

OCENA ZASIĘGU ODDZIAŁYWANIA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH NA STAN SANITARNY POWIETRZA

Barbara KOŁWZAN, Piotr JADCZYK, Grzegorz PASTERNAK, Maria PAWLIK
Małgorzata KRAWCZYŃSKA, Justyna GŁUSZCZAK, Justyna KLEIN

Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Politechnika Wrocławska, ul. Wybrzeże
Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław; piotr.jadczyk@pwr.wroc.pl

STRESZCZENIE

Celem pracy było określenie zasięgu oddziaływania na stan sanitarny powietrza mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych, o projektowanej równoważnej liczbie mieszkańców równej 1200000 w cyklu rocznym. Badania prowadzono metodą sedymentacyjną w smudze wiatru. Zasięg oddziaływania oczyszczalni na stan sanitarny powietrza określono na podstawie liczby bakterii psychrofilnych, mezofilnych i grzybów pleśniowych w jednostce objętości powietrza. Bakterie były unoszone w powietrzu na odległość większą niż grzyby. Największe zanieczyszczenie mikrobiologiczne powietrza stwierdzono latem, w początkowym okresie badań, potem stan sanitarny powietrza stopniowo się poprawiał. Mogło to być spowodowane zaniechaniem magazynowania przefermentowanych osadów na poletkach oraz zmianą warunków atmosferycznych.

1. Wstęp

Oczyszczanie ścieków przed ich odprowadzeniem do odbiornika, takiego jak rzeka, jest działaniem mającym na celu ograniczenie ich negatywnego wpływu na środowisko. Jest to jednak proces, w trakcie którego dochodzi do powstawania odorów oraz emisji do powietrza atmosferycznego bioaerozoli, zawierających obecne w ściekach mikroorganizmy, w tym chorobotwórcze dla człowieka. Obecność mikroorganizmów w ściekach komunalnych jest zjawiskiem naturalnym, a ich metabolizm jest podstawą procesów oczyszczania ścieków.

Dlatego na terenie oczyszczalni ścieków oraz w ich sąsiedztwie podejmowane są badania nad stanem sanitarnym powietrza atmosferycznego. Najczęściej prowadzone są one na terenie samych oczyszczalni [1, 2]. Wyniki takich badań pozwalają na określenie zróżnicowania emisji bioaerozolu przez poszczególne obiekty oczyszczalni [3], porównanie wielkości emisji przez oczyszczalnie stosujące odmienne rozwiązania technologiczne, np. systemy napowietrzania oczyszczanych ścieków [4, 5]. Są one także wykorzystywane do oceny narażenia pracowników oczyszczalni na działanie biologicznych czynników szkodliwych [3] oraz kontroli skuteczności rozwiązań technologicznych, stosowanych w celu ograniczenia emisji bioaerozolu do powietrza atmosferycznego [6, 7]. Wyniki badań stanu sanitarnego powietrza na terenach przyległych do oczyszczalni pozwalają na ocenę narażenia na działanie biologicznych czynników szkodliwych osób postronnych, które, ze względu na miejsce zamieszkania albo pracy, przebywają stale w bezpośrednim sąsiedztwie oczyszczalni ścieków oraz zasięgu oddziaływania oczyszczalni na stan sanitarny powietrza atmosferycznego. Prace prezentujące wyniki takich badań prowadzonych w smudze wiatru są jednak nieliczne [8, 9]. Podejmowanie takich badań w Polsce jest w ostatnim czasie wyjątkowo uzasadnione. Szereg polskich oczyszczalni nie jest wyposażona w urządzenia, które skutecznie ograniczałyby emisję odorantów i bioaerozoli do powietrza

atmosferycznego. Równocześnie niedobór terenów pod zabudowę mieszkaniową powoduje, że nowe budynki mieszkalne wznoszone są w bezpośrednim sąsiedztwie obiektów tak uciążliwych dla mieszkańców jak oczyszczalnie ścieków. Rośnie także świadomość obywateli do życia w niezanieczyszczonym środowisku i ich skłonność do egzekwowania, by prawo to było realizowane. Przygotowywane i stopniowo wprowadzane zmiany legislacyjne nakładają na zarządzających oczyszczalniami nowe obowiązki w zakresie ograniczania ich uciążliwości dla środowiska.

