

# **Produkcja wieloletnich roślin energetycznych w regionie Warmii i Mazur – stan aktualny i perspektywy**

***Stefan Szczukowski, Józef Tworowski***

*Katedra Hodowli Roślin i Nasiennictwa*

*Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa*

*Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie*

*pl. Łódzki 3, 10-727 Olsztyn, tel. (89) 523 39 79*

*e-mail: szczuk@moskit.uwm.edu.pl*

*e-mail: jozef.tworowski@uwm.edu.pl*

**Słowa kluczowe:** użytki rolne, produkcja roślinna, plantacje wieloletnie, wierzba krzewiasta, plon biomasy, sprawność energetyczna przetwarzania biomasy, paliwa płynne, biometanol

## **Wstęp**

Rolnictwo Warmii i Mazur funkcjonuje w trudnych warunkach przyrodniczych ze względu na krótki okres wegetacji, duże skonfigurowanie terenu i zróżnicowanie gleb. W regionie co roku ponad 20% gruntów ornych (około 180 tys. ha) nie jest obsiewanych, a bezrobocie jest najwyższe w kraju (ponad 28% mieszkańców wsi) [20].

Rolnictwo regionu potrzebuje produktu, który pozwoliłby rozwiązać podstawowe problemy obszarów wiejskich: pogłębiający się brak rynku zbytu na produkcję rolniczą i bezrobocie na wsi.

Aktualnie powstaje szansa rozwoju obszarów wiejskich związana z uprawą wieloletnich roślin energetycznych, pozyskiwaniem biomasy i przetwarzaniem jej na metanol, co może stać się czynnikiem rozwoju wsi nie tylko Warmii i Mazur, ale i całego kraju [2]. Potęgi motoryzacyjne świata podjęły decyzję stopniowego uniezależniania się od ropy poprzez zastąpienie silnika wewnętrznego spalania ogniwami paliwowymi zasilanymi metanolem [3, 4, 12]. Oznacza to, że metanol – i tylko metanol – jako paliwo węglowodorowe staje się paliwem strategicznym w sektorze transportu [7]. Ale tylko metanol powstały w wyniku przetwarzania biomasy może stanowić paliwo neutralne wobec efektu cieplarnianego [2, 25].

Warmia i Mazury mają znakomite warunki do zakładania plantacji wieloletnich roślin energetycznych, pozyskiwania biomasy i przetwarzania jej przy użyciu nowych, sprawnych technologii chemicznego przetwarzania na wtórne nośniki energii: gazowe (gaz drzewny) i płynne (metanol).

Oznacza to, że poszukiwanym produktem rolniczym, mogącym przyczynić się do rozwoju regionu na początku przyszłej dekady tego wieku, jest metanol uzyskiwany w wyniku przetwarzania biomasy [2].

## Stan aktualny

Zboża w strukturze zasiewów województwa warmińsko-mazurskiego w 2000 r. zajmowały 73% (533,1 tys. ha) [20]. Pszenicy uprawiano 174,6 tys. ha, udział jej w strukturze zbóż wynosił 33,3% (tab. 1). Mieszanki zbożowe zajmowały powierzchnię ponad 103 tys. ha.

**Tabela 1.** Powierzchnia uprawy i plony wybranych gatunków zbóż w województwie warmińsko-mazurskim w 2000 r.

Wyszczególnienie	Powierzchnia uprawy [tys. ha]	Plony [dt · ha <sup>-1</sup> ]
Zboża ogółem	533,0	24,9
Pszenica ozima	130,9	36,3
Żyto	88,8	18,7
Jęczmień jary	64,8	20,6
Owies	27,6	20,1

Plony zbóż wyniosły średnio 24,9 dt · ha<sup>-1</sup>. Pszenica dała plon najwyższy 36,3 dt · ha<sup>-1</sup>, najniższy żyto 18,7 dt · ha<sup>-1</sup>. Zbiory zbóż w województwie (1 328,2 tys. ton) stanowiły 5,8% krajowej produkcji ziarna. Udział rzepaku w powierzchni zasiewów wynosił w 2000 r. 6,7% (49,2 tys. ha).

