AgEcon SEARCH
RESEARCH IN AGRICULTURAL & APPLIED ECONOMICS

The World's Largest Open Access Agricultural & Applied Economics Digital Library

This document is discoverable and free to researchers across the globe due to the work of AgEcon Search.

Help ensure our sustainability.

Give to AgEcon Search

AgEcon Search
http://ageconsearch.umn.edu
aesearch@umn.edu

*Papers downloaded from **AgEcon Search** may be used for non-commercial purposes and personal study only. No other use, including posting to another Internet site, is permitted without permission from the copyright owner (not AgEcon Search), or as allowed under the provisions of Fair Use, U.S. Copyright Act, Title 17 U.S.C.*

STOWARZYSZENIE EKONOMISTÓW ROLNICTWA I AGROBIZNESU
Roczniki Naukowe ● tom XVII ● zeszyt 2

Edmund Lorencowicz, Artur Kraszkiewicz, Magdalena Kachel-Jakubowska

Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

ORGANIZACJA I KOSZTY PRZETWARZANIA BIOMASY ROLNICZEJ NA PELETY

ORGANIZATION AND COSTS OF PROCESSING AGRICULTURAL BIOMASS INTO PELLETS

Słowa kluczowe: biomasa rolnicza, biomasa roślinna, pelety, organizacja produkcji, koszty przerobu, OZE

Key words: agricultural biomass, plant biomass, pellets, organization of production, costs of processing, renewable energy sources

Abstrakt. Celem pracy była ocena organizacji i kosztów procesu przetwarzania odpadowej biomasy roślinnej pochodzenia rolniczego na pelety na przykładzie wybranego przedsiębiorstwa. Miesięczna wydajność procesu przetwarzania wahała się od 509 do 1426 ton, przy zmienności 24,8%. Największy udział miały koszty energii elektrycznej – 43,5%, następnie robocizny – 23,8% oraz napraw – 16,6%. Koszty paliw stanowiły 4,6%, a amortyzacji 11,6% kosztów. Koszty przerobu jednej tony wyniosły 131 zł.

Wstęp

Przystąpienie Polski do Unii Europejskiej (UE) i realizacja celów ekologicznych wpłynęła na rozwój „zielonej gospodarki". W ostatnich latach uwaga zwrócona jest szczególnie na gospodarkę niskoemisyjną, w której jednym z istotnych składników jest rozwój energetyki odnawialnej. Energetyka ta oparta jest częściowo na wykorzystaniu biomasy rolniczej [Gołaszewski, Baptista 2014]. Szacowany na rok 2020 potencjał energetyczny biomasy w Polsce jest na poziomie 600 168 TJ, a potencjał rynkowy (ekonomiczny) 533 118 TJ [Wiśniewski 2007]. Ocenia się, że w województwie lubelskim potencjał biomasy na cele energetyczne wynosi ponad 30 000 TJ). Najwięcej energii można pozyskać ze słomy i siana (ponad 47%) i upraw wieloletnich rolniczych (ponad 34%) [Kościk 2010]. Województwo lubelskie ma charakter rolniczy i produkcja ta dostarcza duże ilości biomasy roślinnej. Biomasa ta ma charakter niejednorodny, zróżnicowany fizycznie i chemicznie [Kachel-Jakubowska, Kraszkiewicz 2014, *An investigation*... 2007, Campbell 2007, Sultana, Kumar 2012, Kraszkiewicz i in. 2013], a energetyka poszukuje biopaliw stałych o jednorodnych własnościach energetycznych. Wykorzystanie rolniczej biomasy roślinnej do spalania lub współspalania w dużych elektrowniach i elektrociepłowniach możliwe jest po odpowiednim przetworzeniu. Takim procesem jest peletowanie, które ma na celu wytworzenie granul (peletu) o znormalizowanych własnościach (walec o długości 5-40 mm i średnicy 6-12 mm). Produkt ten musi spełniać kryteria dotyczące kształtu, wilgotności, gęstości, wartości opałowej, jak również trwałości mechanicznej granulatu zgodne z normą PN-EN 14961-6 „Biopaliwa stałe – specyfikacje paliw i klasy". Uzyskuje się to w wyniku działania dużego ciśnienia, czasu i wysokiej temperatury. W efekcie zmniejsza się zawartość wody, zwiększa się koncentrację masy i energii w jednostce objętości co znacznie ułatwia dystrybucję i użytkowanie tego paliwa. Biomasa roślinna przetworzona do postaci peletów jest produktem odnawialnym i proekologicznym, a ktorego ceny są konkurencyjne w porównaniu do innych sortymentów paliw [Kristöfel, Wopienka 2012].

