



Testing fuel properties of municipal sewage sludge

Monika CZOP¹, Natalia JARZĄBKOWSKA¹

¹ Politechnika Śląska, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Wydział Inżynierii Środowiska i Energetyki, Katedra Technologii i Urządzeń Zagospodarowania Odpadów, tel. 32 237 21 04, Monika.Czop@polsl.pl, n.jarzabkowska@op.pl

Abstract

Sediments generated in the process of the waste treatment poses a large problem with their further utilization due to their variable composition. There is no unique and optimum method of waste sediment management. The method is selected individually and depends above all on the size of the considered waste treatment plant. The purpose of the tests was a physicochemical analysis of the municipal waste sediments in the process of combustion or co-combustion with the hard coal. The analysis has been carried out for the waste treatment plant with capacity of RLM = 125 000.

Keywords: sewage sludge, fuel properties, disposal, combustion, co-combustion.

Streszczenie

Badanie właściwości paliwowych komunalnego osadu ściekowego

Powstający w procesie oczyszczania ścieków osad ze względu na zmienny skład stanowi duży problem pod kątem dalszego zagospodarowania. Nie ma jednej i optymalnej metody zagospodarowania osadów ściekowych. Wybór metody jest sprawą indywidualną i jest zależny przede wszystkim od wielkości rozpatrywanej oczyszczalni ścieków.

Celem badań była analiza fizykochemiczna komunalnych osadów ściekowych pod względem energetycznego wykorzystania w procesie spalania lub współspalania z węglem kamiennym. Analizę przeprowadzono dla oczyszczalni ścieków o przepustowość odpowiadającą RLM = 125 000.

Słowa kluczowe: osady ściekowe, właściwości paliwowe, unieszkodliwianie, spalanie, współspalanie.

1. Wstęp

Z roku na rok w oczyszczalniach ścieków wytwarza się coraz większą ilość osadów. Rozwój infrastruktury wodociągowo – kanalizacyjnej miast i wsi oraz budowa nowych zakładów przemysłowych wpływa znacząco na ilość oczyszczanych ścieków. Ilość produkowanego osadu jest zależna od RLM (Równoważna Liczba Mieszkańców), urządzeń, technologii, przeróbki osadów ściekowych czy parametrów używanych w danej oczyszczalni.

Zgodnie z Ustawą z dnia 14 grudnia 2012r. o odpadach pod pojęciem osadu należy rozumieć komunalny osad ściekowy pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji służących do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych [1].

Zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014r. w sprawie katalogu odpadów osady ściekowe sklasyfikowane są w grupie 19: odpady instalacji i urządzeń służących zagospodarowaniu odpadów, z oczyszczalni ścieków oraz z uzdatniania wody pitnej i wody do celów przemysłowych [2].

Na przestrzeni ostatnich lat osady ściekowe były unieszkodliwiane głównie poprzez składowanie na składowiskach, również były kompostowane, służyły do nawożenia gleby, w niewielkim stopniu były degradowane termicznie.

W tabeli 1.1 zaprezentowano ilości osadów ściekowych wytworzonych w oczyszczalniach przemysłowych i komunalnych w Polsce w latach 2010-2014 [4-6].

Tabela 1.1. Ilości osadów z przemysłowych i komunalnych oczyszczalni ścieków w latach 2010-2014 [4-6].

		2010	2011	2012	2013	2014
		w tys. Mg suchej masy				
Osady ściekowe wytworzone ogółem		895,1	916,8	951,9	932,8	967,4
w tym:	z oczyszczalni komunalnych	526,7	519,2	533,3	540,3	556,0
	z oczyszczalni przemysłowych	368,4	397,6	418,6	392,5	411,4

Najbardziej rozpowszechnionym sposobem zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w 2008 roku w Polsce było ich zastosowanie w rolnictwie oraz w rekultywacji terenów. W 2013 roku odnotowano 15% spadek wykorzystania osadów ściekowych do rekultywacji terenów. Natomiast wykorzystanie osadów do celów rolniczych zostało na podobnym poziomie. Jeżeli chodzi o termiczne przekształcanie osadów to w 2008 roku tą metodą zagospodarowano zaledwie 1%, zaś w 2013 roku już blisko 13,5%, tendencja tej metody ma charakter rosnący. Na przestrzeni lat zmianie nie ulega kierunek wykorzystywania osadów na cele uprawy roślin, utrzymuje się on w przedziale 5-6%. W dalszym ciągu komunalne osady ściekowe w znacznych ilościach są magazynowane na terenach należących do oczyszczalni [5-7].

W tabeli 1.2 zaprezentowano dotychczasowe kierunki zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych w Polsce [5-7].

Tabela 1.2. Wytwarzanie i zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych w latach 2004-2013 [5-7].

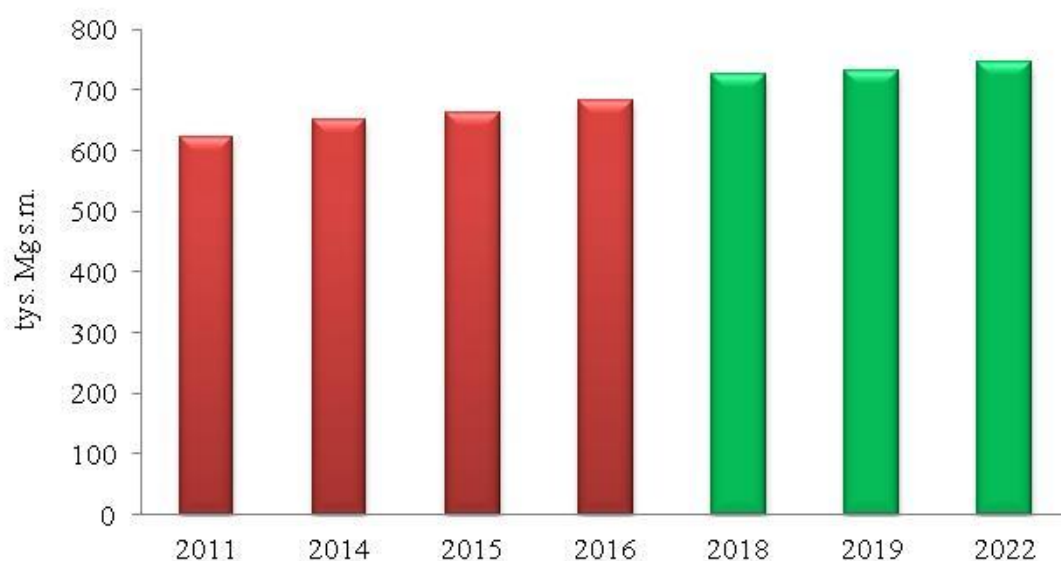
Sposób zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych	2004	2006	2008	2011	2012	2013
	w tys. Mg suchej masy					
Ogółem	476,1	501,3	567,3	519,2	533,3	540,3
Zastosowanie w rolnictwie	66,9	80,6	112,0	116,2	115,0	105,4
Zastosowanie do rekultywacji terenów, w tym gruntów na cele rolne	110,7	109,7	105,8	54,4	50,3	29,4
Zastosowanie do uprawy roślin przeznaczonych do produkcji kompostu	29,7	28,1	27,5	31,0	33,3	32,6
Przekształcenie termiczne	1,4	4,5	6,0	41,6	56,6	72,9
Deponowanie na składowiskach	162,7	147,1	91,6	51,4	46,8	31,4
Magazynowane na terenie oczyszczalni	751,8	790,9	598,8	212,4	208,1	219,8

