

Agnieszka GRZELKA, Izabela SÓWKA*

OCENA UDZIAŁU ŹRÓDEŁ POWIERZCHNIOWYCH W CAŁKOWITEJ EMISJI ODORÓW EMITOWANYCH PODCZAS WYBRANYCH PROCESÓW PRODUKCJI CUKRU

Cukrownie są obiektami przemysłowymi, które mogą stanowić przyczynę skarg ludności zamieszkującej tereny do nich przyległe na generowaną przez nie nadmierną uciążliwość zapachową. Na wielkość emisji z zakładów mogą mieć wpływ zarówno procesy produkcyjne i operacje im towarzyszące oraz poprodukcyjne procesy w zakresie gospodarki wodno-ściekowej, w tym magazynowanie ścieków oraz osadów. W pracy dokonano oceny wielkości stężeń zapachowych oraz określono emisję związków złoŹonnych ze źródeł punktowych i powierzchniowych z wybranych instalacji produkcji cukru. Z przeprowadzonej analizy wynika dominujący udział emisji odorów ze źródeł powierzchniowych.

1. WPROWADZENIE

W ostatnich dziesięcioleciach przemysł cukrowniczy stracił swoją pozycję branży strategicznej dla polskiej gospodarki, jednak produkcja cukru nadal stanowi istotną gałąź przemysłu w Polsce [4]. Na popyt na cukier składa się konsumpcja bezpośrednia w gospodarstwach domowych i zużycie w przetwórstwie żywności [3]. W Polsce roczne zużycie cukru przypadające na jednego mieszkańca od kilku lat kształtuje się na poziomie ok. 14–14,5 kg. Pod względem ilości produkowanego cukru, Polska plasuje się na trzecim miejscu w odniesieniu do innych państw członkowskich UE. Produkcja cukru w kampanii cukrowniczej 2014/2015 we wszystkich krajowych cukrowniach wyniosła ponad 2 miliony ton i wykorzystano do niej 13 milionów ton buraków cukrowych. Wielkość produkcji była większa w stosunku do poprzednich lat [6].

Rynek cukru w Polsce jest normowany przez narzucane przez Komisję Europejską kwoty produkcji cukru, których zadaniem jest utrzymywanie wielkości jego produkcji

* Politechnika Wroclawska, Wydział Inżynierii Środowiska, Wybrzeże S. Wyspiańskiego 27, 50–370 Wrocław, 186555@student.pwr.edu.pl

na opłacanym poziomie oraz poprawa konkurencyjności rynku cukru UE w stosunku do rynku światowego [3]. W Tabeli 1. zostały przedstawione aktualnie obowiązujące kwoty produkcji cukru dla poszczególnych państw członkowskich UE. Kwota obowiązująca dla Polski jest trzecią pod względem wielkości w porównaniu do pozostałych członków [13].

Tabela 1. Kwoty produkcji cukru obowiązujące dla państw członkowskich UE [13]

Państwo	Kwota, ton/rok
Francja	3 437 031
Niemcy	2 898 256
Polska	1 405 608
Wielka Brytania	1 056 474
Holandia	804 888
Belgia	676 235
Włochy	508 379
Hiszpania	498 480
Republika Czeska	372 459
Dania	372 383
Austria	351 027
Szwecja	293 186
Chorwacja	192 877
Grecja	158 702
Słowacja	112 320
Węgry	105 420
Rumunia	104 689
Litwa	90 252
Finlandia	80 999
Portugalia	9 953
Razem UE-28	13 529 618

Nadzorowaniem wywozu cukru pozakwotowego zajmuje się Agencja Rynku Rolnego. W roku 2014 Polska wyeksportowała 460 tys. ton cukru, z czego 311 tys. ton trafiło do odbiorców z UE. Głównym nabywcą polskiego cukru były Niemcy. Powodem, przez który znaczna większość eksportu skierowana jest na kraje unijne są istotnie wyższe ceny skupu produktu niż w przypadku innych państw. Z kolei import cukru do Polski w 2014 r. wyniósł 204 tys. ton i większa jego część, ze względu na niższe ceny sprzedaży, pochodziła z krajów spoza UE. Największe ilości cukru Polska zakupiła od Sudanu i Niemiec [14]. W tabeli 2 zestawiono procentowy udział poszczególnych państw w imporcie i eksporcie cukru w Polsce.

