

Ewa Krasuska, Antoni Faber

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

CENY BIOMASY A OPLACALNOŚĆ WIELOLETNICH UPRAW ENERGETYCZNYCH*

Słowa kluczowe: ceny biomasy, potencjał ekonomiczny, wieloletnie uprawy energetyczne

Wstęp

Wykorzystanie biomasy stałej do produkcji energii jest jednym z podstawowych kierunków rozwoju sektora odnawialnych źródeł energii (OZE) w Polsce. Zasobom biomasy przypisano istotne znaczenie dla realizacji celów „Polityki energetycznej Polski do roku 2030” oraz zobowiązań wynikających z unijnego „Pakietu energetyczno-klimatycznego”, dotyczących wzrostu udziału OZE w finalnym zużyciu energii w Polsce do poziomu co najmniej 15% w 2020 r.

Energetyka zawodowa wykorzystuje głównie zasoby biomasy leśnej oraz w mniejszym stopniu pozostałości z produkcji rolniczej (słoma). Jednak realizacja celów krajowej polityki energetycznej wymagać będzie w kolejnych latach uruchomienia produkcji biomasy z upraw celowych. Chodzi przede wszystkim o plantacje wieloletnie wierzby, miskanta i ślazuwca pensylwańskiego. Potencjał gruntów odpowiednich dla tych upraw kształtuje się na poziomie 1,6 mln ha (5). Tymczasem rzeczywisty areał wieloletnich roślin energetycznych w Polsce wynosi obecnie około 7 tys. ha i nie rozwija się dalej. Podobną stagnację obserwuje się w innych krajach Unii Europejskiej. Przyczyny tego stanu są złożone, jednak brak opłacalności produkcji oraz ryzyko ekonomiczne związane z nowym kierunkiem produkcji należy uznać za jedne z najbardziej istotnych barier.

Dotychczas większość opracowań podejmujących zagadnienia ekonomiki upraw energetycznych dotyczyła przede wszystkim kalkulacji kosztów produkcji biomasy oraz ocen opłacalności produkcji biomasy w odniesieniu do upraw konwencjonalnych (3, 6, 7, 11, 12, 18). Tymczasem ważnym elementem ekonomiki wieloletnich upraw

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.4 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

energetycznych są także koszty ryzyka związanego z podjęciem nowego kierunku produkcji przez rolników.

Celem niniejszego opracowania jest wyznaczenie cen biomasy zapewniających opłacalność i konkurencyjność wieloletnich upraw energetycznych, w tym premii kompensujących ryzyko związane z podjęciem nowej gałęzi produkcji przez rolników. Otrzymane wyniki stanowią będą podstawę wyznaczenia potencjału ekonomicznego produkcji biomasy z upraw energetycznych w Polsce.

Materiał i metodyka

W pracy wykorzystano dane wynikowe Powszechnego Spisu Rolnego (PSR) z 2002 r. dla 2172 gmin wiejskich w Polsce. Dane dotyczyły: struktury użytkowania ziemi, struktury zasiewów, powierzchni gospodarstw rolnych, pogłowia zwierząt, udziału osób w wieku mobilnym oraz udziału osób z wyższym wykształceniem wśród właścicieli gospodarstw. Wykorzystano także wartości sprzedanej produkcji towarowej oraz wartości nakładów na bieżącą działalność rolniczą w poszczególnych gminach.

W odniesieniu do upraw energetycznych w badaniach wykorzystano plony roślin energetycznych i koszty produkcji biomasy pochodzące z bazy IUNG-PIB, a także dane o gruntach potencjalnie dostępnych dla upraw energetycznych oszacowanych na poziomie gmin. Dane dotyczyły: wierzby (*Salix viminalis*), miskanta (*Miscanthus x giganteus* i *Miscanthus sinensis*), ślazuwca pensylwańskiego (*Sida hermaphrodita*) oraz wierzby uprawianej w systemie Eko-Salix na trwałych użytkach zielonych.

W celu wyznaczenia premii za ryzyko skorzystano z bazy danych Sieci Danych Rachunkowych Gospodarstw Rolnych (FADN) dla roku 2007 obejmującej 12038 indywidualnych gospodarstw rolnych. Wybrano gospodarstwa należące do typów rolniczych: AB – uprawy polowe (2728 gospodarstw), F – krowy mleczne (816 gospodarstw), H – zwierzęta ziarnożerne (1662 gospodarstwa), oraz I – mieszane (4432 gospodarstwa). Łącznie wybrane gospodarstwa stanowią 80% próby gospodarstw indywidualnych FADN dla roku 2007.

Metodyka badań obejmuje dwa główne elementy: metodę szacowania cen równowagi oraz metodę szacowania premii za ryzyko, które wypadkowo składają się na cenę końcową biomasy.

Dla wyznaczenia cen równowagi przyjęto założenie, że rolnicy będą zainteresowani uprawą roślin energetycznych, tylko wówczas, gdy wynik ekonomiczny z produkcji biomasy będzie co najmniej równy wynikowi uzyskiwanemu z dotychczasowej produkcji. Mając powyższe na uwadze, ceny biomasy w gminach wyznaczono według równania 1.

$$Cena_E = \frac{(Produkcja_T - Nakłady_B) + Koszty_E}{Plon_E} \quad [1],$$

gdzie:

$Cena_E$ – cena biomasy z upraw energetycznych (zł·t⁻¹ s.m.),

$Produkcja_T$ – wartość sprzedanej produkcji towarowej rolnictwa w gminie przeliczona na powierzchnię użytków rolnych gminy (zł·ha⁻¹),

$Nakłady_B$ – wartość nakładów na bieżącą działalność rolniczą w gminie przeliczona na powierzchnię użytków rolnych gminy (zł·ha⁻¹),

$Koszty_E$ – koszt produkcji biomasy z upraw energetycznych (zł·ha⁻¹),

$Plon_E$ – plon upraw energetycznych (t·ha⁻¹ s.m.).

$Cena_E$ równoważąca nadwyżkę z bieżącej działalności rolniczej oraz koszty produkcji biomasy, wyznaczona na poziomie gmin, nazywana jest dalej ceną równowagi. Wyrażona jest ona w odniesieniu do jednostek energetycznych (zł·GJ⁻¹).

Ceny równowagi szacowano dla roku 2002, a następnie korygowano do wartości z roku 2007 w oparciu o indeks wartości dla 2007 i 2002 roku dla wartości produkcji towarowej w województwach oraz zużycie pośrednie na 1 ha użytków rolnych.

Do wyznaczenia premii za ryzyko dla produkcji biomasy podejmowanej w miejsce dotychczasowej produkcji rolniczej zastosowano metodę efektywności stochastycznej ze względu na funkcję (ang. *stochastic efficiency with respect to a function*), opracowaną przez Hardakera i in. (9). Produkcję biomasy z upraw energetycznych porównywano do następujących konwencjonalnych kierunków produkcji rolnej: uprawy polowe, produkcja wielokierunkowa, chów bydła mlecznego, chów trzody chlewnej. Dane wejściowe obejmowały zestaw nadwyżek bezpośrednich wyznaczonych dla każdego kierunku produkcji w przeliczeniu na hektar użytków rolnych gospodarstw (zł·ha⁻¹). Analizę wykonano z zastosowaniem programu SIMETAR (17).

