

Agnieszka Ludwicka, Anna Grzybek
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach
Oddział w Warszawie

BILANS BIOMASY ROLNEJ (SŁOMY) NA POTRZEBY ENERGETYKI

Streszczenie

Jednym z celów strategicznych Polski jest zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych w finalnym zużyciu energii, co najmniej do 15% w 2020 r. (Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku). Polska energetyka systemowa jest zobligowana do wykorzystywania biomasy rolnej w procesie produkcji energii. Celem niniejszej pracy jest określenie bilansu biomasy rolnej, która może być przeznaczona do energetycznego wykorzystania. Na podstawie przyjętych założeń oszacowano nadwyżkę słomy produkowanej w Polsce. Obliczono, że w ciągu ostatnich trzech lat nadwyżka zwiększyła się z ok. 1,3 mln t w 2007 r. do 2,6 mln t w 2009 r.

Słowa kluczowe: biomasa rolna, bilans biomasy, słoma

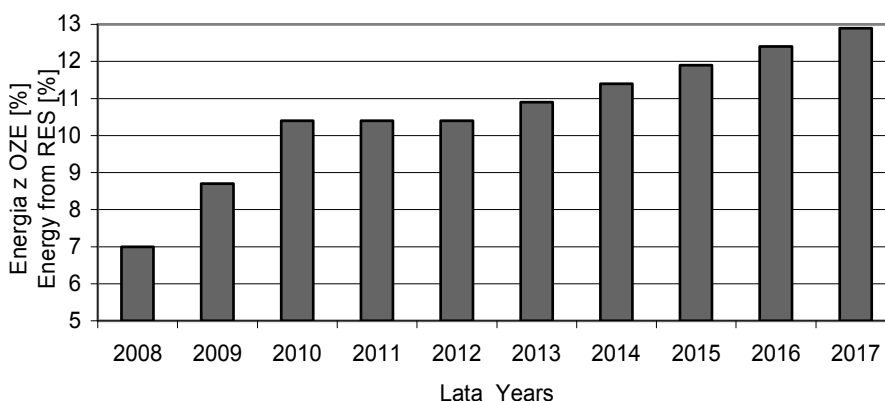
Wstęp

Zgodnie z dokumentem „Polityka Energetyczna Polski do 2030 roku”, przyjętym przez Radę Ministrów w listopadzie 2009 r., jednym z głównych kierunków działań w zakresie energetyki jest rozwój wykorzystania odnawialnych źródeł energii, w tym biopaliw. Planuje się, że w 2020 r. w Polsce co najmniej 15% energii w zużyciu końcowym będzie pochodziło z odnawialnych źródeł energii (OZE). Polityka państwa jest również ukierunkowana na rozwój energetyki rozproszonej, wykorzystującej lokalnie dostępne surowce. Spośród takich surowców biomasa stanowi atrakcyjny nośnik energetyczny.

Podstawowym dokumentem w polskim ustawodawstwie dotyczącym zagadnień związanych z energetyką, w tym energetyką odnawialną, jest ustawa z 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne (wielokrotnie nowelizowana) wraz z rozporządzeniami wykonawczymi. Obecnie obowiązujące rozporządzenie „w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycz-

Praca wykonana w ramach realizacji projektu pt.: Opracowanie metod przygotowania biomasy rolnej do energetycznego wykorzystania.

nej wytworzonej w odnawialnym źródle energii” z 14 sierpnia 2008 r. zawiera dane dotyczące ilościowego udziału energii elektrycznej z OZE, które przedsiębiorstwa energetyczne muszą przedstawić prezesowi Urzędu Regulacji Energetyki (URE), w postaci świadectw pochodzenia. Udział energii elektrycznej sprzedanej odbiorcom końcowym, poświadczony świadectwami pochodzenia ma się stopniowo zwiększać (rys. 1).



Źródło: wyniki własne. Source: own results.

Rys. 1. Procentowy udział energii z OZE w latach 2008–2017 na podstawie Rozporządzenia z 14 sierpnia 2008 r.

