

Piotr SOBCZYŃSKI, Izabela SÓWKA, Yaroslav BEZYK\*

## **CHARAKTERYSTYKA ZMIENNOŚCI EMISJI ODORÓW Z OSADNIKÓW WSTĘPNYCH I JEJ WPŁYW NA ZASIĘG ODDZIAŁYWANIA ZAPACHOWEGO OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH**

Oczyszczalnie ścieków są częstą przyczyną skarg mieszkańców sąsiednich terenów ze względu na emisję nieprzyjemnych zapachów. W związku z faktem dynamicznego rozwoju ośrodków miejskich coraz częściej występują sytuacje, kiedy nowe osiedla budowane są w okolicach oczyszczalni ścieków, będąc tym samym narażonymi na negatywne oddziaływanie oczyszczalni pod względem zapachowym. W przypadku określania zasięgu oddziaływania zapachowego poszczególnych obiektów oczyszczalni ścieków modelami matematycznymi niezwykle istotnym zagadnieniem jest dobór odpowiednich danych do modelu w celu uniknięcia przeszacowania lub niedoszacowania obliczanych wartości stężeń zapachu. W pracy przedstawiono wyniki badań emisji odorów z osadników wstępnych wybranej oczyszczalni ścieków komunalnych dla okresu zimowego i przedstawienie zasięgu oddziaływania tych obiektów dla skrajnych zaobserwowanych wielkości emisji zapachu.

### 1. WSTĘP

#### 1.1. UCIAŹLIWOŚĆ ZAPACHOWA OCZYSZCZALNI ŚCIEKÓW

Obiekty gospodarki komunalnej, w tym oczyszczalnie ścieków są obiektami, które są bardzo często przyczyną uciążliwości zapachowej na sąsiadujących terenach, a w związku z tym przyczyną skarg mieszkańców [1, 7, 13]. Obiektami generującymi największą emisję odorów, tym samym najbardziej uciążliwymi zapachowo obiektami oczyszczalni są zbiorniki ścieków surowych, hale krat, piaskowniki, osadniki wstępne, zbiorniki osadu, hale odwadniania osadów ściekowych [5, 13, 14]. Ze względu na znaczne rozmiary, głównymi obiektami uciążliwymi zapachowo na oczyszczalni ście-

---

\* Politechnika Wroclawska, Zakład Ekologii i Zarządzania Ryskiem Środowiskowym, Politechnika Wroclawska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, piotr.sobczynski@pwr.edu.pl.

ków są źródła powierzchniowe pasywne tj. osadniki wstępne i zbiorniki osadów ściekowych. Jednocześnie ich hermetyzacja oraz dezodoryzacja gazów z nich emitowanych jest na tyle kosztowna, iż na większości oczyszczalni emisja odorów z tych obiektów następuje w sposób niezorganizowany. W skład mieszaniny odorów wchodziją wyjątkowo nieprzyjemne dla człowieka związki zapachowo-czynne: amoniak, siarkowodór, merkaptany, ketony, aldehydy oraz kwasy tłuszczowe [3, 4, 12, 13].

Ocenę uciążliwości zapachowej danego obiektu można wykonać na podstawie pomiaru stężenia zapachowego, wyznaczenia wielkości emisji i określenia zasięgu rozprzestrzenienia się odorów 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 [1, 2, 8, 9, 13]. Każda z tych metod dostarcza wiarygodnych informacji o zasięgu oddziaływania zapachowego analizowanego obiektu jednak pod względem ekonomicznym najkorzystniejsze jest stosowanie obliczeń modelowych. Wykonanie poprawnych obliczeń modelowych nie jest jednak możliwe bez prawidłowego oszacowania emisji z poszczególnych źródeł. Ze względu na dużą zmienność emisji odorów ze źródeł powierzchniowych pasywnych niezwykle istotna jest świadomość jak zmienia się emisja odorów w zależności od takich czynników jak turbulencja powietrza nad źródłem, temperatura ścieków, pH ścieków czy ciśnienie atmosferyczne [6, 10, 11] i jaki jest jej wpływ na zasięg oddziaływania zapachowego danego obiektu. W pracy przedstawiono wyniki badań emisji odorów z osadników wstępnych w okresie zimowym i oszacowanie ich zasięgu oddziaływania zapachowego przy zastosowaniu modelu referencyjnego [16].

