

SENSORYCZNE METODY OZNACZANIA EMISJI ZANIECZYSZCZEŃ POWIETRZA

Joanna Kośmider, Beata Krajewska

*Politechnika Szczecińska, Wydział Technologii i Inżynierii Chemicznej, Instytut
Inżynierii Chemicznej i Procesów Ochrony Środowiska, Al. Piastów 42, Szczecin,
tel.: 091 449 45 19, fax: 091 449 46 20, email: jakos@ps.pl*

Wprowadzenie

Zapachowa uciążliwość źródeł odorantów może być przewidywana na podstawie wyników pomiarów emisji zapachowej (q_{od} [ou/s]), czyli iloczynu strumienia emitowanych gazów i zapachowego stężenia odorantów (c_{od} [ou/m³]). Oznaczenia stężenia zapachowego polegają na określaniu, w jakim stopniu trzeba rozcieńczyć badaną próbkę czystym powietrzem, aby zapach przestał być wyczuwany przez połowę grupy ludzi reprezentatywnej dla populacji ogólnej lub określonej populacji standardowej [1-3].

Zgodnie z normą europejską [2] pomiary stężeń zapachowych w strumieniach emisji zorganizowanej powinny być wykonywane metodą rozcieńczeń dynamicznych, z użyciem urządzeń rozcieńczających spełniających wymienione w normie kryteria.

Norma EN 13725 nie dotyczy źródeł niezorganizowanej emisji zanieczyszczeń powietrza oraz wszystkich sytuacji, w których niezbędne jest określenie małych stężeń zapachowych (np. kilka-kilkanaście jednostek zapachowych w metrze sześciennym). W wielu tego typu sytuacjach użyteczne są metody statycznego rozcieńczania próbek badanego gazu i oceny ich zapachu metodami różnicowymi (np. *triangle odour bag method* [4-6]). Stężenia zapachowe mogą być również obliczane z odpowiednich równań psychofizycznych – np. równania Webera-Fechnera – na podstawie wyników skalowania intensywności zapachu [1]. Wymaga to wcześniejszego empirycznego wyznaczenia współczynnika Webera-Fechnera. W ostatnich latach pojawiła się dodatkowo możliwość wykorzystania olfaktometru terenowego *Nasal Ranger* [7-8].

Celem niniejszej pracy było porównanie wyników pomiarów stężenia zapachowego w powietrzu fermy nerek (stężenia odorantów < 100 ou/m³), uzyskanych z użyciem olfaktometru dynamicznego spełniającego wymagania EN

13725 i olfaktometru terenowego *Nasal Ranger* oraz metodą ekstrapolacyjną, z wykorzystaniem prawa Webera-Fechnera.

Metodyka pomiarów

Oznaczano stężenie zapachowe w powietrzu wnętrza pawilonu fermy nerek, zlokalizowanej około 30 km od Szczecina. Z użyciem *Nasal Ranger* wykonano pomiary bez pobierania próbek – w bezpośrednim otoczeniu klatek z norkami (rys.1). Zastosowanie pozostałych metod pomiarów wymagało pobrania próbki. Została pobrana do worka z folii *Nalophan* o pojemności około 50 dm³ „metodą płuca” z użyciem cylindra gazowego (*Sampling System E*, Stroehlein). Przed ostatecznym pobraniem próbki folię starannie kondycjonowano, przez kilkakrotne napełnianie i opróżnianie worka.

Pomiary sensoryczne wykonywał czteroosobowy zespół oceniających (trzy kobiety i jeden mężczyzna, wiek: 21-29 lat). Węchowa wrażliwość oceniających na standardowy odorant – n-butanol – nie była weryfikowana.



Rys. 1. Cylinder gazowy stosowany podczas pobierania próbek i uczestnik pomiarów z olfaktometrem *Nasal Ranger*

Strumień wdychany przez *Nasal Ranger* jest mieszaniną strumieni powietrza badanego i powietrza rozcieńczającego – oczyszczonego w filtrze z węglem aktywnym. Możliwe jest regulowanie wielkości obu strumieni – ustawienie proporcji 1:2, 1:4, 1:7, 1:15, 1:30 i 1:60.

