

SŁOMA – POTENCJAŁ MASY I ENERGII

Wiesław Denisiuk

„EKOLOG” Zakład Energetyki Ciepłej i Usług Bytowych w Zielonkach

Streszczenie. W pracy zawarta jest ocena parametrów potencjału masy i energii słomy pozyskanej na polach Pojezierza Iławskiego. Wstępnie potencjał masy i energii odniesiony do powierzchni pola wyznaczono przy pomocy wskaźnika stosunku plonu ziarna do plonu słomy, który w literaturze [Wiśniewski 2000] podawany jest $z:s = 1:1,3$. Tymczasem, jak wykazały dziesięcioletnie badania przeprowadzone na polach Pojezierza Iławskiego wskaźnik ten wynosi średnio $z:s=1:0,46$. Pokazane zostały także zależności parametrów energetycznych słomy tj potencjału masy i energii od rodzaju kombajnu użytego do omłotu ziarna zbóż.

Słowa kluczowe: biomasa, ciepło spalania, wartość opałowa, potencjał masy

Wstęp

Już trywialną staje się teza, że zasoby paliw kopalnych są ograniczone, a dla Europy nie sprawa wyżywienia (UE to problem nadprodukcji żywności), a sprawa bezpieczeństwa energetycznego jest problemem najwyższej rangi [Buzek 2007]. Przed Europą staje zadanie rozwiązania w przeciągu kilkunastu lat rosnącego niedoboru ropy i gazu poprzez zastąpienie ich innymi źródłami energii. Wg Buzka [2007] źródłami tymi w kolejności powinny być Odnawialne Źródła Energii, węgiel przetwarzany do postaci płynnej lub gazowej pod ziemią i energia jądrowa poprzez rozszczepienie lub syntezę jądrową (sztuczne słońce). Natomiast polskie uwarunkowania to problem wymiany w przeciągu najbliższych piętnastu lat 50% zużytych bloków energetycznych lub zakup energii elektrycznej z zewnątrz co wg Buzka [2007] jest nie możliwe z powodu braku odpowiednich do tego zadania sieci przesyłowych. Dlatego należy rozwijać lokalną energetykę, w którą wpisują się OZE a zwłaszcza biomasa. W warunkach Polski stanowi ona znaczny potencjał energetyczny i daje szansę dla rolnictwa wejścia na rynek surowców do produkcji energii. Idea przeznaczania części obszarów rolniczych na inne cele niż żywnościowe pozwoli efektywnie zwiększyć zaangażowanie społeczeństwa w produkcję rolniczą i zmniejszy lokalną nadprodukcję żywności. Produkcja rolnicza nieżywnościowa wymaga jednak innej wiedzy i działań [Denisiuk 2006]:

- opanowania technologii uprawy i szeroko pojętej inżynierii produkcji roślinnej i zwierzęcej pod potrzeby energetyki.
- tworzenia układów cywilnoprawnych pomiędzy wytwórcą surowców nieżywnościowych (energetycznych) a przetwórcą tych surowców na energię elektryczną czy energię ciepłą.
- przyjęcia w otoczenie wsi ludności miejskiej z obszaru rzemiosła, usług, przedsiębiorców zdolnych lokalnie zagospodarować wytworzone surowce energetyczne.
- zdolności organizowania się lokalnej społeczności wsi i miast celem samo zaopatrzenia energetycznego.

Sformułowanie problemu

Słoma to dojrzałe lub wysuszone źdźbła roślin [Dunaj 2001]. Przyjęło się używać tego określenia w stosunku do roślin zbóż, roślin strączkowych, lnu i rzepaku. Jako odpad produkcji nasiennej tych roślin ma szerokie zastosowanie w produkcji rolniczej, ogrodniczej, w budownictwie, a ostatnio także w energetyce [Gradziuk 1999]. Podstawowym składnikiem słomy jest włókno surowe. Posiada ona wysoką zawartość suchej masy (ok. 85%), ma wysokie zdolności sorpcyjne.

Najstarszą metodą zagospodarowania słomy było i wciąż jeszcze jest użycie jej jako materiału ściółkowego. Od roku 1977 rejestruje się zmniejszenie zużycia słomy na ściółkę, które spowodowane jest między innymi spadkiem pogłowia zwierząt gospodarskich, w tym bydła o 30% [Kozakiewicz, Niściur 1984; Gradziuk 1995, 1999].

