

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 m³, the wood industry 6.5 million m³ and public utilities provided 4.5 million m³.

Keywords: bioenergy, fuelwood, forest residues, energy plantation

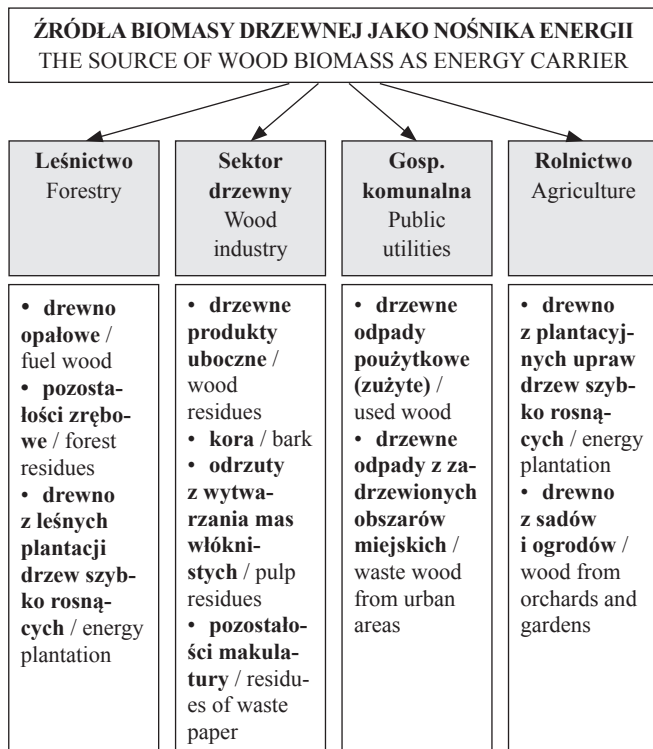
1. Wstęp

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

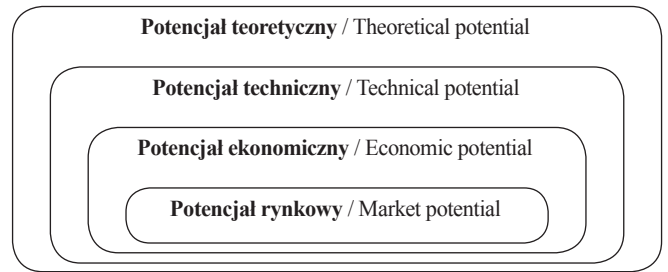
(Niedziółka 2012, EC BREC 2007). Z danych statystycznych wynika, że powierzchnia takich obszarów waha się od 18,6% w województwie dolnośląskim do 64,5% w województwie świętokrzyskim (Ochrona Środowiska 2013).

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. m³ 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. m³. 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

