

Ilona MAŁUSZYŃSKA, Marcin WODZIŃSKI, Marcin J. MAŁUSZYŃSKI

Katedra Kształtowania Środowiska, SGGW
Department of Environmental Improvement, WULS – SGGW

Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych. Możliwości i ograniczenia

The use of biomass for energy purposes. Possibilities and limitations

Słowa kluczowe: biomasa, warunki przyrodnicze, możliwości i ograniczenia uprawy

Key words: biomass, natural conditions, possibilities and limitations of crop

Wprowadzenie

Perspektywy wyczerpania się paliw kopalnych oraz przeprowadzona ocena stanu jakości środowiska państw należących do Unii Europejskiej wpłynęły na politykę Unii Europejskiej (UE), która zmierza do nadania państwom Wspólnoty dynamicznego kierunku rozwoju i nowego podejścia do sposobu wykorzystania zasobów odnawialnych. Odpowiedzią na wielkie wyzwania wskazane w strategii „Europa 2020” oraz sposobem na realizację „Unii innowacji” jest koncepcja biogospodarki, w ramach której realizowane są działania obejmujące sektor energetyczny, w tym pozy-

skiwanie energii ze źródeł odnawialnych (Chyłek i Rzepecka 2011).

Sektor zielonej gospodarki realizuje cele środowiskowe, a także społeczne i gospodarcze. Realizacja tych działań jest możliwa jedynie wówczas, gdy rozwijać będziemy sektory, produkcji zielonej energii i produkcji urządzeń. Działania w obrębie sektora urządzeń zawarto w opracowaniu Instytutu Energii Odnawialnej (Wiśniewski 2010), przygotowanym dla Ministerstwa Gospodarki pt. „Analiza możliwości rozwoju produkcji urządzeń dla energetyki odnawialnej w Polsce dla potrzeb krajowych i eksportu”. Aby działania te mogły być realizowane, należy konsekwentnie wdrażać postanowienia przyjęte przez Radę Ministrów w ramach dokumentu „Polityka energetyczna Polski do 2030 roku”. Przygotowany w Ministerstwie Gospodarki dokument zawiera długoterminową strategię rozwoju sektora

energetycznego, prognozę zapotrzebowania na paliwa i energię oraz program działań wykonawczych. Realizacja postanowień zawartych w powyższym dokumencie przewiduje zwiększenie wykorzystania odnawialnych źródeł energii, poprzez zwiększenie stopnia dywersyfikacji źródeł energii, stwarzając warunki dla rozwoju energetyki rozproszonej oraz opierającej się na lokalnych surowcach. Przewiduje się, że energia pierwotna pozyskiwana z odnawialnych źródeł energii powinna stanowić 15% energii zużytej w 2020 roku oraz 20% w 2030 roku. Specjaliści, naukowcy i politycy są zgodni co do tego, że biorąc pod uwagę uwarunkowania klimatyczne, geograficzne i ekonomiczne w Polsce, najbardziej obiecującym odnawialnym źródłem energii (OZE) jest biomasa (Gradziuk 2003, Rybak 2006).

Warunki przyrodnicze do produkcji biomasy w Polsce

Zdaniem Majtkowskiego (2007a i 2007b) uprawa roślin energetycznych powinna obejmować przynajmniej kilka gatunków, dostosowanych do różnych warunków glebowych i klimatycznych oraz technologii rolniczej. Pozwoli to na zachowanie odpowiedniej różnorodności biologicznej, która z kolei niezbędna jest, aby ograniczyć niebezpieczeństwo rozprzestrzeniania się chorób i pasożytów, a także szkodników. Według Chohuj i Podlaskiego (2008), idealna roślina na uprawy energetyczne powinna się charakteryzować:

- wieloletnim charakterem wzrostu i rozwoju,

- generatywnym sposobem rozmnażania,
- szybkim wzrostem na początku wegetacji oraz dużą zdolnością krzewienia i rozgałęziania się roślin,
- wysoką produktywnością fotosyntezy,
- dużym udziałem łądy w części nadziemnej,
- małymi wymaganiami wodnymi i tolerancją na suszę,
- szybkim wysychaniem roślin w czasie zimy (w czasie zbioru biomasa charakteryzuje się małą zawartością wody),
- wysoką produkcją biomasy,
- dobrymi parametrami jakościowymi biomasy związanymi z jej spalaniem.