Zastosowanie słomy jako nawozu w glebie w formie obornika lub sieczonej umożliwia powstanie próchnicy, która jest jej formą przemiany biologicznej. Niewiele polskich gleb charakteryzuje się zawartością próchnicy powyżej 2,5% [Krzywy 2000], co wskazywało by na fakt niskiego poziomu żyzności gleby. Ta forma zagospodarowania słomy spotyka się jednak z coraz to mniejszym zainteresowaniem.

Produkcja pasz z udziałem słomy jest jedną z dalszych form jej zagospodarowania [Kozakiewicz i in. 1984]. Znane są także inne sposoby wykorzystania słomy. W rolnictwie stosowana jest ona do zabezpieczenia kopców z ziemniakami, a w przemyśle do produkcji materiałów izolacyjnych dla ogrodnictwa i budownictwa. Obserwowane w ostatnich latach, nagminne wypalanie po żniwach nadwyżek słomy na polu jest zjawiskiem nagannym. Jest niepożądaną formą jej zagospodarowania. Spalanie słomy na polu jest wymierną stratą gospodarczą i powoduje degradację środowiska naturalnego. Wg Gradziuka [1999] nadprodukcja słomy w Polsce w latach 1975-1997, miała tendencję rosnącą, osiągając wg różnych źródeł ok. 20 mln ton, co daje potencjał ok. 237 PJ energii. Oszacowanie tego potencjału masy słomy oparte zostało o dane literaturowe stosunku ziarna do słomy z:s = 1:1,3. Wskaźnik ten odbiega od wyznaczonego w warunkach rzeczywistych, w trakcie dziesięcioletnich badań na obszarze województwa Pomorskiego i Warmińsko Mazurskiego. Badania pokazują, że dla każdego obiektu energetycznego musi być oddzielnie szacowany możliwy do uzyskania potencjał masy słomy.

Słoma jako paliwo, jej budowa jest podstawową przyczyną różniącą ją jako nośnik energii od węgla, oleju czy gazu. Przestrzenno – rurkowa budowa źdźbła słomy powoduje, że jest to materiał objętościowy, którego struktura charakteryzuje się nadmiarem powietrza. W okresie wegetacji źdźbło rosnącego zboża na powierzchni pokryte jest związkami tlenu krzemu, chlorków fosforu, potasu i azotu [Heinz i in. 2001]. Związki te mają zadanie usztywnienia źdźbła słomy i zabezpieczenia go przed wpływem zewnętrznych czynników atmosferycznych [Nikolaisen 1998]. Ten fakt stwarza określone problemy w trakcie energetycznego wykorzystania słomy. Chodzi o sposób i miejsce podawania powietrza w kotle w trakcie spalania, prowadzenie temperatury ognia w kontekście tworzenia się dioksyn i korozyjnego oddziaływania związków azotu na wewnętrzną konstrukcję kotła. Skład chemiczny słomy, na który wpływ mają warunki glebowe, klimatyczne i działania człowieka [Kucińska 1999; Krzywy 2000], ma duży wpływ na proces energetycznego wykorzystania słomy. Zalecana technologiczna wilgotność słomy energetycznej waha się w granicach 10-20% [Hansen 1996].

Stworzenie zaplecza surowcowego opartego na słomie dla projektowanej ciepłowni wymaga precyzyjnego oszacowania potencjału masy słomy niezbędnej dla uzyskania komfortu cieplnego u odbiorcy ciepła. Należy zatem odpowiedzieć na pytanie ile ton słomy musimy rocznie zabezpieczyć dla projektowanej czy istniejącej ciepłowni i z jakiej powierzchni.

Cel pracy

Celem pracy jest określenie potencjału masy i energii słomy w odniesieniu do powierzchni pola, umożliwiające wyliczenie pokrycia potrzeb na słomę opałową dla ciepłowni oraz wyznaczenie zależności potencjału masy słomy od rodzaju zastosowanego kombajnu do zbioru zboża.

