

Robert Oleniacz*, Lidia Rusztowicz*

Wpływ dużej spalarni odpadów przemysłowych i niebezpiecznych na jakość powietrza**

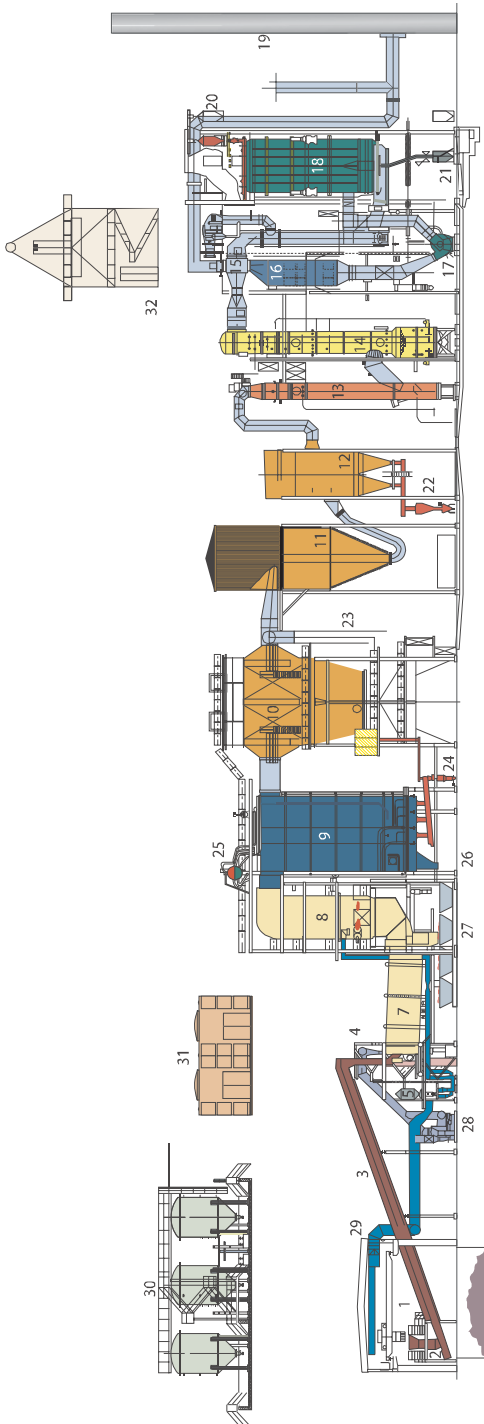
1. Wstęp

Spalanie odpadów jest zaliczane do termicznych metod przekształcania odpadów, znajdujących swoje umocowanie m.in. w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady 2000/76/EC z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów (OJ No L 332, 28.12.2000, p. 91) oraz ustawie z dnia 27 kwietnia 2001 r. o odpadach (Dz.U. z 20.06.2001 r., Nr 62, poz. 628). Mimo to próby stosowania tej metody często wywołują liczne protesty wynikające głównie z obaw przed jej zbyt negatywnym oddziaływaniem na środowisko (głównie jakość powietrza). Funkcjonująca instalacja spalania odpadów nie jest oczywiście obojętna dla otoczenia, a większe obiekty tego typu są zaliczane do instalacji mogących powodować znaczne zanieczyszczenie poszczególnych elementów przyrodniczych albo środowiska jako całości, których prowadzenie wymaga pozwolenia zintegrowanego w myśl art. 201 ust. 1 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. z 20.06.2001 r., Nr 62, poz. 627).

Obowiązujące przepisy prawne związane z niezbędnym wyposażeniem i prowadzeniem instalacji do spalania odpadów (w tym też spalarni odpadów niebezpiecznych) oraz wydawane na ich podstawie decyzje administracyjne powinny jednak gwarantować bezpieczne funkcjonowanie tego typu instalacji, w tym też ograniczenie do minimum uciążliwości wynikających z nieuniknionych emisji do środowiska. Instalacje spełniające te wymagania, a zwłaszcza wymogi najlepszych dostępnych technik (BAT) [3] oraz posiadające właściwą lokalizację, nie są z reguły nadmiernie uciążliwe dla środowiska bez względu na ich przeznaczenie (rodzaj spalanych odpadów), zdolność przerobową i stopień wykorzystania [11]. W artykule zaprezentowano główne wyniki oceny teoretycznego wpływu na jakość powietrza jednej z największych spalarni odpadów przemysłowych i niebezpiecznych funkcjonujących w Polsce.

* Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza, Kraków

** Artykuł powstał w ramach badań władnych AGH nr 10.10.150.840



Rys 1. Schemat instalacji do spalania odpadów przemysłowych i niebezpiecznych SARPI Dąbrowa Górnicza:

1 – hala przyjęć i przygotowania odpadów, 2 – podajnik płytowy z wibratorem, 3 – taśmociąg główny, 4 – układ służący załadunkowy, 5 – podawanie zużytego węgla aktywnego, 6 – płyta czotowa z układem palników i lanc, 7 – piec obrotowy, 8 – komora dopalania, 9 – kocioł odzysknicowy, 10 – elektrofiltr, 11 – suszarnia rozpyłowa, 12 – filtr workowy, 13 – płuczka HCl, 14 – płuczka HCl, 15 – podgrzewacz spalin, 16 – katalizator SCR, 17 – wentylator główny, 18 – filtr z węglem aktywnym, 19 – komin, 20 – końcowy odcinek kanału spalinowego (zamontowany układ analizatorów spalin)/wyprowadzenie spalin z filtra węgla aktywnego, 21 – wyładunek zużytego węgla aktywnego, 22 – transport pyłu z filtra workowego, 23 – bypass (turociąg rozruchowy), 24 – transport pyłu z kotła i elektrofiltra, 25 – walczak kotła 26 – walczak kotła 26 – transport pyłu z 1 i 2 sekcji kotła, 27 – transport żużla spod pieca obrotowego i komory dopalania, 28 – układ wentylatorów powietrza spalania, 29 – układ odsysania oparów z hali, 30 – taca odpadów ciekłych, 31 – magazyn KTC, 32 – turbogenerator i kondensator pary

2. Charakterystyka obiektu badań

Obiektem badań była spalarnia odpadów SARPI Dąbrowa Górnicza Sp. z o.o., przejęta w 2005 r. od Lobbe Dąbrowa Górnicza Sp. z o.o. przez francuską firmę SARP INDUSTRIES/ONYX należącą do koncernu Veolia Environnement. Instalacja ta, wybudowana pierwotnie przez firmę Steinmüller, została przeniesiona z Böhlen k. Lipska (Niemcy), gdzie pracowała tylko przez 16 miesięcy, ponieważ inwestor zrezygnował z jej użytkowania.

Demontaż i przenoszenie instalacji rozpoczęto w drugiej połowie 2000 r., a jej rozruch po ponownym montażu w Dąbrowie Górniczej miał miejsce na przełomie 2002 i 2003 r. Spalarnia ta, oparta na piecu obrotowym o zdolności przerobowej 3 Mg/h, zastąpiła funkcjonującą wcześniej w tym miejscu mniejszą instalację pieca obrotowego i półkowego [7–9].

Aktualnie instalacja ta składa się z następujących urządzeń i obiektów (rys. 1) [1, 15]:

