

Stanisław Parzych, Agnieszka Mandziuk

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie, Wydział Leśny

e-mail: stanislaw.parzych@wl.sggw.pl, e-mail: agnieszka.mandziuk@wl.sggw.pl

EKOLOGICZNE ASPEKTY WYKORZYSTANIA BIOMASY DRZEWNEJ DO CELÓW ENERGETYCZNYCH

ECOLOGICAL ASPECTS OF USING WOOD BIOMASS FOR ENERGY PRODUCTION

Słowa kluczowe: Bioenergia, drewno energetyczne, ochrona środowiska

Key words: Bioenergy, fuel wood, environmental protection

Abstract. The objective of the study was to estimate the opportunities reduction of environmental pollution as a result of increased use of wood biomass for the energy production at the cost of coal 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 environmental benefits exist as the reduction of pollution: SO₂ – 104.8 thousand tons, NO_x – 11.6 thousand tons, CO₂ – 15.6 million tons, and dust – 20.6 thousand tons.

WSTĘP

Badania dotyczą jednego z odnawialnych źródeł energii (OZE), czyli energii pochodzącej z naturalnych powtarzających się procesów przyrodniczych. Możemy więc traktować je jako niewyczerpalne, gdyż wykorzystanie tych zasobów nie ogranicza ich w przeciwieństwie do paliw kopalnych. Wprowadzanie w życie użytkowania OZE daje społeczeństwu szereg następujących doraźnych i przyszłych korzyści [Pisarek i Hunder 2001, Wiśniewski 2003, Hoffmann 2007]. Korzyści środowiskowe dotyczą poprawy warunków życia dzięki zmniejszeniu zanieczyszczenia środowiska (ograniczenie emisji pyłów oraz gazów odpowiedzialnych za kwaśne deszcze i efekt cieplarniany). Ważnym elementem jest również redukcja emisji metanu powstającego na wysypiskach komunalnych, w oczyszczalniach ścieków, składowiskach odpadów przemysłu spożywczego oraz odchodach zwierząt. W przypadku spalania drewna emisja dwutlenku siarki jest 2–3 krotnie mniejsza niż w przypadku słomy oraz kilkakrotnie mniejsza niż w przypadku węgla [Pisarek i Hunder 2001]. Z kolei zawartość azotu w drewnie jest trzykrotnie niższa niż w przypadku węgla oraz gazu ziemnego. Korzyści społeczne natomiast obejmują poprawę warunków życia mieszkańców poprzez lepszą jakość środowiska i wzrost przychodów (wykorzystując nieużytkowane dotychczas

zasoby). Ważnym aspektem jest także promocja i poprawa wizerunku regionu przyjaznego środowisku, co ma szczególne znaczenie dla regionów nastawionych na rozwój turystyki i agroturystyki.

W pracy dokonano wyliczeń dotyczących biomasy określanej w ujęciach statystycznych jako biopaliwa stałe [Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r.]. Określenie to obejmuje organiczne, niekopalne substancje o pochodzeniu biologicznym, które mogą być wykorzystywane w charakterze paliwa do produkcji ciepła lub wytwarzania energii elektrycznej. Podstawowym biopaliwem stałym jest drewno energetyczne będące przedmiotem badań, a występujące w postaci: polan, okrągłaków, zrębków, brykietów, pelet oraz odpadów z leśnictwa w postaci drewna niewymiarowego: gałęzi, żerdzi, krzewów, chrustu, karp. Do kategorii tej możemy zaliczyć również odpady z przemysłu drzewnego (wióry i trociny) i papierniczego (ług czarny). Do biopaliw stałych, chociaż stanowiących odrębną grupę, zaliczyć można paliwa pochodzące z plantacji przeznaczonych na cele energetyczne (drzewa szybko rosnące, byliny dwuliścienne, trawy wieloletnie, zboża uprawiane w celach energetycznych) oraz pozostałości organiczne z rolnictwa i ogrodnictwa (np. odpady z produkcji ogrodniczej i słoma).

