



Określenie zapachowego oddziaływania wybranej oczyszczalni ścieków na tereny objęte opracowaniem planu zagospodarowania przestrzennego

*Andrzej Brudniak, Marcin Dębowski, Marcin Zieliński
Uniwersytet Warmińsko-Mazurski, Olsztyn*

1. Wstęp

Uciążliwość zapachowa jest jednym z przejawów negatywnego oddziaływania zanieczyszczeń na środowisko naturalne i otoczenie człowieka. Jest to dyskomfort wywołany poprzez substancje lub towarzyszące im okoliczności, które mogą negatywnie oddziaływać na pojedynczą osobę lub grupę ludzi powodując złe samopoczucie, a niekiedy nawet utratę zdrowia [9, 14].

W ramach programów ochrony zdrowia i ochrony środowiska, organy ustawodawcze krajów wysoko rozwiniętych (Niemcy, Francja, Kanada, Japonia, USA) podejmują problem regulacji dopuszczalnych wielkości emisji zanieczyszczeń zapachowych [13]. W Polsce wyniki monitoringu powietrza interpretuje się w oparciu o Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 roku w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu [4]. W przypadku, gdy w rozporządzeniu nie wyszczególniono substancji, dla której dokonuje się pomiaru, a więc brak dla niej dopuszczalnych poziomów w powietrzu, na podstawie art. 222 ustawy Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27.04.2001 [3] (wraz z późniejszymi zmianami [6]) stosowane są kryteria zawarte w Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu [5]. Rozporządzenie to normuje wartości odniesienia dla większości gazowych zanieczyszczeń

powietrza, jednak do tej pory nie uwzględnia substancji powodujących uciążliwość zapachową. Problemy emisji odorantów w Polsce nie są administracyjnie uregulowane, ponieważ brak jest rozporządzeń wykonawczych do odpowiednich zapisów prawa [1, 7]. Istnieje tylko norma PN-EN 13725:2007: Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej”, określająca metodę pomiaru, jednak je stosowanie zgodnie polskim prawem jest dobrowolne [2].

Postrzeganie zapachów jako nieprzyjemne oraz ich uciążliwość zależy przede wszystkim od indywidualnych cech człowieka np. preferencji zapachowych, temperamentu, płci, humoru. Nie bez znaczenia są również czynniki zewnętrzne, których odpowiednia kombinacja może osłabić lub wzmocnić poczucie dyskomfortu w wyniku postrzeganego zapachu np. temperatura otoczenia, poziom hałasu, czas ekspozycji. Zapach, będący wrażeniem zmysłowym, jest bardzo trudno wyrazić ilościowo. Z tego względu jedynym właściwym sposobem pozwalającym na ocenę uciążliwości zapachowej wydaje się zastosowanie ludzkiego nosa jako analizatora. Obiektywne określenie ilościowego stężenia zapachowego jest możliwe dzięki zastosowaniu olfaktometrii dynamicznej. Efektem analizy olfaktometrycznej jest wyrażenie stężenia zapachowego w umownych jednostkach pomiarowych [9, 12–14].

Celem przeprowadzonych badań było określenie wpływu na osiedle domków jednorodzinnych oddziaływania zapachowego miejskiej oczyszczalni ścieków. Dodatkowo badania pozwoliły na dostarczenie informacji, dotyczących oddziaływania zapachowego na terenie działek, w pobliżu oczyszczalni, dla których opracowywany jest miejscowy plan zagospodarowania przestrzennego.

2. Obiekt badań

Obiektem badań była miejska oczyszczalnia ścieków, zlokalizowana w północno-zachodniej części miasta liczącego ponad 170 tys. mieszkańców miasta. Oczyszczalnia znajduje się na obrzeżach aglomeracji i do 1990 r. jej okolica była wolna od zabudowy mieszkaniowej. Wraz z rozwojem miasta stopniowo zabudowywano tereny od południowej i południowo-zachodniej strony badanej oczyszczalni. Obecnie w jej pobliżu znajduje się osiedle willowe wraz z infrastrukturą usługowo-handlową.

