10^1$	$2,9 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
	II	$4,0 \cdot 10^1$	$3,7 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$5,0 \cdot 10^0$	$2,0 \cdot 10^0$
XI	I	$9,2 \cdot 10^1$	$7,2 \cdot 10^1$	$4,9 \cdot 10^1$	$3,6 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$
	II	$8,0 \cdot 10^1$	$7,2 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^1$	$3,1 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
\bar{x}	I	$4,6 \cdot 10^1$	$3,8 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$6,3 \cdot 10^0$
	II	$3,6 \cdot 10^1$	$3,1 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$4,1 \cdot 10^0$

n.s. – nie stwierdzono; I – metoda sedymentacyjna; II – metoda zderzeniowa

Analizując wyniki badań własnych dochodzi się do stwierdzenia, że składowisko odpadów komunalnych jest źródłem mikroorganizmów chorobotwórczych stanowiących bezpośrednie zagrożenie dla człowieka. Niebezpieczeństwo potęguje fakt, iż zarówno pracownicy jak i ludzie mieszkający w sąsiedztwie składowiska są narażeni na działanie tych drobnoustrojów przez kilka godzin dziennie. Ze względu na szerokie negatywne oddziaływanie składowisk odpadów komunalnych należy dążyć do ograniczenia emisji bioaerozoli. Sposobem zminimalizowania ich wpływu na otoczenie jest: oddalenie od zabudowy mieszkaniowej, lokalizacja na zawietrznej stronie miejscowości, szczelne ogrodzenie terenu i otoczenie 50÷100 m pasem zieleni [3].

Tabela 5. Liczba *Pseudomonas fluorescens* (jtk/m³) w powietrzu atmosferycznym w zasięgu oddziaływania składowiska odpadów

Table 5. Number of *Pseudomonas fluorescens* (jtk/m³) in atmospheric air in the range of the influence of the unsealed landfill

Miesiące badań	Metoda	Punkty pomiarowe				
		A	B	C	D	E
IV	I	$6,5 \cdot 10^1$	$3,7 \cdot 10^1$	$2,1 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$
	II	$5,8 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^0$
V	I	$7,3 \cdot 10^1$	$4,6 \cdot 10^1$	$2,6 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$
	II	$6,8 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$2,2 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^0$
VI	I	$4,0 \cdot 10^1$	$3,4 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$2,0 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$
	II	$3,4 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$9,0 \cdot 10^0$
VII	I	$2,2 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	n.s.	n.s.
	II	$1,9 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	n.s.	n.s.
VIII	I	$4,0 \cdot 10^1$	$3,9 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$6,7 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$
	II	$3,8 \cdot 10^1$	$2,8 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$8,0 \cdot 10^0$
IX	I	$3,3 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	$1,0 \cdot 10^1$
	II	$3,0 \cdot 10^1$	$2,4 \cdot 10^1$	$1,8 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$	$7,0 \cdot 10^0$
X	I	$2,0 \cdot 10^1$	$2,3 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$	n.s.	$1,2 \cdot 10^1$
	II	$1,6 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	n.s.	$6,0 \cdot 10^0$
XI	I	$1,4 \cdot 10^1$	$1,3 \cdot 10^1$	$1,5 \cdot 10^1$	n.s.	$1,4 \cdot 10^1$
	II	$1,2 \cdot 10^1$	$1,2 \cdot 10^1$	$1,4 \cdot 10^1$	n.s.	$9,0 \cdot 10^0$
\bar{x}	I	$3,8 \cdot 10^1$	$3,0 \cdot 10^1$	$1,9 \cdot 10^1$	$1,7 \cdot 10^1$	$1,1 \cdot 10^1$
	II	$3,4 \cdot 10^1$	$2,5 \cdot 10^1$	$1,6 \cdot 10^1$	$7,9 \cdot 10^0$	$6,9 \cdot 10^0$

n.s. – nie stwierdzono; I – metoda sedymentacyjna; II – metoda zderzeniowa

4. Wnioski

1. Skład ilościowy i jakościowy mikroflory stwierdzonej w powietrzu badanego składowiska wskazuje na zagrożenie zdrowia ludzi, jak również stanowi ryzyko skażenia środowiska naturalnego.
2. Najbardziej zanieczyszczone powietrze atmosferyczne pod względem występowania bakterii wskaźnikowych stwierdzono w strefie czynnej składowiska oraz w jego sąsiedztwie, przeważnie do odległości 100 m w kierunku zawietrznym.
3. Liczebność drobnoustrojów występujących w powietrzu zależała od: pory roku, odległości od centrum składowiska oraz kierunku wiejącego wiatru.