W czasie badań wykonanych obok klatek oceniający rozpoczynali pomiar od ustawienia proporcji 1:60, co powinno gwarantować brak zapachu (stopień rozcieńczenia Z_{NIE}). Stopień rozcieńczenia badanego strumienia stopniowo zwiększa się (kolejne rozcieńczenia Z_{NIE}) do chwili stwierdzenia, że zapach jest już wyczuwalny (pierwsze Z_{TAK}). Za stopień rozcieńczenia do indywidualnie

oszacowanego progu (Z_{ITE}) jest uznawana średnia geometryczna z ostatniej wartości Z_{NIE} i pierwszej wartości Z_{TAK} .

Oznaczenia stężenia zapachowego w próbce pobranej do worka z folii *Nalophan* wykonano dwiema metodami po jej przewiezieniu do laboratorium w Szczecinie (Pracownia Zapachowej Jakości Powietrza PS), po mniej niż ośmiu godzinach od pobrania.

W celu wyznaczenia stężenia zapachowego metodą ekstrapolacyjną część badanej próbki podstawowej rozcieńczono metodą statyczną (z użyciem strzykawek Hamilton o pojemności 500 cm^3), otrzymując próbki rozcieńczone trzy-, dziewięć- i dwudziestosiedmiokrotnie. Zespół oceniających określał intensywność zapachu próbki podstawowej i próbek rozcieńczonych stosując *n*-butanolową skalę wzorców, otrzymaną przez stopniowe rozcieńczanie roztworu podstawowego z zachowaniem stałego kroku $7/20$ (rys.2) [1]. Wyznaczono parametry równań Webera-Fechnera opisujących zależności intensywności zapachu próbek (S_Z) od stopnia rozcieńczenia (Z):

$$S_Z = S_0 - k_{W-F} \cdot \log Z \quad (1)$$

Wartości rozcieńczenia do indywidualnie oszacowanego wartości progu wyczuwalności (Z_{ITE}), obliczono zakładając, że: $Z = Z_{ITE}$, gdy $S_Z = 0$:

$$Z_{ITE} = 10^{\frac{S_0}{k_{W-F}}} \quad (2)$$

Stężenie zapachowe (c_{od} [ou/m^3]) obliczano jako średnią geometryczną ze zbioru wartości Z_{ITE} , określonych przez czterech członków zespołu.

Podczas pomiarów wykonywanych metodą olfaktometrii dynamicznej korzystano z olfaktometru czterostanowiskowego (rys. 2), umożliwiającego naprzemienną prezentację strumienia rozcieńczonej próbki i powietrza odniesienia.



Rys. 2. n-Butanolowa skala intensywności zapachu oraz grupa oceniających przy olfaktometrze TO7

W jednym cyklu wszystkim oceniającym jest prezentowana seria malejących rozcieńczeń. Jest programowana przez operatora tak, aby podczas pierwszej prezentacji udzielono 100% odpowiedzi NIE (Z_{NIE} , zapach próbki nie

różni się od zapachu powietrza odniesienia). Podczas dwóch ostatnich prezentacji strumienia rozcieńczonej próbki wszyscy oceniający powinni czuć zapach (100% Z_{TAK}). Kontrolę sprawności sensorycznej i rzetelności oceniających umożliwia rejestrowanie odpowiedzi TAK, sygnalizowanych podczas prezentacji „ślepych prób” oraz powietrza odniesienia. Podczas badań każda seria rozcieńczeń zawierała 20% ślepych prób (miejsce w serii rozcieńczeń wybierane losowo).

Stężenie zapachowe oznaczono na podstawie wyników trzech cykli.

Wyniki

Wyniki oznaczeń stężenia zapachowego c_{od} [ou/m³], wykonanych trzema metodami, zestawiono w tabeli 1.

Duże różnice między wartościami rozcieńczeń do progu oszacowanego indywidualnie przez poszczególnych członków zespołu z użyciem *Nasal Ranger* mogą być spowodowane dwoma czynnikami: różnicami sensorycznej sprawności oceniających oraz zmianami stężenia zapachowego w pawilonie w czasie pomiarów (pomiaru nie były wykonywane w tym samym czasie). Na istotne znaczenie pierwszego czynnika wskazuje porównanie z wynikami uzyskanymi z użyciem olfaktometru TO7. Jest prawdopodobne, że oceniający 4 czułby zapach nawet po dwóch lub trzech kolejnych krokach rozcieńczenia: 1:120, 1:240, ... (poza zakresem pomiarowym urządzenia). Uwzględnienie tych założeń podczas obliczania stężenia zapachowego c_{od} [ou/m³] prowadzi do wniosku, że może się ono mieścić w zakresie 40-60 ou/m³.

