

JAN BUCZEK, DAGMARA MIGUT, MARTA JAŃCZAK-PIENIAŻEK, EWA SZPUNAR-KROK, MAGDALENA KURAŚ

Zakład Produkcji Roślinnej, Instytut Nauk Rolniczych, Ochrony i Kształtowania Środowiska, Uniwersytet Rzeszowski, email: jbuczek@ur.edu.pl

OCENA WYKORZYSTANIA SŁOMY DO CELÓW ENERGETYCZNYCH W WYBRANYCH GOSPODARSTWACH ROLNYCH

W artykule przedstawiono ocenę potencjału biologicznego, technicznego, energetycznego, ekologicznego oraz ekonomicznego słomy w gospodarstwach rolnych zlokalizowanych na terenie gminy Leżajsk w województwie podkarpackim. Analizą objęto wybrane gospodarstwa rolne bezinwentarzowe wyłącznie z produkcją roślinną oraz z produkcją roślinną i zwierzęcą. Badania wykazały, że wyższy potencjał biologiczny jak i techniczny słomy miały gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą (średnio 513,0 i 471,7 $t\text{gosp}^{-1}$) w porównaniu do gospodarstw bezinwentarzowych (średnio 344,4 i 321,6 $t\text{gosp}^{-1}$). Potencjał energetyczny słomy badanych gospodarstw wyniósł 47598,0 GJ, przy czym mieścił się w zakresie od 1618,5 do 11979,0 GJ i był wyższy o 31,8% w gospodarstwach z produkcją roślinną i zwierzęcą niż z produkcją roślinną. Zamiana paliwa tradycyjnego (węgla kamiennego) na słomę może ograniczyć w badanych gospodarstwach emisję CO_2 do środowiska w ilości 4336,7 ton. Dla wszystkich gospodarstw (z wyjątkiem gospodarstwa nr 8) opłacalna jest inwestycja zakupu kotła na biomasę ze środków finansowych pochodzących ze sprzedaży nadwyżek słomy pozostałych po uwzględnieniu jej energetycznego wykorzystania.

Słowa kluczowe: gospodarstwo rolne, słoma, produkcja, potencjał energetyczny

I. WSTĘP

Polityka energetyczna Polski jako jednego z krajów unijnych zmierza do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, głównie dwutlenku węgla, dlatego też jednym z rozwiązań jest zastępowanie węgla kamiennego biomasą. Biomasa jest więc bardzo atrakcyjnym, odnawialnym źródłem energii spełniającym wymagania ochrony środowiska w tym zakresie [Gafka i Janiszewska 2017, Gostomczyk 2017].

Energetyka odnawialna w kraju opiera się na zasobach biomasy leśnej i rolniczej, pochodzącej zarówno z plantacji dedykowanych oraz z wszelkich odpadów i produktów ubocznych pochodzących z produkcji rolniczej [Lewandowski 2006, Bartosiewicz-Burczy 2012, Weiser i in. 2014].

Jednym z istotnych źródeł biomasy wykorzystywanej w energetyce lokalnej może być słoma, której główną zaletą jest jej występowanie w znacznych ilościach, głównie na

terenach o wysokim udziale w strukturze zasiewów zbóż, rzepaku, kukurydzy oraz wysokim udziale gospodarstw bezinwentarzowych [Gauder i in. 2011, Goryl i Guła 2014, Singh 2016, Hryniewicz i Grzybek 2017].

Słoma nie jest paliwem poznanym tak dobrze jak paliwa kopalne, a ponadto na wielkość produkowanej słomy ma wpływ wiele czynników, przy czym do najważniejszych można zaliczyć wielkość powierzchni upraw wymienionych wcześniej grup roślin, a także poziom ich plonowania, stosowaną odmianę, nawożenie mineralne oraz przebieg pogody w okresie wegetacji [Denisiuk 2008, Marks-Bielska i in. 2019].

Słoma jako nośnik energii pierwotnej na obszarach wiejskich może być wykorzystywana jako paliwo do ogrzewania mieszkań lub budynków inwentarskich w gospodarstwach rolnych. Jest to szczególnie uzasadnione w przypadku gdy, występuje nadmiar słomy w stosunku do możliwości jej użycia w inny sposób, którym najczęściej jest jej wykorzystanie w celach rolniczych, jako ściółka, pasza ale obecnie głównie jako nawóz przyorywany po żniwach, co przyczynia się do powstania próchnicy w glebie [Grzybek i in. 2001, Gradziuk 2015].

