

MARCIN STAŚKIEWICZ, KRYSTYNA LELICIŃSKA-SERAFIN

Zespół Gospodarki Odpadami, Katedra Ochrony i Kształtowania Środowiska, Wydział Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska, Politechnika Warszawska
email: krystyna.lelicinska@pw.edu.pl

WŁAŚCIWOŚCI PALIWOWE KOMUNALNYCH OSADÓW ŚCIEKOWYCH JAKO ODNAWIALNEGO ŹRÓDŁA ENERGII

Właściwości technologiczne komunalnych osadów ściekowych wskazują na różne możliwości ich zagospodarowania. Osady ściekowe posiadają także potencjał w zakresie zastosowania jako odnawialne źródło energii. W pracy wykorzystano badania własne, oceniono potencjał badanych osadów ściekowych jako odnawialnego źródła energii oraz wskazano możliwości ich zagospodarowania. Przeprowadzone badania wskazują na wysokie wartości ciepła spalania oraz wysokie zawartości ogólnej substancji organicznej w analizowanych osadach ściekowych.

Słowa kluczowe: gospodarka odpadami, komunalne osady ściekowe, właściwości paliwowe, odnawialne źródło energii, termiczne przekształcanie, współspalanie

I. WSTĘP

Przez pojęcie komunalne osady ściekowe rozumie się organiczno-mineralną fazę stałą będącą produktem ubocznym oczyszczania ścieków komunalnych, wydzieloną w wyniku procesów naturalnych bądź sztucznych w zakresie procesu oczyszczania ścieków [Bień 2011, Heidrich 2015]. Komunalne osady ściekowe kwalifikuje się w myśl ustawy z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [Dz.U. 2015 poz. 478 z późn. zm., t.j. Dz.U. 2020 poz. 261] jako biomasę – jako ulegające biodegradacji części produktów, odpadów w tym odpadów z instalacji do oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych. W myśl w/w ustawy komunalne osady ściekowe wpisują się w definicję odnawialnego źródła energii – jako odnawialne, niekopalne źródło energii obejmujące energię otrzymywaną między innymi z biomasy.

Ustawa o odpadach [Dz.U. 2013 poz. 21 z późn. zm., tj. Dz.U. 2020 poz. 797] określa sposoby postępowania z odpadami, w tym z komunalnymi osadami ściekowymi. Wśród nich można wymienić proces odzysku R1 – wykorzystanie głównie jako paliwa lub innego środka wytwarzania energii oraz proces unieszkodliwiania D10 – przekształcanie termiczne na lądzie. Część odzyskanej energii pochodzącej z procesu termicznego przekształcania komunalnych osadów ściekowych stanowić będzie energia z odnawialnego źródła energii zgodnie z kwalifikacjami zawartymi w rozporządzeniu Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie warunków technicznych kwalifikowania części energii

odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów [Dz.U. 2016 poz. 847]. Energię wytworzoną z odnawialnego źródła energii w myśl rozporządzenia kwalifikuje się jako część energii powstałej w czasie procesu termicznego przekształcania odpowiadającej udziałowi energii chemicznej frakcji biodegradowalnej w całkowitej energii chemicznej powstałej w procesie termicznego przekształcania paliw dostarczonych do procesu. Frakcje biodegradowalne definiowane są jako ulegająca biodegradacji część m.in. odpadów z instalacji do przetwarzania odpadów oraz odpadów z uzdatniania wody i oczyszczania ścieków, w szczególności osadów ściekowych.

Komunalne osady ściekowe charakteryzowane są poprzez ich właściwości technologiczne, jakimi są przede wszystkim zdolność do fermentacji, właściwości filtracyjne, właściwości paliwowe, właściwości nawozowe [Bień 2011].

