

Mariusz CHALAMOŃSKI¹
Marek SZYMCZAK²

WYSUSZONY OSAD ŚCIEKOWY JAKO PALIWO ALTERNATYWNE

W artykule przedstawiono sposób termicznej utylizacji wysuszonego osadu ściekowego o zawartości 90% suchej masy, w procesie współspalania i zgazowania w postaci luźnej. Wysuszony osad może stanowić rodzaj paliwa odnawialnego, który można wykorzystać w gospodarce cieplnej i energetycznej. Stosowanie techniki zgazowywania i pirolizy w procesach termicznych konwersji energii chemicznej paliw odnawialnych w tym wysuszonego osadu ściekowego spowodował podjęcie badań nad jego zastosowaniem i wykorzystaniem, jako paliwa alternatywnego. Wytworzony gaz powstały w wyniku procesu ulega spalaniu w komorze spalania kotła, a uzyskane ciepło w wyniku procesów termicznych, wykorzystywane może być do celów grzewczych. Stosowanie paliw odnawialnych w energetyce i ciepłownictwie może przyczynić się do wdrożenia recyklingu odpadów. Zastąpienie węgla kamiennego w ciepłownictwie zmniejszy emisję pyłów, szkodliwych związków do atmosfery przez zastosowanie bezodpadowego i nisko emisyjnego spalania. Nowe technologie przetwarzania i spalania paliw odnawialnych, szczególnie technologia zgazowywania jest bezpieczna dla środowiska ze względu na niski stopień zanieczyszczenia spalin szkodliwymi związkami siarki i azotu. Wysoka sprawność konwersji energii zapewnia opłacalność inwestycji związanych z wytwarzaniem paliw z biomasy i spalania gazu generatorowego w celu wytworzenia energii cieplnej lub elektrycznej. Spalając wysuszony osad ściekowy powstaje znaczna ilość popiołu, który może być wykorzystywany, jako nawóz. Zastosowanie takiego rodzaju paliwa ma na celu zwiększenia możliwości uzyskania dodatkowych odnawialnych źródeł energii. Zamieszczono wyniki badań w postaci tabel i rysunków.

Słowa kluczowe: biomasa, wysuszony osad ściekowy, procesy termiczne, ciepło

1. Wprowadzenie

Osady ściekowe definiowane są, jako złożona, organiczno-mineralna materia, wyodrębniona ze ścieków w trakcie ich oczyszczania. Końcowe unieszkodliwia-

¹ Autor do korespondencji / corresponding author: Mariusz Chalamoński, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Budownictwa Architektury i Inżynierii Środowiska, 85-793 Bydgoszcz, al. Prof. S. Kaliskiego 7, tel. 52 374 9964, zoiw@utp.edu.pl

² Marek Szymczak, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy w Bydgoszczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, Instytut Technik Wytwarzania, al. Prof. S. Kaliskiego 7, 85-796 Bydgoszcz; tel. 52 340 8258, marszym@utp.edu.pl

nie i zagospodarowanie osadów ściekowych wciąż pozostaje tematem otwartym, w którym poszukuje się rozwiązań umożliwiających ekonomiczne i bezpieczne dla środowiska rozwiązanie utylizacji coraz większej ilości wytwarzanych osadów. Osady takie stanowią paliwo, które musi być odpowiednio przetworzone, by proces ich zgazowania mógł być traktowany, jako obiecująca metoda wytwarzania ciepła oraz energii [1,2].

Zgodnie z artykułem 3 ust. 3 punkt 2 ustawy z dnia 27 kwietnia 2001 roku o odpadach (tekst jednolity Dz. U. Nr 39 pozycja 251 z późniejszymi zmianami), przez komunalne osady ściekowe rozumie się pochodzący z oczyszczalni ścieków osad z komór fermentacyjnych oraz innych instalacji do oczyszczania ścieków komunalnych oraz innych ścieków o składzie zbliżonym do składu ścieków komunalnych. Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 roku o odpadach (Dz. U. Z 2010 r. Nr 137 poz.924), określa warunki, jakie muszą być spełnione przy wykorzystaniu osadów ściekowych [4,5].

