

Joanna WILK\*, Franciszek WOLAŃCZYK\*\*

## Problemy energetycznego wykorzystania odpadów z oczyszczalni ścieków

STRESZCZENIE. Oczyszczalnia ścieków jest swego rodzaju zakładem produkcyjnym, w którym oprócz produktów powstają nieuniknione odpady. Głównym odpadem oczyszczalni są osady ściekowe. Podstawowy algorytm zagospodarowania osadów przewiduje ich deponowanie na składowisku, bądź ich kompostowanie po odwodnieniu mechanicznym, a następnie przyrodnicze wykorzystanie. Jako odpad z oczyszczalni ścieków można również potraktować biogaz powstający w wyniku fermentacji osadów ściekowych, najprościej utylizowany przez spalanie na pochodni. Bardziej złożony algorytm zakłada energetyczne wykorzystanie odpadów, które niesie ze sobą szereg problemów natury technicznej, ekonomicznej oraz ekologicznej. Problemy te w oparciu o doświadczenia rzeszowskiej oczyszczalni ścieków zostały zaprezentowane w niniejszej pracy. Jako jeden z problemów energetycznego wykorzystania osadów ściekowych zasygnalizowano zagadnienie dotyczące określenia ciepła spalania  $HHV$  i wartości opałowej  $LHV$  osadów. Ze względu na bardzo wysoką zawartość wody w osadach ściekowych istnieje konieczność zmodyfikowania klasycznej metody określania tych parametrów za pomocą bomby kalorymetrycznej. Przedstawiono wybrane wyniki pomiarów  $HHV$  i  $LHV$  osadów ściekowych na różnych etapach ich przetwarzania. Kolejny problem zaprezentowany w pracy to zagadnienie energetycznego wykorzystania biogazu, które jest związane z włączeniem w system energetyczny oczyszczalni układów kogeneracyjnych wytwarzania ciepła i energii elektrycznej zasilanych biogazem. Przytoczono wartości parametrów opisujących zastosowane układy kogeneracyjne w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie. W konkluzji stwierdzono, że energetyczne wykorzystanie odpadów z oczyszczalni ścieków powinno być ukierunkowane przede wszystkim na zagospodarowanie biogazu ze względu na duże korzyści energetyczne, ekonomiczne i ekologiczne. Wiąże się to z zagospodarowaniem

---

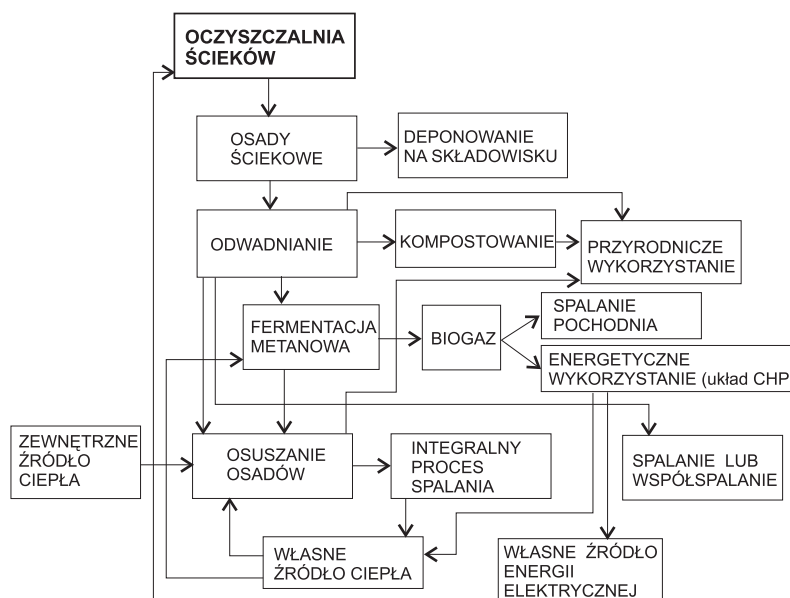
\* Dr inż. – Katedra Termodynamiki, Wydział Budowy Maszyn i Lotnictwa, Politechnika Rzeszowska, Rzeszów; e-mail: joanwilk@prz.edu.pl, fwolan@prz.edu.pl

osadów pofermentacyjnych po uprzednim ich wysuszeniu w suszarni słonecznej wspomaganej energią cieplną uzyskaną z układu kogeneracyjnego zasilanego biogazem.