Z punktu widzenia procesu termicznego przekształcania osadów ściekowych, najważniejszymi właściwościami są ich właściwości paliwowe, przede wszystkim ciepło spalania oraz wartość opałowa. Ciepło spalania określa ilość energii jaką można uzyskać z 1 kilograma suchej masy osadu w procesie termicznego przekształcania [Bień 2011]. Według [Skalmowski 2004] ciepło spalania to ilość ciepła wyrażona w kJ/kg spalanych odpadów, wydzielona podczas całkowitego spalania w bombie kalorymetrycznej z wytworzeniem ditlenku węgla, tritlenku siarki, ditlenku azotu i skroplonej pary wodnej, pomniejszona o ilość ciepła wydzielonego przy syntezie i rozpuszczaniu kwasu siarkowego(VI) i azotowego(V). Wartość ta zależy m.in. od zawartości w osadach ściekowych związków organicznych. Przegląd literaturowy wskazuje, iż zawartość związków organicznych w ustabilizowanych osadach ściekowych mieści się w przedziale od 30% s.m. do 50% s.m. [Bartkowska 2019, Kicińska 2019] a nawet do 79,14% s.m. [Bień 2014]. W literaturze przedmiotu ciepło spalania wskazywane jest na poziomie od $16 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m. do $20 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m. dla osadów surowych przy zawartości substancji organicznych stanowiących 75%-80% suchej masy oraz od $9 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m. do $14 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m. dla osadów ustabilizowanych [Bień 2011, Podedworna 2008]. Z kolei ilość energii uzyskaną z całkowitego spopielenia 1 kg uwodnionych osadów ściekowych określa się mianem wartości opałowej. Wskaźnik ten wyznaczany jest z bilansu cieplnego, obliczając różnicę pomiędzy ciepłem spalania a ciepłem potrzebnym do ogrzania i odparowania wody zawartej w osadach [Bień 2011]. Według [Skalmowski 2004] wartość opałowa definiowana jest jako ilość ciepła wyrażona w kJ/kg spalanych odpadów w palenisku technicznym, a produktami spalania są głównie ditlenek węgla, ditlenek siarki, tlenki azotu lub azot w postaci gazowej oraz woda w postaci pary wodnej. Wartość opałową oblicza się, odejmując od ciepła spalania ilość ciepła wydzielonego podczas skraplania pary wodnej powstałej z wilgoci zawartej w spalanych odpadach oraz wody powstałej ze spalania wodoru wchodzącego w skład badanych odpadów. Jest to podstawowa wielkość charakteryzująca odpady (w tym osady ściekowe) pod względem paliwowym w stanie roboczym w palenisku technicznym. Wraz ze wzrostem uwodnienia osadów wartość opałowa maleje, a przy wysokim uwodnieniu osadów ściekowych przyjmuje często wartości ujemne. Całkowite spalanie osadów ściekowych bez użycia katalizatora możliwe jest, gdy ich wartość opałowa przekracza $8 \cdot 10^3$ kJ/kg osadu [Bień 2011]. Autotermiczne spalanie komunalnych osadów ściekowych jest możliwe, gdy ich uwodnienie nie przekracza 50%, zawartość substancji palnych jest większa niż 25%, a zawartość substancji niepalnych jest niższa niż 60% [Heidrich 2015].

Do pozostałych właściwości paliwowych komunalnych osadów ściekowych należą: wilgotność całkowita, zawartość składników palnych, zawartość składników niepalnych,

zawartość składników lotnych, zawartość składników agresywnych, skład elementarny części palnych.

Celem pracy była ocena właściwości paliwowych komunalnych osadów ściekowych (wytwarzanych w procesie oczyszczania ścieków w oczyszczalni ścieków Dębe) jako odnawialnego źródła energii oraz wskazanie możliwości ich zagospodarowania.

II. MATERIAŁ I METODY

Materiałem do badań były komunalne osady ściekowe, pobrane z oczyszczalni ścieków o równoważnej liczbie mieszkańców (RLM) mieszczącej się w przedziale 15 000 – 99 999 (z oczyszczalni ścieków Dębe). W skład badanych komunalnych osadów ściekowych wchodziły cztery próbki odwodnionych osadów, pobrane w tygodniowych odstępach. Jednorazowo pobierano około 1 kilograma osadów ściekowych bezpośrednio z ciągu technologicznego ich przeróbki [Staśkiewicz 2020].