Celem pracy była ocena potencjału biologicznego, technicznego, energetycznego, ekologicznego oraz ekonomicznego słomy w wybranych gospodarstwach rolnych charakteryzujących się zróżnicowaną powierzchnią i strukturą zasiewów, a ponadto reprezentujących dwa kierunki produkcji, a więc gospodarstwa wyłącznie z produkcją roślinną oraz gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą.

II. METODYKA BADAŃ

Badania obejmowały gospodarstwa rolne znajdujące się w gminie Leżajsk, powiat leżański, w województwie podkarpackim. Dane potrzebne do określenia potencjału energetycznego biomasy słomy zebrano za pomocą wywiadów kierowanych (ankiety). Zebrane informacje dotyczyły roku gospodarczego 2019 i 2020, przy czym ze względu na niewielkie różnice w wynikach w latach badań, podane wyniki uśredniono.

Przygotowany kwestionariusz ankietowy pozwolił na uzyskanie informacji dotyczących:

- produkcji roślinnej (powierzchnia gospodarstwa, struktura zasiewów, poziom plonowania poszczególnych gatunków roślin),
- produkcji zwierzęcej (obsada poszczególnych grup i gatunków zwierząt gospodarskich, sposób utrzymania i chowu inwentarza żywego, wykorzystanie słomy na nawóz, ściółkę i paszę),
- kosztów ogrzewania budynków mieszkalnych oraz gospodarczych, wykorzystywanych surowców energetycznych oraz możliwości zainstalowania kotła na słomę.

Badane gospodarstwa podzielono na grupy w zależności od prowadzonego kierunku produkcji:

- 4 gospodarstwa z produkcją roślinną (R),
- 4 gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą (RZ).

Zarówno w grupie gospodarstw wyłącznie z produkcją roślinną (R) jak i z produkcją roślinną i zwierzęcą (RZ) były gospodarstwa małe o powierzchni zasiewów nie przekraczającej 15,0 ha i gospodarstwa duże powyżej 50,0 ha.

Potencjał biologiczny (P - produkcja słomy) oraz potencjał techniczny (N - nadwyżka słomy) obliczono na podstawie wzoru [Kościak i in. 2009, Gradziuk 2015]:

$P = A \times Y \times w_{zs}$, gdzie:

P – produkcja słomy ze zbóż podstawowych, strączkowych bobowatych oraz rzepaku ($t \cdot \text{gosp}^{-1}$),

A – powierzchnia gatunku rośliny (ha),

Y – plon ziarna/nasion gatunku rośliny ($t \cdot ha^{-1}$),
 w_{zs} – stosunek plonu słomy do plonu nasion.

$N = P - (Zs + Zp + Zn)$, gdzie:

N – nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania (t),
P – produkcja słomy ze zbóż podstawowych, strączkowych bobowatych oraz rzepaku i rzepiku,
Zs – zapotrzebowanie słomy na ściólkę,
Zp – zapotrzebowanie słomy na paszę,
Zn – zapotrzebowanie słomy na przyoranie.

Potencjał energetyczny słomy (GJ) określono jako potencjał rzeczywisty, gdzie za wartość opałową 1 tony suchej słomy przyjęto $15 \text{ GJ} \cdot t^{-1}$ oraz uwzględniający sprawność kotłów, którą przyjęto na poziomie 80% [Lewandowski 2006]. Ponadto zapotrzebowanie gospodarstwa rolnego na słomę w okresie sezonu grzewczego, przyjęto na poziomie 13 ton słomy o wartości energetycznej 195 GJ [Gostomczyk 2017].

Potencjał ekologiczny słomy obliczono przyjmując założenie, że spalanie 1 t węgla powoduje emisję 2,05 t CO_2 [Gawrońska i Gawroński 2016]. Potencjał ekonomiczny słomy obliczono przyjmując średnią cenę 1 tony słomy w wysokości 150 zł [Giełda biomasy...].

Ilość słomy w produkcji zwierzęcej (pasza i ściółka) obliczono na podstawie obsady pogłowa zwierząt gospodarskich i normatywów dla poszczególnych gatunków i grup użytkowych [Grzybek i in. 2001]. Normatywy wykorzystania słomy na ściólkę, paszę i do produkcji obornika przyjęto według Majewskiego i in. [1983] oraz Kozakiewicz i Nieścior [1984]. Zużycie słomy na przyoranie określono za pomocą współczynników reprodukcji lub degradacji podanych w publikacji Maćkowiaka [1997].

