

# **Rośliny energetyczne – produktywność oraz aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny ich wykorzystania jako ekobiopaliwa**

**Stanisław Jeżowski**

*Instytut Genetyki Roślin PAN*

*ul. Strzeszyńska 340, 60-479 Poznań*

*e-mail: AJez@igr.poznan.pl*

**Słowa kluczowe:** biomasa, C-3 i C-4 rośliny, ekobiopaliwo, produktywność roślin energetycznych

## **Wprowadzenie**

---

Zrównoważona ze środowiskiem naturalnym gospodarka energetyczna powinna w przyszłości zrezygnować z takich surowców kopalnianych, jak: węgiel, ropa naftowa czy uran. Surowce te mogą być z powodzeniem zastąpione na przykład. zależną od Księżyca energią pływów morskich oraz wszelkimi formami energii słonecznej, takimi jak: ogniwa słoneczne, systemy słoneczno-termalne, wiatr, woda i biomasa, a tym samym związane z nią tzw. rośliny energetyczne. We wcześniejszej pracy Jeżowskiego [16], dotyczącej zagadnienia roślin energetycznych, dokonano przede wszystkim ogólnej charakterystyki tych roślin. Natomiast praca niniejsza ma na celu zaprezentowanie listy potencjalnych roślin energetycznych, ich produktywności pod względem takich nośników energetycznych, jak: olej, alkohol czy sucha masa. W pracy będą zawarte również najważniejsze aspekty logistyki zbioru biomasy, a także skutki ekonomiczno-środowiskowo-socjalne jej użycia jako ekobiopaliwa.

## **Potencjalne rośliny energetyczne**

---

Uprawy energetyczne to inaczej uprawy roślin przeznaczonych na produkcję stałych, płynnych lub gazowych surowców energetycznych. Wszystkie gatunki roślin, które mają zdolność głównie do gromadzenia węglowodanów czy oleju, są odpowiednie do produkcji płynnych paliw energetycznych. Celuloza, skrobia, cukier i inulina mogą być użyte np. do produkcji alkoholu. Olej roślinny może być także użyty

jako paliwo (biodiesel). Natomiast rośliny o dużej zawartości ligninocelulozy mogą być wprowadzone bezpośrednio jako paliwo stałe (brykiety, pelety, bale) lub pośrednio po odpowiedniej konwersji (gaz, benzyna, wodór). Głównym celem wprowadzenia upraw energetycznych jest uzyskanie przez te rośliny dużych plonów biomasy, która po zastosowaniu odpowiedniej technologii jest przerabiana na paliwo energetyczne [3, 4, 5, 6, 11]. Osiągnięcie takiego celu, wymaga uwzględnienia następujących czynników:

- wykorzystanie odpowiednich gatunków charakteryzujących się dużą zawartością cukru i skrobi (buraki cukrowe, trzcina cukrowa, ziemniaki, zboża) w produkcji alkoholu (etanolu);
- uprawa roślin oleistych (rzepak, słonecznik, soja) jako surowca dla uzyskania biodiesla;
- produkcja suchej masy przez rośliny o dużej zawartości części ligninocelulozowych (zboża-słoma lub całe rośliny, wierzba, topola, trawy olbrzymie, np. *Miscanthus*) przeznaczonych do uzyskania ciepła i elektryczności poprzez bezpośrednie spalanie lub przez zastosowanie odpowiedniej technologii uzyskania z niej paliwa ciekłego (benzyna, wodór);
- uprawa roślin na biogaz (wierzba, topola, miskant, kukurydza).

Należy również stale pamiętać, że uprawy roślin energetycznych, a także wykorzystanie ich w dalszych etapach jako surowców energetycznych mają tylko wtedy właściwy sens, jeżeli będą miały charakter zrównoważony i przyjazny dla środowiska naturalnego. Kryteria idealnych upraw energetycznych (roślin energetycznych) są następujące:

- wydajna zamiana energii promieniowania słonecznego na biomasę powinna zapewniać teoretyczne maksimum plonu suchej masy w wysokości  $55 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  dla roślin szlaku C-4, a  $35 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  dla roślin szlaku C-3 w Europie;
- wysoka zawartość suchej substancji (%);
- wydajne zużycie składników mineralnych i wody;
- właściwy bilans energetyczny (między energią włożoną w uprawę roślin a uzyskaną z nich);
- rośliny o charakterze tzw. low-input;
- dobra odporność na choroby i warunki środowiskowe.

