

AKTUALNE TRENDY I MOŻLIWOŚCI TECHNICZNE OCZYSZCZANIA SPALIN Z INSTALACJI TERMICZNEGO PRZEKSZTAŁCANIA ODPADÓW KOMUNALNYCH W ŚWIETLE OBOWIĄZUJĄCYCH STANDARDÓW EMISYJNYCH

Jerzy MIROSŁAW, Jarosław KARKOCHA, Piotr KNURA
Pracownia Projektowa Instalacji Ochrony Środowiska, RAFAKO SA
ul. Łąkowa 33, 47-400 Racibórz, jerzy.miroslaw@rafako.com.pl

STRESZCZENIE

W artykule przedstawiono aktualny stan prawny w Polsce oraz Unii Europejskiej odnośnie dopuszczalnych poziomów emisji spalin z instalacji termicznego przekształcania odpadów komunalnych (ITPOK). Na tle dostępnych danych dokonano przeglądu stosowanych metod oczyszczania spalin w ITPOK w krajach Unii Europejskiej.

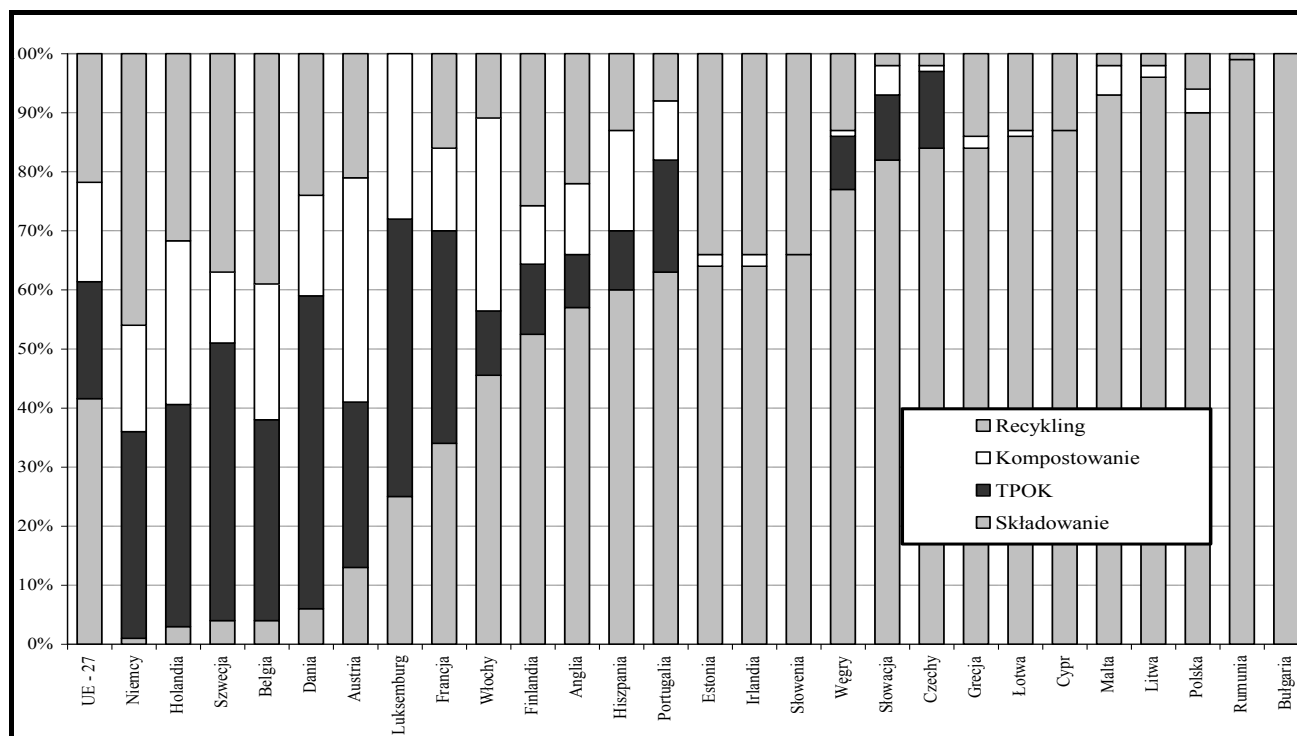
1. Wstęp

Obecnie w Polsce dwa akty prawne tj.:

- ❖ Rozporządzenie Ministra Gospodarki i Pracy z dnia 07.09.2005 r. w sprawie kryteriów i procedur dopuszczenia odpadów do składowania na składowiskach danego typu (Dz. U. Nr 186, poz. 1553 z późn. zm.), w którym ustawodawca od dnia 01.01.2013 r. zakazuje składowania odpadów komunalnych, których wartości graniczne przekraczają poziom:
 - TOC (*Total Organic Carbon*) – ogólny węgiel organiczny > 5%,
 - strata przy prażeniu > 8%,
 - ciepło spalania > 6 MJ/kg oraz
- ❖ artykuł 5.2 Dyrektywy Rady 99/31/WE o składowaniu odpadów, według którego Polska zgodnie z ustaleniami Traktatu Akcesyjnego zobowiązała się do redukcji odpadów ulegających biodegradacji. Redukcję tę należy przeprowadzić w trzech, następująco zdefiniowanych etapach:
 - do dnia 31.XII.2010 r. - ilość odpadów komunalnych kierowanych na składowiska wynosić ma nie więcej niż 75% całkowitej masy odpadów komunalnych ulegających biodegradacji, w stosunku do masy tych odpadów wytworzonych w 1995 r. tj. wartości ok. 4 380 tys. Mg,
 - do dnia 31.XII.2013 r. - ilość ta wynosić ma nie więcej niż 50%, natomiast
 - do dnia 31.XII.2020 r. - ilość ta ma wynosić nie więcej niż 35%.