Z dniem 1 stycznia 2016r. wprowadzono rozporządzenie w sprawie kryteriów oraz procedur dopuszczania odpadów do składowania na składowisku danego typu.

Nowe Rozporządzenie ogranicza składowanie osadów na składowiskach, które przekraczają następujące parametry:

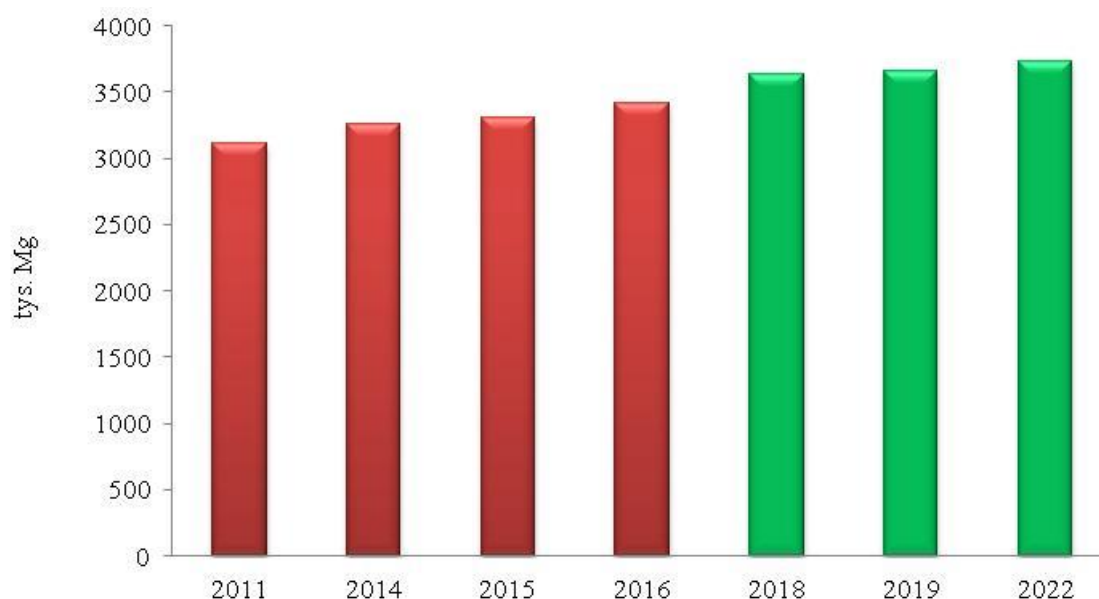
- ciepło spalania (W_g) powyżej 6 MJ/kg,
- straty przy prażeniu (LOI) powyżej 8%,
- ogólny węgiel organiczny (TOC) powyżej 5% suchej masy [3].

Na rysunku 1.1 – 1.2 przedstawiono prognozy wytwarzania komunalnych osadów ściekowych na lata 2011-2022 [7].



Rys.1.1. Prognoza wytwarzania komunalnych osadów ściekowych suchej masy na lata 2011 – 2022 [7].

Analizując zaprezentowane dane (Rys.1.1–1.2) można zauważyć, że od 2018 roku założono malejącą tendencję przyrostu masy wytwarzanych osadów. Taka sytuacja jest związana z faktem, że w tym okresie kanalizowane będą głównie obszary zabudowy rozproszonej, a to spowoduje, że mniej nowych mieszkańców będzie przyłączanych do systemów kanalizacji i oczyszczalni ścieków komunalnych.



Rys.1.2. Prognoza wytwarzania komunalnych osadów ściekowych o uwodnieniu 80% na lata 2011– 2022[7].

2. Metody zagospodarowania osadów

Wzrost powstających osadów ściekowych oraz restrykcyjne przepisy prawne powodują, że coraz częściej poszukuje się nowych metod ich bezpiecznego oraz ekonomicznie uzasadnionego zagospodarowania. Osady ściekowe stały się bardzo dużym problemem ekologicznym, technicznym oraz ekonomicznym.

Możliwości ich zagospodarowania są różne, ale coraz częściej sięga się do ich energetycznego wykorzystania. Najpopularniejsze metody termicznego przekształcania to: spalanie, zgazowanie, piroliza.

