

ZASTOSOWANIE MODELU REFERENCYJNEGO ORAZ TECHNIK GEOSTATYSTYCZNYCH DO MODELOWANIA ROZPRZESTRZENIANIA ODORÓW

Izabela SÓWKA, Maria SKRĘTOWICZ, JERZY ZWOŹDZIAK, PIOTR SOBCZYŃSKI

Wydział Inżynierii Środowiska, Instytut Inżynierii Ochrony Środowiska, Zakład Ekologii,
Politechnika Wrocławska, Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław
izabela.sowka@pwr.wroc.pl

STRESZCZENIE

W pracy przedstawiono wyniki obliczeń rozprzestrzeniania zapachów przy zastosowaniu modelu referencyjnego oraz metody ważonych odwrotności odległości (Inverse Distance Weighted – IDW). Z przeprowadzonych z zastosowaniem modelu referencyjnego obliczeń stężeń średniorocznych określono zasięg zapachowego oddziaływania zakładu w odległości ok. 400 m. W przypadku metody IDW uciążliwość zapachową zidentyfikowano natomiast w punktach pomiarowych położonych na obszarach w odległości od 300 do 1000 m: w dniu 14 lipca – ok. 400 m na północ od zakładu, 15 lipca – ok. 300 m na południowy-wschód oraz ok. 700 m na południowy-zachód od zakładu, a 16 lipca – 1000 m na południowy-wschód od zakładu. Oddziaływanie zapachowe zakładu odnotowano na znacznie dalszych odległościach niż te, uzyskane przy zastosowaniu modelu referencyjnego.

1. Wprowadzenie

Źródła przemysłowe, w tym w zakresie przemysłu rolno-spożywczego, są bardzo często przyczyną skarg ludności na uciążliwość zapachową. Podczas procesów technologicznych związanych m.in. z obróbką termiczną surowca, czy wzbogacania i przeróbki produktów dochodzi bowiem do emisji odorów. Zarówno w powietrzu zewnętrznym jak wewnętrznym odory mogą w negatywny sposób wpływać na komfort życia i oddziaływać w niekorzystny sposób na organizm człowieka. Dlatego istotnym jest opracowanie i przetestowanie narzędzi, które umożliwiłyby w wiarygodny i ekonomiczny sposób ocenę zapachowego oddziaływania wybranego zakładu przemysłowego (na etapie planowania inwestycji lub modernizacji instalacji istniejących). W przypadku zapachów – zwłaszcza nieprzyjemnych – istotnym jest zaproponowanie takich narzędzi i metod, które umożliwiłyby zbadanie oddziaływania zapachów zarówno w zakresie krótko-, jak i długoterminowym. Stosowany w Polsce model referencyjny umożliwia badanie zjawiska rozprzestrzeniania zanieczyszczenia atmosfery m.in. na bazie wejściowych danych meteorologicznych uśrednionych dla wielolecia, dlatego zastosowanie tego typu narzędzia do opisu krótkoterminowych zmian zapachu może być obarczone dużym błędem. Opis zmienności i rozprzestrzeniania smugi odorów umożliwiają badania terenowe oraz Systemy Informacji Geograficznej (GIS). W tym – jedna z bardziej zaawansowanych analiz w systemach GIS – interpolacja przestrzenna [1].

W pracy przedstawione zostały wyniki obliczeń stężeń zapachowych oraz intensywności zapachu pochodzącego z zakładu produkcji olejów roślinnych, z wykorzystaniem modelu

referencyjnego oraz interpolacji IDW (Inverse Distance Weighted) w obszarze aglomeracji miejsko-przemysłowej jednego z miast w województwie śląskim.

2. Metodyka badań

2.1. Określenie emisji zapachu

Emisja zapachu w wybranych na terenie zakładu źródłach określona została na podstawie pomiarów stężenia zapachowego w pobranych próbkach złownonnych gazów z zastosowaniem olfaktometrii dynamicznej oraz znajomości natężenia przepływu badanych gazów [2, 3].