Przedmiot badań i metodyka

Przedmiotem badań jest słoma pszenna o technologicznej zawartości wody 10÷20% wody, zbierana w wybranych gospodarstwach Pojezierza Iławskiego. Słoma zbierana była przy pomocy zestawu maszyn umożliwiających zagęszczenie słomy do wielkogabarytowych kostek o wymiarach 1,20,82,5 m. Do załadunku i rozładunku słomy użyto samobieżny ładowacz JCB 252-67 i ładowacz czołowy TUR-5 szt 2. Transport słomy zabezpieczały dwa ciągniki C-1634/1204/ i cztery platformy niskopodwoziowe.

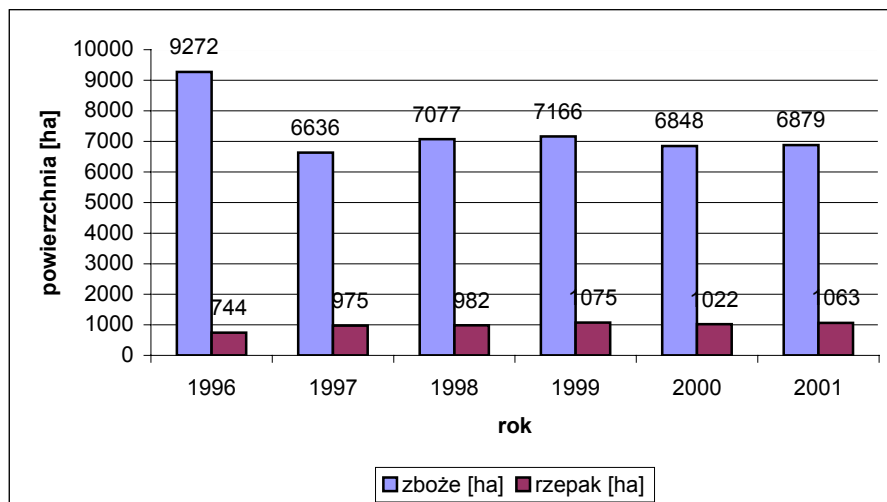
Dla przeprowadzenia obliczeń teoretycznego potencjału słomy znajdującej się w obrębie gminy, w której funkcjonuje ciepłownia opalana słomą, dla gospodarstw indywidualnych w urzędzie gminy uzyskano dane w zakresie struktury zasiewu zbóż i rzepaku. Dane o strukturze zasiewu zbóż i rzepaku gospodarstw po byłych PGR i OHZ tej gminy zebrano w formie ankiet z tych gospodarstw.

W celu przeprowadzenia obliczeń faktycznego potencjału masy słomy zebraną słomę i ziarno pszenicy zwarzono na wadze wozowej pięćdziesięcotonowej.

Wyznaczenie potencjału masy i energii dla słomy opałowej

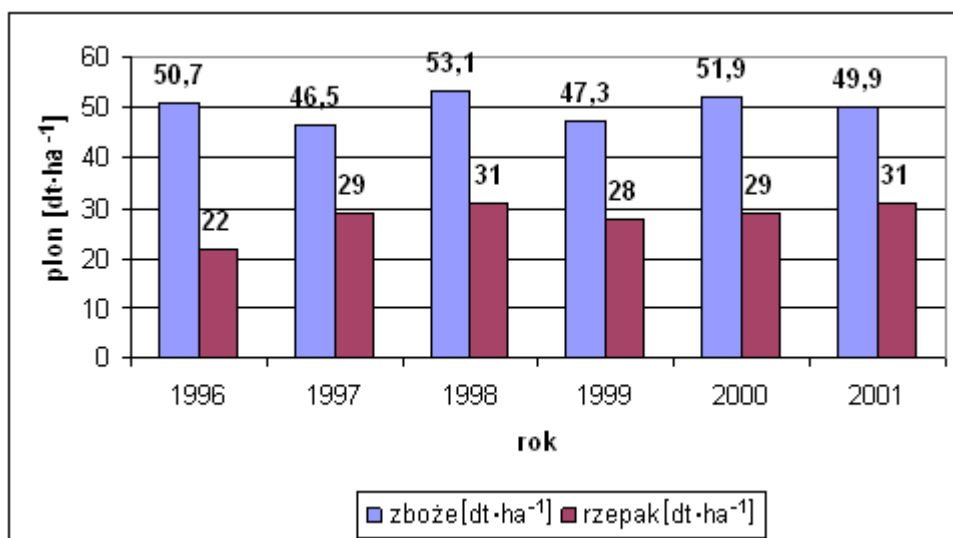
Wyznaczenie potencjału masy i energii słomy opałowej przeprowadzono dla kotłowni osiedlowej o mocy 1 MW w Zielonkach gmina Stary Targ. W tym celu, w związku z lokalizacją ciepłowni przeprowadzona została analiza oszacowania zasiewu zbóż i rzepaku. Jak wynika z danych uzyskanych w Urzędzie Gminy Stary Targ i ankiet powierzchnie zasiewu zbóż i rzepaku wykazują ustabilizowaną od 10 lat strukturę, w której 70% stanowią w/w uprawy. Gmina Stary Targ jest gminą typowo rolniczą, w której gospodarstwa wielkoobszarowe po byłych PGR i OHZ stanowią 52% użytków rolnych gminy. Na ogólną powierzchnię administracyjną tej gminy 14104 ha, powierzchnia użytków rolnych stanowi 11346 ha.