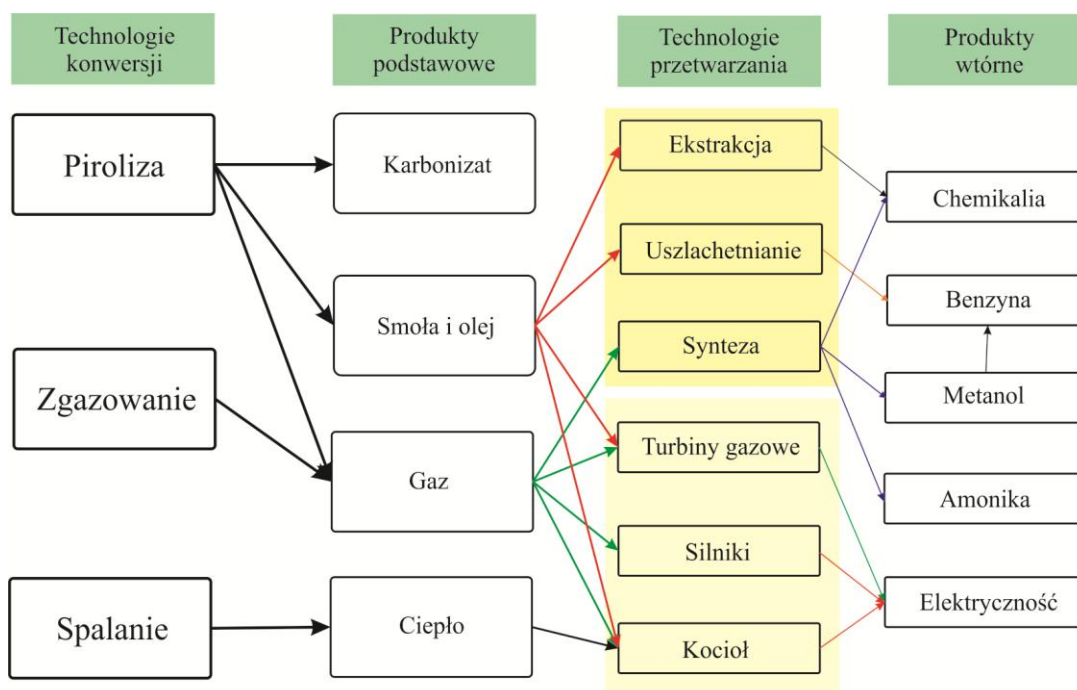
Natomiast metody degradacji termicznej poprzedzają najczęściej takie procesy jak: wapniowanie czy suszenie. Proces te mają na celu zmiany ich właściwości fizykochemicznych, stabilizację oraz ich biodegradację. Na rysunku 2.1 zaprezentowano kierunki konwersji termicznej [8,9].

Suszenie osadów jest to proces, który zmniejsza ich objętość i masę. Proces ten umożliwia uzyskanie produktu o określonych parametrach, które umożliwiają jego wielokierunkowe wykorzystanie. Cykl ten pozwala na obniżenie zawartości wody w osadzie dzięki czemu kaloryczność wzrasta. Suszenie jest procesem pośrednim, gdzie osad jest przyszykowany do dalszej przeróbki np. do spalania. Wysuszony osad jest również łatwiej transportować oraz magazynować.[10,11] Proces suszenia osadu ściekowego wymaga dużego nakładu energetycznego, a to powoduje wysokie koszty ekonomiczne.

Wapniowanie osadów ściekowych jest dobrym rozwiązaniem do eliminowania drobnoustrojów oraz organizmów chorobotwórczych. Przy zachodzącej reakcji hydratacji wody z tlenkiem wapnia wydziela się ciepło[9]. Jest on najlepszym oraz najpopularniejszym sposobem na higienizację osadów ściekowych, również pomaga w ustabilizowaniu osadu i ma wpływ na lepsze jego odwodnienie[6].

Spalanie to proces unieszkodliwiania termicznego [12,13] czyli związki organiczne zostają utlenione do dwutlenku węgla. Produktem spalania są gazy odlotowe oraz stałe odpady, a substratami jest powietrze i paliwo. Definicja procesu spalania wg [11] brzmi spalanie paliw jako proces termiczny jest głównym źródłem ciepła i pośrednio energii mechanicznej i elektrycznej dla gospodarki świata oraz dla indywidualnych mieszkańców Ziemi. Niestety jest ono również jednym z głównych źródeł zanieczyszczenia środowiska naturalnego.

Paliwo jest główną substancją, która uczestniczy w procesie spalania. Do spalania paliwa niezbędne jest dostarczenie adekwatnej ilości tlenu z powietrzem. Produktami spalania są gazy odlotowe oraz stałe odpady, a substratami powietrze i paliwo[11]. Do podstawowych produktów w czasie spalania całkowitego i zupełnego należą: gazy odlotowe (SO_2 , NO_x , CO), żużel, popiół, związki metali [13-14].



Rys.2.1. Możliwości energetycznego wykorzystania osadu ściekowego (wyk. M. Czop).

Zgazowanie jest to proces chemicznych oraz termochemicznych przemian, które zachodzą pod wpływem wysokiej temperatury między środkami zagazowującymi, a organiczną substancją. Proces realizowany jest egzotermicznie lub endotermicznie [8].

Piroliza jest dobrym rozwiązaniem do unieszkodliwiania odpadów ponieważ zyskuje się mniejszy ciężar oraz objętość. Jedyną koniecznością jest dobre przygotowanie odpadu. Powinien on być po homogenizacji oraz

rozdrobieniu aby podwyższyć wartość energetyczną i ułatwić dalszy proces. Odbywa się on bez dostępu doprowadzania powietrza [8].

3. Charakterystyka analizowanego obiektu

Analizowana oczyszczalnia ścieków jest typową oczyszczalnią mechaniczno – biologiczną. Opiera się o technologię osadu czynnego niskoobciążonego (Rys.3.1). Przyjmuje oraz oczyszcza ścieki bytowo – gospodarcze z dwóch miast o łącznej liczbie ludności 103 370. Opierając się na klasyfikacji oczyszczalni uwzględniającej kryterium RLM:

- < 10000 RLM – oczyszczalnia mała,
- 10000 - 50000 RLM – oczyszczalnia średnia,
- 50000 - 100000 RLM – oczyszczalnia duża,
- 100000 RLM – oczyszczalnia bardzo duża,

można powiedzieć, że analizowany obiekt zalicza się do obiektów bardzo dużych.

W części mechanicznej następuje proces sedymentacji wstępnej, w czasie którego generowany jest osad wstępny. Osad ten jest następnie fermentowany w otwartej komorze fermentacyjnej.

Część biologiczna oparta jest o przepływowe komory osadu czynnego z wydzielonymi osadnikami wtórnymi. Osad wtórny po grawitacyjnym zagęszczeniu razem z przefermentowanym osadem wstępnym jest mechanicznie odwadniany i poddawany higienizacji.

Całkowita powierzchnia oczyszczalni ścieków wynosi 11,6 ha, a jej przepustowość 25 000 m³/dobę [15,16]. Tabela 3.1 przedstawia ilość ścieków mierzoną na odpływie z oczyszczalni w kanale odpływowym.

Tabela.3.1. Dobowa ilość ścieków w analizowanym obiekcie [15,16].

Rodzaj przepływu	Jednostka	Wartość
Przepływ średniodobowy	m ³ /dobę	13 755
Przepływ maksymalny dobowy	m ³ /dobę	36 510
Przepływ minimalny dobowy	m ³ /dobę	5 910

W analizowanej oczyszczalni ścieków w 2007 roku oprócz ustabilizowanych osadów ściekowych (19 08 05) w ilości 1343,0 Mg s. m. wytwarzane były inne odpady z grupy 19 tj. skratki (19 08 01) – 67,38 Mg i zawartość piaskowników (19 08 02) – 320,78 Mg.