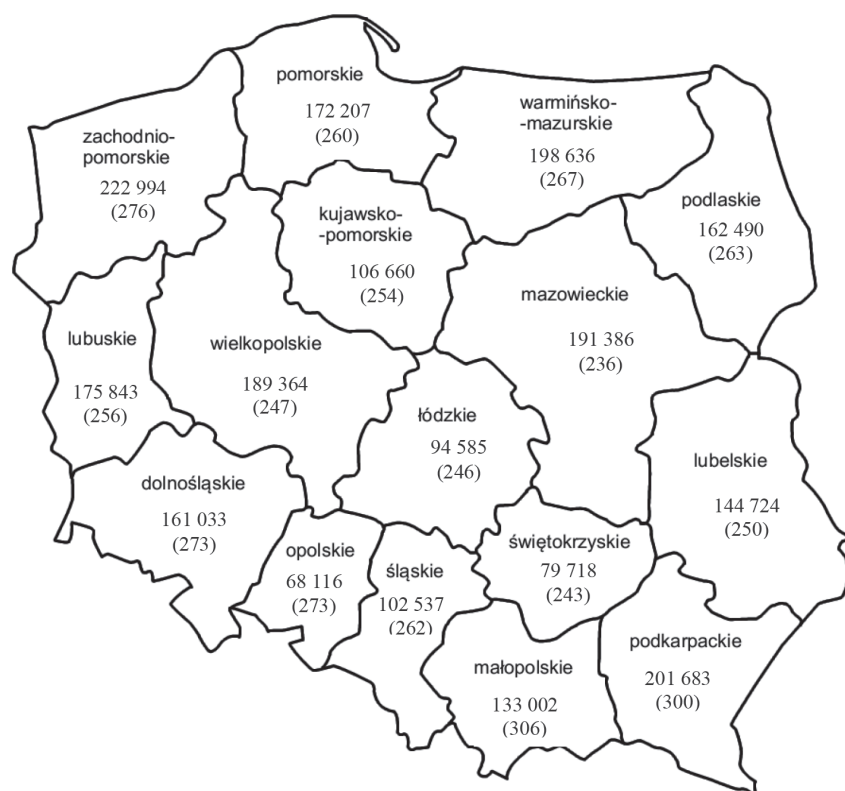
Największe zasoby biomasy leśnej występowały w województwach zachodnich i północnych kraju, gdzie zlokalizowane są główne kompleksy leśne. Według danych Głównego Urzędu Statystycznego na dzień 31 grudnia 2012 r. powierzchnia gruntów leśnych w Polsce wynosiła 9 370 tys. ha, co odpowiadało lesistości 29,3%, 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. m³ i podkarpackie – ponad 201 tys. m³. Tam też występują jedne z największych zasobności, odpowiednio 276 m³ i 300 m³. Natomiast łączne zasoby kraju wyniosły w 2012 roku około 2,5 mld m³ grubizny brutto (w korze), natomiast zasobność (grubizna w korze na 1 ha powierzchni lasów) – 263 m³.

Dobrym odzwierciedleniem stanu zasobów leśnych jest rozmiar pozyskania drewna, które w 2012 r. wyniosło 37 045 mln m³, 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. m³, 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. m³) i zasobność w 2012 r. (m³)

Figure 3. Growing stock of forest in Poland (in thous. m³) and resources in 2012 (m³)

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 ³] Timber [thous. m ³]		Małowymiarowe [tys. m ³] Slash [thous. m ³]		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
Średnioroczne 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 ³] Timber [thous. m ³]		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
Średnioroczne 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 m³. Największe pozyskanie wystąpiło w województwie zachodniopomorskim – ponad 4,3 mln m³.

Dane zawarte w tabeli 4 ukazują potencjał dendromasy pochodzący z sektora leśnego. Z danych tych wynika, że potencjał teoretyczny wynosił ponad 16,9 mln m³, ale potencjał

techniczny już tylko 4,2 mln m³, natomiast potencjał ekonomiczny możliwy praktycznie do pozyskania zaledwie 1,8 mln m³ (oprócz pozyskiwanych już ponad 4,9 mln m³ drewna opałowego – jak wynika z danych statystycznych). A zatem łączny rozmiar podaży drewna energetycznego w 2012 roku w Polsce wyniósł prawie 6,8 mln m³. 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 m³ produktów drzewnych. W tym z przemysłu tartaczego 2,9 mln m³, 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 ³ / thous. m ³				
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
Polska / Poland	35 647,1	1 429,3	1 029,3	38 105,6

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 ³] Biomass potential [thous. m ³]		
	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
Polska / Poland	16 918,9	4 162,0	1 835,5

Źródło: Opracowanie własne (podstawę wyliczeń stanowił rozmiar pozyskania drewna w wysokości 38 105,6 m³ – z tabeli 3)Source: Own elaboration (on the basis of removals amounting to 38 105.6 m³ – from table 3)

meblarskiego ponad 1,7 mln m³ (tab. 5). Natomiast wśród drewna użytkowego największy udział stanowiły zużyte meble – ponad 0,9 mln m³ oraz elementy wyeksploatowania budynków i budowli – prawie 0,8 mln m³ (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 równoważące 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/m³ (jak dla topoli) (Dzurenda et al. 2011), a zatem potencjał ekonomiczny plantacji może wynieść około 14,8 mln m³ 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. m³ (97,1 tys. t s.m.).