O przydatności roślin do intensywnej uprawy na cele bioenergetyczne zdaniem Szczukowskiego i Tworowskiego (2006) decydują efektywność energetyczna uprawy, czyli stosunek energii zawartej w biomacie do energii potrzebnej do jej wytworzenia, a także rodzaj węglowodanów tworzących biomasę (lignino-celuloza lub skrobia) ze względu na różną sprawność procesu termochemicznego lub biologicznego jej przetwarzania.

Wierzba krzewiasta, ślazier pensylwański i miskant dają korzystny współczynnik efektywności energetycznej, nawet kilkakrotnie większy niż u jednorocznych roślin rolniczych przeznaczonych na rynek żywnościowy (zboża, okopowe, oleiste). Wyjaśnia to dlatego naukowcy szwedzcy i amerykańscy oraz plantatorzy w wielu krajach preferują na plantacjach polowych do celów energetycznych uprawę wieloletnich roślin wytwarzających lig-

nino-celulozową biomasę. Jak wskazuje Szczukowski i Tworkowski (2006), wymienione wcześniej gatunki, również w Polsce stanowią znaczący udział w uprawie roślin energetycznych. Należy jednak zauważyć, że brak kontrakcji plonów z plantacji wieloletnich roślin energetycznych powoduje niechęć rolników do zakładania tego typu upraw.

Rozpatrując problematykę związaną z biomasą, należy uwzględniać zarówno aspekty prawne, jak i technologiczne związane z użytkowaniem biomasy (nie będące przedmiotem artykułu), a przede wszystkim korzyści ekologiczne związane z wprowadzeniem zrównoważonego rozwoju energetyki państwa. Z punktu widzenia energetycznego według Juliszewskiego (2010), argumenty przemawiające za biomasą jako nośnikiem energii są następujące:

- energię słoneczną zakumulowaną w biomacie można przechowywać tak długo, jak jest to potrzebne (nie ulega ona rozproszeniu jak energia z ciepłej wody lub akumulatora),
- energię słoneczną zakumulowaną w biomacie można w łatwy sposób transportować w dowolnym momencie za pomocą konwencjonalnych środków transportu, co nie jest łatwe w przypadku ogrzanego powietrza lub wody w kolektorze słonecznym,
- z punktu widzenia technologicznego przetwarzania biomasy w paliwo (gazowe, płynne, stałe) jest procesem nieskomplikowanym i niewymagającym dużych nakładów finansowych.

Dobierając tereny pod uprawę roślin energetycznych, należy zwrócić uwagę nie tylko na konieczność stworzenia ładu w gospodarowaniu przestrzenią rolniczą i zapewnienie zgodności prowadzonej

działalności z planem przestrzennego zagospodarowania danego terenu, ale przede wszystkim na następstwa wynikające ze zmiany sposobu użytkowania gruntów rolnych. Uprawa biomasy nie może kolidować z produkcją żywności i dlatego plantacje powinny być umiejscawiane tylko na gruntach, które do produkcji żywności są zbędne. Zdaniem Mosieja i inni (2011) zwiększenie powierzchni upraw energetycznych może spowodować znaczące zagrożenie dla środowiska, w szczególności wpływając na ograniczenie zasobów wód w glebie w wyniku zmniejszenia zasilania wód gruntowych i powierzchniowych, a w konsekwencji powodować ograniczenie jej dostępności dla organizmów zamieszkujących dany obszar. Kasperczyk i Sokołowski (2005) wskazują na stosunkowo małą ilość opadów atmosferycznych na terenie naszego kraju oraz małą retencję gleb (wynikającą z przewagi gleb lekkich), a także małe możliwości magazynowania wody. Polska pod względem zasobów wodnych należy do krajów najuboższych w Europie. Spośród 28 krajów pod względem sumy opadów zajmuje dopiero 26. miejsce, a pod względem zasobów wody – 22. miejsce (1700 m³ na mieszkańca). Pod tym względem Polska porównywalna jest z półpustynnym Egiptem, gdzie zasoby wody na jednego mieszkańca wynoszą 1400 m³.