Fig. 1. Percentage share of energy from RES within 2008–2017 on the basis of Order on 14 August, 2008

Energia elektryczna, wytwarzana w wyniku współspalania biomasy lub biogazu z innymi paliwami, zalicza się do energii produkowanej z OZE tylko w tej części, która odpowiada udziałowi energii chemicznej biomasy lub biogazu, w energii chemicznej paliwa wykorzystywanego do wytworzenia tej energii. Jednak pod warunkiem, że w łącznej masie biomasy dostarczanej do procesu spalania, wagowy udział biomasy pochodzącej z celowych upraw energetycznych lub odpadów i pozostałości z produkcji rolnej i przemysłu przetwarzającego jej produkty, a także części pozostałych odpadów ulegających biodegradacji z wyłączeniem odpadów i pozostałości z produkcji leśnej oraz przemysłu przetwarzającego jej produkty, wynosi:

- 25% w 2010 r., natomiast 100% w 2015 r. w źródłach o mocy powyżej 5 MW współpalających biomasę lub biogaz z innymi paliwami,
- 20% w 2010 r., 40% w 2015 r. i 60% w 2017 r. w źródłach o mocy powyżej 20 MW pracujących w układzie hybrydowym i źródłach o mocy powyżej 20 MW spalających wyłącznie biomasę.

Biomasę rolną można używać na cele energetyczne w procesach bezpośredniego spalania biopaliw stałych (np. drewno, słoma), przetwarzać na paliwa ciekłe (np. estry oleju rzepakowego, alkohol) lub gazowe (np. biogaz rolniczy). Jednak w porównaniu z innymi powszechnie stosowanymi surowcami

energetycznymi, biomasę jest trudniej wykorzystać, ponieważ stanowi ona materiał niejednorodny o niskiej wartości energetycznej w odniesieniu do jednostki objętości.

Cel i zakres pracy

Z przepisów prawnych wynika, że polska energetyka jest zobligowana do wykorzystywania biomasy w procesie produkcji energii, w tym biomasy rolnej. Celem niniejszej pracy jest określenie bilansu biomasy rolnej, którą można przeznaczyć do celów energetycznych. Analizując dane, skoncentrowano się na oszacowaniu zasobów słomy roślin zbożowych i rzepaku w Polsce.

Materiały i metoda

Do badań wykorzystano dane zebrane w latach 2007–2009 przez Główny Urząd Statystyczny. Oszacowane zasoby biomasy podano w ujęciu wojewódzkim. Przyjęto założenie, że słoma przede wszystkim ma pokryć zapotrzebowanie produkcji zwierzęcej (ściółka i pasza), należy ją również przeznaczyć na cele nawozowe (przyoranie), aby utrzymać zrównoważony bilans glebowej substancji organicznej. Określono możliwą do wykorzystania ilość biomasy posługując się zależnością przedstawioną w postaci równania:

$$N = P - (Z_s + Z_p + Z_n)$$

gdzie:

N – nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania [t],

P – produkcja słomy z zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku [t],

Z_s – zapotrzebowanie słomy na ściółkę [t],

Z_p – zapotrzebowanie słomy na pasze [t],

Z_n – zapotrzebowanie słomy na przyoranie [t].

W celu wyznaczenia poziomu produkcji słomy zastosowano wskaźniki określające stosunek plonu słomy do plonu ziarna w zależności od gatunku rośliny. Wskaźniki te przyjęto na podstawie literatury i podano w tabeli 1.

Plon słomy roślin zbożowych obliczono, stosując uśredniony wskaźnik stosunku plonu słomy do plonu ziarna dla różnych gatunków roślin. Wskaźnik ten otrzymano, wykorzystując dane zawarte w tabeli 1. Jednak na podstawie własnych badań został on pomniejszony o ok. 40% i do obliczeń przyjęto wskaźnik w wysokości 0,57. W obliczeniach uwzględniono zapotrzebowanie na słomę w produkcji zwierzęcej. Przyjęto, że średnie zapotrzebowanie na słomę na cele paszowe i ściółkę dla bydła wynosi $0,6 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$, natomiast dla trzody chlewnej $0,28 \text{ t} \cdot \text{rok}^{-1}$.