W celu zgrupowania gospodarstw na podstawie wybranych cech, w tym głównie powierzchni gospodarstwa, potencjału biologicznego, technicznego i energetycznego słomy w analizowanych gospodarstwach zastosowano metodę analizy składowych głównych (PCA). Do obliczeń statystycznych wyników zastosowano program Statistica 13.3.

III. WYNIKI BADAŃ I Dyskusja

Z danych tabeli 1 wynika iż gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą miały większy potencjał zarówno biologiczny jak i techniczny słomy (średnio 513,0 i 471,7 $t \cdot gosp^{-1}$). Gospodarstwo nr 5 wykazywało najwyższe wartości potencjału biologicznego i technicznego słomy, odpowiednio 843,1 i 798,6 $t \cdot gosp^{-1}$.

Najniższe zaś wartości produkcji słomy i jej nadwyżki stwierdzono w gospodarstwach nr 1 i 8. We wszystkich badanych gospodarstwach po uwzględnieniu wykorzystania słomy na paszę, ściólkę oraz na przyoranie nie wykazano niedoboru słomy lecz wystąpiła jej nadwyżka. Kwaśniewski [2008] podaje, że średni potencjał techniczny słomy dla 30 gospodarstw powiatu żywieckiego wynosił 5,7 $t \cdot gosp^{-1}$. W grupie I gospodarstw do 10 ha powierzchni zasiewów potencjał techniczny słomy był na poziomie 3,2 $t \cdot gosp^{-1}$, natomiast w grupa II gdzie dominowały gospodarstwa powyżej 10 ha wynosił 9,4 $t \cdot gosp^{-1}$.

Według Goryla i Guły [2014] w gminie Brzeźnica wśród badanych 64 gospodarstw, średnia ich wielkość wynosiła 8,5 ha, a produkcja słomy kształtowała się na średnim poziomie 20,4 $t \cdot gosp^{-1}$. W badaniach Marks-Bielskiej i in. [2019] natomiast zasoby słomy w latach 2015-2017 dla powiatu Braniewo kształtowały się na poziomie 83 305 ton rocznie a nadwyżka możliwa do energetycznego wykorzystania wynosiła średnio rocznie około 41 531 t słomy.

Rzeczywisty potencjał energetyczny badanych gospodarstw wynosił 47598,0 GJ (tabela 2). Natomiast uwzględniając 80% sprawność kotłów na biomasę, w grupie gospodarstw z produkcją roślinną potencjał energetyczny słomy wynosił średnio 3859,2 GJ, natomiast

w grupie gospodarstw z produkcją roślinną i zwierzęcą 5660,4 GJ. Średni potencjał energetyczny słomy wszystkich gospodarstw wynosił 4759,8 GJ.

Tabela 1 – Table1

Potencjał biologiczny i techniczny słomy w gospodarstwach (średnio 2019-2020) / *Biological and technical potential of straw in farms (mean 2019-2020)*

Kierunek produkcji i numer gospodarstwa / <i>Production type and farm number</i>		Potencjał biologiczny <i>Biological potential</i> (t·gosp ⁻¹)	Potencjał techniczny <i>Technical potential</i> (t·gosp ⁻¹)
produkcja roślinna <i>plant production</i>	1	115,6	107,9
	2	240,0	233,2
	3	742,0	687,3
	4	279,9	258,0
średnio / <i>mean</i>		344,4	321,6
suma / <i>sum</i>		1377,5	1286,4
produkcja roślinna i zwierzęca <i>plant and animal production</i>	5	843,1	798,6
	6	383,2	344,7
	7	707,0	678,4
	8	118,8	65,1
średnio / <i>mean</i>		513,0	471,7
suma / <i>sum</i>		2052,1	1886,8
Średnio ogółem / <i>Mean total</i>		428,7	396,7
Ogółem suma / <i>Total sum</i>		3429,6	3173,2

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Tabela 2 – Table2

Potencjał energetyczny słomy w gospodarstwach (średnio 2019-2020) / *Straw energy potential in farms (mean 2019-2020)*