Próbki gazów pobrano z wytypowanych, na podstawie konsultacji z przedstawicielem zakładu, emitorów: E-22 (chłodzenie wytłoków), E-11(odzysk heksanu) oraz E-13 (suszenie i chłodzenie śruty). Poboru próbek dokonano zgodnie z metodyką opisaną w VDI 3880 oraz PN-EN 13725 [3, 4].

Bezpośrednio po poborze, próbki 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. Urządzeniem pomiarowym był czterostanowiskowy olfaktometr TO8 wraz z niezbędnym oprzyrządowaniem. Jako wynik pomiaru zespołowego ($Z_{ite,pan}$) – uzyskano wartość średniej geometrycznej ze wszystkich pomiarów indywidualnych. Była to jednocześnie wartość stężenia odorów w danej próbce (c_{od}) wyrażona w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym (ou_E/m^3) zgodnie z PN-EN 13725:2007 [3].

Uzyskane wartości emisji zapachu wykorzystano do obliczeń rozprzestrzenienia zapachów przy zastosowaniu oprogramowania „OPERAT FB”

2.2. Badania terenowe

Terenowe badania intensywności zapachu przeprowadzono w oparciu o wytyczne VDI 3940 *Determination of odorants in ambient air by field inspections, part I: Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement* [5]. Badania terenowe poprzedzone zostały rekonesansem terenowym, podczas którego zidentyfikowano główne źródła emisji zapachów z Zakładu. Oszacowany podczas wizyty zasięg smugi odorowej wynosił ok. 1000 m i w tym promieniu w terenie, oraz na terenie Zakładu zostały przeprowadzone badania. W badaniach terenowych wzięło udział 6 pełnoletnich, zdrowych i odpowiednio wyszkolonych do przeprowadzania pomiarów intensywności zapachu osób, a także dwóch operatorów, których zadaniem było m.in. wskazanie punktu pomiarowego oraz odczytanie z GPS-u (Global Positioning System) jego współrzędnych geograficznych, dzięki czemu pozyskiwane dane nabierały charakteru danych przestrzennych. Osoby biorące udział w badaniach terenowych zostały wcześniej odpowiednio przetestowane pod kątem wrażliwości węchowej, zgodnie z metodyką zawartą w normie PN-EN 13725 [3].

Badania obejmowały 3 sesje pomiarowe, zorganizowane 14, 15 oraz 16 lipca 2009 roku. W każdym punkcie pomiarowym osoba oceniająca przez 10 minut, co 10 sekund (kontrolując czas za pomocą elektronicznego stopera), wachała otaczające powietrze i notowała w odpowiednio przygotowanym protokole intensywność odczuwanego zapachu (w skali 0-6, gdzie 0 oznaczało brak zapachu, a 6 zapach skrajnie mocny) oraz jego charakter (zapachy charakterystyczne dla działalności Zakładu oraz inne zapachy, jak np. zapach rolniczy, trawy,

spalin samochodowych, itp.). Do zapachów związanych z działalnością Zakładu należały: zapach kojarzony z zapachem smażonego oleju (pochodzący z procesów tłoczenia) oraz zapach określony jako zapach zgniłych jaj (pochodzący z procesów ekstrakcji). Dodatkowo rejestrowane były parametry meteorologiczne (moc i kierunek wiatru, zachmurzenie oraz opady) i położenie geograficzne.

Na podstawie wypełnionych protokołów dla każdej z trzech serii pomiarowych zbudowano bazę danych zawierającą zebrane informacje o poszczególnych punktach pomiarowych oraz zmierzone 10-sekundowe wartości intensywności i rodzaju zapachu. Obliczono maksymalną wartość intensywności zapachu odnotowanych podczas każdego pomiaru. Przygotowane bazy danych wprowadzono do środowiska GIS.