Średnią z wielolecia sumę opadów w Polsce szacuje się na około 600 mm. Odnotowuje się opady skrajnie małe (dwukrotnie mniejsze od średniej), jak i ekstremalnie duże (1,5-krotnie większe od średniej). Oprócz zmienności czasowej opady w Polsce są zróżnicowane przestrzennie. Największe niedobory

wody, z punktu widzenia potrzeb roślin, występują w centralnej części Polski. Jednakże susze pojawiają się także na północy kraju i nawet na obszarach górskich, pomimo występujących tam stosunkowo dużych opadów. Występują zarówno okresy, w których obserwujemy ujemny bilans klimatyczny, czyli susze atmosferyczne którym towarzyszą susze hydrologiczne, jak i gwałtowne roztopy i ekstremalnie wysokie opady, prowadzące do powodzi (Pierzgalski 2010).

W Polsce na przeważającym obszarze mamy do czynienia z ujemnym klimatycznym bilansem wody (rys. 1). Bilans ten wskutek spodziewanych zmian klimatu może się jeszcze pogorszyć, od -10% przy scenariuszu optymistycznym do -50% przy scenariuszu pesymistycznym (Faber 2008b). Uwzględniając powyższe prognozy, należy przy lokalizacji plantacji energetycznych postępować z olbrzymią rozwagą.

W środkowej Polsce (Wielkopolska, Mazowsze, Kujawy), jak podają Kuś i Faber (2009), duże areale upraw na cele energetyczne mogłyby doprowadzić do obniżenia zwierciadła wód gruntowych. Jest to skutkiem tego, że roczna suma opadów na tych terenach wynosi poniżej 550 mm, a bilans wodny jest ujemny – w granicach 200–250 mm.

Podsumowując, zdaniem Kusia i Fabera (2009) plantacji energetyczne nie można lokalizować:

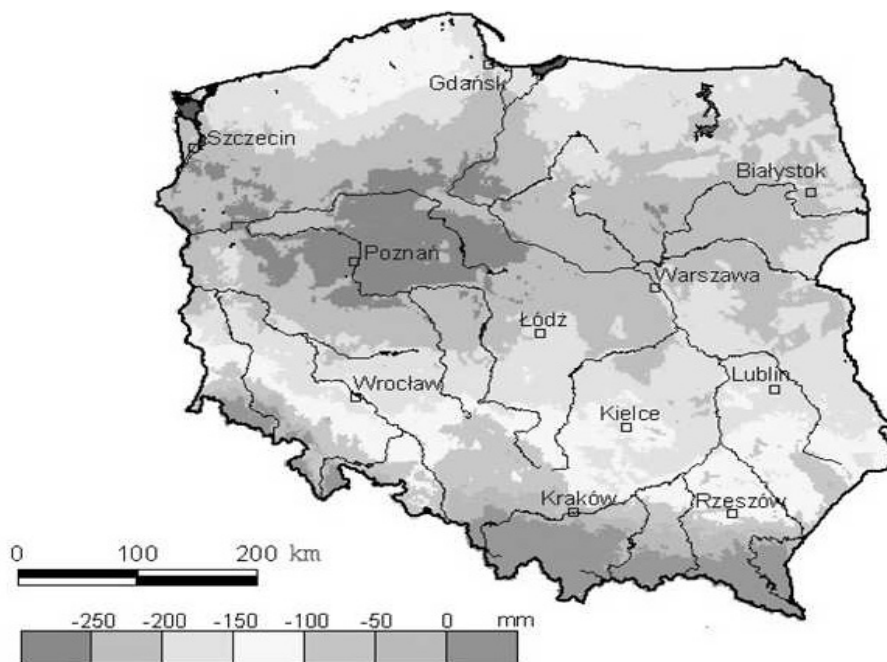
- na terenach chronionych (np. Natura 2000),
- w miejscach gdzie średnia roczna suma opadów nie przekracza 550 mm,
- na terenach położonych powyżej 350 m n.p.m.,

- na polach z sieciami drenarskimi, a dopuszczalna odległość od takich pól wynosi 30 m,
- na obszarach, w których poziom wody gruntowej występuje powyżej 200 cm.

Pod uprawę roślin energetycznych można wykorzystać głównie gleby o ograniczonej przydatności pod uprawę żywności, czyli:

- grunty gorszej jakości (grunty marginalne), które obecnie są ugorowane lub odłogowane. Należy wspomnieć w tym miejscu, że są to najczęściej grunty rozproszone o niewielkiej powierzchni, co może odbić się negatywnie na skali i efektywności upraw energetycznych. Pod produkcję na ten cel, obok ugorowanych i odłogowanych gruntów ornich, mogą być także wykorzystane grunty pod trwałymi użytkami zielonymi, jednakże pod warunkiem prowadzenia plantacji w systemie bezorkowym;
- grunty zdewastowane i zdegradowane, do których należą m.in. gleby zanieczyszczone metalami ciężkimi, nieprzydatne do uprawy roślin na cele konsumpcyjne i paszowe, ale spełniające wymagania dla upraw roślin energetycznych, takich jak wierzba energetyczna, słuźowiec pensylwański czy trawy z rodzaju *Miscanthus* (Wrzosek i in. 2008).