Tabela 1. Wyniki oznaczeń stężenia zapachowego

Oceniający	NASAL RANGER				EKSTRAPOLACJA		TO7	
	Z_{NIE}	Z_{TAK}	Z_{ITE}	c_{od} [ou/m ³]	Z_{ITE}	c_{od} [ou/m ³]	Z_{ITE} śr.	c_{od} [ou/m ³]
1	30	15	21	42* 50** 60***	127	97	72	95
2	30	15	21		42		28	
3	120	60	85*		57		113	
4	120	60	85*		289		359	
	240	120	170**					
	480	240	340***					

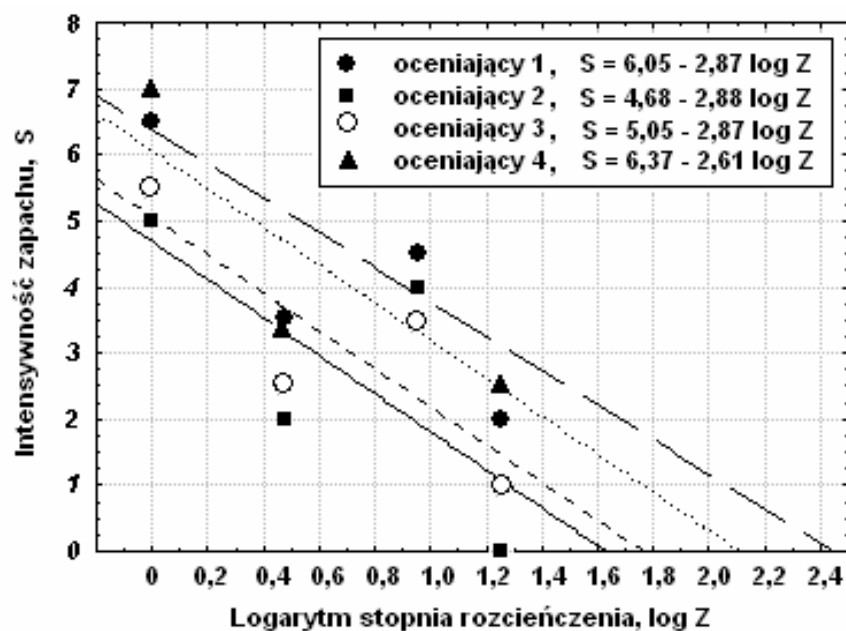
Objaśnienie: *) - wartość poza zakresem pomiarowym przyrządu ($Z_{maks}=60$), oszacowana na podstawie założenia, że po rozcieńczeniu 1:120 oceniający 3 i 4 nie czułby zapachu, **) wartość oszacowana na podstawie założenia, że oceniający 4 nie czułby zapachu po rozcieńczeniu 1:240, ***) wartość oszacowana na podstawie założenia, że oceniający 4 nie czułby zapachu po rozcieńczeniu 1:480.

Dokonane założenia przybliżają wynik pomiaru dokonanego z użyciem *Nasal Ranger* do wartości c_{od} [ou/m³] uzyskanych podczas badań próbki przewiezionej do laboratorium (metodą ekstrapolacyjną i z użyciem TO7).

Wartości Z_{ITE} , wyznaczone metodą ekstrapolacyjną mieszczą się w zakresie około 40-290 ou/m³. Zostały obliczone z wykorzystaniem zależności

