



# Wpływ sezonowej zmienności odorów emitowanych ze źródeł powierzchniowych pasywnych na zasięg oddziaływania zapachowego wybranej komunalnej oczyszczalni ścieków

*Izabela Sówka, Piotr Sobczyński, Urszula Miller*  
*Politechnika Wrocławska*

## 1. Wstęp

Emisja odorantów z oczyszczalni ścieków jest częstą przyczyną uciążliwości zapachowej dla sąsiadujących terenów [3,10]. Dynamiczny rozwój ośrodków miejskich często powoduje, iż nowe osiedla budowane są w pobliżu istniejących oczyszczalni ścieków komunalnych, które mogą negatywnie oddziaływać na jakość zapachową powietrza na terenach zamieszkałych przez ludzi. Wśród obiektów znajdujących się na terenie oczyszczalni ścieków jako obiekty najbardziej uciążliwe zapachowo można wyróżnić obiekty mechanicznego oczyszczania ścieków, osadniki wstępne oraz obiekty gospodarki osadowej – zbiorniki osadu, poletka osadowe oraz suszarnie osadu [10,11].

Ocenę uciążliwości zapachowej danego obiektu można wykonać na podstawie pomiaru stężenia zapachowego, wyznaczenia wielkości emisji i określenia zasięgu rozprzestrzenia się odorów i/lub odorantów za pomocą obliczeń przy zastosowaniu odpowiedniego modelu matematycznego bądź poprzez przeprowadzenie badań terenowych intensywności zapachu i wykonanie rozkładów przestrzennych przy pomocy narzędzi geostatystycznych [3,9,10]. Każda z tych metod dostarcza wiarygodnych informacji o zasięgu oddziaływania zapachowego analizowanego obiektu jednak pod względem ekonomicznym najkorzystniejsze wydaje się wykorzystanie narzędzi modelowych. Wykonanie poprawnych obli-

czeń modelowych nie jest jednak możliwe bez prawidłowego określenia emisji z poszczególnych źródeł emisji zlokalizowanych na terenie badanego obiektu, na obszarze którego stosowane procesy technologiczne mogą przyczyniać do emisji zapachu. Ze względu na dużą zmienność emisji odorów ze źródeł powierzchniowych pasywnych niezwykle istotnym jest zbadanie i określenie parametrów oraz warunków wpływających na ilości emitowanych odorów do powietrza oraz, finalnie, wskazanie ich wpływu na wielkości emisji zapachu, zasięg oddziaływania zapachowego danego obiektu oraz zjawisko uciążliwości zapachowej.

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń modelowych rozpręstrzenia się odorów z osadników wstępnych oczyszczalni ścieków komunalnych o projektowanej równoważnej liczbie mieszkańców równej 1100000. Ocenę zapachowego oddziaływania analizowanej oczyszczalni wykonano przy zastosowaniu polskiego modelu referencyjnego. Przeprowadzone obliczenia i analiza uzyskanych wyników badań modelowych pozwoliła na porównanie zasięgu zapachowego oddziaływania osadników wstępnych analizowanej oczyszczalni ścieków dla dwóch skrajnych scenariuszy emisji: emisji minimalnej dla miesiąca zimowego i emisji maksymalnej dla miesiąca letniego.

## **2. Układ technologiczny analizowanej oczyszczalni ścieków**

Analizowanym obiektem jest mechaniczno-biologiczna oczyszczalnia ścieków komunalnych z podwyższonym stopniem usuwania biogenów i pełną przeróbką wytwarzanych osadów ściekowych o projektowanej równoważnej liczbie mieszkańców równej 1 100 000. Ścieki po wstępnym oczyszczeniu w hali krat kierowane są do piaskowników napowietrzanych, skąd poprzez pompownię ścieków surowych trafiają na osadniki wstępne radialne. Po oczyszczaniu mechanicznym ścieki poddawane są oczyszczaniu biologicznemu w bioreaktorach. Z komór biologicznych ścieki kierowane są do osadników wtórnych skąd część zsedymetowanego osadu biologicznego recyrkulowana jest do reaktorów biologicznych, a pozostały osad nadmierny przekazywany jest na objekty gospodarki osadowej. Osad wstępny zagęszczany jest w zagęszczaczach grawitacyjnych, a osad nadmierny zagęszczany jest mechanicznie na zagęszczarkach taśmowych, a następnie poddawany jest procesowi beztlenowej fermentacji metanowej w Wydzielonych Komorach Fermentacyjnych.