Wykorzystanie zdolności fitoremediacyjnych powyższych gatunków roślin pozwala nie tylko na uzyskanie biomasy, ale także na przeprowadzenie biologicznej rekultywacji terenów dotychczas wyłączonych z uprawy (Wrzosek i Gworek 2010). W skali kraju grunty zdegradowane i zdewastowane zgodnie z danymi GUS (2011) zajmują znaczne powierzch-



RYSUNEK 1. Wieloletni klimatyczny bilans wodny od kwietnia do września (Faber 2008b)
 FIGURE 1. The multi-annual climatic water balance from April to September (Faber 2008b)

nie (tab. 1). Mogą być one potencjalnie przydatne pod uprawy energetyczne po spełnieniu opisanych wcześniej, warunków, określonych przez Kusia i Fabera (2009). Autorzy zwracają uwagę, aby pamiętać, że minimalna powierzchnia plantacji nie może być mniejsza niż 3–5 ha. Poza odpowiednią powierzchnią obszar zdegradowany musi mieć odpowiedni potencjał produkcji biomasy oraz muszą tam istnieć warunki organizacyjno-techniczne do prowadzenia produkcji bądź możliwości stworzenia takich warunków.

Kabała i inni (2010) dokonali przeglądu stanu wiedzy na temat przydatności najważniejszych roślin energetycznych do rekultywacji gleb zdegradowanych chemicznie oraz gruntów rekultywanych, szczególnie zwracając uwagę

na wykorzystanie osadów ściekowych i kompostu do nawożenia plantacji. W wyniku przeprowadzonych prac autorzy zaobserwowali zainteresowanie wykorzystania rodzimych gatunków energetycznych w szczególności wierzb oraz zwiększone zainteresowanie rodzimymi trawami, takimi jak kostrzewa trzciniowata i manna mielec.

Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach Państwowy Instytut Badawczy w 2008 roku na podstawie wykonanej inwentaryzacji gleb wskazał tereny, na których znajdują się gleby odpowiednie do uprawy roślin energetycznych na terenie Polski (tab. 2). Stanowią one łącznie 954 tys. ha. Zaliczane są do nich gleby należące do kompleksów rolniczej przydatności: 5 – żytni dobry, 6 – żytni słaby, 8 – zbożowo-pastewny

TABELA 1. Grunty zdewastowane i zdegradowane wymagające rekultywacji i zagospodarowania oraz grunty zrehabilitowane i zagospodarowane (GUS 2011)

TABLE 1. Devastated and degraded lands requiring reclamation and management as well as reclaimed and developed lands (GUS 2011)

Stan na koniec roku / Year-end	2000	2005	2010
Grunty wymagające rekultywacji/ /Land requiring reclamation,	4483	4423	4410
w tym/including:			
– zdewastowane/devastated	4468	4408	4364
– zdegradowane/degraded	15	15	46
Grunty zrehabilitowane (w ciągu roku)/ /Land reclaimed (per year),	53	12	10
w tym na cele/including for purposes of:			
– rolnicze/agricultural	47	–	10
– leśne/forestry	4	6	–
– zagospodarowane/developed	15	6	7

TABELA 2. Powierzchnia użytków rolnych (UR) potencjalnie przydatnych pod uprawę roślin energetycznych (Jadczyński i in. 2008)

TABLE 2. Utilised agricultural area (AA) of potentially useful for the cultivation of energy crops (Jadczyński et al. 2008)