Ścieki, dopływające kolektorem głównym do oczyszczalni, w ilości 1 500 m³/h, kierowane są do komory krat, a następnie do piaskowników. Wydzielone skratki oraz osad z piaskowników składowane są w kontenerze i wywożone na składowisko. Wstępnie oczyszczone ścieki wprowadzane są do osadników wstępnych, gdzie usuwana jest z nich zawiesina. Osad, wydzielający się w osadnikach wstępnych, tłoczony jest do fermentora, w którym generowane są lotne kwasy tłuszczowe. Z fermentora osad wpływa do dwóch zagęszczaczy grawitacyjnych, gdzie po sedymentacji trafia do zamkniętych komór fermentacji (ZKF). Zgarnięte części pływające kierowane są do stacji separacji. Wydzielające się zawiesiny składowane są w kontenerze, a następnie wywożone na składowisko.

Ścieki z osadników wstępnych poddawane są biologicznym procesom oczyszczania w komorach osadu czynnego, a następnie wprowadzane do osadników wtórnych. Wydzielony w osadnikach wtórnych osad czynny w całości recyrkulowany jest do komory rozdziału, skąd jego część, jako tzw. osad nadmierny, kierowana jest do stacji zagęszczania. Zagęszczony osad surowy wprowadzany jest do zamkniętych komór fermentacji. Po procesie beztlenowego rozkładu przefermentowany osad tłoczony jest do otwartych basenów fermentacji (OBF). Odgazowany w zbiornikach uśredniających osad, w ilości około 20 000 Mg/rok, zostaje odwodniany na prasach taśmowych do 19% s.m. i dzielony na dwa strumienie. Pierwszy z nich, około 6 800 Mg/rok, poddawany jest procesowi suszenia i termicznej utylizacji. Drugi, 13 200 Mg/rok, wywożony jest na kwatery naturalnego przystosowania, zlokalizowane na terenie oczyszczalni.

Prowadzona w ten sposób gospodarka odpadami, generuje uciążliwe zapachy, które są powodem licznych skarg mieszkańców pobliskiego osiedla.

3. Metodyka badań

Ocena uciążliwości zapachowej w rejonie oczyszczalni została wykonana na podstawie 12-sto miesięcznego monitoringu, polegającego na wykonaniu regularnych pomiarów środowiskowych w wyznaczonych punktach. Wytypowane stanowiska pomiarowe miały związek z lokalizacją miejsc o przypuszczalnie największej emisji substancji złownych. Ich wybór determinowała odległość od granicy oczyszczalni oraz

możliwy wpływ na tereny objęte pracami nad miejscowym planem zagospodarowania przestrzennego. Rozmieszczenie punktów pomiarowych ustalono zgodnie z wymogami Rozporządzenia Ministra Ochrony Środowiska z dnia 6 czerwca 2002 roku, w sprawie oceny poziomów substancji w powietrzu [4].