Ilość osadów ściekowych przypadająca na jednego mieszkańca miasta w 2007 roku kształtowała się na poziomie ok. 14 kg.

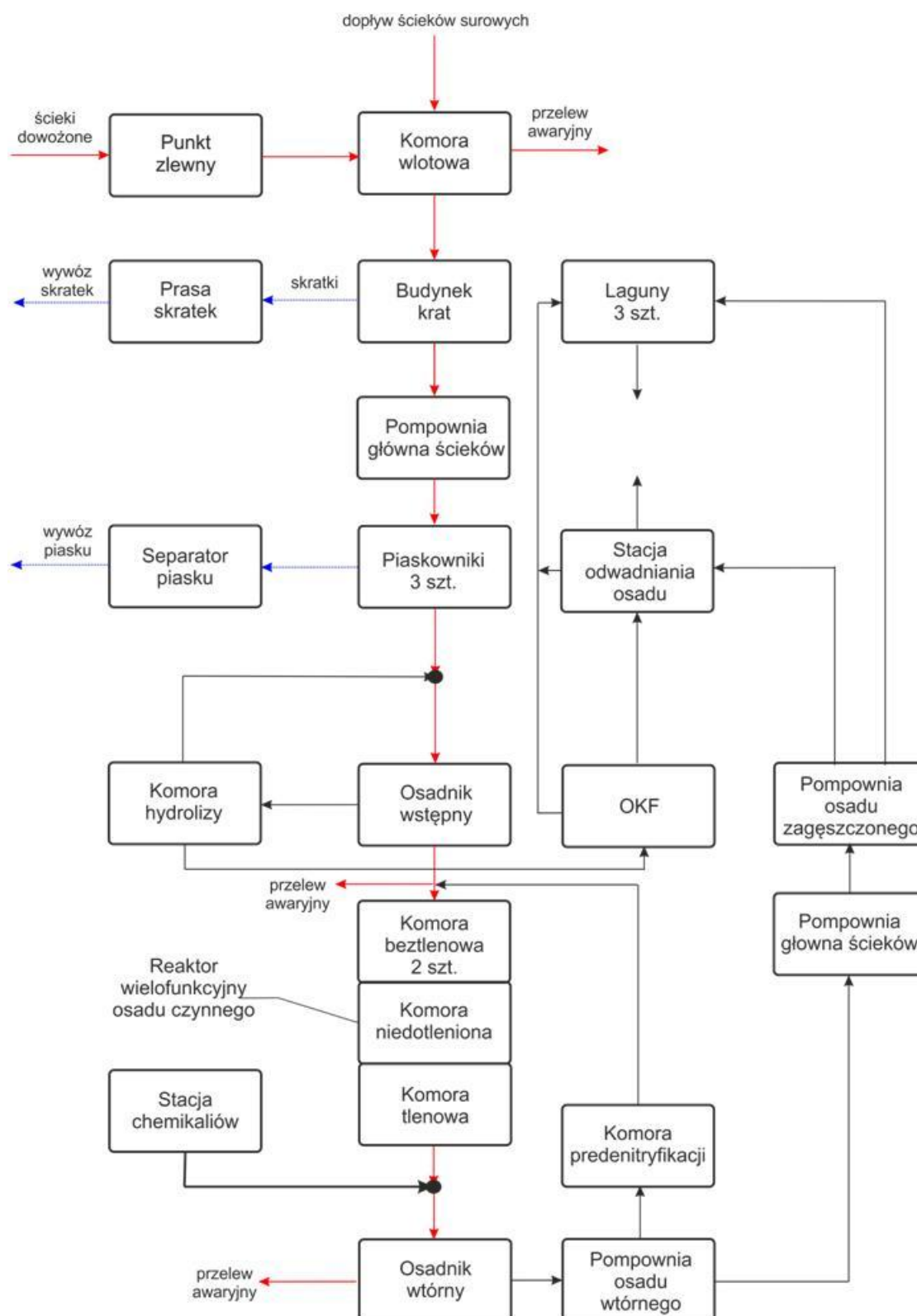
Z wytworzonych w 2007 roku osadów blisko 96% poddana została odzyskowi, który kształtował się w następujący sposób [15,16]:

- 397 Mg s.m. - w procesie kompostowania (R3),
- 890 Mg s.m. - do uprawy roślin nieprzeznaczonych do spożycia (R14),
- 56 Mg s.m zostało umieszczonych na lagunach osadowych na terenie oczyszczalni.

Obiekt składa się z następujących elementów technologicznych: punktu zlewnego ścieków dowożonych, komory wlotowej, budynku krat, pompowni głównej ścieków, trzykomorowego piaskownika poziomego, separatora piasku, osadnika wstępnego, komory hydrolizy, reaktora wielofunkcyjnego osadu czynnego, trzech osadników wtórnych, z których eksploatowane są tylko dwa, pompowni osadu recyrkulowanego, komory wstępnej denitryfikacji, otwartej komory fermentacyjnej, dwóch zagęszczaczy osady nadmiernej, pompowni osadu odwodnionego, stacji odwadniania osadu, silosu na wapno, pompowni drenażu, trzech lagun osadowych, pompowni odcieków.

Obecnie trwa rozbudowa oczyszczalni, a dokładnie budowa nowego reaktora biologicznego. W zakresie rozbudowy oczyszczalni znalazła się modernizacja części mechanicznej obejmująca pompownię główną oraz separator piasku i część biologiczną z reaktorem na czele. Część obiektów w układzie technologicznym zostanie zhermetyzowana, co zmniejszy uciążliwość zapachową dla okolicznych mieszkańców [15,16].

Wielkość analizowanej aglomeracji w roku 2010 wynosiła 100 200 RLM. Obecnie obciążenie oczyszczalni dla tego obiektu to RLM = 111 487.



Rys.3.1. Schemat technologiczny analizowanej oczyszczalni ścieków komunalnych [15,16].

4. Charakterystyka badanego osadu

Badany osad ściekowy pochodzi z oczyszczalni ścieków w województwie śląskim. Pobrany do badań osad został wcześniej higienizowany metodą wapnowania.

Osad ściekowy został pobrany w czasie modernizacji oczyszczalni, w momencie poboru prób osadnik wstępny oraz piaskownik nie były eksploatowane.

