

Roman Zarzycki, Grzegorz Wielgościński

Podstawy technologiczne spalania odpadów komunalnych a normy emisji zanieczyszczeń

Termiczna utylizacja odpadów stałych stanowi jeden z najważniejszych elementów prawidłowego systemu gospodarki odpadami komunalnymi. Pozostałymi elementami tego systemu są:

- selektywna zbiórka wybranych składników odpadów komunalnych i ich recykling oraz przeróbka biologiczna,
- składowanie części odpadów stałych na bezpiecznym składowisku.

Taka prawidłowa gospodarka odpadami stałymi prowadzona jest już w większości krajów Unii Europejskiej, do której Polska także będzie należeć. W takich krajach jak Niemcy, Holandia, Szwecja, Francja, Włochy, Belgia, a także Szwajcaria, Japonia czy Stany Zjednoczone, już dawno sobie uświadomiono, że problem odpadów komunalnych stanowi wyzwanie, przed którym stoją nowoczesne społeczeństwa i że musi być on racjonalnie rozwiązany. Jest to zagadnienie porównywalne do problemów zanieczyszczenia atmosfery przez odpady gazowe i hydrosfery przez odpady ciekłe oraz sposobów ich rozwiązywania.

Odpady gazowe początkowo starano się ignorować, później budowano coraz więcej i wyższych kominów, aby zanieczyszczenia rozproszyć w atmosferze. Jednakże po kilkudziesięciu latach zrozumiano, że nie jest to właściwe rozwiązanie. Konieczne stało się racjonalizowanie technologii i instalacji do spalania paliw i wykorzystania produktów przemysłowych. Obok tych działań niezbędne było zastosowanie metod zapobiegających przedostawaniu się zanieczyszczeń do atmosfery. Obecnie są to przede wszystkim procesy absorpcji i adsorpcji, odpylania gazów i inne. Podobnie było z zanieczyszczeniem hydrosfery. Wprowadzanie nie oczyszczonych ścieków do rzek, jezior i mórz było kiedyś standardem. Dopiero w połowie XX wieku biologiczne oczyszczanie ścieków stało się powszechne. A zatem znowu po kilkudziesięciu latach zrozumiano, że oczyszczanie ścieków to konieczność oraz że odpływ z oczyszczalni odprowadzany do odbiornika powinien mieć takie same parametry jak woda pobierana z danego źródła do celów przemysłowych lub na potrzeby gospodarki komunalnej. Jeżeli nawet ścieki oczyszczone nie będą miały takich samych parametrów jak woda odbiornika, to jednak powinny być doprowadzone do takiego stanu, że dalsze ich samooczyszczanie będzie w tym odborniku możliwe.

W wypadku odpadów stałych sposób postępowania był podobny. Początkowo starano się nie zauważać tego problemu, wyrzucając odpady w różne zagłębienia, czy też

bezpośrednio składując je na powierzchni ziemi. Później zaczęto budować wysypiska (coraz więcej i coraz większych), wreszcie zrozumiano, że konieczne jest wprowadzenie właściwych metod unieszkodliwiania, które uniemożliwiają przedostawanie się odpadów stałych lub produktów ich rozpadu do środowiska. Te metody muszą sprawić, że w litosferze będą składowane tylko związki mineralne (jest to najwłaściwsza postać związków chemicznych zawartych w nieskażonej litosferze). Ten proces myślowy, ale także i technologiczny, przeszedł już społeczeństwa krajów wysoko uprzemysłowionych. Wydaje się, że podobnie jak w rozwoju przemysłowym, również w rozwiązywaniu problemów odpadów nasze opóźnienia są dość znaczne i można je ocenić na 30+50 lat.