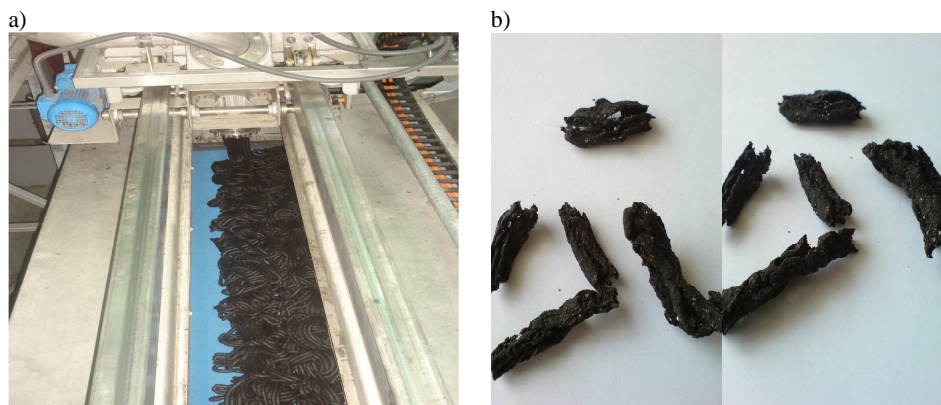
Osady ściekowe są naturalnym „produktem” oczyszczania ścieków. Ilość generowanych osadów wynosi około 1-3% objętości przepływających ścieków, lecz nakłady ponoszone na ich przetwarzanie dochodzą do 50% kosztów całej oczyszczalni. Zagadnienia właściwej przeróbki powstających osadów ściekowych są niezwykle ważne, szczególnie w kontekście ich końcowego zagospodarowania i unieszkodliwienia [3].

2. Badania

Suszenie osadów ściekowych stanowi podstawowy warunek umożliwiający ich ewentualne zagospodarowanie, jako paliwo. Zależy to od możliwości jego zagospodarowania w regionie, w którym znajduje się oczyszczalnia, zawartości szkodliwych pierwiastków np. metali ciężkich i warunków zbytu. Co można osiągnąć poprzez suszenie osadu ściekowego do 90% suchej masy?

- znaczną redukcję objętości i wagi,
- zwiększoną wartość opałową (zbliżoną do wartości węgla brunatnego),
- higieniczny produkt końcowy,
- znikomą emisję odorów produktu końcowego,
- możliwość bezproblemowego składowania przez dłuższy okres,
- końcowa postać jest przydatna pod względem obsługi i transportu [3].

Na rysunku 1 przedstawiono sposób podawania osadu ściekowego na taśmę suszarni oraz postać wysuszonego osadu ściekowego po osiągnięciu 90% suchej masy. Osad w takiej postaci może zostać wykorzystany, jako paliwo alternatywne, lub też wykorzystany do nawożenia dla celów rolniczych bądź leśnych. Osad ściekowy wcześniej zanim trafi do suszarni poddawany jest procesowi fermentacji w wyniku, której otrzymujemy gaz do zasilania gazo - generatorów, które z kolei zasilają suszarnię osadów ściekowych [6].