A zatem łączna szacunkowa podaż biomasy drzewnej w 2012 roku w Polsce osiągnęła poziom 18 mln m³ (tab. 8).

Przyjmując wartości opałowe drewna na poziomie 9 GJ/m³, 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 ³] Biomass [thous. m ³]	%
Przemysł drzewny / Wood industry	4 056,9	62,8
w tym branża: / of which:		
tartaczna / sawmill	2 855,3	44,2
plyt drewnopochodnych / wood-based panels	981,9	15,2
stolarki budowlanej otworowej / building joinery	219,7	3,4
Przemysł meblarski / Furniture manufacturing	1 724,8	26,7
Przemysł celulozowo-papierniczy / Pulp and paper industry	678,3	10,5
Sektor drzewny / Wood sector	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 ³] Biomass [thous. m ³]
Drewno użytkowe / Used wood	4 460,0
w tym: / of which:	
zużyte meble (20%) / used furniture (20%)	952,0
elementy wyeksploatowanych budynków i budowli (16%) / elements of used buildings (16%)	761,6
zużyte opakowania (13%) / used packages (13%)	618,8
zużyte okna i drzwi (12%) / used windows and doors (12%)	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
Polska / Poland	6 110,6	56 401,1	2 184,8	20 067,4	640,7	5 918,1

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 ³] Biomass [m ³]
Leśnictwo / Forestry	6,8
Przemysł drzewny / Wood industry	6,5
Gospodarka komunalna / Public utilities	4,5
Plantacje / Plantation	0,2
Łącznie / Total	18,0

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 m³ grubizny (w lesie pozostaje około 25 mln m³), na cele energetyczne można by teoretycznie przeznaczyć nawet do 30 mln m³ (4,9 mln m³ 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 m³ (potencjał ekonomiczny). W sektorze leśnym podaż ta wyniosła 6,8 mln m³, w tym ponad 4,9 mln m³ jako drewno opałowe S4 oraz ponad 1,8 mln m³ niewykorzystywanych pozostałości leśnych. Z kolei w sektorze drzewnym szacunkowa podaż wyniosła 6,5 mln m³, 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 m³, 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 m³, przy czym w roku 2012 pozyskano w ten sposób zaledwie 0,2 mln m³ 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.

The potential opportunities for using wood biomass in energy production

Stanisław Parzych

Warsaw University of Life Sciences – SGGW, Faculty of Forestry, Department of Forest Management Planning, Geomatics and Forest Economics, ul. Nowoursynowska 159, 02–776 Warszawa, Poland

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 m³, the wood industry 6.5 million m³ and public utilities provided 4.5 million m³.

Keywords: bioenergy, fuel wood, forest residues, energy plantation

1. Introduction

The use of renewable energy sources is at present one of the most interesting topics, which has become the main subject for many scientific papers. Current research concerns biomass, which is a renewable natural resource and one of the most environmentally friendly energy sources. Biomass is a substance that results from the metabolic activity of living organisms. It can serve as an energy source at every step of its transformation (Jabłoński, Wnuk 2009). The definition of biomass is given in the second paragraph of the regulation issued by the Minister of Economy on October 18, 2012 (Dz. U. 2012, 1229). Current research explores the biomass defined in statistics as solid biofuel (Energy from renewable sources in 2012), and more specifically it researches wood. Wood biomass for energy purposes mainly originates from forestry and the wood industry (wood processing, cellulose, paper as well as furniture production). Other sources of biomass include agriculture and municipal public waste (Fig. 1).