Województwo/Province	Kompleks przydatności rolniczej gleb/ /Complex agricultural suitability of soils					Razem/ /Total	
	5	6	8	9	3z	tys. ha/ /thous. ha	% UR/ /AA
Dolnośląskie	29,71	40,51	15,68	0,37	2,01	88,28	6,8
Kujawsko-pomorskie	0,18	7,54	0	0	0,37	8,09	0,6
Lubelskie	16,15	26,94	0	0	25,72	68,81	3,1
Lubuskie	10,27	32,31	2,28	1,96	6,62	53,44	6,5
Łódzkie	25,04	42,76	0	1,4	11,05	80,25	4,9
Małopolskie	9,54	1,44	3,94	0,16	0,08	15,16	2,3
Mazowieckie	38,36	30,26	8,84	1,16	34,55	113,17	3,3
Opolskie	13,9	13,03	13,94	6,68	2,36	49,91	7,2
Podkarpackie	12,46	59,41	4,54	0,01	15,81	92,23	10,3
Podlaskie	24,06	13,73	0,51	1,08	16,82	56,2	3,6
Pomorskie	10,04	15,09	2,59	1,16	20,2	49,08	3,8
Śląskie	22,36	29,88	3,46	0,63	14,42	70,75	9
Świętokrzyskie	5,69	14,18	0,12	0	1,95	21,94	2,3
Warmińsko-mazurskie	6,43	10,84	6,84	0	18,53	42,64	2,3
Wielkopolskie	12,36	19,75	0,14	1,55	9,09	42,89	1,8
Zachodniopomorskie	28,5	27,33	2,26	1,52	49,74	109,35	6,5
Polska/Poland	265	385	57,1	17,7	229,3	954,1	4,6

mocny, 9 – zbożowo-pastewny słaby, 3z – użytki zielone słabe i bardzo słabe.

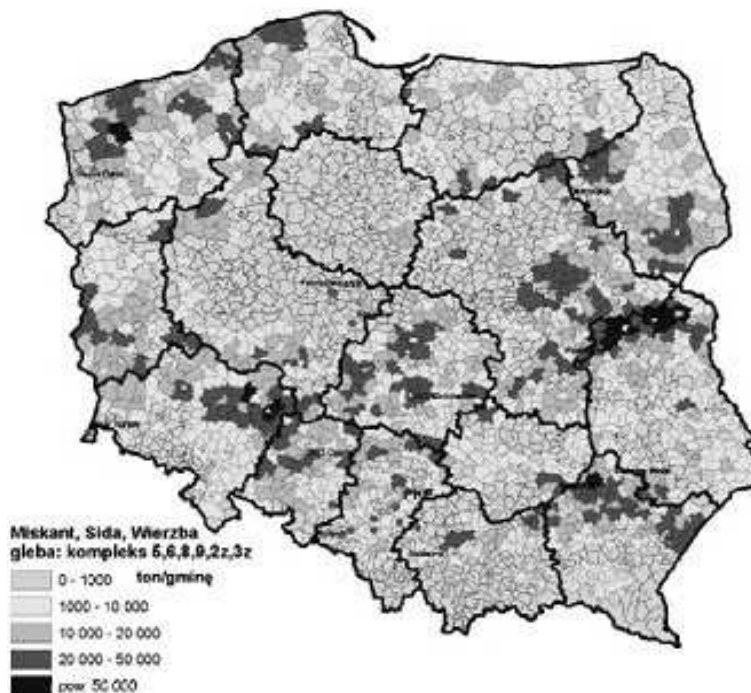
Wykorzystanie gruntów rolnych na potrzeby upraw energetycznych przedstawiono w tabeli 3.

Potencjalne możliwości lokalizacji plantacji roślin energetycznych wraz z przewidywaną produkcją w tonach na gminę przedstawia rysunek 2.

TABELA 3. Wykorzystanie gruntów rolnych na potrzeby produkcji wyspecjalizowanych upraw energetycznych w roku 2007 (Ministerstwo Gospodarki 2010)

TABLE 3. The use of agricultural land for production of dedicated energy crops in 2007 (Ministry of Economy 2010)

Wykorzystanie gruntów rolnych na potrzeby produkcji wyspecjalizowanych upraw energetycznych/ /The use of agricultural land for production of dedicated energy crops	Powierzchnia/Area [ha]
Grunty wykorzystane na drzewostany o krótkim okresie rotacji (wierzby, topole)/Land used for stands with short rotation coppice (willow, poplar)	6565,8
Grunty wykorzystywane na potrzeby innych upraw energetycznych, takich jak trawy (możga trzcinowata, proso różgowe, miskant), sorgo/Land used for other energy crops such as grasses (reed canary grass, millet, switchgrass, <i>Miscanthus</i>), sorghum	250,2



RYСУNEK 2. Potencjalne możliwości lokalizacji plantacji roślin energetycznych w gminach zaproponowali Faber i Pudelko (2009 – materiał niepublikowany) za Kuś i Faberem (2009)

FIGURE 2. The potential location of the plantation of energy crops in the municipalities proposed Faber and Pudelko (2009 – unpublished) for Kuś and Faber (2009)

Możliwości produkcji biomasy na cele energetyki zawodowej

Istotnym elementem w planowaniu energetycznego wykorzystania produkowanej biomasy zdaniem badaczy jest potrzeba oszacowania potencjału biomasy dla celów energetycznych.