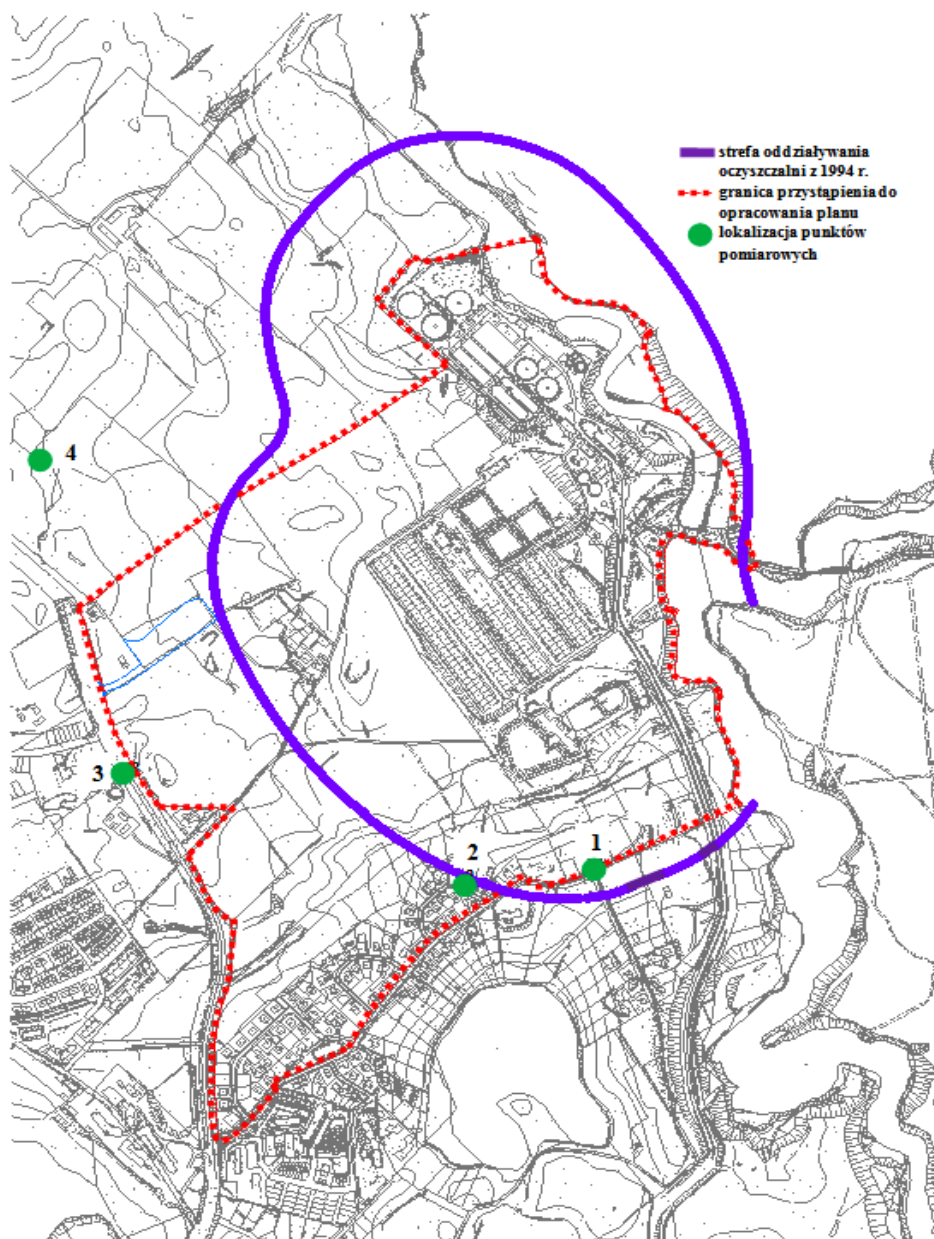
Punkt 1. zlokalizowano na skraju osiedla, na południe od oczyszczalni, na granicy strefy uciążliwego oddziaływania. Odległość od najbliższej posesji wynosi ok. 150 m. Natomiast odległość w linii prostej od ogrodzenia oczyszczalni wynosi ok. 350 m, a od składowiska osadów ok. 160 m. Oddziaływaniu oczyszczalni w tym miejscu sprzyjają wiatry wiejących z kierunków NNW-NE.

W odległości 280 m na zachód od punktu 1. w pobliżu granicy strefy uciążliwego oddziaływania, wyznaczono punkt 2. Najbliższe zabudowania domków jednorodzinnych znajdują się w odległości 10 m. Odległość od ogrodzenia oczyszczalni ścieków, mierzona w linii prostej, wynosi ok. 280 m, a do osadników ok. 250 m. Oddziaływanie w tym miejscu możliwe jest przy wiatrach wiejących z NNW-NNE.

Punkt 3. był położony na zachód od oczyszczalni w pobliżu pętli autobusowej. Odległość od najbliższej zabudowy mieszkalnej wynosi ok. 5 m. Punkt znajduje się poza dawną strefą ochronną oczyszczalni. Miejsce to jest oddzielone od oczyszczalni pasem zalesionych wzniesień, a odległość od ogrodzenia oczyszczalni w linii prostej wynosi ok. 600 m. Oddziaływanie oczyszczalni w tym miejscu możliwe jest przy wiatrach wiejących z NNE-E.

Punkt 4. był zlokalizowany na północny-zachód od oczyszczalni, również poza dawną strefą ochronną, w sąsiedztwie pól uprawnych. Odległość od ogrodzenia oczyszczalni w linii prostej wynosi ok. 650 m, a od osadników 750 m. Teren w stronę oczyszczalni łagodnie opada pasem łąki (około 450 m), dalej porośnięty jest lasem. Oddziaływanie w tym miejscu jest możliwe przy wiatrach wiejących z kierunków NNE-SE.

Lokalizację obiektu badań oraz punktów pomiarowych, umieszczonych na planie zagospodarowanego obszaru wokół oczyszczalni ścieków, przedstawiono na rys. 1.