Rolnicy również chętnie wykorzystują słomę jako nawóz organiczny, w celu utrzymania zrównoważonego bilansu substancji organicznej w glebie. Na podstawie własnych badań założono, że na przyoranie przeznaczają się ok. 20%

Tabela 1. Wskaźniki stosunku plonu słomy do plonu ziarna
Table 1. Indices of straw yield to grain yield relation

Roślina Plant	Stosunek plonu słomy do plonu ziarna Straw yield to grain yield relation
Pszenica ozima Winter wheat	0,46 ¹
Pszenica jara Spring wheat	0,46 ¹
Żyto Rye	1,45 ³
Jęczmień ozimy Winter barley	0,70 ³
Jęczmień jary Spring barley	0,78 ³
Pszenżyto ozime Winter triticales	1,13 ³
Pszenżyto jare Spring triticales	1,18 ^x
Owies Oats	1,05 ³
Mieszanka zbożowa Cereal mixture	1,10 ^x
Rzepak Rape	1,00 ²

^x przyjęto dla mieszanki zbożowej o stosunku ilości owsa do pszenżyta 60 : 40.

^x assumed for the cereal mixture of quantitative oats to triticales ratio 60 : 40.

Źródło: ¹ [Denisiuk 2008], ² [Grzybek i in. 2001], ³ [Harasim 1994]. Source: ¹ [Denisiuk 2008], ² [Grzybek et al. 2001], ³ [Harasim 1994].

słomy. W rolnictwie jest ona surowcem stosowanym również do innych celów, np. do produkcji pieczarek lub materiałów izolacyjnych. Przyjęto zatem, że 25% pozyskiwanej słomy jest wykorzystywane w rolnictwie.

Wyniki badań

W latach 2000–2009 powierzchnia użytków rolnych (UR) w Polsce zmniejszała się i wynosiła: w 2000 r. – 17 812 tys. ha, w 2005 r. – 15 906 tys. ha, w 2007 r. – 16 177 tys. ha, w 2008 r. – 16 154 tys. ha, w 2009 r. – 16 119 tys. ha.

W 2000 r. zboża stanowiły 71% struktury zasiewów, a w 2005 r. – 74,4% zasiewów. W 2007 r. pod zasiewami zbóż było 8 348 tys. ha, (72,9%), natomiast w 2008 r. 8 604 tys. ha (74%). W 2009 r. zboża uprawiano na powierzchni 8 582 tys. ha, co stanowiło 73,9% struktury zasiewów.

W 2000 r. rzepak i rzepik uprawiano na 437 tys. ha (3,5%), a w 2005 r. na 550 tys. ha (4,9%). Uprawy rzepaku obejmowały w 2007 r. prawie 797 tys. ha, co stanowiło 7% w strukturze zasiewów, natomiast w 2008 r. 771 tys. ha (6,6%). W 2009 r. rzepak i rzepik został wysiany na powierzchni prawie 810 tys. ha. Od 2000 r. widać tendencję wzrostową, jednak w 2008 r. wysiano mniej rzepaku niż w roku poprzednim. Informacje dotyczące upraw roślin zbożowych i rzepaku zebrano w tabeli 2.

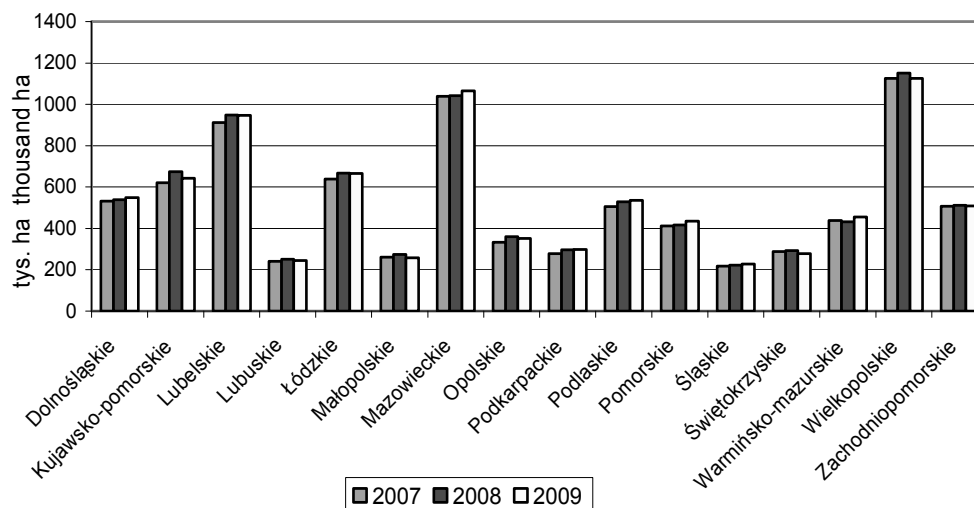
Powierzchnię zasiewów roślin zbożowych oraz rzepaku i rzepiku w podziale na województwa w latach 2007–2009 przedstawiono na rysunkach 2 i 3.