Na rysunku 1 przedstawiono graficznie zmiany obszaru zasiewu zbóż i rzepaku w Gminie Stary Targ w latach 1996÷2001, a na rysunku 2 przedstawiono uzyskane w Gminie Stary Targ plony zbóż i rzepaku w latach 1996-2001.



Źródło: badania własne

Rys. 1. Powierzchnia zasiewu zbóż i rzepaku w Gminie Stary Targ w latach 1996-2001
 Fig. 1. Area under cereal and rape cultivation in the Stary Targ District in the years 1996-2001



Rys. 2. Plony ziarna zbóż i rzepaku w Gminie Stary Targ w latach 1996-2001
 Fig. 2. Cereal seed and rape yields in the Stary Targ District in the years 1996-2001

Jak wynika z analiz powierzchni zasiewu zbóż i rzepaku w badanym okresie były zbliżone do siebie w poszczególnych latach. Przyjmując wstępnie za Wiśniewskim [2000],

parametr stosunku ziarna pszenicy do słomy w wysokości 1:1,3, określono potencjał normatywny wydajności słomy zbóż i rzepaku w tonach na hektar w latach 1996÷2001, który wynosił dla słomy rzepakowej $2,2\div3,4 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, dla słomy zbóż $6,04\div6,90 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, tj razem słomy $8,75\div10,00 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$.

Na podstawie zebranych danych można przyjąć, że przy wskaźniku $z:s=1:1,3$, średnia produkcja słomy w gminie ukształtowała się na poziomie 47 tys. ton rocznie.

Przyjmując do obliczeń za Kowalikiem [1999], a potwierdzoną badaniami własnymi [Denysiuk 2002] uśrednioną wartość opałową słomy świeżej $W_s = 14 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$ i dla słomy szarej $W_{sz} = 17 \text{ MJ}\cdot\text{kg}^{-1}$, wyznaczono dla wskaźnika $z:s=1:1,3$ zapotrzebowanie na słomę dla analizowanej ciepłowni o mocy 1MW w wysokości ok. 600÷650 ton rocznie. Przeprowadzono także obliczenia potencjału energetycznego słomy odniesionego do powierzchni zasiewu pszenicy, który wyniósł dla słomy świeżej ($36,68\div46,48 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$), dla słomy szarej ($43,4\div50,4 \text{ GJ}\cdot\text{ha}^{-1}$).

Przeprowadzone w latach 1997-2007 na terenie województw Pomorskiego i Warmińsko-Mazurskiego pomiary z wybranych pól masy zebranej słomy i ziarna zbóż przy pomocy pięćdziesięciotonowej wagi wozowej pozwoliły określić faktyczny średni stosunek plonu głównego (ziarna) do plonu pomocniczego (słomy) pszenicy. Wynosi on w rzeczywistości $z:s=1:0,46$ w gospodarstwach używających kombajn z tradycyjnym zespołem młocącym i $z:s=1:0,28$ w gospodarstwie JU, używającym kombajn Case. Współczynnik ten różni się znacznie od wartości podanych w literaturze [Wiśniewski 2000].

