

## Potencjalne możliwości wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych

### The potential opportunities for using wood biomass in energy production

Stanisław Parzych

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny, Katedra Urządzania Lasu, Geomatyki i Ekonomiki Leśnictwa,  
ul. Nowoursynowska 159, 02-776 Warszawa

Tel. +48 22 5938 233, e-mail: stanislaw.parzych@wl.sggw.pl

**Abstract.** This paper presents results of a meta-analysis on the theoretical and economic aspects of using wood biomass for the production of energy in Poland. The source data used in the analyses were obtained from various official sources and statistics as well as previously published scientific studies. The results lead to the conclusion that the wood biomass supplied for energy production in the year 2012 amounted to a total of 18 million cubic meters, of which forestry supplied 6.8 million m<sup>3</sup>, the wood industry 6.5 million m<sup>3</sup> and public utilities provided 4.5 million m<sup>3</sup>.

**Keywords:** bioenergy, fuelwood, forest residues, energy plantation

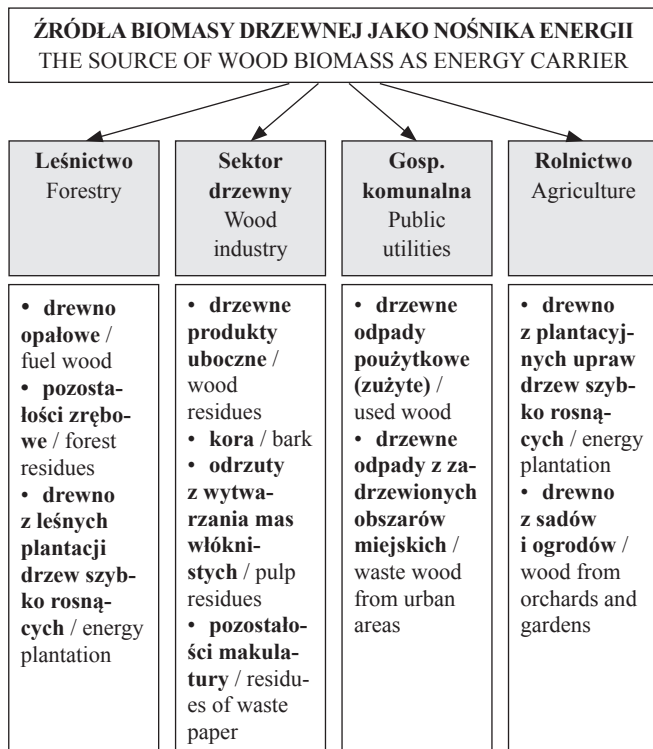
## 1. Wstęp

Wykorzystanie odnawialnych źródeł energii jest obecnie jednym z najbardziej interesujących tematów, i stanowi główny punkt wielu badań naukowych. Przeprowadzone badania dotyczyły jednego z najczystszych nośników energii, a zarazem odnawialnego zasobu przyrody – biomasy. Biomasa to substancja powstała w wyniku przemiany materii organizmów żywych i może stanowić źródło energii na każdym etapie przetworzenia (Jabłoński, Wnuk 2009). Pojęcie biomasy wyjaśnia § 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku (Dz.U. z 2012 roku, poz. 1229). W pracy zajęto się biomasą określaną, w ujęciu statystycznym, jako biopaliwo stałe (Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r.), a w szczególności drewnem. Głównym miejscem powstawania biomasy drzewnej (dendromasy) przeznaczonej na cele energetyczne jest leśnictwo i sektor drzewny (przemysł drzewny, celulozowo-papierniczy oraz meblarski). Źródłem biomasy jest również gospodarka komunalna i rolnictwo (ryc.1).

Celem pracy jest określenie teoretycznych i ekonomicznych możliwości pozyskania biomasy drzewnej do celów energetycznych w Polsce. Należy zwrócić uwagę, że potencjał energetyczny jest pojęciem umownym i różnie interpretowanym. Potencjał teoretyczny odnawialnych źródeł energii określa teoretyczną możliwość pozyskania energii

z biomasy (ryc. 2). Potencjał techniczny dotyczy ilości energii jaką w ciągu roku można pozyskać z krajowych zasobów przy użyciu najlepszych technologii przetwarzania energii ze źródeł odnawialnych w jej końcowe nośniki. Z kolei potencjał ekonomiczny to część potencjału technicznego, jaka może być wykorzystana z uwzględnieniem kryteriów gospodarczych. Pojęcie potencjału technicznego odnosi się do realnych możliwości wykorzystania w aktualnych warunkowaniach gospodarczych. Jeżeli chodzi o odpady to przyjęto zasadę, że cały ich potencjał techniczny jest też potencjałem ekonomicznym. Natomiast w przypadku plantacji energetycznych potencjał ekonomiczny określa się, biorąc pod uwagę ograniczenia środowiskowe i ograniczenia związane z możliwością dostępu do powierzchni bez ograniczenia stopnia samowystarczalności żywnościowej kraju. Wreszcie potencjał rynkowy wynika z oceny do jakiego stopnia przy obecnie istniejącym systemie wsparcia, może być optymalnie wykorzystany potencjał ekonomiczny. W przypadku odpadów biomasy suchej potencjał rynkowy równy jest potencjałowi ekonomicznemu.