Samo pojęcie biomasy wyjaśnia § 2 Rozporządzenia Ministra Gospodarki z dnia 18 października 2012 roku [Dz. U. z 2012 roku, poz. 1229]. Paragraf ten wprowadza również nowe pojęcie drewna pełnowartościowego rozumianego jako drewno spełniające wymagania jakościowe określone 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 małym wymiarowe oraz karpina.

Mając na uwadze zasygnalizowane zjawiska w podjętych badaniach, uwaga została zwrócona na identyfikację możliwości użycia biomasy na cele energetyczne głównie w kierunku zmniejszenia wydzielania szkodliwych substancji w wyniku spalania biomasy drzewnej w porównaniu z innymi źródłami energii. W związku z tym wyliczona zostanie ilość szkodliwych substancji, która nie zostanie uwolniona do atmosfery w związku ze zwiększonym wykorzystaniem biomasy drzewnej pochodzącej z różnych sektorów gospodarki.

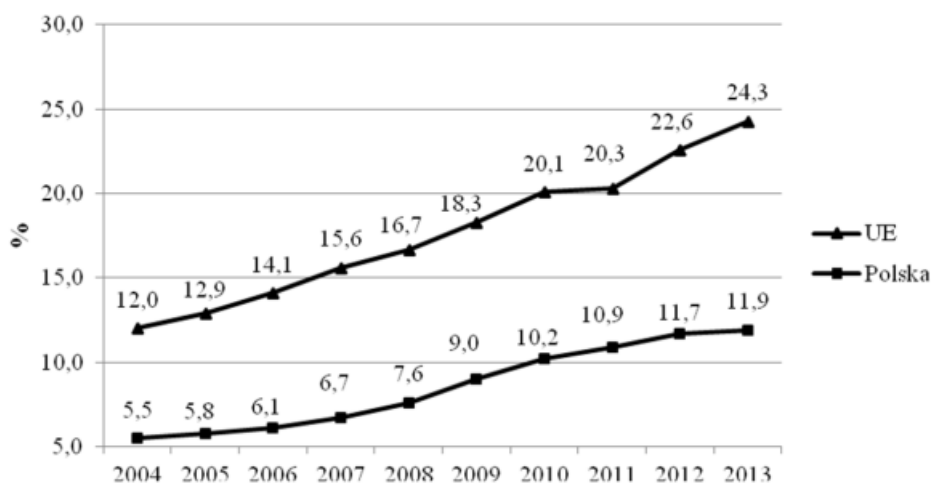
CHARAKTERYSTYKA RYNKU ODNAWIALNYCH ŹRÓDEŁ ENERGII

Zgodnie z założeniami „Polityki energetycznej Polski do 2030 roku” i Dyrektywy Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE udział odnawialnych źródeł energii powinien zwiększyć się z 7,2 % w roku 2005 do 15,0% w roku 2020.

Pozyskanie energii pierwotnej ogółem w Unii Europejskiej systematycznie malało od roku 2004 z poziomu 931,4 Mtoe do 789,8 Mtoe w 2013 roku. Natomiast

pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych systematycznie rosło od 111,7 Mtoe do 192,0. Natomiast w Polsce pozyskanie energii pierwotnej ogółem malało od roku 2004 z poziomu 78,7 Mtoe do 67,3 Mtoe w roku 2009, a następnie wzrosło do 71,8 w 2013 roku. Z kolei pozyskanie energii ze źródeł odnawialnych systematycznie rosło z poziomu 4,3 Mtoe do 8,5 Mtoe. [Energia ze źródeł odnawialnych w 2012 r. i w 2014 r.].