Celem prowadzanych badań była ocena organizacji procesu przetwarzania oraz struktury kosztów roślinnej biomasy rolniczej na pelety.

Materiał i metodyka badań

Badania przeprowadzono w zakładzie przetwarzania biomasy roślinnej zlokalizowanym we wschodniej części województwa lubelskiego. W zakładzie tym produkowane są pelety ze słomy pszennej, żytniej, pszenżytniej, jęczmiennej oraz siana zakupionych i udostępnionych przez właścicieli firmy. Na podstawie wywiadu kierowanego ustalono niezbędne informacje dotyczące stosowanej technologii produkcji oraz działania linii technologicznej do produkcji peletów. Wykorzystano też dane dostępne w prowadzonej przez firmę dokumentacji (faktury, rozliczenia, umowy) w sezonie 2013/14 (od lipca 2013 roku do czerwca 2014 roku).

Organizacja procesu przetwarzania biomasy

W skład procesu przetwarzania biomasy (produkcji peletów) wchodzą następujące operacje:
- segregacja zakupionego surowca (gatunek, wilgotność),
- transport surowca z miejsca składowania do linii technologicznej,
- wstępne i właściwe rozdrabnianie surowca,
- przemieszczenie wymieszanego surowca do zbiornika technologicznego granulatorów,
- zagęszczanie surowca do postaci granulek bez użycia spoiwa przy wykorzystaniu czterech granulatorów,
- transport przenośnikiem taśmowym do chłodnicy i separatora w celu ochłodzenia i obniżenia poziomu wilgotności peletów do około 8,0-10,0% oraz oddzielenia odpowiedniej jakości peletów od odsiewek,
- wykorzystanie odsiewek i pyłów do procesu granulacji (obniżenie wilgotności surowca).

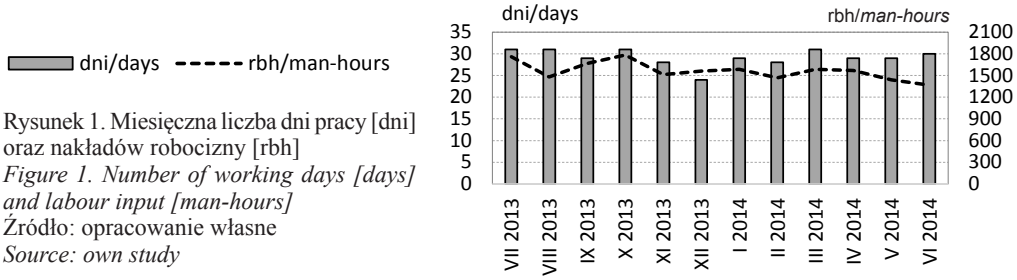
Pelety transportowane są do magazynu z wykorzystaniem przenośników ślimakowych i kubełkowych, skąd następuje ekspedycja produktu luzem. Pelety produkowane są w systemie czterobrygadowym, trzyzmianowym, 7 dni w tygodniu (bez dni świątecznych). Miesięczna liczba dni pracy wynosiła średnio 29,2 i wahała się od 24 do 31 przy współczynniku zmienności $V = 6{,}8\%$, a nakłady robocizny od 1368 do 1784 rbh (średnio 1564 rbh, $V = 8{,}0\%$) (rys. 1).

Ze względu na trzyzmianowy proces produkcyjny, wykonywanie zarówno planowych przeglądów i napraw, jak i usuwanie awarii wymagało przerwania produkcji, co generowało przestoje na poziomie średnio 61 godzin miesięcznie (od 24 do 92 h, $V = 33{,}7\%$) (rys. 2).