sprawiają, że tematyka termicznego przekształcania odpadów komunalnych w kontekście tak rygorystycznych wymogów prawa staje się bardzo aktualna w wielu polskich miastach. Dostępne dane pokazują, iż aktualnie w Polsce ponad 95% odpadów komunalnych trafia na składowiska, około 1,5% podlega recyklingowi, prawie 3% ulega kompostowaniu a około 0,5% podlega termicznemu przekształceniu (jedyna polska ITPOK funkcjonująca w Warszawie). Jeśli ta sytuacja nie ulegnie zmianie, to Polska, jako członek Unii Europejskiej nieprzestrzegający jej prawa, będzie musiała płacić olbrzymie kary za niespełnienie prawa. W tym miejscu trzeba sobie uświadomić, iż odpady komunalne to trzecie, co do potencjału, źródło energii wykorzystywane w krajach Unii Europejskiej (EU). W odróżnieniu od paliw kopalnych źródło to ma charakter niewyczerpalny, gdyż odpady komunalne są jednym z „produktów” naszej cywilizacji. Na rys. 1. przedstawiono aktualną sytuację

odnośnie różnych stosowanych form zagospodarowywania odpadów komunalnych w krajach Unii Europejskiej w 2007 roku.



Rys. 1. Różne formy zagospodarowywania odpadów komunalnych w 27 krajach UE w 2007 r. (źródło: EUROSTAT)

Z przytoczonego rysunku wynika, że nadal dominującą, najbardziej popularną formą zagospodarowywania odpadów komunalnych w UE jest ich składowanie, któremu podlega około 42% wytwarzanych w skali roku odpadów komunalnych. Pozostała ilość, tj. około 58% rozkłada się w sposób następujący na pozostałe formy pozbywania się odpadów komunalnych: około 20% odpadów komunalnych jest przekształcane termicznie, 22% jest poddawane recyklingowi a pozostała część odpadów tj. 16% podlega procesowi kompostowania. W prawie 400 aktualnie eksploatowanych ITPOK w 16 krajach UE zagospodarowywuje się w ciągu roku około 58 mln Mg odpadów komunalnych. Termiczne przekształcanie odpadów komunalnych powoduje, iż o 90% redukuje się ich pierwotna objętość oraz eliminuje się niepożądaną emisję do atmosfery ziemskiej metanu (dla którego, jako gazu czynnego w efekcie cieplarnianym, GWP (*Greenhouse Warming Potential*) jest około 20-krotnie większy niż dla CO₂), który powstałby, jako efekt składowania biodegradowalnej części odpadów komunalnych na składowiskach.

Innym aspektem TPOK jest zagospodarowanie tkwiącej w odpadach energii. Doświadczenia UE pokazują, że ITPOK biorąc pod uwagę poziom technicznego zaawansowania konstrukcji komory paleniskowej i kotła, jak również dobór parametrów pary oraz jak najmniejsze straty ciepłne, mogą pracować ze stałą mocą urządzeń wytwórczych na poziomie 50-80 MW_t, co ma bez wątpienia znaczący wpływ na lokalne rynki energii, głównie ciepłej. Z jednego Mg odpadów komunalnych można uzyskać 7-9 GJ ciepła lub około 0,67 MWh energii elektrycznej. Dotychczasowe doświadczenia krajów UE pokazują, że energia pozyskiwana z odpadów komunalnych jest najtańsza a emisja zanieczyszczeń generowanych podczas ich spalania jest 2-3 krotnie mniejsza niż w przypadku paliw pierwotnych. ITPOK (dla odpadów biodegradowalnych) zostały uznane w UE jako neutralne

źródło CO₂. Dlatego też, biorąc pod uwagę przytoczone w tym miejscu dane i fakty, ITPOK zostały decyzją Rady Ministrów wpisane na listę indykatywną Programu Operacyjnego Infrastruktura i Środowisko 2007-2013 i stanowią kluczowe projekty w zakresie poprawy stanu krajowych systemów zagospodarowania odpadów komunalnych oraz próbę wypełnienia przez Polskę głównych zobowiązań akcesyjnych w sektorze Środowisko.