Celem zaprezentowanych badań było określenie zasięgu oddziaływania na stan sanitarny powietrza atmosferycznego mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków oraz sezonowego zróżnicowania tego wpływu. Likwidacja i rekultywacja poletek, na których magazynowano osady nadmierne, która nastąpiła w początkowym okresie badań, pozwoliła na ocenę skuteczności tego działania, podjętego m. in. w celu ograniczenia wpływu oczyszczalni na stan sanitarny powietrza atmosferycznego.

2. Badana oczyszczalnia ścieków

Badano wpływ na stan sanitarny powietrza mechaniczno-biologicznej oczyszczalni ścieków komunalnych z podwyższonym stopniem usuwania biogenów i pełną przeróbką wytwarzanych osadów ściekowych, o projektowanej równoważnej liczbie mieszkańców równej 1200000. Oczyszczalnia zlokalizowana jest w dolinie rzecznej, a więc w obniżeniu terenu, na wysokości ok. 50 m n.p.m. Sąsiadujący teren wznosi w kierunku zachodnim o ok. 50 m na odcinku ok. 1 km. Bezpośrednio przy oczyszczalni znajdują się przeszkody terenowe, mające wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń: nasyp kolejowy na zachodzie, a wał przeciwpowodziowy na wschodzie. Międzywale rzeki płynącej na wschód od oczyszczalni jest w znacznym stopniu zalesione.

Po usunięciu większych zanieczyszczeń w hali krat ścieki, poprzez piaskowniki, są kierowane do wstępnych osadników radialnych. Po oczyszczaniu mechanicznym ścieki poddawane są oczyszczaniu biologicznemu w bioreaktorach, podzielonych na komory niedotlenione do procesu predenitryfikacji, komory beztlenowe dla defosfatacji, komory niedotlenione do denitryfikacji i komory tlenowe dla nitryfikacji. Z bioreaktorów ścieki kierowane są do osadników wtórnych, skąd część zsedymetowanego osadu biologicznego recyrkulowana jest do reaktorów biologicznych, a pozostały osad nadmierny był usuwany. Osad wstępny, zagęszczony w zagęszczaczach grawitacyjnych, oraz osad nadmierny, zagęszczony mechanicznie na zagęszczarkach taśmowych, poddawany jest procesowi beztlenowej fermentacji metanowej w Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych. Gaz fermentacyjny spalany jest w gazogeneratorach. Przefermentowany osad najpierw kierowany jest do zbiorników buforowych osadu przefermentowanego, a następnie do stacji mechanicznego odwadniania, gdzie odwadniany jest na prasach taśmowych, skąd trafia do Stacji Termicznego Suszenia Osadu. Wysuszony osad jest sprzedawany firmom zewnętrznym na cele energetyczne. Do niedawna osad przefermentowany magazynowany był na poletkach osadowych. W początkowym okresie badań zaniechano magazynowania osadu, a osad dotychczas magazynowany uprzątnięto.

Oczyszczalnia ścieków, na której przeprowadzono badania, we wcześniejszych latach podjęła działania mające na celu zmniejszenie emisji odorantów do powietrza. W pierwszej kolejności poddano hermetyzacji najbardziej uciążliwe zapachowo obiekty: zagęszczacze grawitacyjne osadu wstępnego, stację odwadniania osadu, stację zagęszczania osadu oraz kanał dopływowy ścieków. W późniejszych latach zrealizowano hermetyzację piaskowników, osadników wstępnych, kanału międzyobiektowego oraz zbiorników buforowych osadu przefermentowanego.

