

Izabela Sówka

## Ocena zasięgu oddziaływania zapachowego zakładu przemysłowego na przykładzie wybranej cukrowni

Głównymi źródłami emisji wonnych gazów, będących przyczyną uciążliwości odorowej, są gospodarka komunalna [1–2], rolnictwo i hodowla [3–4] oraz działalność przemysłowa [5–8], w której istotną rolę w powstawaniu uciążliwości odorowej odgrywa sektor rolno-spożywczy [6]. Procesy powstawania produktów i półproduktów spożywczych oraz konieczność nadania im właściwego smaku, zapachu, wyglądu i odpowiedniej trwałości, a także zwiększenie przyswajalności (np. przez gotowanie, prażenie, suszenie, pieczenie, wędzenie, fermentację), często są przyczyną emisji odorów. Procesy te charakteryzują się cyklicznością, podwyższoną temperaturą oraz wydzielaniem oparów o nieprzyjemnym zapachu. Z tego względu ta grupa źródeł emisji gazów jest częstym obiektem skarg ludności na uciążliwość odorową. Rzetelna ocena skali zapachowego oddziaływania wybranego źródła emisji powinna być poprzedzona inwentaryzacją źródeł zapachu na obszarze danego zakładu (przeгляд stosowanej technologii), określeniem sposobu poboru próbek zło-wonnych gazów (w zależności od typu źródła), określeniem stężenia zapachu, a na etapie końcowym – oszacowaniem emisji odorów. Na podstawie wyznaczonej wartości emisji, przy zastosowaniu wybranych narzędzi matematycznych, możliwe jest oszacowanie zakresu oddziaływania zapachów emitowanych z wybranego obiektu przemysłowego. W przypadku uciążliwości zapachowej danego zakładu, wyniki obliczeń należy zweryfikować na drodze inspekcji terenowych oraz badań ankietowych zgodnie z metodyką stosowaną w krajach europejskich i opracowywaną obecnie w kraju [9–15].

W pracy przedstawiono wyniki pomiarów olfaktometrycznych z wyselekcjonowanych źródeł emisji zapachu na terenie wybranej cukrowni. Uzyskana emisja zapachu oraz wykonanie obliczeń z zastosowaniem modelu wskaźnikowego oraz modelu Pasquilla pozwoliły na oszacowanie zasięgu oddziaływania zapachowego tego zakładu.

### Metodyka badań

Próbki wonnych gazów pobrano podczas jednego z 3-miesięcznych cykli produkcyjnych z pięciu źródeł emisji (cztery punktowe i jedno powierzchniowe). Punkty poboru wybrano na podstawie analizy procesu technologicznego oraz rekonesansów terenowych przeprowadzonych na terenie zakładu. Próbki pobrano próbnikiem standardowym (źródła punktowe) oraz za pomocą pokrywy (źródło powierzchniowe) zgodnie z metodyką opisaną w pracach [15–18].

Pomiaru stężenia zapachu dokonano przy zastosowaniu metody olfaktometrii dynamicznej, zgodnie z procedurami opisanymi w PN-EN 13725: Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachu metodą olfaktometrii dynamicznej [16]. Urządzeniem pomiarowym był czterostanowiskowy olfaktometr TO8 wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. Zgodnie z normą badania prowadzone były w wyciszonym i odizolowanym pomieszczeniu o stabilnych warunkach temperaturowych i oświetleniowych.

Zespół pomiarowy złożony był z 4 probantów oraz jednego operatora. Probandci wyselekcjonowani byli zgodnie z wytycznymi zawartymi w normie przy użyciu substancji odniesienia, jaką był n-butanol w azocie.