Rzepak jary stanowił 24% powierzchni zasiewów. Plon średni rzepaku wyniósł 17,2 dt · ha<sup>-1</sup>, z tego rzepak ozimy dał 19,2 dt · ha<sup>-1</sup>, a jary 10,9 dt · ha<sup>-1</sup> (tab. 2).

**Tabela 2.** Powierzchnia uprawy i plony rzepaku, ziemniaków i buraka cukrowego w województwie warmińsko-mazurskim w 2000 r.

Wyszczególnienie	Powierzchnia uprawy [tys. ha]	Plony [dt · ha <sup>-1</sup> ]
Rzepak	49,2	17,7
Ziemniaki	35,5	206,0
Burak cukrowy	6,5	337,0

Areał uprawy ziemniaków w województwie w 2000 r. wynosił około 35,5 tys. ha, co stanowi ok. 5% w strukturze zasiewów. Plon ziemniaka wyniósł 206 dt · ha<sup>-1</sup>. W 2000 r. uprawiano w regionie 6,5 tys. ha buraka cukrowego, a plony wyniosły 337 dt · ha<sup>-1</sup>.

## Propozycje rozwoju

Na tle przedstawionych danych statystycznych nasuwa się kilka pytań dotyczących rozwoju obszarów wiejskich na Warmii i Mazurach:

- czy intensyfikować produkcję rolniczą w regionie, aby wydajnością plonów zbliżyć się do poziomu wydajności krajów UE?
- jaki będzie rynek zbytu dla żywnościowych produktów rolniczych?
- w jaki sposób zmniejszyć bezrobocie na obszarach wiejskich?

Zwiększanie produkcji ziarna zbóż, ziemniaka i buraka cukrowego jest mało realne, ponieważ na te produkty już obecnie i prawdopodobnie na przyszłym rynku krajowym i europejskim brak będzie zbytu.

Cytowane wyżej plony zbóż, ziemniaka, buraka cukrowego w regionie są średnio ponad 2-krotnie niższe niż w wielu krajach UE. Kraje te przewidują dalszy wzrost wydajności plonów podstawowych roślin rolniczych. Należy również uwzględnić na przyszłym rynku prawdopodobną konkurencję na produkty rolnicze ze strony Ukrainy i Rosji.

Region Warmii i Mazur wymaga produktu, który pozwoliłby rozwiązać podstawowe problemy obszarów wiejskich: pogłębiający się brak rynku zbytu na produkcję rolniczą i bezrobocie na wsi.

Według koncepcji Ciechanowicza [2, 3, 4] i naszych propozycji [28, 29, 30, 31], jedną z istotnych dróg rozwiązania wspomnianych problemów może być rozwój regionu oparty na surowcach pochodzenia roślinnego, przeznaczonych do przetwarzania przemysłowego, a zwłaszcza do produkcji bioenergii [24, 30, 34], na którą byłby nieograniczony zbyt.

Na znacznych arealach gruntów rolniczych w regionie można by uprawiać rośliny energetyczne o wysokiej produktywności [31]: wierzbę krzewiastą (*Salix* sp. L.), malwę pensylwańską (*Sida hermaphrodita* R.), trzcinę chińską (*Miscanthus sinensis giganteus*).

Natomiast na części najlepszych gruntów w regionie należałoby intensyfikować uprawę roślin rolniczych i podaż surowców do produkcji żywności.

Trzeba jednakże postawić kolejne pytanie [22]: czy będzie akceptacja społeczna dla wyłączania gruntów z produkcji rolniczej w celu wykorzystania ich do produkcji biomasy na cele energetyczne i przemysłowe?

Publikowane ekspertyzy Międzynarodowego Zespołu Specjalistów do Zmian Klimatu, a także szeregu innych instytucji, jednogłośnie stwierdzają, że w celu zachowania klimatu ziemskiego konieczne będzie znaczne zredukowanie emisji gazów cieplarnianych, a więc wprowadzenie w skali globalnej nowoczesnego systemu bioenergetycznego. Biomasa ma potencjalne możliwości, by w końcu obecnego stulecia stać się jednym z największych globalnych odnawialnych źródeł energii [1, 21, 35].