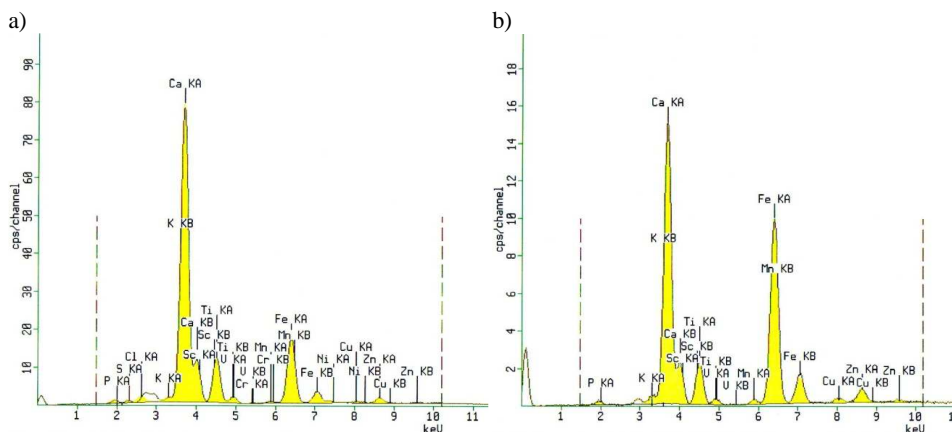


Rys. 1. Osad ściekowy: a) dozowany na górną taśmę przenośnika suszarni, b) wysuszony osad ściekowy o zawartości 90% suchej masy [6]

Fig. 1. Osad a sewer: a) sludge dispensed on top of a conveyor belt dryer, b) the dried sludge with a content of 90% dry matter [6]

Następnie przeprowadzono analizę energodispersyjną dla wysuszonego osadu ściekowego o zawartości 90 % suchej masy przy użyciu spektrometru rentgenowskiego. Pomiar polega na określeniu składu jakościowego oraz procentowej zawartości pierwiastków w paliwie - biomasie. Fluorescencja rentgenowska (X-ray fluorescence = XRF) polega na wtórnej emisji promieniowania rentgenowskiego z materii, która została wzbudzona za pomocą bombardowania wysokenergetycznym promieniowaniem rentgenowskim lub promieniowaniem gamma. Metoda XRF opiera się na tym, że każdy pierwiastek zawarty w analizowanej próbce, w skutek wzbudzenia rentgenowskiego, emituje charakterystyczne dla siebie widmo stanowiące podstawę do analizy jakościowej i ilościowej. Wyniki analizy energodispersyjnej przedstawiono na rysunku 2. Na zamieszczonym rysunku widać znaczną redukcję pierwiastków występujących w wysuszonym osadzie ściekowym. Świadczy to o tym, iż proces spalania czy zgazowania skutecznie redukuje te pierwiastki.

Skład fizyczno-chemiczny osadów ściekowych zależy od rodzaju i ilości ścieków wprowadzanych do kanalizacji oraz metod ich oczyszczania. W ostatnich latach maleje np. zawartość metali ciężkich w osadach, które muszą być usuwane ze ścieków przemysłowych przed ich wprowadzeniem do kanalizacji miejskiej. Skład chemiczny osadów jest zmienny w bardzo szerokim zakresie, zarówno w poszczególnych oczyszczalniach, jak i też w czasie eksploatacji.



Rys. 2. Analiza intensywności fluoroscencyjnych linii widmowych przy analizie energodispersyjnej wysuszonego osadu ściekowego: a) przed spopieleniem, b) po spopieleniu [badania własne]

Fig. 2. Analysis of the intensity of the fluorescence spectral lines for the analysis of energodispersyjnej dried sludge: a) prior to incineration, b) an ash [own research]

Właściwości technologiczne decydują o podatności osadów do stabilizacji lub ostatecznego unieszkodliwiania. W tabelach 1 do 3 zestawiono wyniki badań wysuszonego osadu ściekowego o zawartości 90% suchej masy. W tabeli 1 zawarte są wyniki przedstawiające wartości energetyczne osadu w zależności od zawartości wilgotności i popiołu. Tabela 2 zawiera wyniki pomiarów przeprowadzonych w kanale odprowadzania spalin dla wysuszonego osadu ściekowego. Tabela 3 zawiera analizy osadu ściekowego niewapnowanego po prasach.