SŁOWA KLUCZOWE: osady ściekowe, biogaz, energetyczne wykorzystanie

## Wprowadzenie

Działające współcześnie oczyszczalnie ścieków to swego rodzaju zakłady przemysłowe stanowiące zespoły obiektów i urządzeń służących do mechaniczno-biologicznego oczyszczenia ścieków. Oczyszczalnie ścieków realizują swoje podstawowe zadanie oczyszczania ścieków, a także przeróbki i unieszkodliwienia osadów ściekowych, wykorzystując dostarczoną z zewnątrz energię. Jest to przede wszystkim energia cieplna niezbędna do utrzymania określonej temperatury procesu fermentacji osadów ściekowych w wydzielonych komorach fermentacyjnych, ogrzewania pomieszczeń, kanałów komunikacyjnych i wentylacji oraz energia elektryczna. Zapotrzebowanie na nią wykazują m.in. sprężarki powietrza napędzane silnikami elektrycznymi, pompy służące do zawracania i transportu osadu nadmiernego oraz inne silniki elektryczne napędzające urządzenia mechaniczne. Jak w każdym zakładzie produkcyjnym, tak i w oczyszczalni ścieków, oprócz produktu, który stanowią oczyszczone ścieki, powstają również odpady. Głównym odpadem oczyszczalni ścieków są osady ściekowe. Skład osadów zmienia się w szerokich granicach, w zależności od rodzaju przemysłu



Rys. 1. Schemat zagospodarowania odpadów z oczyszczalni ścieków

Fig. 1. Scheme of the utilization of the waste from the sewage treatment plant

na danym terenie, od rodzaju stosowanych technologii w oczyszczalni, od charakteru geograficznego miejscowości z której pochodzą ścieki oraz od szeregu innych czynników. Podstawowy algorytm zagospodarowania osadów ściekowych przewiduje ich deponowanie na składowisku bądź ich kompostowanie po odwodnieniu mechanicznym, a następnie przyrodnicze wykorzystanie. Jako odpad z oczyszczalni ścieków można również potraktować biogaz powstający w wyniku fermentacji osadów ściekowych, najprościej utylizowany przez spalanie na pochodni. Bardziej złożony algorytm zagospodarowania odpadów z oczyszczalni ścieków zakłada ich energetyczne wykorzystanie, co jest związane z procesem suszenia, spalania lub współspalania, a także, wykorzystania biogazu jako paliwa. Szczegółowy algorytm zagospodarowania odpadów z oczyszczalni ścieków przedstawiono na rysunku.1.

Energetyczne wykorzystanie odpadów z oczyszczalni ścieków niesie ze sobą szereg problemów natury technicznej, ekonomicznej oraz ekologicznej. Wynikają one przede wszystkim ze specyfiki samych odpadów, ich właściwości fizykochemicznych oraz energetycznych, ich ilości, a także z innych czynników, takich jak np.: technologii suszenia oraz termicznej utylizacji osadów ściekowych czy też technologii zagospodarowania biogazu. Niektóre z tych problemów zasygnalizowano w niniejszej pracy w oparciu o doświadczenia oczyszczalni ścieków w Rzeszowie.

## 1. Energetyczne wykorzystanie osadów ściekowych

Zasadniczym produktem ubocznym oczyszczalni ścieków są osady ściekowe, które powstają w wyniku mechaniczno-biologicznego oczyszczania ścieków. Wyodrębnione ze ścieków osady to złożona organiczno-mineralna substancja, w której skład, wynikający z analizy elementarnej suchej próbki, wchodzi przede wszystkim: węgiel, wodór, tlen, azot, siarka oraz chlor, resztę stanowi popiół. Przykładowe składy wybranych osadów ściekowych zawarto w tabeli 1.