Ilość pozyskiwanej słomy zależy od wielkości areálu uprawy, uzyskanych plonów i gatunku rośliny. Dużą rolę odgrywają również warunki atmosferyczne.

Tabela 2. Informacje dotyczące upraw roślin zbożowych i rzepaku
Table 2. Information concerning cultivation of the cereal plants and rape

Wyszczególnienie Specification	Lata Years				
	2000	2005	2007	2008	2009
Powierzchnia użytków rolnych [ha] Area of agricultural land [ha]	17 812 300	15 906 000	16 177 100	16 154 300	16 119 600
Powierzchnia zasiewów zbóż [ha] Area of cropping the cereals [ha]	8 814 000	8 329 000	8 348 094	8 604 384	8 582 614
Powierzchnia zasiewów rzepaku [ha] Area of cropping rape [ha]	437 000	550 000	796 752	771 066	809 971
Udział procentowy zbóż w powierzchni UR [%] Percentage of cereals in the area of agricultural land [%]	49,48	52,36	51,6	53,26	53,24
Udział procentowy rzepaku w powierzchni UR [%] Percentage of rape in the area of agricultural land [%]	2,45	3,45	4,93	4,77	5,02

Źródło: Użytkowanie... [2009]. Source: Użytkowanie... [2009].

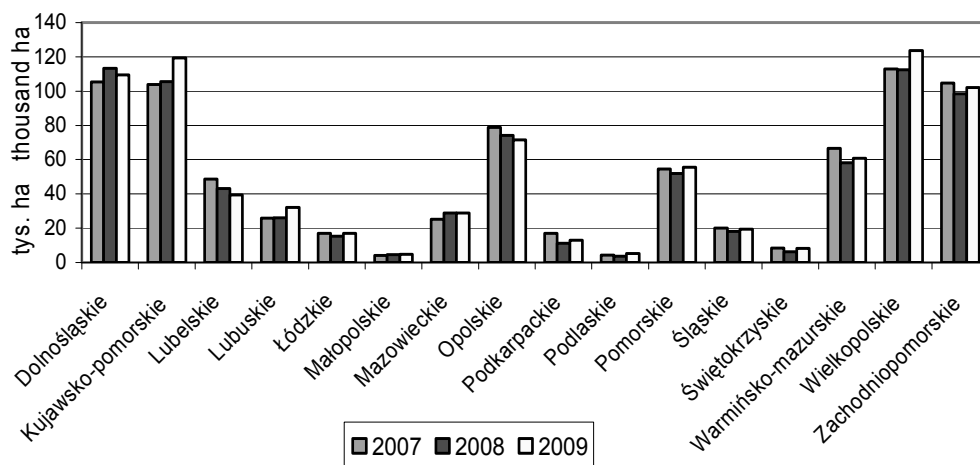


Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS. Source: own elaboration based on GUS data.

Rys. 2. Powierzchnia zasiewów roślin zbożowych według województw
Fig. 2. Area of cropping cereal plants in particular provinces

Plony słomy roślin zbożowych i rzepaku można oszacować na podstawie informacji o powierzchni zasiewów i plonie ziarna.

