

Alina Kowalczyk-Juśko

Katedra Produkcji Roślinnej i Agrobiznesu
Uniwersytet Przyrodniczy w Lublinie

Metodyka szacowania regionalnych zasobów biomasy na cele energetyczne¹

Wstęp

Rosnące zapotrzebowanie na energię, zanieczyszczenie środowiska przez spalanie paliw kopalnych oraz krajowe i unijne przepisy powodują, że coraz więcej uwagi poświęca się możliwościom pozyskania biomasy z przeznaczeniem na cele energetyczne. Problem ten leży w kręgu zainteresowań przedsiębiorstw elektroenergetycznych, samorządów lokalnych, rolników oraz firm zajmujących się produkcją i wstępnym przetwarzaniem biomasy.

Z punktu widzenia wszystkich zainteresowanych istotne jest rzetelne oszacowanie ilości biomasy, która jest dostępna dla energetyki, bez naruszenia bezpieczeństwa żywnościowego regionu czy kraju. Chmielniak [2008] prezentuje dwa podejścia metodologiczne w ocenie zasobów biomasy. Podstawą pierwszego jest globalna ocena zasobów biomasy ze wskazaniem na tę część, która stanowi nadwyżkę możliwą do przeznaczenia na cele energetyczne. Ten sposób oceny zakłada istnienie konkurencji między różnymi sposobami wykorzystania zasobów (na cele żywnościowe, budowlane, rolnicze itp.). Niezbędne jest założenie przeznaczenia odpowiedniej powierzchni gruntów do produkcji żywności, zaś z pozostałego areалу należy wydzielić część przydatną do produkcji biomasy energetycznej. Autor podkreśla, że z tej metody szacowania nie wynika rodzaj technologii konwersji biomasy w energię ani efektywność procesu. Właśnie to kryterium jest podstawą drugiej metody szacowania zasobów, które uwzględnia zapotrzebowanie na poszczególne rodzaje energii z biomasy (energia elektryczna, ciepło, biopaliwa). Racjonalnym kryterium oceny zasobów może być w tym przypadku wielkość i struktura finalnych produktów energetycznych, przy uwzględnieniu miar ekonomicznych i energetycznych. Zastosowanie tej metody zasadne jest w warunkach konkurencyjności energii wytworzonej z biomasy wobec paliw pochodzących ze źródeł konwencjonalnych.

¹ Praca przygotowana w ramach projektu N 0515/R/H03/2009/06 „Uwarunkowania i mechanizmy racjonalizacji gospodarowania energią w gminach i powiatach” finansowanego przez Narodowe Centrum Badań i Rozwoju.

W związku z faktem, iż sytuacja na rynku biomasy i technologie w tym zakresie ulegają dynamicznym przemianom, zaś konkurencyjność biopaliw wobec surowców kopalnych ciągle jest niewystarczająca, pierwsze podejście zostało uznane za bardziej przydatne w obecnych realiach naszego kraju.

Tańczuk i Ulbrich [2009] wyróżniają następujące rodzaje potencjału odnawialnych źródeł energii:

- teoretyczny – zakłada istnienie urządzeń o 100% sprawności i brak ograniczeń technicznych oraz całkowity dostęp do zasobów przy założeniu, że nie są one wykorzystywane na inne cele,
- techniczny – uwzględnia ograniczenia wynikające ze sprawności urządzeń wytwarzających energię, straty jej przesyłu oraz uwarunkowania formalno-prawne, szczególnie w zakresie ochrony przyrody,
- ekonomiczny – technicznie dostępny w warunkach ekonomicznej opłacalności przedsięwzięcia; zależny od cen paliw i energii, podatków, struktury finansowej i wskaźników ekonomicznych takich jak: IRR czy NPV itp.

Zasoby roślin energetycznych, zdaniem Chmielniaka [2008], można podzielić na pięć kategorii: produkcyjne teoretyczne, geograficzne, techniczne, ekonomiczne i aplikacyjne. Ze względu na specyfikę biomasy (mnogość sposobów zagospodarowania) należy doprecyzować pojęcia potencjału biologicznego i technicznego tego źródła energii:

- potencjał biologiczny (teoretyczny) biomasy – obejmuje całą biomasę wytworzoną na określonym obszarze i jej wartość energetyczną niezależnie od sposobu jej wykorzystania i możliwości pozyskania,
- potencjał techniczny biomasy – jest to potencjał biologiczny biomasy pomniejszony o aktualne wykorzystanie na cele inne niż energetyczne, który może być pozyskany w ramach określonych technologii z uwzględnieniem sprawności energetycznej urządzeń przetwarzających biomasę na energię użytkową.