Do potencjalnych roślin energetycznych – według El Bassama [7] – można zaliczyć między innymi następujące gatunki i grupy roślin:

bambus	( <i>Gramineae</i> subfamily: <i>Bambusoideae</i> )
cykoria korzeniowa	( <i>Cichorium intybus</i> L.)
kartan abisyński	( <i>Carthamus tinctorius</i> L.)
konopie	( <i>Cannabis sativa</i> L.)
ketmia konopiwata	( <i>Hibiscus cannabinus</i> L.)
kostrzewa trzcinowata	( <i>Festuca arundinaceae</i> SCHREB.)
łubin	( <i>Lupinus</i> ssp.)
miskant	( <i>Miscanthus</i> spp.)

mozga trzcinowata	( <i>Phalaris arundinacea</i> L.)
orzech ziemny	( <i>Arachis hypogaea</i> (L.) MERR.)
proso różgowate	( <i>Panicum virgatum</i> L.)
rdest	( <i>Polygonum sachalinensis</i> F. SCHMIDT)
roźnik	( <i>Silphium perfoliatum</i> L.)
rzepak	( <i>Brassica napus</i> L.)
salikornia	( <i>Salicornia bigelovii</i> TORR.)
słonecznik	( <i>Helianthus annuus</i> L.)
sorgo cukrowe	( <i>Sorghum bicolor</i> L. MOENCH)
soja	( <i>Glycine max</i> (L.) MERR.)
spartina	( <i>Spartina</i> spp.)
trzcina pospolita	( <i>Phragmites communis</i> TRIN.)
trzcina olbrzymia	( <i>Arundo donax</i> L.)
trzcina cukrowa	( <i>Saccharum officinarum</i> L.)
tymotka	( <i>Phleum pratense</i> L.)
topinambur	( <i>Helianthus tuberosus</i> L.)
wyczyniec łąkowy	( <i>Alopecurus pratensis</i> L.)
żarnowiec	( <i>Spartium junceum</i> L.)
życica trwała	( <i>Lolium perenne</i> L.)
<b>drzewa i krzewy szybko rosnące</b>	
eukaliptus	( <i>Eucalyptus</i> spp.)
pseudoakacja	( <i>Robinia pseudoacacia</i> L.)
sida	( <i>Sida hermafrodita</i> RUSBY)
topola	( <i>Populus</i> spp.)
wierzba	( <i>Salix</i> spp.)
<b>zboża</b>	
jęczmień	( <i>Hordeum vulgare</i> L.)
kukurydza	( <i>Zea mays</i> L. ssp. <i>mays</i> )
owies	( <i>Avena sativa</i> L.)
pszenica	( <i>Triticum aestivum</i> L.)
żyto	( <i>Secale cereale</i> L.)
pszenżyto	(× <i>Triticosecale</i> )
<b>pseudozboża</b>	
gryka	( <i>Fagopyrum esculentum</i> MOENCH)
komosa	( <i>Chenopodium quinoa</i> WILD)
szarłat	( <i>Amaranthus</i> spp.)
<b>mikroalgi</b>	( <i>Oleaginous species</i> )

## Produktywność roślin energetycznych

Produktywność roślin energetycznych można szacować za pomocą plonów dotyczących np. ilości litrów etanolu (tab. 1) czy oleju (tab. 2) z powierzchni 1 hektara uprawy roślin do tego celu przeznaczonych, zwanych inaczej roślinami etanolowymi lub oleistymi (buraki, ziemniaki, topinambur, rzepak, słonecznik, soja itp.). Natomiast dla roślin ligninocelulozowych (trawy, zboża, trzcina, wierzba, topola) miarą produktywności będzie ilość biomasy (suchej masy) wyrażonej w kilogramach lub tonach z powierzchni 1 hektara uprawy (tab. 3). Na podstawie wymienionych tabel stwierdzić można, że zdecydowanymi liderami pod względem plonu etanolu z 1 ha uprawy są burak cukrowy, sorgo cukrowe i trzcina cukrowa (kolejno:  $5600 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ,  $5400 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $5400 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Najwyższym plonem oleju cechował się rzepak i słonecznik (kolejno:  $1,26 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$  i  $1,20 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Natomiast największym producentem biomasy (suchej masy) okazała się trawa chińska należąca do tzw. traw olbrzymich z rodzaju *Miscanthus* ( $30 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ).