5. Metodyka badań

W ramach badań wykonano następujące analizy chemiczne: oznaczenie wilgotności całkowitej metodą wagową, oznaczenie zawartości składników agresywnych, chloru metodą Eschki, siarki metodą Eschki, azotu ogólnego, tlenu, wodoru, węgla. Wszystkie oznaczenia wykonano zgodnie z obowiązującymi normami, które zaprezentowano w tabeli 5.1.

Tabela 5.1. Normy według, których oznaczono właściwości paliwowe osadu ściekowego.

Właściwości paliwowe	Jednostka	Symbol	Norma
Oznaczenie wilgotności całkowitej	%	W_c	PN-Z-15008-02:1993P
Oznaczenie ciepła spalania i obliczanie wartości opałowej	kJ/kg	W_g, W_d	PN-Z-15008-04:1993P
Oznaczenie za wartości popiołu	%	A	PN-EN 15403:2011E
Oznaczenie za wartości części lotnych	%	V_l	PN-EN 15402:2011E
Oznaczenie za wartości węgla i wodoru	%	C, H	PN-Z-15008-05:1993P
Oznaczenie za wartości azotu metodą Kjeldahla	%	N	PN-G-04523:1992P
Oznaczenie siarki całkowitej metodą Eschki	%	S	PN-ISO 334:1997P
Oznaczenie zawartości chloru z zastosowaniem mieszaniny Eschki	%	Cl	PN-ISO 587:2000P

Określone właściwości paliwowe komunalnego osadu ściekowego stanowiły podstawę do wyznaczenia wskaźników w emisji gazowych powstających w procesie termicznej degradacji.

Do obliczenia wielkości emisji gazów odlotowych z procesu współspalania węgla kamiennego z komunalnym osadem ściekowym zastosowano metodę wskaźników emisji (EPA)[17].

Wskaźniki emisji wyrażone na jednostkę energii (kg/MJ) obliczono według wzoru[17]:

$$e_i = \frac{M_i}{W_d} \times n_i, \frac{kg}{MJ} \quad (5.1)$$

lub

$$e_i = \frac{W_{ei}}{W_d}, \frac{kg}{MJ} \quad (5.2)$$

gdzie:

M_i – masa cząsteczkowa danego zanieczyszczenia, [kg/kmol],

n_i – ilość „i” zanieczyszczenia powstała ze spalania jednostki paliwa, [kmol/j.pal],

W_d – wartość opałowa paliwa, [MJ/kg],

W_{ei} – wskaźnik emisji dla zanieczyszczenia „i”, [kg/Mg].

6. Wyniki badań

W tabeli 6.1 zostały zaprezentowane wyniki badań komunalnego osadu ściekowego i referencyjnego węgla kamiennego. Zawartość wilgoci jest podstawowym parametrem, służącym określaniu jakości paliwa. W przypadku paliw stałych wilgoć może stanowić problemy przy energetycznym wykorzystaniu materiałów. Wysoka zawartość wilgoci wpływa na jakość rozdrabniania paliwa oraz obniża znacząco ciepło spalania, a tym samym wartość opałową, ponieważ w tym przypadku część ciepła jest tracona na ogrzanie i odparowanie wody [12]. Wilgotność całkowita badanego osadu ściekowego była rzędu 86%, dlatego dobrym rozwiązaniem dla tego osadu było by wstępne suszenie np. na powietrzu. Zasadniczą wadą tej metody suszenia jest zapotrzebowanie na duży obszar oraz nieprzyjemny zapach, który będzie uciążliwy dla otoczenia i wywoła falę protestów społecznych.

W każdym paliwie wyróżnia się część palną oraz część stanowiącą balast, który tworzą popiół i wilgoć [17]. Zawartość części palnych, w stanie analitycznym w węgla kamiennym, wynosząca ok. 77% jest nieco wyższe od ich zawartości w osadzie ściekowym, która wynosi ok. 75%.

Ilość popiołu w badanym osadzie ściekowym, kształtuje się na poziomie ok. 25% i jest większa od zawartości popiołu w węglu kamiennym, w stanie suchym, która wynosi 16,5%, natomiast w stanie roboczym zawartość popiołu w przypadku osadu jest to wielkość rzędu 3,5%.

Podczas podgrzewania paliwa stałego wydzielają się w wyniku jego termicznego rozkładu tzw. części lotne. W czasie spalania części lotnych wydziela się duża ilość energii ciepłej doprowadzonej z paliwem, dlatego stosuje się specjalne konstrukcje komór spalania, w których powietrze do procesu spalania doprowadzane jest ponad złożone paliwa. Na podstawie porównania zawartości części lotnych w podłożu oraz w paliwie konwencjonalnym zauważono, że osad charakteryzuje się wysoką zawartością części lotnych, na poziomie 54%.

Tabela 6.1. Analiza techniczna badanego osadu ściekowego i referencyjnego węgla kamiennego [badania własne]

Parametr	Jednostka	Badany osad ściekowy	Referencyjny węgiel kamienny [18]
Wilgotność całkowita	%	86,29	19,27
Wilgotność analityczna	%	12,12	4,50
Części palne, w stanie analitycznym	%	74,64	77,00
Części palne, w stanie roboczym	%	10,24	65,07
Popiół, w stanie analitycznym	%	25,36	16,50
Popiół, w stanie roboczym	%	3,48	15,67
Części lotne	%	54,17	29,23
Ciepło spalania, w stanie analitycznym	MJ/kg	11,85	24,03
Wartość opałowa, w stanie analitycznym	MJ/kg	11,00	23,06
Ciepło spalania, w stanie roboczym	MJ/kg	1,66	20,30

Ciepło spalania badanego osadu ściekowego w stanie analitycznym wyniosło 11,85 MJ/kg, a wartość opałowa 11,00 MJ/kg. Wysoka wilgotność osadu ściekowego powoduje niską wartość opałową, kształtującą się na poziomie 1,66 MJ/kg. Wartość ta jest ponad dziesięciokrotnie mniejsza od wartości opałowej referencyjnego węgla kamiennego, która wynosi 19,10 MJ/kg.

Przydatność osadów ściekowych do termicznego przekształcania wymaga poznania ich składu elementarnego. W tabeli 6.2 przedstawiono średni skład elementarny osadu ściekowego i referencyjnego węgla kamiennego, w dwóch stanach analitycznym i roboczym.