W niniejszym opracowaniu podano metody szacowania potencjału technicznego biomasy. W przypadku każdego źródła biomasy w pierwszym rzędzie należy założyć wykorzystanie na cele inne niż energetyczne (żywieniowe, paszowe, przemysłowe itp.), ze względu na konieczność zapewnienia bezpieczeństwa żywnościowego regionów i kraju. Dopiero nadwyżka biomasy może być traktowana jako potencjalny surowiec energetyczny. W celu oszacowania potencjału technicznego w jednostkach energetycznych konieczne jest uwzględnienie energetycznej sprawności konkretnych urządzeń wykorzystujących biomasę. Przeciętna sprawność kotłów na biomasę wynosi ok. 80% [Lewandowski 2006].

Istotnym parametrem niezbędnym do oszacowania potencjału technicznego jest wartość opałowa biomasy (ang. Net Calorific Value – NCV) w stanie roboczym. Dla wielu surowców wartość tę można ustalić na podstawie wilgotności

biomasy przy znanej wartości opałowej absolutnie suchej masy danego surowca. Zależność tę wyrazić możemy następującym wzorem [Sims 2002]:

$$Q_i^r = Q_i^d \left(\frac{100 - W}{100} \right) - \left(\frac{2,442 \cdot W}{100} \right)$$

gdzie:

Q_i^r – wartość opałowa w stanie roboczym,

Q_i^d – wartość opałowa w stanie suchym,

W – wilgotność,

2,442 – ilość energii potrzebna do odparowania 1 kg wody (MJ).

Celem niniejszej pracy jest prezentacja metod szacowania zasobów biomasy pochodzącej z różnych źródeł na podstawie powszechnie dostępnych danych. Zaprezentowane metody mogą być wykorzystane przez jednostki samorządu terytorialnego i przedsiębiorstwa zainteresowane wykorzystaniem biomasy, bez konieczności przeprowadzania specjalistycznych badań.

Metodyka szacowania potencjału biomasy drzewnej z lasów, sadów, przemysłu drzewnego oraz zadrzewień

Potencjał biomasy drzewnej z lasów

Szacunek dostępnych zasobów drewna na cele energetyczne z lasów można przeprowadzić na podstawie powierzchni gruntów leśnych i rocznego przyrostu lub na podstawie pozyskania drewna opałowego z lasów Regionalnych Dyrekcji Lasów Państwowych (RDLP) oraz sprawozdań o lasach stanowiących własność osób fizycznych i prawnych, przygotowywanych na potrzeby statystyczne przez starostwa powiatowe. Dla obliczenia zasobów drewna z lasów na cele energetyczne można posłużyć się metodami opartymi na przyrostach i pozyskaniu drewna z lasów na podstawie wzoru [Buczek, Kryńska 2009]:

$$Z_{dl} = A \cdot I \cdot F_w \cdot F_e \text{ [m}^3\text{/rok]}$$

gdzie:

Z_{dl} – zasoby drewna z lasów na cele energetyczne,

A – powierzchnia lasów [ha],

I – przyrost bieżący miąższości [m³/ha/rok],

F_w – wskaźnik pozyskania drewna na cele gospodarcze [%],

F_e – wskaźnik pozyskania drewna na cele energetyczne [%].

Dane dotyczące powierzchni lasów uzyskać można z publikacji statystycznych oraz wydawanych przez RDLP.

Wskaźnik pozyskania drewna na cele gospodarcze za ostatnie 20 lat wyniósł 55%.

Wskaźnik wykorzystania drewna na cele energetyczne w lasach państwowych ustalić można na podstawie procentowego udziału sortymentów drewna wykorzystywanych na cele energetyczne w ogólnym pozyskaniu drewna. Do wykorzystania na cele energetyczne uwzględnia się sortymenty S4, M1 i M2². W lasach niestanowiących własności Skarbu Państwa wskaźnik ten stanowi procentowy stosunek drewna stosowego do ogólnego pozyskania drewna.

Po przyjęciu ciężaru objętościowego drewna na poziomie 0,65 t/m³ [European... 2007] obliczyć można teoretyczne zasoby drewna zarówno z lasów państwowych, jak i prywatnych w granicach administracyjnych województwa, powiatu czy gminy.