The goal of the current research is to explore theoretical and economic aspects of using wood biomass for energy purposes in Poland. It is important to emphasize that energy value may have different interpretations. Theoretical energy value of renewable energy sources is defined as the theoretically possible

production of energy from biomass (Fig. 2). Technical energy value is the amount of energy that during one year could be obtained from national resources using the best technologies of energy production starting with renewable sources and ending at final energy ports. From the other side, economic energy value is a part of technical value, which could be utilized according to existing economic conditions. Technical energy value is defined in relation to actual possibilities of energy use in current economic conditions. In the case of waste wood, its whole technical value is assumed to be its economic value. In the case of energy plantations, their economic value is calculated taking into account environmental limitations and limitations related to access to the given area without restricting national food self-sufficiency. And finally, the market value is estimated according to the degree to which economic value could be used efficiently with the existing support system. In the case of dry waste wood biomass, its market value is equal to its economic value.

One of the main limitations affecting biomass resources' availability for energy purposes is legislative protection of environmentally valuable areas (national parks, reserves, landscape parks, areas of protected landscape, geological documentary sites, ecological sites, nature and landscape complexes, as well as natural monuments; Niedziółka 2012,

Received: 8.01.2015, reviewed: 13.03.2015, accepted after revision: 30.03.2015.

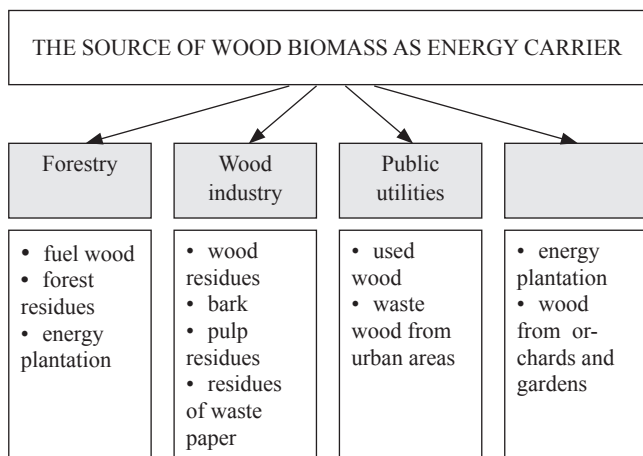


Figure 1. The place of creation and kinds of wood biomass for energy production

Source: Ratajczak, Bidzińska 2013

EC BREC 2007). According to statistical sources, the area of such sites varies from 18.6% in the Dolnośląskie Province to 64.5% in the Świętokrzyskie Province (Ochrona Środowiska 2013).

2. Methods

Evaluation of potential use of wood biomass (theoretic, technical and economic) for energy purposes was based on data about natural resources, their economic capacity and utilization based on technologies available on the market, and not on support systems, which deform market state especially when plantations of fast-growing trees are involved. Due to this reason, the current work did not take into consideration the market potential.

Potential use of wood biomass for energy purposes was calculated for the whole area of Poland in 2012 with division into four main places of their origin: forestry (which presented a main study area), wood industry, municipal solid waste and agriculture.

In the case of forestry, calculations included fuel wood, volumes of which were obtained from statistical sources (Leśnictwo 2004–2013), as well as wood residue. It would be important to note that paragraph 2 of the Regulation of the Minister of Economy from October 18, 2012 (Dz. U. 2012, 1229) introduced the new definition which is “full value wood”, which includes wood with qualities described in standards accepted for large-diameter broadleaf wood, large-diameter coniferous wood and also medium-diameter wood from the groups described as S1, S2, S3 as well as wood products obtained as a result of cutting those types of wood. According to the above regulation, such wood cannot

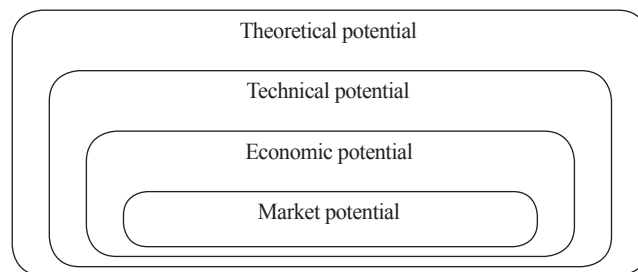


Figure 2. Estimated value of renewable energy resources

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

be formally used for energy production. Therefore, only fuel wood S4, low-diameter wood and tree stumps could be used for energy purposes.