**Tabela 1.** Produktywność wybranych gatunków roślin etanolowych [9]

Gatunek roślin	Plon produktu roślinnego		
	całkowity [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	cukier/skrobia [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	etanol [ $\text{dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ]
Burak cukrowy	57,4	9,18	5600
Burak pastewny	98,5	8,08	4923
Cykoria	35,0	5,60	3248
Jęczmień	5,8	3,36	2150
Kukurydza	6,9	4,49	2875
Pszenica	7,2	4,46	2854
Sorgo	90,0	9,00	5400
Topinambur	30,0	4,50	2610
Trzcina cukrowa	80,0	8,00	5400

**Tabela 2.** Produktywność wybranych gatunków roślin oleistych [9]

Gatunek roślin	Plon produktu roślinnego	
	całkowity [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	olej [ $\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]
Gorczyca	2,0	0,64
Kartan	1,8	0,63
Konopie	1,5	0,40
Len	1,8	0,70
Mak	1,0	0,70
Rzepa	1,3	0,40
Rzepak	3,0	1,26
Słonecznik	2,8	1,20
Soja	2,1	0,38

**Tabela 3.** Porównanie zbiorów biomasy różnych roślin energetycznych [7]

Roślina	Plon suchej masy rocznie [t · ha <sup>-1</sup> ]	Początek pełnego plonowania
Pszenica ozima	10–12	
Żyto ozime	10–14	
Pszenżyto ozime	14–18	
Kukurydza	12–17	
Słonecznik	12–14	
Miskant	25–30	po 2–3 latach
Wierzba	8–12	po 3–4 latach
Topola	10–20	po 7–8 latach
Trzcina pospolita	8–12	po 2–3 latach

## Wydajność energetyczna roślin

Innym, nie mniej ważnym kryterium produktywności roślin energetycznych jest ich ocena pod względem kaloryczności jako paliwa energetycznego, co pokazano w tabeli 4. Na jej podstawie można stwierdzić, że wartość kaloryczna biopaliw w niektórych wypadkach niewiele odbiega od wartości paliw kopalnych. Różnica ta jest minimalna, jeśli porównamy na przykład bioolej (olej rzepakowy 40 MJ · kg<sup>-1</sup>)

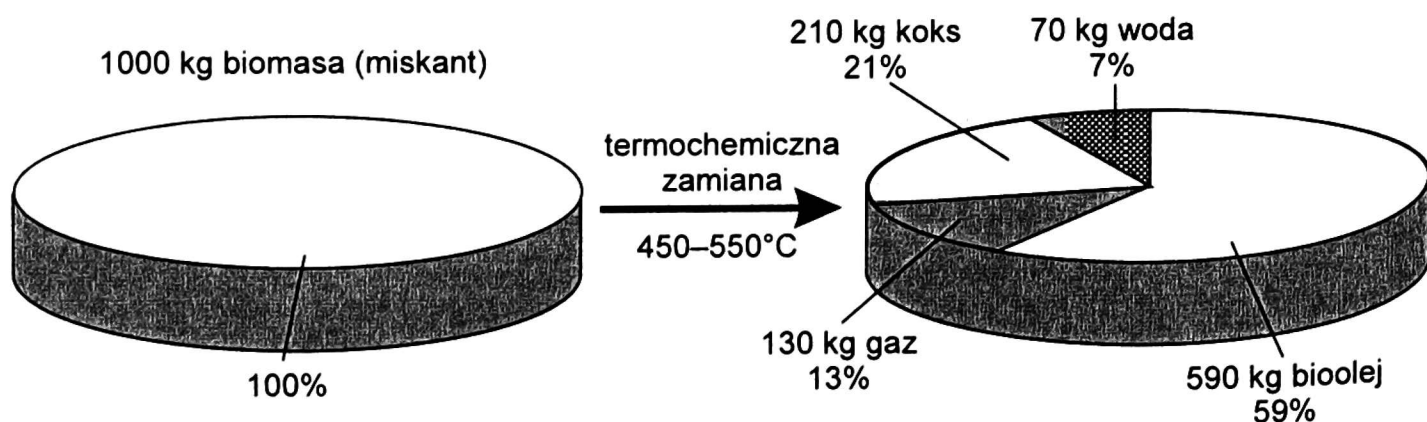
**Tabela 4.** Wartość kaloryczna niektórych biopaliw w porównaniu z paliwami kopalnymi [7]

Paliwa	Wartość kaloryczna [MJ · kg <sup>-1</sup> ]
Bioolej	40
Etanol	27
Biomasa (Miskant)	18
Celuloza	15
Lignina	28
Słoma zbóż	15
Drewno	17
Kora	19
Torf suchy	14
Benzyna	46
Olej opałowy	42
Węgiel kamienny	30
Węgiel brunatny	27

Plon suchej masy [ $t \cdot ha^{-1}$ ]	30 t	12000 $dm^3$	Plon ekwiwalentnego oleju energetycznego [ $dm^3 \cdot ha^{-1}$ ]
		8000 $dm^3$	
	10 t	4000 $dm^3$	
	miskant olbrzymi, trzcina laskowa, sorgo, topola, wierzba, ślazier pensylwański		
	spartina, kukurydza, słonecznik, konopie (całe rośliny), topinambur (łodygi i liście), proso różgowe, amarantus, komosa, ketmia, konopiowate		
	rzepak, mozga trzcinowata, gryka, len (całe rośliny), żarnowiec, pseudoakacja, zboże (całe rośliny)		