Kierunek produkcji i numer gospodarstwa <i>Production type and farm number</i>		Potencjał energetyczny <i>Energy potential (GJ)</i>		Potencjalna liczba gospodarstw do ogrzania słomą <i>Potential number of farms that can be heated with straw (szt.)</i>
		rzeczywisty <i>true</i>	uwzględniający sprawność kotłów including boiler capacity	
produkcja roślinna <i>plant production</i>	1	1618,5	1294,8	8,3
	2	3498,0	2798,4	17,9
	3	10309,5	8247,6	52,9
	4	3870,0	3096,0	19,8
średnio / <i>mean</i>		4824,0	3859,2	24,7
suma / <i>sum</i>		19296,0	15436,8	–
produkcja roślinna i zwierzęca <i>plant and animal production</i>	5	11979,0	9583,2	61,4
	6	5170,5	4136,4	26,5
	7	10176,0	8140,8	52,1
	8	976,5	781,2	5,0
średnio / <i>mean</i>		7075,5	5660,4	36,3
suma / <i>sum</i>		28302,0	22641,6	–
Średnio ogółem / <i>Mean total</i>		5949,8	4759,8	30,5
Ogółem suma / <i>Total sum</i>		47598,0	38078,4	–

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Energia ta mogłaby pokryć potencjalne zapotrzebowanie energetyczne w sezonie grzewczym średnio około 30 gospodarstw rolnych. Szczególnie wysokim potencjałem energetycznym słomy odznaczało się gospodarstwo nr 3 z produkcją roślinną (8247,6 GJ) oraz gospodarstwa nr 5 i 7 z produkcją mieszaną (odpowiednio 9583,2 i 8140,8 GJ).

Według badań Gostomczyka [2017] potencjał energetyczny słomy w województwie zachodniopomorskim w 2010 roku wynosił około $7,20 \cdot 10^6$ GJ, zaś potencjalna liczba domów możliwych do ogrzania słomą wynosiła 108 703.

W latach 1999-2006 potencjał energetyczny słomy dla województwa warmińsko-mazurskiego oscylował na poziomie średnio $11,85 \cdot 10^6$ GJ [Bał 2008].

Według Gawrońskiej i Gawrońskiego [2016] spalanie 1 tony węgla kamiennego powoduje emisję 2,05 t CO₂, przy czym przy potencjale energetycznym słomy wynoszącym 69,6 mln GJrok⁻¹ ilość CO₂, która nie zostałaby wprowadzona do środowiska w wyniku zastosowania słomy zamiast węgla kamiennego byłaby na poziomie 6 937 813 t·rok⁻¹. Badania Jarosz [2016] wykazały, że wartość energetyczna słomy wynosząca 186 610 TJ pozwoliłaby na zastąpienie około 7464 tys. t węgla kamiennego. W okresie grzewczym w tradycyjnym piecu węglowym w gospodarstwie rolnym spalane jest minimum 3 tony węgla kamiennego.

Zakładając, że przelicznik energetyczny słomy w stosunku do węgla wynosi 1,5 kg słomy na 1 kg węgla, podczas spalania 3 ton węgla kamiennego do atmosfery emitowane jest 6,15 ton CO₂. Jak wynika z tabeli 3 zamiana w analizowanych gospodarstwach rolnych paliwa tradycyjnego (węgla kamiennego) na słomę mogłaby ograniczyć emisję CO₂ w ilości 4336,7 ton. Średni potencjał ekologiczny w gospodarstwach z produkcją roślinną wyniósł 439,5 t CO₂·gosp⁻¹ i był zdecydowanie niższy niż dla gospodarstw o kierunku produkcji roślinno-zwierzęcej wynosząc, 644,7 t CO₂·gosp⁻¹. Średnia ogółem dla obu grup gospodarstw wyniosła 542,1 t CO₂·gosp⁻¹ (tabela 3).