Podczas wstępnego rozeznania stwierdzono, że stężenie zapachu w pobranych próbkach nie wykraczało poza zakres pomiarowy olfaktometru. W przeciwnym razie, zgodnie z procedurą, wymagane byłoby wstępne rozcieńczenie próbek. W przypadku omawianych pomiarów nie było takiej potrzeby. Podczas pomiaru próbka zanieczyszczonego powietrza podłączona była do olfaktometru, a zadaniem probantów było sygnalizowanie, czy wyczuwają zapach w strumieniu gazów. Gazy były rozcieńczane bezwonny powietrzem w sposób dynamiczny. Początkowe rozcieńczenie zostało dobrane tak, aby nie było możliwe stwierdzenie obecności zapachu. Wśród prezentowanych próbek znajdowały się tzw. próbki ślepe (zerowe), w których było czyste bezwonne powietrze. Olfaktometr był połączony z komputerem ze specjalnym oprogramowaniem. Jeden pomiar składał się z czterech serii. Wyniki zebrane w komputerze zostały obliczone jako wynik pomiaru zespołowego – średnia geometryczna ze wszystkich pomiarów indywidualnych. Była to jednocześnie wartość stężenia odorów w danej próbce, wyrażona w europejskich jednostkach zapachu w metrze sześciennym ( $ou_E/m^3$ ).

Do obliczeń zastosowano model wskaźnikowy oraz model oparty na formule Pasquilla. W przypadku szacowania zasięgu zapachowego oddziaływania źródła z zastosowaniem modelu wskaźnikowego, stężenie zapachu ( $c_r$ ) w danej odległości ( $x$ ) od źródła zapachu w punkcie receptorowym, przy różnych prędkościach wiatru ( $v$ ), obliczono zgodnie z formułą [17]:

$$c_r = 7E/vx^2 \quad (1)$$

w której:

$c_r$  – przygruntowe stężenie zapachu w punkcie receptorowym,  $ou_E/m^3$

$E$  – emisja zapachu z danego źródła,  $ou_E/s$

$v$  – prędkość wiatru, m/s

$x$  – odległość od źródła zapachu (emitora), m

Obliczenia z zastosowaniem modelu wskaźnikowego wykonano przy prędkościach wiatru 0,5 m/s, 1÷3 m/s, 4÷9 m/s, 10÷20 m/s oraz >20 m/s, w odległościach zabudowy mieszkaniowej od zakładu 300 m, 750 m oraz 1125 m. Do prognozowania stężenia substancji zapachowych w powietrzu w skali lokalnej zastosowano model smugi Pasquilla (zwany też modelem Gaussa) [18] zakładając, że stężenie gazów zapachowych wynosi 1 g/m<sup>3</sup> i dokonując obliczenia emisji gazów zapachowych w kg/h. Wykonano obliczenia maksymalnego stężenia zapachu w przypadku czterech emitorów punktowych z uwzględnieniem danych wejściowych przedstawionych w tabeli 1. Jako wynik otrzymano wartości stężeń maksymalnych występujących poza granicami zakładu w przypadku rozpatrywanych emitorów punktowych. Równocześnie określono emisję gazów zapachowych na podstawie wyników pomiarów olfaktometrycznych z zależności:

$$E_p = c_e V_{rz} \quad (2)$$

w której:

$E_p$  – emisja zapachu z danego źródła, ou<sub>E</sub>/h

$c_e$  – stężenie zapachu w punkcie emisji, ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>

$V_{rz}$  – strumień gazów w warunkach rzeczywistych, m<sup>3</sup>/h

Następnie oszacowano krotność rozcieńczenia próbek gazów z poszczególnych emitorów – jeśli stężeniu 1 g/m<sup>3</sup> odpowiadało najwyższe stężenie maksymalne równe np. 5102 μg/m<sup>3</sup>, to krotność rozcieńczenia wyniosła 196. Gdy zmierzone stężenie zapachu w punkcie emisji było wyższe niż uzyskana krotność rozcieńczenia ( $C_e > 196$ ) założono, że wonne gazy z emitora mogą wpływać na obniżenie jakości zapachowej powietrza wokół wybranego zakładu, tzn., że zakład może być przyczyną uciążliwości zapachowej. Jeśli uzyskane rozcieńczenie było większe od prognozy wyczuwalności założono, że emitor nie powoduje uciążliwości zapachowej, w przeciwnym wypadku na wybranym obszarze może występować zjawisko uciążliwości zapachowej. Do wykonania obliczeń rozkładu przestrzennego maksymalnych stężeń zapachów zaprojektowano siatkę obliczeniową o wymiarach 1400 m × 1400 m, przy czym zasięg siatki obejmował 28 kroków obliczeniowych (każdy krok 25 m).