Literatura

1. **Adamiak W., Kolwzan B.:** *Qualitative assessment of the bioaerosol in the surroundings of Maślice landfill in Wrocław.* Environ. Protect. Engin. 27, 27-42, 2001.
2. **Barabasz W., Frączek K., Grzyb J., Marcinowska K., Bis H., Chmiel M., Barabasz J., Kosińska B., Fertig P.:** *Wpływ wielkości składowiska odpadów i czasu jego eksploatacji na zanieczyszczenie mikroorganizmami powietrza atmosferycznego.* Mat. VI Konf. Nauk.-Techn. Gospodarka odpadami komunalnymi, 12-17.06., Koszalin-Kołobrzeg, 19-38, 2002.
3. **Borowski S.:** *Rola wysypisk odpadów komunalnych i oczyszczalni ścieków w kształtowaniu bioaerozolu powietrza atmosferycznego.* Mat. I Międzynar. Konf. Nauk. Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych, 8-10.03., Łódź, 142-147, 2001.
4. **Bożko L.:** *Mikroflora powietrza zakładów gastronomicznych i powietrza atmosferycznego miasta Warszawy.* Acta Microbiol. Polon. 10, 3, 307-311, 1991.
5. **Cienciała M.:** *Kształtowanie się zespołów mikroflory w powietrzu ośrodków alergologicznych w Szczawnicy i Krakowie.* Balneologia Polska, 13, 2/4, 265-273, 1998.
6. **Frączek K., Grzyb J., Marcinowska K., Bis H.:** *Studies into the occurrence of Actinomycetes in atmospheric air and soil in the surroundings of the municipal landfill site in Barycz near Kraków.* Acta Agr. Et Silv. Ser. Agr., 42, 107-113, 2004.
7. **Gaj K.:** *Składowiska odpadów komunalnych jako źródło emisji zanieczyszczeń powietrza.* Chemia i Inż. Ekol. 6, 4, 337-340, 1999.
8. **Jones B.L., Cookson J.T.:** *Natural atmospheric microbiol conditions in a typical suburban area.* Appl. Environ. Microbiol. 45,, 3, 919-934, 2000.
9. **Kocwa-Haluch R., Lemek M., Czachor M.:** *Ocena oddziaływania wysypisk odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza. Rozkład i korozja mikrobiologiczna materiałów technicznych.* Mat. I Międzynar. Konf. Nauk. 08-10.-03., Łódź, 138-141, 2001.
10. **Krzysztofik B., Ossowska-Cypryk K.:** *Ćwiczenia laboratoryjne z mikrobiologii powietrza.* Wyd. OWPW, Warszawa, 175-179, 1997.
11. **Marcinkowska K., Frączek K., Barabasz W., Grzyb J.:** *Występowanie promieniowców w powietrzu atmosferycznym w strefie oddziaływania składowiska odpadów komunalnych w Ujkwie Starym, Krakowie oraz Tarnowie.* Acta Agr. Silv. Ser. Agr. 42, 297-309, 2004a.
12. **Marcinkowska K., Frączek K., Barabasz W., Grzyb J.:** *Wpływ składowiska odpadów komunalnych w Ujkwie Starym – gmina Bolesław na jakość mikrobiologiczną powietrza.* Acta Agr. Silv. Ser. Agr. 42, 289-295, 2004b.
13. **Michalcewicz W., Nowak A.:** *Występowanie promieniowców w powietrzu wokół składowiska odpadów komunalnych w Podańsku.* Folia Univ. Agric. Stetin. Agricult. 83, 93-98, 2000.
14. **Nowak A.:** *Badanie rozkładu dobowego zanieczyszczenia mikrobiologicznego powietrza na terenie Szczecina.* Chemia i Inż. Ekol. 5, 1, 2, 51-65, 1998.

15. **Polska Norma PN-89/Z-04111/02.** *Grupa katalogowa 1479. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczenie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (imisja) przy pobieraniu próbek powietrza metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.* Wyd. Norm. „Alfa”, 1989.
16. **Polska Norma PN-89/Z-04111/08.** *Grupa katalogowa 1479. Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek. Pobieranie próbek powietrza atmosferycznego (imisja) przy badaniach mikrobiologicznych metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.* Wyd. Norm. „Alfa”, 19.
17. **Rosik-Dulewska Cz.** *Podstawy gospodarki odpadami.* PWN Warszawa, 2005.
18. **Maron K., Olejniczak J., Schmidt A.** *Powiatowy program ochrony środowiska- Dla powiatu żnińskiego wraz planem gospodarki odpadami na lata 2004-2007 z perspektywą na lata 2008-2011. Część B. Plan gospodarki odpadami, 2004.*

Estimation of Effect of Municipal Waste Landfill Sites on Selected Microbiological Parameters of Air

Abstract

In Poland the waste neutralization by storing is still one of the most often applied methods.

Proper safeguard of the municipal landfill site reduces the contamination of the surrounding environment to a minimum. However, facilities which does not have such safeguard, although they work legally, pose a problem These landfills constitute a direct pollution source for underground and surface waters, soils and first of all atmospheric air.

As a result of processes of putrefactive and fermentation occurring inside stored waste, is reaching coming into existence of pollutants microbiological, moving to considerable distances. Effects of municipal buildings of this type on the environment and human health is a very difficult matter to examine which requires comprehensive long-term monitoring research.

The aim of this study was to estimate the effect of unorganized, legally working municipal landfill sites, devoid of basic safeguarding, on microbiological quality of atmospheric air.

The most polluted atmospheric air in terms of appearing of quota bacteria was stated in the active zone of the stockpile and in his neighbourhood, mainly to the distance of 100 m, and The number of appearing microorganisms in air depended from: of the season, the distance from the centre of the stockpile and direction of the blowing wind.

Quantitative and quality composition is indicating the microflora stated in the air of the inspected stockpile to the threat of the health of people, as well as constitutes the risk of contamination of the natural environment