Aktualnie tworzy się rynek na paliwa pochodzenia biologicznego. W 1999 roku amerykańsko-kanadyjska firma Ballard powiadomiła, że istnieje rozwiązanie, które

pozwole potęgą motoryzacyjną od Tokio po Stuttgart do Detroit stopniowo uwolnić się od pól naftowych objętych stowarzyszeniem OPEC [2, 12]. Tym rozwiązaniem okazał się generator w postaci ogniwa paliwowego zasilanego bezpośrednio metanolem, który jest sposobem na dostarczenie wodoru do ogniwa [8, 12]. Ogniwa paliwowe dają praktycznie zerową emisję zanieczyszczeń.

Ale tylko metanol uzyskiwany w wyniku przetworzenia biomasy może być neutralny wobec efektu cieplarnianego. Doniesienia wskazują na możliwość produkowania metanolu z biomasy wierzby krzewiastej pozyskiwanej w krótkich rotacjach z plantacji polowych [4, 7]. Oznacza to, że metanol jako paliwo węglowodorowe staje się paliwem strategicznym w skali świata w sektorze transportu.

Etanol i ester metylowy oleju rzepakowego (biodiesel) nie będą paliwami perspektywicznymi, ponieważ mogą one znaleźć zastosowanie tylko przez pewien czas jako paliwo uzupełniające w silnikach wewnętrznego spalania [4], a ich koszt wytworzenia jest aktualnie wyższy niż paliw ropopochodnych [10].

Dane Stowarzyszenia Komercjalizacji Bioenergii w USA dowodzą, że można wytwarzać energię z biomasy, spełniając kryteria ekonomiczne, ochrony środowiska, stymulując jednocześnie rozwój obszarów wiejskich [19, 32].

O przydatności roślin do intensywnej uprawy na cele bioenergetyczne decydują:

- sprawność energetyczna uprawy – czyli stosunek energii zawartej w biomacie do energii potrzebnej do jej wytworzenia,
- rodzaj węglowodanów tworzących biomasę ( lignino-celuloza, lub cukry, skrobia) ze względu na sprawność procesu jej przetwarzania.

Przeprowadzone badania [16, 18] wykazały, że szybko rosnące wierzby krzewiaste (*Salix* sp.) dają bardzo wysoki współczynnik efektywności energetycznej, nawet ponaddziesięciokrotnie wyższy niż u jednorocznych roślin rolniczych przeznaczonych na rynek żywnościowy (zboża, burak cukrowy, ziemniak). Wyjaśnia to, dlaczego naukowcy szwedzcy [13, 23] i amerykańscy [5, 17], a za nimi plantatorzy w wielu krajach europejskich [15, 33] do celów energetycznych preferują na plantacjach polowych intensywną uprawę wierzby krzewiastej.

## Plantacje bioenergetyczne

---

Powstaje zasadnicze pytanie, czy w północnej Polsce w niedalekiej przyszłości będzie możliwa uprawa szybko rosnących wierzby krzewiastej na plantacjach polowych, pozyskiwanie biomasy oraz wytwarzanie z niej wtórnych nośników energii: paliw gazowych i płynnych?

Celem badań przeprowadzonych w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim było określenie plonowania, składu chemicznego i wartości kalorycznej drewna wybranych form *Salix* sp. w zależności od częstotliwości zbioru [28]. Określono sprawność energetyczną uprawy wierzby [16].



Wilgotność drewna *Salix* sp. pozyskanego z plantacji najwyższa była u pędów zbieranych co roku (52,86%), istotnie malała w cyklu zbioru 2-letnim i 3-letnim odpowiednio 49,62 i 46,05% (tab. 3).

**Tabela 3.** Wilgotność i plon suchej masy drewna *Salix* sp., jego wartość kaloryczna oraz zawartość popiołu

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
Wilgotność drewna [%]	52,86	49,62	46,05
Plon suchej masy drewna [dt · ha <sup>-1</sup> · rok <sup>-1</sup> ]	149	161	216
Wartość kaloryczna drewna [MJ · kg <sup>-1</sup> s.m.]	18,55	19,25	19,56
Popiół [%]	1,89	1,37	1,28

Plon suchej masy drewna *Salix* sp. w doświadczeniu u badanych klonów wahał się od 110 do 264 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>. Najwyższy był on przy zbiorze roślin co 3 lata (216 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup>) (tab. 3). Plony te są porównywalne z wynikami, które aktualnie uzyskuje się w doświadczeniach polowych w innych krajach [5, 14, 23]. Produktywność komercyjnych energetycznych plantacji wierzb założonych na gruntach ornym w Szwecji utrzymuje się na poziomie 12–18 t · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup> s.m. drewna [9].