Jedną z najważniejszych barier wpływających na ograniczenie zasobów biomasy do celów energetycznych jest ochrona prawna obszarów cennych przyrodniczo (parki narodowe, rezerваты, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo-krajobrazowe oraz pomniki przyrody)



**Rycina 1. Miejsce powstawania i rodzaje biomasy drzewnej na cele energetyczne**

Figure 1. The place of creation and kinds of wood biomass for energy production

Źródło / Source: Ratajczak, Bidzińska 2013

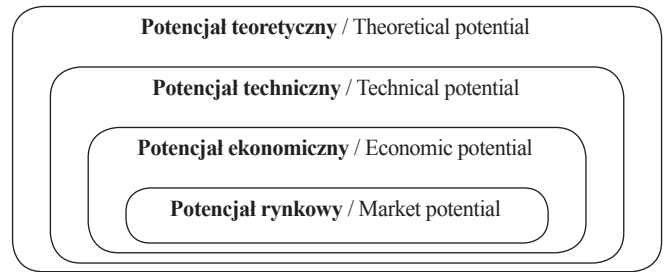
(Niedziółka 2012, EC BREC 2007). Z danych statystycznych wynika, że powierzchnia takich obszarów waha się od 18,6% w województwie dolnośląskim do 64,5% w województwie świętokrzyskim (Ochrona Środowiska 2013).

## 2. Metodyka

W przyjętej metodzie ocena potencjalnych (teoretycznych, technicznych i ekonomicznych) możliwości wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych oparta jest na zasobach naturalnych, atrakcyjności ekonomicznej oraz ich wykorzystaniu na bazie technologii dostępnych na rynku, a nie na systemie wsparcia, który deformuje obraz rynku, zwłaszcza przy plantacjach drzew szybko rosnących. Dlatego też w pracy nie uwzględniono potencjału rynkowego.

Potencjalne możliwości wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych zostały wyliczone dla całej Polski w 2012 roku z podziałem na cztery główne miejsca jej powstawania: leśnictwo, które stanowiło główny obszar badań; sektor drzewny; gospodarke komunalną i rolnictwo.

W przypadku leśnictwa wzięto pod uwagę drewno opałowe, którego wielkość zaczerpnięto z roczników statystycznych (Leśnictwo 2004–2013), oraz pozostałości leśne. Należy zwrócić uwagę, że § 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku (Dz. U. z 2012 roku, poz. 1229) wprowadził nowe pojęcie tzw. „drewna pełnowarto-



**Rycina 2. Szacowanie potencjałów odnawialnych zasobów energii**

Figure 2. Estimated value of renewable energy resources

Źródło: Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie OZE 2011, EC BREC 2007

Source: Determination of energy value for renewable energy sources in Poland 2011, EC BREC 2007

ściowego”. Jest to drewno spełniające wymagania jakościowe opisane w normach określających wymagania i badania dla drewna wielkowymiarowego liściastego, drewna wielkowymiarowego iglastego oraz drewna średniowymiarowego dla grup oznaczonych jako S1, S2, S3 oraz materiał drzewny powstały w wyniku procesu celowego rozdrabniania tego drewna. Zgodnie z tym rozporządzeniem drewno to nie może być wykorzystane formalnie do produkcji energii, a zatem na cele energetyczne może być wykorzystywane jedynie drewno opałowe S4, drewno małowymiarowe oraz karpina.

Z kolei potencjał teoretyczny pozostałości leśnych na cele energetyczne został wyliczony według założonych udziałów procentowych następujących frakcji (Płotkowski, Piekutin 2007):

- OZN (odpady zrębowe niezagospodarowane) – 6%,
- DTN (drewno trzebieżowe niezagospodarowane) – 4%,
- BK (biomasa pniaków i korzeni) – jako 10% dendromasy,
- BD (drewno z bilansu biomasy drzewnej).

BD jest to hipotetycznie dostępna biomasa wyliczona z różnicy pomiędzy bieżącym przyrostem rocznym i rozmiarem pozyskania pomnożona przez określone udziały frakcji OZN, DTN i BK. Obecnie pozyskanie kształtuje się na poziomie około 60% przyrostu rocznego (Raport o stanie lasów w Polsce 2012).

Potencjał techniczny uzależniony jest od poziomu obecnej techniki i technologii pozyskania, który pozwala na wykorzystanie następującej wielkości poszczególnych frakcji (Płotkowski, Piekutin 2007 za Karjalajnen et al. 2004):

- OZN – 75%,
- DTN – 45%,
- BK – 20%,
- BD – 25%.

Dodatkowo frakcja OZN i DTN została zredukowana o 50% w związku z przyjęciem założenia ręcznego sposobu pozyskania w całości.

Natomiast potencjał ekonomiczny pozostałości leśnych określa wielkość biomasy, którą faktycznie można pozyskać z uwzględnieniem aspektów gospodarczych. Jeżeli chodzi o biomasę pozyskiwaną z karpiny to nie jest to opłacalne, dlatego też pozyskiwanie w lasach kształtowało się na poziomie

0,1–0,3 tys. m<sup>3</sup> i nie przewiduje się jakiegokolwiek wzrostu użytkowania na cele energetyczne tego rodzaju biomasy drzewnej. Pozyskiwanie karpiny odbywa się tylko w wyjątkowych przypadkach, np. oczyszczenia terenu pod budowę dróg, dlatego też oszacowana wartość tej biomasy kształtuje się na symbolicznym poziomie – w granicach 1 tys. m<sup>3</sup>. Natomiast frakcje OZN i DTN przyjęto w wielkości potencjału technicznego. Z kolei frakcję BD ustanowiono w wielkości potencjału technicznego, ale bez uwzględnienia biomasy pniaków i korzeni.