Do cen równowagi dla biomasy w gminach dodano premie kompensujące ryzyko, otrzymując w ten sposób ceny końcowe biomasy. Ceny końcowe wyznaczono dla roku 2007.

Całą populację gmin wiejskich w Polsce podzielono na skupienia ze względu na dominujący charakter produkcji rolniczej. Zastosowano analizę skupień w oparciu o aglomerację metodą Warda. Wyodrębnienie skupień umożliwiło wyznaczenie cen biomasy w grupach gmin o różnej typologii rolnictwa.

Badano także wpływ cech charakteryzujących rolnictwo w gminach na kształtowanie się cen biomasy. Analizę wykonano dla cen równowagi biomasy dla roku 2007 w odniesieniu do całej populacji gmin. Wykorzystano sieć neuronową z propagacją wsteczną. Analizę wykonano z zastosowaniem programu NN MODEL.

Praca ma charakter metodyczny i może być wykorzystana w doradztwie rolniczym, co wydaje się istotne wobec nowej roli sektora rolniczego traktowanego jako dostawcy surowca dla energetyki. Opracowana metoda ułatwia wyznaczenie ceny

dla biomasy pochodzenia rolniczego wyprodukowanej w kraju. Jest to ważne wobec ustanowionych w Polsce wymogów prawnych dotyczących wykorzystania biomasy rolniczej w energetyce.

Wyniki badań

Ceny równowagi w skupieniach gmin o różnym typie produkcji rolniczej

Całą populację gmin wiejskich w Polsce podzielono na cztery skupienia ze względu na typologię rolnictwa:

- skupienie K-1, w którym dominuje produkcja roślinna (985 gmin),
- skupienie K-2, w którym produkcja ma charakter wielokierunkowy (798 gmin),
- skupienie K-3, w którym dominuje chów bydła mlecznego (248 gmin),
- skupienie K-4, w którym dominuje chów trzody chlewnej (140 gmin).

W skupieniach z dominującą produkcją roślinną (K-1) oraz wielokierunkową (K-2) znajduje się ponad 80% całkowitej powierzchni gruntów odpowiednich dla wieloletnich plantacji energetycznych gruntów. Pozostała część gruntów dostępnych dla upraw energetycznych należy do skupień gmin z produkcją zwierzęcą.

Ceny równowagi dla biomasy wyznaczone dla skupień gmin odpowiadających różnym typom rolniczym przedstawiono w tabeli 1; rozkłady cen w poszczególnych skupieniach nie spełniają założenia o normalności, stąd podano mediany.

Dla analizowanych roślin energetycznych najniższe mediany cen równowagi uzyskano w skupieniu gmin z produkcją wielokierunkową (K-2). Podjęcie produkcji roślin energetycznych w tym przypadku wiąże się ze stosunkowo niskimi cenami biomasy, by zapewnić wyniki ekonomiczne na poziomie dotychczasowej produkcji rolniczej. Wyższe ceny biomasy uzyskano dla skupienia odpowiadającego produkcji roślinnej (K-1). Na zbliżonym poziomie kształtują się mediany cen w skupieniu z chowem bydła (K-3). Gminy należące do skupienia z dominującą produkcją trzody chlewnej (K-4) charakteryzują się wyraźnie najwyższymi medianami cen równowagi. Oznacza to, że gminy specjalizujące się w chowie trzody chlewnej uzyskały znacząco wyższe nadwyżki niż pozostałe typy rolnicze. Cena biomasy w tym przypadku musi być odpowiednio wysoka, by zachęcić rolników do podjęcia nowego kierunku produkcji.

Tabela 1

Mediany cen równowagi dla biomasy (zł·GJ⁻¹) w skupieniach rolniczych gmin dla roku 2007

Skupienie rolnicze	Wierzba	Miskant	Ślazieriec	Wierzba Eko-Salix
K-1 roślinna	13,37	14,60	18,66	12,51
K-2 wielokierunkowa	10,90	12,85	16,31	9,57
K-3 bydło	14,57	15,62	20,07	14,45
K-4 trzoda chlewna	23,33	22,68	29,03	30,02

Źródło: opracowanie własne

Premia za ryzyko dla produkcji biomasy w odniesieniu do różnych typów produkcji rolniczej

Analizę ryzyka przeprowadzono na podstawie rzeczywistych nadwyżek bezpośrednich z konwencjonalnych działalności rolniczych w indywidualnych gospodarstwach rolnych FADN oraz hipotetycznych nadwyżek z produkcji biomasy wyznaczonych w oparciu o ceny równowagi dla biomasy w gminach. Tabele 2 i 3 zawierają mediany nadwyżek dla trzech losowych prób danych.

W gospodarstwach indywidualnych specjalizujących się w chowie krów mlecznych (typ F) oraz zwierząt ziarnożernych (typ H), co w warunkach polskich odpowiada głównie trzodzie chlewnej, mediany nadwyżek bezpośrednich przyjmują wartości wyraźnie wyższe niż pozostałe typy gospodarstw (tab. 2). Oznacza to, że produkcja zwierzęca była w warunkach roku 2007 znacznie bardziej dochodowa niż produkcja roślinna bądź wielokierunkowa. Najniższe wyniki uzyskały gospodarstwa mieszane (typ I), co zapewne związane jest z brakiem wyraźnej specjalizacji produkcji.

Tabela 2

Mediany nadwyżek bezpośrednich (zł·ha⁻¹) użytków rolnych gospodarstwa dla trzech losowych prób indywidualnych gospodarstw FADN z uwzględnieniem typu produkcji rolniczej

	Typ AB uprawy polowe	Typ F krowy mleczne	Typ H zwierzęta ziarnożerne	Typ I mieszane
Próba 1	2 966,06	3 931,29	3 252,13	2 626,73
Próba 2	3 014,59	3 798,37	3 259,30	2 725,19
Próba 3	2 714,85	3 927,83	3 193,88	2 824,71

Źródło: opracowanie własne

Dla produkcji biomasy oszacowane hipotetyczne nadwyżki (tab. 3) są wypadkową cen równowagi biomasy wyznaczonych w poszczególnych skupieniach gmin. Wyraźnie największe mediany nadwyżek otrzymano w skupieniu gmin z dominującą produkcją trzody chlewnej (K-4). W gminach z dominującym chowem bydła (K-3) produkcja biomasy charakteryzuje się znacząco mniejszymi nadwyżkami niż w skupieniu z trzodą chlewną (K-4), co jest odwrotną relacją niż w przypadku gospodarstw indywidualnych z bazy FADN (tab. 2). Najmniejsze mediany nadwyżek otrzymano dla gmin należących do skupienia z produkcją wielokierunkową (K-2). Jest to podobna tendencja jak dla gospodarstw indywidualnych.