Odpady stałe od odpadów gazowych i ciekłych różni jedna ważna właściwość, a mianowicie tzw. czas życia danego zanieczyszczenia, odpowiednio w litosferze, atmosferze i hydrosferze. O ile czas życia określonego zanieczyszczenia w atmosferze wynosi zwykle kilkanaście godzin (co najwyżej kilkanaście dni), a czas życia zanieczyszczeń w hydrosferze liczy się w dobach lub miesiącach, to odpowiednie zanieczyszczenie litosfery może istnieć tam setki lat. Ten długi czas życia zanieczyszczeń w litosferze powoduje, że każda władza, a i większość społeczeństwa, chce problem zanieczyszczenia litosfery odłożyć na dalsze lata i dla następnych pokoleń. Również w Polsce rozwiązanie tego problemu jest ciągle odkładane.

O skali problemu odpadów mogą świadczyć dane zebrane w tabeli 1, z których wynika, że w Polsce wytwarza się rocznie około 13 milionów ton odpadów komunalnych. Aby uziścić sobie tę wartość można założyć, że gdyby wszystkie odpady komunalne były wyrzucane na obszar całej Polski (na góry, pola uprawne, rzeki, miasta, wsie), to w ciągu życia przeciętnego Polaka kraj zostałby pokryty około dwucentymetrową warstwą papieru, metalu, tworzyw sztucznych, szkła itp. Statystyka ta nie uwzględnia jeszcze odpadów przemysłowych, których jest ponaddziesięciokrotnie więcej. Ponieważ z takim bagażem zanieczyszczeń litosfera sobie nie poradzi, należy rozpocząć racjonalną gospodarkę odpadami.

Przez racjonalną gospodarkę odpadami należy rozumieć całokształt działań zmierzających do maksymalnego odzysku z odpadów substancji nadających się do zawrócenia do procesów wytwórczych, bądź ponownego ich wykorzystania (recykling), oraz do maksymalnego zmniejszenia ilości odpadów, które po uprzedniej detoksykacji mogą być deponowane w środowisku. Zmniejszeniu masy odpadów winien towarzyszyć odzysk energii w nich zawartej. Zapoczątkowanie takiego racjonalnego postępowania jest w Polsce bardzo trudne. Wynika to z faktu, że przez wiele lat przez politykę i realizację gospodarki odpadami stałymi rozumiano gromadzenie ich na

Tabela 1. Ilość odpadów komunalnych i przemysłowych wytworzona w 1990 r. w wybranych krajach świata [1]

Kraj	Odpady komunalne tys. t/a	Odpady przemysłowe tys. t/a
Stany Zjednoczone	177 500	9 731 140
Japonia	50 441	312 249
Austria	4 783	67 704
Finlandia	3 100	55 910
Francja	20 320	560 000
Niemcy	27 958	132 000
Grecja	3 000	15 974
Włochy	20 033	34 710
Holandia	7 430	28 809
Norwegia	2 000	30 000
Portugalia	2 538	1 044
Hiszpania	12 546	195 902
Szwajcaria	3 000	1 000
Wielka Brytania	20 000	271 400
Szwecja	3 200	66 475
Węgry	4 900	107 493
Polska	12 806	138 661

wysypiskach, często źle przygotowanych i nie mających zabezpieczeń chroniących środowisko przed negatywnym ich oddziaływaniem.

To wszystko spowodowało, że obecnie nie ma społecznej zgody na lokalizację nowych składowisk, a co gorsza, brak również zgody części społeczeństwa na realizację innych elementów i metod prawidłowej gospodarki odpadami. Głoszone są hasła powszechnej selektywnej zbiórki odpadów, jako jedyne sposoby rozwiązania problemu odpadów stałych. Roztacza się nierealne wizje pełnego recyklingu materiałów pozyskiwanych z odpadów, a równocześnie straszy się społeczeństwo klęskami i nieszczęściami, które spotkają go w wypadkach zastosowania termicznych metod utylizacji odpadów. To nagromadzenie półprawd i dezinformacji konserwuje obecne *status quo*. Jednym z argumentów, które mogą zaważyć na opracowaniu racjonalnych programów gospodarki odpadami stałymi w miastach będzie wejście naszego kraju do Unii Europejskiej, z czym będzie się wiązało przyjęcie w Polsce pewnych standardów i norm europejskich obowiązujących w tym zakresie.