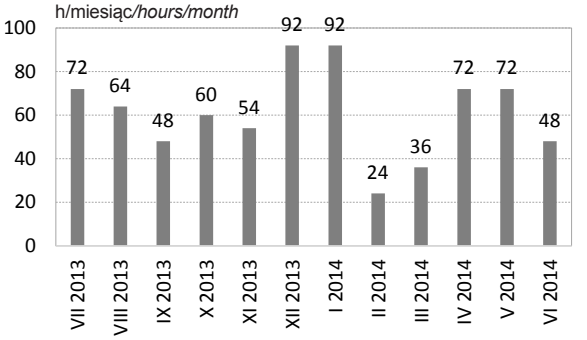
Rzeczywistą liczbę dni produkcyjnych można określić po uwzględnieniu przestojów. Wyniosła ona w badanym okresie 319 dni.

Produkcja w sezonie 2013-2014 wyniosła łącznie 11 029 t, co odpowiada wartości energetycznej 157 679 GJ. Wahała się od 506 do 1426 t (7377 do 20 676 GJ). Średnio miesięcznie wynosiło to 919 t ($V = 24{,}8\%$), czyli 13 140 GJ ($V = 25{,}5\%$) (rys. 3). Przy stosowanej organizacji pracy uzyskano średnią godzinową wydajność na poziomie 1,32 t/h.

Roczne zapotrzebowanie na surowiec dla potrzeb zapewnienia ciągłości produkcji wynosiło 11 600 t (współczynnik strat produkcyjnych na poziomie 5%). Firma zewnętrzna zapewniała zarówno kontraktację surowca, jak i jego zbiór, prasowanie i transport do zakładu. Słoma i siano skupywane były z powierzchni około 2500 ha. Surowiec w ilości około 4-5 tysięcy t składowa-



Rysunek 1. Miesięczna liczba dni pracy [dni] oraz nakładów robocizny [rbh]
Figure 1. Number of working days [days] and labour input [man-hours]
Źródło: opracowanie własne
Source: own study

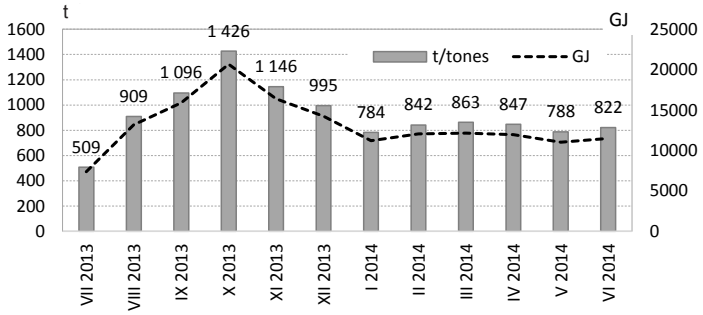


Rysunek 2. Miesięczny czas przestojów na naprawy i remonty w godzinach
Figure 2. Monthly time of breaks for maintenance and repairs
Źródło: opracowanie własne
Source: own study

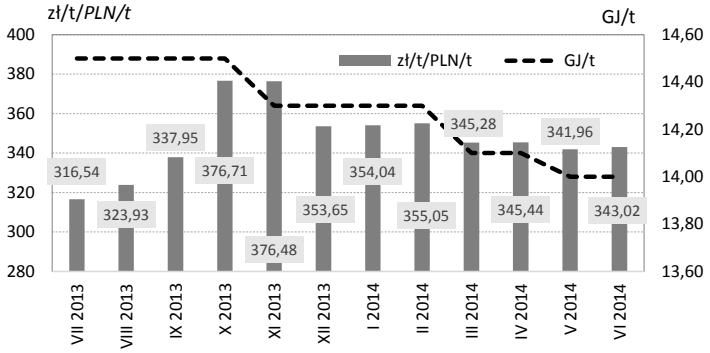
no na placu o powierzchni około 2 ha, znajdującym się w bezpośrednim sąsiedztwie zakładu produkcyjnego. Maksymalna odległość transportu bel z miejsca składowania do linii peletującej wynosiła 500 metrów, a transport wykonywany był dwoma ładowarkami teleskopowymi (JCB 527-70 oraz Caterpillar TH 360, obie z silnikami o mocy 74 kW). Dodatkowo wykorzystywany był także ciągnik John Deere 7710 o mocy silnika 128 kW.