Stuczyński i inni (2008) w przygotowanym modelu wykorzystania przestrzeni rolniczej do produkcji rolniczej na cele energetyczne wskazują na ograniczenie powierzchni ugorów i odłogów, w konsekwencji zapobiegając utracie rolniczego charakteru wielu obszarów. Jadczyżyn i inni (2008) wskazują, iż w skali kraju teoretyczny potencjał gruntów przydatnych do uprawy wierzby i ślazuwca pensylwańskiego na cele energetyczne wynosi 27 675 km² (przygotowując prognozę, autorzy uwzględniali uwarunkowania wodne i glebowe z wyłączeniem obszarów gleb najlepszych, stanowiących zaplecze do uprawy roślin konsumpcyjnych).

W opracowaniu przygotowanym przez Fabera (2008a), dotyczącym możliwych scenariuszy rozwoju rolnictwa w Polsce autor określił, iż aby pokryć zapotrzebowanie na biomasę stałą należy na ten cel przeznaczyć w 2020 roku 500 tys. ha na produkcję energii elektrycznej oraz 800 tys. ha na biomasę dla ciepłownictwa. Łącznie areal przeznaczony pod produkcję biomasy powinien stanowić 1,3 mln ha. Zdaniem autora w celu zapewnienia samowystarczalności żywnościowej kraju na powyższy cel można wyasygnować maksymalnie 830 tys. ha. Przekroczenie tej wartości może wpłynąć niekorzystnie na produkcję żywności bądź walory środowiskowe rolnictwa.

W opracowaniu przedstawionym przez Gajewskiego (2011) autor podkreśla zróżnicowany potencjał biomasy, który ma wpływ na efektywność produkcji energetycznej. Zdaniem autora zasoby biomasy można oszacować w zakresie teoretycznego, technicznego oraz ekonomicznego potencjału. Potencjał teoretyczny zasobów biomasy to zdaniem Gajewskiego (2011) wielkość, definiująca jedynie potencjał surowcowy lub zasobowy biomasy, czyli wartość niemająca znaczenia praktycznego, ponieważ nie zawsze może być ona w pełni wykorzystana. Zdanie to podziela Faber (2008b), wskazując na znaczne koszty logistyki biomasy.

Wielu autorów (Faber 2008b, Gajewski 2011, Bartoszewicz-Burczy 2012) podkreśla znaczenie potencjału technicznego jako wartości opisującej ilość biomasy, która może być przeznaczona na cele energetyczne po uwzględnieniu technicznych możliwości jej pozyskania.

Potencjał natomiast ekonomiczny stanowi natomiast część potencjału technicznego i ma określoną wartość ekonomiczną (Gajewski 2011).

Przy szacowaniu potencjału biomasy na cele energetyczne należy uwzględnić jej zużycie w rolnictwie oraz na cele nawozowe. Część biomasy wyprodukowanej w danej lokalizacji powinna pozostać na miejscu, aby zapewnić reprodukcję substancji organicznej.

Podsumowanie i wnioski

Racjonalna polityka samorządów gmin i powiatów w zakresie pozyskiwania energii ze źródeł odnawialnych,

w tym z biomasy, powinna obejmować kompleksowe działania, których realizacja jest możliwa tylko dzięki współpracy wszystkich osób zainteresowanych rozwojem sektora energetycznego. Zorganizowane szkolenia pozwoliłyby na pozyskanie wiedzy obejmującej informacje dotyczące uprawy roślin energetycznych, pozyskiwania zarówno gruntów pod ich uprawę, jak i środków finansowych na ich założenie, a także wskazywałyby na możliwości stworzenia miejsc pracy i zapewnienia zbytu wyprodukowanej biomasy przez jednostki przetwarzające biomasę.