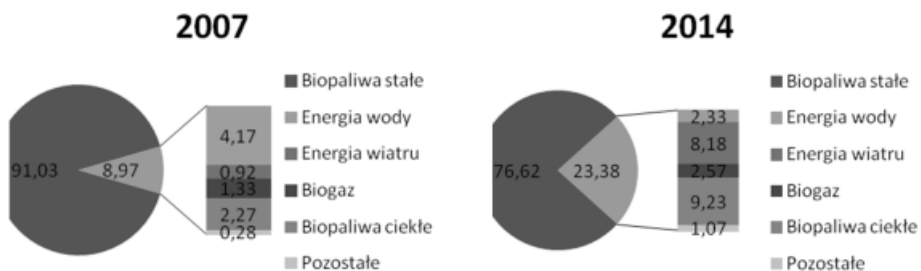
Analizując udział energii ze źródeł odnawialnych w zużyciu energii pierwotnej ogółem, należy stwierdzić, że w przypadku całej Unii Europejskiej udział ten w latach 2004–2007 ulegał ciągłemu zwiększaniu od 12,0% do 24,3% (rys. 1). Z kolei w przypadku Polski udział ten systematycznie wzrastał od 5,5% w roku 2004 do 11,9% w roku 2013, czyli wzrósł ponad dwukrotnie. Wzrost udziału energii odnawialnej w krajach członkowskich Unii Europejskiej wynika z ustaleń prawnych UE ustalających cele i wskaźniki udziału tej energii w ogólnym jej zużyciu.



Ryc. 1. Udział energii ze źródeł odnawialnych w energii pierwotnej ogółem w Unii Europejskiej i w Polsce w latach 2004–2013

Źródło: *Energia ze źródeł odnawialnych w 2012r. i 2014r.*

Z kolei z danych prezentowanych na rysunku 2 wynika, że największy wpływ na zmniejszenie udziału biopaliw stałych w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w latach 2007–2014 miał wzrost wykorzystania energii wiatru z poziomu 0,92% do 8,18% oraz biopaliw ciekłych z 2,27% do 9,23%.



Ryc. 2. Udział poszczególnych nośników energii odnawialnej w łącznym pozyskaniu energii ze źródeł odnawialnych w Polsce w latach 2007 i 2014 (%)

Źródło: *Energia ze źródeł odnawialnych w 2012r. i 2014r.*

POTENCJAŁ BIOMASY DRZEWNEJ

Głównym miejscem powstawania biomasy drzewnej na cele energetyczne jest leśnictwo i sektor drzewny (przemysł drzewny, celulozowo-papierniczy oraz meblarski). Źródłem biomasy jest również rolnictwo i gospodarka komunalna.

Możliwości pozyskania drewna energetycznego pochodzącego z leśnictwa w 2012 roku w Polsce zostały oszacowane na poziomie 6,80 mln m³ drewna [Parzych 2015], w tym 4,95 mln m³ drewna opałowego [Leśnictwo 2013]. Pozostałe 1,84 mln m³ to pozostałości leśne, które możemy wykorzystać do celów energetycznych (a niewykorzystywanych), czyli wielkość biomasy, którą faktycznie możemy pozyskać z uwzględnieniem aspektów gospodarczych. Podstawę wyliczeń tej kategorii stanowiło pozyskanie drewna w 2012 roku w lasach publicznych na poziomie 35,6 mln m³, lasach prywatnych – 1,4 mln m³ i 1,0 mln m³ z zadrzewień [Parzych 2015].

Z kolei szacunkowa podaż biomasy z sektora drzewnego w Polsce w 2012 r. wyniosła 6,46 mln m³, w tym z branży tartacznej 2,86 mln m³, z przemysłu meblarskiego – 1,72 mln m³ i z przemysłu celulozowo-papierniczego 0,68 mln m³.

Natomiast szacunkowa podaż biomasy z gospodarki komunalnej osiągnęła poziom 4,76 mln m³, w tym 0,95 mln m³ to zużyte meble, a 0,62 mln m³ zużyte opakowania. Jednak w tym przypadku można brać pod uwagę raczej tylko energetykę zawodową.

W przypadku uprawy wieloletnich roślin energetycznych, których powierzchnia w 2012 roku wynosiła około 10,5 tys. ha pozyskano około 97,1 tys. ton suchej masy. Przy założeniu, że gęstość drewna topoli i wierzby (główne gatunki plantacji roślin energetycznych) w stanie całkowicie suchym wynosi 400 kg/m³ (jak dla topoli) [Dzurenda i inni 2011], dało około 243 tys. m³.

Tab. 1. Szacunkowa podaż biomasy drzewnej na cele energetyczne w Polsce w 2012r.