- piec obrotowy (z mokrym odzuszaczem) umożliwiający spalanie wielu rodzajów odpadów stałych, półpłynnych (pastowanych) i ciekłych, w tym też niebezpiecznych;
- komora dopalania spalin;
- system urządzeń do odzysku ciepła i produkcji energii elektrycznej (kocioł odzysknicowy, wymienniki ciepła, turbogenerator);
- układ oczyszczania i odprowadzania spalin, który tworzą:
 - elektrofiltr dwusekcyjny (odpylanie wstępne),
 - dozowanie czterosiarczku sodu (Na_2S_4) w celu związania rtęci w postaci trudno rozpuszczalnych siarczków,
 - suszarka rozpyłowa, zasilana zneutralizowanymi ściekami pochodzącymi z płuczek HCl i SO_2 (schłodzenie spalin i odparowanie nadmiaru cieczy płuczających),
 - filtr workowy czterosekcyjny (zatrzymywanie resztek pyłów oraz soli wydzielonych w suszarce rozpyłowej),
 - płuczka HCl, zasilana kwaśną cieczą płuczającą (solanką), regenerowaną w sposób ciągły (pH utrzymywane na poziomie ok. 0,5) mlekiem wapiennym ($\text{Ca}(\text{OH})_2$), czterosiarczkiem sodu (Na_2S_4) i środkiem przeciwnarostowym (w płuczce tej następuje dalsze schłodzenie spalin oraz absorpcja HCl i HF oraz częściowo par metali ciężkich i wyższych związków organicznych),
 - płuczka SO_2 zasilana roztworem wodorotlenku wapnia (pH ok. 6,0), reagującym z SO_2 do siarczynu wapnia, a następnie – po dalszym utlenieniu – do siarczanu wapnia (odsarczanie spalin z wytworzeniem gipsu),

- filtr węglowy z przesuwającym się złożem węgla aktywnego (adsorpcja m.in. dioksyn, furanów, PCBs i innych związków organicznych oraz resztkowych ilości metali ciężkich i składników kwaśnych),
 - wentylator gazów spalinowych,
 - katalizator SCR do selektywnej katalitycznej redukcji NO_x (czasowo wyłączony z eksploatacji – brak zasilania amoniakiem);
- hale magazynowe odpadów stałych oraz cieczy w pojemnikach;
- urządzenia do przetwarzania odpadów wtórnych w postaci żużla, gipsu i pyłu – zakład brykietowania odpadów;
- urządzenia gospodarki ściekowej (w tym zbiorniki ścieków).

Podstawowe parametry techniczne i produkcyjne instalacji przedstawiono w tabeli 1.

Tabela 1. Charakterystyka parametrów technicznych i produkcyjnych instalacji

Parametr	Jednostka	Wartość
Dopuszczalna ilość spalanych odpadów	Mg/rok	20000
Roczny czas pracy instalacji	h/rok	7200
Maksymalny godzinowy przerób odpadów	kg/h	3000
Dopuszczalny zakres wartości opałowej spalanych odpadów	MJ/kg	13÷30
Długość pieca obrotowego	m	12
Średnica zewnętrzna pieca obrotowego	m	3,2
Maksymalna temperatura w piecu obrotowym	°C	1100
Maksymalne obciążenie cieplne komory dopalania	MW	13
Dozwolone przeciążenie cieplne pieca obrotowego	%	110
Temperatura eksploatacyjna w komorze dopalania	°C	850÷1250
Minimalny czas przebywania spalin w komorze dopalania	s	ok. 2,5
Wydajność kotła odzysknicowego (produkcja pary o temperaturze 270°C i ciśnieniu 2 MPa)	Mg/h	13
Wykorzystanie pary wodnej przez wymienniki ciepła (ogrzewanie powietrza technologicznego)	Mg/h	3
Zużycie pary przez turbogenerator	Mg/h	10
Moc turbogeneratorsa	MW	1,6
Produkcja energii elektrycznej w ciągu godziny	kW	1050÷1420

Szczególną uwagę zwraca bardzo rozbudowany, wielostopniowy system oczyszczania spalin, spotykany w najnowocześniejszych tego typu instalacjach [10]. Cały obiekt spełnia wymogi najlepszych dostępnych technik określone dla instala-

cji spalania odpadów, w tym też odpadów niebezpiecznych [3] oraz przepisy dotyczące prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów [12]. Za pomocą zainstalowanego systemu monitoringu emisji zanieczyszczeń powietrza w sposób ciągły kontrolowane są stężenia w emitowanych gazach takich substancji, jak: pył, SO_2 , HCl, HF, NO, CO, TOC (całkowity węgiel organiczny) i O_2 .