W okresie prowadzonych badań całość produkcji była dostarczana do elektrociepłowni oddalonej od zakładu produkcyjnego o około 350 km. Przy średniej kaloryczności produktu 14,5 GJ/t uzyskana średnia cena wynosiła 350,50 zł/t (rys. 4).

W zakładzie zatrudnionych było 11 pracowników, w tym kierownik, mechanik, magazynier pełniący jednocześnie funkcję zaopatrzeniowca oraz osiem osób obsługujących linię produkcyjną.



Rysunek 3. Miesięczna produkcja w tonach [t] i gigadżulach [GJ]
Figure 3. Monthly production in tones [t] and gigajoules [GJ]
Źródło: opracowanie własne
Source: own study



Rysunek 4. Kaloryczność [GJ/t] a cena peletów [zł/t]
Figure 4. Calorific value [GJ/t] and pellets price [PLN/t]
Źródło: opracowanie własne
Source: own study

Koszty przerobu biomasy

Analizowane koszty przerobu obejmują następujące rodzaje kosztów: robocizny, amortyzacji, zużytej energii elektrycznej, paliw, napraw i remontów oraz amortyzacji. W tabeli 1 przedstawiono składowe kosztów przerobu, natomiast na rysunku 5 zamieszczono ich strukturę.

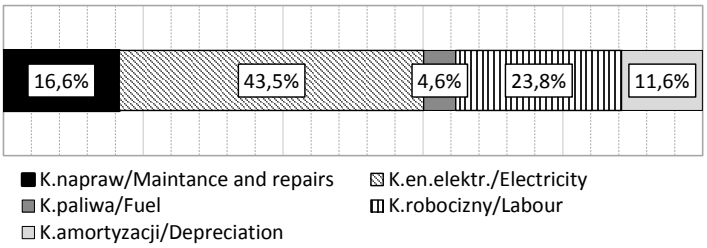
W analizowanym zakładzie produkcyjnym, miesięczne koszty przerobu zawierały się w przedziale od 99 188 do 145 109 zł (średnio 120 509 zł, V = 14,4%) (tab.1), a średni koszt przerobu jednej tony surowca na pelety wyniósł 131 zł.

W strukturze przeważają koszty energii elektrycznej stanowiące 43,5% kosztów przerobu. Wynika to z faktu, że cała linia technologiczna jest zasilana tym rodzajem energii. Koszty paliw zużytych do napędu ładowarek i ciągnika stanowiły jedynie 4,6%. Udział kosztów robocizny wyniósł 23,8% a napraw i remontów 16,6%. Amortyzacja stanowiła 11,6% kosztów. Należy podkreślić, że w przedstawionej analizie nie uwzględniono kosztów ogólnych przedsiębiorstwa (koszty zarządu, administracji, sprzedaży, podatki itp.).

Tabela 1. Koszty przerobu biomasy
Table 1. Costs of biomass processing

Wyszczególnienie kosztu/ *Costs specification*	Koszty miesięczne/ *Monthly costs*	
	średnio [zł/mies.]/ *average [PLN/month]*	współczynnik zmienności/ *coefficient of variation [%]*
Paliwo/*Fuel*	5 488	6,8
Energia elektryczna/*Electricity*	52 477	27,1
Amortyzacja/*Depreciation*	13 919	0,0
Naprawy i remonty/*Maintance and repairs*	20 000	33,7
Siła robocza/*Labour*	28 625	10,7
Razem/*Total*	120 509	14,4

Źródło: opracowanie własne
Source: own study



Rysunek 5. Struktura kosztów przerobu biomasy na pelety
Figure 5. Structure of processing costs
Źródło: opracowanie własne
Source: own study