Wyszczególnienie	Biomasa (tys. m ³)	Wartości opałowe (PJ)
1	2	3
Leśnictwo	6 787	61,1
Przemysł drzewny	6 460	58,1
Gospodarka komunalna	4 760	42,8
Rolnictwo	243	2,2
Łącznie	18 250	164,2

Źródło: Parzych 2015.

A zatem łączna podaż biomasy drzewnej wyniosła 18,3 mln m³. Przyjmując wartości opałowe drewna na poziomie 9 GJ/m³, potencjał energetyczny biomasy wyniósł ponad 164 PJ (tab. 1), w czym największy udział miało drewno pochodzące z leśnictwa (ponad 37%).

EKOLOGICZNE EFEKTY ENERGETYCZNEGO WYKORZYSTANIA BIOMASY

Ekologiczne efekty wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych związane są głównie z obniżeniem emisji gazów zwłaszcza cieplarnianych w wyniku zastąpienia paliw kopalnych. Jednak ograniczenie emisji związane jest także z użyciem jako paliwo materiałów, które traktowane były jako odpady:

- składowiska odpadów drzewnych, komunalnych czy rolniczych, na których ulegały rozkładowi (wydzielając metan),
- nieodpowiednie spalanie w miejscu pozyskania, np. gałęzi czy nadwyżki słomy (nadmierna nadwyżka pyłów i gazów).

Redukcję zanieczyszczeń wyliczono na podstawie danych zawartych w tabeli 2, gdzie porównano powstawanie zanieczyszczeń w wyniku spalania drewna i węgla, czyli głównego źródła energii w Polsce. I tak w tabeli 3 przedstawiono korzyści środowiskowe wykorzystania biomasy drzewnej z niezagospodarowanych do tej pory pozostałości leśnych oraz zagospodarowania tylko 10% możliwości produkcyjnych potencjału ekonomicznego plantacji energetycznych [Parzych 2015], przyjmując wartości opałowe na poziomie 9 GJ/m³. Z danych tych wynika, że eksploatując tylko te zasoby, można wytworzyć prawie 30 tys. TJ energii. A zatem wykorzystując to drewno do celów energetycznych zamiast węgla, możemy zmniejszyć zanieczyszczenie powietrza w skali kraju o ponad 19 tys. ton SO₂, 2,1 tys. ton NO_x, 2,8 mln ton CO₂ i o 3,7 tys. ton pyłów. Przy czym największy wkład w ochronę środowiska miałyby województwo lubelskie i zachodniopomorskie – prawie 20% redukcji zanieczyszczeń.

Tab. 2. Emisje zanieczyszczeń powietrza przy spalaniu drewna i węgla (kg/TJ)

Wyszczególnienie	SO ₂	NO _x	CO ₂	Pył
1	2	3	4	5
Drewno	11	85	106 000	35
Węgiel	650	155	95 000	160

Źródło: Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji.

Tab. 3. Przykładowe korzyści środowiskowe niewykorzystanych pozostałości leśnych oraz możliwości produkcyjnych plantacji energetycznych w stosunku do węgla

Województwo	Wartość opałowa TJ	Korzyści środowiskowe (ton)			
		SO ₂	NO _x	CO ₂ (tys. ton)	Pyły
1	2	3	4	5	6
dolnośląskie	2 125	1 358	149	202	266
kujawsko-pomorskie	1 895	1 211	133	180	237
lubelskie	3 023	1 932	212	287	378
lubuskie	1 615	1 032	113	153	202
łódzkie	1 022	653	72	97	128
małopolskie	1 360	869	95	129	170
mazowieckie	2 510	1 604	176	238	314
opolskie	773	494	54	73	97
podkarpackie	2 546	1 627	178	242	318
podlaskie	1 549	990	108	147	194
pomorskie	1 856	1 186	130	176	232
śląskie	1 278	817	89	121	160
świętokrzyskie	1 178	753	82	112	147
warmińsko-mazurskie	2 329	1 488	163	221	291
wielkopolskie	1 878	1 200	131	178	235
zachodniopomorskie	2 900	1 853	203	275	362
Polska	29 837	19 067	2 088	2 831	3 731

Źródło: Opracowanie własne na podstawie tab. 2 i [Parzych 2015].