Wykonano badania w kierunku oznaczenia wilgotności całkowitej, zawartości składników palnych i niepalnych, zawartości składników lotnych i ciepła spalania oraz obliczono wartość opałową. Oznaczenie wilgotności osadów ściekowych polegało na wagowym określeniu ubytku masy odpadów w wyniku ich suszenia w temperaturze 105°C do stałej masy. Oznaczenie zawartości składników palnych i niepalnych polegało na spopieleniu badanej próbki osadów ściekowych, a następnym jej wyprażeniu do stałej masy w piecu elektrycznym w temperaturze 800°C i obliczeniu w procentach zawartości składników palnych i niepalnych. Oznaczenie zawartości składników lotnych polegało na prażeniu zmielonej i wysuszonej próbki osadów ściekowych w zamkniętym tyglu w temperaturze 800°C przez określony czas – 7 minut, a następnie na określeniu ubytku masy w tych warunkach. Oznaczenie ciepła spalania polegało na całkowitym spalaniu próbki osadów ściekowych w atmosferze tlenu pod zwiększonym ciśnieniem w bombie kalorymetrycznej o znanej pojemności cieplnej i pomiarze przyrostu temperatury wody znajdującej się w naczyniu kalorymetrycznym. Wartość opałową wyliczono przeliczając ciepło spalania na odpady surowe i odjęciu ciepła parowania wody zawartej w osadach oraz wody powstającej z utleniania wodoru stanowiącego jeden ze składników elementarnych części palnych. Do ilościowego oznaczenia składników agresywnych w osadach ściekowych użyto modelowego układu, w którego skład wchodził zestaw do oznaczania ciepła spalania. Osady spalane były w atmosferze tlenu pod ciśnieniem 204–255 MPa w bombie kalorymetrycznej zawierającej 5 ml wody destylowanej służącej do absorpcji gazów spalinowych. Głównym produktem pochodzącym z procesu spalania siarki i jej związków jest SO₂. Absorpcja składników agresywnych w wodzie przyjmuje postać H₂SO₄, HNO₂, HNO₃, HCl. Otrzymany po procesie spalania roztwór poddany został analizie ilościowej. Składniki agresywne oznaczane były pod postacią: składników siarki – siarczany(VI) metodą bezpośredniego miareczkowania octanem baru wobec arsenazo III, składników azotu – sumy azotynów(III) oraz azotanów(V) metodami spektrofotometrycznymi Griessa i fenolodisulfonową, składników chloru – pod postacią chlorków metodą Volharda. Wyniki otrzymane podczas badań przeliczono na SO₂, NO₂ i HCl. Oznaczenie siarczanów metodą bezpośredniego miareczkowania wobec arsenazo III (C₂₂H₁₆O₁₄N₄S₂As₂Na₂) opierało się na miareczkowaniu badanej próbki w środowisku wodnoorganicznym minowanym roztworem octanu baru wobec arsenazo III jako wskaźnika jonów Ba²⁺. Metoda oznaczenia zawartości chlorków w środowisku kwaśnym polegała na ich strąceniu w postaci osadu chlorku srebra za pomocą nadmiaru mianowanego roztworu azotanu srebra AgNO₃. Niezwiązane jony Ag⁺ odmiareczkowano

mianowanym roztworem rodanku potasu KSCN wobec jonów Fe^{3+} jako wskaźnika. Jony Fe^{3+} dodaje się w postaci zakwaszonego roztworu alunu żelazowoamonowego $\text{NH}_4[\text{Fe}(\text{SO}_4)_2]$. Po wytrąceniu całej ilości srebra pierwsza kropla nadmiaru dodawanego rodanku tworzy z jonami żelazowymi czerwony kompleks $[\text{Fe}(\text{SCN})]^{2+}$. Spektrofotometryczne oznaczenie azotanów(III) wykonano metodą Griessa. Azotany(III) reagują w środowisku kwaśnym z pierwszorzędnymi aminami aromatycznymi z wytworzeniem soli diazoniowej. Następnie w wyniku reakcji sprzęgania soli diazoniowej z odpowiednim związkiem aromatycznym powstaje barwnik azowy, który stanowi spektrofotometryczne oznaczenie azotanów(III). W metodzie tej zastosowano kwas sulfaniowy i 1-naftyloaminę. Spektrofotometryczne oznaczenie azotanów wykonano metodą fenolodisulfonową. Kwas fenolodisulfonowy ulega reakcji nitrowania, gdy suchą pozostałość zawierającą azotany(V) wymiesza się z roztworem tego kwasu w kwasie siarkowym(VI). Po zalkalizowaniu roztworu zawierającego kwas nitrofenolodisulfonowy otrzymuje się zjonizowaną formę tego kwasu, która ma intensywnie żółte zabarwienie. Barwa ta jest podstawą spektrofotometrycznego oznaczania azotanów. Oznaczenie zawartości węgla i wodoru (analiza elementarna) wykonano z wykorzystaniem metody opierającej się na całkowitym spopieleniu próbki osadu w strumieniu powietrza w obecności substancji utleniających i katalizatorów, a następnie na absorpcji powstałych w wyniku spalania ditlenku węgla i wody w odpowiednich urządzeniach absorpcyjnych, wagowym oznaczeniu powstałych produktów spalania oraz obliczeniu na podstawie uzyskanych wyników zawartości węgla i wodoru w badanych osadach. Skład elementarny części palnych otrzymano przeliczając zawartość składników agresywnych oraz zawartość wodoru i węgla w suchej masie na części palne. Zawartość tlenków azotu oznaczono jako sumę azotanów(V) i azotynów(III) [Skalmowski 2004].