Theoretical potential of forest residue used for energy purposes was calculated according to assumed percentage shares of the following fractions (Płotkowski, Piekutin 2007):

- OZN (logging residue) – 6%,
- DTN (thinning residue) – 4%,
- BK (stump and root biomass) – as 10% of dendromass,
- BD (wood available from wood biomass balance).

BD is a hypothetically available biomass estimated from the difference between annual increment and harvest volume multiplied by established share of OZN, DTN and BK fractions. The current annual harvest reaches about 60% of the annual increment (Raport o stanie lasów w Polsce 2012).

Technical potential depends on the quality of available logging equipment and technology, which allows the utilization of the following amount of each fraction (Płotkowski, Piekutin 2007 according to Karjalainen et al. 2004):

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

Additionally, the OZN and DTN fractions were reduced by 50% following the assumption about manual method of harvesting.

Economic potential of forest residue is defined as the amount of biomass that could be truly harvested within current economic conditions. Biomass coming from tree stumps is not economically efficient. That is why harvesting in forests reached 0.1–0.3 thousand m³ and any increase in harvesting of this type of biomass for energy purposes is not being foreseen. Tree stumps are extracted only in certain circumstances such as clearing of area for road construction. In line with this, estimated volume of such biomass is very low – about 1 thousand m³. However, OZN and DTN fractions were at the level of their technical potential. The BD

fraction was estimated at its technical potential but without consideration of stump and root biomass.

The supply of biomass from the wood industry in Poland was estimated according to the research by Ratajczak and Bidzińska (2013). As indicated in the above study, wood residue generated from the manufacture of wood products amounts to 95% of forest biomass, while used wood 70%.

Information on biomass potential from energy plantations was obtained from the study “Estimating energy potential of renewable energy sources for different regions of Poland”.

3. Results

Research indicates that the largest forest biomass resources could be found in western and northern provinces of Poland, where main forest areas are located. According to the data of the Main Statistical Office from December 31, 2012, the area of forests in Poland was 9370 thousand hectares, which corresponds to 29.3% forest cover and in relation to land area of Poland this number was 30.6% (Leśnictwo 2013). In order to estimate the volume of wood available as energy resource along with forest area it would also be important to enclose information on forest property structure. Public forests dominate in Poland (81.2%) with State

Forests covering 77.3% of the total area. Coniferous species grow on 69.9% of the forest area. The third age group dominates the age division covering an area of more than 26%.

Forest growing stock with the division by provinces is presented in Fig. 3. Zachodniopomorskie Province with almost 223 thousand m³ and Podkarpackie Province with more than 201 thousand m³ have the most vast forest resources. Those provinces also contain forest stands with the largest volume per hectare or 276 m³ and 300 m³, respectively. Total forest resources of Poland in 2012 were about 2.5 million m³ of timber (over bark) with average volume per hectare being 263 m³ (over bark per hectare of forest area).

Timber harvesting can also reflect the state of forest resources. In 2012, timber harvesting in Poland was 37045 million m³, from which 95% was harvested in the State Forests. The share of merchantable size timber was about 94%. The share of fuel wood harvested in the State Forests is presented in Table 1 and on average is equal to 7.5% of harvested merchantable timber and 67% of small-diameter timber, which for the total harvest gives a share of 11.3%. The annual average volume of fuel wood harvested from private forests is about 185 thousand m³, which presents 14.7% of large-diameter timber (Table 2).

Table 3 presents total removal of timber by provinces with the assumption that the removal of low-diameter timber in