2.3. Badania modelowe i analizy przestrzenne

Do prognozowania w skali lokalnej stężeń substancji w powietrzu zastosowano model smugi oparty na formule Pasquilla (zwany też modelem Gaussa) [6], obowiązujący w kraju jako model referencyjny. Podstawowe dane wejściowe do modelu zestawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Zestawienie podstawowych danych do obliczeń z zastosowaniem modelu smugi

Emitor	Wysokość emitora m	Średnica emitora m	Prędkość gazów m/s	Temp. gazów K	Ciepło wł. gazów kJ/m ³ /K	Szorstkość terenu m	Emisja odorów ou _E /s	Usytuow. emitora X, m	Usytuow. emitora Y, m
E-22	18	0,55	20,3	309	1,30	2	0	0	0
E-13	0,75	0,8	2,2	293	1,30	2	0	0	55
E-11	13	0,1	2,7	293	1,30	2	90	90	25

Tabela 2. Warianty interpolacji IDW i średnie błędy obliczone na podstawie walidacji krzyżowej dla danych pomiarowych z dnia 14 lipca [7]

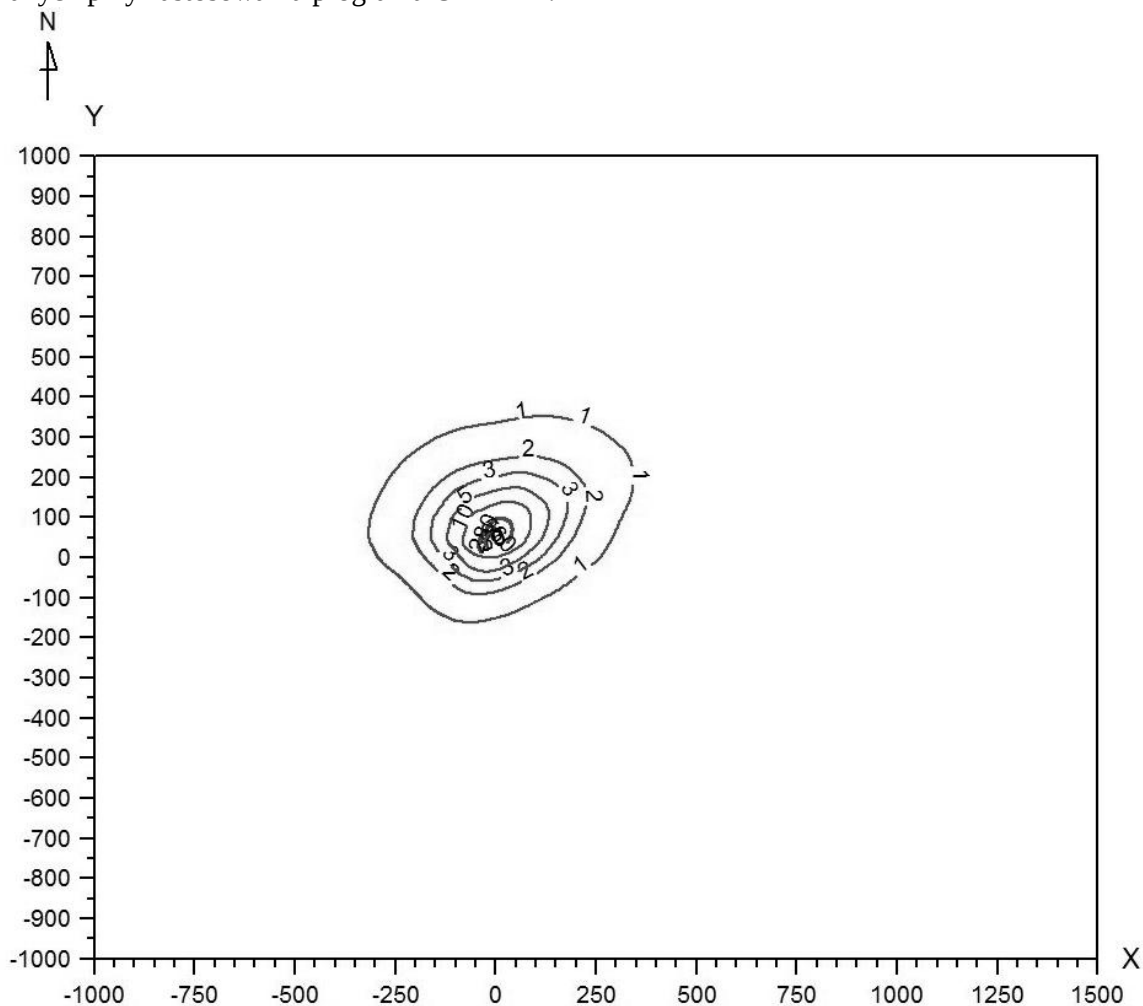
Wariant	Wartość potęgi	Sąsiedzi do włączenia	Błąd średni	Średni błąd kwadratowy
14 lipca				
1	2,1317 (zoptymalizowana)	10	0,1638	1,158
2	1,3932 (zoptymalizowana)	6	0,152	1,135
3	2	10	0,1733	1,159
4	2	6	0,1213	1,142
15 lipca				
1	2,0436 (zoptymalizowana)	10	0,3119	1,519
2	1,9638 (zoptymalizowana)	6	0,2487	1,534
3	2	10	0,3132	1,519
4	2	6	0,2491	1,534