3. Metodyka badań

Ocena wpływu na jakość powietrza analizowanej instalacji przeprowadzona została z wykorzystaniem referencyjnej metodyki modelowania poziomów substancji w powietrzu [13] w oparciu o maksymalne dopuszczalne emisje wynikające ze standardów emisyjnych [14] oraz rzeczywiste emisje określone dla roku 2004 na podstawie wyników pomiarów ciągłych lub okresowych [15]. W roku 2004 w instalacji tej unieszkodliwiono 251 rodzajów (kodów) odpadów o łącznej masie 13 690 ton, z czego ponad 57,5% (7875 ton) stanowiły odpady niebezpieczne. W ocenie wzięto pod uwagę m.in. następujące emitowane substancje: pył (w całości przyjęty jako pył drobny PM10), dwutlenek siarki (SO_2), tlenek węgla (CO), chlorowodór (HCl), fluorowodór (HF – w przeliczeniu na fluor), rtęć (Hg) oraz dioksyny i furany (PCDD/Fs) wyrażone w postaci współczynnika toksyczności TEQ.

W celu wykonania obliczeń rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu roczna emisja zanieczyszczeń z instalacji za rok 2004 została podzielona na 5 wariantów. W wariantcie pierwszym, trwającym 24 godziny, wartość emisji przyjęto na maksymalnym poziomie wynikającym ze standardów emisyjnych określonych w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 25 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [14], co odpowiada dopuszczalnej wielkości emisji określonej dla poszczególnych substancji w pozwoleniu zintegrowanym [16]. W kolejnych czterech wariantach emisję określono na poziomie średnim występującym w poszczególnych kwartałach 2004 r. z uwzględnieniem rzeczywistych czasów jej trwania w danym kwartale, przy czym ładunek emitowany w pierwszym kwartale oraz czas trwania emisji w tym kwartale zostały zredukowane odpowiednio o emisję przyjętą dla wariantu I (maksymalnego) i założony czas jej trwania w celu zachowania emisji rocznej na rzeczywistym, zbilansowanym poziomie. W wypadku fluoru korektą tą musiały zostać objęte wszystkie pozostałe kwartały w związku z tym, że ładunek obliczony dla wariantu I przewyższał ładunek określony dla pierwszego kwartału. W wypadku substancji, których wielkość emisji była określana na podstawie pomiarów okresowych (rtęć, PCDD/Fs), z uwagi na rzeczywiste terminy przeprowadzenia tych pomiarów w roku 2004, emisja średnia dla trzech ostatnich kwartałów (warianty III–V) została zbilansowana na tym samym poziomie. Emisje dla poszczególnych wariantów przyjęte do obliczeń rozprzestrzeniania

się zanieczyszczeń w powietrzu oraz czas trwania emisji w tych wariantach przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wielkość i czas trwania emisji wybranych substancji z badanej instalacji uwzględnione w ocenie wpływu na jakość powietrza

Rodzaj substancji	Jednostka	Emisja w poszczególnych wariantach				
		I	II	III	IV	V
Pył	kg/h	1,047	0,22172	0,15506	0,37875	0,20816
SO ₂	kg/h	6,98	0,02582	0,18689	0,06653	0,16261
CO	kg/h	3,49	0,17568	0,15097	0,12419	0,31657
HCl	kg/h	2,094	0,12258	0,11992	0,23965	0,23579
HF (jako F)	g/h	132,62	0,214	0,153	0,225	0,160
Hg	g/h	1,745	0,0498	0,143	0,143	0,143
PCDD/Fs	µgTEQ/h	3,5	1,6685	0,0324	0,0324	0,0324
Czas trwania emisji [h/rok]		24	1448	2024	1375,5	1946,5

W obliczeniach rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń w powietrzu uwzględniono rzeczywiste wymiary geometryczne emitora, za pomocą którego następuje odprowadzanie spalin (wysokość: 50 m, średnica: 1,2 m) oraz parametry gazów odlotowych (średnia temperatura: 403 K, prędkość wylotowa: 10,45 m/s). W obliczenia tych wykorzystano statystyki danych meteorologicznych określone przez stację meteorologiczną w Katowicach (najbliższą dla rejonu Dąbrowy Górniczej) na podstawie obserwacji z lat 1986–1995. Tło zanieczyszczeń (R) przyjęto na poziomie 10% odpowiednich wartości odniesienia w powietrzu uśrednionych dla okresu roku (D_a) [13].