Tabela 3

Mediany nadwyżek bezpośrednich (zł·ha⁻¹) dla produkcji biomasy dla trzech losowych prób gmin z uwzględnieniem typologii rolnictwa

	K-1 roślinna	K-2 wielokierunkowa	K-3 bydło	K-4 trzoda chlewna
wierzba				
Próba 1	1 023,35	894,30	1 443,93	3 176,04
Próba 2	1 052,51	953,26	1 416,43	3 294,47
Próba 3	1 057,71	736,08	1 429,42	3 316,61
miskant				
Próba 1	1 011,86	886,85	1 476,80	3 166,26
Próba 2	1 050,77	963,04	1 434,76	3 286,34
Próba 3	1 048,86	721,48	1 447,97	3 308,47
ślazowiec				
Próba 1	1 014,23	888,55	1 474,30	3 168,78
Próba 2	1 052,83	962,96	1 434,37	3 288,73
Próba 3	1 050,74	723,88	1 447,80	3 310,86
wierzba Eko-Salix				
Próba 1	1 017,86	936,64	1 357,43	3 213,21
Próba 2	1 033,33	934,37	1 344,02	3 301,42
Próba 3	1 056,31	768,11	1 354,88	3 334,37

Źródło: opracowanie własne

Tabela 4 zawiera wartości średnie premii za ryzyko dla produkcji biomasy. Premie dla biomasy przyjmują wartości dodatnie. Wyraźnie najwyższe premie otrzymano dla typu rolniczego chów bydła (K-3). Gospodarstwa indywidualne prowadzące chów bydła mlecznego otrzymują najwyższe nadwyżki bezpośrednie (tab. 2), dlatego podjęcie produkcji biomasy w miejsce dotychczasowej działalności wymaga kompensacji w formie wysokiej premii za ryzyko.

W odniesieniu do chowu trzody chlewnej otrzymano niskie wartości premii za ryzyko dla biomasy. Nadwyżki bezpośrednie z produkcji biomasy wyznaczone w oparciu o ceny równowagi w gminach w skupieniu z dominującą produkcją trzody chlewnej (K-4) są na tyle wysokie (tab. 3), że wymagana jest niewielka dodatkowa premia.

Premie odpowiadające produkcji roślinnej oraz produkcji wielokierunkowej pozostają na zbliżonym do siebie poziomie dla poszczególnych roślin energetycznych.

Premie za ryzyko przyjmują różne wartości dla poszczególnych upraw energetycznych. Zdecydowanie najwyższe premie wyznaczono dla wierzby Eko-Salix. Łączy się to z największym wśród badanych roślin zróżnicowaniem cen równowagi dla tej rośliny wyznaczonych w gminach.

Tabela 4

Wartości średnie premii za ryzyko dla biomasy ($\text{zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$) z uwzględnieniem typów produkcji rolniczej

	K-1 roślinna	K-2 wielokierunkowa	K-3 bydło	K-4 trzoda chlewna
Wierzba	8,75	8,45	11,50	1,15
Miskant	7,07	6,82	9,24	0,94
Ślázowiec	9,32	9,00	12,19	1,24
Wierzba Eko-Salix	14,53	14,01	19,39	1,83

Źródło: opracowanie własne

Ceny końcowe biomasy uwzględniające premie za ryzyko

Ceny końcowe biomasy stanowią sumę cen równowagi oraz premii za ryzyko. Mediany cen końcowych przedstawiono w tabeli 5.

Tabela 5

Mediany cen końcowych biomasy ($\text{zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$) z uwzględnieniem typów produkcji rolniczej

	Wierzba	Miskant	Ślázowiec	Wierzba Eko-Salix
K-1 roślinna	22,13	21,67	27,98	27,04
K-2 wielokierunkowa	19,35	19,68	25,31	23,58
K-3 bydło	26,07	24,85	32,26	33,84
K-4 trzoda chlewna	24,49	23,63	30,27	31,85

Źródło: opracowanie własne

W gospodarstwach należących do typu z produkcją wielokierunkową (K-2) ze względu na brak wyraźniej specjalizacji, by zachęcić rolników do podjęcia produkcji biomasy, należy zaproponować cenę na poziomie około $20 \text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$ w odniesieniu do wierzby i miskanta oraz $24\text{--}25 \text{ zł}\cdot\text{GJ}^{-1}$ odpowiednio w odniesieniu do wierzby Eko-Salix oraz ślázowca. Zupełnym przeciwieństwem są gospodarstwa wyspecjalizowane w produkcji zwierzęcej. Poniosły one znaczące inwestycje na infrastrukturę związaną z chowem zwierząt i uzyskują znacznie lepsze wyniki ekonomiczne. Tam warunkiem koniecznym, by zainteresować rolników uprawami na cele energetyczne są znacznie wyższe ceny końcowe biomasy.

Ceny końcowe biomasy są silnie zróżnicowane ze względu na rodzaj upraw energetycznych. W każdym typie rolniczym mediany cen wierzby i miskanta kształtują się na niższym poziomie niż ceny końcowe wyznaczone w odniesieniu do ślázowca i wierzby Eko-Salix. W znaczącym stopniu jest to uwarunkowane kosztami produkcji i plonami biomasy. W przypadku miskanta średnioroczne koszty produkcji biomasy kształtują się na stosunkowo wysokim poziomie, jednak wysoki plon powoduje, że wypadkowa cena końcowa miskanta jest porównywalna z ceną wierzby. Ślázowiec wymaga podobnie jak miskant wysokich średniorocznych kosztów produkcji, jednak uzyskuje znacznie niższe plony (porównywalne do wierzby), co generuje wysoką cenę

końcową. Uprawa wierzby Eko-Salix charakteryzuje się bardzo niskimi kosztami produkcji, jednak w zestawieniu z najniższymi wśród analizowanych roślin plonami, uzyskano wysoką cenę końcową.

Udział premii za ryzyko w cenie końcowej biomasy jest różny w poszczególnych typach rolniczych gmin (rys. 1). Dla typu rolniczego z dominującą produkcją roślinną udział premii w cenie końcowej wynosi 33% w przypadku miskanta i ślázowca, 40% w przypadku wierzby na gruntach ornych i 54% dla wierzby Eko-Salix.