Rys. 1. Plan sytuacyjny terenu wokół oczyszczalni ścieków

Fig. 1. Plan of the area around the wastewater treatment plant

Pełny monitoring zapachowej jakości powietrza na terenach wokół oczyszczalni ścieków prowadzono w okresie od początku marca 2012 r. do końca lutego 2013 r. W szczegółowym harmonogramie badań zaplanowano wykonanie trzech pomiarów w miesiącach letnich (1, 10, 20-tego każdego miesiąca) oraz dwóch pomiarów w miesiącach zimowych (1 i 15-tego każdego miesiąca). Okres letnich pomiarów trwał od początku kwietnia do końca września a pomiarów zimowych – od października do marca.

W wyznaczonych punktach pomiarowych dokonywano oceny uciążliwości zapachowej metodą sensoryczną skalowania intensywności zapachu. Stosowano w tym celu skalę punktowo-werbalną oraz n-butanolową skalę wzorców zapachowych. Pomiary wykonywano w godzinach 9:00–12:00, kolejno w wyznaczonych punktach. Podczas oceny dodatkowo rejestrowano temperaturę, wilgotność powietrza, ciśnienie, kierunek i prędkość wiatru.

Zespół inspektorów terenowych składał się z czterech osób, które wcześniej zostały zweryfikowane pod kątem zgodności z wzorcem zapachowym przy użyciu olfaktometru ECOMA TO 8. Każda osoba, wchodząca w skład zespołu oceniającego, posiadała 10 ważnych indywidualnych pomiarów progu wyczuwalności ($ITE_{n-butanol}$), przeprowadzonych zgodnie z normą PN-EN 13725. Selekcji członków zespołu oceniającego dokonano w laboratorium olfaktometrycznym Katedry Inżynierii Środowiska UWM w Olsztynie. Wrażliwość węchowa osób oceniających była regularnie kontrolowana i weryfikowana.

Zastosowane w badaniach terenowych skale intensywności zapachu sporządzono na podstawie wytycznych, opracowanych w Pracowni Zapachowej Powietrza ZUT w Szczecinie [8, 10]. Skala punktowa zawierała cztery objaśnienia werbalne: 0 (zapach niewyczuwalny), 1 (słaby), 2 (wyraźny), 3 (mocny), 4 (bardzo mocny) (rys. 2).

<input type="checkbox"/> brak (0)	<input type="checkbox"/> słaby (1)	<input checked="" type="checkbox"/> wyraźny (2)	<input type="checkbox"/> mocny (3)	<input type="checkbox"/> b. mocny (4)
--------------------------------------	---------------------------------------	----------------------------------------------------	---------------------------------------	------------------------------------------

Rys. 2. Formularz rejestracji wyników intensywności zapachu powietrza w skali werbalno-punktowej

Fig. 2. Registration form of odor intensity air results in verbal-point scale

Skalę wzorcową stanowił zestaw wodnych roztworów n-butanolu o stałym kroku rozcieńczeń 20/7. Wzorce sporządzono w kolbkach Erlenmayer'a o pojemności 50 cm³. Podstawowy roztwór n-butanolu (8 cm³/100 cm³) był rozcieńczany wodą destylowaną. Kolejny wzorec otrzymywano przez odmierzenie 7 cm³ poprzedniego wzorca i uzupełnieniu wodą destylowaną do całkowitej pojemności 20 cm³. Wzorce ponumerowano kolejno, zgodnie ze wzrostem rozcieńczenia roztworu podstawowego. Osoby oceniające chwilową intensywność zapachu w otoczeniu oczyszczalni wskazywały wzorec o najbardziej zbliżonej intensywności zapachowej. Wyniki ocen członkowie zespołu notowali na formularzu pomiarowym (rys. 3).

Próg wyczuwalności	X							
NrB (numer wzorca)	11	10,5	10	9,5	9	8,5	8	8,5
Oceniający zapach					X			

Rys. 3. Formularz rejestracji wyników porównania intensywności zapachu powietrza z zapachem wzorców n-butanolowych

Fig. 3. Registration form of results of air odor intensity comparison to patterns of n-butanol

Intensywność zapachu powietrza (S) wyrażono następującym wzorem:

$$S_{\text{BUT}} = \text{NrB}_{\text{ZERO}} - \text{NrB}_i \quad (1)$$

gdzie:

NrB_{ZERO} – numer wzorca progowego,

NrB_i – numer wzorca, wskazanego przez osobę oceniającą.