Jeżeli chodzi o określenie podaży biomasy z sektora drzewnego w Polsce, to została ona wyliczona na podstawie badań Ratajczak i Bidzińskiej (2013). Z pracy tej przyjęto, że drzewne produkty uboczne w sektorze drzewnym stanowią 95% biomasy leśnej, natomiast drewno poużytkowe – 70%.

W przypadku szacowania potencjału biomasy z wieloletnich plantacji energetycznych dane przyjęto z opracowania pt. „Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii – wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014-2020” (2011).

### 3. Wyniki badań

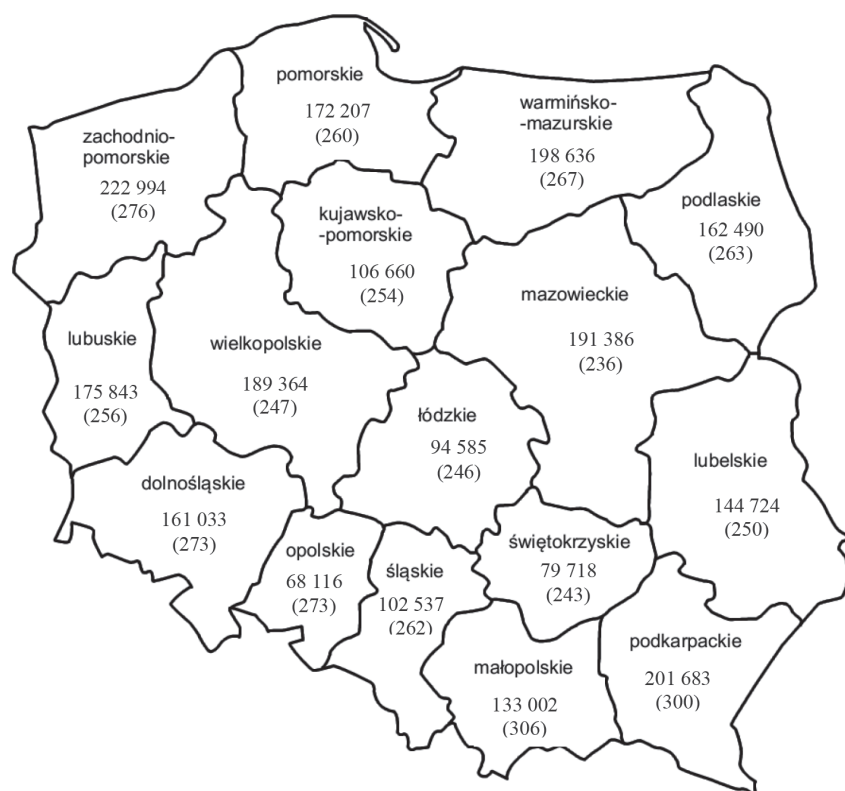
Największe zasoby biomasy leśnej występowały w województwach zachodnich i północnych kraju, gdzie zlokalizowane są główne kompleksy leśne. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego na dzień 31 grudnia 2012 r. powierzchnia gruntów leśnych w Polsce wynosiła 9 370 tys. ha, co odpowiadało lesistości 29,3%, natomiast odnosząc to do powierzchni lądowej kraju – 30,6% (Leśnictwo 2013). Dla określenia wiel-

kości potencjału drewna jako surowca energetycznego znaczenie ma nie tylko wielkość powierzchni leśnej, ale i struktura własności. W naszym kraju dominują lasy publiczne – 81,2%, w tym lasy w zarządzie Lasów Państwowych – 77,3% ogólnej powierzchni. Powierzchnia gatunków iglastych stanowi 69,9% powierzchni lasów. Natomiast w strukturze wiekowej dominuje III klasa wieku, zajmując powierzchnię ponad 26%.

Stan zasobów leśnych na pniu według województw przedstawia rycina 3. Największymi zasobami dysponuje województwo zachodniopomorskie – prawie 223 tys. m<sup>3</sup> i podkarpackie – ponad 201 tys. m<sup>3</sup>. Tam też występują jedne z największych zasobności, odpowiednio 276 m<sup>3</sup> i 300 m<sup>3</sup>. Natomiast łączne zasoby kraju wyniosły w 2012 roku około 2,5 mld m<sup>3</sup> grubizny brutto (w korze), natomiast zasobność (grubizna w korze na 1 ha powierzchni lasów) – 263 m<sup>3</sup>.