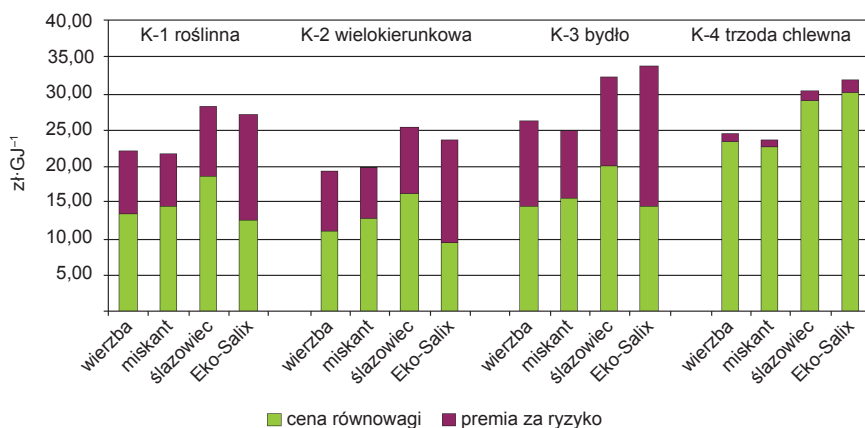
W skupieniu gmin, w którym brak wyraźnie dominującego kierunku produkcji rolniczej (K-2) otrzymano najniższe ceny równowagi. Wyznaczone premie za ryzyko stanowią 35 i 36% odpowiednio dla miskanta i ślázowca, 44% dla wierzby na gruntach ornych i 59% dla wierzby Eko-Salix. Udowodniono, że ceny końcowe biomasy w gminach o produkcji wielokierunkowej pozostają na najniższym poziomie wśród analizowanych skupień rolniczych.

W gminach z dominującym chowem bydła cena równowagi dla biomasy jest nieznacznie wyższa niż w skupieniu z produkcją roślinną (K-1), jednak wysokie nadwyżki uzyskane przez rzeczywiste gospodarstwa indywidualne z produkcją bydła mlecznego warunkują wysokie premie za ryzyko. W konsekwencji gospodarstwom specjalizującym się w chowie bydła należy zaproponować najwyższe ceny końcowe za biomasę, by zachęcić je do podjęcia nowego kierunku produkcji. Udział premii za ryzyko w cenie końcowej wynosi dla miskanta i ślázowca odpowiednio: 37 i 38%, 44% dla wierzby na gruntach ornych i 57% dla wierzby Eko-Salix.

Dla gmin z dominującą produkcją trzody chlewnej (K-4) udział premii za ryzyko w cenie końcowej wynosi tylko 4% dla miskanta i ślázowca, 5% w przypadku wierzby na gruntach ornych oraz 6% dla wierzby Eko-Salix. W tym typie rolniczym wyznaczono najwyższe ceny równowagi dla biomasy w gminach. W zestawieniu z danymi dla indywidualnych gospodarstw rolnych o tym samym typie rolniczym okazało się, że podjęcie produkcji biomasy wymaga jedynie niewielkiej premii kompensującej ryzyko.

Podsumowując, gminy odpowiadające typom rolniczym z produkcją wielokierunkową (K-2) oraz produkcją roślinną (K-1) wymagają cen końcowych biomasy na niższym poziomie niż typy rolnicze z produkcją zwierzęcą (K3 oraz K-4), dlatego wśród gmin należących do skupień K-1 oraz K-2 należy poszukiwać potencjalnych możliwości uruchomienia produkcji biomasy na dużą skalę.

Wśród roślin energetycznych miskant i wierzba uprawiana na gruntach rolnych wydają się szczególnie interesujące ze względu na niższe ceny końcowe w porównaniu do ślázowca i wierzby w systemie Eko-Salix. W znaczącym stopniu jest to uwarunkowane wzajemnymi relacjami kosztów produkcji i plonów biomasy dla poszczególnych roślin.



Rys. 1. Struktura cen końcowych biomasy z uwzględnieniem typów produkcji rolniczej w gminach
Źródło: opracowanie własne

Wpływ cech charakteryzujących rolnictwo na kształtowanie się cen biomasy

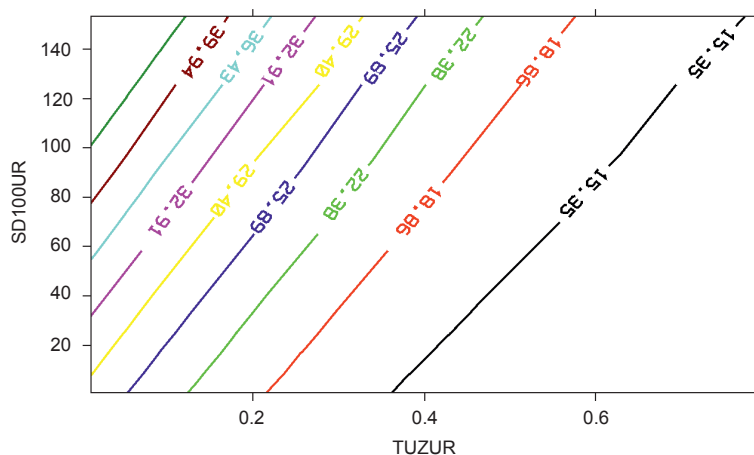
Dla wyjaśnienia zmienności cen biomasy ze względu na wybrane zmienne niezależne charakteryzujące rolnictwo w gminach zbudowano modele o charakterze sieci neuronowych. Uzyskano stosunkowo wysokie wartości R^2 dla próby treningowej, jednak dla próby testowej wartości te były niższe, co oznacza, że otrzymane modele nie mają charakteru uniwersalnego. Wyniki, mimo że należy traktować je z pewną ostrożnością, to wskazują na bardzo interesujące zależności.

W odniesieniu do każdej z analizowanych upraw energetycznych wybrano dwie zmienne najsilniej warunkujące zmienność cen biomasy wyznaczonych w gminach oraz wykonano wykresy powierzchni reakcji (rys. 2–5). Otrzymane zależności są zbliżone do liniowych.

W odniesieniu do wierzby wraz ze wzrostem obsady zwierząt w gminach rolnikom należy zaproponować wyższe ceny biomasy (rys. 2). Innymi słowy, tylko wysokie ceny biomasy będą rekompensować dotychczasowe wyniki z produkcji rolniczej prowadzonej w oparciu o chów zwierząt. Jednocześnie dla niskiego udziału trwałych użytków zielonych otrzymano wysokie ceny biomasy, zwłaszcza przy wysokiej obsadzie zwierząt.

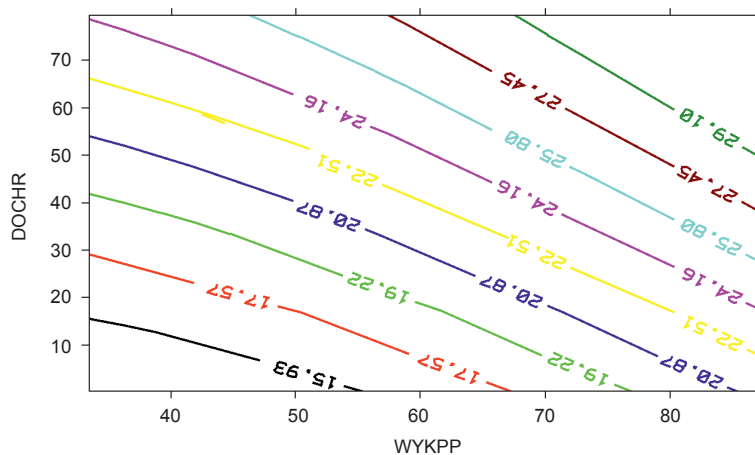
W przypadku miskanta stwierdzono, że wraz ze wzrostem udziału lepiej wykształconych właścicieli gospodarstw należy zaproponować rolnikom wyższe ceny biomasy (rys. 3). Generują oni wyższe nadwyżki z prowadzonej dotychczas działalności, dlatego wymagają wyższych cen, by zechcieli podjąć alternatywny kierunek produkcji. Jednocześnie cena biomasy wzrasta wraz z rosnącym udziałem dochodów

z rolnictwa w budżetach domowych, co oznacza, że gospodarstwa utrzymujące się z rolnictwa muszą uzyskać wyższe ceny biomasy.