3. Materiały i metody

Liczbę mikroorganizmów unoszących się w powietrzu atmosferycznym określano metodą sedymentacyjną wg PN-89/Z-04111/01, PN-89/Z-04111/02, PN-89/Z-04111/03 i PN-89/Z-04111/08 [10-13]. Punkty pobierania próbek powietrza rozmieszczono w smudze wiatru z uwzględnieniem przeszkód terenowych. Zagaryzowane podłoża mikrobiologiczne na szalkach Petriego o średnicy 9 cm ekspozowano na opadające swobodnie mikroorganizmy przez 15 min. na wysokości 130 cm nad powierzchnią terenu. Potem szalki z podłożami inkubowano w cieplarkach o odpowiednich temperaturach (tabela 2). Po zakończeniu inkubacji liczono kolonie rosnące na podłożach. Liczbę j.t.k. w jednostce objętości powietrza obliczano wg wzoru Omeliańskiego, w modyfikacji Gogoberidze. Liczba j.t.k. bakterii mezofilnych, promieniowców, *Pseudomonas fluorescens*, gronkowców α - i β -hemolizujących oraz grzybów była podstawą do klasyfikacji stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza w danym punkcie, zgodnie z kryteriami podanymi w PN-89/Z-04111/02 i PN-89/Z-04111/03 (tabele 3 i 4). Zasięg oddziaływania oczyszczalni na stan sanitarny powietrza atmosferycznego określano obliczając z równania regresji wielomianowej odległość od oczyszczalni po stronie zawietrznej, w jakiej liczba mikroorganizmów obniża się do poziomu stwierdzonego w kontroli.

Tabela 2. Metodyka inkubacji mikroorganizmów

Grupa mikroorganizmów	Podłoże mikrobiologiczne	Temperatura inkubacji °C	Czas inkubacji doba
Bakterie psychrofilne	Agar PCA z cykloheksamidem	22	3
Bakterie mezofile	Agar PCA z cykloheksamidem	37	1
Grzyby drożdżopodobne	Sabourad z TTC	26	3-5
Grzyby pleśniowe	Sabourad z chloramfenikolem	26	3-5
Promieniowce	Pochona	26	3-5
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	King B z cykloheksamidem	26	3-5
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	King B z cykloheksamidem	4	7
Gronkowce α -hemolizujące	Columbia + 5% krwi baraniej	10	7
Gronkowce β -hemolizujące	Columbia + 5% krwi baraniej	10	2

Tabela 3. Kryteria klasyfikacji zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego bakteriami

Ogólna liczba bakterii mezofilnych	Liczba				Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
	Promieniowców	<i>Pseudomonas fluorescens</i>	Gronkowców hemolizujących		
			A	β	
<1000	<10	brak	brak	brak	niezanieczyszczone
1000-3000	10-100	≤50	≤25	≤50	średnio zanieczyszczone
>3000	>100	>50	>25	>50	silnie zanieczyszczone

Tabela 4. Kryteria zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego grzybami

Ogólna liczba grzybów w 1 m ³ powietrza atmosferycznego	Stopień zanieczyszczenia powietrza atmosferycznego
3000-5000	przeciętnie czyste powietrze atmosferyczne, zwłaszcza w okresie późnowiosennym i wczesnojesiennym
5000-10000	zanieczyszczenie mogące negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka
>10000	zanieczyszczenie zagrażające środowisku naturalnemu człowieka

4. Wyniki i dyskusja

Powietrze wokół badanej oczyszczalni było zanieczyszczone mikroorganizmami w zróżnicowanym stopniu. Ogółem w ciągu całego roku (4 serie badań) powietrze w 17 punktach (42,5%) było zanieczyszczone grzybami w stopniu mogącym negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka, a w jednym punkcie w stopniu zagrażającym środowisku naturalnemu człowiekowi (2,5%). W pozostałych 22 punktach (55%) powietrze było przeciętnie czyste.