Dobrym odzwierciedleniem stanu zasobów leśnych jest rozmiar pozyskania drewna, które w 2012 r. wyniosło 37 045 mln m<sup>3</sup>, z czego 95% to drewno pozyskane w Lasach Państwowych. Przy czym udział grubizny wyniósł około 94%. Jeżeli chodzi o udział pozyskanego drewna opałowego w Lasach Państwowych przedstawionego w tabeli 1, można stwierdzić, że stanowi ono przeciętnie 7,5% w przypadku grubizny i 67% w przypadku drewna małowymiarowego, co w łącznym pozyskaniu daje 11,3%. Jeżeli chodzi o pozyskanie drewna opałowego w lasach prywatnych to kształtuje się ono rocznie na przeciętnym poziomie 185 tys. m<sup>3</sup>, co stanowi 14,7% pozyskiwanej grubizny (tab. 2).

Z kolei w tabeli 3 przedstawiono wielkość łącznego pozyskania drewna według województw, przy założeniu, że pozyskiwanie drewna małowymiarowego w lasach prywatnych



**Rycina 3. Zasoby drzewne kraju na pniu (w tys. m<sup>3</sup>) i zasobność w 2012 r. (m<sup>3</sup>)**

Figure 3. Growing stock of forest in Poland (in thous. m<sup>3</sup>) and resources in 2012 (m<sup>3</sup>)

Źródło: Leśnictwo 2013

Source: Forestry 2013

**Tabela 1. Pozyskanie drewna opałowego netto w Lasach Państwowych w latach 2003–2012**

Table 1. Removals of fuelwood in The State Forests National Forest Holding in 2003–2012

Lata Years	Grubizna [tys. m <sup>3</sup> ] Timber [thous. m <sup>3</sup> ]		Małowymiarowe [tys. m <sup>3</sup> ] Slash [thous. m <sup>3</sup> ]		Udział drewna opałowego Fuelwood [%]
	ogółem total	opałowa fuelwood	ogółem total	opałowe fuelwood	
2003	27 134	2 094	2 086	1 284	11,6
2004	28 698	1 817	2 294	1 315	10,1
2005	28 164	1 855	2 207	1 305	10,4
2006	28 700	2 025	2 142	1 326	10,9
2007	32 314	2 086	1 777	1 109	9,4
2008	30 695	2 277	1 854	1 260	10,9
2009	31 188	2 496	1 916	1 379	11,7
2010	31 882	2 418	1 888	1 398	11,3
2011	32 789	2 822	2 286	1 770	13,1
2012	33 212	3 085	2 055	1 609	13,3
<b>Średnioroczne</b> Average annual	30 478	2 298	2 051	1 376	11,3

Źródło: Leśnictwo 2004–2013

Source: Forestry 2004–2013

**Tabela 2. Pozyskanie drewna opałowego netto w lasach prywatnych w latach 2003–2012**

Table 2. Removals of fuelwood in private forests in 2003–2012

Lata Years	Grubizna [tys. m <sup>3</sup> ] Timber [thous. m <sup>3</sup> ]		Udział drewna opałowego Fuelwood [%]
	ogółem / total	opałowa / fuelwood	
2003	1 151	142	12,3
2004	1 269	151	11,9
2005	1 124	149	13,3
2006	1 098	158	14,4
2007	1 349	172	12,8
2008	1 248	171	13,7
2009	1 089	177	16,3
2010	1 244	210	16,9
2011	1 633	277	17,0
2012	1 349	244	18,1
<b>Średnioroczne</b> Average annual	1 255	185	14,7

Źródło: Leśnictwo 2004–2013

Source: Forestry 2004–2013

jest na takim samym poziomie jak w Lasach Państwowych (współczynnik 1,06 w stosunku do grubizny). Przy czym w Lasach Państwowych w roku 2012 pozyskanie grubizny z użytków przedrębnych stanowiło około 52%, a z samych trzebieży – prawie 44%. Z danych zawartych w tej tabeli wynika, że łączne pozyskanie drewna w kraju wyniosło ponad 38 mln m<sup>3</sup>. Największe pozyskanie wystąpiło w województwie zachodniopomorskim – ponad 4,3 mln m<sup>3</sup>.

Dane zawarte w tabeli 4 ukazują potencjał dendromasy pochodzący z sektora leśnego. Z danych tych wynika, że potencjał teoretyczny wynosił ponad 16,9 mln m<sup>3</sup>, ale potencjał

techniczny już tylko 4,2 mln m<sup>3</sup>, natomiast potencjał ekonomiczny możliwy praktycznie do pozyskania zaledwie 1,8 mln m<sup>3</sup> (oprócz pozyskiwanych już ponad 4,9 mln m<sup>3</sup> drewna opałowego – jak wynika z danych statystycznych). A zatem łączny rozmiar podaży drewna energetycznego w 2012 roku w Polsce wyniósł prawie 6,8 mln m<sup>3</sup>. Największy potencjał występował w województwie zachodniopomorskim i warmińsko-mazurskim, natomiast najmniejszy w województwie łódzkim, świętokrzyskim i małopolskim. Dodatkowo do celów energetycznych można przeznaczyć 6,5 mln m<sup>3</sup> produktów drzewnych. W tym z przemysłu tartaczego 2,9 mln m<sup>3</sup>, a z sektora

**Tabela 3. Pozyskanie drewna z lasów i zadrzewień w 2012 r. według województw (grubizna + malowymiarowe)**

Table 3. Removals from forestry and trees and shrubs in 2012 by voivodships (timber + slash)