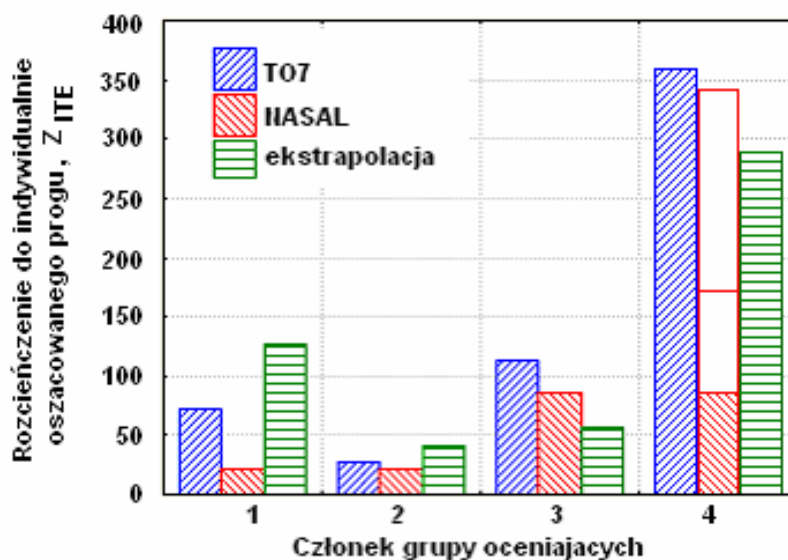
intensywności zapachu (S) od logarytmu rozcieńczenia ($\log Z$), przedstawionych na rysunku 3. Średnia geometryczna z tych wartości – stężenie zapachowe – wynosi $c_{od} = 97 \text{ ou/m}^3$, co niemal dokładnie odpowiada wartości wyznaczonej metodą olfaktometrii dynamicznej (TO7).

Zestawienie wyników oznaczeń indywidualnych oszacowań Z_{ITE} przez czterech oceniających trzema opisanymi metodami przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 3.

Zależności intensywności zapachu (S) od stopnia rozcieńczenia próbki (Z), wyznaczone na podstawie indywidualnych ocen sensorycznych (skalowanie S)



Rys. 4. Zestawienie indywidualnych oszacowań Z_{ITE} przez czterech oceniających

Wnioski

1. Ekstrapolacyjna metoda oznaczeń stężenia zapachowego umożliwia otrzymanie wyników zgodnych z uzyskiwanymi metodą olfaktometrii dynamicznej. Może być użyteczna w sytuacjach, w których wykorzystanie stacjonarnych olfaktometrów dynamicznych jest kłopotliwe lub niemożliwe.
2. Rezultaty porównania wyników uzyskanych z użyciem olfaktometru dynamicznego TO7 i *Nasal Ranger* są niejednoznaczne ze względu na zbyt wąski zakres pomiarowy olfaktometru terenowego. Wewnątrz pawilonu fermy norek stężenie zapachowe stosunkowo oceniano jako większe od górnej granicy tego zakresu. Przekroczenie poziomu 60 ou/m^3 było sygnalizowane w około 15% przypadków. Nie jest wykluczone, że kontynuacja porównawczych badań w warunkach, w których nie wystąpią przekroczenia tego poziomu pozwoli potwierdzić zgodność wyników uzyskiwanych oboma metodami.

Piśmiennictwo

1. Kośmider J., Mazur-Chrzanowska B., Wyszyński B.: *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
2. EN 13725:2003, PN-EN 13725 (U):2005: *Odour quality. Determination of odour concentration by dynamic olfactometry*.
3. Kośmider J., Krajewska B.: *Normalizacja olfaktometrii dynamicznej. Podstawowe pojęcia i jednostki miar*. Normalizacja 1, 15–22, 2005.
4. Ueno H., Higuchi M., Tatsuichi S., Iwasaki Y., Nishikawa J.: Effect of panel performance on olfactometry, Environmental Odour Management, Cologne, 18th November 2004.
5. Nagata Y., Takeuchi N.: Measurement of odor threshold by triangle odor bag method. Bulletin of Japan Environmental Sanitation Center 17, 77-89, 1990.
6. Iwasaki Y., Ishiguro T: *Measurement of odor by triangle odor bag method (I)*. Japan Society Atmospheric Environment 13 (6), 34-39, 1978.
7. Charles M. McGinley (St. Croix Sensory, Inc): *Standardized Odor Measurement Practices for Air Quality Testing*. Symposium on Air Quality Measurement. Methods and Technology—2002, November 13-15, San Francisco 2002.
8. *A Detailed Assessment of The Science and Technology of Odor Measurement*; pp 69, Prepared by: St. Croix Sensory, Inc., 30 June 2003; P.O. Box 313, 3549 Lake Elmo Ave. N. Lake Elmo, MN 55042, 1-800-879-9231; stcroix@fivesenses.com (<http://www.pca.state.mn.us/publications/p-gen2-01.pdf>).