Powietrze było średnio zanieczyszczone bakteriami w 13 punktach badawczych (32,5%), w 20 było silnie zanieczyszczone (50%). Tylko w 7 punktach badawczych powietrze było niezanieczyszczone bakteriami (17,5%). Częstotliwość skażenia powietrza różnymi bakteriami była zróżnicowana (tabela 5). Bakterie mezofile występowały w powietrzu niemal we wszystkich punktach badawczych, jednak ich liczba pozwalała na zakwalifikowanie powietrza jako średnio albo silnie zanieczyszczonego rzadziej niż w przypadku promieniowców, gronkowców i *Pseudomonas fluorescens*. Ich występowanie zostało stwierdzone w powietrzu tylko w niektórych punktach badawczych. Także bakterie psychrofilne były obecne w powietrzu w 39 z 40 punktów badawczych. Polska Norma nie bierze jednak pod uwagę tej grupy bakterii przy ocenie stopnia mikrobiologicznego zanieczyszczenia powietrza.

Tabela 5. Występowanie różnych grup bakterii w powietrzu wokół oczyszczalni i stopień zanieczyszczenia nimi powietrza

Grupa bakterii (rodzaj, gatunek)	Liczba punktów badawczych		
	Obecność bakterii	Powietrze średnio zanieczyszczone	Powietrze silnie zanieczyszczone
Bakterie mezofile	39	3	2
Promieniowce	27	23	4
<i>Pseudomonas fluorescens</i>	13	11	2
Gronkowce α -hemolizujące	17	5	12
Gronkowce β -hemolizujące	28	8	20

Bakterie psychro- i mezofilne oraz grzyby pleśniowe są grupami obejmującymi wiele różnych gatunków, dlatego wykazują większą liczebność niż bakterie należące do jednego gatunku (*Pseudomonas fluorescens*), reprezentujące jeden rodzaj (gronkowce α - i β -hemolizujące), czy nawet jeden rząd (promieniowce). Przemawiało to za wykorzystaniem danych o liczebności tych mikroorganizmów do określenia zasięgu oddziaływania oczyszczalni ścieków na stan sanitarny powietrza.

Tabela 6. Średnie liczby mikroorganizmów stwierdzanych w 8 punktach badawczych podczas pierwszej kontroli

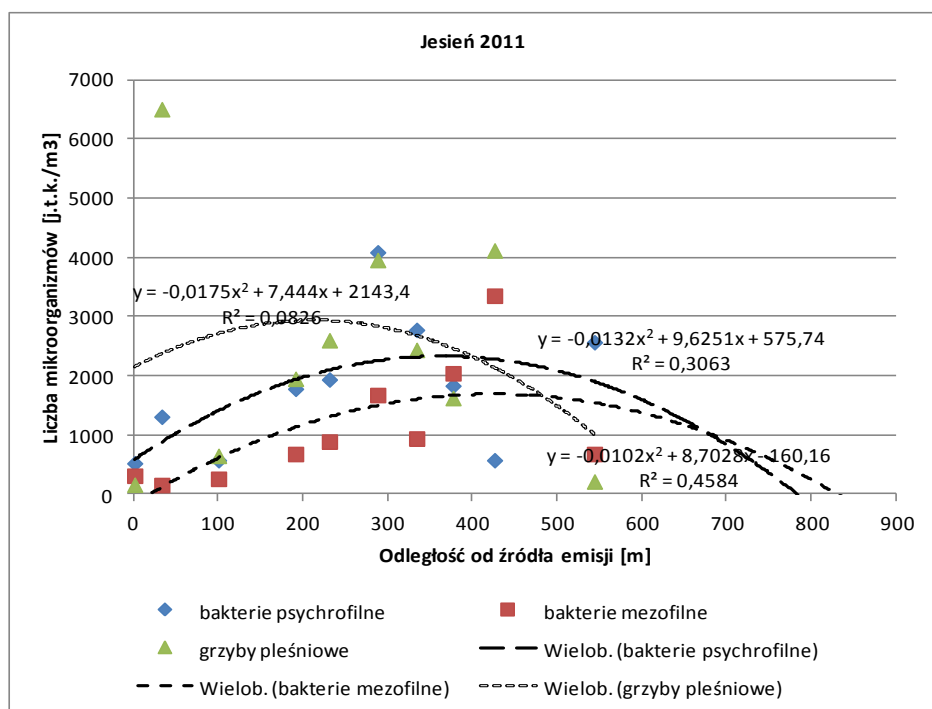
Grupa mikroorganizmów	Liczba jednostek tworzących kolonie i odchylenie standardowe	Stopień zanieczyszczenia powietrza wg PN
Bakterie psychrofilne	3599±3026	Nienormowane
Bakterie mezofilne	1024±1111	Średnio zanieczyszczone
Grzyby pleśniowe	6308±4371	Zanieczyszczenie mogące negatywnie oddziaływać na środowisko naturalne człowieka