Tabela 1. Analiza techniczna wysuszonego osadu ściekowego o zawartości 90% suchej masy [badania własne]

Table 1. Technical analysis of the dried sludge with a content of 90% dry matter [own research]

| Nazwa paliwa | Wilgotność % | Części lotne % | Zawartość popiołu % | Ciepło spalania kJ/kg | Wartość opałowa kJ/kg |
|-------------------------|--------------|----------------|---------------------|-----------------------|-----------------------|
| Wysuszony osad ściekowy | 10,90 | 53,29 | 30,20 | 13350,00 | 12401,00 |

Tabela 2. Analiza spalin przy zgazowaniu i spalaniu wytworzonego gazu z biomasy w postaci wysuszonego osadu ściekowego (analizator spalin Testo 350 M/XL)[badania własne]

Table 2. Analysis of flue gas gasification and combustion gas produced from biomass in the form of dried sludge (flue gas analyzer testo 350 M / XL) [own research]

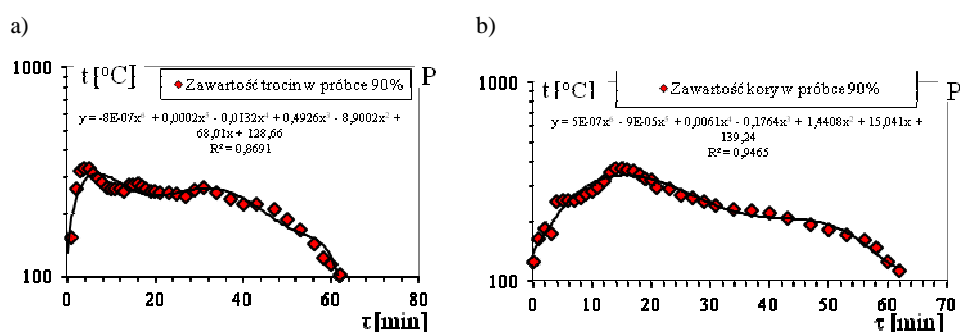
| Parametr | Jednostka | Zawartość |
|-----------------------------------|-----------|-----------|
| O ₂ | % | 15,9 |
| CO | ppm | 1619,4 |
| NO | ppm | 154,6 |
| NO ₂ | ppm | 0,0 |
| NO _x | ppm | 169 |
| SO ₂ | ppm | 0,0 |
| Strata kominowa | % | 19,1 |
| λ | | 4,11 |
| CO ₂ | % | 2,34 |
| H ₂ S | ppm | 0,0 |
| H ₂ | ppm | 1552,3 |
| Ciąg | mbar | 0,0 |
| E | % | 80,9 |
| Temperatura powietrza do spalania | °C | 24,5 |
| Temperatura spalin | °C | 169,6 |

Tabela 3. Wyniki analizy osadu komunalnego niewapnowanego po prasach - zestawienie roczne [dane uzyskane z oczyszczalni ścieków]

Table 3. The results of the analysis of municipal sludge is not liming after the presses in the annual statement [data obtained from sewage treatment plants]