Na terenie analizowanej oczyszczalni ścieków znajdują się cztery osadniki wstępne radialne o średnicy 42,0 m i wysokości i pojemności czynnej równej, odpowiednio 2,2 m oraz 3013 m<sup>3</sup>. Czas przetrzymania dla przepływu nominalnego wynosi 2,07 h przy obciążeniu osadnika 1,06 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h. Dla przepływu maksymalnego czas przetrzymania wynosi 1,51 h przy obciążeniu osadnika 1,46 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h.

### **3. Charakterystyka emisji ze źródeł powierzchniowych pasywnych**

W transporcie zanieczyszczeń gazowych z cieczy do atmosfery znaczącą rolę odgrywa temperatura cieczy, która ma wpływ na jej lepkość oraz dyfuzję molekularną cząsteczek zanieczyszczeń gazowych. Wraz ze wzrostem temperatury napięcie powierzchniowe cieczy maleje, zwiększa się dyfuzja molekularna cząstek, czego konsekwencją jest wzrost emisji do atmosfery [7]. Zwiększenie temperatur cieczy powoduje zwiększoną emisję związku chemicznego, jednak w zależności od jego bezwymiarowej stałej Henry’ego, emisja może zwiększyć się w większym lub mniejszym stopniu. Poza temperaturą cieczy, istotny wpływ na wielkość emisji odorantów z emitatorów powierzchniowych mają również takie czynniki jak turbulencja cieczy oraz prędkość wiatru nad powierzchnią zwierciadła. W zależności od tego, jak zmieniają się te czynniki, obserwuje się różne zmiany wielkości emisji zapachu. Związane jest to z faktem, że zapach jest mieszaniną związków, które mają różne stałe Henry’ego, co powoduje, że w zależności od panujących warunków emisja poszczególnych związków będzie się nierównomiernie zmieniać, wpływając na skład mieszaniny, a co za tym idzie wpływając na sam zapach [2].

Biorąc pod uwagę źródła powierzchniowe pasywne najistotniejszy wpływ na wielkość emisji odorów ma temperatura cieczy oraz prędkość wiatru na jej powierzchni. Wysoka temperatura cieczy powodować będzie znaczące zwiększenie emisji odorów, dlatego poboru próbek zapachu dokonano przy różnych temperaturach (dla różnych okresów w ciągu roku), w celu sprawdzenia w jakim stopniu zwiększa się wielkość emisji wraz ze wzrostem temperatury ścieków.

## 4. Obliczenia modelowe

### 4.1. Charakterystyka obszaru badań

Badania przeprowadzone zostały w promieniu 1,5 km od oczyszczalni. Rozpatrywany obszar zajmowany jest głównie przez tereny rolnicze oraz łąki. Na wschodzie oraz południowym – zachodzie analizowanego terenu znajdują się średniej wielkości skupiska leśne. Na wschód od oczyszczalni biegnie duża rzeka nizinna. Najbliższe pojedyncze budynki mieszkalne znajdują się 300 m na południe, a większe osiedla mieszkalne zlokalizowane są około 1400 m na południe od oczyszczalni.

### 4.2. Metodologia oraz dane wejściowe do obliczeń

Wykonanie obliczeń rozprzestrzeniania się odorów przy zastosowaniu polskiego modelu referencyjnego wymaga, tak, jak w przypadku innych zanieczyszczeń powietrza atmosferycznego, informacji w zakresie danych meteorologicznych z wieloletnia, informacji dotyczących pokrycia terenu, parametrów poszczególnych emitorów oraz wielkości emisji zanieczyszczeń [6].