Pierwsze badanie stanu sanitarnego powietrza wykonano w dniu, kiedy wiał wiatr zmienny w kierunku rzeki, do której odprowadzane były oczyszczane ścieki. Zmienny kierunek wiatru oraz układ przeszkód terenowych uniemożliwiały rozmieszczenie punktów badawczych w smudze wiatru po stronie nawietrznej, dlatego rozmieszczono je w sieci w odległości do 250 m od źródła emisji zanieczyszczeń mikrobiologicznych. Uzyskane wyniki wskazywały, że cały teren jest skażony mikroorganizmami, i że znajdują się na nim liczne źródła wtórnej ich emisji do powietrza atmosferycznego (tabela 6). Mogło to być spowodowane bliskością oczyszczalni, a zwłaszcza poletek, na których magazynowano osad. Badania mikrobiologiczne próbek tego osadu wykazały, że zawierał on w jednostce masy znacznie więcej mikroorganizmów niż ścieki oczyszczane w oczyszczalni (tabela 7).

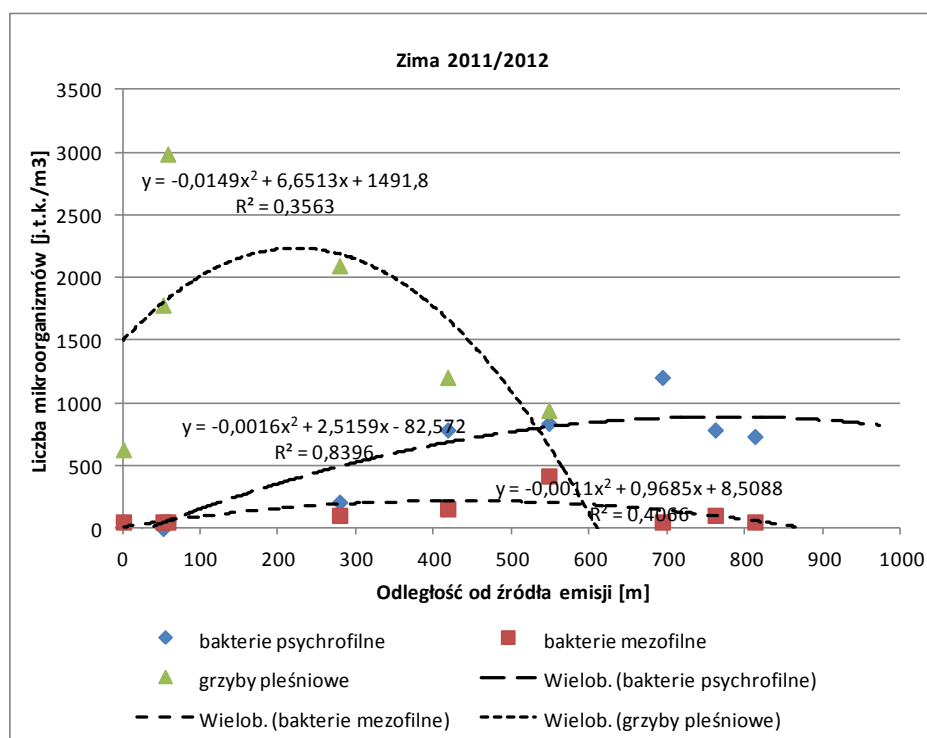
Tabela 7. Liczby mikroorganizmów w ściekach oczyszczalni na różnych etapach oczyszczania latem 2011 r.