Województwo Voivodship	Lasy publiczne Public forests	Lasy prywatne Private forests	Zadrzewienia Trees and shrubs	Razem Total
tys. m <sup>3</sup> / thous. m <sup>3</sup>				
dolnośląskie	3 005,2	12,4	53,8	3 071,5
kujawsko-pomorskie	1 748,0	37,4	67,0	1 852,5
lubelskie	1 576,1	178,5	109,7	1 864,3
lubuskie	3 028,0	16,9	32,2	3 077,1
łódzkie	1 072,2	87,0	76,2	1 235,4
małopolskie	1 048,0	210,6	72,0	1 330,6
mazowieckie	2 054,7	182,7	194,9	2 432,4
opolskie	1 275,9	13,5	22,4	1 311,8
podkarpackie	2 443,9	119,9	55,5	2 619,4
podlaskie	1 730,8	124,8	49,5	1 905,0
pomorskie	2 943,9	103,9	35,1	3 082,9
śląskie	1 668,4	120,1	46,6	1 835,2
świętokrzyskie	1 160,7	79,9	23,6	1 264,3
warmińsko-mazurskie	3 517,7	47,3	60,4	3 625,4
wielkopolskie	3 094,8	83,3	87,3	3 265,4
zachodniopomorskie	4 278,6	11,1	42,8	4 332,5
<b>Polska / Poland</b>	<b>35 647,1</b>	<b>1 429,3</b>	<b>1 029,3</b>	<b>38 105,6</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Leśnictwo 2013 (po zastosowaniu współczynnika 1,06)

Source: Own elaboration on the basis Forestry 2013 (coefficient 1.06)

**Tabela 4. Potencjalna wielkość biomasy pozyskiwana z sektora leśnego (pozostałości)**

Table 4. Estimated value of biomass from forest sector (forest residues)

Województwo Voivodship	Potencjal biomasy [tys. m <sup>3</sup> ] Biomass potential [thous. m <sup>3</sup> ]		
	teoretyczny theoretical	techniczny technical	ekonomiczny economic
dolnośląskie	1 363,7	335,5	147,9
kujawsko-pomorskie	822,5	202,3	89,2
lubelskie	827,8	203,6	89,8
lubuskie	1 366,2	336,1	148,2
łódzkie	548,5	134,9	59,5
małopolskie	590,8	145,3	64,1
mazowieckie	1 080,0	265,7	117,2
opolskie	582,4	143,3	63,2
podkarpackie	1 163,0	286,1	126,2
podlaskie	845,8	208,1	91,8
pomorskie	1 368,8	336,7	148,5
śląskie	814,8	200,4	88,4
świętokrzyskie	561,3	138,1	60,9
warmińsko-mazurskie	1 609,7	396,0	174,6
wielkopolskie	1 449,9	356,7	157,3
zachodniopomorskie	1 923,6	473,2	208,7
<b>Polska / Poland</b>	<b>16 918,9</b>	<b>4 162,0</b>	<b>1 835,5</b>

Źródło: Opracowanie własne (podstawę wyliczeń stanowił rozmiar pozyskania drewna w wysokości 38 105,6 m<sup>3</sup> – z tabeli 3)Source: Own elaboration (on the basis of removals amounting to 38 105.6 m<sup>3</sup> – from table 3)



meblarskiego ponad 1,7 mln m<sup>3</sup> (tab. 5). Natomiast wśród drewna użytkowego największy udział stanowiły zużyte meble – ponad 0,9 mln m<sup>3</sup> oraz elementy wyeksploatowania budynków i budowli – prawie 0,8 mln m<sup>3</sup> (tab. 6).

Według autorów opracowania „Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie OZE – wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014-2020” (2011) teoretyczny potencjał stałych powierzchni plantacyjnych na potrzeby energetyczne wynosi w 2013 r. 6,11 mln ha (tab. 7). Jednak po wyeliminowaniu gruntów leżących na obszarach o zbyt niskich opadach, niegwarantujących dostępności wody gruntowej, chronionych lub cennych ze względu na bioróżnorodność, pozostaje obszar wynoszący około 2,18 mln ha. Jednakże potencjał ekonomiczny wynosi zaledwie 641 tys. ha. Wynika to z faktu korzyści uzyskiwanych z produkcji biomasy równoważającej produkcję na cele żywnościowe oraz premię za ryzyko związane z nową produkcją, co spełnione jest przy cenie oferowanej przez energetykę na poziomie 21zł/GJ loco pole. Jak wynika z danych zawartych w tabeli 7 największy potencjał ekonomiczny wykazuje województwo lubelskie, mazowieckie i podkarpackie stanowiące ponad 38% całej produkcji w kraju. Należy zwrócić uwagę, że w 2012 roku powierzchnia plantacji wieloletnich w Polsce wynosiła zaledwie około 10,5 tys. ha.

Przy założeniu, że gęstość drewna topoli i wierzby (główne drzewa plantacji roślin energetycznych) w stanie całkowicie suchym wynosi 400 kg/m<sup>3</sup> (jak dla topoli) (Dzurenda et al. 2011), a zatem potencjał ekonomiczny plantacji może wynieść około 14,8 mln m<sup>3</sup> drewna. Wyliczony potencjał ekonomiczny powierzchni plantacji energetycznych wynosi 641 tys. ha, jednak obecnie do tych celów wykorzystuje się zaledwie 10,5 tys. ha, co daje 243 tys. m<sup>3</sup> (97,1 tys. t s.m.).