Strategia państw Unii Europejskiej w zakresie gospodarki odpadami została sformułowana już w 1990 roku [2], a jej główne zasady są następujące:

- zapobieganie powstawaniu odpadów poprzez technologie i produkty (czyste technologie, sieć informacyjna o technologiach związanych z ochroną środowiska, znakowanie ekologiczne wyrobów),
- recykling i powtórne wykorzystanie odpadów jako surowców w procesach technologicznych, selektywna zbiórka odpadów,
- optymalizacja ostatecznego usuwania (nowe normy techniczne budowy składowisk odpadów, ograniczenia w składowaniu niektórych odpadów, normy techniczne dotyczące spalania odpadów przemysłowych),
- rygorystyczne regulacje prawne dotyczące przewozu odpadów,
- adekwatne środki prawne dotyczące odpowiedzialności producenta za produkt, powstałe odpady oraz opakowania.

Dyrektywa Rady Unii Europejskiej 75/442/EEC z 15 lipca 1975 r. w sprawie odpadów, znówelizowana w 1991 r. (91/156/EEC) [2] ustaliła następujące kierunki działań w zakresie gospodarki odpadami:

- ustanowiono ogólne ramy określające zasady kontroli usuwania odpadów w skali krajowej,
- ustalono, że głównym celem gospodarki odpadami jest zapobieganie powstawaniu odpadów, wprowadzanie tzw. czystszych technologii, szerokie stosowanie recyklingu oraz wykorzystanie odpadów jako źródła energii.

Konsekwencją tych postanowień jest położenie olbrzymiego nacisku na procesy recykulacji i odzysku pewnych materiałów z odpadów, ale przede wszystkim na wykorzystanie procesów termicznych do rozwiązania problemu utylizacji odpadów komunalnych.

Spalanie odpadów komunalnych

Gwałtowny rozwój spalarni odpadów komunalnych został zapoczątkowany w latach 60., jakkolwiek pierwsze spalarnie odpadów zostały uruchomione przeszło sto lat temu. Ten wręcz lawinowy rozwój spalarni był odpowiedzią na olbrzymi przyrost odpadów komunalnych, które pojawiły się w większości miast europejskich i związane były z szybkim wzrostem gospodarczym. Głównym, a najczęściej jedynym celem tych spalarni była minimalizacja tak masy jak i objętości odpadów, które miały być składowane. W tym czasie prawie nie przywiązywano żadnej wagi do zagadnień usuwania składników toksycznych z gazów odlotowych. Dopiero olbrzymia krytyka tych spalarni przez społeczeństwa zachodnie oraz pojawiające się nowe możliwości techniczne spowodowały, że w latach 90. powstała zupełnie nowa generacja spalarni odpadów. Obok tradycyjnego, ale jednak zupełnie innego wężła spalania pojawił się węzeł odzysku ciepła, a przede wszystkim powstał olbrzymi węzeł oczyszczania gazów spalinowych. W każdej nowoczesnej spalarni odpadów komunalnych można wyróżnić następujące elementy [3]:

- zasobnik odpadów, zwany niekiedy „fosą”,
- kocioł do spalania odpadów z rusztem (najczęściej schodkowy lub walcowy) i system wytwarzania pary,
- system oczyszczania spalin,
- system odprowadzania żużla z paleniska,
- system oczyszczania i regeneracji absorbentów,
- komin.

