

## EKONOMICZNA EFEKTYWNOŚĆ UPRAWY WIERZBY

ARKADIUSZ SADOWSKI, JANUSZ JANKOWIAK, JERZY BIEŃKOWSKI

*Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN*

**Synopsis.** W pracy zaprezentowane zostały ekonomiczne uwarunkowania produkcji energii odnawialnej z biomasy w kontekście zrównoważonego rozwoju. Przeprowadzono badania mające określić opłacalność uprawy najbardziej znanej obecnie rośliny energetycznej, jaką jest wierzba. Uwzględniono kilka wariantów uprawy: zbiór mechaniczny co 3 lata, zbiór mechaniczny co rok, zbiór ręczny co 3 lata, zbiór ręczny co rok. Podstawą przeprowadzenia badań była analiza zdyskontowanych przepływów pieniężnych, wykonana w oparciu o przyjęte założenia agrotechniczne oraz koszty inwestycyjne. Przeprowadzona analiza wykazała, że przy obecnych relacjach cenowych, bardziej uzasadniona ekonomicznie jest uprawa z wykorzystaniem zasobów pracy żywej, niż podejmowanie inwestycji maszynowych.

**Słowa kluczowe** – *key words*: energia odnawialna – *renewable energy*, rośliny energetyczne – *energy crops*, rozwój zrównoważony – *sustainable development*

### WSTĘP

Ostatnie lata przyniosły wiele zmian w polskim rolnictwie. Po przemianach ustrojowych na początku lat dziewięćdziesiątych poddane ono zostało zasadom gospodarki rynkowej, a od 2004 roku podlega oddziaływaniu wspólnej polityki rolnej Unii Europejskiej. Wytwarzane przez nie produkty rolne, będące surowcem dla produktów spożywczych, charakteryzują się przy tym generalnie tzw. sztywnym popytem. Cecha ta ma wpływ na kształtowanie się cen, a co za tym idzie na dochodowość gospodarstw rolnych. Jest ona szczególnie istotna w kontekście rynku europejskiego, na którym od kilku dziesięcioleci występuje nasycenie produktami rolnymi i spożywczymi. Dlatego też, zarówno ośrodki decyzyjne Unii Europejskiej, jak i poszczególni producenci rolni poszukują takiego sposobu zagospodarowania użytków rolnych, który nie będzie prowadził do wzrostu podaży produktów żywnościowych. Jednym z nich jest przeznaczenie użytków rolnych na produkcję energii, zarówno w postaci biopaliwa jak i biomasy [Sulima i in. 2006]. Poza wspomnianym sztywnym popytem na produkty żywnościowe, istotny dla tego kierunku produkcji jest też problem zużywania się konwencjonalnych, kopalnych źródeł energii, ich dużej wrażliwości na wahania sytuacji politycznej oraz negatywnego oddziaływania na środowisko. Dlatego też coraz większego znaczenia nabiera poszukiwanie alternatywnych źródeł energii, szczególnie odnawialnej [Szczukowski i in. 2006, Stolarski i in. 2006].

Celem przeprowadzonych badań była ocena produkcji roślin energetycznych z punktu widzenia racjonalności ekonomicznej. Dla poszczególnych rządów czy organizacji pozarządowych, rozwój energetyki odnawialnej, w tym produkcja biomasy, związana jest z osiągnięciem głównie celów środowiskowych, związanych z redukcją emisji zanieczyszczeń. Ich realizacja w warunkach wolnego rynku możliwa jest jednak jedynie przy akceptacji potencjalnych producentów, którzy w swoich decyzjach biorą pod uwagę wyłącznie przesłanki ekonomiczne. Istotne są dla nich dwa zasadnicze aspekty: opłacalność produkcji oraz posiadanie trwałego rynku zbytu. Dlatego też przeprowadzono badania mające ocenić opłacalność produkcji roślin energetycznych w Polsce, na przykładzie najbardziej znanej uprawy, jaką obecnie jest wierzba energetyczna.

## MATERIAŁ I METODY

W badaniach opłacalności uprawy wierzby energetycznej uwzględnione zostały 4 następujące warianty:

- zbiór mechaniczny co 3 lata,
- zbiór mechaniczny każdego roku,
- zbiór ręczny co 3 lata,
- zbiór ręczny każdego roku.

Ocenę opłacalności wykonano w oparciu o analizę zdyskontowanych przepływów pieniężnych, z uwzględnieniem następujących elementów:

- kosztów założenia plantacji,
- kosztów uprawy,
- przychodów ze sprzedaży surowca energetycznego.