Rys. 2. Ceny równowagi wierzby w zależności od liczby SD zwierząt na 100 ha użytków rolnych (SD100UR) oraz udziału trwałych użytków zielonych w użytkach rolnych (TUZUR)

Źródło: opracowanie własne

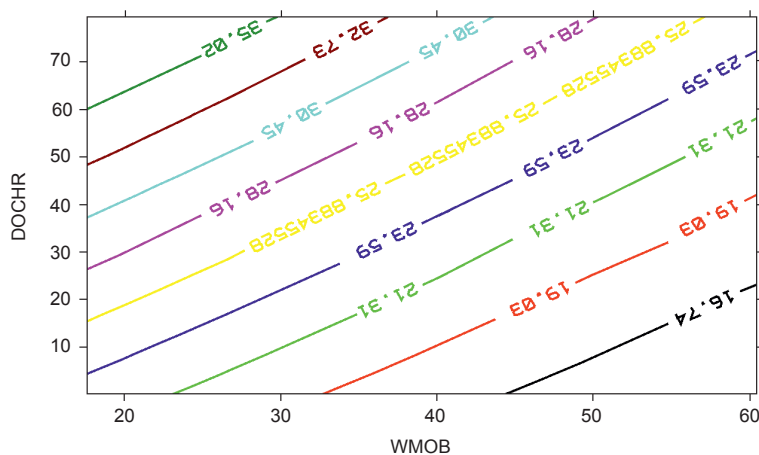


Rys. 3. Ceny równowagi miskańta w zależności od udziału dochodów z rolnictwa w budżetach gosp. domowych (DOCHR) oraz udziału osób z wykształceniem ponadpodstawowym (WYKPP) wśród właścicieli gospodarstw

Źródło: opracowanie własne

Dla ślazowca wraz ze wzrostem udziału osób w wieku mobilnym oraz spadkiem udziału dochodów z rolnictwa w dochodach gospodarstw domowych spadają ceny

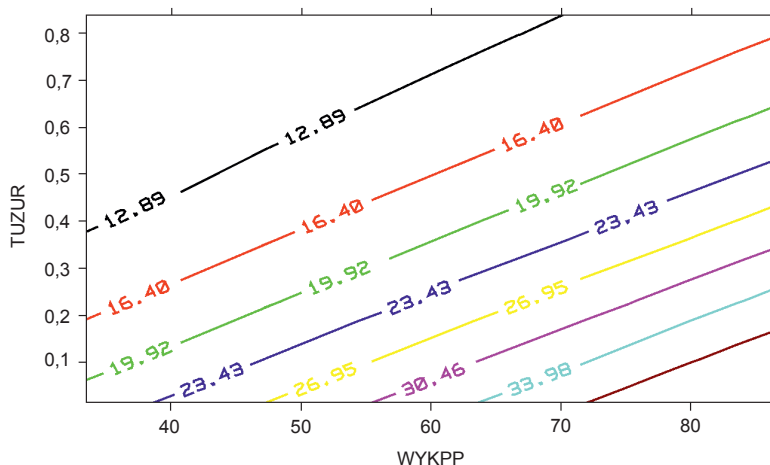
biomasy (rys. 4). Oznacza to, że młodszy rolnicy, mając pozarolnicze źródła utrzymania, byłoby w stanie zaakceptować niższe ceny biomasy. Wraz ze spadkiem udziału osób w wieku mobilnym wśród właścicieli gospodarstw oraz rosnącym znaczeniem działalności rolniczej jako źródła utrzymania cena biomasy wyraźnie wzrasta.



Rys. 4. Ceny równowagi słazowca w zależności od udziału dochodów z rolnictwa w budżetach gosp. domowych (DOCHR) oraz udziału osób w wieku mobilnym wśród właścicieli gospodarstw (WMOB)

Źródło: opracowanie własne

W przypadku wierzby uprawianej w systemie Eko-Salix cena biomasy wzrasta dla rosnącego udziału osób z wykształceniem ponadpodstawowym wśród właścicieli gospodarstw (rys. 5). Jednocześnie najwyższe ceny wyznaczono dla najniższego udziału TUZ. Można to zinterpretować następująco: gospodarstwa z małym udziałem trwałych łąk i pastwisk byłyby w stanie przeznaczyć je pod produkcję biomasy tylko pod warunkiem otrzymania wysokich cen. Należy jednak zaznaczyć, że w skali kraju znacząca część łąk i pastwisk nie jest obecnie użytkowana lub jest wykorzystywana ekstensywnie (około 1 mln ha). Można zatem przypuszczać, iż część rolników byłaby skłonna zaakceptować stosunkowo niskie ceny biomasy za przeznaczenie tych użytków pod uprawy wierzby w systemie Eko-Salix.



Rys. 5. Ceny równowagi wierzby Eko-Salix w zależności od udziału trwałych użytków zielonych w użytkach rolnych (TUZUR) oraz udziału osób z wykształceniem ponadpodstawowym (WYKPP) wśród właścicieli gospodarstw

Źródło: opracowanie własne

Dyskusja wyników

Metodę efektywności stochastycznej ze względu na funkcję (SERF) do wyceny kosztów ryzyka związanego z produkcją biomasy przedstawił wcześniej Clancy i in. (2). Badania dotyczyły upraw wierzby i miskanta w Irlandii. Dla założenia, że wyjściowa cena biomasy wynosi $7,2 \text{ €} \cdot \text{GJ}^{-1}$ ($28,8 \text{ zł} \cdot \text{GJ}^{-1}$), oszacowano premie za ryzyko związane z produkcją biomasy w odniesieniu do konwencjonalnych działalności rolniczych prowadzonych w Irlandii. Premie oraz ceny końcowe dla wierzby wyznaczone w Irlandii oraz odpowiednie wyniki własne dla Polski zestawiono w tabeli 6.