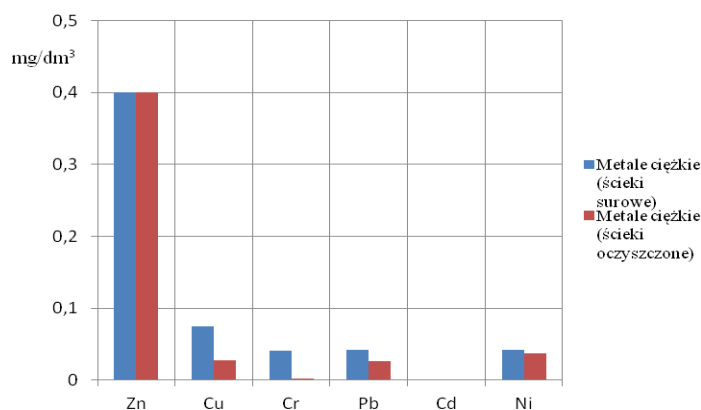
| Lp. | Nazwa wskaźnika | Jednostka | Wartość średnia | Odchylenie standardowe |
|-----|-----------------------------------|------------------------|-----------------|------------------------|
| 1 | Odczyn w roztworze wodnym | pH | 6,821667 | 0,069402 |
| 2 | Sucha masa | % | 19,195 | 1,469187 |
| 3 | Substancja organiczna | % s.m. | 60,09 | 2,97431 |
| 4 | Azot ogólny (N-og) | N% N s.m. | 4,036667 | 0,165972 |
| 5 | Azot amonowy (N-NH ₄) | NH ₄ % s.m. | 0,39 | 0,018708 |
| 6 | Fosfor ogólny (P-og) | P % s.m. | 0,735 | 0,058907 |
| 7 | Wapń | Ca % s.m. | 0,625 | 0,297372 |
| 8 | Magnez | Mg % s.m. | 0,436667 | 0,056451 |
| 9 | Ołów | Pb mg/kg s.m. | 19,25 | 3,725453 |
| 10 | Kadm | Cd mg/kg s.m. | 2,99 | 1,621888 |
| 11 | Rtęć | Hg mg/kg s.m. | Nie wykryto | Nie wykryto |
| 12 | Nikiel | Ni mg/kg s.m. | 19,68333 | 7,304907 |
| 13 | Cynk | Zn mg/kg s.m. | 683,9167 | 54,56579 |
| 14 | Miedź | Cu mg/kg s.m. | 179,8333 | 7,264893 |
| 15 | Chrom ogólny | Cr mg/kg s.m. | 39,23333 | 10,73306 |
| 16 | Ilość ścieków dopływających | m ³ | 442266 | 28247,32 |

Na rysunku 3 przedstawiono przebieg zmian temperatury oraz czas trwania procesu spalania dla trocin i kory z wysuszonym osadem ściekowym o zawartości 90% suchej masy w piecu. Ilość spalanego paliwa w postaci trocin czy kory wynosiła 90 % udziału. Natomiast 10 % udziału stanowił wysuszony osad ściekowy. Mając na uwadze stosunkowo niską wartość ciepła spalania wysuszonego osadu ściekowego oraz dużą zawartość popiołu istnieje możliwość stworzenia paliwa alternatywnego w postaci mieszaniny osadu i biomasy. Trociny jak i kora charakteryzują się ciepłem spalania znacznie wyższym oraz niższą zawartością popiołu w stosunku do osadu. Stosując te proporcje dla osadu podjęto próbę częściowego uzupełnienia i zweryfikowania celowości badania nad wykorzystaniem wysuszonego osadu ściekowego. Uzyskane wyniki potwierdziły celowość takiego rozwiązania.



Rys. 3. Zmiany temperatury przy współspalaniu wysuszonego osadu ściekowego o zawartości 90% suchej masy z: a) trocinami, b) kora sosnową [badania własne]

Fig. 3. Changes in temperature through the combustion of dried sludge with a content of 90% dry matter of: a) sawdust, b) the bark of pine [own research]



Rys. 4. Zawartość metali ciężkich w ściekach [dane uzyskane z oczyszczalni ścieków]

Fig. 4. The content of heavy metals in waste water [data obtained from sewage treatment plants]

Na rysunku 4 przedstawiono zawartość metali ciężkich w ściekach surowych dopływających na oczyszczalnię ścieków oraz zawartość metali ciężkich w ściekach oczyszczonych z oczyszczalni ścieków.

3. Wnioski

Osady ściekowe nienadające się do wykorzystania do celów rolniczych z racji nieodpowiedniego składu chemicznego, w znakomitej większości dużych aglomeracji miejskich są poddawane termicznej utylizacji w spalarniach zlokalizowanych na terenie miejskich oczyszczalni ścieków.

Taki sposób unieszkodliwiania osadów ściekowych spełnia wymogi Krajowego Programu Zagospodarowania Odpadów, którego generalna strategia zakłada, że ilość odpadów składowanych zmaleje do roku 2010 o około 20%, a do roku 2050 o około 50% w stosunku do 2000 roku.