W przypadku, gdy intensywność zapachu mieściła się pomiędzy dwoma następującymi po sobie wzorcami, jej wartość obliczano ze wzoru:

$$\text{NrB} = (\text{NrB}_i + \text{NrB}_{i+1})/2 \quad (2)$$

gdzie:

NrB_i – numer wzorca pachnącego słabiej,

NrB_{i+1} – numer wzorca pachnącego mocniej.

Numer wzorca progowego (tj. najbardziej rozcieńczonego o wyczuwalnym zapachu) ustalono na podstawie wyników pomiarów laboratoryjnych. Wartość ta wyniosła 11.

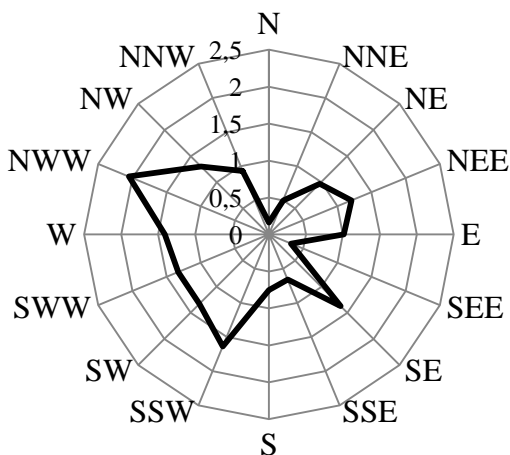
4. Omówienie wyników badań

Otrzymane wyniki badań w miesiącach zimowym potwierdziły brak oddziaływania oczyszczalni ścieków w tym okresie na jakość zapachową powietrza w jej otoczeniu. Tylko w dwóch seriach pomiarowych stwierdzono występowanie zapachowego oddziaływania:

- 15.11.2012 w punkcie 4 (NE; $S_{\text{BUT}} = 3,4$; $S_{\text{PKT}} = 1$),
- 01.12.2012 w punkcie 1 (SWW; $S_{\text{BUT}} = 2,5$; $S_{\text{PKT}} = 1$).

W pozostałych seriach w żadnym z punktów pomiarowych nie stwierdzono występowania w powietrzu odorów.

Czynnikiem wpływającym na brak zapachowego oddziaływania mógł być kierunek wiatru, niesprzyjający rozprzestrzenianiu się zapachów z terenu oczyszczalni (wiejący od osiedla mieszkaniowego oraz działek przeznaczonych pod zabudowę w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego) (rys. 4).



Rys. 4. Rozkład kierunków i prędkości wiatru w rejonie oczyszczalni ścieków w okresie zimowym (dane z serii pomiarowych)

Fig. 4. Wind speed and direction in the area of wastewater treatment plants in the winter (based on a series of measurement)

Odmienna sytuacja miała miejsce w miesiącach letnich. W punkcie 1, 2, 4 odnotowano występowanie nieprzyjemnego zapachu w powietrzu. Uzyskane wyniki badań zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Wyniki badań uciążliwości zapachowej powietrza

Table 1. Results of air odor nuisance research

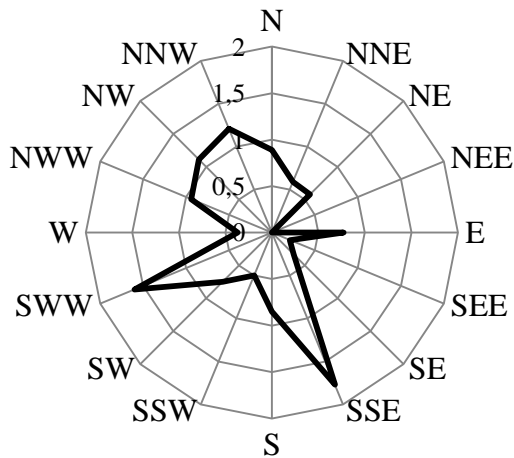
Punkt pomiarowy	Data	S _{BUT}	S _{PKT}	Kierunek wiatru
1	12.04.2012	4,1	1	NNW
	10.05.2012	6,8	2	NE
	11.06.2012	8,9	3	N
	10.07.2012	6,3	2	NWW
	20.07.2012	3,3	1	NE
	01.08.2012	6,1	2	–
	10.08.2012	6,1	2	NNE
2	10.05.2012	5,1	2	NNW
	11.06.2012	4,1	1	N
	10.07.2012	4,3	1	NNW
	20.07.2012	3,3	1	NE
	01.08.2012	2,9	1	–
4	10.08.2012	5,8	2	NNE
	20.06.2012	6,9	2	NE
	20.07.2012	6,1	2	NNE
	10.08.2012	6,5	2	E
	01.08.2012	2,9	1	–
	10.08.2012	5,6	1	SSW