Zasoby drewna odpadowego z przetwórstwa drzewnego

Pewne zasoby drewna odpadowego, dostępnego dla energetyki, powstają w trakcie przerobu drewna w zakładach przetwórstwa i obróbki drewna. Zasoby te ocenia się na podstawie wielkości pozyskania drewna z lasów państwowych (grubizny) oraz prywatnych (drewno dłużycowe). Zakłada się, że odpady drzewne (zrzyny, trociny, odłamki, wióry itp.) stanowią średnio 20% masy początkowej przeznaczonej do przerobu [Buczek, Kryńska 2007]:

$$Z_{dt} = P \cdot 0,20 \text{ [t/rok]}$$

gdzie:

Z_{dt} – zasoby drewna z przetwórstwa drzewnego na cele energetyczne,

P – pozyskanie drewna na cele przemysłowe [t].

Oszacowane w ten sposób zasoby przeliczyć można na jednostki energetyczne, przyjmując wartość energetyczną drewna suchego na poziomie 18,72 GJ/t i wilgotność drewna podczas zbioru ok. 50% [AEBIOM 2007].

Ograniczeniem w rynkowym wykorzystaniu tych zasobów jest to, że znaczące ilości odpadów powstających podczas przerobu drewna w zakładach przetwórczych zużywane są na własne potrzeby tych zakładów, stanowią również surowiec do wyrobu płyt wiórowych. Ponadto część surowca zostaje w procesie przerobu traktowana substancjami chemicznymi, które dyskwalifikują odpad do dalszego wykorzystania na cele energetyczne. Jednak trociny już teraz stanowią ważny surowiec służący do produkcji granulatów opałowych: brykietów i peletów.

² Sortymenty drewna proponowane na cele energetyczne, to:

S4 – drewno opałowe – grubizna opałowa;

M1 – drobnica użytkowa, głównie tyczki;

M2 – drewno opałowe – gałęziówka.

Zasoby i wartość energetyczna drewna odpadowego z sadów

Drewno odpadowe z towarowych upraw sadowniczych powstaje podczas całkowitej likwidacji starych plantacji oraz w czasie cięć sanitarnych – drzew porażonych chorobami, szkodnikami, wyłamanych przez wiatr itp. W celu obliczenia ilości drewna odpadowego z sadów przyjmuje się średni odpad drzewny na poziomie $0,35 \text{ m}^3$ z hektara rocznie [Klugmann-Radziemska 2009].

$$Z_{ds} = A \cdot 0,35 \text{ [m}^3\text{/ha/rok]}$$

gdzie:

Z_{ds} – zasoby drewna odpadowego z sadów na cele energetyczne,

A – powierzchnia sadów [ha].

W praktyce drewno pochodzące z wyczystek, cięć sanitarnych i odnowieniowych jest najczęściej spalane we własnym gospodarstwie – w piecu lub wprost na polu. Jak na razie drewno to nie stanowi produktu handlowego z uwagi na stosunkowo niewielkie ilości tych odpadów powstających w dużym rozproszeniu. W przypadku dużych gospodarstw sadowniczych jest to jednak znaczące potencjalne źródło energii.

Zasoby drewna z zadrzewień

Zadrzewienia są to produkcyjne i ochronne skupiska drzew i krzewów na terenach poza lasami. Występują wzdłuż tras komunikacyjnych i cieków wodnych, wśród upraw rolnych, przy domach i budynkach gospodarczych oraz w obrębie zakładów przemysłowych. Biomasa ta jest trudna do pozyskania, ponieważ zadrzewienia obejmują małe obszary o różnorodnej strukturze własnościowej. Biorąc powyższe pod uwagę szacunek potencjału energetycznego można ograniczyć do drewna z pielęgnacji drzew przydrożnych wg wzoru [Buczek, Kryńska 2007]:

$$Z_{dz} = 1,5 \cdot L \cdot 0,3 \text{ [t/rok]}$$

gdzie:

Z_{dz} – zasoby drewna z zadrzewień,

L – długość dróg [km],

1,5 – ilość drewna możliwa do pozyskania z 1 km zadrzewień przydrożnych [t/rok],

0,3 – wskaźnik zadrzewienia dróg.

Przeliczanie tak oszacowanych zasobów drewna z zadrzewień na jednostki energetyczne odbywa się na ogólnych zasadach opisanych powyżej.