A zatem łączna szacunkowa podaż biomasy drzewnej w 2012 roku w Polsce osiągnęła poziom 18 mln m<sup>3</sup> (tab. 8).

Przyjmując wartości opałowe drewna na poziomie 9 GJ/m<sup>3</sup>, potencjał energetyczny biomasy drzewnej wyniósł w 2012 roku 162 PJ.

#### 4. Dyskusja wyników

Zaletą biomasy w porównaniu do innych źródeł OZE jest to, że jej zasoby można kształtować w zależności od przyjętej polityki energetycznej kraju – zmiana struktury upraw na korzyść roślin energetycznych czy zwiększenie efektywności wykorzystania odpadów rolniczych i leśnych. Dzurenda i in. (2011) podają, że w zależności od gatunku drzewa, procentowy udział drewna w dendromasie waha się w granicach 60–80%, kory 10–20%, a masy zielonej 10–20%, zakładając – choć dane

**Tabela 5. Szacunkowa podaż biomasy z sektora drzewnego w Polsce w 2012 r.**

Table 5. Estimated supply of biomass from wood sector in Poland in 2012

Wyszczególnienie Specification	Biomasa [tys. m <sup>3</sup> ] Biomass [thous. m <sup>3</sup> ]	%
<b>Przemysł drzewny / Wood industry</b>	4 056,9	62,8
<b>w tym branża: / of which:</b>		
<b>tartaczna / sawmill</b>	2 855,3	44,2
<b>plyt drewnopochodnych / wood-based panels</b>	981,9	15,2
<b>stolarstwa budowlanej otworowej / building joinery</b>	219,7	3,4
<b>Przemysł meblarski / Furniture manufacturing</b>	1 724,8	26,7
<b>Przemysł celulozowo-papierniczy / Pulp and paper industry</b>	678,3	10,5
<b>Sektor drzewny / Wood sector</b>	6 460,0	100

Źródło : Opracowanie na podstawie: Ratajczak, Bidzińska 2013

Source: On the basis: Ratajczak, Bidzińska 2013

**Tabela 6. Szacunkowa podaż biomasy z gospodarki komunalnej w Polsce w 2012 r.**

Table 6. Estimated supply of biomass from public utilities in Poland in 2012

Wyszczególnienie Specification	Biomasa [tys. m <sup>3</sup> ] Biomass [thous. m <sup>3</sup> ]
<b>Drewno użytkowe / Used wood</b>	4 460,0
<b>w tym: / of which:</b>	
<b>zużyte meble (20%) / used furniture (20%)</b>	952,0
<b>elementy wyeksploatowanych budynków i budowli (16%) / elements of used buildings (16%)</b>	761,6
<b>zużyte opakowania (13%) / used packages (13%)</b>	618,8
<b>zużyte okna i drzwi (12%) / used windows and doors (12%)</b>	571,2

Źródło: Opracowanie na podstawie Ratajczak, Bidzińska 2013

Source: On the basis: Ratajczak, Bidzińska 2013

**Tabela 7. Potencjał biomasy stałej z wieloletnich plantacji energetycznych**

Table 7. Estimated supply of biomass from long-term power plantations

Województwo Voivodship	Potencjał teoretyczny Theoretical potential		Potencjał techniczny Technical potential		Potencjał ekonomiczny Economic potential	
	[tys. ha]	[tys. t s.m.]	[tys. ha]	[tys. t s.m.]	[tys. ha]	[tys. t s.m.]
	[k ha]	[k t dm]	[k ha]	[k t dm]	[k ha]	[k t dm]
dolnośląskie	250,9	2 301,0	103,7	926,2	36,6	352,5
kujawsko-pomorskie	374,0	3 434,0	154,2	1 412,9	51,6	485,1
lubelskie	555,4	5 133,8	201,0	1 831,2	104,9	984,3
lubuskie	248,6	2 184,8	63,3	564,3	14,0	124,9
łódzkie	489,7	4 621,4	163,8	1 542,3	23,6	216,2
małopolskie	111,1	1 102,8	55,6	535,2	35,1	348,0
mazowieckie	984,5	9 032,0	307,1	2 827,8	72,9	647,1
opolskie	149,6	1 530,1	68,6	682,6	7,9	90,8
podkarpackie	203,2	1 911,4	85,9	780,1	70,0	626,7
podlaskie	481,2	4 184,2	166,2	1 455,7	40,3	321,3
pomorskie	313,3	2 989,9	115,0	1 083,8	23,9	230,9
śląskie	162,2	1 593,1	53,3	517,1	22,5	214,4
świętokrzyskie	232,2	2 110,7	85,7	772,0	30,7	280,0
warmińsko-mazurskie	419,7	3 845,6	162,2	1 476,2	35,8	336,6
wielkopolskie	717,7	6 511,8	255,1	2 324,9	24,3	205,5
zachodniopomorskie	417,4	3 914,2	144,2	1 335,1	46,5	454,0
<b>Polska / Poland</b>	<b>6 110,6</b>	<b>56 401,1</b>	<b>2 184,8</b>	<b>20 067,4</b>	<b>640,7</b>	<b>5 918,1</b>