2. Aktualny stan prawny odnośnie poziomu emisji spalin z ITPOK

Odnośnie wymagań stawianych emisji spalin z ITPOK to zostały one zapisane w podstawowym akcie prawnym regulującym te kwestie tj. Rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. 2005, Nr 260, poz. 2181). Zapisy tego Rozporządzenia [1] stanowią wierną transpozycję zapisów *Dyrektywy w sprawie spalania odpadów* - Dyrektywa 2000/76/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 04.12.2000 r. [2]. Standardy emisyjne dla ITPOK, czyli dopuszczalne wielkości emisji, zostały przedstawione w tabeli 1. a określa je załącznik nr 5 do tegoż Rozporządzenia.

Tabela 1. Standardy emisyjne dla ITPOK wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [1]

Lp	Nazwa substancji	Standardy emisyjne, mg/m ³ _u (dla dioksyn i furanów ng/m ³ _u), przy zawartości 11% tlenu w gazach odlotowych		
		Średnie dobowe	Średnie trzydziestominutowe	
			A (100 %)	B (97 %)
1.	Pył ogółem	10	30	10
2.	TOC - całkowity węgiel organiczny	10	20	10
3.	HCl	10	60	10
4.	HF	1	4	2
5.	SO ₂	50	200	50
6.	CO	50	100	150
7.	NO ₂ (dla ITPOK o zdolności > 6 Mg/godz. lub z nowych ITPOK)	200	400	200
8.	Metale ciężkie i ich związki wyrażone jako metal	Średnie z próby o czasie trwania od 30 minut do 8 godzin		
	Cd+Tl	0,05		
	Hg	0,05		
	Sb+As+Pb+Cr+Co+Cu+Mn+Ni+V	0,5		
9.	Dioksyny i furany	Średnie z próby o czasie trwania od 6 do 8 godzin 0,1		

Dla zobrazowania skali zagadnienia tzn. pokazania dysproporcji pomiędzy poziomem związków chemicznych, jakie są typowe dla spalin surowych a poziomem standardów emisyjnych wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r., tj. aktualnie obowiązującego prawa w tym zakresie, w tabeli 2 przedstawiono skład typowych surowych spalin, jakie generowane są za kotłem w wyniku termicznego przekształcenia odpadów komunalnych na tle obowiązujących standardów emisyjnych dla ITPOK.

Tabela 2. Skład spalin surowych za kotłem dla typowej ITPOK na tle standardów emisyjnych wg Rozporządzenia Ministra Środowiska z dnia 20.12.2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji [1]

Nazwa substancji	Jednostka	Spaliny za kotłem	Standardy emisyjne
Pył ogółem	mg/m ³ _u	1 000 - 5 000	10
CO	mg/m ³ _u	5 - 10	50
TOC	mg/m ³ _u	1 - 10	10
Dioksyny i furany	ng TEQ/m ³ _u	0,5 - 10	0,1
Hg	mg/m ³ _u	0,05 - 0,5	0,05
Cd + Tl	mg/m ³ _u	< 3	0,05
Sb+As+Pb+Cr+Co+ Cu+Mn+Ni+V+Sn	mg/m ³ _u	< 50	0,5
SO ₂ jako (SO ₂ + SO ₃)	mg/m ³ _u	500 - 2 000	50
HCl - jako związki Cl	mg/m ³ _u	5 - 20	10
HF - jako związki F	mg/m ³ _u	200 - 1000	1
NO ₂ - (NO + NO ₂)	mg/m ³ _u	250 - 500	200
CO ₂	% obj.	5 - 10	
H ₂ O	% obj.	10 - 20	

Jak rygorystyczne są wymagania odnośnie spalin generowanych przez ITPOK niech świadczy porównanie standardów emisyjnych dla instalacji spalarni paliw stałych ze standardami emisyjnymi przewidzianymi dla ITPOK (tabela 3).

Tabela 3. Porównanie standardów emisyjnych instalacji spalania paliw stałych i TPOK [1]

Nazwa substancji	Zał. 3. - standardy emisyjne dla instalacji spalania paliw stałych przy zawartości 6 % O ₂ w spalinach [mg/m ³ _u]		Zał. 5. - standardy emisyjne dla instalacji spalania odpadów [mg/m ³ _u]	
	Nominalna moc cieplna źródła [MW]			
	5 ≤ N _t < 50	50 ≤ N _t < 100	zaw. 11% O ₂	zaw. 6% O ₂
Pyły	100	50	10,0	15
TOC	nie regulowane	nie regulowane	10,0	-
SO ₂	1300	850	50,0	75
H Cl	nie regulowane	nie regulowane	10,0	-
H F	nie regulowane	nie regulowane	10,0	-
NO _x	nie regulowane	400 *	200,0	300
Cd+Tl +Hg	nie regulowane	nie regulowane	0,05	-
Sb+As+Pb+Cr+ Mo+Cu+ Mn+ Ni+V	nie regulowane	nie regulowane	0,5	-
dioksyny [ng/m ³ _u]	nie regulowane	nie regulowane	0,1	-

* wartość określona tylko dla źródeł o mocy cieplnej N_t ≤ 100 MW

Zestawienie danych w tabeli 3 wyraźnie obrazuje ogromną różnicę w podejściu ustawodawcy do kwestii emisji spalin oczyszczonych z instalacji spalania stałych paliw a spalinami oczyszczonymi opuszczającymi ITPOK. Tylko 3 spośród 9 substancji, tj. pyły, SO₂ oraz NO_x

są wspólne w tej tabeli dla obu tych źródeł emisji. Jednakże standardy emisji dla ITPOK są znacznie bardziej rygorystyczne.