Wyróżnia się następujące rodzaje osadów ściekowych: osady wstępne, które wydzielają się w osadnikach wstępnych, w procesie mechanicznego oczyszczania ścieków oraz osady

TABELA 1. Skład osadów ściekowych

TABLE 1. Composition of the sewage sludge

L.p.	Źródło danych	Analiza elementarna – % suchej masy						
		C	H	O	N	S	Cl	popiół
1.	Channiwala i Parikh 2002	14,20	2,10	10,50	1,10	0,70	–	71,40
2.	Channiwala i Parikh 2002	37,13	4,28	16,76	6,25	1,50	2,22	34,08
3.	Llorente i Garcia 2008	38,40	5,90	15,75	5,24	0,83	0,08	33,80

wtórne nazywane osadami nadmiernymi, które powstają w osadnikach wtórnych, w wyniku oddzielania ze ścieków osadu czynnego. Osady wstępne wraz z osadami nadmiernymi stanowią tzw. osady surowe. Zawartość wody w osadach surowych to około 99%. W celu umożliwienia zagospodarowania osadów surowych poddaje się je procesom odwadniania, może to być np. zagęszczanie mechaniczne lub grawitacyjne. Zawartość wody w takich osadach jest rzędu 90–95%. Osady mogą podlegać procesowi fermentacji, w jego wyniku zmniejsza się również zawartość wody, maleją jednak również właściwości energetyczne. Osady również się suszy, często w tym celu wykorzystywane są suszarnie słoneczne.

W oczyszczalni ścieków w Rzeszowie, „produkowane” są oczyszczone ścieki w ilości rzędu 15 tys. m<sup>3</sup> rocznie (Wolańczyk 2005). Na tej podstawie można wyliczyć ilość powstałych osadów ściekowych (Oniszak-Popławska i in. 2003), która wynosi około 4.6 tys. kg suchej masy rocznie. Rodzi się zatem problem zagospodarowania tej ilości osadów ściekowych. Aby mówić o energetycznym wykorzystaniu osadów ściekowych, konieczna jest znajomość właściwości energetycznych tych odpadów, czyli ciepła spalania i wartości opałowej. Zgodnie z definicją ciepło spalania lub wartość opałowa górna (*HHV – higher heating value*) to wartość energii jaką otrzymuje się przy spalaniu bez pozostałości części palnych jednostki masy paliwa i ochłodzeniu spalin do temperatury otoczenia. Natomiast wartość opałowa lub wartość opałowa dolna (*LHV – lower heating value*) to ciepło spalania pomniejszone o ciepło parowania wody zawartej w spalinach (wody, która powstała z reakcji wodoru z tlenem oraz wody zawartej w próbce paliwa przed spalaniem). Oznaczanie ciepła spalania przeprowadza się w bombie kalorymetrycznej, natomiast wartość opałową wylicza się z określonych zależności. Na podstawie przedstawionych wyżej definicji można stwierdzić, że adekwatną wielkością stanowiącą o przydatności energetycznej danej substancji będzie jej wartość opałowa dolna. Istotną rolę odgrywa sposób obliczania wartości opałowej dolnej. Problem stanowi bardzo duża zawartość wilgoci w próbce paliwa. Przy zawartości wilgoci rzędu 90% nie ma możliwości spalania takiej próbki w bombie kalorymetrycznej. Dlatego, próbkę przed spalaniem należy wysuszyć. Dotychczas stosowana formuła do obliczania *LHV* ma następującą postać:

$$LHV = HHV - 24,42(W + 9H) \quad (1)$$

gdzie: *W* i *H* są odpowiednio procentowymi zawartościami wilgoci i wodoru w badanej substancji.

Ponieważ jednak w przypadku osadów ściekowych badana próbka jest przed spalaniem osuszana, do obliczenia *LHV* powinno się stosować formułę (Regueira i in. 2002) uwzględniającą odparowanie wody podczas osuszania próbki. Zależność na *LHV* przybiera wówczas postać

$$LHV = HHV(1 - W) - 24,42(W + 9H) \quad (2)$$

Stosowanie zależności (1) w bardzo istotny sposób zawyża wartość *LHV*, a tym samym daje zły obraz co do możliwości energetycznego wykorzystania osadów ściekowych. Wydaje się bardziej celowe stosowanie reguły (2).

Przeprowadzono szereg badań *HHV* i *LHV* osadów ściekowych powstałych w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie (Wilk i Wolańczyk 2005, 2008). Badano próbki różnych rodzajów osadów, również przefermentowanych. Zestawienie niektórych wyników badań zawarto w tabeli 2.

Ze względu na brak danych dotyczących składu elementarnego osadów, do obliczeń *LHV* przyjęto, na podstawie danych literaturowych (Channiwala i Parikh 2002), przybliżoną zawartość wodoru  $H = 4,3\%$  dla osadów surowych oraz dla osadów przefermentowanych  $H = 2\%$ . Wyniki badań wykazały stosunkowo małe wartości *LHV* testowanych próbek osadów ściekowych. Większą wartością *LHV* charakteryzowały się osady przefermentowane, co jest związane z mniejszą zawartością wilgoci w tych osadach.