## 1.2. OPIS OBIEKTU

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 1100000. Ścieki po wstępnym oczyszczeniu w hali krat kierowane są do piaskowników napowietrzanych, skąd poprzez pompownię ścieków surowych trafiają na osadniki wstępne radialne. Po oczyszczeniu mechanicznym ścieki poddawane są oczyszczaniu biologicznemu w bioreaktorach. Z komór biologicznych ścieki kierowane są do osadników wtórnych, następnie część zsedymetowanego osadu biologicznego recyrkulowana jest do reaktorów biologicznych, a pozostały osad nadmierny przekazywany jest na obiekty gospodarki osadowej. Osad wstępny zagęszczany jest w zagęszczaczach grawitacyjnych, a osad nadmierny zagęszczany jest mechanicznie na zagęszczarkach taśmowych, po czym 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, wysokości 2,2 m oraz pojemności czynnej równej

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. Podczas okresu objętego badaniami jeden z osadników nie był używany – jednocześnie pracowały trzy z czterech osadników.



Rys. 1. Analizowany osadnik wstępny

## 2. METODYKA BADAŃ

### 2.1. WIELKOŚĆ EMISJI ODORÓW Z OSADNIKÓW WSTĘPNYCH

W celu wyznaczenia emisji odorów z osadników oznaczano stężenia zapachowe dla próbek gazów pobieranych z powierzchni osadnika w okresie od października do lutego dla zmiennych warunków meteorologicznych oraz zmiennych parametrów dopływających ścieków zgodnie z metodyką opisaną w PN-EN 13725. 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. Próbkę pobierane były w uśrednionym czasie 30 min [17]. Bezpośrednio po poborze, próbki były transportowane 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 [15]. Urządzeniem pomiarowym był czterostanowiskowy olfaktometr TO8 wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. W ramach przeprowadzonych badań oznaczono stężenia zapachowe w próbkach

gazów pobranych z powierzchni osadnika w okresie od października do lutego, a następnie wyznaczono wielkość emisji odorów z osadników (tabela 1).

Tabela 1. Emisja odorów z osadników wstępnych

Nr poboru	Stężenie odorów [ou <sub>e</sub> /m <sup>3</sup> ]	Jednostkowa emisja odorów [ou <sub>e</sub> /s/m <sup>2</sup> ]	Emisja odorów [ou <sub>e</sub> /s]	Emisja całkowita odorów z trzech osadników [ou <sub>e</sub> /s]
1	1022	40,6	55622	166866
2	723	28,5	39045	117135
3	1729	68,5	93845	<b>281535</b>
4	723	28,5	39045	117135
5	1132	44,9	61513	184539
6	1094	43,4	59458	178374
7	341	13,6	18632	55896
8	478	18,8	25756	77268
9	585	23,0	31510	94530
10	268	10,6	14522	43566
11	627	24,9	34113	102339
12	527	20,9	28633	85899
13	198	7,9	10823	<b>32469</b>
14	219	8,8	12056	36168

## 2.2. METODOLOGIA I DANE PRZYJĘTE DO OBLICZEŃ MODELOWYCH

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 [16].

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

$$C(x, y, z) = \frac{1000E}{2\pi\sigma_x\sigma_y\sigma_z} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[ \exp\left(-\frac{(z+H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z-H_e)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right] \quad (1)$$

gdzie:

- $C(x, y, z)$  – stężenie zanieczyszczenia w punkcie o współrzędnych  $x, y, z$ , ou<sub>e</sub>/m<sup>3</sup>,
- $x, y, z$  – współrzędne punktu obliczeniowego, m,
- $E$  – emisja zanieczyszczenia ze źródła punktowego, ou<sub>e</sub>/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 wykonania obliczeń stężeń odorów w sąsiedztwie analizowanej oczyszczalni określono 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).

Obliczenia stężeń odorów przeprowadzone zostały w promieniu 1,5 km od analizowanej oczyszczalni. Rozpatrywany obszar pokryty jest głównie przez tereny rolne oraz łąki, jego topografia jest nieskomplikowana – teren jest płaski z różnicą poziomu terenu do kilku metrów. Na wschodzie oraz południowym – zachodzie analizowanego terenu znajdują się średniej wielkości skupiska leśne. Na wschód od oczyszczalni biegnie duża rzeka nizinna. Osiedla mieszkalne zlokalizowane są około 1400 m na południe od oczyszczalni. Na terenie oczyszczalni znajdują się cztery osadniki radialne o średnicy 42 m i wysokości lustra ścieków 3,0 m npt, z których emitowane są do atmosfery odory. Każdy osadnik wstępny jako emitor powierzchniowy zastąpiono pięcioma emitorami zastępczymi. Za pomocą modelu, dla wielkości siatki obliczeniowej 3,0×3,0 km i kroku siatki równym 50 m, przeprowadzono obliczenia częstości przekroczeń stężenia zapachu równego 1 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> w ciągu roku poza terenem analizowanej oczyszczalni ścieków. Przyjęto dopuszczalną częstość przekroczeń 1 ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup> na podstawie projektu rozporządzenia [16] równą 3% (tabela 2).