Tabela 3 – Table 3

Potencjał ekologiczny i ekonomiczny słomy w gospodarstwach (średnio 2019-2020) / *Ecological and economic potential in farms (mean 2019-2020)*

Kierunek produkcji i numer gospodarstwa <i>Production type and farm number</i>		Potencjał ekologiczny <i>Ecological potential</i> (t CO ₂ ·gosp ⁻¹)	Potencjał ekonomiczny <i>Economic potential</i> (zł·gosp ⁻¹)
produkcja roślinna <i>plant production</i>	1	147,5	11 869
	2	318,7	25 652
	3	939,3	75 603
	4	352,6	28 380
średnio / <i>mean</i>		439,5	35 376
suma / <i>sum</i>		1758,1	141 504
produkcja roślinna i zwierzęca <i>plant and animal production</i>	5	1091,4	87 846
	6	471,1	37 917
	7	927,1	74 624
	8	89,0	7 161
średnio / <i>mean</i>		644,7	51 887
suma / <i>sum</i>		2578,6	207 548
Średnio ogółem / <i>Mean total</i>		542,1	43 631,5
Ogółem suma / <i>Total sum</i>		4336,7	349 052

Źródło: Opracowanie własne / *Source: Own elaboration*

Potencjał ekonomiczny gospodarstw z produkcją roślinną i zwierzęcą był zdecydowanie wyższy (średnio 51 887 złgosp⁻¹) niż dla gospodarstw o kierunku stricte roślinnym (średnio 35 376 złgosp⁻¹). Zakładając średni koszt zakupu kotła na biomasę wahający się w przedziale od 10 000 do 20 000 zł, dla wszystkich gospodarstw reprezentujących oba kierunki produkcji, (z wyjątkiem gospodarstwa nr 8) byłaby opłacalna inwestycja zakupu kotła na biomasę, pochodząca potencjalnie ze sprzedaży nadwyżki słomy po uwzględnieniu jej rolniczego i energetycznego wykorzystania. Gospodarstwo nr 8 z produkcją roślinno-zwierzęcą, chcąc zrealizować zakup kotła na biomasę, musiałoby znaleźć dodatkowe źródło środków finansowych (wkład własny bądź dofinansowanie z zewnątrz).

Jak podaje Marks-Bielska i in. [2019] w powiecie Braniewo w latach 2015-2017 średnia roczna ekonomiczna wartość słomy wynosiła 1,3 mln euro. Wartość nadwyżki słomy jako alternatywy dla paliwa wynosiła w przybliżeniu 4,3 mln euro. Gdyby ta nadwyżka słomy została przetworzona na pellet, wartość rynkowa wzrosłaby do około 8 mln euro.

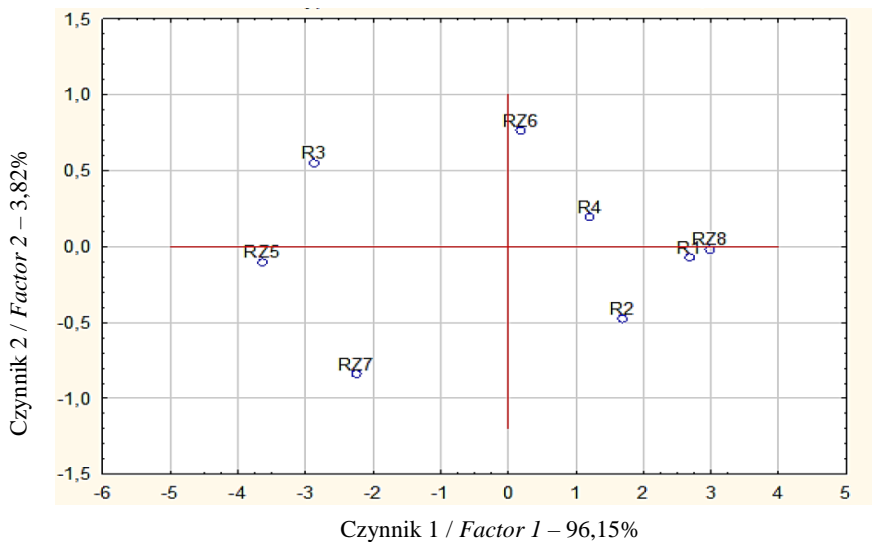
Z obliczeń statystycznych przedstawionych w tabeli 4 wynika, że wartość własna dla pierwszej składowej wynosiła 6,7, a procent wyjaśnionej przez nią wariancji wyniósł aż 96,1%. Druga składowa wyjaśniła znacznie mniej wariancji, bo 3,8%, a jej wartość własna wyniosła 0,3.