Tabela 6

Zestawienie premii za ryzyko oraz cen końcowych biomasy dla uprawy wierzby na cele energetyczne w odniesieniu do konwencjonalnych kierunków produkcji rolniczej (1 €=4,00 zł)

Studium	Konwencjonalne kierunki produkcji rolniczej	Premia za ryzyko (zł·GJ ⁻¹)	Cena końcowa (zł·GJ ⁻¹)	Udział premii w cenie końcowej (%)
Clancy i in. 2008b/ Irlandia	Pszenica ozima	13,64	42,44	32,0
	Jęczmień jary	-1,28	27,52	5,0
	Produkcja mleka	61,76	74,98	82,0
	Chów owiec	11,00	39,80	28,0
	Chów cieląt	8,08	36,88	22,0

cd. tab. 6

Studium	Konwencjonalne kierunki produkcji rolniczej	Premia za ryzyko (zł·GJ ⁻¹)	Cena końcowa (zł·GJ ⁻¹)	Udział premii w cenie końcowej (%)
Wyniki własne/ Polska	Produkcja roślinna	8,75	22,13	40,0
	Produkcja wielokierunkowa	8,45	19,35	44,0
	Chów bydła	11,50	26,07	44,0
	Chów trzody chlewnej	1,15	24,49	5,0

Źródło: opracowanie własne

Clancy i in. (2) podobnie jak autorzy tej pracy wykazali, że koszty ryzyka związane z uprawami energetycznymi oraz ceny końcowe biomasy są zróżnicowane w zależności od referencyjnych kierunków produkcji prowadzonej przez rolników. W Irlandii szczególnie zwraca uwagę ekstremalnie wysoka premia w odniesieniu do produkcji mleka. Ze względu na wysokość kosztów ryzyka prawdopodobieństwo produkcji biomasy w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mleka jest znikome. W odniesieniu do upraw jęczmienia premia jest ujemna, co uzasadniono niskim plonami uzyskanymi przez dużą część gospodarstw uprawiających to zboże. W tym przypadku, przy założonych cenach, produkcja biomasy jest bardziej racjonalnym rozwiązaniem. Pozostałe wartości premii kształtują się na umiarkowanym poziomie.

Udział premii w cenie końcowej jest silnie zróżnicowany. Porównując premie za ryzyko wyznaczone przez Clancy i in. (2) do wyników własnych, należy zwrócić uwagę na fakt, że autorzy irlandzcy szacowali koszty ryzyka, wychodząc od jednako-owego poziomu cen biomasy (7,2 €·GJ⁻¹). Jest to odmienne podejście niż zastosowano dla warunków polskich, gdzie premie za ryzyko szacowano, wychodząc od różnych cen równowagi dla poszczególnych typów rolniczych gmin (tab. 2). Dlatego mimo zastosowania tej samej metody opartej na efektywności astochastycznej (SERF), należy zachować ostrożność przy porównaniu premii za ryzyko. Bardziej prawidłowe jest porównywanie cen końcowych.

Wyniki otrzymane dla Polski są znacząco niższe niż w Irlandii. Cena końcowa biomasy w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mleka jest prawie trzykrotnie wyższa niż w warunkach polskich (typ rolniczy chów bydła), co związane jest z wysokimi nadwyżkami z produkcji mleka uzyskiwanymi przez irlandzkich rolników. Dalej, porównując ceny końcowe biomasy wyznaczone w odniesieniu do pszenicy ozimej w Irlandii i odpowiadającej jej produkcji roślinnej w Polsce, cena wyznaczona w Irlandii jest blisko dwukrotnie wyższa. To także wskazuje na dużo wyższe nadwyżki uzyskiwane przez rolników irlandzkich. Zróżnicowanie oszacowanych cen końcowych biomasy w Polsce i Irlandii wiąże się ze znacząco różnymi warunkami produkcyjnymi rolnictwa w każdym z krajów (struktura obszarowa gospodarstw, koszty produkcji w rolnictwie, ceny produktów rolnych, efektywność gospodarowania itp.).

Wyniki własne oraz wyniki otrzymane przez autorów irlandzkich wskazują, że ceny biomasy uwzględniające kompensację kosztów ryzyka są istotnie większe od cen równoważących dochody z dotychczasowej działalności rolniczej. Wskazują one tym samym na wagę kosztów ryzyka związanych z produkcją biomasy z upraw wieloletnich.

Cechy charakteryzujące rolnictwo mają wpływ na ceny biomasy, co wynika z badań własnych. Warunkują one także decyzję o podjęciu produkcji biomasy, co potwierdziły badania brytyjskie (16), irlandzkie (1) oraz szwedzkie (14, 15).

Cla ncy i in. (1), Rosenqvist i in. (14), Roos i in. (15) wykazali, że gospodarstwa specjalizujące się w uprawach polowych, zwłaszcza w produkcji zbóż, chętniej podejmują produkcję biomasy ze względu na podobieństwo do dotychczasowych gałęzi produkcji, możliwość wykorzystania posiadanych maszyn oraz umiejętności. W gospodarstwach z produkcją zwierzęcą prawdopodobieństwo podjęcia upraw energetycznych jest niskie. Badania własne odnoszą się to tego poprzez wyznaczone ceny biomasy (tab. 5). Niższe ceny końcowe biomasy wyznaczono dla gospodarstw z produkcją upraw polowych i produkcją mieszaną, co wskazuje, że właśnie te gospodarstwa stanowią grupę, w której prawdopodobnie najlepiej będą rozwijały się plantacje energetyczne. Dla typów rolniczych z produkcją zwierzęcą wymagane są wyższe ceny końcowe biomasy, ponieważ gospodarstwa te uzyskują lepsze wyniki ekonomiczne. Ponadto wykazano, że cena biomasy wzrasta wraz z rosnącym pogłowiem zwierząt w przeliczeniu na 100 ha użytków rolnych (rys. 2). Tylko wysokie ceny biomasy będą w stanie zrekompensować dotychczasowe wyniki ekonomiczne z produkcji zwierzęcej. Ze względu na poniesione wydatki w infrastrukturę do utrzymania zwierząt oraz wykorzystanie posiadanej ziemi do produkcji pasz bądź wypasu zwierząt te gospodarstwa zapewne nie będą skłonne do zmiany kierunku produkcji.

Istotnym warunkowaniem dla prowadzenia upraw energetycznych jest wielkość gospodarstw. W Szwecji dowiedziono, że średnia powierzchnia gospodarstw, które podjęły uprawę wierzby wyniosła 109 ha, tymczasem w grupie referencyjnej wśród gospodarstw nieprowadzących produkcji biomasy średnia powierzchnia to 33 ha (14). W badaniach własnych dla typu rolniczego z dominującą produkcją wielokierunkową wyznaczono najniższe mediany cen biomasy (tab. 5). Ten typ rolniczy w warunkach polskich obejmuje w większości małe gospodarstwa, produkujące przeważnie na samozaopatrzenie. Osiągnięcie na rynku biomasy cen na poziomie cen końcowych wyznaczonych dla tego typu rolniczego potencjalnie predysponuje gospodarstwa wielokierunkowe w pierwszej kolejności do uruchomienia produkcji biomasy. Jednak słabe warunki organizacyjne, brak odpowiedniej infrastruktury maszynowej i niewielka powierzchnia użytków rolnych mogą w gospodarstwach tego typu silnie ograniczać rozwój upraw energetycznych.