Zastosowany model wyznacza stężenia zanieczyszczeń w wyznaczonych punktach obliczeniowych przy zastosowaniu formuły gaussowskiej w postaci:

$$C(x, y, z) = \frac{1000E}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left(-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right],$$

gdzie:

$C(x,y,z)$  – stężenie zanieczyszczenia w punkcie o współrzędnych  $x,y,z$ ,  $ou_E/m^3$ ;

$x,y,z$  – współrzędne punktu obliczeniowego, m;

$E$  – natężenie emisji zanieczyszczenia ze źródła punktowego,  $ou_E/s$ ;

$\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$  – odchylenia standardowe rozkładu normalnego stężeń zanieczyszczenia w smudze kierunku osi OX, OY, OZ, m;

$u$  – prędkość wiatru wzdłuż osi OX, m/s;

$H_e$  – wysokość efektywnej emisji zanieczyszczenia ze źródła, m.

W celu określenia stężenia zapachowego na powierzchni osadnika pobierano próbki gazów przez okres siedmiu miesięcy dla zmiennych warunków meteorologicznych oraz zmiennych parametrów dopływających

ścieków zgodnie z metodyką opisaną w PN-EN 13725 [8]. Do poboru użyto próbnika oraz worków z PTFE charakteryzujących się brakiem pochłaniania bądź wydzielania zapachów. Również inne elementy zestawu do poboru prób wykonane są z materiałów bezwonnych, nie pochłaniających zapachu. Zgodnie z zaleceniami worki były uprzednio kondycjonowane. Próbki pobierane były w uśrednionym czasie 30 min [12].

Bezpośrednio po poborze, próby zostały przetransportowane do Laboratorium Badań Olfaktometrycznych w celu oznaczenia stężeń zapachowych. Pomiaru stężenia zapachowego dokonano przy zastosowaniu metody olfaktometrii dynamicznej, zgodnie z procedurami opisanymi w PN-EN: 13725 [8,12]. Urządzeniem pomiarowym był czterostanowiskowy olfaktometr TO8 wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. W ramach przeprowadzonych badań oznaczono stężenia zapachowe w próbkach gazów pobranych w okresie wiosenno-letnim oraz jesienno-zimowym z powierzchni osadnika, a następnie wyznaczono wartość emisji zapachów (tabela 1).

**Tabela 1.** Wielkość emisji odorów

**Table 1.** Odor emissions

Miesiąc	Stężenie odorów [oue/m <sup>3</sup> ]	Temperatura ścieków [°C]	Jednostkowa emisja odorów [oue/s/m <sup>2</sup> ]	Emisja [ou <sub>F</sub> /s]	Emisja całkowita z czterech osadników [ou <sub>F</sub> /s]
maj	735	16,3	32,5	44525	178100
czerwiec	717	17,2	31,9	41785	167140
lipiec	927	20,4	41,0	83159	332636
sierpień	1645	20,6	72,9	99873	399492
październik	871	19,7	38,6	52882	211528
grudzień	706	16,7	31,2	42744	170976
lut	699	15,4	30,9	42333	169332

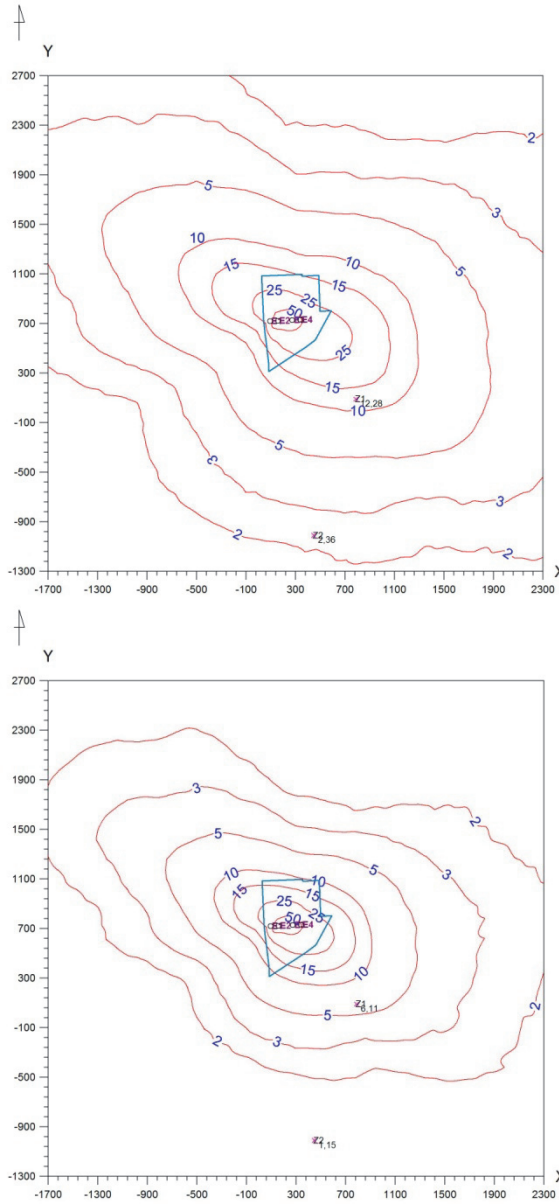
Wyznaczono lokalizację oraz parametry źródeł emisji odorów (wysokość, powierzchnię, prędkość oraz temperaturę gazów odlotowych), określono aerodynamiczną szorstkość terenu oraz dobrano parametry meteorologiczne dla analizowanego obszaru (statystykę stanów równowagi atmosfery, prędkości i kierunków wiatru).