Tabela 4 – Table 4

Wartości własne macierzy korelacji / *Eigenvalues of the correlation matrix*

Numer wartości <i>Number value</i>	Wartość własna <i>Eigenvalue</i>	% ogółu <i>% of total</i>	Skumulowane / <i>Cumulative</i>	
1	6,730270	96,14671	6,730270	96,1467
2	0,267621	3,82315	6,997891	99,9699
3	0,002109	0,03013	7,000000	100,0000
4	0,000000	0,00000	7,000000	100,0000

Rysunek 1 „rzutu przypadków na płaszczyznę czynników” przedstawia rzut badanych gospodarstw rolnych z produkcją roślinną oraz produkcją roślinną i zwierzęcą na płaszczyznę dwóch czynników. Gospodarstwa nr RZ8 i R1 odróżniają się od pozostałych gospodarstw małą powierzchnią zasiewów (RZ8 – 11,5 ha i R1 – 13,5 ha) oraz niskimi parametrami potencjału biologicznego, technicznego i energetycznego słomy, natomiast gospodarstwa nr R2 i R4 posiadają średnią powierzchnię zasiewów oraz średnie wartości produkcji słomy, jej nadwyżki i wartości energetycznej. Gospodarstwa rolne nr R3 i R5 wyróżnia duża powierzchnia zasiewów (odpowiednio 96,0 i 84,0 ha) oraz wysokie wartości parametrów potencjału biologicznego, technicznego i energetycznego. Gospodarstwo nr RZ7 odróżnia się średnią powierzchnią zasiewów oraz wysokimi wartościami potencjału słomy, zaś gospodarstwo nr RZ6 dużą powierzchnią zasiewów i średnimi wartościami charakteryzującymi potencjał słomy.



Gospodarstwa z produkcją roślinną / Farms with plant production (R); Gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą / Farms with plant and animal production (RZ), Numer gospodarstwa / Number of farm (1–8)

Rys. 1. Analiza składowych głównych
Fig. 1. Principal components analysis

IV. PODSUMOWANIE

Potencjał biologiczny i techniczny słomy dla badanych gospodarstw wyniósł średnio 428,7 i 396,7 t/gosp⁻¹. Gospodarstwa z produkcją roślinną i zwierzęcą wykazywały znacznie wyższy średni potencjał biologiczny i techniczny słomy niż gospodarstwa z produkcją wyłącznie roślinną. Nie wykazano niedoboru słomy w żadnym z analizowanych gospodarstw rolnych. Uwzględniając odpowiednią wartość energetyczną nadwyżek słomy oraz sprawność kotłów na biomasę, analizowane gospodarstwa są w stanie pokryć zapotrzebowanie na energię cieplną w okresie sezonu grzewczego i wykorzystać słomę jako surowiec energetyczny. Dla wszystkich gospodarstw reprezentujących oba kierunki produkcji (z wyjątkiem gospodarstwa nr 8) byłaby opłacalna inwestycja zakupu kotła na biomasę, pochodząca potencjalnie ze sprzedaży nadwyżki słomy po uwzględnieniu jej rolniczego i energetycznego wykorzystania. Ponadto zamiana paliwa tradycyjnego na słomę mogłaby ograniczyć emisję CO₂ w ilości 4336,7 t w badanych gospodarstwach. Wykorzystanie słomy jako paliwa energetycznego stwarza zatem możliwości obniżki kosztów ogrzewania gospodarstwa rolnych, a także uzyskania dodatkowych dochodów ze sprzedaży jej nadwyżek.

BIBLIOGRAFIA

1. Bał R. 2008. Zagospodarowanie słomy i możliwości jej wykorzystania do produkcji paliw formowalnych na przykładzie województwa warmińsko-mazurskiego. Inżynieria Rolnicza. 1(99). 17-22.
2. Bartosiewicz-Burczy H. 2012. Potencjał i energetyczne wykorzystanie biomasy w krajach Europy Środkowej. Energetyka. 7. 860-866.
3. Denisiuk W. 2008. Słoma - potencjał masy i energii. Inżynieria Rolnicza. 2(100). 23-30.