Ze względu na niskie wartości *LHV*, nie jest korzystne bezpośrednie użycie osadów ściekowych jako paliwa. Dopiero ich uprzednie wysuszenie pozwala na energetyczne wykorzystanie. Jednak proces suszenia to dodatkowy nakład energetyczny. Skład chemiczny osadu w zasadzie nie ulega zmianie podczas procesu suszenia. Zmiany występują

TABELA 2. *HHV* i *LHV* próbek osadów ściekowych z oczyszczalni ścieków w Rzeszowie w porównaniu z danymi literaturowymi

TABLE 2. *HHV* and *LHV* of the sewage sludge from the sewage treatment plant in Rzeszów in comparison with the literature data

L.p.	Rodzaj osadu	Popiół [% suchej masy]	Zawartość wilgoci [%]	<i>HHV</i> [kJ/kg]	<i>LHV</i> [kJ/kg]
1.	Osad surowy po odwodnieniu mechanicznym	21,2	93,5	16 242	1 023,4
2.	Osad surowy po odwodnieniu mechanicznym i dezintegracji	22,1	95,8	15 748	628,6
3.	Osad surowy po zagęszczeniu grawitacyjnym	25,67	95,43	16 591	725,5
4.	Osad nadmierny zagęszczony	23,33	95,57	15 114	636,8
5.	Osad fermentujący	36,54	96,46	12 976	426,4
6.	Osad przefermentowany przed suszeniem	44,6	77,9	10 864	2 377,5
7.	Osad przefermentowany po osuszeniu w suszarni słonecznej	46,1	50,3	12 642	6 266,5
	Osad suszony w suszarni słonecznej, dosuszanie w 100°C (Błogowska 2007)	–	–	10 100	–
8.	(Channiwala i Parikh 2002)	71,4	–	4 745	–
9.	(Channiwala i Parikh 2002)	34,08	–	15 601	–
10.	(Llorente i Garcia 2008)	33,8	–	16 900	15 700,0

jedynie w przypadku gdy temperatura w jakiej suszone są osady przekroczy 85°C, wtedy następuje zwęglanie substancji organicznych. Istnieją różne technologie suszenia osadów ściekowych. Wykorzystywane są w nich tzw. tradycyjne metody suszenia, które wymagają zastosowania odpowiednich urządzeń (np. suszarnia bębnowa, suszarnia fluidalna, suszarnia taśmowa). Inna metoda wykorzystuje energię słoneczną w tzw. suszarniach słonecznych. W przeciwieństwie do tradycyjnych metod suszenia, koszty inwestycyjne i eksploatacyjne są w tym przypadku stosunkowo niskie. W oczyszczalni ścieków w Rzeszowie wybudowano cztery suszarnie słoneczne. Przyjmują one osad przefermentowany odwodniony. Uzyskuje się efekt wysuszenia 60–65% suchej masy przy małych nakładach energetycznych. W suszarniach zainstalowane są przewracarki, które przewracają, mieszają i przesuwają osad oraz wentylatory, które z kolei mają zapewnić optymalną prędkość strumienia powietrza nad osadem ściekowym. Dodatkowo zamontowane są nagrzewnice wykorzystujące ciepło odpadowe z chłodzenia agregatów prądotwórczych pracujących w kogeneracyjnym systemie wytwarzania ciepła i energii elektrycznej zasilanym biogazem, który został opisany w następnym rozdziale.

Wysuszony osad może podlegać następnym procesom energetycznego wykorzystania, z których najważniejsze to spalanie bądź współspalanie. Doświadczenia techniczne pokazują (Zarzycki i Wielgosiński 2003), że współspalanie osadów ściekowych odpowiednio wysuszonych wraz z paliwami kopalnymi ma dobre zastosowanie w piecach cementowych – do wypalania klinkieru. Może być też wykorzystywane w elektrowniach, elektrociepłowniach i kotłowniach. Jednak w przypadku współspalania osadów ściekowych z paliwami kopalnymi mogą wystąpić kłopoty z dotrzymaniem norm emisji. W przypadku spalania osadów głównym problemem stanowi wysoki koszt budowy spalarni, a także wysokie koszty eksploatacyjne. W Polsce jedynie w Grupowej Oczyszczalni Ścieków w Gdyni–Dębogórze pracuje spalarnia osadów ściekowych. Prace nad możliwością spalania bądź współspalania osadów w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie na razie nie przyniosły rezultatów.