Wartość kaloryczna drewna była słabo zróżnicowana, ale wykazano tendencję do wzrostu wartości tej cechy przy wydłużaniu cyklu zbioru (tab. 3). Kaloryczność drewna zbieranego co roku wyniosła średnio 18,55 MJ · kg<sup>-1</sup> s.m., a co 3 lata 19,56 MJ · kg<sup>-1</sup> s.m.

Zawartość popiołu po spopieleniu drewna malała średnio od 1,89% przy zbiorze pędów co roku do 1,37% i 1,28% odpowiednio w cyklu 2- i 3-letnim.

Zawartość celulozy w drewnie była najwyższa przy zbiorze roślin co 3 lata średnio 55,94%, malała wraz z przyspieszaniem cyklu do 2-letniego (48,02%) i rocznego (45,58%) (tab. 4). Zawartość lignin najwyższa była w drewnie pozyskiwanym w cyklu 3-letnim – 13,79%.

**Tabela 4.** Skład chemiczny drewna [%] s.m. *Salix* sp.

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
Celuloza	45,58	48,02	55,94
Ligniny	13,44	12,38	13,79
Hemicelulozy	13,53	13,39	13,96

Zawartość hemiceluloz w drewnie pozyskiwanym w cyklu rocznym wyniosła średnio 13,44%, a w 3-letnim 13,96%.

Bardzo wysoka produktywność drewna *Salix* sp., wysoka w nim zawartość celulozy i lignin sprawia, że rośliny te mogą być interesującym surowcem do produkcji

metanolu [7, 27]. Produkcja metanolu z drewna jest stosunkowo intensywna, ponieważ zarówno celulozę, jak i ligniny w procesie technologicznym chemicznego przetwarzania zamienia się na wtórne nośniki energii [25]. Dane cytowane przez Ciechanowicza [3] wskazują, że z 2,6 tony suchego drewna uzyskuje się 1 tonę metanolu, a sprawność procesu przetwarzania wynosi około 40%. Zdaniem niektórych autorów [4, 7] metanol produkowany między innymi z biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych będzie miał znaczący udział na przyszłym rynku paliw.

Nakłady energetyczne poniesione na założenie plantacji i zbiór roślin wynosiły  $12,13 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  przy corocznym zbiorze roślin,  $18,55 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  przy zbiorze co 2 lata i  $29,98 \text{ GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$  przy zbiorze pędów co 3 lata (tab. 5).

**Tabela 5.** Struktura nakładów energetycznych *Salix* sp. w różnych cyklach zbioru

Rodzaj danych	Częstotliwość zbioru pędów		
	co rok	co 2 lata	co 3 lata
Nakłady energii [ $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	12,13	18,55	29,98
Plon suchej masy drewna [ $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	149	321	646
Wartość energetyczna plonu [ $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	276,4	617,9	1263,5
Sprawność energetyczna uprawy*	22,8	33,3	42,14

\*Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wydajności energetycznej plonu do nakładów energii poniesionych na uprawę.

Sprawność energetyczna wyrażona stosunkiem wartości energetycznej uzyskanego plonu do sumarycznych nakładów energetycznych poniesionych na uprawę (m.in. nawozy, zbiór biomasy i transport) zawarty był w przedziale od 22,8, przy zbiorze roślin co roku, do 42,14, gdy rośliny zbierano w cyklu 3-letnim (tab. 5).

Sprawność energetyczna uprawy wierzby krzewiastej zbieranej w cyklach trzyletnich jest ponadjedenastokrotnie wyższa niż przy uprawie rzepaku i ośmiokrotnie wyższa niż przy uprawie pszenżyta ozimego (tab. 6).

**Tabela 6.** Porównanie sprawności energetycznej uprawy rzepaku, pszenżyta oraz wierzby krzewiastej

Rodzaj danych	Rzepak* Kotowski, Weber 2000	Pszenżyto* [4]	Wierzba, zbiór co 3 lata (w przeliczeniu na rok)
Nakłady energii na uprawę [ $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	20,05	16,34	9,99
Plon suchej masy [ $\text{dt} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	27,0	45,0	215,3
Wartość kaloryczna [ $\text{MJ} \cdot \text{kg}^{-1}$ s.m.]	27,80	18,50	19,56
Wartość energetyczna plonu [ $\text{GJ} \cdot \text{ha}^{-1}$ ]	75,06	83,25	421,2
Sprawność energetyczna uprawy	3,74	5,09	42,16

\* Nie uwzględniono wartości energetycznej słomy.