Metodyka szacowania potencjału słomy jako odpadowego surowca energetycznego według gatunków roślin uprawnych

Spadek pogłowia zwierząt w Polsce przyczynił się do powstania nadwyżek słomy – produktu ubocznego z upraw zbóż, rzepaku i roślin motylkowych (bobowate). Aby ocenić potencjał słomy, którą można pozyskać na cele energetyczne, należy zbiory słomy w danym regionie pomniejszyć o jej zużycie w rolnictwie. Słoma w pierwszej kolejności powinna pokryć zapotrzebowanie produkcji zwierzęcej (ściółka i pasza) oraz utrzymać zrównoważony bilans glabowej substancji organicznej (nawożenie przez przyoranie).

Do obliczeń można wykorzystać następującą formułę:

$$N = P - (Z_s + Z_p + Z_n) \text{ [t]}$$

gdzie:

N – nadwyżka słomy do alternatywnego (energetycznego) wykorzystania,

P – produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku,

Z_s – zapotrzebowanie na słomę ściółkową,

Z_p – zapotrzebowanie na słomę na pasze,

Z_n – zapotrzebowanie na słomę do przyorania.

Plony ziarna i słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku układają się w pewnych proporcjach. Zależność tę wykorzystuje się przy szacowaniu plonu słomy (współczynnik plonu słomy do plonu ziarna w_{sz}). Można go również oszacować, wychodząc z powierzchni uprawy (w_{sa}). Dla rzepaku i rzepiku stosunek plonu słomy do plonu ziarna jest równy 1, zaś zbiór słomy w stosunku do arealu upraw wynosi 2,2, co oznacza, że z powierzchni 1 ha przeciętnie można pozyskać 2,2 t słomy [Grzybek i in. 2001, Klugmann-Radziemska 2009]. Współczynniki określające proporcję pomiędzy plonem ziarna i słomy zbóż zawiera tabela 1.

Produkcję słomy na danym obszarze oblicza się w oparciu o następujący wzór:

$$P = \sum_{i=1}^n A \cdot Y \cdot w_{zs} \text{ [t]} \text{ lub } P = \sum_{i=1}^n A \cdot w_{za}$$

gdzie:

P – produkcja słomy zbóż podstawowych oraz rzepaku i rzepiku,

A – powierzchnia i -tego gatunku rośliny [ha],

Y – plon ziarna i -tego gatunku rośliny [t/ha],

w_{zs} – stosunek plonu słomy do plonu ziarna,

w_{za} – zbiór słomy w stosunku do arealu upraw.

Tabela 1
Stosunek plonu słomy do plonu ziarna zbóż*

Poziom plonu ziarna [t/ha]	Zboża ozime				Zboża jare		
	pszenica	pszenżyto	żyto	jęczmień	pszenica	jęczmień	owies
2,01–3,0	0,86	1,18	1,45	0,94	1,13	0,78	1,05
3,01–4,0	0,91	1,13	1,44	0,80	0,94	0,86	1,08
4,01–5,0	0,91	1,14	1,35	0,70	0,83	0,77	1,05
5,01–6,0	0,92	1,13	1,24	0,71	0,81	0,72	1,01
6,01–7,0	0,90	0,94	–	–	–	0,68	–
7,01–8,0	0,83	–	–	–	–	0,67	–
Zbiór słomy w stosunku do arealu upraw w_{sa}	4,4 (2,2–6,2)	4,9 (2,95–6,1)	5,1 (2,6–6,8)	3,0 (2,25–3,9)	3,6 (2,8–4,4)	3,6 (1,95–5,0)	4,4 (3,6–5,5)

*plon ziarna = 1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Harasim 1994, Klugmann-Radziemska 2009.

Zapotrzebowanie na słomę zużywaną w produkcji zwierzęcej (pasza i ściółka) oblicza się na podstawie liczebności pogłównia zwierząt gospodarskich i rocznych normatywów dla poszczególnych gatunków i grup użytkowych (tab. 2) wg poniższych wzorów:

$$Z_s = \sum_{i=1}^n q_i s_i \quad \text{i} \quad Z_p = \sum_{i=1}^n q_i p_i$$

gdzie:

Z_s – zapotrzebowanie słomy na ściółkę,

Z_p – zapotrzebowanie słomy na paszę,

q_i – pogłównie i -tego gatunku i grupy użytkowej,

s_i – normatyw zapotrzebowania słomy na ściółkę i -tego gatunku i grupy użytkowej,

p_i – normatyw zapotrzebowania słomy na paszę i -tego gatunku i grupy użytkowej.