Konieczność spełnienia coraz bardziej rygorystycznych wymagań dotyczących czystości gazów spalinowych powoduje, że instalacje do oczyszczania spalin stają się coraz bardziej rozbudowane. Zazwyczaj w skład instalacji do oczyszczania gazów spalinowych wchodzi:

- system odpylania spalin (elektrofiltr, bateria cyklonów lub rzadziej filtry tkaninowe), gdyż to właśnie pył jest nośnikiem emisji metali ciężkich (rtęć, ołów, kadm, miedź, chrom, mangan, arsen, nikiel, antymon, tal), a ponadto cząstki pyłu są doskonałym sorbentem dioksyn, stąd dążenie do maksymalizacji wydajności urządzeń odpylających,
- system mokrego oczyszczania, najczęściej dwustopniowy; w pierwszym stopniu schładzanie spalin zimną wodą i absorpcja chlorków i fluorków, zaś w drugim absorpcja gazów kwaśnych (przede wszystkim SO₂) w zawiesinie wodorotlenku lub węgla wapnia,

– system dozowania koksu aktywnego (w celu eliminacji dioksyn), a następnie odpylanie gazów spalinowych na filtrach tkaninowych,

– opcjonalnie system usuwania tlenków azotu realizowany dwiema podstawowymi technikami:

– SNCR: selektywna redukcja niekatalityczna polegająca na wprowadzeniu do komory spalania amoniaku bądź mocznika, które w temperaturze około 850 °C redukują tlenki azotu do wolnego azotu,

– SCR: selektywna redukcja katalityczna polegająca na tym, że oczyszczone z pyłu i gazów kwaśnych podanymi powyżej metodami gazy spalinowe po podgrzaniu do temperatury około 300 °C i wymieszaniu z amoniakiem kierowane są na złoża katalityczne, gdzie następuje redukcja tlenków azotu do wolnego azotu.

Systemy katalitycznej lub niekatalitycznej redukcji tlenków azotu spełniają ponadto jeszcze jedną rolę, a mianowicie w procesach tych następuje również usuwanie dioksyn – dla układów katalitycznych z wydajnością 80÷90%, a dla układów niekatalitycznych z wydajnością około 50%.

Tak więc oczyszczanie gazów spalinowych w nowoczesnych spalarniach odpadów komunalnych jest bardzo rozbudowane i wieloetapowe, czego konsekwencją jest fakt, że nowoczesne spalarnie spełniając bardzo ostre normy emisji (tab.2) są całkowicie bezpieczne dla środowiska. Niezależnie od tego, co zostaje spalane w nowoczesnej spalarni odpadów komunalnych, skład gazów spalinowych nie będzie przekraczać nawet najostrejszych norm czystości spalin. Absorbent zużyty w procesie oczyszczania gazów podlega oczyszczaniu i regeneracji, stając się źródłem powstawania niewielkich ilości odpadów wtórnych. Uproszczony bilans masy i ciepła nowoczesnych spalarni odpadów, w przeliczeniu na tonę odpadów komunalnych (odpowiadających przeciętnemu składowi odpadów w warunkach polskich), jest następujący:

– żużel: 230÷290 kg/t (przy gospodarczym wykorzystaniu zużła jego ilość maleje do 35÷70 kg/t),

– popioły lotne: 20÷35 kg/t (dla metod półsuchych należy liczyć się z większą masą popiołów lotnych),

– placek filtracyjny: 49 kg/t,

– ścieki oczyszczone (z płuczki): 0,15÷0,30 m³/t,

– para wodna (t=400 °C, p=3,5 MPa): 2,4÷2,8 t/t.

Tak zaprojektowane spalarnie są stałym elementem gospodarki odpadami komunalnymi w krajach Unii Europejskiej, co ilustruje tabela 3.