## Emisja zapachu

Emisję zapachu z zakładu wyznaczono na podstawie znajomości stężenia zapachu oraz strumienia objętościowego gazów odlotowych, podobnie jak w przypadku standardowych zanieczyszczeń powietrza. W przypadku źródła

powierzchniowego emisję wyznaczono korzystając z równania [19]:

$$Q_e = c V/A \quad (3)$$

w którym:

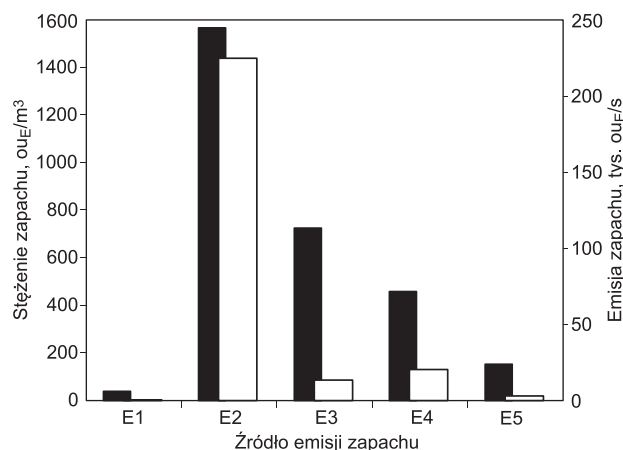
$Q_e$  – emisja powierzchniowa gazów, ou<sub>E</sub>/m<sup>2</sup>h

$c$  – stężenie zapachu, ou<sub>E</sub>/m<sup>3</sup>

$V$  – strumień z powierzchni poboru (0,5 m<sup>2</sup>), ou<sub>E</sub>/h

$A$  – powierzchnia próbki, m<sup>2</sup>

Zmierzone oraz wyznaczone zgodnie z normami [16, 19–21] średnie wartości stężenia zapachu w pobranych próbkach gazów oraz wartości oszacowanej emisji zapachu z wybranych źródeł przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Średnie stężenie zapachu i oszacowane wartości emisji  
Fig. 1. Average odor concentration and estimated emission values

Z przeprowadzonych pomiarów wynika, że największe wartości stężenia zapachu zostały zmierzone w źródle emisji E2, a dość wysokie w źródle E3, natomiast obliczona emisja wskazuje, że za największą emisję zapachów odpowiedzialne było źródło E2 (udział w całkowitej emisji zapachu ok. 86%). Następnie ok. 8% i 5% całkowitej emisji stanowiły kolejno emisje ze źródeł E4 i E3. Ze względu na to, że emisje ze źródeł punktowych (E1–E4) stanowiły ponad 99% całkowitej emisji wonnych gazów, w dalszych rozważaniach uwzględniono wpływ wybranych źródeł punktowych na jakość zapachową powietrza na obszarze położonym w otoczeniu analizowanego zakładu.

## Zasięg oddziaływania źródła emisji zapachu

Przykład obliczeń z zastosowaniem modelu wskaźnikowego, w przypadku źródła E2, przedstawiono w tabeli 2. Zgodnie z projektem ustawy 2009/02/27 o przeciwdziałaniu

Tabela 1. Charakterystyka wybranych źródeł emisji zapachu  
Table 1. Characteristics of the odor emission sources chosen

Źródło emisji	Współrzędne źródła emisji		Rodzaj wyrzutni emitora	Wysokość emitora m	Średnica emitora m	Prędkość wylotu gazów m/s	Natężenie przepływu gazów m <sup>3</sup> /h	Temperatura gazów K	Czas trwania emisji h/a
	X	Y							
E1	815	920	pionowy otwarty	5	0,23	55,13	8242	292,7	1920
E2	730	880	pionowy otwarty	14	5	7,31	516655	290	1920
E3	832	865	pionowy otwarty	28	0,82	17,29	32857	320,9	1920
E4	813	875	pionowy zadaszony	7	0,31	41,07	11154	326,8	1920

uciążliwości zapachowej [22], jako poziom porównawczy do oceny jakości zapachowej powietrza na terenach zabudowy mieszkaniowej i usługowej, terenach rekreacyjnych oraz użytkowanych rolniczo ustalono zapach o stężeniu