4. Gafka K., Janiszewska D. 2017. Możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w województwie pomorskim. *Zeszyty Naukowe Wydziału Nauk Ekonomicznych*. I (20). 83-95.
5. Gauder M., Graeff-Höninger S., Claupein W. 2011. Identifying the regional straw potential for energetic use on the basis of statistical information. *Biomass and Bioenergy*. 35(5). 1646-1654. doi.org/10.1016/j.biombioe.2010.12.041.
6. Gawrońska G., Gawroński K. 2016. Metoda szacunku potencjalnych efektów ekologicznych pozyskania energii biomasy słomy. *Acta Scientiarum Polonorum Formatio Circumiectus*. 15(1). 69-79.
7. Giełda biomasy- słoma [dok. elektr. <http://www.ebiomasa.pl/gielda-biomasy/13-słoma>. data wejścia 25.11..2020].
8. Goryl W., Guła A. 2014. Analiza potencjału biomasy rolniczej na przykładzie typowej gminy w celu stworzenia lokalnego rynku biomasy. *Czasopismo Inżynierii Lądowej, Środowiska i Architektury*. Tom XXXI. Zeszyt 61(3/II/14). 173-182.
9. Gostomczyk W. 2017. Możliwości wykorzystania słomy jako lokalnego paliwa. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*. 19(2). 52-57.
10. Gradziuk P. 2015. Gospodarcze znaczenie i możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne w Polsce. *Monografie i rozprawy naukowe*. 45. ss. 177.
11. Grzybek A., Gradziuk P., Kowalczyk K. 2001. *Słoma - energetyczne paliwo*. Wydawnictwo Wieś Jutra. Warszawa. 66-70.
12. Hryniewicz M., Grzybek A. 2017. Nadwyżka słomy dostępnej do wykorzystania na potrzeby energetyczne w 2016 r. *Problemy Inżynierii Rolniczej*. 3 (97). 15-31.
13. Jarosz Z. 2016. Potencjał techniczny słomy w Polsce i efekty środowiskowe jej alternatywnego wykorzystania. *Stowarzyszenie Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu. Roczniki Naukowe*. 18(1). 84-89.
14. Kościk B., Kowalczyk-Juśko A., Kościk K. 2009. Wstępna analiza potencjału biomasy możliwej do wykorzystania na cele energetyczne w województwie lubelskim. *Urząd Marszałkowski w Lublinie*.
15. Kozakiewicz J., Nieściór E. 1984. *Słoma i sposoby jej użytkowania w gospodarstwach rolniczych*. IUNG Puławy. 1-18.
16. Kwaśniewski D. 2008. Ocena produkcji i potencjalnych możliwości wykorzystania słomy do celów grzewczych na przykładzie powiatu żywieckiego. *Inżynieria Rolnicza*. 6(104). 113-119.
17. Lewandowski W.M. 2006. *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. Wydawnictwo WNT Warszawa.
18. Maćkowiak C. 1997. Bilans substancji organicznej w glebach Polski. *Biuletyn Informacyjny IUNG Puławy*. 4. 4-5.
19. Majewski E., Wojtkiewicz M., Zabrzewska W. 1983. *Ćwiczenia z organizacji i ekonomiki gospodarstw rolniczych – zbiór danych liczbowych*. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa.
20. Marks-Bielska R., Bielski S., Novikova A., Romaneckas K. 2019. Straw stocks as a source of renewable energy. A case study of a district in Poland. *Sustainability*. 11(4714). doi.org/10.3390/su11174714.
21. Singh J. 2016. Identifying an economic power production system based on agricultural straw on regional basis in India. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*. 60. 1140-1155. doi.org/10.1016/j.rser.2016.02.002.
22. Weiser C., Zeller V., Reinicke F., Wagner B., Majer S., Vetter A., Thraen D. 2014. Integrated assessment of sustainable cereal straw potential and different straw-based

ASSESSMENT OF STRAW USE FOR ENERGY PURPOSES IN SELECTED FARMS

Summary

This article assesses the biological, technical, energy, environmental and economic potential of straw on farms in Leżajsk Municipality, Podkarpackie Voivodeship, Poland. The analysis included selected farms of non-livestock, crop-only, and crop and livestock production types. The research shows that farms with a vegetable and animal production (average 513.0 and 471.7 t.ha⁻¹) had a higher biological and technical potential of straw than non-livestock farms (average 344.4 and 321.6 t.ha⁻¹). The energy potential of straw on the farms examined was 47,598.0 GJ and varied between 1,618.5 and 11,979.0 GJ, and was 31.8% higher on farms with both vegetable and animal production than on farms only. Switching from traditional fuel (coal) to straw can reduce CO₂ emissions on the farms studied by 4,336.7 tons. For all farms (except farm No. 8) the investment in the purchase of a biomass boiler, financed by the sale of surplus straw left after its use for energy purposes, is profitable.

Key words: farm, straw, production, energy potential