Podsumowanie

Analiza porównawcza otrzymanych wyników jest utrudniona, ponieważ dostępne w literaturze dane są rozbieżne. Odnoszą się one do zróżnicowanych surowców, jak również do odmiennych technologii produkcji prowadzonych w odrębnym czasie w różnych warunkach ekonomicznych. Według Theka i Obernbergera [2004], koszt produkcji peletów w warunkach szwedzkich i austriackich wynosił odpowiednio 62,4 i 90,7 euro/t, co przy kursie wynoszącym 4,0 zł/euro (22 kwietnia 2015 roku) jest równe 249,6 i 362,8 zł/t. Według badań kanadyjskich [Mani i in. 2006], koszt ten wyniósł 51 USD, co po przeliczeniu według kursu 3,71 zł/dolara (22 kwietnia 2015 roku) daje 189 zł/t. Nolan i współpracownicy [2010] określili, że koszty produkcji peletu w Irlandii wynoszą 132 USD/t (489,72 zł/t), w tym koszty surowców stanowiły 40%, a siły roboczej około 13%. Można wywnioskować, że dla tych warunków koszt przerobu był na poziomie około 79 USD (293 zł/t). Szul [2013] podaje, że koszt wytworzenia peletów ze słomy zakupionej od rolników w cenie 170 zł/t wynosił 380 zł/t. Wynika stąd, że koszty przerobu były na poziomie 190 zł/t. W warunkach Polski udział kosztów zakupu słomy w strukturze kosztów produkcji wynosił 44%, a łącznie z kosztami transportu i składowania udział ten wynosił 58% kosztów produkcji.

Kolejnymi składnikami w strukturze kosztów produkcji były koszty energii elektrycznej (12%), konserwacji maszyn (8%), płace (8%) oraz koszty amortyzacji i administracji (po 7%).

Finnan i współautorzy [2010] stwierdzili, że w strukturze kosztów produkcji średnio 66% stanowią koszty surowców, 10% – rozdrabniania, 11% – zagęszczania i chłodzenia i 9% – siły roboczej. W badanym obiekcie również stwierdzono, że znaczne koszty ponoszone były na zakup surowców. Koszty napraw i robocizny i płac były większe od prezentowanych przez Szula [2013], a koszt amortyzacji był zbliżony. Przetwarzanie rolniczej biomasy roślinnej na pelety w warunkach badanego zakładu w okresie 2013-2014 pochłaniało koszty na poziomie 131 zł/t czyli około 9,17 zł/GJ.

W procesie przetwarzania biomasy roślinnej na pelety istotny jest rodzaj użytego surowca. Badana przetwórnia bazuje na surowcach (słoma i siano) zebranych w optymalnym okresie przy wilgotności nieprzekraczającej 20%, co pozwala pominąć energochłonny i kosztowny proces dosuszania.

Nie przeprowadzono analizy opłacalności, ale jak wynika z rozmów z właścicielami przedsiębiorstwa oraz literatury, uzależniona jest ona od polityki państwa, w szczególności w zakresie wspierania odnawialnych źródeł energii.

Literatura

An investigating of the feasibility of preparing fuel pellets from a range of agricultural and other materials. Final Report. 2007: [online], http://www.glasu.org.uk/en/uploads/documents/Pelleting%20Alternative%20Materials%20report%20Jun%2007.pdf, dostęp 7.01.2015.

Campbell K. 2007: *A feasibility study guide for an agricultural biomass pellet company*, Campbell Consulting LLC, St.Paul, Minnesota, [online], http://www.canadiancleanpowercoalition.com/files/6212/8330/1259/BM12%20-%202007-11%20Feasibility%20Pelleting.pdf, dostęp 6.03.2015.

Finnan J., Carroll J., Rice B., Brett P., Nolan A. 2010: *Feasibility of production and combustion of pellets from straw and energy crops*, August, [online], http://www.teagasc.ie/publications/2009/1320/Pelleting_5613.pdf, dostęp 6.03.2015.