Tabela 2. Stężenie zapachu w różnych odległościach od źródła emisji E2

Table 2. Odor concentration at varying distance from emission source E2

Prędkość wiatru m/s	Stężenie zapachu w odległości x, $ou_E/m^3$		
	x=300m	x=750m	x=1125m
0,5	34,94	5,59	2,48
1+3	17,47+5,82	2,80+0,93	1,24+0,41
4+9	4,37+1,94	0,70+0,31	0,31+0,14
10+20	1,75+0,87	0,28+0,14	0,12+0,06
21	0,87	0,14	0,06

Tabela 3. Stężenie zapachu w różnych odległościach od źródeł emisji E1, E3 i E4

Table 3. Odor concentration at varying distance from emission sources E1, E3 and E4

Prędkość wiatru m/s	Stężenie zapachu w odległości x, $ou_E/m^3$		
	x=300 m	x=750 m	x=1125 m
źródło E1			
0,5	0,013	0,002	0,001
1+3	0,007+0,002	0,001+0,0003	0,0005+0,0002
źródło E3			
0,5	2,055	0,328	0,146
1+3	1,027+0,342	0,164+0,055	0,073+0,024
źródło E4			
0,5	3,179	0,508	0,226
1+3	1,58+0,527	0,254+0,085	0,113+0,0038

Tabela 4. Wyniki obliczeń maksymalnego stężenia zapachu

Table 4. Calculated values of maximal odor concentrations

Źródło zapachu	Stężenie maksymalne ( $C_{maks}$ ) $\mu g/m^3$	Współrzędne $C_{maks}$		Krotność rozcieńczenia	Emisja ( $E_p$ ) $kou_E/h$	Stężenie ( $c_e$ ) $ou_E/m^3$
		X	Y			
E1	586,15	1000	925	1706	313,20	38
E2	5101,88	1000	875	196	808565,07	1565
E3	1480,93	950	825	675	23788,47	724
E4	585,32	1000	875	1708	5108,53	458

$1 ou_E/m^3$ . Na podstawie przeprowadzonych obliczeń z wykorzystaniem prostych zależności doświadczalnych uzyskane wartości stężeń zapachu w przypadku źródła emisji E2 wykazały, że wartość  $1 ou_E/m^3$  zostanie przekroczona na całym badanym obszarze (zasięg 1125 m od rozpatrywanego źródła) podczas ciszy. W przypadku budynków oddalonych do ok. 300 m od źródła emisji oraz do ok. 700 m stężenie zapachu  $1 ou_E/m^3$  może zostać przekroczone przy prędkościach wiatru odpowiednio  $0,5 \div 10 m/s$  oraz  $0,5 \div 1,0 m/s$ .

Obliczenia rozkładu przestrzennego maksymalnych stężeń zapachu przeprowadzono przy jednocześnie pracujących czterech emitatorach w czasie 1920 h. Siatka (3249 równo od siebie oddalonych punktów) została nałożona na badany obszar i przy zastosowaniu modelu dyspersji wyliczono wartości stężeń imisyjnych. Wyniki obliczeń z zastosowaniem modelu Pasquilla (wartości stężeń maksymalnych), a także wyznaczone (zgodnie z opisaną metodyką) wartości krotności rozcieńczenia zestawiono w tabeli 4. Na podstawie porównania krotności i stężenia zapachu stwierdzono, że gazy pochodzące z emitatorów E2 i E3 mogą powodować uciążliwość zapachową na badanym obszarze. Z przeprowadzonych obliczeń wynika, że cały obszar poddany badaniu (do odległości ok. 1125 m od emitatora) może być narażony na uciążliwość zapachową wywołaną przez wonne gazy emitowane ze źródła E2.