Dla każdej z rozpatrywanych substancji obliczono wartość w powietrzu przy powierzchni terenu:

- najwyższych ze stężeń maksymalnych uśrednionych dla 1 godziny (S_{mm}) i warunków ich występowania (w tym odległość od emitora),
- stężeń jednogodzinnych (S_1) i średniorocznych (S_a) w przyjętym obszarze obliczeniowym.

4. Wyniki badań

Wyniki obliczeń najwyższych ze stężeń maksymalnych powodowanych w powietrzu przy powierzchni terenu, przeprowadzonych dla maksymalnej do-

puszczalnej emisji określonej na poziomie standardów emisyjnych (wariant I) przedstawiono w tabeli 3.

Tabela 3. Wyniki obliczeń najwyższych ze stężeń maksymalnych (S_{mm}) powodowanych w powietrzu przy powierzchni terenu dla maksymalnego wariantu emisji

Rodzaj substancji (postać w powietrzu w warunkach odniesienia)	S_{mm}		S_{mm}' % D_1^*
	wartość	jednostka	
PM10 (pył)	3,56	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	1,3
SO ₂ (gaz)	47,5	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	13,6
CO (gaz)	23,7	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,08
HCl (gaz)	14,2	$\mu\text{g}/\text{m}^3$	7,1
HF jako F (gaz)	902,4	ng/m^3	3,0
Hg (pył)	11,9	ng/m^3	1,7
PCDD/Fs (pył)	12	fgTEQ/m^3	–

* procent wartości odniesienia uśrednionej dla okresu 1 godziny (D_1) [9]

Najwyższe ze stężeń maksymalnych, zamieszczone w tabeli 3, uzyskano dla równowagi chwiejnej atmosfery, przy prędkości wiatru na wysokości anemometru 1 m/s, w odległości 257 m od emitora. W zasięgu występowania tych stężeń nie występuje zabudowa mieszkalna, oddalona od rozpatrywanego emitora o co najmniej 1,5 km. Nawet gdyby jednak występowała, najwyższe ze stężeń maksymalnych w powietrzu są dużo niższe od odpowiednich wartości odniesienia D_1 i jedynie w wypadku SO₂ nieznacznie przekracza ono 10% poziomu dopuszczalnego.

Również otrzymane w wyniku obliczeń maksymalne wartości stężeń dioksyn i furanów w powietrzu (12 fgTEQ/m³) są niskie w porównaniu z poziomem tych substancji obserwowanym na terenach miejsko-przemysłowych i wiejskich [2, 4–6]. W miastach zawartość PCDD/Fs w powietrzu utrzymuje się przeważnie w przedziale 50–500 fgTEQ/m³, przy czym wyższe stężenia występują w rejonie oddziaływania dużych zakładów przemysłowych i tras komunikacyjnych o znacznym natężeniu ruchu, a w sezonie grzewczym – na terenie gęstej zabudowy mieszkalnej z ogrzewaniem indywidualnym, zwłaszcza opartym na spalaniu paliw stałych. Na obszarach wiejskich tło PCDD/Fs w powietrzu wynosi ok. 10–50 fgTEQ/m³, a więc jest porównywalne z uzyskaną wartością S_{mm} lub ją nieco przewyższa (do 4 razy).

Rzeczywiste oddziaływanie analizowanej instalacji na jakość powietrza jest jeszcze mniejsze, gdyż w praktyce zawartość substancji zanieczyszczających w gazach emitowanych do powietrza nie osiąga wartości wynikających ze standardów emisyjnych, na poziomie których określono emisję w wariantie I. Potwierdzają to

obliczenia wykonane dla okresu roku kalendarzowego, w których uwzględniono rzeczywiste ładunki emitowanych substancji, zbilansowane za rok 2004. Jak wynika z tych obliczeń (tab. 4), powodowane przez rozpatrywany emitator w powietrzu maksymalne wartości stężeń średniorocznych oraz odpowiednich percentyli ze stężeń odniesionych do 1 godziny w okresie roku (wynikających z dopuszczalnej częstości przekroczeń) stanowią ułamek procenta odpowiednich wartości odniesienia – średniorocznej (D_a) lub 1-godzinnej (D_1). Na szczególną uwagę zasługują bardzo niskie stężenia średnioroczne PCDD/Fs, z których najwyższa uzyskana wartość jest ok. 1000 razy mniejsza od tła tych substancji w powietrzu charakterystycznego dla obszarów wiejskich.