Przy wyliczeniach dotyczących CO₂ przyjęto, że podczas spalania biomasy drzewnej bilans CO₂ jest zerowy. Jest to wynikiem tezy, że pobrana ilość CO₂ podczas fotosyntezy uwalniana jest do atmosfery w trakcie jej spalania.

Tab. 4. Korzyści środowiskowe wykorzystania biomasy drzewnej na cele energetyczne według sektora pochodzenia drewna w stosunku do węgla w Polsce w 2012r.

Wyszczególnienie	Wartości opałowe (PJ)	Korzyści środowiskowe (tys. ton)			
		SO ₂	NO _x	CO ₂ (mln ton)	Pyły
1	3				
Leśnictwo	61,1	39,0	4,3	5,8	7,6
Przemysł drzewny	58,1	37,1	4,1	5,5	7,3
Gospodarka komunalna	42,8	27,3	3,0	4,1	5,4
Rolnictwo	2,2	1,4	0,2	0,2	0,3
Łącznie	164,2	104,8	11,6	15,6	20,6

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [Parzych 2015].

Z danych zebranych w tabeli 4 wynika, że wartość opałowa drewna energetycznego w Polsce wyniosła ponad 164 PJ. A zatem całkowite wykorzystanie tej energii zamiast energii pochodzącej ze spalania węgla ograniczyłoby emisję SO₂ o 104,8 tys. ton, NO_x o 11,6 tys. ton, CO₂ o 15,6 mln ton i pyłów o 20,6 tys. ton. Największy udział w redukcji zanieczyszczeń ma drewno pochodzące z leśnictwa – 37% oraz z przemysłu drzewnego – 35%.

DYSKUSJA

Wykorzystanie biomasy na cele energetyczne oznacza oparcie tego przemysłu na zasobnej krajowej bazie surowcowej. Pozyskując w Polsce w 2012 roku w granicach 38 mln m³ grubizny, w lesie pozostaje około 25 mln m³ biomasy. A prognoza możliwości użytkowania głównego w samych tylko Lasach Państwowych przewiduje jego ciągły wzrost z 32,4 mln m³ w 2011 roku do 40,7 mln m³ w 2031 roku [Dawdziuk 2012].

Według Rykowskiego [2012] nie wskazuje, aby użytkowanie lasu istotnie uszczuplało zasoby siedliska i ograniczało produkcję drewna. Wynika to z faktu, że drewno składa się głównie z węgla (ok. 50,1%), tlenu (ok. 43,4%) i wodoru (ok. 6,0%), których źródłem jest atmosfera. Tylko 0,5% stanowią części mineralne (azot, fosfor, potas, magnez i wapń), których głównym źródłem jest opad biomasy asymilującej. Dlatego umiarkowany wywóz drewna poza ekosystem, nie zubaża siedliska i nie powoduje jego degradacji, czyli nie uszczupla jego możliwości produkcyjnych. Może jednak zmieniać warunki bytowania wielu organizmów poprzez zubożenie struktury troficznej ekosystemu i osłabienie związków międzygatunkowych. W związku z czym cały układ staje się mniej stabilny i bardziej wrażliwy na wewnętrzne i zewnętrzne zakłócenia. Dlatego też nie można rozpatrywać produkcji drewna w oderwaniu od trwałości ekosystemu leśnego. Należy jednak zwrócić uwagę, że zwiększony pobór biomasy drzewnej przyczyni się do zmniejszenia ilości próchnicy, co prowadzi do zubożenia środowiska leśnego