Tabela 6.2. Skład elementarny badanego osadu ściekowego i referencyjnego węgla kamiennego [badania własne]

Parametr	Komunalny osad ściekowy			Referencyjny węgiel kamienny	
	stan roboczy	stan analityczny	stan podsuszony	stan roboczy	stan analityczny
Wilgotność	86,29	12,12	40,00	19,27	4,50
Popiół	3,95	25,36	26,87	15,67	16,50
Węgiel	4,22	27,02	14,32	52,09	61,65
Wodór	0,40	2,57	1,36	3,42	4,05
Siarka	0,14	0,87	0,46	1,22	1,44
Azot	0,68	4,36	2,31	0,48	0,57
Chlor	0,31	1,99	1,05	0,00	0,00
Tlen	4,01	25,71	13,63	7,85	9,28

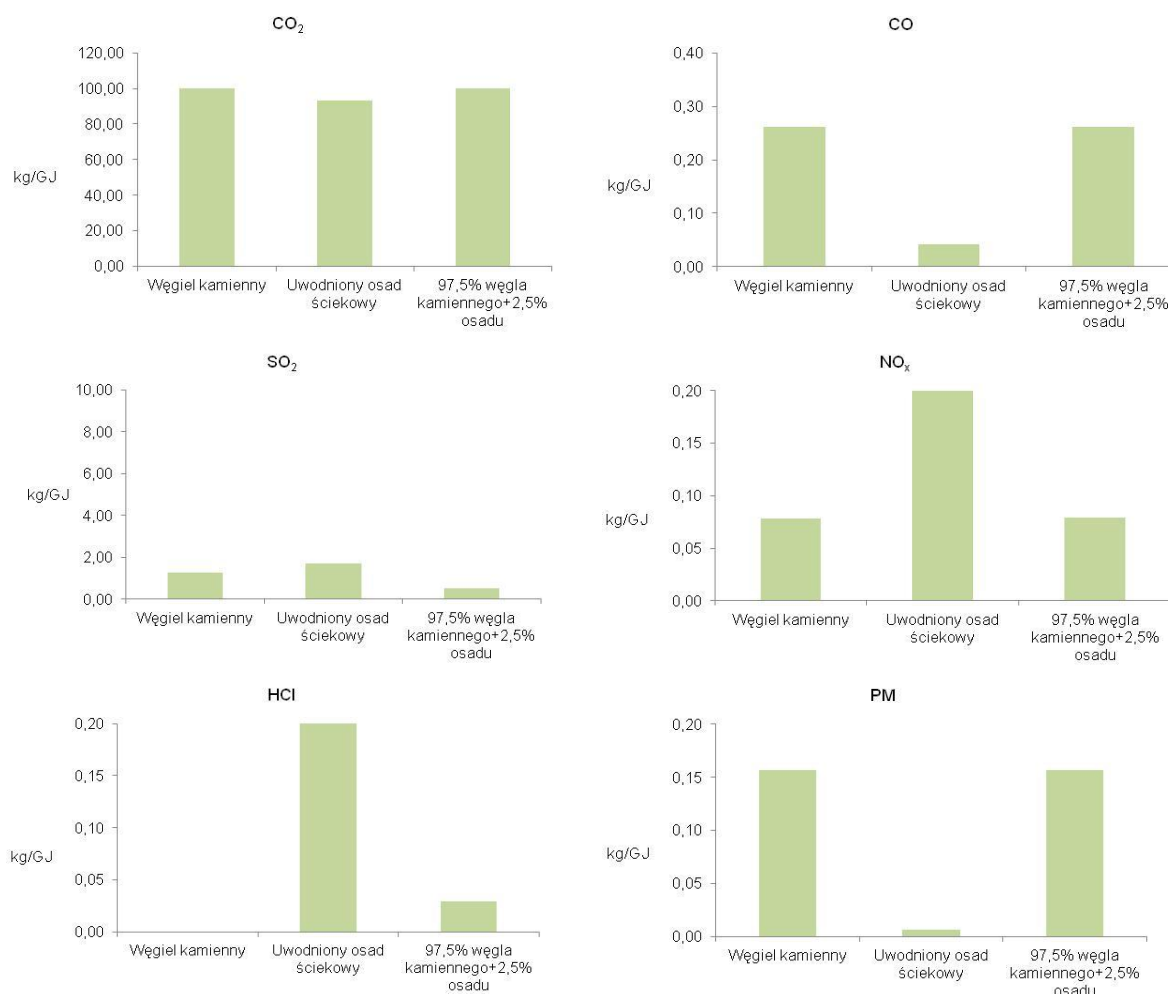
Zawartość węgla i wodoru w paliwie istotnie wpływa na właściwości energetyczne, ponieważ od tych parametrów zależy na przykład wartość opałowa. Zawartość węgla i wodoru w węglu kamiennym jest zdecydowanie większa od jej zawartości w osadzie.

Zawartość chloru w osadzie nie przekracza 0,5%, w węglu kamiennym jest śladowa. Niska zawartość chloru w paliwie przeznaczonym do spalania jest pożądana ze względu na jego potencjalną korozyjność.

Zawartości chloru i siarki są niepożądane w paliwie ze względu na działanie korodujące. Wysoka zawartość chloru w paliwie skutkuje korozją chlorkową, która jest zależna od temperatury podczas spalania w kotle. Natomiast zawartość siarki w paliwie może przyczyniać się do korozji kotłów energetycznych.

Przeprowadzone badania wykazały, że zawartość siarki w osadzie ściekowym kształtuje się na poziomie 0,2%, jest niższa od jej zawartości w węglu kamiennym, w którym zawartość ta wynosi 1,22%.

Ubočnym skutkiem procesu termicznego jest emisja zanieczyszczeń do powietrza. Oszacowaną emisję ze spalania i współspalania mieszanki komunalnego osadu ściekowego o udziale 2,5% z węglem kamiennym o udziale 97,5% wyrażono w kg/GJ i zaprezentowano na rysunku 6.1.



Rys.6.1. Zestawienie wskaźników emisji gazów odlotowych dla uwodnionego osadu ściekowego, węgla kamiennego i mieszanki – w stanie roboczym [opracowanie własne].

Do najbardziej toksycznych gazów odlotowych należą tlenki azotu (NO_x), gdyż przyczyniają się do powstawania kwaśnych deszczów oraz uczestniczą w tworzeniu smogu. Emisja NO_x dla analizowanego osadu ściekowego wyniosła 0,52 kg/GJ, w przypadku spalania referencyjnego węgla kamiennego poziom emisji tych gazów wyniósł 0,08 kg/GJ, natomiast rozpatrując proces współspalania węgla z komunalnym osadem ściekowym NO_x utrzymuje się na poziomie 0,08 kg/GJ, jak dla paliwa konwencjonalnego.