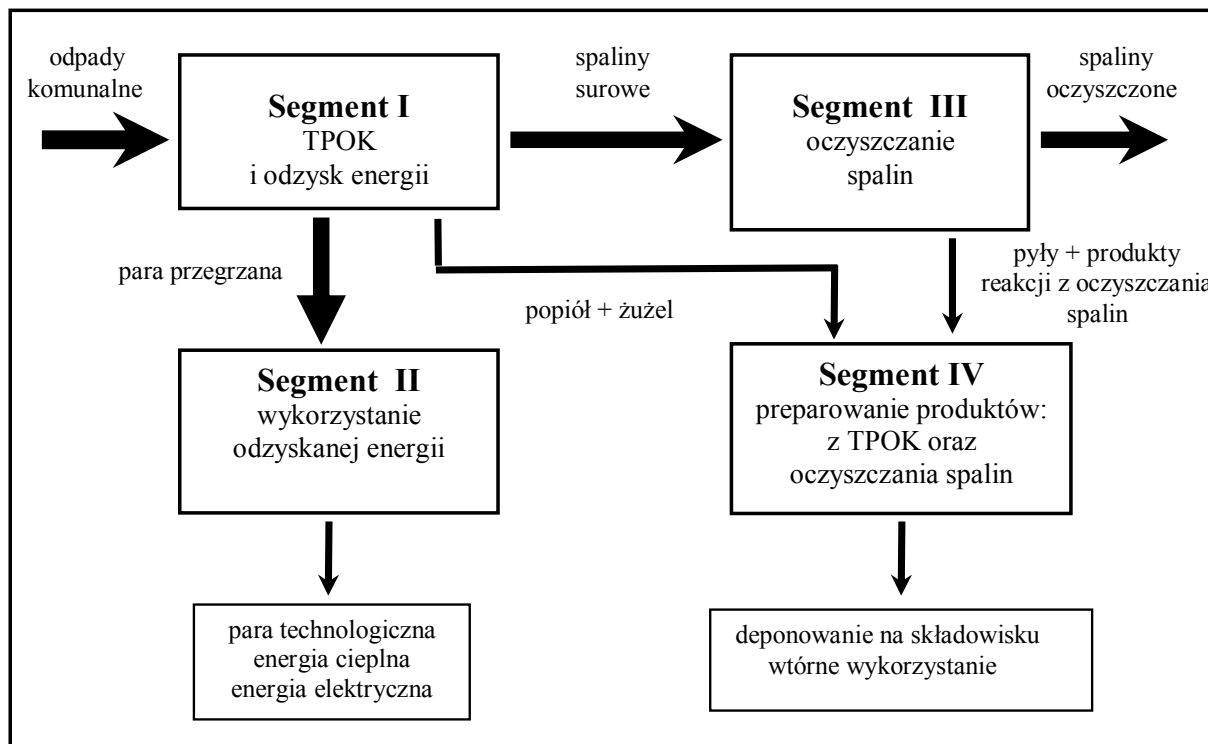
3. Węzeł oczyszczania spalin z ITPOK w świetle BAT

Jednym z najważniejszych aktów prawnych Unii Europejskiej w dziedzinie ochrony środowiska jest Dyrektywa 96/61/WE w sprawie zintegrowanego zapobiegania i ograniczania zanieczyszczeń, zwana popularnie Dyrektywą IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*). Ideę zintegrowanego zarządzania korzystaniem ze środowiska, zawartą w dyrektywie IPPC, po raz pierwszy wprowadziła do polskiego prawa Ustawa Prawo Ochrony Środowiska z dnia 27.01.2001 r. (Dz. U. Nr 62, poz. 627 z późn. zm.). Kluczowym elementem wdrażania IPPC jest procedura uzyskiwania zintegrowanych pozwoleń. Instalacje (np. ITPOK) wymagające pozwoleń zintegrowanych powinny spełniać wymagania ochrony środowiska wynikające z Najlepszej Dostępnej Techniki. Stosownym dokumentem, który opisuje Najlepsze Dostępne Techniki (BAT) (*Best Available Techniques*) dla spalarni odpadów komunalnych jest dokument zatytułowany „Zintegrowane Zapobieganie i Ograniczenie Zanieczyszczeń. Dokument Referencyjny dotyczący Najlepszych Dostępnych Techniki dla spalania odpadów [3] - tzw. dokument BREF (*BAT Reference Document*) z sierpnia 2006 r. Stosowne wytyczne i zalecenia BAT zawarte w tym dokumencie BREF zostały sformułowane przez Techniczną Grupę Roboczą działającą przy Europejskim Biurze IPPC w Sewilli. Najlepsza dostępna technika (BAT) to najbardziej efektywny oraz zaawansowany poziom rozwoju technologii i metod prowadzenia danej działalności, wykorzystywany jako podstawa ustalania granicznych wielkości emisyjnych, mających na celu eliminowanie emisji lub, jeżeli nie jest to praktycznie możliwe, ograniczanie emisji i wpływu na środowisko jako całość. BREF jest dokumentem, który nie stanowi przepisu prawa UE, zawiera natomiast stosowne wytyczne i zalecenia będące wynikiem wymiany informacji pomiędzy Państwami Członkowskimi UE o aktualnym stanie najlepszych dostępnych technik (BAT) dla spalarni odpadów komunalnych.