Źródło: Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie OZE

Source: Determination of energy value for renewable energy source in Poland

**Tabela 8. Szacunkowa podaż biomasy drzewnej na cele energetyczne w Polsce w 2012 r.**

Table 8. Estimated supply of biomass for energy production in Poland in 2012

Wyszczególnienie Specification	Biomasa [mln m <sup>3</sup> ] Biomass [m <sup>3</sup> ]
Leśnictwo / Forestry	6,8
Przemysł drzewny / Wood industry	6,5
Gospodarka komunalna / Public utilities	4,5
Plantacje / Plantation	0,2
<b>Łącznie / Total</b>	<b>18,0</b>

Źródło: Opracowanie własne

Source: Own elaboration

należy traktować ostrożnie i teoretycznie – że udział drewna użytkowego stanowi 60% biomasy wytworzonej w lesie, a pozostała część to niewykorzystana przemysłowo nadziemna część drzew i karpina. A zatem pozyskując rocznie w granicach 38 mln m<sup>3</sup> grubizny (w lesie pozostaje około 25 mln m<sup>3</sup>), na cele energetyczne można by teoretycznie przeznaczyć nawet do 30 mln m<sup>3</sup> (4,9 mln m<sup>3</sup> opał obecnie pozyskiwana).

Z danych prezentowanych w Raporcie o stanie lasów w Polsce 2012 wynika, że wielkość pozyskiwanego przyrostu w poszczególnych krajach jest zróżnicowana. Przykładowo

w Czechach wskaźnik ten wynosi ok. 75%, w Szwecji i na Słowacji ponad 80%, a w Austrii nawet ponad 90%. A zatem wzrost pozyskania przyrostu bieżącego w Polsce (co zwiększyłoby rozmiar pozyskania drewna opałowego) również nie powinien mieć negatywnych konsekwencji.

Do gruntów na których można prowadzić uprawy plantacyjne czy leśne należy zaliczyć także powierzchnie gruntów ugorowanych i wymagających rekultywacji. Grunty te i tak są obecnie niewykorzystywane, a mogłyby stanowić znaczny wkład do zwiększenia potencjału drewna energetycznego, gdyż zajmują powierzchnię ponad 530 tys. ha (Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012). Znaczne areale tych powierzchni znajdują się zwłaszcza na terenie województwa mazowieckiego – ponad 62 tys. ha i podkarpackiego – ponad 50 tys. ha.

Jabłoński i Wnuk (2009) szacują, że teoretyczny potencjał biomasy, która mogłaby być produkowana w Polsce bez uszczerbku dla produkcji żywności i przy wykorzystaniu pól leżących obecnie odłogiem, terenów zalewowych lub skażonych, wynosi około 360–400 PJ/rok. Oczywiście potencjał ekonomiczny jest stosunkowo mały, a wykorzystanie terenów skażonych do produkcji drewna energetycznego dyskusyjne. Z kolei Pisarek i Hunder (Sokólska 2001) szacują, że w Polsce potencjał techniczny biopaliw wynosi około 684,6 PJ w skali roku, z czego 407,5 PJ przypada na biopaliwa stałe (podobnie szacują EC BREC i IBMER 2000), składające się z nadwyżek biomasy pozyskiwanej w:

- rolnictwie – 195 PJ (słoma zbóż – 147 PJ, słoma rzepakowa – 23 PJ i siano – 25 PJ),
- leśnictwie – 101 PJ,
- sadownictwie – 57,6 PJ,
- odpadach przemysłu drzewnego – 53,9 PJ.

Nieco inny szacunek od prezentowanego w pracy potencjału powierzchniowego użytków rolnych przydatnych do celów energetycznych przedstawia Szczukowski i Stolarski (2013). Szacunki te wykazują, że w Polsce pod uprawy roślin energetycznych można przeznaczyć prawie 1 mln ha. Najwięcej gruntów przydatnych do uprawy znajduje się w województwie zachodniopomorskim i mazowieckim, bo ponad 100 tys. ha. Natomiast największy udział w użytkach rolnych znajduje się w województwie podkarpackim – ponad 10%. Autorzy zwracają uwagę, że w roku 2010 wieloletnie uprawy energetyczne zajmowały w Polsce zaledwie 10 200 ha, stanowiąc 0,06% ogólnej powierzchni użytków rolnych kraju.

Założenia Komisji Europejskiej o wzroście udziału energii odnawialnej pociągną za sobą zmiany w użytkowaniu powierzchni. Wykorzystanie powierzchni pod produkcję biomasy może być sprzeczne z innymi celami, tj. zachowania trwałości środowiska, biotopu, ochrony gleby, wody bądź uprawą ekologiczną (Rode, Schlegelmilch 2006). Tym samym powierzchnie pod produkcję biomasy będą stanowić konkurencję dla powierzchni pod produkcję rolną i spożywczą, ochronę przyrody, mogą także mieć negatywne następstwa dla zachowania naturalnego środowiska i krajobrazu. W przypadku gospodarki leśnej zagrożenia dotyczą nadmiaru plantacji drzew szybkorosnących, obniżenia wieku rębności, niezgodności z siedliskiem, przekraczanie etatów rębnych czy nadmiaru pozyskania posuszu.