[Laurow 2003]. Również Kowalkowski i Olejarski [2013] zauważają, że całkowite pozyskanie biomasy do celów energetycznych (pełne pozyskanie pozostałości pozbędnych z korą i karpiną) będzie długotrwałym ciężkim zakłóceniem w funkcjonowaniu ekosystemu w wyniku zubożenia i nierównoważenia elementów odżywczych oraz zakwaszenia gleb. Według Gornowicz i Pilarek [2013] pozostawienie w lesie wszelkich składników arbomasy może stanowić ważne źródło pierwiastków odżywczych dla nowego pokolenia drzew. A jak podaje Sadowski [2013] popiół lotny pochodzący ze spalania biomasy w Polsce jest składowany w kopalniach i starych wyrobiskach przystosowanych do jego składowania lub też jest wykorzystywany do rekultywacji składowisk komunalnych, jeżeli jest na to zgoda władz lokalnych. Natomiast w Szwecji czy Finlandii popioły te po zgranulowaniu są przeznaczane do nawożenia gleb również w lasach.

Teoretyczny potencjał stałych powierzchni plantacyjnych przeznaczonych na potrzeby energetyczne wynosi obecnie 6,11 mln ha. Jednak po wyeliminowaniu gruntów leżących na obszarach o zbyt niskich opadach, nie gwarantujących 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 [Określenie potencjału 2011], co daje 5 918,1 tys. ton suchej masy. Potencjał ekonomiczny obrazuje realne możliwości wykorzystania obszarów pod uprawę roślin energetycznych w aktualnych uwarunkowaniach gospodarczych z uwzględnieniem ograniczeń przestrzennych i środowiskowych. Największy potencjał ekonomiczny wykazuje województwo lubelskie, mazowieckie i podkarpackie stanowiące ponad 38% całej produkcji w kraju. Z kolei według Szczukowskiego i Stolarskiego [2013] potencjał powierzchniowy użytków rolnych przydatnych do celów energetycznych w Polsce, czyli pod uprawy roślin energetycznych można przeznaczyć prawie 1 mln ha. Najwięcej gruntów przydatnych do uprawy znajduje się w województwie zachodniopomorskim i mazowieckim, ponad 100 tys. ha.

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. zachowaniem trwałości środowiska, biotopu, ochrony gleby, wody bądź uprawą ekologiczną [Rode i Schlegelmilch 2006]. Tym samym powierzchnie pod produkcję biomasy będą stanowić konkurencję dla powierzchni pod produkcję rolną i spożywczą, ochronę przyrody jak i mogą mieć negatywne następstwa w zachowaniu naturalnego środowiska i krajobrazu. Oczywiście do celów energetycznych nie może być wykorzystana cała istniejąca biomasa, ponieważ inne produkty są również pochodną biomasy. Produkcja bioenergii musi uwzględniać inne priorytetowe zastosowania biomasy – powinna być używana w mądry i zrównoważony sposób.

Rynek biomasy zmagają się również z wieloma barierami. Bariery wytworzenia energii z biomasy dotyczą dwóch aspektów: środowiskowych i przestrzennych

[Niedziółka 2012, EC BREC 2007]. Na ograniczenie środowiskowe składa się obszarowa ochrona przyrody, ochrona gatunkowa oraz występowanie obszarów z deficytem wody. Ograniczeniem środowiskowym może być zakaz wprowadzania do upraw inwazyjnych gatunków roślin czy roślin zmodyfikowanych genetycznie. Natomiast bariery przestrzenne wiążą się z ograniczeniem swobody lokalizacyjnej planowanej inwestycji w związku z istniejącą lub planowaną funkcją obszaru. Ograniczeniem wykorzystania biomasy z upraw rolniczych w energetyce jest przeznaczenie obszaru do zalesienia czy produkcji rolniczej na cele żywnościowe. Innym ograniczeniem może być przestrzeganie zasad zrównoważonej gospodarki rolnej i leśnej, która może być zagrożona w przypadku dużych plantacji jednego gatunku roślin energetycznych. W przypadku gospodarki leśnej zagrożenia dotyczą nadmiaru plantacji drzew szybkorosnących, obniżenia wieku rębności, niezgodności z siedliskiem, przekraczanie etatów rębnych czy nadmiar pozyskania posuszu.