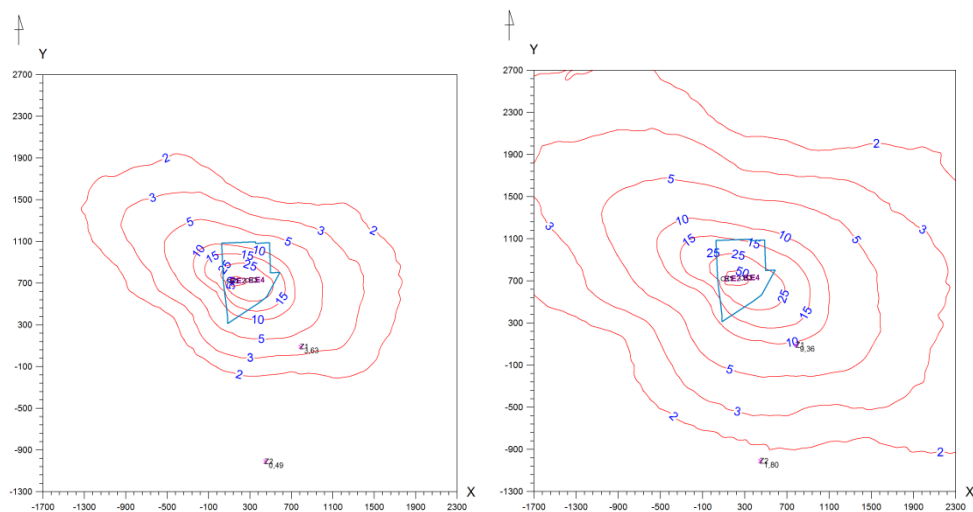
Tabela 2. Parametry emitorów

Oznaczenie emitora	Współrzędne emitora [m]	Wysokość emitora [m npt]	Powierzchnia emitora [m <sup>2</sup> ]	Emisja odorów [ou <sub>E</sub> /s]	
				minimalna	maksymalna
E1	X = 91,7 Y = 728,7	3,0	1370	10823	93845
E2	X = 159,5 Y = 721,5	3,0	1370	10823	93845
E3	X = 341,0 Y = 728,4	3,0	1370	10823	93845

### 3. WYNIKI OBLICZEŃ

Przeprowadzone obliczenia modelem referencyjnym [16] pozwoliły na określenie zasięgu oddziaływania zapachowego analizowanych osadników wstępnych oczyszczalni ścieków komunalnych dla dwóch różnych scenariuszy emisji odorów wyznaczonych podczas okresu zimowego – założenia wielkości emisji minimalnej odorów (10823 ou<sub>E</sub>/s) oraz maksymalnej (93845 ou<sub>E</sub>/s). Wykazały one, iż analizowane obiekty mogą 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  $1 \text{ ou}_e/\text{m}^3$  dla założonej emisji maksymalnej i minimalnej (rys. 2).



Rys. 2. Częstość przekroczeń  $1 \text{ ou}_e/\text{m}^3$  dla założonej emisji minimalnej (L) i maksymalnej (P)

Zasięg oddziaływania zapachowego wyznaczony dla założonej emisji maksymalnej jest prawie dwukrotnie większy niż dla emisji minimalnej. Obszar negatywnego oddziaływania dla emisji minimalnej będzie obejmował teren maksymalnie w odległości 350 m od granicy oczyszczalni, a dla scenariusza emisji maksymalnej do 900 m od granic oczyszczalni. Obliczona częstość przekroczeń  $1 \text{ ou}_e/\text{m}^3$  na zabudowie mieszkalnej dla wariantu maksymalnego emisji wynosi 1,80%, a oraz 0,49% dla wariantu emisji minimalnej.

#### 4. PODSUMOWANIE

Wykonane badania emisji odorów z osadników wstępnych będących jednym z najbardziej uciążliwych zapachowych obiektów oczyszczalni ścieków komunalnych wykazały, iż w zależności od warunków panujących podczas poboru, wielkość emisji odorów jest bardzo zmienna. Maksymalna wielkość emisji wyznaczona podczas okresu zimowego jest blisko 10-krotnie większa od wyznaczonej emisji minimalnej. Wskazuje to na potrzebę prowadzenia badań emisji odorów ze źródeł powierzchniowych pasywnych dla różnych warunków poboru. Należy mieć świadomość, iż bezkrytyczne przyjmowanie do obliczeń modelowych, wartości stężeń odorów [ $\text{ou}_e/\text{m}^3$ ], wyznaczonych na podstawie pojedynczego pomiaru może prowadzić do kilkukrotnego

przeszacowania lub niedoszacowania zasięgu oddziaływania źródeł powierzchniowych pasywnych.