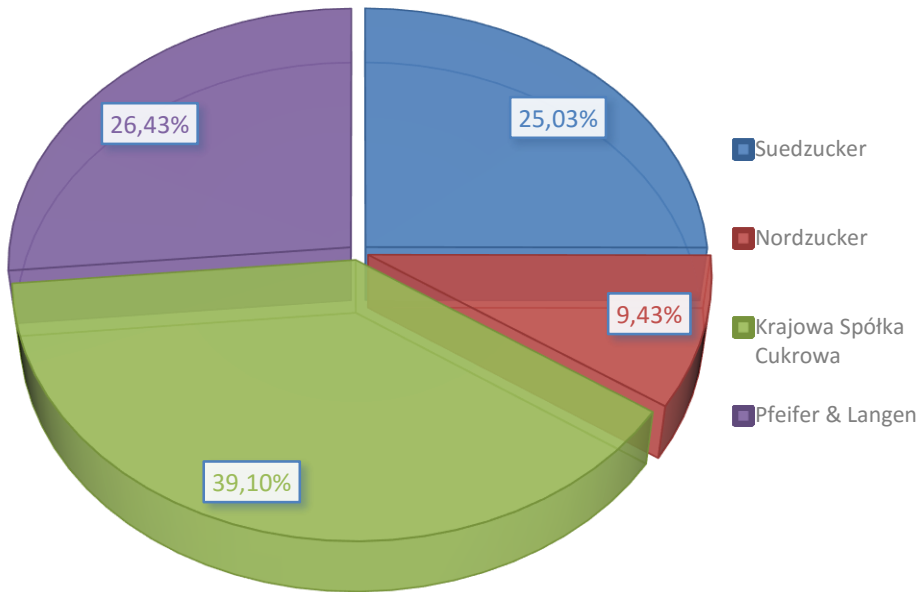
Tabela 2. Kierunki importu i eksportu cukru w Polsce [14]

Państwo	Udział w imporcie/eksporcie, %
Import	
Sudan	26
Niemcy	17
Mozambik	12
Zimbabwe	12
Francja	9
Litwa	5
Pozostałe kraje UE	13
Pozostałe kraje spoza UE	6
Eksport	
Niemcy	24
Izrael	9
Litwa	9
Kazachstan	8
Węgry	8
Słowacja	8
Czechy	6
Łotwa	5
Rosja	4
Pozostałe kraje UE	11
Pozostałe kraje spoza UE	8

Na terenie kraju funkcjonuje 18 cukrowni, podlegających pod cztery główne grupy kapitałowe, z których największy udział w rynku ma Krajowa Spółka Cukrowa S.A. W ramach spółki działa 7 zakładów produkcyjnych. Na rysunku 1 zaprezentowana procentowy udział grup kapitałowych w polskiej produkcji cukru w sezonie 2013/2014.

Cukrownie stają się często przyczyną uciążliwości zapachowych, które mogą skutkować pojawianiem się skarg ludności głównie ze względu na długi czas trwania procesów technologicznych i operacji realizowanych zarówno w okresie kampanii buraczanej, jak i sokowej. Ponadto, do powstawania nadmiernej emisji odorów przyczynia się także całoroczne magazynowanie osadów powstających podczas wstępnej obróbki surowca oraz ilość prowadzonych operacji i procesów, zmierzających do uzyskania produktu finalnego, jakim jest cukier.

W pracy dokonano przeglądu technologii produkcji cukru oraz oceny wielkości stężenia zapachowego z wybranych źródeł emisji w ciągu technologicznym produkcji cukru. Oceniono również udział emisji ze źródeł punktowych i powierzchniowych w emisji całkowitej odorów emitowanych podczas procesów produkcyjnych oraz gospodarki wodno-ściekowej i osadowej w zakładach produkcji cukru.