**Tabela 7.** Sprawność energetyczna przetworzenia nasion rzepaku, ziarna pszenżyta i biomasy wierzby na paliwa płynne

Rodzaj danych	Rzepak	Pszenżyto	Wierzba
Sprawność energetyczna uprawy	3,74	5,09	42,16
Sprawność przetwarzania	0,40	0,40	0,40
Sprawność energetyczna po przetworzeniu	1,49	2,04	16,86

Sprawność energetyczna po przetworzeniu biomasy do metanolu wynosi 16,9 (tab. 7). Hartmann [11] wykazał, że sprawność energetyczna po przetworzeniu buraka cukrowego do etanolu wynosi 1,3; nasion prosa do metanolu 5,0; a biomasy trzciny chińskiej do metanolu 19,7. Sprawność biologicznego przetwarzania ziarna zbóż do etanolu nie przekracza praktycznie 40% [26], podczas gdy sprawność przetwarzania chemicznego biomasy wierzby energetycznej może wg prognoz osiągnąć 50% [4, 27].

## Podsumowanie

Prognozy wskazują, że już na początku drugiej dekady naszego wieku odnawialne źródła energii, w tym biomasa pozyskiwana na gruntach rolniczych, będą odgrywały znaczącą rolę na rynku energetycznym. Na podstawie wzorów innych krajów również w regionie Warmii i Mazur są potrzebne działania mające na celu wdrożenie nowej polityki rolnej, nastawionej na rozwój tak zwanego rolnictwa nieżywnościowego (ang. non-food-production), produkującego rośliny do energetycznego i przemysłowego wykorzystania, uzupełniające produkcję żywności i pasz.

Wstępne wyniki badań uzyskane w Uniwersytecie Warmińsko-Mazurskim są bardzo obiecujące, wyselekcjonowane klony wierzb krzewiastych w doświadczeniu polowym w warunkach intensywnej uprawy dały od 110 do 260 dt · ha<sup>-1</sup> · rok<sup>-1</sup> suchej masy drewna. Wykazano, że sprawność energetyczna uprawy wierzby może być nawet ponaddziesięciokrotnie wyższa niż rzepaku ozimego.

Przeprowadzono również badania zgazowywania biomasy wierzb krzewiastych w prototypowym termogeneratorze o mocy 2,5 MW termicznych. W układzie tym gaz niskokaloryczny, powstały ze zgazowywania biomasy, zasila zespół palników systemu grzewczego, zdolnego zaopatrywać w ciepło grzewcze około 100 domów jednorodzinnych.

Przewiduje się, że po 2010 roku gaz niskokaloryczny pozyskiwany z biomasy wierzb krzewiastych, którego skład stanowi głównie tlenek węgla, może być wykorzystany na skalę przemysłową do syntezy metanolu oraz w ogniach ceramicznych do wytwarzania energii elektrycznej i ciepła grzewczego.

Potrzebne są w regionie połączone wysiłki: nauki, administracji państwowej i samorządowej oraz mediów w celu wdrożenia i propagowania nowych rozwiązań w zakresie wykorzystania biomasy do wytwarzania energii, co spowoduje postęp rolniczy, przemysłowy, ekologiczny i społeczny.