Na uwagę zasługuje przypadek nieumieszczonej w tabeli Wielkiej Brytanii, w której jeszcze nie tak dawno pracowało wiele małych spalarni, zbudowanych w latach 1940÷1960. Z uwagi na niespełnianie wymogów ochrony środowiska, a w szczególności przepisów dotyczących ochrony powietrza, część z nich została już zamknięta. W to miejsce buduje się obecnie 8 spalarni, o łącznej wydajności około 3 mln t/a, w tym spalarnia Belvedere pod Londynem o trudno wyobrażalnej wydajności 1,2 mln t/a. Podobna sytuacja panuje w Belgii, gdzie planowane jest zastąpienie 24 starych spalarni przez 6 nowych, o zdecydowanie większej wydajności. Stan prawny w dziedzinie odpadów komunalnych w Polsce, ich zagospodarowanie, utylizację i usuwanie, regulują:

– ustawa o utrzymaniu czystości i porządku w gminach z 13 września 1996 r.,

– ustawa o odpadach z 27 czerwca 1997 r.

Ustawy te stwarzają ramowy system prawny gospodarki komunalnej. Nakładają one na gminy obowiązek utrzymania czystości i porządku na podległym terenie. Do zadań własnych gminy należy budowa, utrzymanie i eksploatacja składowisk odpadów komunalnych i obiektów unieszkodliwiania odpadów. Równocześnie ustawy te nie dają praktycznie żadnych możliwości finansowych do prowadzenia racjonalnej polityki w dziedzinie gospodarki odpadami. Gminy nie mają możliwości finansowych aby prowadzić recykulację odpadów, ich utylizację czy też budowę spalarni odpadów. Te ostatnie inwestycje – jako wysoce kapitałochłonne – są praktycznie nie do udźwignięcia przez budżety lokalne dużych

Tabela 2. Dopuszczalne stężenia zanieczyszczeń w spalinach pochodzących ze spalania odpadów komunalnych (dane własne)

Substancja	Dopuszczalne stężenie w gazach spalinowych, mg/m ³									
	Dyrektywa 89/369/EEC 1989	Przygotowywana Dyrektywa UE 1998	Austria LRG-K/LRV-K 1988/89	Niemcy 17 BImSchV 1990	Szwajcaria LRV 1992	Holandia RV 1989	Dania	Norwegia SFT	Japonia	Stany Zjednoczone
Pył	30	10	15	10	10	5	30	30	22	24
Dwutlenek siarki	300	50	50	50	50	40	300	300	63	61
Dwutlenek azotu	–	200	100	200	80	70	–	–	160	75÷290
Tlenek węgla	100	50	50	50	50	50	100	100	–	36÷107
Chlorowodór	50	10	10	10	20	10	50	100	13	14
Fluorowodór	2	1,0	0,7	1	2	1	2	–	–	–
Metale ciężkie (Pb+Cu+Cr+Mn)	5	0,5	2	0,5	1,0 (Pb+Zn)	1	5	–	–	–
Metale ciężkie (As+Ni)	1	0,5	0,5	0,5	–	–	1	–	–	–
Kadm	0,2	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,2	–	–	–
Rtęć	0,2	0,05	0,05	0,05	0,1	0,05	0,2	0,1	–	–
Ogólny węgiel organiczny	20	10	20	10	20	10	20	–	–	–
PCDD/PCDF, ngTEQ/m ³	–	0,1	0,1	0,1	–	0,1	–	2	–	3,5
Amoniak	–	–	–	–	5	–	–	–	–	–

Tabela 3. Spalanie odpadów komunalnych
w wybranych krajach Unii Europejskiej (dane własne za rok 1997)

Kraj	Liczba spalarni odpadów komunalnych	Udział spalanych odpadów %
Niemcy	53	40
Holandia	11	60
Szwajcaria	30	80
Austria	3	23
Dania	31	70
Francja	>200*	65