**Rysunek 1.** Potencjalny plon suchej masy i jego ekwiwalent w odniesieniu do oleju energetycznego (opałowego) u wybranych gatunków roślin [6, 7]

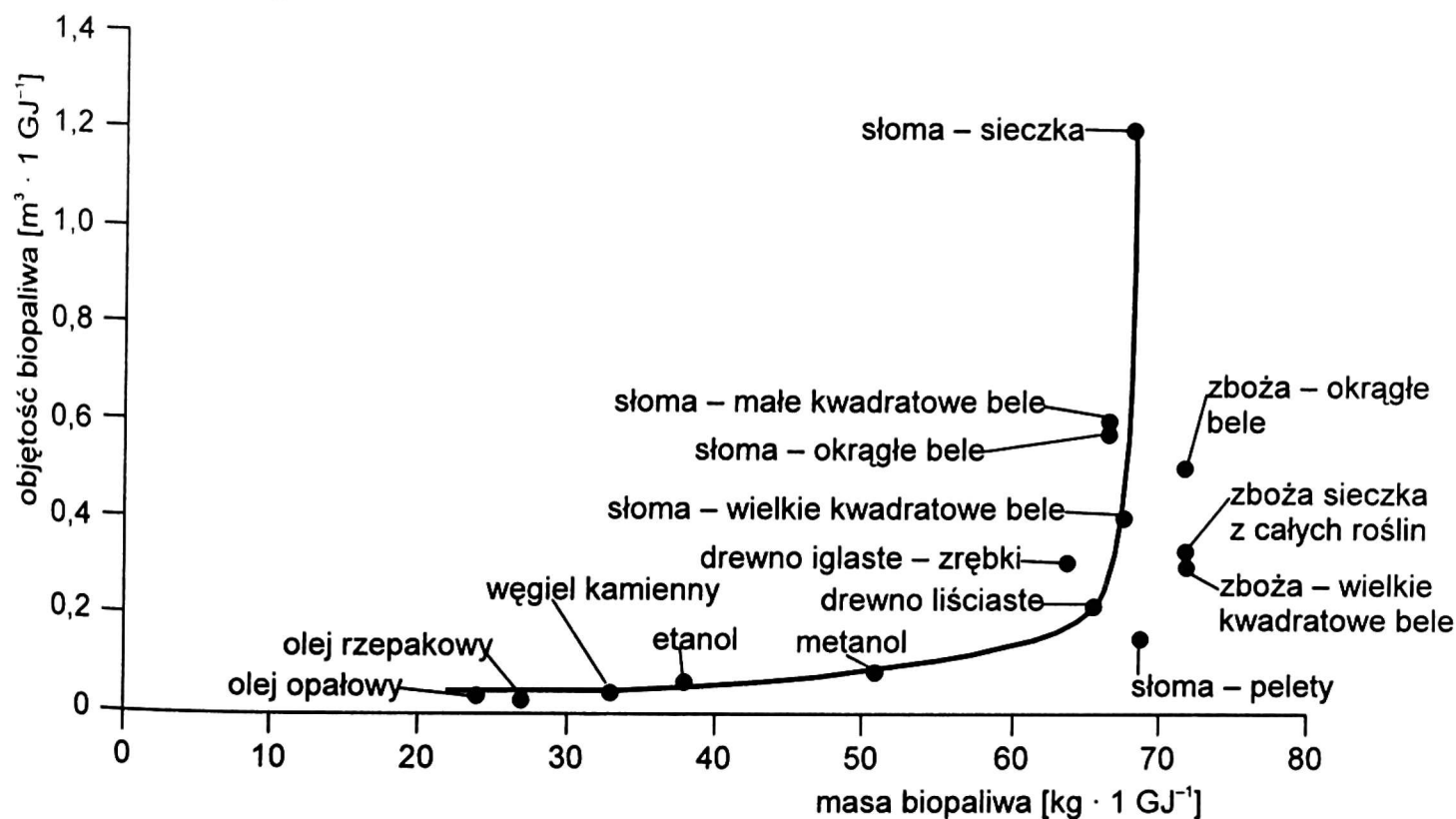
z olejem opałowym pochodzącym z ropy naftowej ( $42 MJ \cdot kg^{-1}$ ). Również wartość kaloryczna spalanej biomasy trawy chińskiej (*Miscanthus* spp.) w zestawieniu z innymi nośnikami energii (węgiel brunatny i kamienny) jest na wysokim poziomie ( $18 MJ \cdot kg^{-1}$ ). Natomiast wartość 30-tonowego plonu z hektara suchej masy miskanta równoważy 12000 litrów oleju opałowego (rys. 1). Biomasa z tej trawy może być bezpośrednio spalana lub przetworzona w procesach termokonwersji chemicznej. W tym wypadku oceniono (rys. 2), że z 1 tony suchej masy poddanej procesowi pirolizy (proces termicznego zgazowywania biomasy w warunkach niedoboru tlenu) otrzymać można 590 kg biooleju, 210 kg koksu oraz 130 kg biogazu, a pozostała brakująca część to 70 kg wody.