Uwzględnić należy również zużycie słomy niezbędnej do reprodukcji substancji organicznej w glebie, które ustala się na podstawie odrębnych analiz obejmujących strukturę zasiewów, jakość gleb, oraz saldo substancji organicznej. Należy mieć na uwadze proporcję pomiędzy roślinami, które poprawiają zasobność gleby w substancję organiczną (strączkowe, motylkowate, trawy), a tymi, które degradują materię organiczną w glebie (zboża, okopowe, przemysłowe). Wzrost lub ubytek substancji organicznej można mierzyć za pomocą współczynników określających jej reprodukcję albo degradację (tab. 3).

Tabela 2

Normatywy zapotrzebowania słoły na paszę i ściółkę oraz produkcji obornika (w tonach/rok)

Wyszczególnienie	Pasze (p_i)	Ściółka (s_i)	Obornik (o_i)
Bydło:			
krowy	1,2	1,0	2,5
pozostałe	0,6	0,5	1,6
Trzoda chlewna:			
lochy	–	0,5	0,6
pozostałe	–	0,2	0,4
Owce	0,2	0,2	0,25
Konie	0,8	0,9	1,6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie: Majewski i in. 1983 oraz Kozakiewicz, Nieścior 1984.

Tabela 3

Współczynniki reprodukcji i degradacji substancji organicznej w glebie

Rośliny	Współczynniki w_{di} i w_{ri} dla różnych rodzajów gleb w tonach suchej masy obornika		
	lekkich	średnich	ciężkich
Okopowe, warzywa korzeniowe (w_{d1})	–3,6	–4,0	–4,4
Kukurydza, warzywa liściaste (w_{d2})	–2,7	–3,0	–3,3
Zboża, oleiste, włókniste (w_{d3})	–1,4	–1,5	–1,6
Strączkowe (w_{r1})	+0,9	+1,0	+1,1
Trawy w uprawie polowej (w_{r2})	+2,7	+3,0	+3,3
Motylkowate wieloletnie i ich mieszanki z trawami (w_{r3})	+5,4	+5,6	+6,0

Źródło: Maćkowiak 1997.

Znając powierzchnię zasiewów poszczególnych grup roślin oraz ilość produkowanego obornika, którą oblicza się na podstawie pogłowia zwierząt i normatywów (o_i) (tab. 2), można określić saldo substancji organicznej wg następującej formuły:

$$S = \sum_{i=1}^n r_i w_{ri} + \sum_{i=1}^n d_i w_{di} + \sum_{i=1}^n q_i o_i$$

gdzie:

S – saldo substancji organicznej,

r_i – powierzchnia grup roślin zwiększających zawartość substancji organicznej,

d_i – powierzchnia grup roślin zmniejszających zawartość substancji organicznej,

w_{ri} – współczynnik reprodukcji substancji organicznej dla danej grupy roślin,

w_{di} – współczynnik degradacji substancji organicznej dla danej grupy roślin,

q_i – pogłowie inwentarza żywego w sztukach fizycznych wg gatunków i grup wiekowych,

o_i – normatywy produkcji obornika w tonach/rok wg gatunków.

Stwierdzenie ujemnego salda substancji organicznej oznacza, że aby utrzymać zrównoważony bilans substancji organicznej w glebie należy przyorać określoną ilość słomy. Zakładając, że 1 tona suchej masy obornika równoważna jest 1,54 tony słomy, zapotrzebowanie słomy na przyoranie obliczyć należy wg wzoru:

$$Z_n = 1,54 S$$

gdzie:

Z_n – zapotrzebowanie słomy na przyoranie,

S – saldo substancji organicznej.

Obliczenia takie można wykonać w układzie regionalnym, lokalnym bądź też dla konkretnego gospodarstwa, pod warunkiem dostępu do danych dotyczących pogłowia zwierząt i struktury zasiewów. Poprawnie przeprowadzone obliczenia pozwalają ocenić potencjał słomy, którą można zaproponować do wykorzystania energetycznego. Oszacowane zasoby można wyrazić w jednostkach energetycznych, przyjmując wartość opałową słomy na poziomie 15 GJ/t.