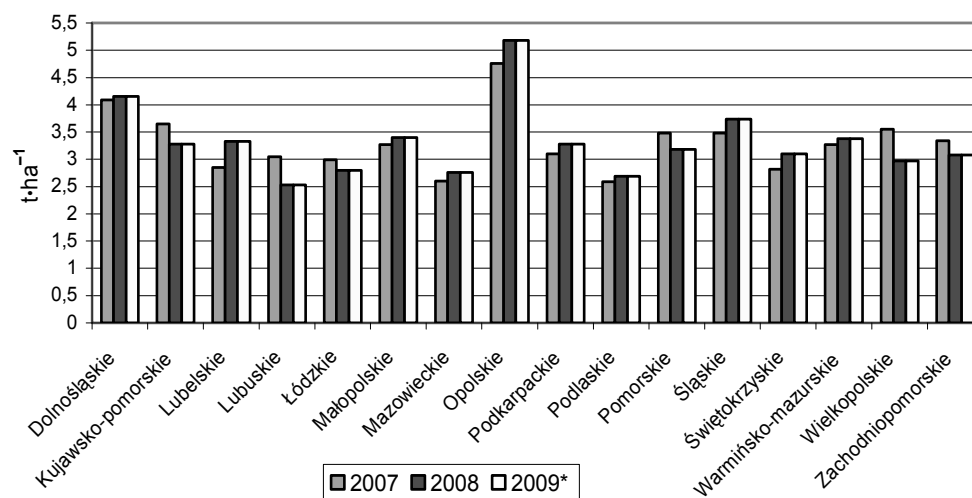
Średni plon ziarna zbóż w ujęciu krajowym w ostatnich trzech latach, utrzymywał się na poziomie 3,3 t·ha⁻¹. Zmiany w plonowaniu roślin zbożowych przed-



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych GUS. Source: own elaboration based on GUS data.

Rys. 3. Powierzchnia zasiewów rzepaku i rzepiku według województw
 Fig. 3. Area of cropping rape and agrimony (Agrimonia) in particular provinces

stawiono graficznie na rysunku 4. Średni plon ziarna rzepaku i rzepiku w Polsce zwiększył się z $2,59 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2007 r. do $2,66 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$ w 2008 r. Zmiany w plonowaniu rzepaku przedstawiono na rysunku 5. Średni plon ziarna zbóż w ujęciu krajowym w ostatnich trzech latach, utrzymywał się na poziomie $3,3 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

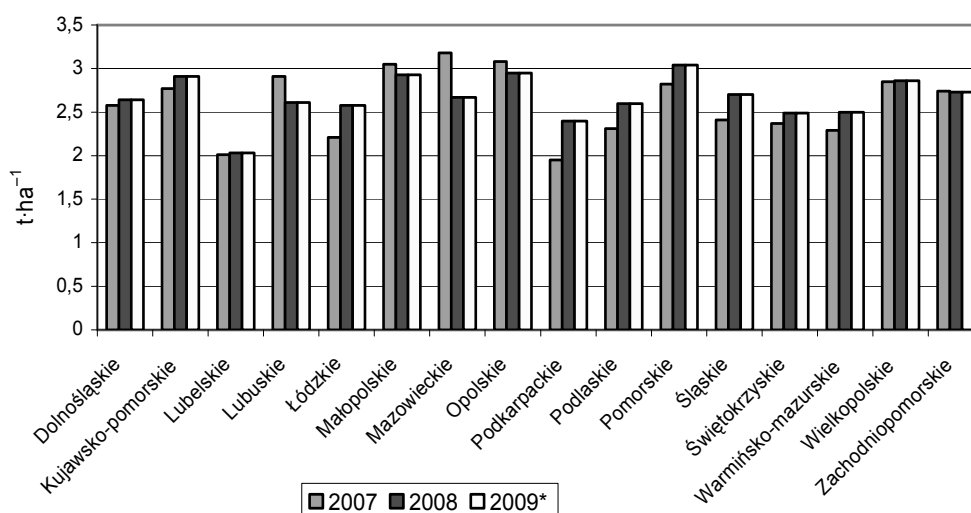


*) Przyjęto jak dla 2008 r., brak oficjalnych danych GUS o plonach w 2009 r.

*) Accepted data for 2008; lack of official GUS data on the yields in 2009.

Źródło: Produkcja... [2009]. Source: Produkcja... [2009].

Rys. 4. Plon ziarna roślin zbożowych
 Fig. 4. Grain yields of the cereal plants



*) Przyjęto jak dla 2008 r., nie ma oficjalnych danych GUS o plonach w 2009 r.

*) Accepted data for 2008; lack of official GUS data on the yields in 2009.

Źródło: Produkcja... [2009]. Source: Produkcja... [2009].