Wyniki obliczeń, uzyskane zarówno z modelu wskaźnikowego, jak i modelu Pasquilla, wskazały na źródło emisji E2 jako najistotniejsze w pogorszeniu jakości zapachowej powietrza wokół wybranego obiektu. Zatem ewentualne

przedsięwzięcia mające na celu ograniczenie emisji odorów z wybranego zakładu powinny przede wszystkim dotyczyć tego źródła.

## Wnioski

♦ Zmierzone w wybranych reprezentatywnych punktach technologii stężenia zapachowe mieściły się w zakresie  $38 \div 1565 ou_E/m^3$ . Największe stężenie zapachu oraz emisję zapachu odnotowano w przypadku emitatora E2, którego udział w całkowitej emisji zapachu z zakładu stanowił 86%.

♦ Z przeprowadzonych szacunków przy zastosowaniu modelu wskaźnikowego wynika, że obszarem narażonym na oddziaływanie emitowanych zapachów ze źródła E2 (przy różnej prędkości wiatru) była cała rozpatrywana strefa. Podobne wyniki uzyskano na podstawie obliczeń maksymalnych stężeń zapachu przy zastosowaniu modelu Pasquilla, wyznaczeniu krotności rozcieńczeń oraz porównaniu z wartościami stężeń zapachu. Z obliczeń tych wynika, że na pogorszenie jakości zapachowej powietrza na całym poddanym modelowaniu obszarze (w przypadku maksymalnego rozpatrywanego zasięgu 1125 m od źródła emisji E2) wpływać może głównie emisja wonnych gazów z emitatora E2.

*Praca została wykonana w ramach zamawianego projektu badawczego nr PBZ-MEiN-5/2/2006 pt. „Nowe metody i technologie dezodoryzacji w produkcji przemysłowej, rolnej i gospodarce komunalnej”.*