Na podstawie przeprowadzonych badań i uzyskanego faktycznego średniego wskaźnika $z:s=1:0,46$ wyznaczono rzeczywisty potencjał słomy w gminie, który wynosi 16 tys. ton słomy rocznie, a nie 47 tys. ton. Także i ten potencjał masy słomy w pełni gwarantuje bezpieczeństwo energetyczne kotłowni.

W tabeli 2 przedstawiono, na podstawie zmierzonej masy ziarna i słomy, stosunek plonu głównego (ziarna) i plonu pomocniczego (słomy).

W wyniku dziesięcioletnich badań stwierdzono, że:

- w przypadku słomy zbieranej po kombajnie zbożowym z tradycyjnym zespołem młocącym (bęben i klepisko w układzie poprzecznym do kierunku jazdy kombajnu) stosunek ziarna do słomy ma się od 1:0,36 w roku 2000 do 1:0,67 w roku 1997,
- w przypadku słomy zbieranej za kombajnem CASE z zespołem młocącym ułożonym wzdłużnie do kierunku jazdy, stosunek ziarna do słomy ma się od 1:0,19 w roku 2000 do 1:0,35 w roku 2001.

W trakcie dziesięcioletnich badań uzyskano, w zależności od zastosowanego kombajnu, stosunek $z:s=1:(0,19\div0,67)$. Badania wykazały, że faktyczny eksploatacyjny średni potencjał masy słomy stanowi 35% przy zbiorze kombajnem tradycyjnym i 22% przy zbiorze kombajnem Case, przyjętego do obliczeń ze stosunku $z:s=1:1,3$ przez Wiśniewskiego [2000], potencjału masy słomy.

Roczne zapotrzebowanie na słomę opałową dla obiektu o mocy 1 MW, wynoszące 600 ton, zostało zabezpieczone poprzez umowy długoterminowe z gospodarstwami JU, ZI, PW, KZ i KL. Przy średnim plonie ziarna pszenicy w tych gospodarstwach wynoszącym $5,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$, przy średnim wskaźniku $z:s=1:0,46$ plon słomy wynosi $2,8 \text{ t}\cdot\text{ha}^{-1}$. W związku z tym, rocznie na potrzeby energetyczne, należy przeznaczyć 214,3 ha słomy zbóż i rzepaku.

Tabela 2. Plony słomy i ziarna pszenicy w tonach na hektar oraz stosunek plonu ziarna do słomy w latach 1997–2006

Table 2. Wheat straw and seed yields in tonnes per hectare and the ratio of seed yield to straw yield in the years 1997–2006

Nazwa gospodarstwa **	1997			1998			1999			2000			2001		
	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s
	s	z		s	z		s	z		s	z		s	z	
<i>ZI</i>	2,3	5	1:0,46	2,5	5,7	1:0,43	2,2	5,3	1:0,42	2,01	5,6	1:0,36	2,6	5,2	1:05
<i>JU</i>	3,3	4,9	1:0,67	3,2	6,2	1:0,51	1,6	5,4	1:030*	1,28	6,6	1:0,19*	2,0	5,7	1:0,35*

Nazwa gospodarstwo **	2002			2003			2004			2005			2006		
	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s	[t·ha ⁻¹]		z:s
	z	s		z	s		z	s		z	s		z	s	
<i>PW</i>	6,4	3,0	1:0,44	8,1	4,0	1:0,49	6,9	3,1	1:0,45	6,4	3,4	1:0,53	5,3	2,9	1:0,55
<i>KZ-SZR</i>	6,1	3,2	1:0,52	6,5	3,0	1:0,46	6,4	3,1	1:0,48	6,9	3,3	1:0,47	6,0	2,6	1:0,43
<i>KL-SZR</i>							6,8	3,4	1:0,50	6,2	2,8	1:0,45	6,9	3,2	1:0,46
<i>ZI</i>	5,8	2,5	1:0,43	6,1	2,7	1:0,44	6,0	2,5	1:0,42	6,2	2,6	1:0,42	6,2	3,0	1:0,48

Źródło: badania własne

z - ziarno pszenicy,
s - słoma,
* - zbiór kombajnem CASE
** - symboliczne oznaczenie gospodarstwa

Dla potrzeb energetycznych gospodarstwa te udostępniają średnio co roku do zbioru 13,7% powierzchni zasiewu zbóż i rzepaku. W Danii na cele energetyczne rocznie przeznaczają się 16% powierzchni zasiewu zbóż i rzepaku [Nikolaisen 1998].