### 3. Energetyczne wykorzystanie biogazu

Ze względu na niskie wartości  $LHV$  surowych osadów ściekowych oraz wspomniane powyżej problemy związane ze współspalaniem osadów, rozważa się możliwość innego energetycznego wykorzystania odpadów z oczyszczalni ścieków. Jest to wykorzystanie biogazu powstałego w wyniku fermentacji osadów ściekowych. Fermentacja jest skomplikowanym procesem, w skład którego wchodzi biochemiczne przemiany powodowane przez pewne wyspecjalizowane grupy bakterii beztlenowych. Na skutek tych przemian złożone związki organiczne, takie jak węglowodany, białka i tłuszcze, zostają rozłożone do zasadniczych produktów: metanu, dwutlenku węgla i pary wodnej. Fermentacja przebiega w określonej temperaturze, tak więc istnieje konieczność utrzymania stałej, podwyższonej temperatury w komorach fermentacyjnych przez określony czas, co wiąże się z pewnym nakładem energetycznym. Głównymi składnikami biogazu są metan i dwutlenek węgla.

TABELA 3. Charakterystyka biogazu

TABLE 3. Biogas characteristic

L.p.	Skład biogazu	HHV [kJ/ m <sub>n</sub> <sup>3</sup> ]	LHV [kJ/ m <sub>n</sub> <sup>3</sup> ]
1.	40% CH <sub>4</sub> , 55% CO <sub>2</sub> (Trinczek i Ulbrich 2001)	15 930	14 350
2.	75% CH <sub>4</sub> , 25% CO <sub>2</sub> (Trinczek i Ulbrich 2001)	29 860	26 910
3.	64,5% CH <sub>4</sub> , 34,5% CO <sub>2</sub> (Van Herle i in. 2003)	25 680	23 140
4.	61,5% CH <sub>4</sub> , 38,3% CO <sub>2</sub> (Van Herle i in. 2003)	24 490	22 070
5.	63% CH <sub>4</sub> , 30% CO <sub>2</sub> (Wilk i Wolańczyk 2004)	25 087	22 604

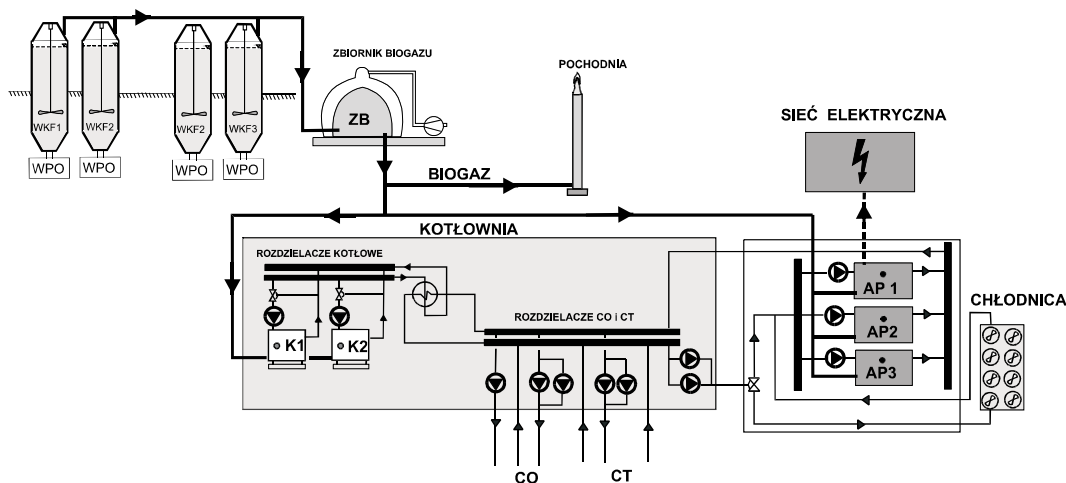
m<sub>n</sub><sup>3</sup> – normalny metr sześcienny (odniesiony do normalnych warunków fizycznych).