Skłonność wśród właścicieli gospodarstw do podjęcia produkcji biomasy jest zależna od poziomu wykształcenia. Cla ncy i in. (1) wykazali, że rolnicy lepiej wykształceni są bardziej otwarci na nowe alternatywne formy działalności i tym samym

są bardziej skłonni podjąć produkcję biomasy. W badaniach własnych wykazano, że wraz ze wzrostem udziału osób z wykształceniem ponad podstawowym wśród właścicieli gospodarstw, cena końcowa biomasy rośnie. Oznacza to, że osoby z lepszym wykształceniem, uzyskują wyższe wyniki z prowadzonej działalności i w związku z tym należy im zaproponować wyższe ceny biomasy, by skłonić ich do zmiany dotychczasowego kierunku produkcji na rzecz upraw energetycznych (rys. 3 i 5).

Znaczenie ma także wiek właścicieli gospodarstw, chociaż publikowane wyniki nie pozwalają na jednoznaczne określenie zależności. W Szwecji uprawę wierzby podęli przede wszystkim rolnicy pomiędzy 50-65 rokiem życia (15). Zaskakujące jest, że rolnicy młodzi, poniżej 35 roku życia, stanowili niewielki odsetek wśród plantatorów wierzby, co uzasadniono dużą awersją do ryzyka przy rozpoczynaniu prowadzenia własnego gospodarstwa. W Irlandii wskazano, że przy podejmowaniu decyzji dotyczącej upraw energetycznych znaczenie ma to, czy gospodarstwie jest młody rolnik, który przejmie w przyszłości prowadzoną działalność (1). W badaniach własnych ustalono, że wraz ze spadkiem udziału osób w wieku poniżej 44 lat (wiek mobilny) wśród właścicieli oraz rosnącym udziałem rolnictwa w dochodach cena biomasy wzrasta (rys. 4).

Ponadto w badaniach własnych wykazano, że wraz ze wzrostem udziału dochodów z rolnictwa w dochodach gospodarstw domowych rośnie cena biomasy (rys. 3). Jest to zrozumiała zależność, ponieważ gospodarstwa utrzymujące się z produkcji rolniczej jako podstawowego źródła dochodów wymagają wyższych cen biomasy. W tym kontekście warto zwrócić uwagę na fakt, że produkcja biomasy wymaga mniejszych nakładów pracy w porównaniu z tradycyjnymi uprawami jednorocznymi (14), stąd pozwala na uwolnienie części zasobów pracy dostępnych w gospodarstwie, a tym samym daje możliwość podjęcia pracy dodatkowej poza gospodarstwem.

Ryzyko związane z cenami biomasy, a także z cenami podstawowych produktów rolnych, które warunkują konkurencyjność produkcji biomasy, pozostaje jednym z najtrudniejszych do ograniczania. Długoterminowe kontrakty na biomasę ze zdefiniowaną ceną zakupu mają na celu zmniejszenie ryzyka cenowego oraz zagwarantowanie rolnikom odbioru plonu z plantacji wieloletnich (15, 16). Rozwiązanie to, okazało się jednak niewystarczające wobec silnych wahań cen zbóż w ostatnich latach, z rekordowymi cenami w roku 2007 i 2008. Rolnicy wykazują dużą niechęć do angażowania ziemi w długookresowe uprawy, ponieważ pozbawia ich to możliwości elastycznego reagowania na zmiany cen na rynkach rolnych. Dlatego *Faber* (4) oraz *Rosenqvist i Peck* (15) rekomendują wprowadzenie mechanizmu indeksowania cen biomasy w oparciu o ceny rynkowe zbóż. W tym przypadku konieczne jest jednak określenie dolnej granicy ceny, która zapewniłaby co najmniej pokrycie średniorocznych kosztów produkcji biomasy.

Na etapie bardzo wczesnego rozwoju upraw energetycznych istotne znaczenie ma także ryzyko technologiczne. Prowadzenie upraw energetycznych wymaga dużej zmiany technologicznej w gospodarstwie – odnosi się to w szczególności do

zastosowania specjalistycznych maszyn do zbioru wierzby. Koszty zakupu tego typu maszyn wykraczają poza możliwości pojedynczych gospodarstw rolnych. Rozwiązaniem pozwalającym na usunięcie tej bariery jest zrzeszanie się plantatorów w grupy producenckie.

Mechanizmem ograniczania ryzyka powszechnie stosowanym przez wielu rolników jest różnicowanie działalności. Pod plantacje upraw energetycznych rolnicy najczęściej przeznaczają tylko część użytków rolnych. W Polsce średnia powierzchnia wierzby energetycznej w 2007 r. wynosiła 8,3 ha, a udział upraw energetycznych w całkowitej powierzchni użytków rolnych w województwach wahał się w granicach od 0,2 do 5,1% (8). W Irlandii typowo pod uprawy energetyczne przeznaczano nie więcej niż 10 ha bądź 25% powierzchni użytków rolnych (1). Potwierdzają to także doświadczenia szwedzkie, gdzie głównie duże gospodarstwa podejmowały produkcję wierzby (13). Zapewne właściciele dużych gospodarstw mają lepsze możliwości oceny i zdywersyfikowania ryzyka, prawdopodobnie są także w stanie lepiej wykorzystać dostępne informacje oraz możliwe wsparcie dla tej działalności (14, 10). Małe gospodarstwa o powierzchni poniżej 5 ha użytków rolnych mogą być zainteresowane założeniem plantacji na własne potrzeby, a w szczególności plantacji wierzby o dużej gęstości nasadzenia i corocznym cyklu zbioru z wykorzystaniem pilarek bądź adaptowanych kosiarek (19). Produkcja biomasy dla odbiorców przemysłowych, zwłaszcza energetyki zawodowej, wymaga większych arealów, zmechanizowanego nasadzenia plantacji oraz profesjonalnych technologii zbioru.

Wobec niedostatecznego rozwoju rynku biomasy z upraw energetycznych wybrane zakłady energetyczne podejmują działania na rzecz aktywnego kreowania sektora upraw energetycznych. Przykładem jest oferta Vattenfall Heat Poland (obecnie PGNiG Termika) skierowana do potencjalnych plantatorów. Oferta obejmuje organizację zbioru, kontraktację całej ilości biomasy w oparciu o wieloletnie umowy oraz indeksację cen zapewniającą opłacalność produkcji. Propozycja ta odnosi się więc do newralgicznych, silnie obciążonych ryzykiem elementów związanych z prowadzeniem wieloletnich plantacji energetycznych przez rolników.