## 5. Podsumowanie i wnioski

Na podstawie dokonanych badań można stwierdzić, że szacunkowa podaż biomasy drzewnej na cele energetyczne w Polsce w roku 2012 kształtowała się na poziomie 18,0 mln m<sup>3</sup> (potencjał ekonomiczny). W sektorze leśnym podaż ta wyniosła 6,8 mln m<sup>3</sup>, w tym ponad 4,9 mln m<sup>3</sup> jako drewno opałowe S4 oraz ponad 1,8 mln m<sup>3</sup> niewykorzystywanych pozostałości leśnych. Z kolei w sektorze drzewnym szacunkowa podaż wyniosła 6,5 mln m<sup>3</sup>, z czego największy udział stanowiła branża tartaczna – 44,2% i przemysł meblarski 26,7%. Natomiast w sektorze gospodarki komunalnej podaż biomasy drzewnej określono na poziomie 4,5 mln m<sup>3</sup>, w tym 20% stanowiły zużyte meble, a 16% elementy wyeksploatowanych budynków i budowli. I wreszcie potencjał ekonomiczny plantacji energetycznych oszacowano na poziomie 14,8 mln m<sup>3</sup>, przy czym w roku 2012 pozyskano w ten sposób zaledwie 0,2 mln m<sup>3</sup> biomasy drzewnej. Jednak ze względu na zapaść rynku biomasy nie przewiduje się wzrostu areałów plantacji energetycznych w najbliższych latach.

Oczywiście do celów energetycznych nie może być wykorzystana cała istniejąca biomasa drzewna, ponieważ inne produkty są również jej pochodną. Produkcja bioenergii musi

uwzględniać inne priorytetowe zastosowania biomasy drzewnej, która powinna być używana w mądry i zrównoważony sposób.

## Konflikt interesów

Autor deklaruje brak potencjalnych konfliktów.

## Podziękowania i źródło finansowania

Praca została wykonana w ramach grantu Narodowego Centrum Nauki, nr N N309 701640, pt. „Wykorzystanie biomasy do celów energetycznych a rozwój regionalny”.

## Literatura

- Dzurenda L., Jabłoński M., Dobrowolska E., Kłosińska T. 2011. Wykorzystanie energetyczne dendromasy. Wydawnictwo SGGW. Warszawa, 176 s. ISBN 978-83-7583-310-2.
- EC BREC I IBMER. 2000. Ekonomiczne i prawne aspekty wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce. Praca wykonana na zlecenie Ministerstwa Środowiska.
- EC BREC. 2007. Możliwości wykorzystania odnawialnych źródeł energii w Polsce do roku 2020. Ekspertyza wykonana na zlecenie Ministra Gospodarki, Warszawa.
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r. 2013. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa.
- Jabłoński W., Wnuk J. 2009. Zarządzanie odnawialnymi źródłami energii. Aspekty ekonomiczno-techniczne. Oficyna Wydawnicza Humanitas, Sosnowiec. ISBN 978-83-89275-40-0.
- Karjalainen T., Asikainen A., Ilavasky J., Zamboni R., Hotari K., Roser D. 2004. Estimation of energy word potential in Europe. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute.
- Leśnictwo 2004–2013. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Niedziółka D. (red.) 2012. Zielona energia w Polsce. CeDeWu, Warszawa. ISBN 978-83-7556-467-9.
- Ochrona Środowiska. 2013. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii – wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014–2020. 2011. Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Warszawa.
- Płotkowski L., Piekutin J., 2007. Lasy jako źródło biomasy dla celów energetycznych. *Wiś Jutra* 8–9: 19–21.
- Raport o stanie lasów w Polsce 2012. 2013. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych. Warszawa.
- Ratajczak E., Bidzińska G. 2013. Rynek biomasy drzewnej na cele energetyczne – aspekty ekonomiczne i społeczne, w: *Biomasa leśna na cele energetyczne* (red. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 248 s. ISBN 978-83-62830-18-3.
- Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012. 2013. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Rode, M., Schlegelmilch, S. 2006. Räumliche Dimension und Auswirkungen des Biomasseanbaus aus landschaftspflegerischer Sicht, in: *DEUTSCHER RAT FÜR LANDESPFLEGE* (Hrsg). Die Auswirkungen erneuerbarer Energien auf Natur und Landschaft, s. 79.



Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku (Dz. U. z 2012 roku, poz. 1229) w sprawie szczegółowego zakresu obowiązków uzyskania i przedstawienia do umorzenia świadectw pochodzenia, uiszczenia opłaty zastępczej, zakupu energii elektrycznej i ciepła wytworzonych w odnawialnych źródłach energii oraz obowiązku potwierdzania danych dotyczących ilości energii elektrycznej wytworzonej w odnawialnym źródle energii.

Sokólska J. (red.) 2001. Odnawialne źródła energii. Stowarzyszenie „Uroczysko”, Supraśl, ISBN 83-911997-7-0.

Szczukowski S., Stolarski M. 2013. Plantacje drzew i krzewów szybko rosnących jako alternatywa biomasy z lasu – stan obecny, szanse i zagrożenia rozwoju, w: Biomasa leśna na cele energetyczne (red. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 248 s. ISBN 978-83-62830-18-3.