Grupa mikroorganizmów	Liczba j.t.k. w 1 cm ³ ścieków albo 1 g osadu				
	Ścieki			Osad z poletek	
	Z osadników wstępnych	Z bioreaktorów	Z osadników wtórnych	Z poletka nr 1	Z poletka nr 2
Bakterie psychrofilne	1 700 000	77 000	19 600	80 000 000	225 000 000
Bakterie mezofile	1 240 000	112 000	7 600	114 000 000	89 000 000
Grzyby pleśniowe	>3 000 000	1 200	10	2 000	78 000

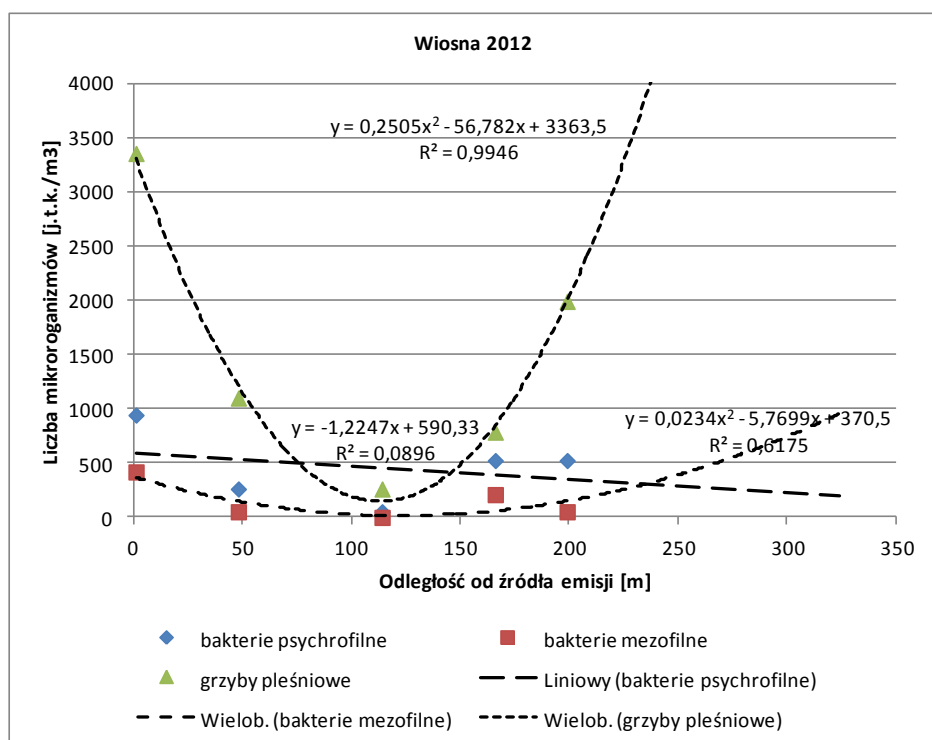
W pozostałych przypadkach zmienność liczby mikroorganizmów w smudze wiatru umożliwiała wyznaczenie odległości po stronie zawietrznej oczyszczalni, w jakiej liczba mikroorganizmów obniżała się do wartości stwierdzanej w kontroli po stronie nawietrznej (rys. 1-3). Odległości, na jakie były transportowane z prądami powietrza komórki bakterii, były większe od odległości, na jakie transportowane były zarodniki grzybów. Mogło to być spowodowane większą masą komórek eukariotycznych grzybów niż bakterii. Stopniowe zmniejszanie się odległości, w jakiej zaznaczał się wpływ oczyszczalni na stan sanitarny powietrza mogło być spowodowane niższymi temperaturami, panującymi od jesieni do wiosny, niż w lecie oraz stopniowym zmniejszaniem się liczby mikroorganizmów wywiewanych z obszaru, na którym w przeszłości magazynowany był przefermentowany osad.



Rys. 1. Zależność liczby mikroorganizmów w jednostce objętości powietrza od odległości od źródła emisji jesienią (liczby mikroorganizmów w kontroli po stronie nawietrznej: bakterii psychrofilnych: 681 j.t.k/m³, bakterii mezofilnych: 314 j.t.k/m³, grzybów pleśniowych: 2168 j.t.k/m³).