Udziały tych składników mogą być różne, w zależności od składu osadów ściekowych oraz warunków procesu fermentacji. Przykłady zastawiono w tabeli 3.

Ze względu na stosunkowo dużą zawartość metanu, biogaz charakteryzuje się dość wysokimi wartościami *HHV* i *LHV*. Jeżeli chodzi o sposób wyznaczania *HHV* i *LHV*, to stosuje się przybliżone wzory w oparciu o skład biogazu lub metodę eksperymentalną polegającą na pomiarze w kalorymtrze przepływowym. Dane dotyczące wartości *HHV* i *LHV* biogazu przedstawiono również w tabeli 3.

Wyniki dla biogazu z oczyszczalni ścieków w Rzeszowie uzyskano stosując metodę pomiaru kalorymetrycznego. Dobre właściwości energetyczne biogazu stanowią podstawę do jego energetycznego wykorzystania, które może polegać na bezpośrednim spalaniu paliwa biogazowego w kotłach i produkcji w ten sposób energii cieplnej lub na skojarzonej produkcji energii cieplnej i elektrycznej w tzw. układach CHP (*combined heat power*) zasilanych biogazem.

W oczyszczalni ścieków w Rzeszowie, biogaz jest wykorzystywany od roku 1994, kiedy to nastąpił pierwszy etap modernizacji systemu energetycznego oczyszczalni ścieków (Wilk i Wolańczyk 2005). W system energetyczny oczyszczalni włączono wtedy instalację biogazową i rozpoczęto jej eksploatację. Główny element instalacji stanowiły dwa kotły, w których spalany był biogaz, powstałe ciepło było wykorzystywane na potrzeby oczyszczalni. Pozwoliło to na ograniczenie zakupu ciepła z miejskiej sieci ciepłowniczej. W drugim etapie, w którym uruchomiono układy skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej na bazie biogazu, nastąpiło wyeliminowanie potrzeby zakupu ciepła z miejskiej sieci, natomiast udział wyprodukowanej energii elektrycznej w stosunku do zakupionej stanowił 15%. Trzeci etap modernizacji charakteryzował się znacznie większą niż poprzednie etapy rozbudową systemu energetycznego. Pomimo wzrostu energochłonności oczyszczalni związanego z wybudowaniem nowych obiektów (komory fermentacyjne, suszarnie osadów), zainstalowany nowy system skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej zaspokoił w 100% potrzeby cieplne oczyszczalni, a udział energii elektrycznej w stosunku do zakupionej wzrósł do 49%. Uproszczony schemat nowego systemu skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie przedstawiono na rysunku 2.



Rys. 2. Uproszczony schemat nowego systemu skojarzonej produkcji ciepła i energii elektrycznej w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie

AP1, AP2 – pracujące generatory prądu; AP2 – dodatkowy planowany generator; CO, CT – centralne ogrzewanie, ciepło technologiczne; K1, K2 – nowe kotły opalane biogazem; WKF1, WKF2 – stare wydzielone komory fermentacyjne; WKF3, WKF4 – nowowzbudowane wydzielone komory fermentacyjne

Fig. 2. Simplified scheme of the new CHP system in the sewage treatment plant in Rzeszów

Priorytetem w pracy systemu kogeneracyjnego jest produkcja energii elektrycznej, a zależy ona od produkcji energii cieplnej. Może zaistnieć problem z nadmiarem wyprodukowanego ciepła. Doświadczenia wykazały, że w okresie letnim występował nadmiar produkcji ciepła w działającym systemie. Ciepło to było rozpraszane w otoczeniu za pomocą chłodziw wentylatorowych. Natomiast obecnie dodatkowa ilość ciepła otrzymywana z systemu kogeneracyjnego jest zużywana na wspomaganie procesu suszenia przefermentowanych osadów ściekowych w wybudowanych czterech suszarniach będących dodatkowym elementem układu technologicznego przeróbki osadów ściekowych, o czym wspomniano w poprzednim rozdziale. Inny problemem związanym z pracą systemu kogeneracyjnego, a tym samym z energetycznym wykorzystaniem biogazu, jest wymiana oleju w modułach systemu. Eksploatacja modułów wymaga częstej wymiany oleju, co wiąże się z kosztami eksploatacyjnymi.