Analizy przestrzenne rozkładu smugi odorów wykonano z zastosowaniem metody Ważonych Odwrotności Odległości (*Inverse Distance Weighted*). Przed przystąpieniem do obliczeń przy zastosowaniu interpolacji IDW niezbędnym było oszacowanie parametrów takich jak wartość potęgi (wagi), liczba sąsiadów oraz promień wyszukiwania [2]. W przypadku zastosowanej metody IDW obliczenia przeprowadzono dla zoptymalizowanej wartości potęgi, zmiennego promienia wyszukiwania i 6 oraz 10 sąsiadów. Przy tych parametrach błędy interpolacji mieściły się w granicach wiarygodności wyników i były najniższe.

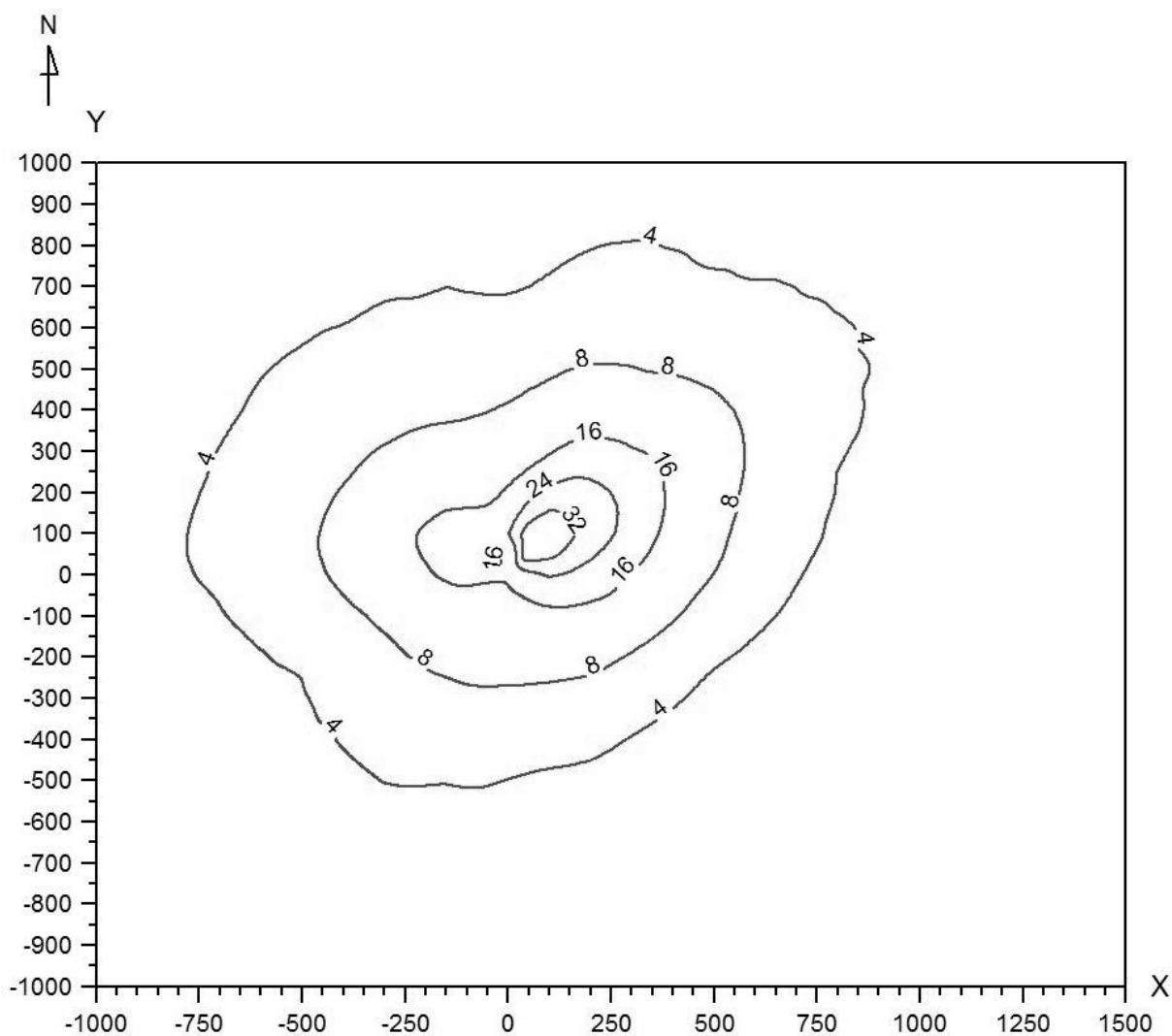
Przykłady wariantów uzyskanych dla danych 14 oraz 15 lipca przedstawiono w tabeli 2.

3. Wyniki badań i ich dyskusja

Na rys. 1 i 2 przedstawiono rozkłady stężeń średniorocznych oraz częstości przekroczeń uzyskanych przy zastosowaniu programu OPERAT.



Rys. 11. Średnioroczne stężenia zapachowe, ou_E/m^3



Rys. 2. Częstość przekroczeń wartości dopuszczalnej stężenia zapachowego, %

Wyniki badań modelowych w odniesieniu do stężeń średniorocznych o wartościach $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ wskazują na zapachowe oddziaływanie zakładu w odległości około 400 m od jego granic. Analiza częstości przekroczeń wartości $1 \text{ ou}_E/\text{m}^3$ wskazuje na występowanie przekroczeń stężeń maksymalnych w czasie 8% godzin w ciągu roku oraz oddziaływanie w odległości o promieniu ok. 600 m od zakładu (wartości stężeń wg *Projektu Ustawy* przyjęte do 31.12.2012 r. [8]).

Na rys. 3 oraz 4 przedstawiono przykładowe wyniki interpolacji intensywności zapachu wokół wybranego zakładu dla wybranych dni pomiarowych (14 oraz 15 lipca 2009).