Wysuszony osad ściekowy można wykorzystać do współspalania, jako mieszaninę z odpadami drewna, słomy rzepakowej i żytniej, kory sosnowej oraz węgla w różnych proporcjach objętościowych i masowych. Wartość opałowa wysuszonego osadu ściekowego wynosi około 14 MJ/kg. Wysuszony osad ściekowy pozbawiony jest metali ciężkich, posiada za to znaczną ilość popiołu osiagającą do 35% masy.

Nadwyżki biomasy i osadu ściekowego będą zmuszały do poszukiwań nowych rozwiązań w celu ich właściwego zagospodarowania i wykorzystania. Przyjęta przez Unie Europejską dyrektywa mówiąca o udziale energii odnawialnej w ogólnej produkcji energii, dla Polski będzie wymuszała działania związane z efektywniejszym wykorzystaniem potencjału energetycznego biomasy jak i osadu ściekowego.

Przedstawione badania wykazują możliwość wykorzystania wysuszonego osadu ściekowego do współspalania z innymi rodzajami biomasy w proporcji 10%. Przy większych proporcjach współspalanie jest nie korzystne z uwagi na niską wartość opałową.

Współspalanie obu paliw jest korzystne przy zachowaniu następujących proporcji, wilgotność biomasy jest poniżej 15%, a wysuszonego osadu ściekowego wynosi 10%. Należy jednak pamiętać, że proces suszenia osadu do otrzymania takich parametrów jest procesem energochłonnym. Wysuszony osad ściekowy o zawartości 90% suchej masy, jak wykazują przeprowadzone badania jest paliwem alternatywnym i celowym jest wykorzystanie go w ciepłownictwie.

Literatura

- [1] Bień J. B.: Osady ściekowe, teoria i praktyka, wydawnictwo Politechniki Częstochowskiej, Częstochowa 2007 r.
- [2] Bień J. D.: Zagospodarowanie komunalnych osadów ściekowych metodami termicznymi, Inżynieria i Ochrona Środowiska 2012, t.15, nr 4, s. 439-449.

- [3] Ochrona Środowiska 2013, Główny Urząd Statystyczny, Warszawa październik 2013, http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbcr/gus/SE_ochrona_srodowiska_2013.pdf [dostęp: 27.01.2014].
- [4] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 27 września 2001 r. w sprawie katalogu odpadów, Dz.U.Nr112,poz. 1206.
- [5] Rozporządzenie Ministra Środowiska z dnia 13 lipca 2010 r. w sprawie komunalnych osadów ściekowych, Dz.U.Nr 137,poz.924.
- [6] Chalamoński M., Łukasiewicz J. Szymczak M.: Suszenie osadów ściekowych, Instytut Techniki Budowlanej, Miesięcznik INSTAL Nr. 1, s. 48-52, 2008 r.

THE DRIED SLUDGE AS ALTERNATIVE FUEL

Summary

The article shows a method of thermal utilization of the dried sludge with a content of 90% by dry weight of co-firing and gasification in a loose form. The dried sludge can provide fuel renewable, which can be used in the economy of heat and energy. The use of techniques of gasification and pyrolysis processes of thermal conversion of chemical energy of fuels including renewable dried sludge caused undertake research on its use and use as an alternative fuel. The product gas resulting from the process is burned in the combustion chamber of the boiler, and the heat generated by thermal processes, can be used for heating purposes. The use of renewable fuels in power generation and heat can contribute to the implementation of waste recycling. Replacement of coal for heating will reduce emissions of dust, harmful compounds into the atmosphere through the use of waste-free and low-emission combustion. New technologies of processing and combustion of renewable fuels, especially gasification technology is safe for the environment because of the low level of contamination of harmful exhaust compounds of sulfur and nitrogen. High efficiency power conversion provides a return on investment associated with the production of fuels from biomass and combustion of the gas generator to produce heat or electricity. Burning dried pellet path-cancer arises a significant amount of ash, which can be used as an on-car. The use of such fuel is to increase the possibility of additional renewable energy sources. Presents the results of research in the form of tables and figures.

Keywords: biomass, dried sludge, thermal processes, heat

Przesłano do redakcji: 17.03.2017 r.

Przyjęto do druku: 31.03.2017 r.