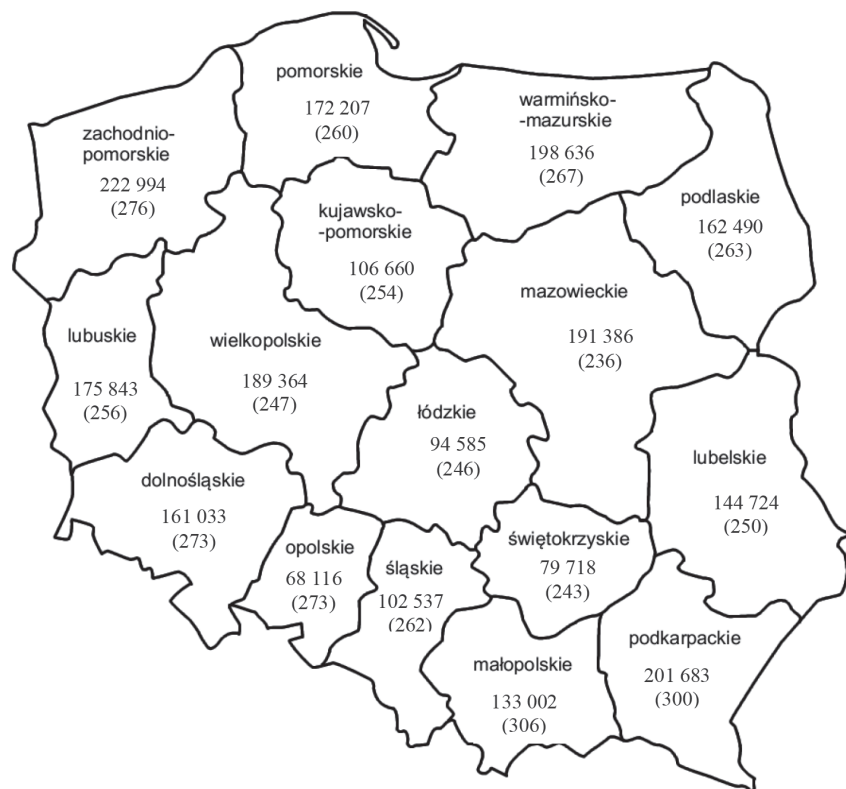


Figure 3. Growing stock of forest in Poland (in thous. m³) and resources in 2012 (m³)
Source: Forestry 2013

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

Years	Timber [thous. m ³]		Slash [thous. m ³]		Fuel wood [%]
	total	fuel wood	total	fuel wood	
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
Average annual	30 478	2 298	2 051	1 376	11.3

Source: Forestry 2004–2013

Table 2. Removals of fuel wood in private forests in 2003–2012

Years	Timber [thous. m ³]		Fuel wood [%]
	total	fuel wood	
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
Average annual	1 255	185	14.7

Source: Forestry 2004–2013

private forests is at the same level as in the State Forests (coefficient of 1.06 in relation to merchantable timber). In 2012, in the State Forests timber harvesting from thinning operations accounted for about 52% and from final harvest almost 44%. From the data included in Table 3 it could be observed that total timber harvest in Poland was more than 38 million m³. The largest timber removal was in the Zachodniopomorskie Province and was equal to more than 4.3 million m³.

Table 4 presents potential volumes of wood biomass that could be obtained from the forest sector. From the data above it could be seen that theoretical potential is equal to more than 16.9 million m³, while technical potential is only 4.2 million m³ and economic potential available for removal

is only 1.8 million m³ (in addition to more than 4.9 million m³ of fuel wood as indicated in statistical data). Therefore, the total volume of energy wood in 2012 in Poland was almost 6.8 million m³. The largest volumes could be found in Zachodniopomorskie and Warmińsko-mazurskie Provinces, and the lowest in Łódzkie, Świętokrzyskie and Małopolskie Provinces. In addition to the above sources, more than 6.5 million m³ of residue from the wood industry could also be used for energy purposes. This volume includes 2.9 million m³ of wood from sawmill operations and more than 1.7 million m³ from furniture production (Table 5). However, the largest part of used wood available for energy purposes is contributed by used furniture and wood elements originat-

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

Voivodship	Public forests	Private forests	Trees and shrubs	Total
	thous. m ³			
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
Poland	35 647.1	1 429.3	1 029.3	38 105.6

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

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

Voivodship	Biomass potential [thous. m ³]		
	theoretical	technical	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
Poland	16 918.9	4 162.0	1 835.5

Source: Own elaboration (on the basis of removals amounting to 38 105.6 m³ – from table 3)

ing from house construction, which amounts to almost 0.8 million m³ (Table 6).