Podsumowanie

Ceny biomasy są zróżnicowane ze względu na typ produkcji rolniczej. Najniższe ceny biomasy otrzymano dla typu rolniczego z produkcją wielokierunkową, natomiast najwyższe dla produkcji zwierzęcej. Gospodarstwa wielokierunkowe uzyskujące niskie nadwyżki z dotychczasowej działalności rolniczej są w szczególności predysponowane do poszukiwania alternatywnych – bardziej opłacalnych kierunków produkcji. Jednak ograniczenia organizacyjne typowe dla tej grupy gospodarstw stanowią silną barierę dla podjęcia i rozwoju produkcji biomasy z upraw wieloletnich. Natomiast gospodarstwa prowadzące chów zwierząt, uzyskując stosunkowo wysokie nadwyżki, zapewne nie będą silnie zainteresowane zmianą kierunku produkcji. Stąd

grupę gospodarstw o produkcji roślinnej należy traktować jako tę, w której istnieją największe potencjalne możliwości uruchomienia produkcji biomasy na dużą skalę.

Ceny biomasy uwzględniające premię za ryzyko są istotnie większe od cen równoważących dochody z dotychczasowej działalności rolniczej (cen równowagi). Wskazują one tym samym na wagę kosztów ryzyka związanych z produkcją biomasy z upraw wieloletnich. Udział premii za ryzyko w cenie końcowej biomasy waha się od 4 do 57% w zależności od typu rolniczego i rodzaju roślin energetycznych. Wobec stagnacji w rozwoju areалу upraw energetycznych w Polsce i innych krajach europejskich, a w skrajnych przypadkach wycofywaniu się z tej działalności, należy uznać, że dotychczas oferowane ceny rynkowe biomasy są zbyt niskie i nie stanowią wystarczającej zachęty dla potencjalnych plantatorów. Na wczesnym etapie rozwoju sektora upraw energetycznych konieczne jest więc zapewnienie opłacalności produkcji łącznie z kompensacją finansową kosztów ryzyka, których udział może sięgać nawet do kilkudziesięciu procent ceny końcowej biomasy.

Wiedza o cechach gospodarstw pozytywnie i negatywnie skorelowanych z produkcją biomasy, w połączeniu z określeniem wpływu tych cech na kształtowanie się cen biomasy, może być bardzo pomocna przy opracowywaniu programów wsparcia rozwoju upraw energetycznych. Umożliwia wskazanie grup docelowych wśród producentów rolnych, do których w szczególności powinny być adresowane kampanie informacyjne oraz marketingowe. Ponadto w połączeniu z informacją o przestrzennym rozmieszczeniu gospodarstw poszczególnych typów i ich charakterystykach może być bardzo istotna dla decyzji o lokalizacji zakładu energetycznego ukierunkowanego na wykorzystanie biomasy pochodzącej z upraw energetycznych.

Literatura

1. Clancy D., Breen J., Butler M., Throne F.: The economic viability of biomass crops versus conventional agricultural systems and its potential impact on farm incomes in Ireland. Paper prepared for 107th EAAE Seminar, 29th January–1st February 2008a, Sevilla, Spain 2008.
2. Clancy D., Breen J., Butler M., Throne F., Wallace M.: Valuing the risk associated with willow and miscanthus relative to conventional agricultural systems. 12th Congress of European Association of Agricultural Economists – EAAE, 2008b.
3. Ericsson K., Rosenqvist H., Gańko E., Pisarek M., Nilsson L.: An agro-economic analysis of willow cultivation in Poland. *Biomass Bioenerg.*, 2006, **30**: 16-27.
4. Faber A.: Okresowa indeksacja cen skupu biomasy niezbędnym czynnikiem budującym podaż biomasy stałej dla energetyki. 2008.
5. Faber A., Kuś J., Matyka M.: Uprawa roślin na potrzeby energetyki. Poradnik. W&B Wiesław Drzewiecki. Warszawa 2009.
6. Gańko E.: Economic assessment of willow production for energy and its competitiveness in agricultural system in Poland. In: *Alternative plants for sustainable agriculture*, S. Jezowski, M.K. Wojciechowicz, E. Zenkteler (eds). Institute of Plant Genetics, Polish Academy of Science, Poznań 2006, 51-62.
7. Gańko E., Rosenqvist H.: *Ekonomika upraw energetycznych wierzby, miskanta i pszenżyta. Zagadnienia Ekonomiki Rolnej*, 2009, **318**: 73-91.

8. Grzybek A., Muzalewski A.: Sprawozdanie merytoryczne z wykonania zadania VIII.2 Analiza techniczno-ekonomiczna produkcji BiOB na cele energetyczne. Projekt Badawczy Zamawiany nr PBZ-MNiSW-1/3/2006 pt.: Nowoczesne technologie energetycznego wykorzystania biomasy i odpadów biodegradowalnych /BiOB/ – konwersja BiOB do energetycznych paliw gazowych. Skierniewice 2008.
9. Hardaker J.B., Richardson J.W., Lie G., Schumann K.D.: Stochastic efficiency analysis with risk aversion bounds: a simplified approach. *Aust. J. Agr. Resour. Ec.*, 2004, **48**: 253-270.
10. Jerzak M.A.: Podstawowe zagadnienia ryzyka w gospodarce rolnej. W: Ekonomiczne uwarunkowania wykorzystania rynkowych narzędzi stabilizacji cen i zarządzania ryzykiem w rolnictwie, M.A. Jerzak, A. Czyżewski (red.). Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu, Poznań 2006, 101-118.
11. Kuś J., Matyka M.: wybrane elementy agrotechniki roślin uprawianych na cele energetyczne. W: Nowoczesne technologie pozyskania i energetycznego wykorzystania biomasy, P. Bocian, T. Golec, J. Rakowski (red.). Instytut Energetyki, Warszawa 2010, 101-120.
12. Matyka M.: Opłacalność i konkurencyjność produkcji wybranych roślin energetycznych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, **11**: 113-124.
13. Roos A., Rosenqvist H., Ling E., Hektor B.: Farm-related factors influencing the adoption of short-rotation willow coppice production among Swedish farmers. *Acta Agric. Scand., Sect. B, Soil Plant Sci.*, 2000, **50**: 28-34.
14. Rosenqvist H., Roos A., Ling E., Hektor B.: Willow growers in Sweden. *Biomass Bioenerg.*, 2000, **18**: 137-145.
15. Rosenqvist H., Peck P.: Risk and reduction of risk in short rotation coppice cropping – a theoretical basis for work. Final report. Deliverable 55. NoE Bioenergy: Overcoming barriers to bioenergy. Project no: SES6-CT-2003-502788, 2009.
16. Sherrington C., Bartley J., Moran D.: Farm-level constraints on the domestic supply of perennial energy crops in the UK. *Energy Policy*, 2008, **36**: 2504-2512.
17. SIMETAR: <http://simetar.com/>
18. Stolarski M.J.: Agrotechniczne i ekonomiczne aspekty produkcji wierzby krzewiastej (*Salix* spp.) jako surowca energetycznego. *Rozprawy i Monografie. Wyd. Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego, Olsztyn* 2009, 148.
19. Szczukowski S., Tworkowski J., Stolarski M.J.: *Wierzba energetyczna. Wyd. Plantpress Sp. z o.o., Kraków* 2004.

Adres do korespondencji:

dr Ewa Krasuska
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 886 34 21 w. 202
e-mail: ekrasuska@iung.pulawy.pl