Badania zostały powtórzone trzykrotnie dla każdej z pobranych próbek, a wyniki podano jako średnią arytmetyczną trzech równoległych analiz.

III. WYNIKI BADAŃ I DYSKUSJA

Przeprowadzone badania właściwości paliwowych osadów ściekowych oraz otrzymane wyniki pozwalają ocenić możliwość ich termicznego przekształcania. Badane osady ściekowe charakteryzują się wysoką wartością ciepła spalania mieszczącego się w przedziale od 16 463 do 19 057 kJ/kg s.m osadu. Otrzymane wyniki znacznie przewyższają wartości wskazywane w literaturze przedmiotu dla ustabilizowanych osadów ściekowych – od $9 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m do $14 \cdot 10^3$ kJ/kg s.m [Bień 2011, Podedworna 2008]. Badane osady charakteryzują się wysoką wilgotnością – od 80,8% do 83,3% – co ma wpływ na niskie wyniki wartości opałowej – na poziomie $-31 \text{ kJ/kg} \div 369 \text{ kJ/kg}$. Tak wysoka wilgotność jest wilgotnością typową dla osadów poddanych jedynie odwadnianiu, gdyż zgodnie z danymi literaturowymi wilgotność komunalnych osadów ściekowych po procesie odwodnienia mieści się w przedziale od 99,5% dla osadu czynnego do 85% – dla osadów poddanych procesom odwadniania [Podedworna 2008]. Wsuszenie badanych osadów ściekowych do poziomu 68% wilgotności (odpowiadającego wilgotności osadów ściekowych spalanych w oczyszczalni ścieków Czajka) [Stacja Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych w Oczyszczalni Ścieków „Czajka” w Warszawie] pozwoliłoby na uzyskanie wartości opałowej w zakresie od 2 784 kJ/kg do 3 516 kJ/kg, a obniżenie wilgotności do poziomu 50% (do wilgotności maksymalnej, z punktu widzenia autotermicznego spalania odpadów) umożliwiłoby otrzymanie wartości opałowej osadów mieszczącej się w przedziale od 6 187 do 7 386 kJ/kg.

Badane osady ściekowe charakteryzuje niska zawartość składników agresywnych, najwyższe wyniki otrzymano dla SO₂ – od 2 753 mg/kg s.m. do 4 211 mg/kg s.m. Również analiza składu elementarnego wskazuje na wysoką zawartość siarki w osadach (od 1,06 % cz.p. do 1,56 % cz.p.).

W tabeli nr 1 przedstawiono wyniki przeprowadzonych badań właściwości paliowych komunalnych osadów ściekowych.

Tabela 1 – Table 1

Właściwości paliwowe badanych osadów ściekowych/*Fuel properties of analysed sewage sludge*