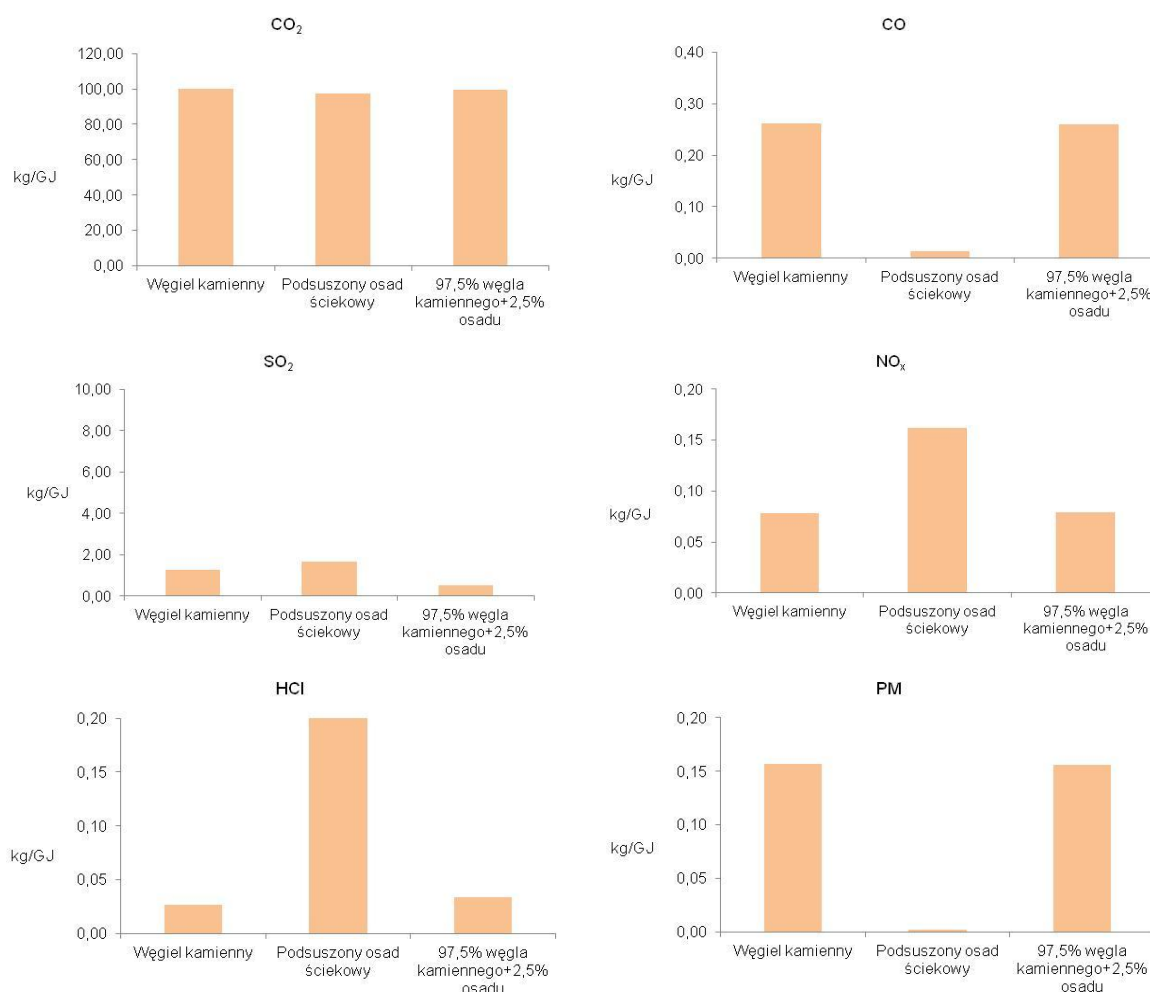
Produkcja energii z osadu ściekowego wiąże się z emisją ditlenku węgla (CO₂) na poziomie 93,21 kg/GJ, natomiast spalanie równoważnej energetycznie ilości węgla kamiennego powoduje emisję na poziomie 100 kg/GJ. Proces współspalania osadu z węglem kamiennym daje nam emisję CO₂ do poziomu 99,78 kg/GJ.

Emisja tlenku węgla (CO) w czasie spalania osadu ściekowego może kształtować się na poziomie 0,04 kg/GJ, natomiast ze spalania referencyjnego węgla jest to poziom rzędu 0,26 kg/GJ. W procesie bezpośredniego spalania węgla i osadu otrzymuje się emisję na poziomie 0,26 kg/GJ.

Emisja ditlenku siarki (SO₂) przy uzyskaniu jednostki energii z komunalnego osadu ściekowego jest wyższa od emisji węglowej. Emisja SO₂ w czasie spalania uwodnionego osadu ściekowego kształtuje się na poziomie 1,69 kg/GJ, natomiast ze spalania referencyjnego węgla jest to poziom rzędu 1,28 kg/GJ.

Szacowana emisja PM (pyłu zawieszonego ogółem) w trakcie spalania osadu wyniosła 0,006 kg/GJ, prawie 26-krotnie większą ilość tego zanieczyszczenia powoduje spalanie węgla, natomiast w procesie współspalania węgla z osadem poziom emisji pyłu jest na poziomie 0,16 kg/GJ.

Osad ściekowy poduszony do wilgotności ok. 40% spala się bez wspomaganie. Jego ciepło spalania mieści się w zakresie 10-17 MJ/kg. Tym samym, aby zapewnić prawidłowy przebieg procesu spalania, bez konieczności ciągłego stosowania paliwa wspomagającego, osady ściekowe kierowane do spalarni muszą być wstępnie poduszone. Najczęściej w tym celu wykorzystuje się gazy odlotowe z procesu spalania osadów.



Rys.6.2. Zestawienie wskaźników emisji gazów odlotowych dla osadu ściekowego o wilgotności 40%, węgla kamiennego i mieszanki (opracowanie własne).

Na rysunku 6.2 zaprezentowano emisję z bezpośredniego spalania i współspalania mieszanki poduszonego osadu ściekowego o udziale 2,5% z węglem kamiennym o udziale 97,5% wyrażoną w kg/GJ.