Rys. 1. Udział grup kapitałowych w produkcji cukru w Polsce w sezonie 2013/2014 [6]

2. CHARAKTERYSTYKA TECHNOLOGII PRODUKCJI CUKRU POD KĄTEM EMISJI ODORÓW

W Polsce surowcem, z którego pozyskuje się cukier krystaliczny są buraki cukrowe, które zawierają do 27% suchej masy, której około 20% stanowi sacharoza. W celu uzyskania cukru z buraków przeprowadza się ich ługowanie wodą, a w następnych etapach procesu produkcyjnego z powstałego roztworu uzyskuje się cukier. W ujęciu rocznym produkcję można podzielić na dwa okresy: kampanię cukrową, przebiegającą w ostatnim kwartale roku i kampanię sokową, trwającą w okresie od maja do czerwca [7, 10]. W trakcie przebiegu kampanii cukrowej dochodzi do emisji odorów w wyniku przebiegu różnych etapów procesu produkcyjnego. Stężenie zapachowe gazów, które są w tym czasie emitowane z cukrowni mieści się zwykle w szerokich granicach 30–1800 ou_E/m³, co może stanowić przyczynę skarg ludności na uciążliwość zapachową zakładu [11].

Procesy, które mają istotny wpływ na emisję uciążliwych zapachów z cukrowni można podzielić na procesy produkcyjne i operacje im towarzyszące oraz poprodukcyjne procesy związane z realizacją gospodarki wodno-ściekowej, w tym magazynowanie ścieków oraz osadów.

Pierwszym procesem technologicznym, który bardzo często jest przyczyną emisji odorów do atmosfery jest płukanie buraków. Na tym etapie buraki pozbawia się takich zanieczyszczeń, jak przylepiona do bulw gleba, pozostałości liści, czy nitkowate korzenie. Zanieczyszczenia te podlegają procesom gnilnym i rozkładowi materii organicznej, a odprowadzone w postaci np. popłuczyn do lokalnej (przemysłowej) oczyszczalni ścieków mogą przyczynić się do uwalniania odorów do powietrza [1, 7, 10].

Kolejnym elementem ciągu technologicznego produkcji cukru, który może powodować uciążliwość zapachową jest transport taśmowy wysłodków, które są produktem ubocznym powstającym w procesie ługowania, inaczej nazywanym wysładzaniem, którego celem jest wydobycie soku komórkowego z miąższu buraków. Wysłodki charakteryzują się specyficznym zapachem, który może być klasyfikowany przez ludzi jako nieprzyjemny.

Sok surowy, będący głównym produktem ługowania poddaje się następnie procesom defekacji. W związku z następującym w przebiegu procesu rozkładem związków azotowych, dochodzi do emisji amoniaku, który w wysokich stężeniach może wpływać na intensyfikację wrażeń węchowych i przyczynić się do negatywnego ich odbioru. W procesie defekacji do emisji zapachów może dochodzić także w wyniku rozkładu niecukrów, głównie amidów kwasowych i inwertu.

Oczyszczony sok po defekacji trafia do komór saturacji, w których odbywa się usunięcie nadmiaru wapna z roztworu. W trakcie trwania procesu saturacji również możliwe jest wydzielanie się amoniaku, szczególnie w przypadku przerobu nadgnitych buraków. W procesie produkcji cukru nadmierne ilości amoniaku mogą powstawać również w pompach próżniowych, które odpowiadają za wytwarzanie próżni w warnikach, w których odbywa się krystalizacja cukru. Próżnia powoduje odciąg gazów ze skraplaczy barometrycznych, a zanieczyszczone powietrze, zawierające amoniak, odprowadzane jest do atmosfery [1, 7, 10].

Źródłem emitującym zapachy do atmosfery przez cały rok są osadniki wód spławiających. Gromadzony jest w nich szlam, który zawiera glebę i drobne cząstki buraków. Procesy fermentacji beztlenowej, oraz tlenowego rozkładu materii organicznej, które przebiegają w osadnikach są przyczyną emisji nieprzyjemnych zapachów praktycznie przez cały rok. Uciążliwość nabiera mocy latem, w czasie występowania wysokich temperatur, dużego nasłonecznienia oraz przez kilka dni w okresie wiosennym, kiedy z osadników usuwany jest osad [5].