Na terenie oczyszczalni znajdują się cztery osadniki radialne średnicy 42 m i wysokości lustra ścieków 3,0 m npt, z których emitowane są do atmosfery odory. Każdy osadnik wstępny jako emitator powierzchniowy zastąpiono pięcioma emitatorami zastępczymi. Za pomocą modelu, dla wielkości siatki obliczeniowej 3,0 x 3,0 km i kroku siatki równym 50 m, przeprowadzono obliczenia częstości przekroczeń stężenia zapachu równego  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  oraz  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  w ciągu roku poza terenem analizowanej oczyszczalni ścieków. Przyjęto dopuszczalną częstość przekroczeń  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  na podstawie projektu rozporządzenia [5] równą 3% oraz na podstawie wytycznych holenderskich [1], wg których stężenie zapachu w powietrzu w zakresie od  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  do  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  jest, ogólnie akceptowalne” przez ludzi i jego dopuszczalna częstość przekroczeń wynosi maksymalnie 2% czasu w ciągu roku.

Obliczenia rozprzestrzeniania się odorów przeprowadzono dla danych emisyjnych z miesiąca sierpnia oraz lutego tj. strumieni emisji równych  $99873 \text{ ou}_E/\text{s}$  oraz  $42333 \text{ ou}_E/\text{s}$  (dwóch skrajnych wielkości emisji). Graficzne rozkłady wyników obliczeń częstości przekroczeń przedstawiono na rysunkach numer 2 oraz 3.

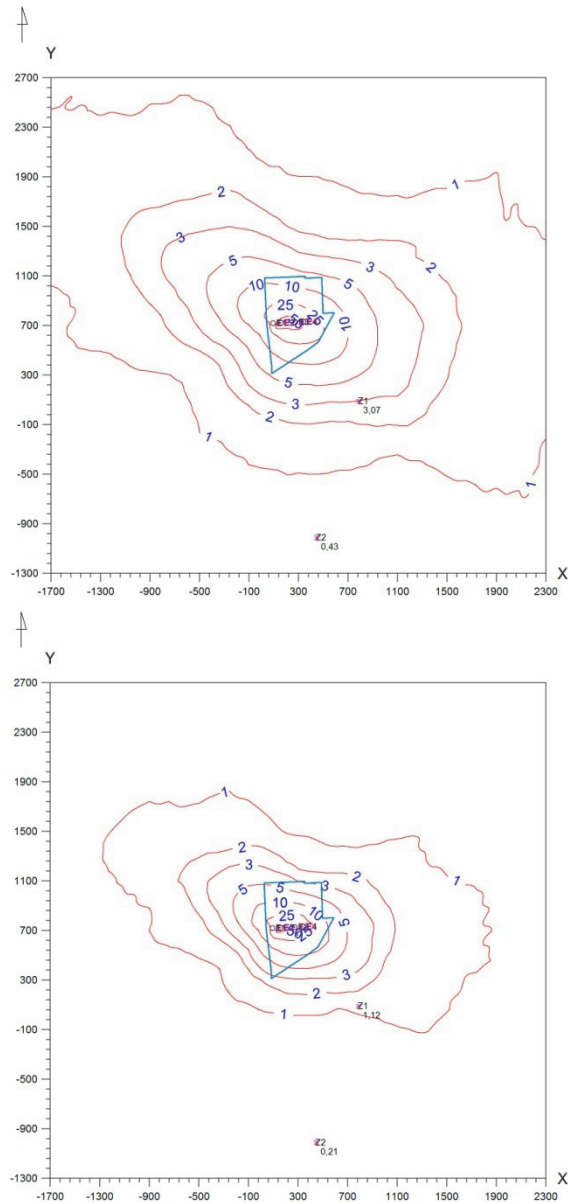
#### **4.3. Wyniki obliczeń i ich dyskusja**