Należy w tym miejscu zwrócić uwagę na fakt, iż pozyskiwanie biomasy nie jest podstawowym obowiązkiem samorządów, które bez finansowego i ustawowego wsparcia ze strony państwa nie będą w stanie sprostać oczekiwaniom stawianym przez producentów biomasy. Kolejnym ważnym problemem, na który wskazują producenci, jest brak systemu wieloletniej kontraktacji biomasy, który zachęciłby rolników do zainwestowania w produkcję biomasy, zapewniając stałość odbioru surowca oraz stabilność dochodu przy uwzględnieniu zmian cen na rynku. Tworząc system kontraktacji, należy również pamiętać o odbiorcach biomasy. Wprowadzenie systemu uwzględniającego zarówno interesy producentów, jak i odbiorców biomasy mogłoby przyczynić się do realizacji zadań stawianych w Krajowym planie działania w zakresie odnawialnych źródeł energii.

Wybierając lokalizację upraw energetycznych, oprócz aspektów ekonomicznych i technicznych należy zwrócić uwagę na potrzeby środowiskowe upraw oraz możliwości glebowo-wodne obszarów przeznaczonych pod ich uprawę,

a także należy przewidywać ewentualne konsekwencje środowiskowe i zagrożenia dla zasobów nieodnawialnych. Takie działanie może przyczynić się do zagospodarowania terenów, które są obecnie zaliczone do gruntów zdewastowanych i zdegradowanych. Dodatkowo, jeśli okaże się, że grunty przeznaczone pod uprawy energetyczne były wcześniej wyłączone ze względu na podwyższone zawartości szkodliwych pierwiastków czy substancji, zastosowanie upraw energetycznych może przyczynić się do poprawy stanu środowiska.

Literatura

- BARTOSZEWICZ-BURCZY H. 2012: Potencjał i energetyczne wykorzystanie biomasy w krajach Europy Środkowej. *Energetyka* 12: 860–866.
- CHOŁUJ D., PODLASKI S. 2008: Kompleksowa ocena biologicznej przydatności 7 gatunków wykorzystywanych w uprawach energetycznych. W: *Energia Odnawialna*. Red. P. Gradziuk. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa: 61–76.
- CHYŁEK E.K., RZEPECKA M. 2011: Biogospodarka – konkurencyjność i zrównoważone wykorzystanie zasobów. *Polish Journal of Agronomy* 7: 3–13.
- FABER A. 2008a: Możliwe scenariusze rozwoju rolnictwa w Polsce oraz ich skutki dla produkcji biomasy stałej na cele energetyczne. [dostęp: 31.07.2012; <http://www.cire.pl/pokaz-pdf-%252Fpliki%252F2%252Fmozliwescenariusze.pdf>].
- FABER A. 2008b: Potencjał i konsekwencje rolnej produkcji biomasy dla energetyki. [dostęp: 31.07.2012; http://www.cire.pl/pokaz-pdf-%252Fpliki%252F2%252Fpotenc_konsekwenc_.pdf].
- GAJEWSKI R. 2011: Potencjał rynkowy biomasy z przeznaczeniem na cele energetyczne. *Czysta Energia* 1: 22–24.
- GRADZIUK P. (red.) 2003: *Biopaliwa*. Wyd. Wieś Jutra, Warszawa.