KAPITAŁ LUDZKI  
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI

UNIA EUROPEJSKA  
EUROPEJSKI  
FUNDUSZ SPOŁECZNY



*Zadanie współfinansowane ze środków Unii Europejskiej w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego*

#### LITERATURA

- [1] BAEZA-BROTONS F., GARCES P., PAYA J., SAVAL J. M., *Portland cement systems with addition of sewage sludge ash. Application in concretes for the manufacture of blocks*. Journal of Cleaner Production, 2014, No. 82, 112–124.
- [1] BELGIORNO V., NADDEO V., ZARRA T., *Odour impact assessment handbook*, Wiley, 2013.
- [2] CAPELLI L., SIRONI S., DEL ROSSO R., GUILLOT J.-M., *Measuring odours in the environment vs. dispersion modelling: A review*, Atmospheric Environment, 2013, Vol. 79, 731–743.
- [3] DINCER F., MUEZZINOGLU A., *Odor-causing volatile organic compounds in wastewater treatment plant units and sludge management areas*, Journal of Environmental Science and Health, 2008, Vol. 43:13, 1569–1574.
- [4] EUI-CHAN J., HYUN-Keun S., JAE-HWAN S., *Emission Characteristics and Factors of Selected Odorous Compounds at a Wastewater Treatment Plant*, Sensors, 2009, Vol. 9, 311–326.
- [5] GOSTELOW P., PARSONS S.A., STUETZ R., *Odour measurements for sewage treatment works*, Water Research, 2001, 579–596.
- [6] HUDSON N., AYOKO G.A., *Odour sampling 1: Physical chemistry considerations*, Bioresource Technology, 2008, Vol. 99, 3982–3992.
- [7] KOŚMIDER J., MAZUR-CHRZANOWSKA B., WYSZYŃSKI B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, 2002.
- [8] LEBRERO R., BOUCHY L., STUEYZ R., MUNOZ R., 2011. *Odor Assessment and Management in Wastewater Treatment Plants: A Review*, Critical Reviews. Environmental Science and Technology, 41:10, 915–950.
- [9] NICELL J.A., *Assessment and regulation of odour impacts*, Atmospheric Environment, 2009, Vol. 43, 196–206.
- [10] NAGARAJ A., SATTLER M., *Correlating Emissions with time and temperature to predict worst-case emissions from open liquid area sources*, Journal of the Air & Waste Management Association, 2005, Vol. 55, 1077–1084.
- [11] SCHWARZENBACH R., GSCHWEND P., IMBODEN D., 2003. *Environmental Organic Chemistry 2nd edition*, John Wiley & Sons, New York.
- [12] SHARMAA K. R., YUANA Z., DE HAASA D., HAMILTON G., CORRIEB S., KELLER J., *Dynamics and dynamic modelling of H<sub>2</sub>S production in sewer systems*, Water Research, 2008, Vol. 42, 2527–2538.
- [13] STUETZ R., *Odours in wastewater treatment: Measurement, Modeling and Control*, IWA Publishing, 2001.
- [14] TCHOBANOGLIOUS G., BURTON F., STENSEL D., *Wastewater engineering Treatment and reuse*, 2004, Metcalf & Eddy, McGrawHill.
- [15] Polska norma PN 13725, Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej.

- [16] Rozporządzenie MŚ z 26.01.2010 r w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu (Dz.U.Nr 16, poz.87).
- [17] VDI guidelines - 3880, Olfactometry - Static sampling. 2009. Berlin, Beuth Verlag.

#### CHARACTERISTICS OF PRIMARY CLARIFIERS ODOUR EMISSION VARIABILITY AND ITS INFLUENCE ON WASTEWATER TREATMENT PLANT ODOUR IMPACT RANGE

Odour emission from Wastewater Treatment Plants (WWTP) is a common cause of odour nuisance to neighboring areas. Odour impact assessment can be realized by conducting mathematical modeling, but odour or individual odorants emission data must be provided. This paper presents the importance of the hydrogen sulfide emissions as the dominant odorant compound emitted from wastewater treatment plants, which may be applied as an indicator compound, which can be used to determine odour impact range of WWTP. Paper summarizes the literature data indicating the dominant influence of hydrogen sulfide as the substance responsible for the odour nuisance of most WWTPs. Methods of hydrogen sulfide concentrations determination and accuracy of individual methods are described.