Przeprowadzone obliczenia polskim modelem referencyjnym pozwoliły na określenie zasięgu oddziaływania zapachowego analizowanych osadników wstępnych oczyszczalni ścieków komunalnych dla dwóch różnych scenariuszy emisji odorów – założenia wielkości emisji odorów z wyznaczonych podczas miesiąca letniego (sierpień) oraz miesiąca zimowego (luty). Wykazały one, iż analizowany obiekt może być przyczyną uciążliwości zapachowej dla okolicznych osiedli mieszkalnych zlokalizowanych na południe od oczyszczalni ścieków. Wskazują na to wyniki obliczeń zarówno częstości przekroczeń stężenia zapachu równego  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  i  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ .



**Rys. 2.** Częstość przekroczeń  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  w ciągu roku dla emisji maksymalnej (sierpień) i minimalnej (luty)

**Fig. 2.** The frequency of exceedances of  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  per year for the maximum (August) and minimum (February) emission



**Rys. 3.** Częstość przekroczeń  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  w ciągu roku dla emisji maksymalnej (sierpień) i minimalnej (luty)

**Fig. 3.** The frequency of exceedances of  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  per year for the maximum (August) and minimum (February) emission



Zasięg oddziaływania zapachowego wyznaczony dla danych emisyjnych wyznaczonych w miesiącach letnich jest prawie dwukrotnie większy niż dla miesięcy zimowych. Szczególnie narażone na oddziaływanie zapachowe są budynki mieszkalne zlokalizowane najbliżej oczyszczalni, około 300 m na południe od granicy działki oczyszczalni, gdzie częstość przekroczeń  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  dla wariantu maksymalnego emisji wynosi około 12,3%, a  $5 \text{ ou}_E/\text{m}^3$  3,07% i odpowiednio 6,11% i 1,12% dla wariantu emisji minimalnej. Na negatywne oddziaływanie zapachowe mogą być narażone również duże osiedla mieszkalne położone około 1450 m na południe od oczyszczalni, jednak częstość przekroczeń dopuszczalnych poziomów stężeń zapachu nie będzie większa niż 1,15% dla dopuszczalnego stężenia równego  $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ .

## **5. Podsumowanie**

Na podstawie przeprowadzonych badań olfaktometrycznych oraz analiz wykonanych obliczeń przy użyciu modelu dyspersji zanieczyszczeń w powietrzu stwierdzono, że analizowane osadniki wstępne oczyszczalni ścieków mogą być przyczyną uciążliwości zapachowej poza terenem analizowanego obiektu gospodarki komunalnej.

Wykonane obliczenia wskazują również na istotność zagadnienia w zakresie zmienności wielkości emisji odorów ze źródeł powierzchniowych pasywnych dla zmiennych warunków meteorologicznych oraz charakterystyki pracy tych źródeł. Ma to szczególne znaczenie podczas analizy uciążliwości zapachowej oraz szacowania zasięgu oddziaływania tego rodzaju obiektów. Zignorowanie tego zagadnienia może bowiem prowadzić do znacznego przeszacowania lub niedoszacowania wyników obliczeń rozprzestrzeniania odorów oraz oceny zasięgu zapachowego oddziaływania obiektów, na których obszarze zlokalizowane są źródła powierzchniowe pasywne.