According to the authors of the study “Estimating energy potential of renewable energy sources in various regions of Poland”, theoretical area available for permanent energy plantations in 2013 was 6.11 million ha (Table 7). However, after eliminating areas located on sites with low precipitation where underground water is not constantly available, protected or valuable due to their biodiversity areas, the remaining area is equal to about 2.18 million ha. Yet, economic potential is equal to only 641 thousand ha. This occurs due to benefits received for biomass production, which were set to be equal to production for food purposes as well as bonuses for risk related to new production. It was implemented through prices offered by the energy sector established at the level of 21 PLN/GJ (on field). From the data presented in Table 7, it could be seen that the largest economic potential could be found in Lubelskie, Mazowieckie and Podkarpackie Provinces, where more than 38% of the total national production is located. It would be important to notice that in 2012 the area of long-term energy plantations in Poland was only about 10.5 thousand ha.

Using the assumption that wood density of poplar and willow (the main species for energy plantations) in a fully dry state is 400 kg/m³ (poplar density is used; Dzurenda et al. 2011), the

economic potential of energy plantations could amount to about 14.8 million m³ of wood. Therefore, the economic potential of the calculated area of energy plantations will be 641 thousand ha. However, currently only 10.5 thousand ha are used for that purpose, which transfers into 243 thousand m³ of wood biomass supply (971 thousand t of dry matter).

Therefore, the total estimated wood biomass supply in 2012 in Poland reached the level of 18 million m³ (Table 8).

Assuming that the energy value of wood is about 9 GJ/m³, the energy potential of wood biomass in 2012 would be 162 PJ.

4. Discussion

The advantage of biomass in comparison to other renewable energy sources opens up the possibility to shape that resource depending on the accepted national energy policy, such as introducing changes to plantation structure towards various energy species or improving the efficiency of agricultural and forestry residue utilization. Dzurenda et al. (2011) report that depending on tree species, the percentage share of wood in wood biomass varies between 60 and 80%, bark – 10–20%, and green biomass 10–20%. While the data should be treated with certain caution, it could be assumed that wood comprises 60% of the total biomass harvested in forest and the remaining part includes above-ground parts of trees,

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

Specification	Biomass [thous. m ³]	%
Wood industry	4 056.9	62.8
of which:		
sawmill	2 855.3	44.2
wood-based panels	981.9	15.2
building joinery	219.7	3.4
Furniture manufacturing	1 724.8	26.7
Pulp and paper industry	678.3	10.5
Wood sector	6 460.0	100

Source: On the basis Ratajczak. Bidzińska 2013

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

Specification	Biomass [thous. m ³]
Used wood	4 460.0
of which:	
used furniture (20%)	952.0
elements of used buildings (16%)	761.6
used packages (13%)	618.8
used windows and doors (12%)	571.2

Source: On the basis Ratajczak. Bidzińska 2013

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

Voivodship	Theoretical potential		Technical potential		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
Poland	6 110.6	56 401.1	2 184.8	20 067.4	640.7	5 918.1

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

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

Specification	Biomass [m ³]
Forestry	6.8
Wood industry	6.5
Public utilities	4.5
Plantation	0.2
Total	18.0

Source: Own elaboration

stump and roots, which are not commercially used. Therefore if the annual harvest of merchantable timber is around 38 million m³ (with about 25 million m³ left behind in the forest), theoretically the wood available for energy purposes would amount to 30 million m³ (with 4.9 million m³ of fuel wood being currently harvested).

From the data presented in the State of Forests in Poland report from 2012 it could be seen that the share of harvested annual increment in different countries is quite diverse. For example, in the Czech Republic it equals to about 75%, in Sweden and Slovak Republic it is above 80% and in Austria reaches more than 90%. Thus, increase in timber harvest in

Poland (which would also increase the amount of harvested fuel wood) should not result in negative consequences.