Rys. 5. Plon ziarna rzepaku

Fig. 5. Yield of the rape seeds

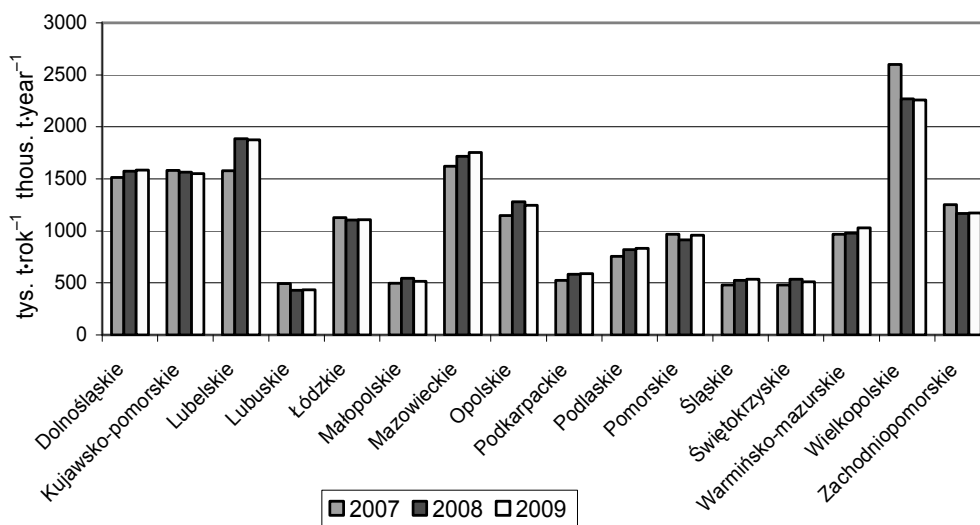
Na podstawie zebranych i przedstawionych danych oszacowano wielkość zbioru słomy zbożowej i rzepakowej. Plon słomy wzrastał, co jest związane ze zwiększeniem się powierzchni zasiewów zbóż i rzepaku, przy jednoczesnym większym plonowaniu rzepaku. W 2009 r. powierzchnia zasiewów była większa o prawie 250 tys. ha w porównaniu ze stanem w 2007 r. Zmiany plonu słomy w czasie w ujęciu regionalnym zobrazowano na rysunku 6.

Aby ocenić możliwości wykorzystania słomy na cele energetyczne, należy ilość zebranej biomasy pomniejszyć o jej wykorzystanie w rolnictwie. Słoma jest przeznaczana głównie na cele produkcji zwierzęcej, jako pasza i materiał ściółkowy. Pogłowie bydła w ostatnich trzech latach utrzymywało się na podobnym poziomie – ok. 5,7 mln szt. w ciągu roku. Natomiast pogłowie trzody chlewnej systematycznie maleje: w 2009 r. było mniejsze o 3,8 mln szt. niż w 2007 r. Łączne, szacowane zapotrzebowanie na słomę w produkcji zwierzęcej w 2007 r. wyniosło ponad 11,9 mln t, w 2008 r. – ponad 11,2 mln t, a w 2009 r. – 10,8 mln t.

Przeprowadzona analiza wykazała, że zmniejsza się zapotrzebowanie na słomę do celów produkcji zwierzęcej, co jest spowodowane malejącym pogłowiem zwierząt. Szacowane zapotrzebowanie na słomę w rolnictwie w latach 2007–2009 kształtuje się na poziomie 4,4–4,5 mln t.