- GUS 2011 Rocznik Statystyczny [dostęp: 31.07.2012; http://www.stat.gov.pl/cps/rde/xbr/bydgosz/ASSETS_11w02_03.pdf].
- IEO 2010: Analiza możliwości rozwoju produkcji urządzeń dla energetyki odnawialnej w Polsce dla potrzeb krajowych i eksportu. [dostęp 31.07.2012; <http://www.mg.gov.pl/files/upload/13491/analiza.pdf>].
- JADCZYSZYN J., FABER A., ZALIWSKI A. 2008: Wyznaczenie obszarów potencjalnie przydatnych do uprawy wierzby i ślazuca pensylwańskiego na cele energetyczne w Polsce. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 11: 55–65.
- JULISZEWSKI T. 2010: Uwarunkowania prawne produkcji biopaliw. W: Produkcja biomasy na cele energetyczne. Red. J. Frączek. Kraków: Wyd. UR im. Hugona Kołłątaja w Krakowie, Kraków: 13–28.
- KABAŁA C., KARCZEWSKA A., KOZAK M. 2010: Przydatność roślin energetycznych do rekultywacji i zagospodarowania gleb zdegradowanych. *Zesz. Nauk. UP Wroc., Rolnictwo* 96, 576: 97–117.
- KASPERCZYK M., SOKOŁOWSKI E. 2005: Wpływ okrywy roślinnej gleby na ilość i jakość wód. [dostęp: 31.07.2012; <http://www.srodowiskoazdrowie.pl/wpr/Aktualnosci/Czestochowa/Referaty/Kasperczyk.pdf>].
- KUŚ J., FABER A., MADEJ A. 2006: Przewidywane kierunki zmian w produkcji roślinnej w ujęciu regionalnym. w: Regionalne różnicowanie produkcji rolniczej w Polsce. Red. A. Harasim, Wyd. IUNG PIB, 3: 195–210.
- KUŚ J., FABER A. 2009: Produkcja roślinna na cele energetyczne, a racjonalne wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej Polski. W: Materiały I Kongresu Nauk Rolniczych, „Nauka – Praktyce” pod hasłem „Przyszłość sektora rolno-spożywczego i obszarów wiejskich” Puławy: 63–75. [dostęp: 31.07.2012; <http://www.cdr.gov.pl/kongres1/files/1.3.1.pdf>].
- Ministerstwo Gospodarki 2010: Krajowy plan działania w zakresie energii ze źródeł odnawialnych. Warszawa. [dostęp: 31.07.2012; http://www.mg.gov.pl/files/upload/12326/KPD_RM.pdf].
- MAJTKOWSKI W. 2007a: Problemy powstania rynku biomasy w Polsce. *Problemy Inżynierii Rolniczej* 1: 155–162.
- MAJTKOWSKI W. 2007b: Rośliny energetyczne na paliwo stałe. *Wieś Jutra* 8/9: 16–1.
- MOSIEJ J., PIERZGALSKI E., JEZNACH J. 2011: Współczesne uwarunkowania gospodarowania wodą w obszarach wiejskich. *Postępy Nauk Rolniczych* 1: 25–36.
- PIERZGALSKI E. 2010: Zasoby wodne a rozwój rolnictwa. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 91: 90–103.
- RYBAK W. 2006: Spalanie i współspalanie biopaliw stałych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław.
- STUCZYŃSKI T., ŁOPATKA A., FABER A., CZABAN P., KOWALIK M., KOZA P., KORZENIOWSKA-PUCULEK R., SIEBIELEC G. 2008: Prognoza wykorzystania przestrzeni rolniczej dla produkcji roślin na cele energetyczne. *Studia i Raporty IUNG-PIB* 11: 24–42.
- SZCZUKOWSKI S., TWORKOWSKI J. 2006: Zmiany w produkcji i wykorzystaniu biomasy w Polsce. Praktyczne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii. Plan energetyczny województwa podlaskiego. dostęp: 31.07.2012 http://www.paze.pl/pliki/Praktyczne_aspekty_wykorzystania_odnawialnych_zrodel_energii.pdf].
- WIŚNIEWSKI G. (red.) 2010: Analiza możliwości rozwoju produkcji urządzeń dla energetyki odnawialnej w Polsce dla potrzeb krajowych i eksportu. MG. [dostęp: 31.07.2012; <http://www.mg.gov.pl/files/upload/13491/analiza.pdf>].
- WRZOSEK J., GAWROŃSKI S., GWOREK B. 2008: Zastosowanie roślin energetycznych w technologii fitoremediacyjnej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 37: 139–151.
- WRZOSEK J., GWOREK B. 2010: Biomasa w energetyce odnawialnej. *Ochrona Środowiska i Zasobów Naturalnych* 43: 104–116.

Streszczenie

Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych. Możliwości i ograniczenia. Wyczerpywanie się zasobów surowców nieodnawialnych wykorzystywanych do produkcji energii przyczyniło się do szukania

nowych możliwości ich pozyskania. Jedną z nich jest wykorzystanie biomasy do celów energetycznych. W artykule autorzy przedstawili możliwości i ograniczenia produkcji biomasy w Polsce i wskazali na ewentualne zagrożenia związane z nieracjonalną uprawą tych roślin.

portunities to generate them. One is the use of biomass for energy purposes. In this paper the authors present possibilities and limitations of biomass production in Poland and pointed to the possible risks associated with unsustainable cultivation of these plants.

Summary

The use of biomass for energy purposes. Possibilities and limitations. Depletion of non-renewable resources used for energy production has contributed to seek new op-

Author's address:

Ilona Małuszyńska
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego
Wydział Budownictwa i Inżynierii Środowiska
Katedra Kształtowania Środowiska
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa
e-mail: ilona_maluszynska@sggw.pl