Wyniki badań eksploatacyjnych systemu za rok 2005 pozwoliły na określenie jego wskaźników energetycznych, tj. sprawności elektrycznej  $\eta_{el}$ , sprawności całkowitej  $\eta_c$  oraz tzw. wskaźnika skojarzenia  $\sigma$ , które definiuje się w następujący sposób:

$$\eta_{el} = \frac{E_{el}}{(V_1 + V_2)LHV}; \quad \eta_c = \frac{E_{el} + (Q_1 + Q_2)}{(V_1 + V_2)LHV}; \quad \sigma = \frac{E_{el}}{Q_1 + Q_2} \quad (3)$$

gdzie  $LHV$  jest wartością opałową dolną biogazu, natomiast pozostałe symbole zostały opisane w tabeli 4. Tabela 4 zawiera również dane eksploatacyjne systemu oraz obliczone powyższe wskaźniki energetyczne.



TABELA 4. Wykorzystanie biogazu w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie w 2005 roku (Wilk i Wolańczyk 2006)

TABLE 4. Biogas utilization in the sewage treatment plant in Rzeszów in 2005

$V_1$ – zużycie biogazu w generatorach, m <sup>3</sup>	1 416 734
$V_2$ – zużycie biogazu w kotłowni, m <sup>3</sup>	364 206
$E_{el}$ – produkcja energii elektrycznej, MWh	3 324
$Q_1$ – produkcja energii cieplnej przez generatory, GJ	18 167
$Q_2$ – produkcja energii cieplnej przez kotły, GJ	7 705
$\eta_{el}$ – sprawność elektryczna	0,30
$\eta_c$ – sprawność całkowita	0,95
$\sigma$ – wskaźnik skojarzenia	0,46

Innym ważnym ekologicznie wskaźnikiem pracy systemu kogeneracyjnego zasilanego biogazem jest wskaźnik emisji spalin powstających ze spalania biogazu w urządzeniach systemu kogeneracyjnego. Badania przeprowadzone w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie (Wilk i Wolańczyk 2006) wykazały, że emisje z urządzeń spalających biogaz z oczyszczalni (kotły, tłokowe silniki spalinowe będące elementem agregatów prądotwórczych) są porównywalne z danymi literaturowymi dotyczącymi podobnych urządzeń spalających biogaz, oraz że w porównaniu z gazem naturalnym można nazwać biogaz „czystszy” paliwem. Dodatkowo, zastosowanie biogazu jako paliwa redukuje emisję gazu cieplarnianego CO<sub>2</sub>, co jest związane z zamkniętym cyklem życia dwutlenku węgla pochodzącego z biogazu.

## Uwagi końcowe

Powstające w procesie oczyszczania ścieków odpady to przede wszystkim osady ściekowe. Wybór metody zagospodarowania osadów ściekowych jest uwarunkowany wieloma czynnikami. Problem zagospodarowania osadów powinien być zintegrowany z procesem oczyszczania ścieków. Jedną z metod zagospodarowania osadów ściekowych jest metoda termiczna, która pozwala na ich energetyczne wykorzystanie. Energetyczne wykorzystanie osadów ściekowych wymaga ich osuszania. Same osady charakteryzują się stosunkowo niskimi wartościami opałowymi, w związku z tym, oprócz bezpośredniego spalania, należy rozważyć inne metody termiczne: współspalanie z paliwem kopalnym, pirolizę, zgazowanie. Wiąże się to jednak z wysokimi kosztami inwestycyjnymi i eksploatacyjnymi. Inną sprawdzoną metodą w oczyszczalni ścieków w Rzeszowie jest energetyczne wykorzystanie

biogazu będącego również odpadem z oczyszczalni ścieków, a pośrednio, odpadem (czy też produktem) powstającym w procesie przetworzenia osadów ściekowych – ich fermentacji. Energetyczne wykorzystanie biogazu w kogeneracyjnym systemie wytwarzania ciepła i energii elektrycznej niesie szereg korzyści. Pozostaje jednak nadal problem z zagospodarowaniem osadów przefermentowanych, które na skutek procesu fermentacji i suszenia zmniejszają swoją objętość oraz stopień uwodnienia, co ułatwia ich utylizację.