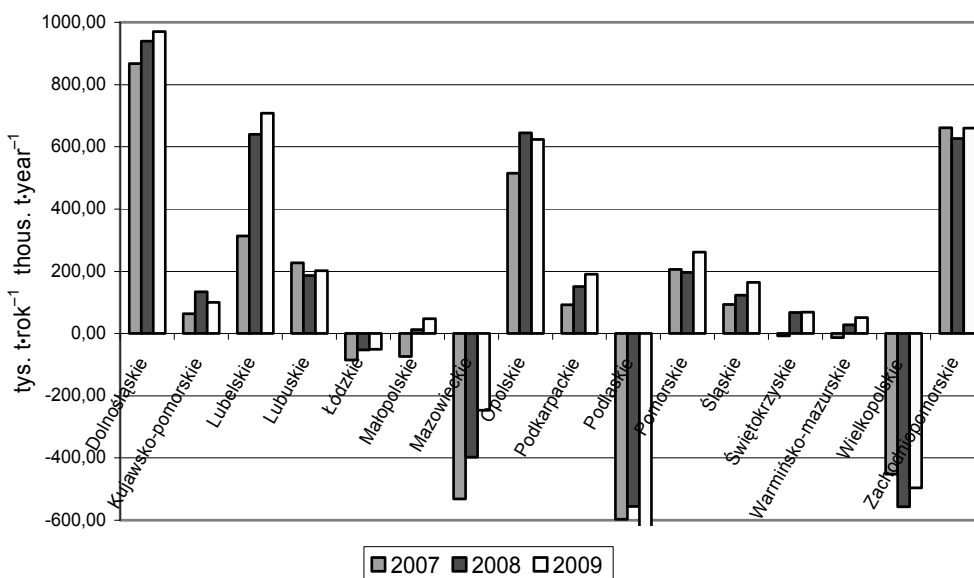
Na podstawie przytoczonych danych ustalono wielkość i nadwyżki słomy, która mogłaby być przeznaczona na cele energetyczne. W ostatnich trzech

latach, w Polsce, nadwyżka słomy zwiększyła się z ok. 1,3 mln t, w 2007 r. do 2,6 mln t w 2009 r. Wyniki analizy przedstawiono na rysunku 7.



Źródło: wyniki własne. Source: own results.

Rys. 6. Oszacowane plony słomy według województw
Rys. 6. Estimated yields of straw in particular provinces



Źródło: wyniki własne. Source: own results.

Rys. 7. Nadwyżka słomy do energetycznego wykorzystania
Fig. 7. Surplus of the straw to energetic use

Zapotrzebowanie energetyki na biomasę rolną

Energia elektryczna wytworzona z OZE stanowiła 2,8% w 2006 r., 3,5% w 2007 r. oraz 4,2% w 2008 r. krajowego zużycia energii elektrycznej brutto. W latach 2006–2008 zwiększył się udział energii elektrycznej wytworzonej z biomasy stałej: w 2006 r. – 42,7%, w 2007 r. – 43,5%, w 2008 r. – 49,7%, w łącznej produkcji energii elektrycznej z OZE [Energia...2009]. Dane dotyczące wykorzystania biomasy na cele energetyczne zebrano w tabeli 3.

Tabela 3. Energetyczne wykorzystanie biomasy w Polsce
Table 3. Using of biomass for energy purposes in Poland

Wyszczególnienie Specification	Lata Years	
	2007	2008
Zużycie biomasy stałej na potrzeby energetyki [TJ] Consumption of stable biomass for energy purposes [TJ]		
Elektrownie/elektrociepłownie zawodowe Professional electric and thermoelectric power stations	17 471	30 428
Ciepłownie zawodowe Professional heat generating plants	1 529	1 897
Elektrociepłownie/elektrownie przemysłowe Industrial electric and thermoelectric power stations	6 266	5 726
Ciepłownie przemysłowe Industrial heat generating plants	168	200
Razem Total	25 434	38 251
Produkcja energii elektrycznej z biomasy [GWh] Generation of electric energy from biomass [GWh]		
Elektrociepłownie zawodowe Professional thermoelectric power stations	1 635,2	2 690,2
w tym współpalanie co-combustion in it	1 635,2	2 685,2
Elektrociepłownie przemysłowe Industrial thermo-electric power stations	725,1	509,6
w tym współpalanie co-combustion in it	491,0	278,1
Produkcja ciepła z biomasy [TJ] Generation of heat from biomass [TJ]		
Elektrociepłownie zawodowe Professional thermoelectric power stations	2 153	3 318
Ciepłownie zawodowe Professional heat generating plants	1 201	1 534
Elektrociepłownie przemysłowe Industrial thermo-electric power stations	503	633
Ciepłownie przemysłowe Industrial heat generating plants	109	118

Źródło: Energia... [2009]. Source: Energia... [2009].