Metodyka szacowania potencjału siana możliwego do wykorzystania na cele energetyczne

Siano wykorzystywane jest głównie jako pasza dla przeżuwaczy. Obserwowany w ostatnich latach spadek pogłowia zwierząt gospodarskich powoduje, że powierzchnia trwałych użytków zielonych przewyższa zapotrzebowanie rolnictwa, co wiąże się z ekstensywnym ich użytkowaniem lub wręcz zaniechaniem zbioru siana i degradacją łąk. W przypadku niewykorzystania potencjału produkcyjnego łąk i pastwisk na cele paszowe, część biomasy z tych terenów można przeznaczać na cele energetyczne.

Potencjał siana określić można jako iloczyn powierzchni łąk, współczynnika ich wykorzystania na cele energetyczne i wielkości plonu:

$$P_{si} = A_l \cdot w_{ws} \cdot Y_{si} \text{ [t/rok]}$$

gdzie:

P_{si} – potencjał siana,

A_l – powierzchnia trwałych użytków zielonych [ha],

w_{ws} – współczynnik wykorzystania na cele energetyczne,

Y_{si} – plon siana [t/ha/rok].

Precyzyjne określenie współczynnika wykorzystania łąk na cele energetyczne wymaga znajomości sposobu użytkowania trwałych użytków zielonych na badanym obszarze ze szczególnym uwzględnieniem powierzchni łąk i pastwisk nieskoszonych. Przeciętnie w skali kraju współczynnik ten kształtuje się na poziomie 5–10%. Natomiast plon siana zależny jest od warunków siedliskowych. W warunkach Polski średni plon wynosi ok. 4 t/ha.

Metodyka szacowania potencjału biomasy roślin uprawianych na cele energetyczne

Wyniki licznych, wielokierunkowych badań oraz praktyka rolnicza wskazują, że istnieje wiele gatunków, zwłaszcza wieloletnich, które można polecać do produkcji biomasy na cele energetyczne. Ich dobór będzie zależny od warunków siedliskowych, metody konwersji biomasy na energię (spalanie, fermentacja metanowa, zgazowywanie itp.) oraz kosztów związanych z produkcją i transportem. W doświadczeniach plon suchej masy waha się od 8 do 24 t/ha. Natomiast plony w warunkach produkcyjnych są najczęściej niższe i mogą wynosić od 6 do 12 t s.m./ha. Potencjał biomasy roślin wieloletnich jest iloczynem powierzchni plantacji i jednostkowej wydajności. Natomiast wartość energetyczna plonu jest iloczynem jego masy i jednostkowej wartości energetycznej. Wydajność poszczególnych gatunków roślin energetycznych przedstawia tabela 6. W warunkach gleb marginalnych należy liczyć się z uzyskiwaniem plonów w dolnych granicach podanych przedziałów, a właśnie te gleby są wskazywane jako przydatne do zagospodarowania pod nasadzenia roślin energetycznych.

Aby oszacować potencjał roślin energetycznych na wyznaczonym obszarze należy uwzględnić areal istniejących plantacji wieloletnich roślin energetycznych oraz gruntów marginalnych. Jako wyjściowy areal do obliczeń często przyjmowany jest obszar odłogów i ugorów na danym terenie [Innowacyjność... 2008]. Jednak należy mieć na uwadze, iż zaniechanie produkcji na tych działkach spowodowane było ich cechami szczególnie utrudniającymi lub wręcz uniemożliwiającymi racjonalne gospodarowanie, takie jak wyjątkowo niska żyzność i urodzajność, nadmierne lub niedostateczne uwilgotnienie, długotrwałe zalewanie, położenie na dużych skłonach itp. Trudno więc oczekiwać, aby rolnicy byli zdecydowani przywrócić te grunty do uprawy roślin energetycznych, zwłaszcza że założenie takiej plantacji jest dość kosztowne, a ponadto brak jest obecnie gwarancji cen biomasy, a nawet jej odbioru. Dlatego wydaje się bardziej zasadne przyjęcie jako podstawowej bazy obliczeniowej gruntów o niższej jakości. Są one najczęściej przeznaczone pod uprawę roślin o małych wymaganiach środowiskowych, jak żyto, pszenżyto, owies czy ziemniaki. Uprawy takie pro-

Tabela 6

Plony wieloletnich roślin energetycznych [t s.m./ha/rok]

Gatunek rośliny	Plon reprezentatywny*	Plon uzyskiwane w praktyce**
wierzba	8	7–20
róża wielokwiatowa	8	6–11
ślazowiec pensylwański	9	8–16
miskant olbrzymi	10	8–20
topinambur	8	4–12
spartina preriowa	8	7–16
mozga trzciniowa	8	4–10
rdest sachaliński	20	10–22
robinia akacyjowa	7	5–9
topola	8	7–16
brzoza	8	5–10

* zgodnie z rozporządzeniem MRRW z dnia 26 lutego 2009 r.