Lp. No	Wskaźnik <i>Indicator</i>	Jednostka <i>Unit</i>	Próbki osadów ściekowych <i>Sewage sludge samples</i>				Średnia <i>Average</i>
			I	II	III	IV	
1	Wilgotność / <i>Moisture</i>	%	83,3	80,8	82,6	82,3	82,2
2	Zawartość składników palnych / <i>Content of combustible components</i>	%	12,6	12,9	13,1	13,5	13,1
3	Zawartość składników niepalnych / <i>Content of non-combustible components</i>	%	4,1	6,3	4,3	4,2	4,7
4	Zawartość składników lotnych w częściach palnych / <i>Volatile component content in combustible parts</i>	% cz.p.	85,7	96,3	85,2	78,0	86,4
5	Ciepło spalania <i>Combustion heat</i>	kJ/kg s.m.	17497	16463	16603	19057	17405
6	Wartość opałowa <i>Calorific value</i>	kJ/kg	-31	368	8	369	178
7	SKŁADNIKI AGRESYWNE / <i>AGGRESSIVE COMPONENTS</i>						
7.1	SO ₂	mg/kg s.m.	3285	2873	2753	4211	3280
7.2	HCl	mg/kg s.m.	1126	806	1641	1228	1200
7.3	NO ₂	mg/kg s.m.	355	292	264	138	262
8	SKŁAD ELEMENTARNY CZĘŚCI PALNYCH / <i>ELEMENTAL COMPOSITION OF COMBUSTIBLE PARTS</i>						
8.1	C	% cz.p.	56,82	55,32	55,15	54,55	55,46
8.2	H	% cz.p.	5,46	5,93	5,38	5,68	5,61
8.3	S	% cz.p.	1,30	1,11	1,06	1,56	1,26
8.4	N	% cz.p.	0,08	0,07	0,06	0,03	0,06
8.5	Cl	% cz.p.	0,86	0,61	1,22	0,88	0,89
8.6	O	% cz.p.	35,48	36,96	37,13	37,29	36,72

Najczęstszym rozwiązaniem stosowanym w procesach termicznego przekształcania osadów ściekowych jest ich spalanie w instalacjach dedykowanych termicznemu

przekształcaniu osadów ściekowych – zwłaszcza w paleniskach fluidalnych. Zasada działania palenisk fluidalnych oparta jest na procesie fluidyzacji, podczas którego tworzona jest zawiesina drobnych cząstek paliwa w przepływającym od dołu strumieniu powietrza [Podedworna 2008]. Zastosowanie palenisk fluidalnych ma wiele zalet, wśród których należy wymienić m.in. niskie emisje tlenków azotu wynikające z niskich temperatur spalania (850-900°C) [Bień 2014].

Współspalanie osadów z innymi paliwami to kolejny przykład możliwości ich termicznego wykorzystania z odzyskiem energii. Do procesów tych należy między innymi współspalanie osadów ściekowych w piecach cementowych w procesach wypału klinkieru cementowego. Proces klinkieryzacji przebiega w temperaturach przekraczających 1450°C, a niekiedy osiąga temperaturę 1800°C. Warunkami ograniczającymi zastosowanie komunalnych osadów ściekowych jako paliwa dodatkowego w procesie współspalania w piecach cementowych jest uwodnienie osadów ściekowych, a co za tym idzie ich wartość opałowa, która w przypadku większości cementowni nie może być niższa niż $11,5 \cdot 10^3$ kJ/kg oraz zawartość chloru w osadach. Zgodnie z [Bień 2011, Podedworna 2008] zawartość chloru nie może przekroczyć 5% masy wprowadzanych osadów do procesu. Według wymagań cementowni [Pająk i Niesler 2014] paliwo alternatywne powinno charakteryzować się zawartością chloru na poziomie nieprzekraczającym 0,7%. Współspalanie osadów ściekowych w procesie wypału klinkieru cementowego odbywa się w środowisku alkalicznym, co ma pozytywny wpływ na neutralizację kwaśnych produktów spalania. Dodatkowo czas dopalania gazów spalinowych w piecu cementowym mieści się w przedziale od 4 do 10 sekund, co wynika z rozmiarów palenisk cementowych i znacznie przewyższa wymagania w tym zakresie [Dz.U. 2016 poz. 108], a pozostałości po procesie (popioły i żużle) zostają wbudowane w klinkier cementowy.