* większość z nich to małe spalarnie o wydajności <10 t/h (często <3 t/h), w większości przestarzałe, pochodzące z lat 60. i 70., mające bardzo ograniczony system oczyszczania spalin; przeznaczone są do sukcesywnej likwidacji i zastąpienia przez duże, nowoczesne spalarnie, spełniające najostrejsze wymagania z zakresu ochrony środowiska

miast. Dodatkowym problemem, który występuje przy budowie spalarni w Polsce, jest brak unormowań prawnych dotyczących funkcjonowania spalarni odpadów, a w szczególności emisji zanieczyszczeń powstających podczas spalania odpadów. Dla różnych sposobów obliczeń można uzyskać zawsze zgodność emisji ze spalania odpadów komunalnych z obowiązującym prawem, regulując wielkość emisji wysokością kolumny. Jeżeli potraktuje się natomiast spalarnię odpadów komunalnych jako obiekt energetyczny, to zachodzi konieczność ograniczania jedynie emisji dwutlenku siarki, tlenków azotu, tlenku węgla oraz pyłu, przy całkowitym pominięciu innych zanieczyszczeń. Porównanie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń energetycznych w gazach spalinowych obowiązujących w Polsce (obiekt energetyczny) i w krajach Unii Europejskiej (dla spalarni odpadów) pokazano w tabeli 4.

Brak polskich unormowań prawnych dotyczących spalarni odpadów pozwala różnym firmom na oferowanie na polskim rynku spalarni (czasem na bardzo korzystnych warunkach), których uruchomienie w większości krajów Unii Europejskiej byłoby niemożliwe ze względu na brak odpowiednich zabezpieczeń przed emisją niektórych substancji toksycznych.

Tabela 4. Porównanie dopuszczalnych stężeń zanieczyszczeń energetycznych w gazach spalinowych ze spalarni odpadów wg rozporządzenia MOSZNIŁ (jak dla obiektów energetycznych) oraz w krajach Unii Europejskiej

Substancja mg/m ³	Polska*	Dyrektywa 94/67**	Projekt dyrektyw dla odpadów komunalnych
SO ₂	1200	50	50
NO ₂	400	200	200
CO	250	50	50
Pył	150	10	10

*Obiekty energetyczne nowe, **Odpady niebezpieczne

Podsumowanie

Racjonalny system gospodarki odpadami w dużych miastach, oprócz selektywnej zbiórki odpadów u źródeł (szkło, makulatura, metale ew. surowce organiczne i tworzywa sztuczne) i zbiórki odpadów niebezpiecznych (baterie, świetlówki i in.) oraz kontrolowanego składowiska odpadów, musi zawierać także termiczne metody utylizacji odpadów. Spalarnie odpadów komunalnych, wraz z odzyskiem ciepła zawartego w odpadach, stanowią jedno z najbardziej racjonalnych ogniw systemu utylizacji odpadów komunalnych. Doświadczenia zdobyte w Europie przez ostatnie dziesięciolecie na nowoczesnych spalarniach odpadów wskazują, że jest to wyjątkowo bezpieczna i przyjazna dla środowiska metoda utylizacji odpadów komunalnych.

LITERATURA

1. Rocznik Statystyczny: Ochrona Środowiska. GUS, Warszawa 1993, 1994, 1995, 1996, 1997.
2. Prawo ochrony środowiska Unii Europejskiej. GEA, Warszawa 1995.
3. L. SIEJA, H. SKOWRON, A. STAREK: Termiczna utylizacja – radykalny sposób na skuteczne i ekologiczne rozwiązanie naszego problemu odpadów komunalnych. Racibórz 1996.

Standards for the Incineration of Municipal Wastes and Standards for the Emission of Air Pollutants

Technological principles of municipal waste incineration are analyzed with reference to the lack of legislation for the functioning of incinerators in Poland. Long years' experience gained by the member countries of the EU has shown unequivocally that a rational solid-waste management system of a large city must include thermal methods of waste utilization in addition to the conventional ones, such as selective collection of wastes at

the source of origin (glass, paper, metals, organic raw material, plastics), collection of hazardous wastes (batteries, fluorescent lamps, etc.) and sanitary landfills. Thermal methods of utilizing solid wastes comprise incineration. Thermal processing via modern incinerators using the best available technologies is both safe and friendly to the environment.