We współczesnym rozumieniu pod pojęciem spalarni odpadów (ITPOK) rozumiemy cały teren zakładu, na którym funkcjonuje instalacja (urządzenie techniczne), której głównym celem jest unieszkodliwienie odpadów poprzez ich termiczne przekształcenie. W skład ITPOK wchodzi też wszystkie urządzenia umożliwiające prawidłowe ich funkcjonowanie, w tym służące do przyjmowania odpadów oraz ich tymczasowego gromadzenia, wstępnej obróbki oraz zagospodarowania pozostałości po procesach termicznego przekształcenia odpadów. Istotą termicznego przekształcenia odpadów komunalnych jest więc budowa takich ITPOK, w których będzie odzyskiwana energia zawarta w odpadach. Każda z takich instalacji jest więc elektrociepłownią lub przynajmniej ciepłownią. ITPOK można scharakteryzować poprzez podzielenie jej na kilka niezależnych segmentów technologicznych. Podziału takiego można dokonać na wiele różnych sposobów. Na rys. 2 przedstawiono podział ITPOK na 4 segmenty technologiczne, a mianowicie:

- Segment I – termiczne przekształcenie odpadów komunalnych i odzysk zmagazynowanej w odpadach energii chemicznej,
- Segment II – wykorzystanie odzyskanej z odpadów energii (np. w postaci pary technologicznej o najczęściej spotykanych parametrach, tj. o temperaturze 400°C i ciśnieniu 4 MPa, energii cieplnej lub elektrycznej),
- Segment III – oczyszczanie spalin (ewentualnie oczyszczanie ścieków) oraz
- Segment IV – preparowanie produktów powstałych po TPOK oraz produktów generowanych podczas procesu oczyszczania spalin.

Ustawodawstwo polskie wymaga, aby ITPOK były projektowane, budowane, wyposażane i użytkowane w taki sposób, aby można było zapewnić osiągnięcie takiego poziomu termicznego przekształcania odpadów (TPO), przy którym ilość i szkodliwość odpadów i innych emisji powstających wskutek TPO w tym np. pozostałości po procesie) będą jak najmniejsze.



Rys. 2. Przykładowy podział ITPOK na segmenty technologiczne

Ogólnie, w skład segmentu oczyszczania spalin ITPOK wchodzi następujące węzły technologiczne (w praktyce spotykane są najróżniejsze konfiguracje, które zależą od specyfiki dawcy technologii oczyszczania spalin):

- węzeł odpylania spalin z zastosowaniem elektrofiltru lub filtra workowego,
- węzeł redukcji kwaśnych nieorganicznych składników spalin – HCl, HF, SO₂,
- węzeł redukowania emisji tlenków azotu wg procesu SNCR lub SCR,
- węzeł redukowania emisji związków metali ciężkich w postaci gazowej i pyłów oraz
- węzeł redukowania emisji związków organicznych wielkocząsteczkowych, tj. dioksyn, furanów oraz rtęci.

W zakresie metod ograniczania emisji z procesów TPOK dokument BREF rekomenduje następujące rozwiązania:

- w zakresie odpylania spalin:
 - odpylacze elektrostatyczne suche,
 - odpylacze elektrostatyczne mokre,
 - filtry tkaninowe;
- w zakresie usuwania (redukcji) kwaśnych nieorganicznych składników spalin – HCl, HF, SO₂):
 - proces suchy,
 - proces półsuchy,
 - proces mokry;

- w zakresie usuwania tlenków azotu:
 - selektywna niekatalityczna redukcja NO_x (SNCR),
 - selektywna katalityczna redukcja NO_x (SCR);
- w zakresie usuwania metali ciężkich:
 - dokładne odpylanie,
 - utlenienie metalu do postaci jonowej (dotyczy przede wszystkim rtęci) i chemiczne związanie w absorberze,
 - adsorpcja na węglu aktywnym (dotyczy przede wszystkim rtęci, kadmu, talu i arsenu);
- w zakresie usuwania związków organicznych:
 - utlenienie katalityczne na katalizatorze,
 - adsorpcja na węglu aktywnym (złóże stałe, złóże przesypujące się, iniekcja pyłu do strumienia spalin i odpylenie na filtrach tkaninowych).