Dane dotyczące agrotechniki wierzby przyjęte zostały na podstawie literatury [Gańko 2006, Stolarski 2006, Tworkowski i in. 2004]. Ceny przyjęto według aktualnych notowań Wielkopolskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego [www.wodr.poznan.pl 2007]. Wydajności maszyn oraz koszty utrzymania i użytkowania sprzętu specjalistycznego określono na podstawie Poradnika PROW [2006] oraz Gromadzkiego [2005]. Założono także, iż gospodarstwa, gdzie zbiór odbywa się w sposób mechaniczny, dysponują większą powierzchnią, dlatego do wykonywania poszczególnych zabiegów potrzebują ciągnika o większej mocy (80 KM), te natomiast, które dokonują ręcznego zbioru są mniejsze i dysponują ciągnikiem o mocy 40 KM. W analizie efektywności inwestycji dokonano obliczenia zdyskontowanych przepływów pieniężnych w stosunku do ujednoliconej powierzchni 10 ha, przy 24-letnim okresie użytkowania plantacji. W badaniach przyjęto założenie, iż gospodarstwa dokonujące zbioru mechanicznego nie dysponują odpowiednim do tego sprzętem, stąd w kosztach inwestycyjnych, obok kosztów założenia plantacji, uwzględniono także wartość zakupionych maszyn, w bieżących kosztach uprawy natomiast, wydatki na jego utrzymanie i użytkowanie. W kalkulacji nie uwzględniono kosztów pracy własnej, ponieważ nie wpływają one na wysokość przepływów pieniężnych. Przyjęto przy tym, iż podstawowe zabiegi agrotechniczne wykonywane są przez członków rodziny rolniczej, jedynie do ręcznego sadzenia oraz zbioru najmowani są opłacani pracownicy.

W analizie efektywności inwestycji posłużono się dwoma następującymi miernikami:

- wartością zaktualizowaną netto (NPV):

$$IRR = \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1-k)^t} - I_0$$

gdzie:

- $NCF_t$  – przewidywane wpływy gotówkowe netto (wpływ netto = wpływ – wydatek),
- $k$  – stopa dyskontowa,
- $t$  – liczba lat użytkowania
- $I_0$  – początkowy wydatek inwestycyjny
- wewnętrzną stopą zwrotu (IRR):

$$IRR = k \Leftrightarrow \sum_{t=1}^n \frac{NCF_t}{(1-k)^t} - I_0 = 0$$

– wtedy i tylko wtedy

Szczegółowe założenia, przyjęte dla każdego wariantu uprawy zawarte są w tabeli 1.

Tabela 1. Ekonomiczne i agrotechniczne założenia dotyczące uprawy wierzby energetycznej dla wybranych wariantów uprawy

Table 1. Economic and agronomic assumptions of energy willow cultivation for selected variants

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Zbiór mechaniczny co 3 lata <i>Mechanical harvesting every 3 years</i>	Zbiór mechaniczny co 1 rok <i>Mechanical harvesting every year</i>	Zbiór ręczny co 3 lata <i>Hand harvesting every 3 years</i>	Zbiór ręczny co 1 rok <i>Hand harvesting every year</i>
Specjalistyczny sprzęt <i>Specialist devices</i>	Kombajn Class Jaguar Mega z przystawką <i>Harvester Class Jaguar Mega with adapter</i>	Silosokombajn Z 364 <i>Forage harvester Z 364</i>	Nie wymaga zakupu specjalistycznego sprzętu <i>Doesn't need specialist devices</i>	Nie wymaga zakupu specjalistycznego sprzętu <i>Doesn't need specialist devices</i>
Wartość nowego specjalistycznego sprzętu (zł) <i>Value of new specialist devices (zł)</i>	1 120 000,00	22 000,00	0,00	0,00
Koszty utrzymania i użytkowania specjalistycznego sprzętu (bez amortyzacji) (zł·rok <sup>-1</sup> ) <i>Maintenance and exploitation costs (without depreciation) (zł·rok<sup>-1</sup>)</i>	5 029,00	1 078,00	0,00	0,00
Obsada roślin (szt·ha <sup>-1</sup> ) <i>Number of cuttings (items·ha<sup>-1</sup>)</i>	20 000,00	20 000,00	40 000,00	40 000,00
Cena sadzonek (zł·szt <sup>-1</sup> ) <i>Price of cuttings (zł·item<sup>-1</sup>)</i>	0,15	0,15	0,15	0,15
Plon świeżej masy (t·ha <sup>-1</sup> ·rok <sup>-1</sup> ) <i>Fresh matter yield (t·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>)</i>	39,67	27	40,33	32
Cena produktu gotowego (zł·t <sup>-1</sup> ) <i>Price of finished product (zł·t<sup>-1</sup>)</i>	80	80	80	80
Czas zbioru (h·ha <sup>-1</sup> ) <i>Time of harvesting (h·ha<sup>-1</sup>)</i>	3,33	10,00	48,00	48,00
Opłata pracy najemnej (zł·h <sup>-1</sup> ) <i>Price of wage-labour (zł·h<sup>-1</sup>)</i>	5	5	5	5
Cena oleju napędowego (zł·l <sup>-1</sup> ) <i>Price of fuel oil (zł·l<sup>-1</sup>)</i>	3,5	3,5	3,5	3,5
Dopłata do produkcji wierzby energetycznej (zł·ha <sup>-1</sup> ) <i>Payment for energy willow (zł·ha<sup>-1</sup>)</i>	276,28	276,28	276,28	276,28
Czas użytkowania plantacji (lata) <i>Time of plantation exploitation (years)</i>	24	24	24	24
Stopa dyskontowa (%) <i>Discount rate (%)</i>	2,00	2,00	2,00	2,00