Gołaszewski J., Baptista F. 2014: *Sustainable energy in sustainable agriculture*, [w:] E. Lorencowicz, F. Baptista, L.L. Silva, J. Marques da Silva (red.), *Sustainable agriculture – Poland and Portugal,* Lublin--Évora, 61-72, [online], dostęp http://hdl.handle.net/10174/11968.

Kachel-Jakubowska M., Kraszkiewicz A. 2014: *Zrównoważony rozwój rynku biomasy,* [w:] M. Szpryngiel (red.), *Zrównoważone wykorzystanie surowców roślinnych i przemysłowych do produkcji peletów*, Lublin, 35-50.

Kościk B. 2010: *Teoria i praktyka szacowania potencjału biomasy na cele energetyczne*, [online], http://warsztaty.wnr.edu.pl/15/konferencja/referaty/koscik.pdf, dostęp 10.04.2015.

Kraszkiewicz A., Kachel-Jakubowska M., Szpryngiel M., Niedziółka I. 2013: *Influence of the chemical properties of the plant biomass of agricultural origin on energy intensity of its compaction*, [w:] E. Lorencowicz, J. Uziak, Hyughebaert B. (red.), *Farm machinery and processes management in sustainable agriculture*, VI Int. Scient. Symp., Lublin, 129-132, [online], http://www.cabi.org/cabdirect/FullTextPDF/2014/20143291056.pdf.

Kristöfel C., Wopienka E. 2012: *Cost analysis report. Intelligent Energy Europe*, [online], https://www.mixbiopells.eu/fileadmin/user_upload/WP2/D2_4_costanalysis_report_final_3.pdf , dostęp 7.01.2015.

Mani S., Sokhansanj S., Bi X., Turhollow A. 2006*: Economics of producing fuel pellets from biomass*, Appl. Eng. Agric., 22(3), 421-426.

Nolan A., Mc Donnell K., Devlin G.J., Carroll J.P., Finnan J. 2010: *Economic Analysis of Manufacturing Costs of Pellet Production in the Republic of Ireland Using Non-Woody Biomass*, The Open Renewable Energy Journal, 3, 1-11.

Sultana A., Kumar A. 2012: *Ranking of biomass pellets by integration of economic, environmental and technical factors*, Biomass and Bioenergy, 1, 1-12, doi:10.1016/j.biombioe.2012.01.

Szul J. 2013: *Ocena opłacalności produkcji peletów ze słomy*, Technika Rolnicza Ogrodnicza Leśna, 2, 17-19.

Thek G., Obernberger I. 2004: *Wood pellet production costs under Austrian and in comparison to Swedish framework conditions*, Biomass Bioenergy, 27, 671-693

Wiśniewski G. (red.). 2007: *Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020*, Instytut Energetyki Odnawialnej, Warszawa https://www.mg.gov.pl/NR/rdonlyres/AC0AF2CE-748F--4BD7-9DC9-10E94257B732/48364/MozliwosciwykorzystaniaOZE2020.pdf, dostęp 15.04.2015.

Summary

The paper presents main organizational and economic factors influencing on the variability and costs of preparing agricultural biomass into pellets. Basic on case study there were data collected in the period July 2013 to June 2014. Investigation shows that capacity of plant varied between 509 to 1426 tons per month. The biggest part of processing costs were electricity – 43.8%. Next labour costs – 23.8%, maintenance and repairs – 16.6%, fuel costs-4.6% and depreciation – 11.6%. The cost of processing per one tone was 131 PLN.

Adres do korespondencji:
prof. dr hab. inż. Edmund Lorencowicz, dr inż. Artur Kraszkiewicz, dr inż. Magdalena Kachel-Jakubowska
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie, Wydział Inżynierii Produkcji
Katedra Eksploatacji Maszyn i Zarządzania Procesami Produkcyjnymi
Zakład Eksploatacji Maszyn Rolniczych i Urządzeń Ekoenergetycznych
20-612 Lublin, ul. Głęboka 28
e-mail: edmund.lorencowicz@up.lublin.pl,
artur.kraszkiewicz@up.lublin.pl,
magdalena.kacheljakubowska@up.lublin.pl