Należy podkreślić, iż zasięg zapachowego oddziaływania analizowanych osadników wyznaczony na podstawie danych emisyjnych z miesięcy letnich jest prawie dwukrotnie większy niż dla miesięcy zimowych. W związku z tym, przy określaniu zasięgu oddziaływania zapachowego obiektów, na których obszarze zlokalizowane są źródła powierzchniowe pasywne za pomocą narzędzi modelowych powinno się wyznaczać emisję odorów dla różnych scenariuszy meteorologicznych i parametrów technologicznych obiektów poddanych badaniom.



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej  
w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego

## Literatura

1. **Belgiorno V., Naddeo V., Zarra T.:** *Odour impact assessment handbook*. Wiley. 125–174 (2013).
2. **Hudson N., Ayoko G.A.:** *Odour sampling 1: Physical chemistry considerations*. *Bioresource Technology*. 99(10), 3982–3992 (2008).
3. **Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B.:** *Odory*. Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
4. Polish Norm PN-EN: 13725, *Air Quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*, 2007.
5. Projekt ustawy *Ustawa o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej*, 2009.
6. Rozporządzenie MŚ z 26.01.2010 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U.Nr 16, poz.87).
7. **Schwarzenbach R., Gschwend P.:** *Environmental organic chemistry*. John Wiley & Sons. New York 2003.
8. **Sówka I., Miller U., Skrętowicz M., Nych A., Zwoździak J.:** *Warunki i wymogi niezbędne do prawidłowego funkcjonowania Laboratorium Badań Olfaktometrycznych*. *Rocznik Ochrona Środowiska (Annual Set the Environment Protection)*. 15, 1207–1215 (2013).
9. **Sówka I., Skrętowicz M., Zwoździak J., Nych A., Zwoździak P., Zwoździak J.:** *Porównanie przydatności i dokładności metod oceny stopnia uciążliwości zapachowej zakładu przemysłowego*. *Przemysł Chemiczny*. 91, 985–989 (2012).
10. **Stuetz R.:** *Odours in wastewater treatment: Measurement, Modeling and Control*. IWA Publishing 2001.
11. **Tchobanoglous G., Burton F., Stensel D.:** *Wastewater engineering. Treatment and reuse*, Metcalf & Eddy, McGrawHill 2004.
12. VDI guidelines – 3880, *Olfactometry – Static sampling*, Beuth Verlag, Berlin 2009.

## **Impact of Seasonal Variation of Odour Emission from Passive Area Sources on Odour Impact Range of Selected WWTP**

### **Abstract**

Odour emission from Wastewater Treatment Plants (WWTP) is a common cause of odour nuisance to neighbouring areas and passive area sources such as primary clarifiers or sludge thickeners are the main objects contributing to odour nuisance of WWTP. Due to the peculiar character of those sources, odour emission from them can vary significantly depending on number of factors such as pH, temperature of sewage, wind velocity, BOD or COD load. Because of that, while estimating odour impact range of passive area sources by dispersion modelling it must be taken into consideration when odour emission data has been collected. This paper focuses on determining odour impact range of WWTP primary clarifiers for two various emission cases – maximum and minimum emission determined during 7 months of study. Maximum emission was observed during summer (August) and minimum one in winter season (February). The analysed object was mechanical biological wastewater treatment with full sludge treatment designed to collect sewage from one of the major polish cities. Collection of odour samples was carried out in accordance with the methodology described in VDI 3880 and PN-EN 13725. Odour concentration measurement was made using the method of dynamic olfactometry, in accordance with the procedures described in EN: 13725 "Air Quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry". For selected emission sources model calculations were conducted using Gaussian dispersion model for neighboring areas, which are exceptionally exposed to odours. Calculations showed big differences in odor impact range for two analysed emission scenarios – odour impact range calculated using emission data from August is almost two times greater than for calculations using emission data from February.

### **Słowa kluczowe:**

odory, oczyszczalnia ścieków, uciążliwość zapachowa

### **Keywords:**

odour, wastewater treatment plant, odour nuisance