## WYNIKI I DYSKUSJA

### Analiza produkcji roślin energetycznych w aspekcie zrównoważonego rozwoju regionu

Pod pojęciem zrównoważonego rozwoju rozumie się integrację społecznych, gospodarczych i przyrodniczych aspektów działań ludzi w celu zapewnienia lepszych standardów życia [Ryszkowski i Kędziora 2005]. Rozwój energetyki odnawialnej, w tym produkcja energii z biomasy może stać się elementem zrównoważonego rozwoju, szczególnie w skali lokalnej. Należy bowiem założyć, iż surowiec roślinny nie będzie transportowany na duże odległości z racji wysokich kosztów, w związku z czym jego produkcja oraz wykorzystanie na cele energetyczne odbywać się będzie na tym samym terenie. Z ekonomicznego punktu widzenia będzie to oznaczać z jednej strony zapewnienie dochodów miejscowych gospodarstw rolnych, z drugiej natomiast obniżenie kosztów ogrzewania jednostek wykorzystujących biomasę. Dla rozwoju lokalnego ważne jest także to, iż środki pieniężne nie są transferowane do innych krajów czy regionów. Zmniejszone zostaje także ekonomiczne i polityczne ryzyko związane z korzystaniem z konwencjonalnych źródeł energii. Z punktu widzenia rozwoju społecznego istotnym aspektem jest także to, że produkcja biomasy zapewnia miejsca pracy zarówno dla producentów rolnych, jak i osób, które zajmować się będą jej transportem czy spalaniem.

### Opłacalność produkcji wierzby energetycznej

Przeprowadzone badania wykazały zróżnicowanie efektywności inwestycji w zależności od sposobu zbioru oraz jego częstotliwości. W przypadku zbioru mechanicznego ponoszone są niższe koszty założenia plantacji w stosunku do zbioru ręcznego, co spowodowane jest mniejszą obsadą roślin, a co za tym idzie niższymi wydatkami na materiał nasadzeniowy (tab. 2). Roczne koszty produkcji są z kolei najwyższe w przypadku corocznego zbioru mechanicznego (tab. 3), na co zasadniczy wpływ mają koszty paliwa. Wartość przychodów z produkcji (tab. 4) uzależniona jest od dwóch czynników: obsady oraz plonu w przeliczeniu na 1 rok. Dlatego też wyższe przychody uzyskiwane są w gospodarstwach dokonujących zbioru ręcznego, ze względu na większą obsadę.