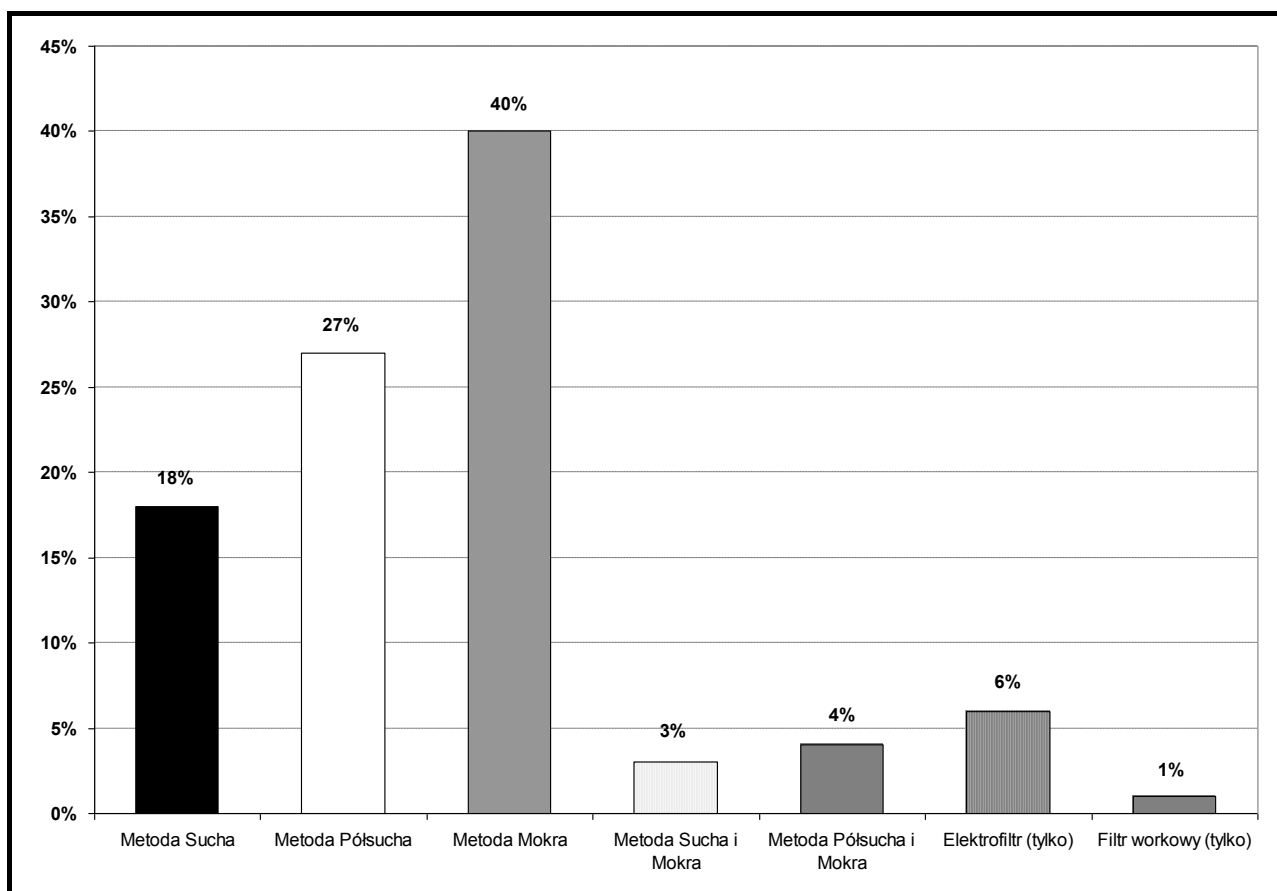
Urządzenia segmentu oczyszczania spalin muszą zapewnić dotrzymanie standardów emisji wymaganych od ITPOK, a w praktyce w szczególności tam gdzie stosowane są metody mokre i półsuche, osiągnane są wartości poniżej standardów emisyjnych przewidzianych dla instalacji spalania odpadów komunalnych. Różnorodność stosowanych systemów dla segmentu oczyszczania spalin ITPOK w wybranych krajach Europy przedstawiono na podstawie danych z BREF'u w tabeli 4. Na rys. 3. przedstawiono natomiast udział [%] stosowanych systemów oczyszczania spalin w ITPOK w wybranych krajach Europy.

Tabela 4. Różnorodność stosowanych systemów oczyszczania spalin w ITPOK w krajach Unii Europejskiej [3]

	Metoda Sucha	Metoda Półsucha	Metoda Mokra	Metoda Sucha i Mokra	Metoda Półsucha i Mokra	Elektrofiltr (wyłącznie)	Filtr workowy (wyłącznie)
Austria			2				
Belgia	2	9	8		1		
Dania	7	17	6			1	1
Francja	13	25	45			19	
Niemcy	5	16	30	2	5		1
Wlk. Bryt.	1	9					
Węgry						1	
Włochy	26	6	3	8	4		
Holandia		1	5		4		
Norwegia	4	1	3				
Portugalia		3					
Hiszpania	1	7					
Szwecja	5	1	7	2			2
Szwajcaria		1	29				
Σ =	64	95	138	12	14	21	4

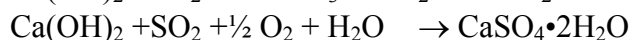
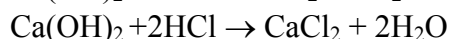
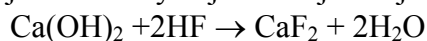
Jak wynika z przytoczonych danych najbardziej rozpowszechnioną formą zabezpieczenia środowiska przed negatywnym wpływem zanieczyszczeń generowanych podczas termicznego przekształcania odpadów jest stosowanie metody mokrego oczyszczania spalin. Z powyższego zestawienia wynika, iż aby osiągnąć odpowiedni poziom dopuszczalnej emisji wszystkich składników zanieczyszczeń zawartych w spalinach, należy stosować kombinacje różnych systemów/technologii oczyszczania spalin. Według BREF ilość stosowanych i dopuszczalnych kombinacji systemów oczyszczania spalin wynosi 408 możliwości. I tak w oparciu o metodę mokrą oraz suchą możliwych jest 168 kombinacji.