Tabela 4. Maksymalne wartości 99,8 lub 99,726 percentyla ze stężeń substancji uśrednionych dla 1 godziny ($S_{99,8 \max}$ lub $S_{99,726 \max}$) oraz stężeń średniorocznych ($S_{a \max}$) w powietrzu otrzymane dla roku 2004

Rodzaj substancji	$S_{99,8 \max}^*$		$S_{a \max}$		
		% D_1		% D_a	%(D_a -R) **
PM10	0,54 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,19	0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,03	0,031
SO ₂	0,60 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,17	0,01 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,07	0,08
CO	0,72 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,0024	0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	–	–
HCl	0,78 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,39	0,02 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	0,07	0,08
HF (jako F)	0,78 ng/m^3	0,0026	0,06 ng/m^3	0,003	0,004
Hg	0,59 ng/m^3	0,08	0,012 ng/m^3	0,03	0,04
PCDD/Fs (TEQ)	1,4 fg/m^3	–	0,02 fg/m^3	–	–

* w wypadku SO₂ – $S_{99,726 \max}$

** procent wartości dyspozycyjnej (różnicy pomiędzy średnioroczną wartością odniesienia D_a i przyjętym poziomem tła R)

5. Wnioski

Na podstawie przeprowadzonych analiz i obliczeń wyciągnięto następujące wnioski:

- 1) Spełnianie wymogów najlepszej dostępnej techniki, określonych dla instalacji spalania odpadów niebezpiecznych, gwarantuje prowadzenie procesu termicznego przekształcania odpadów w sposób bezpieczny dla środowiska, w tym w szczególności utrzymywanie stężeń substancji zanieczyszczających w gazach emitowanych do powietrza dużo poniżej obowiązujących standardów emisyjnych.

- 2) W wypadku spalarni odpadów przemysłowych o zdolności przerobowej 3 Mg/h i wysokości emitora 50 m emisja zanieczyszczeń do powietrza, nawet na poziomie równym standardom emisyjnym, powoduje maksymalne stężenia jednogodzinne przy powierzchni terenu w wysokości co najmniej kilka razy niższej od jednogodzinnych wartości odniesienia. Maksyma te występują w odległości ok. 250–300 m od emitora.
- 3) Jak wynika z przeprowadzonej oceny wpływu rozpatrywanej instalacji na jakość powietrza za rok 2004, wywoływane przez tę instalację stężenia jednogodzinne i średnioroczne w powietrzu głównych emitowanych zanieczyszczeń stanowią co najwyżej ułamek procenta poziomu dopuszczalnego lub odpowiedniej wartości odniesienia.
- 4) Z uwagi na fakt, że nie są określone wartości odniesienia w powietrzu dla dioksyn i furanów (PCDD/Fs), wyniki przeprowadzonych obliczeń porównano z typowym tłem tych substancji na terenach miejsko-przemysłowych i obszarach wiejskich. Najwyższe ze stężeń maksymalnych powodowanych przy powierzchni terenu (dla emisji przyjętej na poziomie standardu emisyjnego, tj. najwyższym dopuszczalnym), uzyskano w wysokości 12 fgTEQ/m³, co stanowi ok. 5–10% przeciętnego stężenia PCDD/Fs w uprzemysłowionych miastach oraz ok. 40–60% typowego stężenia PCDD/Fs w obszarach wiejskich. Jak wynika z obliczeń przeprowadzonych dla emisji PCDD/Fs zbilansowanej dla roku 2004, w rejonie maksymalnego oddziaływania badanej instalacji generowane przez nią stężenia średnioroczne PCDD/Fs w powietrzu (rzędu 0,02 fgTEQ/m³) są o ok. 3–4 rzędy mniejsze od typowego tła tych substancji na terenach wiejskich lub miejskich.

