

Ewa Golisz¹
Katedra Podstaw Inżynierii,
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Konkurencyjność brazylijskiego bioetanolu na świecie²

Competitiveness of Brazilian bioethanol in the world

Synopsis: W pracy przedstawiono zagadnienia dotyczące bioetanolu z trzciny cukrowej produkowanego w Brazylii, w szczególności wielkość produkcji w latach 2009-2012 oraz prognozę na rok 2013, na tle największych gospodarek świata oraz Polski. Brazylia zajmuje drugie miejsce po USA w wielkości produkcji tego paliwa. Omówiono aspekty związane z emisją gazów cieplarnianych oraz bilans energetyczny paliw. Podano wielkości emisji dwutlenku węgla dla biopaliw wytwarzanych z różnych surowców. Porównano wybrane aspekty sektora bioetanolu produkowanego w Brazylii, USA i Polsce. Wykazano, że bioetanol brazylijski jest bardziej konkurencyjny niż ten produkowany w innych krajach.

Słowa kluczowe: biopaliwo, etanol brazylijski, trzcina cukrowa konkurencyjność, emisja gazów cieplarnianych

Abstract: Issues of bioethanol from sugarcane produced in Brazil were presented, in particular production volume in the period 2009-2012 and forecast for 2013 year on the background of the largest economies in the world, and Poland. Brazil is the world's second largest producer of ethanol fuel after USA. Aspects related to greenhouse gas emissions and energy balance of fuel were discussed. Carbon dioxide emissions for biofuels produced from different raw materials were presented. Selected aspects of bioethanol sector produced in Brazil, the USA and Poland were compared. The competitiveness of bioethanol produced in Brazil from sugarcane compared to bioethanol from other countries has been demonstrated.

Key words: biofuels, Brazilian ethanol, sugarcane, competitiveness, greenhouse gas emission

Wprowadzenie

Brazylia jest obok USA, największym potentatem w zakresie produkcji i handlu bioetanołem na świecie. Około 30% powstającego na świecie bioetanolu jest produkowane w tym kraju, a ponad 50% w USA. Produkcja tego biokomponentu jest zmienna, zależna od sytuacji na światowym rynku cukru i biopaliw. W 2010 r. produkcja przemysłowa etanolu USA i Brazylii stanowiła 87,8% światowej produkcji tego paliwa, a w 2011 r. 87,1% [Ethanol... 2012]. Przewaga konkurencyjna biopaliw brazylijskich nad biopaliwami amerykańskimi i europejskimi wynika przede wszystkim z zasobności tego kraju w szereg surowców energetycznych używanych do ich produkcji oraz z niższych kosztów produkcji i

¹ Dr inż., email: ewa_golisz@sggw.pl

² Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/HS4/04988 (grant pt: „Wpływ redukcji emisji CO₂ na funkcjonowanie sektorów biopaliw transportowych w Polsce“).

The project was funded by the National Science Centre allocated on the basis of the decision number DEC-2011/01/B/HS4/04988, (grant titled „The influence of CO₂ emission reduction on the transport biofuels sector in Poland“).

przetwórstwa tych surowców, tj. trzciny cukrowej niż zbóż czy buraków cukrowych. Wynika też z faktu, że odbywa się w dużych zakładach, stosujących najnowocześniejsze technologie produkcji bioetanolu. Pierwsze użycie etanolu z trzciny cukrowej jako paliwo w Brazylii, pochodzi z końca lat dwudziestych i początku lat trzydziestych XX wieku, wraz z wprowadzeniem samochodu do kraju. W 1931 roku brazylijski rząd uchwalił dekret, który nakazywał wprowadzenie 5.% domieszki alkoholu do benzyny importowanej, a siedem lat później rozszerzono ten obowiązek w stosunku do benzyny produkowanej w Brazylii [Portal... 2013]. W 1975 roku Brazylia zainicjowała tzw. Narodowy Program Alkoholowy (Proálcool) mający na celu wykorzystanie biomasy do celów energetycznych. [History... 2013].

Produkcja i eksport bioetanolu w Brazylii i na świecie

Do produkcji etanolu w Brazylii wykorzystuje się przede wszystkim trzinę cukrową (podstawowa roślina uprawna na terytorium tego kraju) jako substrat, a technologia wytworzenia opiera się o zastosowanie mechanizmów wykorzystywanych do wytwarzania biopaliw 1. generacji w oparciu o wykorzystanie sacharozy zawartej w tej roślinie.

Produkcja bioetanolu w Brazylii od lat systematycznie wzrasta, w ostatnim pięcioleciu jedynie w roku 2011 zanotowano jej spadek ze względu na słabsze zbiory trzciny cukrowej.

Sytuację producentów etanolu w Brazylii w zakresie zapotrzebowania surowcowego dodatkowo utrudniał zwiększony w 2011r. światowy popyt na cukier i wysokie notowania jego ceny, przez co większa część zbiorów trzciny przeznaczana była do jego produkcji. W tym samym roku zanotowano znacznie większy import bioetanolu, który w kolejnych latach zmniejszał się.

Obecnie prognozy zakładają poprawę wyników kampanii cukrowniczej. Tabela 1 przedstawia dane dotyczące produkcji etanolu w Brazylii oraz wybranych państwach w latach 2009-2013. Natomiast w tabeli 2 przedstawiono wielkość produkcji oraz importu i eksportu etanolu na cele paliwowe w Brazylii w latach 2009-2013.