## LITERATURA

1. A. KULIG, K. LELIĆSKA-SERAFIN, J. PODEDWORNA, G. SINICYN, Z. HEIDRICH, B. CZYŻKOWSKI: Identyfikacja, inwentaryzacja i charakterystyka źródeł odorantów w gospodarce komunalnej w Polsce. W: Współczesna problematyka odorów [red. M.I. SZYMKOWSKA, J. ZWOŹDZIAK] Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010, ss. 14–52.
2. R. FONT, A. CARRATALÁ, M. EDO M, MUÑOZ: Distribution of hydrogen sulfide, ammonia and volatile compounds in the ambient air surrounding a landfill facility. *Chemical Engineering Transactions* 2010, Vol. 23, pp. 225–230.
3. Y. UBEDA, R. NEYRINCK, S. CALVET, A. LÓPEZ, J. NICOLAS: Odour evaluation of a dairy farm with anaerobic digestion. *Chemical Engineering Transactions* 2010, Vol. 23, pp. 255–260.
4. E. HERBUT, J. WALCZAK, W. KRAWCZYK, A. SZEWCZYK, T. PAJAŁ: Badania emisji odorantów z utrzymania zwierząt gospodarskich. W: Współczesna problematyka odorów [red. M.I. SZYMKOWSKA, J. ZWOŹDZIAK] Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010, ss. 1–12.
5. J. KOŚMIDER, B. MAZUR-CHRZANOWSKA: Badania dezodoryzacji gazów odlotowych z produkcji kwasu fosforowego oraz wyrobów tytoniowych. *Ochrona Środowiska* 1996, vol. 18, nr 4, ss. 37–39.
6. M. SZKLARCZYK, J. ZWOŹDZIAK, I. SÓWKA: Przemysłowe źródła emisji zapachów. W: Współczesna problematyka odorów [red. M.I. SZYMKOWSKA, J. ZWOŹDZIAK] Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010, ss. 54–84.
7. A. ŻARCZYŃSKI, A. STOPCZYK, M. ZABOROWSKI, Z. GORZKA, M. KAŹMIERCZAK: Usuwanie związków chloroorganicznych ze ścieków przemysłowych ze szczególnym uwzględnieniem metody termokatalitycznego utleniania. *Ochrona Środowiska* 2010, vol. 32, nr 1, ss. 49–54.
8. J. NICOLAS, M. CORS, J. DELVA, A.-C. ROMAIN: Relevance of the resident diaries method to map odour sources. *Chemical Engineering Transactions* 2010, Vol. 23, pp. 189–194.
9. VDI 3883, part II: Effects and assessment of odours. Determination of annoyance parameters by questioning. Repeated brief questioning of neighbor panelists. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 1993.
10. VDI 3940 B.1: Measurement of odour impact by field inspection – Measurement of the impact frequency of recognizable odours – Grid measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2006.
11. VDI 3940 B.2: Measurement of odour impact by field inspection – Measurement of the impact frequency of recognizable odours – Plume measurement. Verein Deutscher Ingenieure, Berlin, Beuth Verlag, 2006.
12. VDI 3940 B.3 (Draft): Measurement of odour in ambient air by field inspections – Determination of odour intensity and hedonic odour tone. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2008.
13. VDI 3940 B.4 (Draft): Determination of the hedonic odour tone – Polarity profiles. Verein Deutscher Ingenieure, Beuth Verlag, Berlin 2008.
14. I. SÓWKA, J. ZWOŹDZIAK, A. NYCH, M. SZKLARCZYK, M. SKRĘTOWICZ, P. ZWOŹDZIAK: Zastosowanie badań ankietowych do określenia uciążliwości zapachowej na terenach przyległych do przemysłowych źródeł emisji odorów. *Przemysł Chemiczny* 2010, vol. 89, nr 4, ss. 546–549.
15. I. SÓWKA: Assessment of air quality in terms of odour according to the selected European guidelines: Grid and plume measurements. *Environment Protection Engineering* 2010, Vol. 36, No. 2, pp. 133–141.
16. PN-EN 13725: Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej, 2007.
17. J. KOŚMIDER, B. MAZUR-CHRZANOWSKA, B. WYSZYŃSKI: Odory. Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
18. M. NEUMANN: Modelowanie jakości zapachowej powietrza atmosferycznego. *Przegląd Komunalny* 2005, vol. 11, nr 170, ss. 114–118.
19. VDI 3880- Draft: Olfactometry – Static Sampling. Beuth Verlag, Berlin 2009.
20. I. SÓWKA, M. SZKLARCZYK, J. ZWOŹDZIAK, P. ZWOŹDZIAK, A. NYCH: Charakterystyka metod poboru gazów odorotwórczych w świetle przepisów europejskich. *Przemysł Chemiczny* 2009, vol. 88, nr 5, ss. 571–573.
21. C.J. RICHTER, F.B. FRECHEN: Sampling for olfactometric measurement: The New VDI guideline 3880. Proc. IWA Conference on Odour and VOC's, Barcelona 2008.
22. [http://www.odory-szczecin.ps.pl/uploads/pdf/Ustawa\\_odory%20lutu%202009.pdf](http://www.odory-szczecin.ps.pl/uploads/pdf/Ustawa_odory%20lutu%202009.pdf).

**Sówka, I. Assessing the Olfactory Impact of a Sugar Factory: A Case Study. *Ochrona Środowiska* 2011, Vol. 33, No. 1, pp. 31–34.**

**Abstract:** To determine the range of exposure to odor annoyance, use was made of dynamic olfactometry, an indicator model and the Pasquill model. Odor concentrations in the gases were measured with a dynamic olfactometer in compliance with the EN 13275 Standard. Based on the measured values of odor concentrations and gas streams, the values of odorous emissions were determined. It was found that more than 99% of total odor emission came from point sources. The results of calculations performed with the

indicator model show that the entire area subjected to model investigations was exposed to odor emissions at varying degree of wind velocity. Similar results were obtained from the calculations of maximal odor concentrations when use was made of the Pasquill model. The results obtained with the indicator model, as well as those achieved with the Pasquill model, made it possible to highlight the most significant contributing source in the deterioration of air quality in the vicinity of the industrial object being examined.

**Keywords:** Odour nuisance, odour concentration, odour emission, indicator model, Pasquill model.