3. METODYKA BADAŃ

W celu określenia wielkości emisji odorów ze źródeł punktowych i powierzchniowych na terenie cukrowni dokonano poboru próbek w wyselekcjonowanych punktach zgodnie z metodyką opisaną w normach VDI 3880:2011 [12] i PN-EN 13725:2007 „Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej” [8]. Próbki pobierano do bezwonnych worków z PTFE, które wcześniej kondycjonowano. Pomiaru stężenia w próbkach dokonano w czasie nieprzekraczającym jednej doby od czasu ich poboru przy zastosowaniu olfaktometrii dynamicznej na olfaktometrze TO8 ECOMA. Zespół pomiarowy złożony był z czterech oceniających, wyselekcjonowanych zgodnie z zaleceniami normy PN-EN 13725:2007 i operatora. Zadaniem zespołu pomiarowego było sygnalizowanie, czy wyczuwają zapach w prezentowanym im strumieniu gazów. Gazy rozcieńczano bezwonnym powietrzem, a początkowe stężenie było dobrane w taki sposób, aby prezentowany zapach był niewyczuwalny. Rozcieńczenia prezentowano w sposób malejący, na jeden pomiar składały się 4 serie. Wśród prezentowanych próbek znajdowały się tzw. „ślepe próby”, które zamiast ocenianego zapachu prezentowały czyste, bezwonne powietrze. Uzyskane wyniki zostały obliczone w postaci średniej geometrycznej dla zespołu pomiarowego przez oprogramowanie komputerowe i wyrażone w europejskich jednostkach zapachowych w metrze sześciennym ou_E/m^3 (wymiarem stężenia zapachowego jest jednostka zapachowa ou - *odour unit* odniesiona do jednego m^3). Do analiz wykorzystano również wyniki stężenia zapachowego oraz wartości emisji dostępnych z wcześniejszych wyników badań przeprowadzonych w wybranych Zakładach produkcji cukru [5, 9, 11]. Wartości stężenia zapachowego ocenione zostały dla kilku procesów technologicznych na podstawie pomiarów z sześciu źródeł punktowych (E1-E6) oraz szesnastu źródeł powierzchniowych (E7-E22). W celu oceny udziału poszczególnych źródeł (punktowych i powierzchniowych) w całkowitej emisji zapachu emisje jednostkowe z analizowanych źródeł powierzchniowych (ou_E/m^2s) przeliczono na strumień emisji zapachu (ou_E/s).

4. WYNIKI BADAŃ I ICH DYSKUSJA

Na terenie badanych instalacji wyselekcjonowanych zostało 6 potencjalnych źródeł punktowych oraz 16 źródeł powierzchniowych, mogących mieć istotny wpływ na wartość całkowitej emisji odorów z procesów produkcji cukru. Zestawienie uzyskanych wartości stężenia zapachowego oraz całkowitej wartości emisji dla wyselekcjonowanych źródeł zestawiono w tabeli 3.

Z przeprowadzonej analizy danych wynika iż udział emisji odorów z procesów produkcji cukru oraz instalacji towarzyszących (E1-E6) obejmujących m.in. procesy saturacji oraz defekacji w całkowitej emisji z cukrowni wyniósł niespełna 16 %. Jako źródła

emisji zapachów z 84% udziałem w emisji całkowitej zapachu z badanych instalacji zidentyfikowano źródła powierzchniowe (E7-E22) związane przede wszystkim z gospodarką wodno-ściekową oraz osadową. Ewentualne przedsięwzięcia mające na celu ograniczenie emisji odorów z zakładów produkcji cukru, głównie za względu na odkryty charakter powierzchni, powinny zatem uwzględnić rozwiązania techniczno-technologiczne dla tego typu grupy źródeł.

Tabela 3. Zestawienie wartości stężenia zapachowego oraz całkowitej emisji odorów ze źródeł punktowych oraz powierzchniowych

Źródło emisji	Stężenie zapachowe, ouE/m ³	Całkowita emisja zapachu, ouE/s
Źródła punktowe		
E1	2705	5950
E2	2705	3922
E3	183904	382520
E4	197033	204914
E5	20786	777
E6	38	6
Źródła powierzchniowe		
E7	1579	376
E8	69	229
E9	63	311
E10	10048	354861
E11	10048	709722
E12	160	4807
E13	2083	65400
E14	2083	43600
E15	2083	125350
E16	153	24000
E17	153	36000
E18	153	37000
E19	2083	827119
E20	2083	978875
E21	1281	2765
E22	8980	2443