Uciążliwość zapachowa w punkcie 1., 2. i 4. najczęściej występowała przy wiarach wiejących z kierunku oczyszczalni ścieków (łącznie 12 epizodów) oraz w okresie bezwietrznym (łącznie 3 epizody). Tylko w trzech przypadkach uciążliwość zapachowa wystąpiła przy wiatrach wiejącym z innych kierunków. W pozostałych seriach pomiarowych nie stwierdzono zapachowego oddziaływania oczyszczalni ścieków na tereny z nią sąsiadujące.

W punkcie 3. w żadnej z serii pomiarowych nie odnotowano uciążliwego oddziaływania zapachowego, spowodowanego pracą

oczyszczalni ścieków. Nawet przy wiatrach wiejących od oczyszczalni średnia intensywność zapachu wynosiła $S_{\text{BUT}} = 1,2$ a $S_{\text{PKT}} = 0$.

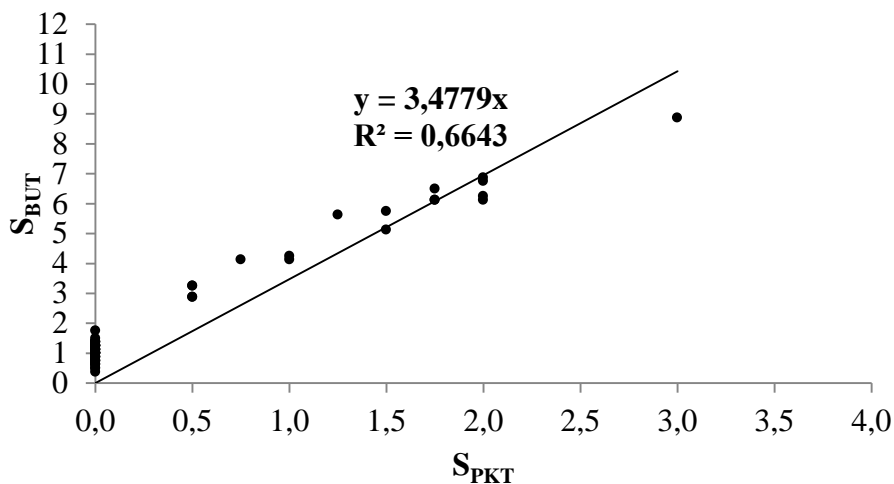
Na zapachowe oddziaływanie oczyszczalni ścieków w miesiącach letnich najprawdopodobniej wpływało szybkie tempo przemian biochemicznych, związanych z wysokimi temperaturami otoczenia. Dodatkowym czynnikiem sprzyjającym pogorszeniu zapachowej jakości powietrza były wiatry, często wiejące z kierunku oczyszczalni w kierunku osiedla mieszkaniowego oraz działek, przeznaczonych pod zabudowę w miejscowym planie zagospodarowania przestrzennego (rys. 5).



Rys. 5. Rozkład kierunków i prędkości wiatru w rejonie oczyszczalni ścieków w okresie letnim (dane z serii pomiarowych)

Fig. 5. Wind speed and direction in the area of wastewater treatment plants in the summer (based on a series of measurement)

Otrzymane w okresie letnim wyniki pomiarów pozwoliły na wyznaczenie korelacji pomiędzy średnimi wartościami intensywności zapachu, wyznaczonymi przy użyciu skali n-butanolowej a średnimi wartościami intensywności zapachu, wyznaczonymi przy użyciu skali werbalno-punktowej (rys. 6).