Produkcja energii z podsuszonego osadu ściekowego wiąże się z emisją CO₂ na poziomie 97,60 kg/GJ, natomiast spalanie równoważnej energetycznie ilości węgla kamiennego powoduje emisję na poziomie 100 kg/GJ. Proces współspalania osadu z węglem kamiennym daje nam emisję CO₂ do poziomu 99,28 kg/GJ.

Natomiast emisja CO w czasie spalania podsuszonego osadu ściekowego może kształtować się na poziomie 0,01 kg/GJ, a ze spalania referencyjnego węgla kamiennego jest to poziom rzędu 0,26 kg/GJ. W procesie współspalania węgla kamiennego i osadu otrzymuje się emisję na poziomie 0,26 kg/GJ.

Emisja NO_x dla podsuszonego osadu ściekowego wyniosła 0,16 kg/GJ, w przypadku spalania referencyjnego węgla kamiennego poziom emisji tych gazów wyniósł 0,08 kg/GJ, natomiast rozpatrując proces współspalania węgla z komunalnym osadem ściekowym zawartość NO_x utrzymuje się na poziomie 0,08 kg/GJ, jak dla paliwa konwencjonalnego. Należy zaznaczyć, że emisja NO_x z bezpośredniego spalania uwodnionego osadu ściekowego jest 3,5-krotnie wyższa od emisji dla osadu wstępnie podsuszonego.

Emisja SO₂ przy uzyskaniu jednostki energii z komunalnego osadu ściekowego jest wyższa od emisji węglowej. Emisja SO₂ w czasie spalania podsuszonego osadu ściekowego może kształtować się na poziomie 1,64 kg/GJ, natomiast ze spalania referencyjnego węgla jest to poziom rzędu 1,28 kg/GJ.

Emisja PM w trakcie spalania osadu wyniosła 0,002 kg/GJ, natomiast w procesie współspalania węgla z osadem poziom emisji pyłu jest na poziomie 0,16 kg/GJ.

Podsumowanie

Zgodnie z prognozami Krajowego planu gospodarki odpadami 2014 roku strumień osadów ściekowych będzie wykazywał tendencję wzrostową. Z jednej strony wynika to z coraz lepszego skanalizowania naszego kraju, a z drugiej strony jest to efekt stylu życia społeczeństwa.

Aktualizowane aspekty prawne zmuszają do wdrażania innych metod zagospodarowania osadów ściekowych, ponieważ dotychczasowe wykorzystanie (np. przyrodnicze czy składowanie) jest już dość mocno ograniczone przepisami prawnymi.

Propagowane bezpośrednie spalanie czy współspalanie osadów ściekowych z uwagi na emisje szkodliwych związków do powietrza budzi wiele wątpliwości oraz duży sprzeciw społeczeństwa. Metody termicznego przekształcania osadów ściekowych wymagają dużych nakładów inwestycyjnych.

Alternatywę dla termicznych metod zagospodarowania komunalnych osadów ściekowych może stanowić fermentacja metanowa prowadzona na terenie oczyszczalni, która jest już realizowana z dużym powodzeniem zarówno w naszym kraju jak i za granicą.

Literatura

1. Ustawa z dnia 14 grudnia 2012 r. o odpadach (Dz.U. 2013 poz. 21).
2. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 9 grudnia 2014 r. w sprawie katalogu odpadów, (Dz.U. 2014 poz. 1923).
3. Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 16 lipca 2015 r. w sprawie dopuszczania odpadów do składowania na składowiskach (Dz.U. 2015 poz. 1277).
4. Czop M. (2016). Biochemiczna konwersja komunalnych osadów ściekowych. Referat wygłoszono na VII Konferencji pt. Metody zagospodarowania osadów ściekowych, Bydgoszcz.
5. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2015, [on-line: file:///C:/Users/wipo/Downloads/publ_oz_rocznik_statystyczny_rp%20(1).pdf], dostępu w internecie: 04.06.2016.
6. Rocznik Statystyczny Rzeczypospolitej Polskiej 2013, [on-line: file:///C:/Users/wipo/Downloads/rs_rocznik_statystyczny_rp__2013.pdf], dostępu w internecie: 04.06.2016.
7. Uchwała nr 217 Rady Ministrów z dnia 24 grudnia 2010r. w sprawie „Krajowego planu gospodarki odpadami 2014”, Poz. 1183.
8. Bień J., Wystalska K.(2009). Przekształcenie osadów ściekowych w procesach termicznych. Warszawa: Wydawnictwo Seidel-Przywecki.

9. Biń J., Wystalska K. (2011). Osady ściekowe teoria i praktyka. Częstochowa: Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej.
 10. Werle S.; (2014). Wielokryterialna analiza procesu zgazowania komunalnych osadów ściekowych. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
 11. Nadziakiewicz J., Waclawiak K., Stelmach S. (2012). Procesy termiczne utylizacji odpadów. Gliwice: Wydawnictwo Politechniki Śląskiej.
 12. Środa K., Kijo-Kleczkowska A., Otwinowski H. (2012). Termiczne unieszkodliwianie osadów ściekowych. Inżynieria Ekologiczna, 28, 67-81.
 13. Pająk T. (2014). Termiczne przekształcanie osadów ściekowych wobec wyzwań roku 2016. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 17, (3), 363-376.
 14. Pająk, T. (2003). Spalanie i współspalanie osadów ściekowych - podstawowe uwarunkowania. Przegląd Komunalny, nr 1, 35-38.
 15. Miejskie Przedsiębiorstwo Wodociągów i Kanalizacji Spółka z o.o., [on-line: <http://www.mp.wik.jaworzno.pl>], dostępu w internecie: 04.06.2016.
 16. Plan gospodarki odpadami dla Jaworzna - miasta na prawach powiatu na lata 2008 -2011 z perspektywą na lata 2012-2018, 2008, Jaworzno.
 17. EMEP/EEA emission inventory guidebook 2013, Industrial waste incineration including hazardous waste and sewage sludge, [on-line: <http://www.eea.europa.eu/publications/emep-eea-guidebook-2013/part-b-sectoral-guidance-chapters/5-waste/5-c-1-b-industrial-waste>], dostępu w internecie: 04.06.2016.
 18. Czop M., Kłapcia E. (2016). Termiczne przekształcanie jako sposób zagospodarowania podłoża pieczarkowego po zakończonym cyklu produkcyjnym. Inżynieria i Ochrona Środowiska, 19 (1), 67-80.
-