**Rysunek 2.** Produkty pirolizy 1 tony suchej masy miskanta [6, 7]

## Logistyka zbiorów biomasy roślin energetycznych

Przy zbiorach biomasy roślin energetycznych należy pamiętać, że wymagają one specjalnej logistyki. Ma ona bowiem bezpośrednio przełożenie na produktywność plantacji energetycznej. Wynika to z tego, że koncentracja energii na jednostkę pojemności biomasy roślinnej w porównaniu z paliwami kopalnymi jest wielokrotnie mniejsza. Oznacza to, że zgodnie z rysunkiem 3, na przykład dla uzyskania 1 GJ energii potrzeba 35 kg węgla zajmującego objętość  $0,05 \text{ m}^3$ . Natomiast dla uzyskania tej samej ilości energii potrzeba od 50 kg do 75 kg biomasy (w postaci np. pelet i beli) zajmującej objętość od  $0,1 \text{ m}^3$  (pelety ze słomy) do  $1,2 \text{ m}^3$  (sieczka słomiasta). Informacje zawarte na rysunku 3 są ważne również z tego względu, że pozwalają nie tylko na prawidłową organizację zbioru roślin energetycznych, ale także na ich właściwe magazynowanie. Wydaje się, że dla uniknięcia bardzo dużego spiętrzenia olbrzymiej ilości biomasy w jednym czasie powinny być wprowadzane do upraw energetycznych różne gatunki roślin. Pozwolą one z jednej strony na dekoncentrację zbiorów w jednym terminie, z drugiej zaś – na całosezonowe i równomierne zaopatrywanie np. elektrociepłowni w paliwo roślinne (biopaliwo). Propozycję wprowadzenia takich roślin energetycznych przedstawiono w tabeli 5.



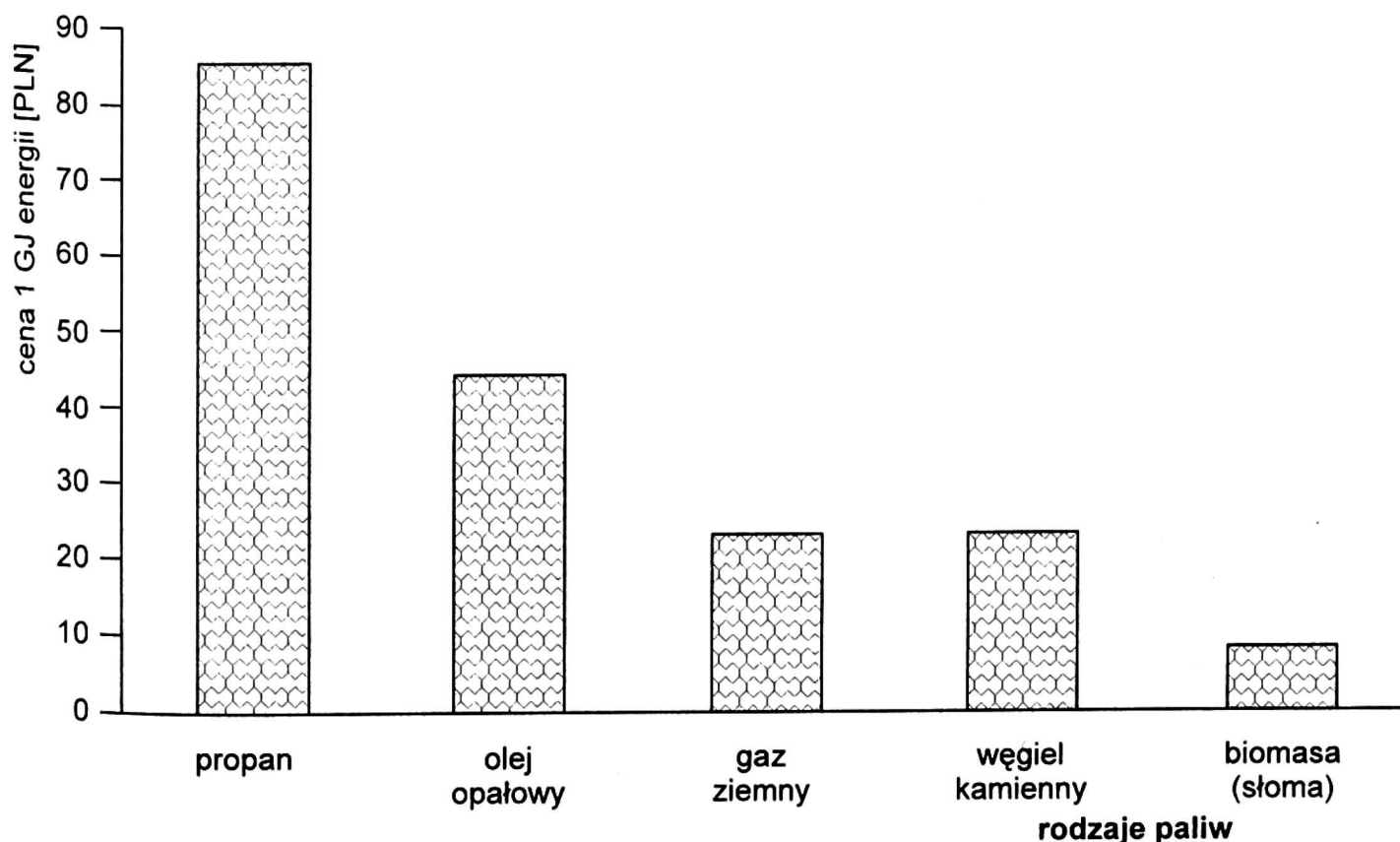
Rysunek 3. Masowe (wagowe) i objętościowe relacje energetycznej gęstości biopaliw [6, 7]