Tabela 2. Nakłady inwestycyjne na założenie plantacji wierzby energetycznej w zł·ha<sup>-1</sup> dla wybranych wariantów uprawy (bez kosztów zakupu, utrzymania i użytkowania specjalistycznego sprzętu)  
 Table 2. Investment outlays for establishment of energy willow plantation in zł·ha<sup>-1</sup> for selected variants of cultivation (without buying, maintenance and exploitation costs of specialist devices)

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Zbiór mechaniczny co 3 lata <i>Mechanical harvesting every 3 years</i>	Zbiór mechaniczny co 1 rok <i>Mechanical harvesting every year</i>	Zbiór ręczny co 3 lata <i>Hand harvesting every 3 years</i>	Zbiór ręczny co 1 rok <i>Hand harvesting every year</i>
Materiał nasadzeniowy (zrezy) <i>Cuttings</i>	3 000,00	3 000,00	6 000,00	6 000,00
Nawozy i środki ochrony roślin <i>Fertilizers and plant protection products</i>	713,60	713,60	713,60	713,60
Robocizna najemna <i>Wage-labour</i>	440,00	440,00	640,00	640,00
Paliwo i smary <i>Fuel and grease</i>	475,70	475,70	176,01	176,01
Razem koszty założenia plantacji <i>Total costs of plantation establishment</i>	4 629,30	4 629,30	7 529,61	7 529,61

Tabela 3. Koszty produkcji wierzby energetycznej dla wybranych wariantów uprawy (bez kosztów zakupu, utrzymania i użytkowania specjalistycznego sprzętu), w zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup>Table 3. Costs of energy willow production for selected variants of cultivation (without buying, maintenance and exploitation costs of specialist devices), in zł·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup>

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Zbiór mechaniczny co 3 lata <i>Mechanical harvesting every 3 years</i>	Zbiór mechaniczny co 1 rok <i>Mechanical harvesting every year</i>	Zbiór ręczny co 3 lata <i>Hand harvesting every 3 years</i>	Zbiór ręczny co 1 rok <i>Hand harvesting every year</i>
Nawozy i środki ochrony roślin <i>Fertilizers and plant protection products</i>	488,39	488,39	488,39	488,39
Robocizna najemna <i>Wage-labour</i>	0,00	0,00	100,00	240,00
Paliwo i smary <i>Fuel and grease</i>	149,34	311,52	65,52	65,52
Razem koszty uprawy <i>Total costs of cultivation</i>	637,74	799,92	653,91	793,91

Tabela 4. Przychody z produkcji wierzby energetycznej w zł·ha<sup>-1</sup>·rok<sup>-1</sup> dla wybranych wariantów uprawyTable 4. Receipts from energy willow production in zł·ha<sup>-1</sup>·year<sup>-1</sup> for selected variants of cultivation

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Zbiór mechaniczny co 3 lata <i>Mechanical harvesting every 3 years</i>	Zbiór mechaniczny co 1 rok <i>Mechanical harvesting every year</i>	Zbiór ręczny co 3 lata <i>Hand harvesting every 3 years</i>	Zbiór ręczny co 1 rok <i>Hand harvesting every year</i>
Wartość rynkowa produktu <i>Market value of product</i>	3 173,33	2 160,00	3 226,67	2 560,00
Dopłata do wierzby energetycznej <i>Payment for energy willow</i>	276,28	276,28	276,28	276,28
Razem przychody z produkcji <i>Total receipts from production</i>	3 449,61	2 436,28	3 502,95	2 836,28

Analiza efektywności inwestycji pokazuje z kolei, iż wyższe wartości zdyskontowanych przepływów pieniężnych mają miejsce w wariantach zakładających zbiór ręczny (tab. 5). Przyczyny tego zjawiska związane są zarówno z relatywnie niską opłatą pracy najemnej, jak też z wyższą obsadą roślin oraz z wysokimi kosztami inwestycji maszynowych. Wyższe wartości zdyskontowanych przepływów uzyskuje się przy tym w przypadku zbioru dokonywanego co 3 lata, co spowodowane jest wyższym plonem. Większą efektywność ekonomiczną uprawy ze zbiorem w cyklach 3-letnich wykazał także Stolarski [2006]. Na powierzchni 10 ha całkowicie nieefektywna jest inwestycja polegająca na zakupie nowego Kombajnu Class Jaguar Mega wraz z przystawką, co oznacza, iż nieopłacalny jest mechaniczny zbiór wierzby w okresach trzyletnich.