- [1] Ahl C. 1994. Rahmenbedingungen und Stand der Anwendung der Bioenergie in Europa. W: „Energetische Nutzung von Biomasse – Im Konsens mit Osteuropa. Hrsg. Forum für Zukunftstnergien e.V. Bonn, 28: 58–65.
- [2] Ciechanowicz W. 2001. Bioenergia a energia jądrowa. Wyższa Szkoła Informatyki Stosowanej i Zarządzania. Warszawa. Seria Monografie: 350 ss.
- [3] Ciechanowicz W. 2001. Metanol zastąpi ropę naftową? *Aura* 6: 4–7.
- [4] Ciechanowicz W. 2002. Biopaliwa. *Aura* 2: 7–10.
- [5] Cook J., Beyea J. 2000. Bioenergy in the United States: progress and possibilities. *Biomass Bioenergy* 18(6): 441–455.
- [6] Drift A. van der, Doorn J. van, Vermeulen J.W. 2001. The residual biomass fuels for circulating fluidized-bed gasification. *Biomass Bioenergy* 20(1): 45–50.
- [7] Foran B. 2001. Developing a Biofuel Economy in Australia by 2025. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26–29, 2001: 11–17.
- [8] Geyer B. 2001. A fuel cell primer. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26–29, 2001: 3–11.
- [9] Gigler J.K., Meerdink G., Hendrix E.M.T. 1999. Willow supply strategies to energy plants. *Biomass Bioenergy* 17(3): 185–198.
- [10] Groscurth H.-M., Almeida A.de, Bauen A., Costa F.B., Ericson S.-O., Giegrich J., Grabczewski N.von, Hall D.O., Hohmeyer O., Jörgensen K., Kern C., Kühn I., Löfstedt R., Silva Mariano J. da, Mariano P.M.G., Meyer N.I., Nielsen P.S., Nunes C., Patyk A., Reinhardt G.A., Rosillo-Calle F., Scrase I., Widmann B. 2000. Total costs and benefits of biomass in selected regions of the European Union. *Energy* 25(11): 1081–1095.
- [11] Hartmann H. 1995. Biomasse im Vergleich zu den ubrigen Verfahren der erneuerbaren Energienutzung *Landtechnik* 50(1): 22–23.
- [12] Iseberg G., Edinger R., Ebner J. 2001. Renewable Energies for Climate Benign Fuel Production – Powering Fuel Cell Vehicles. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26–29, 2001: 31–33.
- [13] Johansson J., Lundqvist U. 1999. Estimating Swedish biomass energy supply. *Biomass Bioenergy* 17(2): 85–93.
- [14] Jossart J.M., Ledent J.F. 1999. Short rotation coppice of willow and shelterbelt effect. Biomass a growth opportunity in green energy and value-added products. (Overend R.P., Chornet E. red.). Proc. of 4th Biomass Conference of the Americas. Pergamon: 47–53.
- [15] Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M. 2001. Costs nad profitability of fast-growing willow coppice production in different harvesting cycles. *Economic Sciences* 4: 45–52.
- [16] Kisiel R., Szczukowski S., Stolarski M. 2001. Energy consumption in production of bushy willow *Salix* sp. cultivated on arable land. *Economic Sciences* 4: 35–44.
- [17] Kopp R.F., Abrahamson L.P., White E.H., Volk T.A., Nowak C.A., Filhart R.C. 2001. Willow biomass production during ten successive annual harvests. *Biomass Bioenergy* 20(1): 1–7.
- [18] McCracken A.R., Dawson W.M., Bowden G. 2001. Yield responses of willow (*Salix*) grown in mixtures in short rotation coppice (SRC). *Biomass Bioenergy* 21(5): 311–319.