Sites available for energy or forestry plantations could be supplemented by abandoned or requiring recultivation areas. These areas are anyway in no current use, while they could make a significant input for increase of energy wood potential as their area is more than 530 thousand ha (Rocznik Statystyczny Rolnictwa 2012). Large part of unused areas is located within the Mazowieckie (more than 62 thousand ha) and Podkarpackie Provinces (more than 50 thousand ha).

Jabłoński and Wnuk (2009) estimate that the theoretical potential of biomass that could be produced in Poland without causing losses in food production and with inclusion of fields that are currently lying dormant, flooding and contaminated areas may amount to about 360–400 PJ/year. It is understandable that economic potential would be relatively low and use of contaminated areas for energy wood production is questionable. Meanwhile Pisarek and Hunder (Sokółska 2001) assess that in Poland technical potential of biofuel is about 684.6 PJ per year, from which 407.5 PJ comes from solid biofuel (similar estimates are presented by EC BREC and IBMER 2000), which could be divided into groups of surplus biomass received from:

- agriculture – 195 PJ (straw from cereal plants – 147 PJ, straw from rapeseed – 23 PJ and hay – 25 PJ),
- forestry – 101 PJ,
- gardening – 57.6 PJ,
- residue from wood industry – 53.9 PJ.

Szczukowski and Stolarski (2013) present somewhat different estimates of the area potential of agricultural lands available for energy purposes. Their work indicates that in Poland almost 1 million ha could be set aside for farming of energy plants. Most of them are located in the Zachodniopomorskie and Mazowieckie Provinces, covering an area of more than 100 thousand ha. The largest share could be found in the Podkarpackie Province and is equal to more than 10%. The authors emphasize that in 2010 long-term energy plantations in Poland covered only 10200 ha, which is about 0.06% of the total agricultural area.

The European Commission predicts the increase of renewable energy use, which will affect land management. Using land area for biomass production could conflict with other goals such as protection of environmental sustainability, biotypes, soil and water protection, or organic farming (Rode, Schlegelmilch 2006). Therefore, the use of areas for biomass production will be competitive to agricultural and food production or nature protection. They could also have a negative effect on the protection of the natural environment and landscape. In the case of forestry, such a risk is related to excess of plantations of fast-growing species, reduction in final harvest age, inappropriate site conditions, exceeding planned harvesting volumes or over-removal of snags.

5. Summary and conclusions

Based on the implemented analysis, it could be stated that in 2012 the estimated volume of wood biomass for energy purposes in Poland was about 18 million m³ (economic potential). Forestry provided 6.8 million m³, including more than 4.9 million m³ of fuel wood S4 with more than 1.8 million m³ of forest residue. The volume obtained from wood industries was estimated to be 6.5 million m³, with the largest shares coming from sawmill operations – 44.2% and furniture production – 26.7%. Municipal services supplied around 4.5 million m³ of wood biomass, which included 20% coming from used furniture and 16% of wood elements coming from building construction. The economic potential of energy plantations was evaluated to be 14.8 million m³, while in 2012 only 0.2 million m³ of wood biomass was received from that source. However due to the fall in the biomass market, the increase of energy plantation area is not foreseen in the coming years.

Yet it is obvious that the whole existing wood biomass cannot be used for energy purposes as other products origi-

nate from it. Production of bioenergy should consider other more preferential utilization methods of wood biomass, which should be used wisely and sustainably.

Conflict of interests

The author declares absence of potential conflicts.

Acknowledgements and financial support

This work was implemented within the grant presented by the National Science Center nr N N309 701640 under the title “Use of biomass for energy purposes and regional development”.

References

- 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 wood potential in Europe. Working Papers of the Finnish Forest Research Institute.
- Leśnictwo 2004–2013. Informacje i opracowania statystyczne. GUS, Warszawa.
- Niedziółka D. (ed.) 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. Wydawca Ministerstwo Rozwoju Regionalnego. Warszawa.
- Płotkowski L., Piekutin J., 2007. Lasy jako źródło biomasy dla celów energetycznych. *Więś 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 (eds. 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. (ed.) 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 (eds. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, 248 s. ISBN 978-83-62830-18-3.