## Aspekt ekonomiczny, środowiskowy i socjalny wykorzystania roślin energetycznych

Myśląc o znaczeniu roślin energetycznych w aspekcie ekonomicznym, środowiskowym i socjalnym, najlepiej jest przeprowadzić pewnego rodzaju porównanie w odniesieniu do surowców kopalnych, takich jak węgiel, ropa naftowa, gaz czy uran służący do uzyskiwania energii atomowej. Takie porównanie zostało zaprezentowane w tabeli 6. Na jej podstawie zdecydowanie widać, że wprowadzenie do uprawy roślin energetycznych w celu pozyskiwania z nich biomasy jako surowca energetycznego niesie ze sobą wiele pozytywnych aspektów. Po pierwsze biomasa jest surowcem odnawialnym. Uzyskana z niej energia nie odbywa się kosztem zanieczyszczenia środowiska naturalnego, wręcz przeciwnie – w procesie wytwarzania biomasy przez rośliny następuje redukcja CO<sub>2</sub>, którego nadmiar w atmosferze okołozemskiej, jak wiadomo, powoduje zjawisko efektu cieplarnianego. Po drugie – produkcja energii na bazie biomasy spowoduje, że nastąpi decentralizacja miejsc wytwarzania energii. To z kolei przyczyni się do zahamowania migracji ludności z terenów wiejskich na tereny zurbanizowane, ponieważ nowy „zielony przemysł energetyczny” będzie lokalizowany w pobliżu wsi, gdzie będzie najbliżej do surowca energetycznego – biomasy. Wreszcie po trzecie – produkcja odnawialnej energii opartej na bazie surowcowej pochodzącej z biomasy plantacji roślin energetycznych będzie dużo tańsza aniżeli energia uzyskiwana z surowców kopalnych. Zalety ekonomiczne wykorzystania biomasy jako paliwa w odniesieniu do innych źródeł energetycznych pokazano jeszcze wyraźniej na rysunku 4. Na jego podstawie widać, że jednostka energii (GJ) uzyskana z biomasy jest wielokrotnie tańsza od takiej samej jednostki energii uzyskanej przy użyciu kopalnych nośników energetycznych.



Rysunek 4. Koszt uzyskania energii z różnych rodzajów paliw [8]