Rys. 2. Zależność liczby mikroorganizmów w jednostce objętości powietrza od odległości od źródła emisji zimą (liczby mikroorganizmów w kontroli po stronie nawietrznej: bakterii psychrofilnych: 1070 j.t.k/m³, bakterii mezofilnych: 210 j.t.k/m³, grzybów pleśniowych: 1100 j.t.k/m³).



Rys. 3. Zależność liczby mikroorganizmów w jednostce objętości powietrza od odległości od źródła emisji wiosną (liczby mikroorganizmów w kontroli po stronie nawietrznej: bakterii psychrofilnych: 236 j.t.k/m³, bakterii mezofilnych: 131 j.t.k/m³, grzybów pleśniowych: 996 j.t.k/m³).

Tabela 8. Zasięg oddziaływania oczyszczalni na liczbę unoszących się w powietrzu bakterii i grzybów

Pora roku	Zasięg oddziaływania na liczbę [m]		
	Bakterie psychrofilne	Bakterie mezofilne	Grzyby pleśniowe
Jesień	718	795	422
Zima	717	535	499
Wiosna	290	194	172
Średnia	575	509	364

Zmienność liczby drobnoustrojów w powietrzu, wskazująca na długotrwałe skażenie terenu wokół oczyszczalni ścieków czy składowiska odpadów, oraz obecność wielu źródeł emisji wtórnej została stwierdzona także w sąsiedztwie innych obiektów komunalnych [9, 14, 15]. Rozprzestrzeniały się one jak zanieczyszczenia pierwotne w odległości do kilkudziesięciu metrów od źródła emisji, dalej jak zanieczyszczenia wtórne [9]. Wpływ na rozprzestrzenianie się zanieczyszczeń mikrobiologicznych emitowanych przez oczyszczalnię ścieków ma także fakt, że stanowi ona zespół wielu źródeł emisji, często o znacznej powierzchni. Wcześniejsze badania wykazały, że zagospodarowywanie osadów jest największym źródłem największej emisji bioaerozolu do powietrza atmosferycznego [3]. Poprawa stanu sanitarnego powietrza stwierdzona wokół badanej w tej pracy oczyszczalni po zaniechaniu magazynowania osadów przefermentowanych na poletkach stanowi potwierdzenie tej obserwacji, nawet przy uwzględnieniu zmienności stopnia zanieczyszczenia powietrza mikroorganizmami, wynikającego z sezonowej zmienności warunków atmosferycznych.

Zasięg oddziaływania badanej oczyszczalni ścieków na stan sanitarny powietrza atmosferycznego, wynoszący do ok. 800 m od źródła emisji, był większy od stwierdzonego wcześniej zasięgu oddziaływania innych oczyszczalni. W przypadku innych oczyszczalni wynosił on 250-350 m od źródła emisji [8, 9]. Mogło to być spowodowane znacznymi rozmiarami badanej tutaj oczyszczalni oraz niekorzystną jej lokalizacją w obniżeniu terenu. Powodowało to większe skażenie terenu przyległego do oczyszczalni emisją zanieczyszczeń wtórnych.

Uzyskane wyniki i dane literaturowe wskazują na potrzebę hermetyzacji oczyszczalni ścieków. Pozwoli to na wyeliminowanie albo przynajmniej znaczne ograniczenie emisji odorantów i bioaerozoli. Do czasu kiedy to nastąpi, ich wpływ na stan sanitarny powietrza powinien być systematycznie monitorowany. Monitoring taki powinien obejmować m. in. określanie rozmiarów strefy wokół oczyszczalni, w której stan sanitarny powietrza jest niezadawalający. Ograniczanie się do określania wielkości stref wpływu oczyszczalni na stan sanitarny powietrza wyłącznie w oparciu o modelowanie matematyczne jest niewystarczające, ze względu na wtórną emisję mikroorganizmów spowodowaną skażeniem terenu wokół oczyszczalni. Wykorzystanie informacji o rozmiarach strefy wpływu oczyszczalni na stan sanitarny i jakość zapachową powietrza w planowaniu przestrzennym, pozwoli na uniknięcie powstawania nowych konfliktów społecznych na terenach sąsiadujących z nimi. Można to osiągnąć poprzez wyłączanie takich terenów z zabudowy, zwłaszcza mieszkaniowej, do czasu pełnej hermetyzacji procesu oczyszczania ścieków.