Jedną z najważniejszych barier wpływających na ograniczenie zasobów biomasy do celów energetycznych jest ochrona prawna obszarów cennych środowiskowo. Należą tu parki narodowe, rezerwaty, parki krajobrazowe, obszary chronionego krajobrazu, stanowiska dokumentacyjne, użytki ekologiczne, zespoły przyrodniczo - krajobrazowe oraz pomniki przyrody. W wyniku tego powierzchnia wyłączona z użytkowania waha się od 18,6% w województwie dolnośląskim do 64,5% w województwie świętokrzyskim [Ochrona środowiska 2013].

PODSUMOWANIE

Główną zaletą wykorzystania biomasy do celów energetycznych jest ochrona środowiska poprzez zmniejszenie, zwłaszcza, emisji siarki do powietrza (104,8 tys. ton w skali kraju). Za wykorzystaniem biomasy do celów energetycznych przemawiają także stałe i pewne dostawy krajowego nośnika energii (164,2 PJ) oraz ograniczenie emisji CO₂ z paliw nieodnawialnych (15,6 mln ton) oraz decentralizacja produkcji energii – dostępność drewna w całym kraju.

Z kolei potencjalnymi wadami energetycznego wykorzystania biomasy są:

- ryzyko zmniejszenia bioróżnorodności w przypadku monokultur roślin energetycznych,
- wyższe koszty usuwania NO_x w małych kotłowniach niż w przypadku dużych profesjonalnych zakładów energetycznych,
- wydzielanie toksycznych i rakotwórczych substancji w przypadku spalania biomasy zanieczyszczonej pestycydami, odpadami tworzyw sztucznych lub związkami chloropochodnymi.

Podsumowując, odnawialne źródła energii w Polsce, a zwłaszcza biomasa drzewna (76,6% udziału w OZE) jest bardzo ważna w bilansie energetycznym kraju (11,9 % w 2013r. i jej udział ciągle rośnie). Biomasa odgrywa też główną rolę w działaniach na rzecz redukcji emisji gazów cieplarnianych, gdyż w porównaniu

do tradycyjnych źródeł kopalnych jest bardziej przyjazna środowisku naturalnemu. Może również stanowić ważną rolę w rozwoju społeczno-gospodarczym oraz w poprawie bezpieczeństwa energetycznego kraju.

LITERATURA

- Dawidziuk J. (2012). *Stan obecny zasobów leśnych oraz prognozy ich rozwoju i użytkowania*. Zimowa Szkoła Leśna przy Instytucie Badawczym Leśnictwa. IV Sesja. Sękocin Stary, 20–22 marca 2012 r. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s. 104–117.
- Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniającej i w następstwie uchylającej Dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dziennik Urzędowy Unii Europejskiej 5.6.2009.
- Dzurenda L. i inni, (2011). *Wykorzystanie energetyczne dendromasy*. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- 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.
- Energia ze źródeł odnawialnych w 2014 r. (2015). Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa.
- Gornowicz R., Pilarek Z. (2013). *Wpływ pozyskania biomasy na wycofywanie pierwiastków biogenych ze środowiska leśnego*, w: Biomasa leśna na cele energetyczne (red. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s.138–146.
- Hoffman D., (2007). *Regionale Wertschöpfung durch optimierte Nutzung endogener Bioenergiepotenziale als strategischer Beitrag zur nachhaltigen Regionalentwicklung*, Dissertation.<http://scidok.sulb.unisaarland.de/volltexte/2007/1156/pdf/DissDunjaHoffmann.pdf> (26.03.2009).
- Kowalkowski A., Olejarski I. (2013). *Możliwości wykorzystania popiołów z biomasy leśnej jako źródła elementów odżywczych*, w: Biomasa leśna na cele energetyczne (red. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s.147–176.
- Laurow Z. (2003). *Ekologiczne uwarunkowania pozyskania biomasy na cele energetyczne w leśnictwie*, w: Możliwości wykorzystania biomasy na cele energetyczne. Konferencja naukowo-techniczna, Malinówka.
- Leśnictwo 2013. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: GUS.
- Niedziółka D. (red.) (2012). *Zielona energia w Polsce*. Warszawa: CeDeWu.
- Ochrona Środowiska 2013. Informacje i opracowania statystyczne. Warszawa: GUS.
- Określenie potencjału energetycznego regionów Polski w zakresie odnawialnych źródeł energii – wnioski dla Regionalnych Programów Operacyjnych na okres programowania 2014–2020. (2011) Warszawa: Wydawca Ministerstwo Rozwoju Regionalnego.
- Parzych S. (2015). *Potencjalne możliwości wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych*. Leśne Prace Badawcze 76 (3): 256–264.
- Pisarek M i Hunder M., 2001. Wykorzystanie biopaliw stałych na cele energetyczne w Polsce – stan rozwoju, przykłady, perspektywy, w: Sokólska J. (red.) Odnawialne źródła energii. Uroczysko, Supraśl. 83–94.
- Polityka energetyczna Polski do 2030 roku. Załącznik do uchwały nr 202/2009 Rady Ministrów z dnia 10 listopada 2009 r.
- 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. Heft 79.