**Tabela 6.** Ekonomiczny, środowiskowy i socjalny aspekt wykorzystania różnych surowców energetycznych [16]

Spełniane funkcje	Paliwa energetyczne		
	kopalniane	atomowe	biomasa
Odnawialność	nie	nie	tak
Redukcja CO <sub>2</sub>	nie	tak	tak
Redukcja efektu szklarniowego	nie	nie	tak
Krajobraz	nie	nie	tak
Uniknięcie ryzyka dużej katastrofy	nie	nie	tak
Nadmierne koszty naprawy środowiska naturalnego	tak	tak	nie
Redukcja kosztów administracyjnych	nie	nie	tak
Innowacyjność	nie	tak	tak
Kreatywność nowych zawodów przemysłowych	nie	tak	tak
Przyczynienie się do decentralizacji struktur ekonomicznych	nie	nie	tak
Promocja eksportu	nie	tak	tak
Wzrost autonomicznego zaopatrzenia energetycznego (kraje rozwinięte)	nie	tak	tak
Wzrost autonomicznego zaopatrzenia energetycznego (kraje rozwijające się)	nie	nie	tak
Zwiększenie dochodów rolników	nie	nie	tak
Znaczący czas niszczenia odpadów	tak	tak	nie
Migracja na tereny zurbanizowane	tak	tak	nie
Pozytywna opinia publiczna	nie	nie	tak
Unikanie międzynarodowych konfliktów i wojen	nie	nie	tak
Deformacja genetyczna	nie	tak	nie

## Podsumowanie

Rośliny energetyczne, jak wykazano w niniejszej pracy i w pracach wielu innych autorów [1, 4, 5, 12, 13, 14, 15, 18, 19, 20, 21, 22], stanowią znakomity surowiec dla produkcji ekobiopaliwa. Paliwo to, na co również wskazano w pracy i co także potwierdzają inni autorzy [23, 24, 26], pod względem swej kaloryczności jest niewiele gorsze od paliw opartych na surowcach kopalnych, np. węgla czy ropy naftowej. Jednak rola tych roślin w aspekcie ekonomicznym, środowiskowym i socjalnym jest wręcz nie do przecenienia i uzmysławia nam, że restrukturyzujące się ciągle polskie rolnictwo stoi dzięki temu przed olbrzymią szansą. Otóż po raz pierwszy w historii rolnictwo może nie tylko żywić, ale i produkować energię. Może wreszcie dzięki temu

energia nie będzie luksusem i „stymulatorem” tzw. wielkiej polityki, której skutki mogliśmy odczuć np. w czasie konfliktu nad Zatoką Perską na początku lat dziewięćdziesiątych ubiegłego stulecia. Należy również pamiętać, że naturalne zasoby surowców kopalnych, głównie ropy naftowej, będą stale i odczuwalnie malały [16, 17]. Tę lukę będzie można jednak wypełniać przez coraz większe wykorzystanie surowców odnawialnych, między innymi takich jak biomasa roślin energetycznych. Tą drogą rozpoczęły już podążać kraje od nas o wiele bogatsze, takie jak: USA, Kanada, Australia, Dania Szwecja czy Niemcy. O Australii mówi się na przykład, że jest w tej chwili najpoważniejszym kandydatem na miano „Zielonego Kuwejtu”, gdyż kraj ten przeznaczył 30 milionów hektarów pod uprawy różnych gatunków roślin energetycznych, głównie eukaliptusa krzewiastego [10]. Powstawanie również w Polsce na szeroką skalę specjalnych upraw roślin energetycznych to już – zgodnie z programem Europejskiego Centrum Energetyki Odnawialnej działającego od 1998 roku przy IBMER w Warszawie – kwestia najbliższych kilku lat [2]. Warto w tym miejscu szczególnie zaznaczyć, że – według ekspertyzy tego centrum („Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce”) – rzeczywisty potencjał techniczny źródeł odnawialnych w Polsce, możliwy do pozyskania, mógłby pokryć około 60% krajowego zapotrzebowania na energię, z czego 21% przypadłoby na biomasę. Polska posiada np. 5-krotnie większy potencjał techniczny źródeł odnawialnych do pozyskania niż Dania, która uchodzi za lidera wśród państw UE wykorzystujących te źródła w bilansie energetycznym swoich krajów. Unia Europejska zakłada, że do 2010 roku udział energii odnawialnej w bilansie paliwowo-energetycznym krajów członkowskich wzrośnie do minimum 12%. Dla Polski w tym względzie przewiduje się wzrost do 7,5%. Również zgodnie z tymi założeniami w najbliższych latach największy wkład w uzyskanie energii odnawialnej będzie miała biomasa roślin energetycznych. Dlatego rośliny te już od tej chwili powinny stać się szczególnym obiektem badań głównie dla genetyków, hodowców czy też agrofizyków. Rozwój bioenergii jest wielką szansą dla polskiego rolnictwa i polskiej wsi, ale także może stać się kołem zamachowym dla całej gospodarki u progu rozpoczętego XXI wieku.