Tabela 5. Analiza efektywności inwestycji – założenia plantacji wierzby energetycznej dla wybranych wariantów uprawy

Table 5. Analysis of investment efficiency – establishment of energy willow plantation

Wyszczególnienie <i>Specification</i>	Zbiór mechaniczny co 3 lata <i>Mechanical harvesting every 3 years</i>	Zbiór mechaniczny co 1 rok <i>Mechanical harvesting every year</i>	Zbiór ręczny co 3 lata <i>Hand harvesting every 3 years</i>	Zbiór ręczny co 1 rok <i>Hand harvesting every year</i>
Powierzchnia uprawy (ha) <i>Area of plantation (ha)</i>	10,00	10,00	10,00	10,00
IRR (%) <i>IRR (%)</i>		19,65	25,72	24,75
NPV (zł) <i>NPV (zł)</i>	-1 629 599,79	224 358,28	460 883,87	317 165,90

## PODSUMOWANIE

Rozwój energetyki odnawialnej staje się obecnie ważnym elementem zrównoważonego rozwoju. Produkcja surowców energetycznych jest także szansą dla rolnictwa, szczególnie w rejonach, gdzie występuje zjawisko nadprodukcji żywności, a jej sztywny popyt stanowi istotną barierę dla rozwoju tego działu gospodarki. Produkcja biomasy na cele energetyczne może mieć wpływ nie tylko na sytuację ekonomiczną gospodarstw rolnych ale także stać się istotnym czynnikiem stymulującym rozwój regionalny. Ze względu na relatywnie tanią siłę roboczą oraz wysokie koszty niezbędnych inwestycji maszynowych, można spodziewać się, że w produkcji lignocelulozowych roślin energetycznych, szczególnie w małych gospodarstwach, przeważać będzie ręczny system zbioru. W takich warunkach produkcja wierzby na cele energetyczne może być opłacalna.

## PIŚMIENNICTWO

1. Gańko, E. 2006. Economic assessment of willow production for energy and its competitiveness in agricultural system in Poland. Alternative plants for sustainable agriculture. Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Sciences. Poznań: 51–61.
2. Gromadzki, J. 2005. Katalog – cennik ciągników i maszyn rolniczych oferowanych w 2005 roku. Przemysłowy Instytut Maszyn Rolniczych. Poznań: ss. 115.
3. Poradnik PROW. 2006. Przepisy ochrony Środowiska, normatywy i wskaźniki funkcjonujące w produkcji rolniczej. Centrum Doradztwa Rolniczego w Brwinowie.: ss. 208.
4. Ryszkowski, L., Kędziora, A. 2005. Gospodarka przestrzenna – integracja czy dezintegracja działań. Ochrona Środowiska w gospodarce przestrzennej. Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN. Poznań: 7–10.
5. Stolarski, M. 2006. Opłacalność uprawy wierzby na cele energetyczne. 2 Regionalne Forum Energetyki Odnawialnej. 6 maja 2006 r. Przysiek: 46–48.
6. Stolarski, M., Wróblewska H., Szczukowski S., Tworowski J., Kwiatkowski J., Cichy W. 2006. Charakterystyka biomasy wierzby i ślázowca pensylwańskiego jako potencjalnego surowca przemysłowego. *Fragm. Agron.* 3: 277–289.
7. Sulima P., Przyborowski J., Stolarski M. 2006. Ocena przydatności wybranych gatunków wierzby do celów energetycznych. *Fragm. Agron.* 3: 290–299.

8. Szczukowski S., Kościak B., Kowalczyk-Juśko A., Tworkowski J. 2006. Uprawa i wykorzystanie roślin alternatywnych na cele energetyczne. *Fragm. Agron.* 3: 300–315.
9. Tworkowski, J., Szczukowski S., Stolarski, M. 2004. Agrotechnika, produktywność i opłacalność uprawy wierzby krzewiastych na gruntach rolniczych. Uprawa i wykorzystanie wierzby energetycznej. ODR Zarzeczewo. Włocławek: 9–19.
10. [www.wodr.poznan.pl](http://www.wodr.poznan.pl): 2007

A. SADOWSKI, J. JANKOWIAK, J. BIEŃKOWSKI

### ECONOMIC EFFICIENCY OF WILLOW CULTIVATION

#### Summary

In paper there was presented economic conditions of renewable energy produced from biomass, in a context of sustainable development. The main goal of investigation was to determine the profitability of willow growing, which is the most known energy crop in Poland. Four variants of cultivation there were taken into account: mechanical harvesting every 3 years, mechanical harvesting every year, hand harvesting every 3 years, hand harvesting every year. Research based on future cash streams discounted, was made in accordance with agronomical assumption and investment costs. Carried out analysis reveals, that in present price relation cultivation with use human labour is more profitable.

---

Dr Arkadiusz Sadowski

Pracownia Systemów Rolniczych  
Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN  
60-195 Poznań, ul. Szeherazady 74  
[asadow@rose.man.poznan.pl](mailto:asadow@rose.man.poznan.pl)