Literatura

- [1] Bojanowicz J.: *Instalacja termicznego przekształcania odpadów*. Eko-Problemy, nr 3, 2003, 12–13.
- [2] Caserini S. et al.: *Air and soil dioxin levels at three sites in Italy in proximity to MSW incineration plant*. Chemosphere, vol. 54, 2004, 1279–1287.
- [3] European Commission: *Integrated Pollution Prevention and Control, Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration*. JRC, IPTS, European IPPC Bureau (Seville) 2005.
- [4] Im S.H. et al.: *Concentrations and accumulation profiles of polychlorinated dibenzo-p-dioxins and dibenzofurans in aquatic tissues, and ambient air from South Korea*. Chemosphere, vol. 55, 2004, 1293–1302.
- [5] Krauthacker B., Herceg Romanić S., Wilken M., Milanović Z.: *PCDD/Fs in ambient air collected in Zagreb*. Chemosphere, vol. 62, 2006, 1829–1837.

- [6] Lohmann, R., Jones, K.C.: *Dioxins and furans in air and deposition: a review of levels, behaviour and processes*. Sci. Total Environ., vol. 219, 1998, 53–81.
- [7] Mazur M., Oleniacz R.: *Thermal Waste Utilization in the "Lobbe" Incineration Plant in Dąbrowa Górnicza – Environmental Pollution Problems*. Proceedings of the 4-th International Symposium "Integrated Management and Processes for Waste from Industry and Human Settlements". Międzyzdroje, 8–10 May 1996. SliTPCh Szczecin, KRdL im VDI und DIN Düsseldorf, 1996, 120–126.
- [8] Mazur M., Oleniacz R., Januszek R.: *Spalarnia odpadów Lobbe w Dąbrowie Górniczej*. Aura, nr 4, 1997, 30–32.
- [9] Oleniacz R., Mazur M., Bogacki M.: *Emisja zanieczyszczeń ze spalania odpadów niebezpiecznych w piecu obrotowym*. Ekoinżynieria, nr 1 (26), 1998, 16–24.
- [10] Oleniacz R.: *Oczyszczanie gazów odlotowych ze spalania odpadów niebezpiecznych*. Półrocznik AGH Inżynieria Środowiska, t. 5, z. 2, 2000, 363–382.
- [11] Oleniacz R.: *Ocena oddziaływania na środowisko instalacji spalania odpadów – wybrane problemy*. Materiały z II Konferencji z cyklu *Instrumenty Zarządzania Ochroną Środowiska* nt. "Ocena oddziaływania na środowisko na szczeblu krajowym i regionalnym", Kraków, 20–22 października 2005 r. ZKiOŚ, Wyd. GGiŚ AGH. Kraków, Wyd. AGH 2005, 327–335.
- [12] *Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 21 marca 2002 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów*. Dz.U. z 12.04.2002 r., Nr 37, poz. 339.
- [13] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 5 grudnia 2002 r. w sprawie wartości odniesienia dla niektórych substancji w powietrzu*. Dz.U. z 8.01.2003 r., Nr 1, poz. 12.
- [14] *Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 25 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji*. Dz.U. z 29.12.2005 r., Nr 260, poz. 2181.
- [15] Rusztowicz L.: *Ocena wpływu na jakość powietrza spalarni odpadów niebezpiecznych i przemysłowych w Dąbrowie Górniczej*. Praca magisterska wykonana pod kierunkiem dr inż. R. Oleniacz. Wydział Geodezji Górniczej i Inżynierii Środowiska AGH, Kraków 2006 (praca niepublikowana).
- [16] Wojewoda Śląski: *Pozwolenie zintegrowane dla instalacji do unieszkodliwiania odpadów przemysłowych metodą termicznego ich przekształcania nr ŚR-III-6618/DG/1/13/03*. Katowice, 17 kwietnia 2003.