** na podstawie różnych źródeł literaturowych

wadzone są na granicy opłacalności, stąd można przewidywać, że rolnicy będą skłonni zakładać tam plantacje energetyczne, zwłaszcza w przypadku wsparcia z zewnątrz. Podobne podejście reprezentują Kuś i Faber [2007], proponując jako najbardziej przydatne do uprawy roślin energetycznych gleby kompleksów przydatności rolniczej 5, 8, 9 i 3z oraz opcyjnie kompleks 6. Dane dotyczące kompleksów nie zawsze są dostępne, dlatego proponuje się przyjąć jako równie wiarogodne obszary gruntów rolnych należące do klas bonitacyjnych: IVb, V, VI, VIz oraz V i VI trwałych użytków zielonych (TUZ). Analiza zasobów biomasy przeprowadzona w woj. lubelskim [Kościk i in. 2009] wykazała, że obliczenia uwzględniające wymienione kryteria przyniosły zbliżone wyniki. W bilansie należy wziąć pod uwagę ograniczenia wynikające z uwarunkowań organizacyjnych i logistycznych oraz prawne, związane np. z wprowadzaniem gatunków obcego pochodzenia na obszarach chronionych. W tej sytuacji zakłada się wykorzystanie jedynie części oszacowanej w ten sposób powierzchni, przyjmując energetyczne zagospodarowanie tych gruntów na poziomie 10% (w_{re}). Tak więc potencjał roślin energetycznych można przedstawić równaniem:

$$P_{re} = [A_{re} + (A_{gp} \cdot w_{re})] \cdot Y_{re} \text{ [t/rok]}$$

gdzie:

 P_{re} – potencjał roślin energetycznych, A_{re} – powierzchnia istniejących plantacji roślin energetycznych [ha],

A_{gp} – powierzchnia gruntów przydatnych do uprawy roślin energetycznych [ha],
 w_{re} – współczynnik wykorzystania gruntów pod uprawę roślin energetycznych,
 Y_{re} – przeciętny plon wybranych roślin energetycznych na podstawie tabeli 6 [t/ha/rok].

W zależności od konkretnych uwarunkowań wartość wskaźnika w_{re} może ulegać zmianom. Jego wartość na poziomie 10% zaproponowano na podstawie badań przeprowadzonych dwiema metodami przez Kusia i Fabera [2007] oraz Kościka i wsp. [2009]. Może on wzrosnąć w sytuacji, kiedy na danym obszarze występuje odpowiedni dla większości roślin energetycznych poziom wód gruntowych (pow. 200 cm), a roczna suma opadów przekracza 550 mm. Należy zaznaczyć, że jest to areal, który można zagospodarować na cele energetyczne bez uszczuplenia arealu gruntów wykorzystywanych pod uprawy przeznaczone na cele spożywcze i paszowe. Przy takim założeniu produkcja surowców energetycznych nie jest konkurencją dla produkcji żywności i pasz.

Podsumowanie

Szacowanie zasobów odnawialnych źródeł energii, a zwłaszcza biomasy, stanowi istotny problem praktyczny, na który napotykać pracownicy jednostek samorządu terytorialnego, a także przedsiębiorstw zainteresowanych rozwojem technologii opartych na tych zasobach. Opracowywane metody cechuje duża różnorodność i złożoność, co w znacznej mierze ogranicza ich przydatność z punktu widzenia określania bazy surowcowej, jaką mogą stanowić gospodarstwa rolne, które nie tylko posiadają wiele specyficznych cech natury techniczno-organizacyjnej, ale także położone są w konkretnych, trudnych do poprawy, warunkach przyrodniczych. Uwarunkowania te nie wykluczają jednak pomiaru zasobów biomasy w skali województwa, powiatu, gminy, a nawet gospodarstwa rolnego. Konieczna staje się adaptacja istniejących już metod oraz rozszerzenie ich o wspólne kryteria pomiarowe, umożliwiające tworzenie baz danych, które pozwoliłyby na możliwie wiarygodne, rzetelne szacunki zasobów biomasy realnie dostępnej dla przemysłu paliwowo-energetycznego.