Literatura

1. Małecka-Adamowicz M., Donderski W., Dokładna W.: Microflora of Air in the Sewage Treatment Plant of Kapuściska in Bydgoszcz. *Polish Journal of Environmental Studies*, 2011, 20, 1235-1242.
2. Michałkiewicz M., Pruss A., Dymaczewski Z., Jeż-Walkowiak J., Kwaśna S.: Microbiological Air Monitoring around Municipal Wastewater Treatment Plants. *Polish Journal of Environmental Studies* 2011, 20, 1243-1250.
3. Cyprowski M., Szarapińska-Kwaszewska J., Dudkiewicz B., Krajewski J.A., Szadkowska-Stańczyk I.: Ocena narażenia pracowników oczyszczalni ścieków na czynniki szkodliwe występujące w miejscu pracy. *Medycyna Pracy* 2005, 56, 213-222.
4. Sánchez-Monedero M.A., Aguilar M.I., Fenoll R., Roig A.: Effect of the aeration system on the levels of airborne microorganisms generated at wastewater treatment plants. *Water Research* 2008, 42, 3739-3744.
5. Brandi G., Sisti M., Amagliani G.: Evaluation of the environmental impact of microbial aerosols generated by wastewater treatment plants utilizing different aeration systems. *J. Appl. Microbiol.* 2000, 88, 845-852.
6. Hung H.F., Kuo Y.M., Chien Ch.Ch., Chen Ch.Ch.: Use of floating balls for reducing bacterial aerosol emissions from aeration in wastewater treatment processes. *Journal of Hazardous Materials* 2010, 175, 866-871.
7. Michałkiewicz M., Pruss A., Dymaczewski Z., Michalak J.: Wpływ hermetyzacji wybranych etapów oczyszczania ścieków na mikrobiologiczne zanieczyszczenie ścieków. III Kongres Inżynierii Środowiska, Lublin. Materiały konferencyjne: 2009, Tom 2, 135-143.
8. Ossowska-Cypryk K.: Zastosowanie mikroorganizmów wskaźnikowych do oceny stopnia zanieczyszczenia powietrza w otoczeniu oczyszczalni ścieków przemysłowych, *Gaz, Woda i Technika Sanitarna*, 1991, 5, 105.

9. Strzelecka K., Jadczyk P., Neumann M. 2004. Rozprzestrzenianie się mikroorganizmów w atmosferze. W: Musialik-Piotrowska A. , Rutkowski J.D. (red.) Emisje – zagrożenie – ochrona powietrza. PZITS, Wrocław: 267-272.
10. PN-89/Z-04008/08. Ochrona czystości powietrza. Pobieranie próbek powietrza atmosferycznego (emisja) do badań mikrobiologicznych metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
11. PN-89/Z-04111/01. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Postanowienia ogólne i zakres normy.
12. PN-89/Z-04111/02. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby bakterii w powietrzu atmosferycznym (emisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
13. PN-89/Z-04111/03. Ochrona czystości powietrza. Badania mikrobiologiczne. Oznaczanie liczby grzybów mikroskopowych w powietrzu atmosferycznym (emisja) przy pobieraniu próbek metodą aspiracyjną i sedymentacyjną.
14. Traczewska T., Karpińska-Smulikowska J. 2000. Wpływ składowiska odpadów komunalnych na jakość mikrobiologiczną powietrza. Ochrona Środowiska: 2(77): 35-38.
15. Piekarska K., Traczewska T.M. Wpływ oczyszczalni ścieków na jakość mikrobiologiczną powietrza w otoczeniu oczyszczalni przemysłowych. Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów 36: 19-24.