Rys. 3. Wyniki interpolacji intensywności zapachu uzyskane przy zastosowaniu metody IDW dla pomiarów wykonanych 14 lipca 2009 [2]

Z przeprowadzonych obliczeń można wywnioskować, że największa uciążliwość zapachowa w dniu 14 lipca wystąpiła w punktach pomiarowych znajdujących się w odległości ok. 400 m na północ od zakładu. Wyniki obliczeń przeprowadzone dla pozostałych dni pomiarowych wskazują natomiast na zasięg oddziaływania zapachu w odległości ok. 300 m na południowy-wschód i ok. 700 m na południowy-zachód od zakładu (15 lipca 2009), oraz 1000 m na południowy-wschód od zakładu (16 lipca 2009), czyli na znacznie dalsze odległości, niż te uzyskane przy zastosowaniu modelu referencyjnego.



Rys. 4. Wyniki interpolacji intensywności zapachu uzyskane przy zastosowaniu metody IDW dla pomiarów wykonanych 15 lipca 2009

4. Podsumowanie

Stosowany w Polsce model referencyjny umożliwia badanie zjawiska rozprzestrzeniania odorów. Jednak na bazie wejściowych danych meteorologicznych uśrednionych dla wielolecia – jego zastosowanie do opisu krótkoterminowych zmian stężeń zapachu może być niemożliwe. Do tych celów można zastosować m.in. badania terenowe oraz metody geostatystyczne.

Do głównych zalet pomiarów terenowych oraz zastosowania metody IDW należą ich prostota oraz uzyskanie informacji nt. krótkoterminowych zmian oraz charakteru zjawiska rozprzestrzeniania się smugi odorowej przy konkretnej sytuacji meteorologicznej. Jest to dość istotne, zwłaszcza w przypadku konieczności określenia epizodów i nieciągłych, niekontrolowanych emisji odorów, które mogą być szczególnie uciążliwe oraz mogą przyczyniać się do zmniejszenia komfortu życia mieszkańców na terenach położonych wokół wybranych źródeł emisji odorów. Przy zastosowaniu metody IDW uzyskuje się wiarygodne wyniki, przy jednoczesnym zachowaniu wartości próbek. Jedną z ważniejszych cech jest właściwość nie przekraczania wartości interpolowanych, co jest to istotne na przykład z punktu widzenia pomiarów, w których stosowana jest ścisła skala liczbowa (np. określona skala intensywności zapachu).

Literatura

1. Longley A., Goodchild M.F., Maguire D.J.: GIS. Teoria i praktyka, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2006.
2. Sówka I.: Metody identyfikacji odorotwórczych gazów emitowanych z obiektów przemysłowych. Prace Naukowe Instytutu Inżynierii Ochrony Środowiska Politechniki Wrocławskiej. Nr 90, seria Monografia nr 55. Wrocław 2011.
3. PN-EN 13725, Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej, 2007.
4. VDI 3880- Draft: Olfactometry - Static sampling. Berlin, Beuth Verlag, 2009.
5. VDI 3940: Determination of odorants in ambient air by field inspections, part I: Measurement of odour impact by field inspection - Measurement of the impact frequency of recognizable odours - Grid measurement, 2006.
6. Neumann M.: Modelowanie jakości zapachowej powietrza atmosferycznego, Przegląd komunalny, 2005, Vol. 11, nr 170, 114-118.
7. Sówka I., Skrętowicz M., Nych A., Zwoździak P., Zwoździak J.: Porównanie przydatności dokładności metod geostatycznych w ocenie stopnia uciążliwości zapachowej zakładu przemysłowego, Przemysł Chemiczny 2012, 91/5, 1000-1004.
8. Projekt ustawy „Ustawa o przeciwdziałaniu uciążliwości zapachowej”, 27.02.2009.

Praca zrealizowana w ramach projektu „Przedsiębiorczy doktorant – inwestycja w innowacyjny rozwój regionu”.

Projekt finansowany z funduszy europejskich – program operacyjny Kapitał ludzki, Priorytet VIII Regionalne Kadry gospodarki, działanie 8.2. Transfer wiedzy, Poddziałanie 8.2.2. Regionalne Strategie Innowacji