5. PODSUMOWANIE

Procesy produkcyjne mogą być istotnymi źródłem emisji odorów przyczyniając się do obniżenia jakości zapachowej powietrza. W wyniku ich realizacji powstają również ścieki i osady, których powstawanie i magazynowanie może również przyczyniać się

do powstawania emisji zapachów. Ze względu na to iż w gospodarce wodno-ściekowej dominujący udział mają otwarte źródła powierzchniowe emitowane zapachy mogą znacząco wpływać na zapachową jakość powietrza na obszarach przyległych do zakładów produkcyjnych, szczególnie w okresach wysokich temperatur oraz warunków stagnacyjnych w atmosferze. Istotnym jest zatem aby w ocenie zapachowego oddziaływania oraz planowanych działaniach ograniczających emisję odorów uwzględniać nie tylko emisje ze źródeł punktowych, ale również powierzchniowych, które m.in. ze względu na zajmowane rozległe powierzchnie mogą stanowić znaczący udział w emisji całkowitej zapachu z obiektu przemysłowego.

LITERATURA

- [1] DOBRZYCKI J., *Automatyzacja w przemyśle cukrowniczym*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1991.
- [2] DOBRZYCKI J., *Chemiczne podstawy technologii cukru*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 1984.
- [3] HRYSZKO K., SZAJNER P., *Sytuacja na światowym rynku cukru i jej wpływ na możliwości uprawy buraków cukrowych w Polsce*, Konkurencyjność Polskiej Gospodarki Żywnościowej w Warunkach Globalizacji i Integracji Europejskiej, Warszawa 2013.
- [4] KONDRATKIEWICZ T., *Determinanty rozwoju przemysłu cukrowniczego*, Barometr regionalny, 2008, Vol. 13, No. 3, 65–75.
- [5] KOŚMIDER J., MAZUR-CHRZANOWSKA B., WYSZYŃSKI B., *Odory*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa 2002.
- [6] MUCHA M., *Wyniki kampanii cukrowniczej 2014/2015*, Burak cukrowy, 2015, No. 2, 12–13.
- [7] NIKIEL S., *Cukrownictwo*, WSiP, Warszawa 1996.
- [8] Norma PN-EN 13725: Jakość powietrza. Oznaczanie stężenia zapachowego metodą olfaktometrii dynamicznej.
- [9] SÓWKA I., *Ocena zasięgu oddziaływania zapachowego zakładu przemysłowego na przykładzie wybranej cukrowni*, Ochrona Środowiska, 2011, Vol. 33, No. 1, 31–34.
- [10] SZAŁATA Ł., ZWOŹDZIAK J., CUSKE M., KWIECIŃSKA K., MAŃCZAK M., SÓWKA I., PACHURKA Ł., BEZYK Y., MILLER U., SOBCZYŃSKI P., *Przegląd ekologiczny dla Cukrowni*, listopad 2015.
- [11] SZYŃKOWSKA M.I., ZWOŹDZIAK J., *Współczesna problematyka odorów*, Wydawnictwo Naukowo-Techniczne, Warszawa 2010.
- [12] VDI guidelines - 3880, Olfactometry - Static sampling. 2009. Berlin, Beuth Verlag.
- [13] www.ec.europa.eu/agriculture/markets-and-prices/market-statistics/pdf/2014/d03-1-43_en.pdf Data pobrania pliku: 14.03.2016.
- [14] www.pigmiur.pl/plik,1039,miesieczna-02-15-cu-pdf.pdf. Data pobrania pliku: 18.02.2016.

EVALUATION OF CONTRIBUTION OF AREA SOURCES IN TOTAL ODOR EMISSIONS FROM SOME SUGAR PRODUCTION PROCESS

Sugar factories are industrial facilities that may be the cause of the odor nuisance complaints of the population living in areas adjacent to them. On the total emission value from industrial plants can influence,

both, production processes and operations and the accompanying post-production processes in the term of water and wastewater management, including storage of wastewater and sludge. The paper presents an assessment of odor concentrations and emissions values from point and area sources of the selected sugar production plants. The analysis shows dominant contribution of odor emissions from area sources.