## Literatura

- [1] Blicher-Mathiesen U. 1998. Demonstration trials of energy crops in Denmark. *Biomass and Bioenergy* 3: 6–10.
- [2] EC BREC. 1998. Biomass Energy Strategies for Central & Eastern European Countries-Report for the European Commission. Warszawa: 1–18.
- [3] El Bassam N. 1990. Requirements for biomass production with higher plants under artificial ecosystems. Workshop „Artificial ecological systems” Marsseille: 59–65.
- [4] El Bassam N. 1993. Möglichkeiten und Grenzen der Bereitstellung von Energie aus Biomasse. *Landbauforschung Völkenrode* 43: 101–111.
- [5] El Bassam N. 1995. Auswirkungen einer Klimaveränderung auf den Anbau von C4-Pflanzenarten zur Erzeugung von Energieträgern. *Mitt. Ges. Pflanzenbauwiss* 8: 169–172.

- [6] El Bassam N. 1997. Renewable Energy. *REU Technical Series* 46: 4–196.
- [7] El Bassam N. 1998. Energy Plant Speciec. James & James (Science Publishers) Ltd.: 1–321.
- [8] Eliaz K. 2001. Kotłownie opalane słomą. *Przegląd Komunalny* 1: 9–10.
- [9] FAO. 1998. Production Year Book. FAO, Rome: 15–87.
- [10] Foran B. 2001. Developing a biofuel economy in Australia by 2025. Bioenergia na rzecz rozwoju wsi – Warsztaty naukowe. Warszawa 27–29 września. Materiały konferencyjne: 17–30.
- [11] Graef M. 1994. Fuel from sugar beet and rape seed oil-mass and energy balances for evaluation. Proc. of the 8th European Conference on Biomass for Energy, Environment, Agriculture and Industry. Wiena, Austria: 1–4.
- [12] Gradziuk P. 1995. Możliwości energetyczne wykorzystania słomy. *Post. Nauk Rol.* 5: 31–39.
- [13] Gradziuk P. 2002. Alternatywne wykorzystanie gruntów rolniczych – przegląd roślin energetycznych. *Czysta Energia* 10: 24–26.
- [14] Grzybek A. 2002. Organizowanie się rynku biopaliw płynnych impulsem do aktywizacji terenów rolniczych. *Czysta Energia* 10: 19–21.
- [15] Guzenda R., Swigoń J. 1997. Techniczne i ekologiczne aspekty energetycznego wykorzystania drewna i odpadów drzewnych. *Gospodarka Paliwami i Energią* 1: 512.
- [16] Jeżowski S. 2001. Rośliny energetyczne – ogólna charakterystyka, uwarunkowanie fizjologiczne i znaczenie w produkcji ekobiopaliwa. *Post. Nauk Rol.* 2: 19–27.
- [17] Jeżowski S. 2001. Surowce odnawialne to ważny obiekt zainteresowania dla agrofizyki u progu XXI wieku. *Acta Agrophysica* 60: 91–98.
- [18] Kowalik P. 2002. Perspektywy peletyzacji biomasy w Polsce. *Czysta Energia* 10: 14–15.
- [19] Kowalik P. 2002. Wykorzystanie biomasy jako surowca energetycznego. *Czysta Energia* 10: 22–23.
- [20] Majtkowski W. 2001. Wieloletnie gatunki traw dla upraw energetycznych w Polsce. Konferencja na temat „Odnawialne źródła energii u progu XXI wieku”. Materiały konferencyjne: 297–305.
- [21] Mayr R. 1998. Culture, harvesting methods and use of *Miscanthus* as biofuel in Upper Austria. *Biomass and Bioenergy* 2: 6–19.
- [22] Nalborczyk E. 1996. Nowe rośliny uprawne na cele spożywcze, przemysłowe i jako odnawialne źródła energii. SGGW, Warszawa: 1–176.
- [23] Szeptycki A. 2000. Wykorzystanie trzciny chińskiej *Miscanthus* do celów energetycznych. Konferencja na temat „Wykorzystanie trzciny chińskiej”. Materiały konferencyjne: 49–55.
- [24] Strehler A. 1994. Overview to the possibilities of energy generation from biomass under german conditions. *REU Technical Series* 38: 7–24.
- [25] Venedal R. 1997. European energy crops: a synthesis. *Biomass and Bioenergy* 3: 147–185.
- [26] Vetter A. 1994. Möglichkeiten der Nutzung von Topinambur und weiteren Pflanzarten als Festbrennstoff. *REU Technical Series* 38: 43–53.

## **Energy supplying plants – productivity and some social, economic and environmental aspects of their utilization for biofuel**

---

**Key words:** biomass, C3 and C4 plants, productivity of energetic plants

### **Summary**

Paper presented the list of plants being potential energy source, compiled on the basis of recent publications. Special attention was paid to productivity of these plants with respect to the characters determining their energetic potential, such as the oil, alcohol and dry matter contents. Most important aspects of logistics at harvesting biomass from different energetic plants were discussed. Moreover, some socio-economic and ecological aspects of their usage to biofuel production were considered, too.