Natomiast oczyszczanie spalin z wykorzystaniem metody półsuchej możliwe jest do zrealizowania w oparciu o 78 kombinacji. Porównanie mocnych i słabych stron głównych metod usuwania kwaśnych składników spalin stosowanych w segmencie oczyszczania spalin ITPOK przedstawione zostało w tabeli 5.



Rys. 3. Udział [%] stosowanych systemów oczyszczania spalin w ITPOK w wybranych krajach Europy [3]

Z danych przytoczonych w tabelach 4 i 5, jak również z obserwowanych aktualnych trendów na rynku ITPOK w Europie wynika, że najbardziej preferowanym jest segment oczyszczania spalin z wykorzystaniem metody półsuchej. Przykładowa konfiguracja segmentu oczyszczania spalin z wykorzystaniem półsuchej metody redukcji kwaśnych zanieczyszczeń w ITPOK została przedstawiona na rys. 4. Poniżej przedstawiono równania reakcji chemicznych jakie mają miejsce podczas usuwania kwaśnych składników spalin:



W wyniku tych procesów uzyskuje się stały produkt reakcji, zawierający mieszaninę siarczynu, siarczanu i węgla wapnia z nieprzereagowanym wodorotlenkiem wapnia, węglem aktywnym oraz innymi zanieczyszczeniami usuniętymi ze spalin. Produkt poprocesowy odprowadzany jest do zbiornika produktu ubocznego.

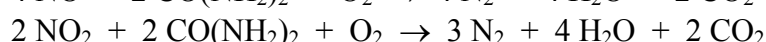
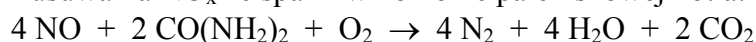
Tabela 5. Porównanie mocnych i słabych stron głównych metod usuwania kwaśnych składników spalin stosowanych w segmencie oczyszczania spalin ITPOK [4]