- Rozporządzenie 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 ...
- Rykowski K. (2012). *Czynniki środowiska przyrodniczego determinujące produkcję drewna*. Zimowa Szkoła Leśna przy Instytucie Badawczym Leśnictwa. IV Sesja. Sękocin Stary, 20–22 marca 2012 r. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s. 104–117.
- Sadowski K. (2013). *Problematyka użytkowania biomasy leśnej na przykładzie rozwiązań w Elektrociepłowni Białystok S.A.*, w: *Biomasa leśna na cele energetyczne* (red. P. Gołos, A. Kaliszewski) Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary, s.225–245.
- 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, s.32–46.
- Wiśniewski G. (red) (2003). *Odnawialne źródła energii jako element rozwoju lokalnego*. Warszawa: EC BREC/IBMER,.
- Wskazówki dla wojewódzkich inwentaryzacji emisji na potrzeby ocen bieżących i programów ochrony powietrza. (2003). Ministerstwo Środowiska – Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, Warszawa.

STRESZCZENIE

W niniejszej pracy podjęto zagadnienia dotyczące wpływu wykorzystania biomasy drzewnej do celów energetycznych na zmniejszenie zanieczyszczeń. Tematyka badań związana jest z założeniami „Polityki energetycznej Polski do 2013 roku”, a w związku z tym obowiązkiem wzrostu udziału odnawialnych źródeł energii w pozyskaniu energii pierwotnej ogółem z 7,2% w roku 2005 do 15,0% w roku 2020. Badania uwzględniają biomasę drzewną pochodzącą z sektora leśnego (drewno opałowe i pozostałości leśne), sektora drzewnego (przemysł drzewny, celulozowo-papierniczy i meblarski), gospodarki komunalnej (drewno użytkowe) oraz rolnictwa (plantacje energetyczne). Zebrane dane dotyczą terenu całej Polski w 2012 roku. Redukcję zanieczyszczeń oszacowano na podstawie danych zaczerpniętych z literatury. Na podstawie dokonanych wyliczeń można stwierdzić, że Polska dysponuje drzewnym potencjałem energetycznym na poziomie 164,2 PJ. Pełne wykorzystanie tego potencjału kosztem węgla spowoduje zmniejszenie emisji siarki do powietrza o 104,8 tys. ton oraz ograniczenie emisji CO₂ z paliw nieodnawialnych o 15,6 mln ton.

SUMMARY

The aim of the study was to determine the effect of increased use of wood biomass for the energy production in reduction of environmental pollution. This subject is related to the assumptions of the „Poland's Energy Policy until 2030“ and with the obligation of the increase in the percentage of renewable energy sources in the final energy consumption from 7.2% in 2005 until 15.0% in 2020. The study took into account the wood biomass being supplied from forestry (fuel wood and forest residues), wood sector (wood industry, pulp and paper industry and furniture manufacturing), public utilities (used wood) and from agriculture (long-term power plantation). The calculation includes the whole area of Poland in the year 2012. The reduction of pollution was estimated on the basis of data which are taken from the literature. The results lead to the conclusion that wood energy potential of Poland amounts to 164.2 PJ. The full use of this potential at the cost of coal shall lead to a 104.8 thousand tons of SO₂ reduction and to a 15.6 million tons of CO₂ reduction.