Na podstawie badań własnych określono udział biomasy rolnej w biomasie wykorzystywanej w procesie energetycznego wykorzystania na poziomie 5%. Zakładając, że średnia wartość opałowa biomasy wynosi $10 \text{ GJ}\cdot\text{t}^{-1}$, w 2008 r. wykorzystano 3,8 mln t biomasy, a biomasa rolna stanowiła 190 tys. t.

Wnioski

1. Na podstawie zestawienia danych określających wielkość plonu słomy oraz zapotrzebowania na słomę do produkcji zwierzęcej i roślinnej w 2007 r. wynika, że jedynie kilka województw dysponowało nadwyżkami słomy, która mogłaby być przeznaczona na cele energetyczne. Łączna szacowana nadwyżka słomy w 2007 r. w skali kraju wyniosła 1,28 mln t.

2. W 2008 r. nastąpił wzrost nadwyżek i zmniejszenie niedoborów słomy do energetycznego wykorzystania. Łączne szacowane nadwyżki słomy w Polsce wyniosły 2,19 mln t.
3. W 2009 r. stwierdzono dalszy wzrost nadwyżek i zmniejszenie niedoborów słomy w poszczególnych województwach. Łączne szacowane nadwyżki słomy w Polsce wyniosły 2,6 mln t.
4. Największe nadwyżki słomy występują w województwach: dolnośląskim, lubelskim, opolskim i zachodniopomorskim, a niedobory w województwach: mazowieckim, podlaskim i wielkopolskim.
5. Obecnie słoma jest jednym z podstawowych rodzajów biomasy pochodzącej z produkcji rolnej. Stanowi surowiec wykorzystywany w energetyce lokalnej i systemowej, a także w gospodarstwach indywidualnych. Jednak wykorzystanie słomy w gospodarstwach rolnych do celów energetycznych nie stało się powszechną praktyką. Zastosowanie słomy w energetyce systemowej wymaga, z uwagi na małą koncentrację energii w słomie, przetwarzania jej do form kompaktowych (pelety, brykiety), co zwiększa cenę słomy jako surowca energetycznego.

Bibliografia

Denisiuk W. 2008. Słoma – potencjał masy i energii. Inżynieria Rolnicza. Nr 2(100), s. 23–30

Energia ze źródeł odnawialnych w 2008 r. 2009. GUS. Warszawa

Grzybek A. i in. 2001. Słoma – energetyczne paliwo. Wyd. Wieś Jutra, s. 1–65

Harasim A. 1994. Relacja między plonem słomy i ziarna zbóż. Pamiętnik Puławski. Z. 104, ss. 56

Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2008 r. 2009. GUS. Warszawa

Rozporządzenie Ministra Gospodarki z dnia 14 sierpnia 2008 r. w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii. Dz.U. 2008 nr 156 poz. 969

Ustawa z dnia 10 kwietnia 1997 r. Prawo energetyczne. Dz.U. 1997 nr 54 poz. 348 z późniejszymi zmianami

Użytkowanie gruntów, powierzchnia zasiewów i pogłowie zwierząt gospodarskich. 2009. GUS. Warszawa

**BALANCE OF THE AGRICULTURAL BIOMASS (STRAW)
FOR ENERGY PURPOSES**

Summary

One of the strategic purposes of Poland is to increase the share of energy from renewable sources in total energy consumption at least to 15% in 2020 (Energetic Policy of Poland until 2030). Polish systemic energetics has been obliged to use the agricultural biomass in process of energy generation. The study undertaken aimed at evaluating the balance of agricultural biomass which may be provided for energetic usage. On the basis of assumed rules, the surplus of straw produced in Poland was estimated. It was calculated that during last three years this surplus increased from about 1.3 million ton in 2007, up to 2.6 million ton in 2009.

Key words: agricultural biomass, balance of biomass, straw, renewable energy sources (RES)

Praca wpłynęła do Redakcji 24.02.2010 r.

*Recenzenci: prof. dr hab. Andrzej Chochowski
prof. dr hab. Jan Pabis*

Adres do korespondencji:
mgr inż. Agnieszka Ludwicka
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy
Oddział w Warszawie
ul. Rakowiecka 32, 02-532 Warszawa
tel. 22 542-11-36; e-mail: ludwicka@ibmer.waw.pl