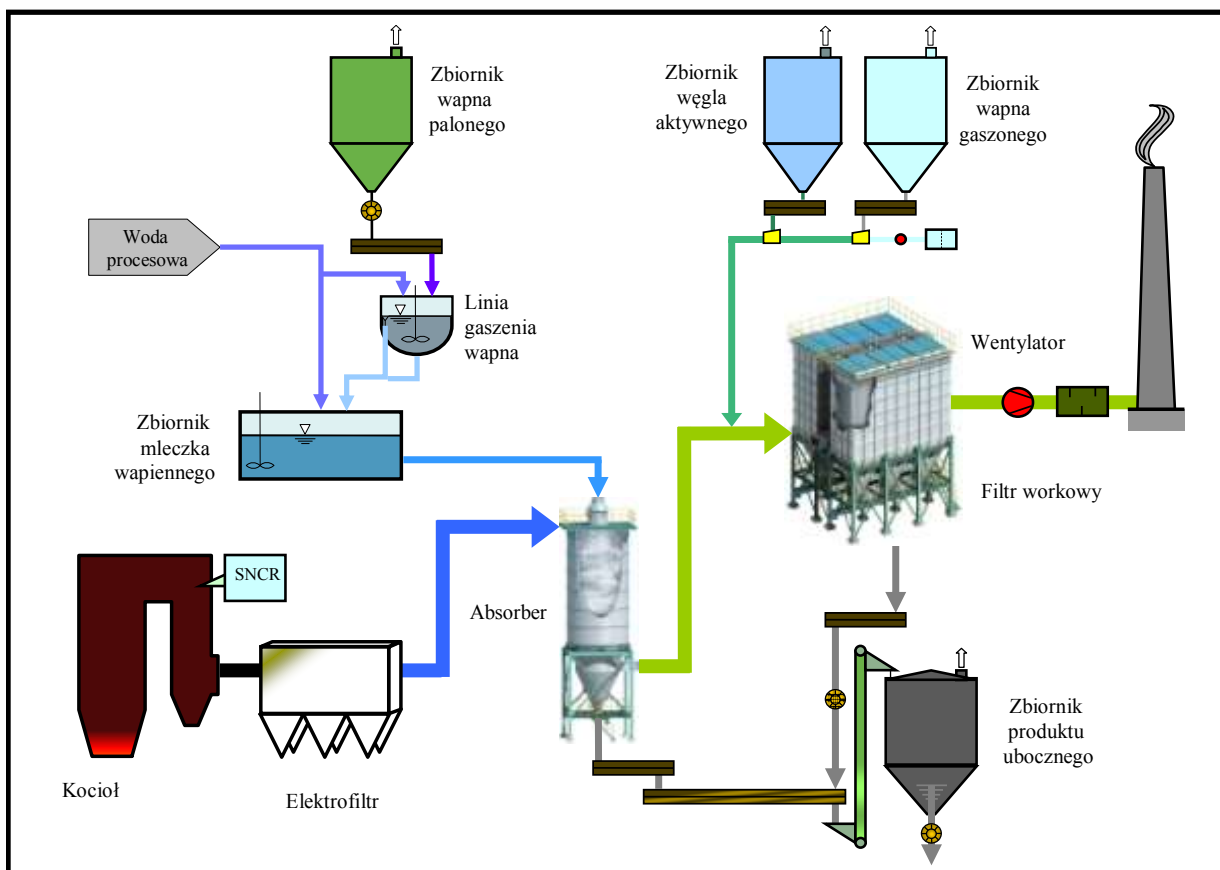
	METODA SUCHA	METODA PÓLSUCHA	METODA MOKRA
Mocne strony	<ul style="list-style-type: none"> Niskie koszty inwestycyjne Elastyczność metody w odniesieniu do fluktuacji przepływu. Łatwo osiągalna adsorpcja dioksan i furanów oraz Hg poprzez dodawanie węgla aktywnego. Brak ścieków. 	<ul style="list-style-type: none"> Wysoka skuteczność wyłapywania kwaśnych nieorg. składników spalin: HCl = 3-10 mg/m³_u, HF < 1 mg/m³_u oraz SO₂ < 20 mg/m³_u - wartości średniodobowe. Przeciętna elastyczność metody w odniesieniu do fluktuacji przepływu. Łatwo osiągalna adsorpcja dioksan i furanów oraz Hg poprzez dodawanie węgla aktywnego. Brak ścieków. 	<ul style="list-style-type: none"> Bardzo wysoka skuteczność wyłapywania kwaśnych nieorg. składników spalin: HCl < 5 mg/m³_u, HF < 0,5 mg/m³_u oraz SO₂ < 20 mg/m³_u - wartości średniodobowe. Wysoka elastyczność metody w odniesieniu do fluktuacji przepływu. Niskie zużycie reagentów.
Słabe strony	<ul style="list-style-type: none"> Przeciętna skuteczność wyłapywania kwaśnych nieorg. składników spalin: HCl < 10 mg/m³_u, HF < 1 mg/m³_u oraz SO₂ < 50 mg/m³_u - wartości średniodobowe. Wysokie zużycie reagentów. Wysokie koszty deponowania pozostałości. 	<ul style="list-style-type: none"> Wysokie zapotrzebowanie na sprężone powietrze. Duża produkcja problematycznych pozostałości z procesu oczyszczania spalin: ok. 25-50 kg/Mg odpadów. 	<ul style="list-style-type: none"> Najwyższe koszty inwestycyjne - koszt oczyszczalni ścieków oraz dodatkowych zespołów procesowych. Potrzebna instalacja do oczyszczania ścieków - produkcja ścieków o podwyższonej zawartości jonów Cl⁻ i SO₄²⁻: 250-500 dm³/Mg odpadów. Konieczny dodatkowy system usuwania Hg.

Przeważnie segment oczyszczania spalin dla ITPOK z zastosowaniem metody półsuchej składa się z następujących węzłów [4]:

- magazynowania i przygotowania sorbentu oraz węgla aktywnego,
- absorbera do wytrącania kwaśnych związków HF, HCl oraz SO₂,
- filtra workowego,
- wentylatora ciągu oraz komina,
- zbiornika produktu ubocznego.

W celu redukcji stężeń tlenków azotu NO_x, stosuje się proces selektywnej niekatalitycznej redukcji tzw. SNCR (ang.: *Selective Non Catalytic Reduction*) z wtryskiem roztworu mocznika lub suchego mocznika do komory paleniskowej. Proces ten pozwala na osiągnięcie wymaganego przepisami dla NO_x standardu emisyjnego poniżej 200 mg/m³_u [1, 2]. Poniżej przedstawiono równania reakcji chemicznych zachodzących podczas procesu SNCR usuwania NO_x ze spalin w komorze paleniskowej kotła:





Rys. 4. Przykładowa konfiguracja segmentu oczyszczania spalin z wykorzystaniem półsuchej metody redukcji kwaśnych zanieczyszczeń (HCl, HF oraz SO₂) w ITPOK

Literatura

1. Rozporządzenie w sprawie standardów emisyjnych z instalacji - Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 20 grudnia 2005 r. w sprawie standardów emisyjnych z instalacji (Dz. U. 2005, Nr 260, poz. 2181).
2. Dyrektywa w sprawie spalania odpadów – Dyrektywa 2000/76/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 4 grudnia 2000 r. w sprawie spalania odpadów.
3. BREF - Reference Document on the Best Available Techniques for Waste Incineration, IPPC, sierpień 2006.
4. Opracowanie wstępne metodyki obliczeń i wytycznych projektowania typowych urządzeń do oczyszczania gazów odlotowych, RAFAKO, Raport RNiT, 1998.