Przedstawione metody oceny aktualnie są doskonałe w toku postępowania badawczego i empirycznej weryfikacji.

Literatura

BUCZEK J., KRYŃSKA B.: *Zasoby biomasy – zasady i wskaźniki sporządzania bilansu biomasy*. Mat. szkol. „Innowacje w technologiach roślinnych podstawą kształtowania rolniczej przestrzeni produkcyjnej przez samorząd terytorialny. Uniwersytet Rzeszowski. Rzeszów 2007.

- CHMIELNIAK T.: *Technologie energetyczne*. WNT. Warszawa, 2008.
- Innowacyjność podejmowanych działań w obszarze odnawialnych źródeł energii*. Uniwersytet Zielonogórski. Zielona Góra, 2008.
- JANOWICZ L.: *Biomasa w Polsce*. Energetyka 8 (626), 2006.
- European Biomass Statistics*, AEBIOM, Belgium, 2007
- GRZYBEK A., GRADZIUK P., KOWALCZYK K.: *Słoma - energetyczne paliwo*. Wyd. Wieś Jutra,. Warszawa, 2001.
- HARASIM A.: *Relacja między plonem słomy i ziarna u zbóż*. Pamiętnik Puławski, 1994.
- KLUGMANN-RADZIEMSKA E.: *Odnawialne źródła energii – przykłady obliczeniowe*. Wyd. Politechniki Gdańskiej. Gdańsk, 2009.
- KOŚCIK B., KOWALCZYK-JUŚKO A., KOŚCIK K.: *Wstępna analiza potencjału biomasy możliwej do wykorzystania na cele energetyczne w województwie lubelskim*. Urząd Marszałkowski w Lublinie. Lublin, 2009.
- KOZAKIEWICZ J., NIEŚCIÓR E.: *Słoma i sposoby jej użytkowania w gospodarstwach rolniczych*. IUNG. Puławy, 1984.
- KRUCZEK S., GŁĄBIK R., SIKORA R.: *Zagadnienia gazyfikacji drewna*. Energetyka Ciepła i Zawodowa, 2001.
- KUŚ J., FABER A.: *Alternatywne kierunki produkcji rolniczej*. [w:] Współczesne uwarunkowania organizacji i produkcji w gospodarstwach rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007.
- LEWANDOWSKI W.: *Proekologiczne odnawialne źródła energii*. WNT. Warszawa 2006.
- MAĆKOWIAK C.: *Bilans substancji organicznej w glebach Polski*. Biuletyn Informacyjny IUNG. Puławy, 1997.
- MAJEWSKI E., WOJTKIEWICZ M., ZABRZEWSKA W.: *Ćwiczenia z organizacji i ekonomiki gospodarstw rolniczych – zbiór danych liczbowych*. Wydawnictwo SGGW-AR. Warszawa, 1983.
- Rozporządzenie Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi z dnia 26 lutego 2009 r. w sprawie plonów reprezentatywnych roślin energetycznych w 2009 r. Dz.U. Nr 36, poz. 283.
- SIMS R.E.H.: *The brilliance of bioenergy: in business and in practice*. James and James Publications. London, UK, 2002.
- TAŃCZUK M. ULBRICH R.: *Assessment of energetic potential of biomass*. Proceedings of ECOpole, 2009.

Regional biomass resources for energy purposes (methodical problems)

Abstract

The paper deals methods of solid biomass estimation for energy purposes. Several ways of estimations are available at present what causes discrepancy in the figures. In the article useful methods were described for local government units, and enterprises interested in using biomass for energy purposes. Estimation methods of wood, straw and energy crops were presented. Estimating of resources

of renewable sources, especially biomass, could become a significant practical problem, which can be met by local government representatives, entrepreneurs interested in renewable sources technology development. Methods of estimating have complex and diverse character what could be seen like an obstacle in define raw material sources in farms for instance. Farms have many specific characteristics within technical and logistic organization, are placed in specific localizations sometimes very hard to cultivate because of agro technical factors. Those conditions do not exclude the possibility of biomass estimating in the scale of province, powiat, commune or even in single farm. The present estimating methods need to be adopted by preparing common measuring standards which allows to prepare reliable calculations of biomass for fuel and energy sector. Methods of estimating are improving during process of research and current updating.