- [19] Novak C.A., Volk T.A., Ballard B., Abrahamson L.P., Filhart R.C., Kopp R.F., Bickelhaupt D., White E.H. 1999. The role and process of monitoring willow biomass plantations. (Overend R.P, Chornet E. red.). Proc. of 4th Biomass Conference of the Americas. Pergamon: 25–29.
- [20] Praca zbiorowa. 2001. Kierunki produkcji żywności w województwie warmińsko-mazurskim w kontekście integracji z Unią Europejską. Warmińsko-Mazurski Urząd Wojewódzki. Olsztyn, czerwiec 2001.
- [21] Praca zbiorowa. 2001. Gute Karten für Biomasse. Hohe Preise für Öl und Gas stärken ihre Nutzung. *DLZ-Agrarmagazin* 52(11): 86–89.
- [22] Rösch Ch., Kaltschmitt M. 1999. Energy from biomass – do non-technical barriers prevent an increased use? *Biomass Bioenergy* 16(5): 347–356.
- [23] Rosenqvist H., Roos A., Ling E., Hektor B. 2000. Willow growers in Sweden. *Biomass Bioenergy* 18(2): 137–145.
- [24] Schuster G., Schuster G., Löffler G., Weigl K., Hofbauer H. 2001. Biomass steam gasification – an extensive parametric modeling study. *Bioresour Technol.* 77(1): 71–79.
- [25] Sethi P., Chaundry S., Unnash S. 1999. Methanol production from biomass using the hynol process. W: Biomass – a growth opportunity in green energy and value-added products. (Overend P., Chornet E. red.). Pergamon: 833–836.
- [26] Sonnenberg H., Graef M., Ahlgrimm H.J., Dervede W. 1997. Biomasse als Brennstoff – Bereitsellung, Bilanzierung, Umweltaspekte. *Landbauforsch. Völkenrode Mitteilungen und Informationen* 47(1): 4–5.
- [27] Suresh B. Babu, Remick R.J. 2001. Biomass gasification for fuel cells. International Workshop on „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw Palais Staszic, September 26–29, 2001: 17–31.
- [28] Szczukowski S., Tworkowski J., Klasa A., Stolarski M. 2001. Willow plantation for energy purpose in north region of Poland. International Workshop „Bioenergy for Rural Area Development”. Warsaw, Palais Staszic, Sept. 26–29, 2001: 61–68.
- [29] Szczukowski S., Tworkowski J., Kwiatkowski J. 1998. Możliwości wykorzystania biomasy *Salix* sp. pozyskiwanej z gruntów ornyczych jako ekologicznego paliwa oraz surowca do produkcji celulozy i płyt wiórowych. *Post. Nauk Rol.* 2: 53–63.
- [30] Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M., Kisiel R., Leniec K. 2001. Wytwarzanie energii cieplnej w zgazowarce pirolitycznej z biomasy wierzb krzewiastych. *Problemy Inżynierii Rol.* 4: 29–36.
- [31] Szczukowski S., Tworkowski J., Piechocki J. 2001. Nowe trendy wykorzystania biomasy pozyskiwanej na gruntach rolniczych do wytwarzania energii. *Post. Nauk Rol.* 6: 87–96.
- [32] Tuskan G.A. 1998. Short-rotation woody crop supply systems in the United States: what do we know and what do we need to know? *Biomass Bioenergy* 14(4): 307–315.
- [33] Vries E. De. 2000. Biomass energy trying to get a firmer footing in the Netherlands. *New Energy* 3: 36–38.
- [34] Warnecke R. 2000. Gasification of biomass: comparison of fixed bed and fluidized bed gasifier. *Biomass Bioenergy* 18(6): 489–497.
- [35] Yamamoto H., Fujino J., Yamaji K. 2001. Evaluation of bioenergy potential with a multi-regional global-land-use-and-energy model. *Biomass Bioenergy* 21(3): 185–203.

## **Production of crop for biomass energy in Warmia and Mazury region – current status and perspectives**

---

**Key words:** agricultural land, crop production, many years' plantations, cop-pice willow, energy efficiency of biomass transformation, liquid fuel, biomethanol

### Summary

According to some prognoses the renewable energy sources (including biomass from agricultural land) will play an important role on energy market in the second decade of 21<sup>st</sup> century. On the basis of achievements in other countries it may be concluded that also in Warmia and Mazury region some activities should be undertaken to introduce new agricultural policy oriented towards promotion of growing of non-food crops i.e. for industrial or energy production purposes which could be considered as the supplementary crops.

Results of preliminary studies carried out at the University of Warmia and Mazury in Olsztyn are very promising because some selected willow clones at application of intensive growing methods gave the yield ranging from 11.0 to 26.0 t · ha<sup>-1</sup> · year<sup>-1</sup> of wood dry matter. It was found that the efficiency of willow growing in terms of energy output might be 10 times higher as comparing to growing of winter oil rape.

Some studies concentrated on gasifying of willow biomass were carried out. Thermo-generator of 2.5 MW was constructed, where low caloric gas supplies the set of burners which are capable to heat 100 family houses.

It is predicted that in 2010 this low caloric gas generated from willow biomass (with high content of carbon oxide) will be utilized on industrial scale to methanol synthesis and in ceramic cells to production of electricity and heat.

Join efforts of local authorities, scientists and mass media are necessary to implement the new solution of biomass utilization for energy purposes and other market products what finally should generate substantial progress in agriculture, environmental protection and enable to help in solving important social problem on rural areas.