Wnioski

1. W celu zagwarantowania bezpieczeństwa energetycznego odbiorcom ciepła, przy projektowaniu ciepłowni opalanych słomą należy bezwzględnie przeprowadzić analizę możliwości jej pozyskania w rejonie projektowania ciepłowni.
2. Jak wykazały dziesięcioletnie badania nie należy do wyliczeń potencjału masy słomy energetycznej przyjmować podawanych w literaturze parametru stosunku ziarna do słomy ponieważ odbiega on zasadniczo od rzeczywistości i np. dla Pojezierza Iławskiego wyniósł z:s=1:0,36 w roku 2000 i odpowiednio 1:0,67 w roku 1997. Potencjał masy

słomy energetycznej ulega dodatkowemu obniżeniu w wyniku zastosowania do zbiory ziarna kombajnów ze wzdłużnym zespołem młocącym.

3. Potencjał energetyczny słomy zależy od rodzaju i jakości słomy. Jak wykazały badania potencjał energetyczny słomy odniesiony do 1 ha dla Pojezierza Iławskiego wyniósł dla słomy świeżej ($36,68 \div 46,48 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$), dla słomy szarej ($43,4 \div 50,4 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$).

Bibliografia

- Buzek J.** 2007. Konsolidacja na rynku usług sieciowych w przededniu uwolnienia rynku energii w UE. VI edycja konferencji naukowo techniczna nt. „Rynek systemów bilingowych dla dystrybutorów energii elektrycznej, gazu, wody i energii cieplnej”. Warszawa. s. 2-3.
- Denisiuk W.** 2002. Możliwości techniczno-technologiczne energetycznego wykorzystania słomy w sektorze żywnościowym. Problemy Techniki Rolniczej i Leśnej. Warszawa. s. 39-40.
- Denisiuk W.** 2006. Produkcja roślinna jako źródło surowców energetycznych. Inżynieria Rolnicza nr 5(80). Kraków s. 123-131.
- Dunaj B.** 2001. Słownik współczesnego języka polskiego. Warszawa. s. 324.
- Gradziuk P.** 1995. Możliwości energetycznego wykorzystania słomy. Postępy Nauk Rolniczych nr 5. s. 31-39.
- Gradziuk P.** 1999. Możliwości wykorzystania surowców pochodzenia rolniczego na cele energetyczne. Roczniki Naukowe Seria. T.1, z.3, s. 233-238.
- Hansen F.** 1996, Program produkcyjny firmy Volund Danstoker. Volund Energy Systems A/S, Esbjerg-Dania.
- Heinz A i in.** 2001. Comparison of moist vs. air-dry biomass provision chains for energy generation from annual crops. Biomass Bioenergy ne 3. s. 197-215.
- Kozakiewicz J., Nieściór E.** 1984. Słoma i sposoby jej użytkowania w gospodarstwach rolniczych. IUNG. Puławy.
- Krzywy E.** 2000. Nawożenie gleb i roślin. Akademia Rolnicza w Szczecinie. Szczecin.
- Kucińska K.** 1999. Słoma jako nawóz. Biuletyn informacyjny DOUPOIT.
- Nikolaisen L.** 1998. Strow for energy production. The Centre for Biomass Technology. Dania. s. 15-18.

STRAW – MASS AND ENERGY POTENTIALS

Abstract. The paper concerns the evaluation of the parameters of mass and energy potentials of straw obtained from the fields of the Iława Lake District. Initially, the mass and energy potentials, related to the field area, were determined using the index defining the seed yield to straw yield ratio, which in the literature [Wiśniewski 2000] is given as $z:s=1:1.3$. However, as the ten-year studies carried out in the fields of the Iława Lake District have shown, this index averages $z:s=1:0.46$. The relationships between energy parameters of straw, i.e. mass and energy potentials, and type of combine used for threshing corn have been shown as well.

Key words: biomass, heat of combustion, calorific value, mass potential

Adres do korespondencji:

Wiesław Denisiuk; e-mail: biuro.ekologzec@neostrad.pl; ekologzec@neostrada.pl
Zakład Energetyki Ciepłej i Usług Bytowych w Zielonkach
82-410 Stary Targ
Zielonki 1i/5