Rys. 6. Wykres korelacji pomiędzy wartościami intensywności zapachu wyznaczonymi przy użyciu skali werbalno-punktowej (S_{PKT}) i skali wzorców n-butanolowych (S_{BUT}) w okresie letnim (dane z serii pomiarowych)

Fig. 6. Correlation between the odor intensity, designated using verbal-point scale (S_{PKT}) and scale based on patterns of n-butanol (S_{BUT}) in the summer time (data from measurement series)

Współczynnik determinacji (R^2) jest miarą siły liniowego związku między danymi. Wysoka wartość tego współczynnika świadczy o dobrym dopasowaniu funkcji regresji do danych empirycznych. Oznacza to, że w 66% przebieg zmienności zmiennej objaśnianej – S_{BUT} , został wyjaśniony liniowym oddziaływaniem zmiennej objaśniającej – S_{PKT} .

5. Podsumowanie

Monitoring zapachowej jakości powietrza, przy użyciu skali wzorców n-butanolowych oraz skali werbalno-punktowej, umożliwi ocenę zapachowej jakości powietrza na terenach położonych w sąsiedztwie zakładów gospodarki komunalnej np. oczyszczalni ścieków. Zapachowe oddziaływanie, wybranego obiektu, wyznaczone na podstawie modelu rozprzestrzeniania się odorantów w powietrzu, powinno być wskazówką dla pracowników administracji publicznej, zwłaszcza osób zajmujących się ochroną środowiska oraz planowaniem przestrzennym. Pomimo braku

unormowań prawnych tak proste badania mogą stanowić ważny czynnik, determinujący założenia miejscowego planu zagospodarowania przestrzennego, a tym samym wpływać na ograniczenie lokalizacji zabudowy mieszkaniowej i usługowej w strefie zapachowego oddziaływania zakładów gospodarki komunalnej, m.in. oczyszczalni ścieków.

Literatura

1. **Bojarska M., Kośmider J.:** *Obiektywna ocena subiektywnie odczuwanej uciążliwości zapachowej na przykładzie produkcji oleju rzepakowego.* Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, vol. 43, nr 3, 69–79 (2009).
2. Dz. U. 02.169.1386 z dnia 12 września 2002 r.
3. Dz. U. 02.62.627 z dnia 20 czerwca 2001 r.
4. Dz. U. 02.87.798 z dnia 27 czerwca 2002 r.
5. Dz. U. 03.01.12 z dnia 8 stycznia 2003 r.
6. Dz. U. 06.129.902 z dnia 19 lipca 2006 r.
7. **Friedrich M., Kośmider J.:** *Oszacowanie wskaźnika emisji zapachowej. Przykład tuczu świń.* Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, vol. 44, nr 2, 37–44 (2010).
8. **Kośmider J., Gabriel U.:** *Zapachowa jakość powietrza w zakładzie utylizacji odpadów komunalnych.* Ochrona Powietrza i Problemy Odpadów, vol. 41, nr 6, 166–175 (2010).
9. **Kośmider J., Krajewska B.:** *Determining Temporary Odour Concentration under Field Conditions – Comparison of Methods.* Polish J. of Environ. Stud. Vol. 16, No. 2, 215–225 (2007).
10. **Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wszyński B.:** *Odory.* Wyd. Nauk. PWN, Warszawa 2002.
11. **PN-EN 13725:2007** *Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej.*
12. **Sówka I., Szklarczyk M., Zwoździak J., Zwoździak P., Nych A.:** *Charakterystyka metod poboru gazów odorotwórczych w świetle przepisów europejskich.* Przemysł Chemiczny, vol. 88, nr 5, 571–573 (2009).
13. **Sówka I.:** *Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych.* Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej Seria: Monografie 55, Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2011.
14. **Szynkowska M. I., Zwoździak J.:** *Współczesna problematyka odorów.* Wydawnictwa Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.

Determination of the Odorous Influence of Selected Wastewater Treatment Plant on Area Covered by Elaboration of Spatial Development Plan

Abstract

This article discussed problem of odor nuisance, which is one of the manifestations of the pollutants negative effect on the environment and human surroundings. Odor emission problems in Poland are not administratively regulated.

In this study were used the scale based on patterns of n-butanol and verbal-point scale to determine the influence of the burdensome odors from municipal wastewater treatment plant on the surrounding areas. The study helped provide information that should be included in the local plan of spatial development.

The paper presents two methods for assessing odor nuisance. Obtained results of the conducted experiments confirmed the fit of these methods.