IV. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wskazują na:
 - wysokie wartości ciepła spalania badanych komunalnych osadów ściekowych – mieszczące się w przedziale od 17 000 kJ/kg.s.m do 19 000 kJ/kg.s.m;
 - niską wartość opałową badanych komunalnych osadów ściekowych – mieszczącą się w przedziale: od -31 kJ/kg do 369 kJ/kg, wynikającą z wysokiej zawartości wody w osadach (od 82,26% do 83,27%);
 - wysoką zawartość związków organicznych w analizowanych osadach ściekowych – średnia zawartość ogólnej substancji organicznej kształtuje się na poziomie 72,37% s.m., co wpływa korzystnie na właściwości paliwowe.
2. Wysuszenie badanych osadów ściekowych do poziomu 32% s.m. pozwoli na uzyskanie wartości opałowej w zakresie od 2 784 do 3 516 kJ/kg.
3. Wśród składników agresywnych najwyższe wartości odnotowano dla SO₂ – od 2 753 mg/kg s.m. do 4 211 mg/kg s.m., a analiza składu elementarnego wskazuje na wysoką zawartość siarki w badanych osadach (od 1,06 % cz.p. do 1,56 % cz.p.).
4. Poza spalaniem w instalacjach dedykowanych termicznemu przekształcaniu osadów ściekowych metodą przetwarzania, na którą należy zwrócić uwagę jest także współspalanie analizowanych osadów w paleniskach cementowych w procesie wypału klinkieru cementowego. W tym przypadku uzupełniającym badaniem powinno być określenie zawartości chloru w osadach.
5. Zarówno przepisy prawne, jak i właściwości paliwowe badanych komunalnych osadów ściekowych pozwalają uznać je za odnawialne źródło energii.

BIBLIOGRAFIA

1. Bartkowska I., Biedka P., Tałaaj I. 2019. Analysis of the Quality of Stabilized Municipal Sewage Sludge. [w:] *Journal of Ecological Engineering*. 200-208.
2. Bień J., Wystalska K. 2011. Osady ściekowe: teoria i praktyka. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa.
3. Bień J., Pająk T., Wystalska K. 2014. Unieszkodliwianie komunalnych osadów ściekowych. Wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej. Częstochowa.
4. Heidrich Z., Witkowski A. 2015. Urządzenia do oczyszczania ścieków. Wydawnictwo „Seidel-Przywicki. Warszawa.
5. Kicińska A., Gucwa J., Kosa-Burda B. 2019. Evaluating Potential for Using Municipal Sewage Sludge in the Rehabilitation of Ground Degraded by the Sodium Processing Industry. [In:] *Bulletin of Environmental Contamination and Toxicology* (102). 399-406.
6. Pająk T., Niesler J. 2014. Successes and failures of thermal treatment of communal sewage sludge in Poland. [w:] *Archiwum Gospodarki Odpadami i Ochrony Środowiska* (16). 79-86. ISSN 1733-4381.
7. Podedworna J., Umiejewska K. 2008. Technologia osadów ściekowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
8. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 8 czerwca 2016 r. w sprawie warunków technicznych kwalifikowania części energii odzyskanej z termicznego przekształcania odpadów [Dz.U. 2016 poz. 847].
9. Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 21 stycznia 2016 r. w sprawie wymagań dotyczących prowadzenia procesu termicznego przekształcania odpadów oraz sposobów postępowania z odpadami powstałymi w wyniku tego procesu [Dz.U. 2016 poz. 108].
10. Skalmowski K., Wolska K., Pieniak U., Roszczyńska I. 2004. Badania właściwości technologicznych odpadów komunalnych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. Warszawa.
11. Stacja Termicznej Utylizacji Osadów Ściekowych w Oczyszczalni Ścieków „Czajka” w Warszawie. [dok. elektr.: www.mpwik.com.pl/download.php?id=180, data wejścia 20.11.2020].
12. Staśkiewicz M. 2020. Ocena możliwości przetwarzania komunalnych osadów ściekowych na przykładzie oczyszczalni ścieków „Dębe”. Praca magisterska realizowana w Politechnice Warszawskiej na Wydziale Instalacji Budowlanych, Hydrotechniki i Inżynierii Środowiska w Zespole Gospodarki Odpadami.
13. Ustawa z dnia 20 lutego 2015 r. o odnawialnych źródłach energii [Dz.U. 2015 poz. 478 z późn. zm. tj. Dz.U. 2020 poz. 261].
14. Ustawa o odpadach [Dz.U. 2013 poz. 14 z późn. zm. tj. 2020 poz. 797].

FUEL PROPERTIES OF MUNICIPAL SEWAGE SLUDGE AS A RENEWABLE SOURCE OF ENERGY

Summary

The technological properties of municipal sewage sludge indicate various possibilities of its management. They also have potential for use as a renewable energy source. The paper uses own research on the fuel properties of municipal sewage sludge, analyses the results of the research, assesses the potential of the sewage sludge as a renewable energy source and indicates the possibilities of its management. The research shows high values of combustion heat and high content of total organic matter in the analysed sewage sludge.

Key words: waste management, municipal sewage sludge, fuel properties, renewable energy source, thermal conversion, co-incineration