## Literatura

- BŁOGOWSKA K., 2007 – Badanie ciepła spalania biomasy. XIII Sympozjum Wymiany Ciepła i Masy, Koszalin–Darłówko, 197–203.
- CHANNIWALA S.A., PARIKH P.P., 2002 – An unified correlation for estimating HHV of solid, liquid and gaseous fuels. *Fuel* 81, 1051–1063.
- LLORENTE M.J.F., GARCIA J.E.C., 2008 – Suitability of thermo-chemical correlations for determining gross calorific value in biomass. *Thermochimica Acta* 468, 101–107.
- ONISZAK-POPLAWSKA A., ZOWSIK M., NOWAKOWSKI S., 2003 – Stan aktualny i perspektywy rozwoju technologii biogazowych w Polsce. *Ciepłne Maszyny Przepływowe* 123, Łódź, 95–104.
- REGUEIRA L.N., AÑÓN J.A.R., CASTIÑEIRAS J.P., DIZ A.V., 2002 – Determination of risk indices corresponding to eucalyptus in Galicia using bomb calorimetry. *Thermochimica Acta* 394, 267–278.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2004 – Higher and lower heating values of biogas. X International Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin, 169–174.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2005 – Właściwości energetyczne produktów ubocznych oczyszczalni ścieków. I Konf. Naukowo-Techniczna Zintegrowane Inteligentne Systemy Wykorzystania Energii Odnawialnej, Częstochowa–Podlesice, forma elektroniczna.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2005 – Etapy modernizacji systemu energetycznego oczyszczalni ścieków. *Problemy Badawcze Energetyki Ciepłej*, Warszawa, 355–363.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2006 – Skojarzone wytwarzanie ciepła i energii elektrycznej w systemie zasilanym biogazem z oczyszczalni ścieków. *Inżynieria i Ochrona Środowiska* tom 9, nr 1, Częstochowa, 23–36.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2006 – Biogas combustion in devices of energetic system of waste-water treatment plant. XI International Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin, 147–152.
- WILK J., WOLAŃCZYK F., 2008 – Thermophysical properties of waste biomass. XII International Symposium on Heat Transfer and Renewable Sources of Energy, Szczecin, 103–108.
- WOLAŃCZYK F., 2005 – Ekonomiczne i techniczne aspekty wykorzystania biogazu w oczyszczalni ścieków. *Ekologia. Energie Odnawialne. Ciepłownictwo*, Warszawa, 1/2, 21–23.
- ZARZYCKI R., WIELGOSIŃSKI G., 2003 – Osady ściekowe – najważniejsze problemy zagospodarowania. *Techniczne problemy zarządzania środowiskiem w Łodzi* pod redakcją Romana Zarzyckiego, PAN, Łódź, 139–165.

Joanna WILK\*, Franciszek WOLAŃCZYK\*\*

## Problems of the energy utilization of the waste from the sewage-treatment plant

### Abstract

The sewage treatment plant is a kind of production plant, where, except products, the waste material come into being. The main wastes of the sewage treatment plant are sewage sludge. The basic algorithm of the sewage sludge utilization provides for waste storage on the storage yard, composting after mechanical dehydration and natural utilization. The biogas which is a product of the sludge fermentation can be also take as the waste from the sewage treatment plant. The simplest form of the biogas utilization is the combustion on the torch. The more complicated algorithm provides for the energy utilization of the sewage sludge. It causes of the technical, economical and ecological problems. These problems basing on experiences of the sewage treatment plant in Rzeszów were presented in the present work. As one of problems of the sewage sludge energy utilization is the procedure of the determining of the sewage sludge higher heating value *HHV* and sewage sludge lower heating value *LHV*. Because the moisture content of the sewage sludge is very high, the modification of the calorimetric method to determined *HHV* and *LHV* is necessary. Chosen results of the sewage sludge *HHV* and *LHV* measurements on different stages of their transformation were presented. The other problem presented in the paper is the problem of the biogas energy utilization. It is connected with the inclusive of the combined heat and power units (CHP) feeding by biogas into the energy system of the sewage sludge treatment plant. Values of parameters describing applied CHP systems in the sewage treatment plant in Rzeszów were presented. In the conclusion one found that the energy utilization of the waste from the sewage treatment plant should be oriented first of all on the biogas utilization. The energy, economic and ecological advantages are large in this case. The energy biogas utilization is connected with the utilization of the digested sludge which must be dried. It can be done using the solar energy (drying of the sewage sludge in the greenhouse) and the excess thermal energy of the biogas from the CHP system.

KEY WORDS: sewage sludge, biogas, energy utilization