Tabela 1. Światowa produkcja etanolu dla wybranych państw (w mln litrów) w latach 2009-2013

Table 1. World ethanol production for selected countries (million liters) in the years 2009-2013

Kraj\ rok	2009	2010	2011	2012	2013*
Brazylia	26105	27965	22893	23509	26572
Niemcy	752	765	730	776	823
Francja	906	942	846	759	759
Hiszpania	465	471	462	381	450
Wielka Brytania	70	278	427	253	280
Austria	175	199	216	228	230
Polska	165	194	167	211	215
UE razem	3553	4268	4392	4620	5190
Chiny	3953	4333	4675	4450	4550
Kolumbia	327	291	337	362	365
USA	41410	50350	52730	50350	bd**

*prognozy, **brak danych

Źródło: [Brazil... 2013, UE... 2013; China... 2013, Colombia... 2013; EIA... 2013], opracowanie własne.

Jak widać z danych zawartych w tabeli 1 wielkość produkcji etanolu w Brazylii przewyższa produkcję w całej Unii Europejskiej i ustępuje jedynie Stanom Zjednoczonym.

Tabela 2. Produkcja etanolu w Brazylii na cele paliwowe (w mln litrów) w latach 2009-2013

Table 2. Production of ethanol in Brazil for fuel (million liters) in the years 2009-2013

Rok	2009	2010	2011	2012	2013*
Wielkość produkcji	22201	24516	20212	20739	23722
Import	0	74	1100	553	195
Eksport	562	1083	2500	2800	3000

*prognozy

Źródło: [Brasil... 2013], opracowanie własne.

Według corocznego raportu brazylijskiego biura handlu rolnego (ATO)³ i amerykańskiego departamentu rolnictwa (USDA Foreign Agricultural Service⁴) [Brasil... 2013] przewiduje się, że Brazylia w 2013 roku wyprodukuje 26,57 mld litrów etanolu, w porównaniu do 23,51 mld litrów w 2012 roku, a w 2014 r. produkcja wzrośnie do 28,96 mld litrów. Szacuje się, że etanol produkowany na cele paliwowe może osiągnąć wielkość 23,72 mld litrów w 2013 roku, w porównaniu z 20,74 mld litrów w roku poprzednim. Natomiast w 2014 roku oczekuje się, że Brazylia będzie produkować 25,91 mld litrów etanolu na cele paliwowe. Brazylia miała w 2013 roku 399 rafinerie wytwarzające etanol o łącznej mocy produkcyjnej wynoszącej 40,7 miliardów litrów. Oczekuje się, że w 2014 r. zdolności produkcyjne będą na podobnym poziomie. W 2012 roku w Brazylii było 408 rafinerii o łącznej mocy produkcyjnej 41,6 miliardów litrów. Wykorzystanie zdolności produkcyjnych wynosi obecnie 56%, jednak uważa się, że w 2014 roku zwiększy się do 71% [Brasil... 2013].

Ponad 80% nowo produkowanych samochodów w Brazylii jest przystosowane do spalania kilku rodzajów paliw, np. etanolu, benzyny z 20% dodatkiem tego alkoholu, czy gazu. Aż 70% brazylijskich aut wyposażonych jest w silniki typu flex (FFV⁵), skonstruowane w Brazylii, które można zasilać paliwem z dowolną domieszką etanolu (E20-E25 mieszanka oraz uwodniony etanol E100). Samochody te wprowadzone na rynek w 2003 roku stały się sukcesem komercyjnym i w 2012 roku stanowiły 94% wszystkich nowo sprzedanych samochodów w tym kraju. Sukces samochodów jeżdżących w oparciu o silniki flex spowodował, że w 2008 roku aż 50% udziału w rynku naftowym stanowiło paliwo wyprodukowane na bazie etanolu [United... 2013].

Produkcja bioetanolu w 85.% zużywana jest na własnym rynku, a nadwyżki są eksportowane. Wg raportu USDA eksport bioetanolu w 2013r wzrósł do 2,8 mld litrów z 2,5 mld litrów w 2012 roku. W 2014 roku może osiągnąć poziom 3 mld litrów. Największymi importerami brazylijskiego bioetanolu są obecnie Stany Zjednoczone, następnie Jamajka i Korea Południowa [Brasil... 2013].

³ Agricultural Trade Office.

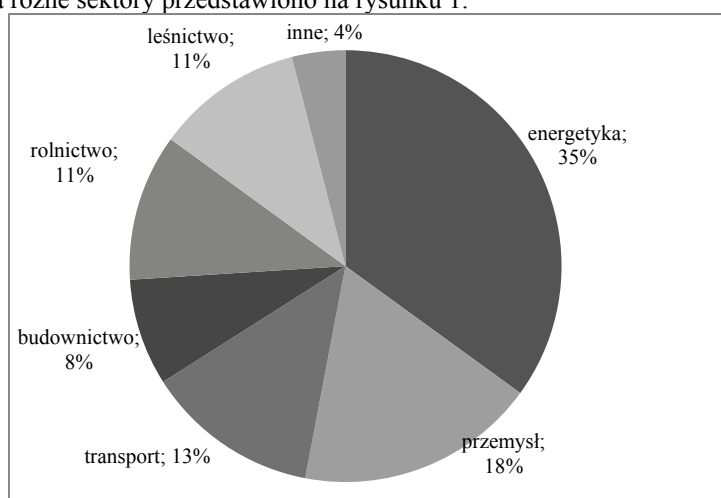
⁴ United States Department of Agriculture.

⁵ flexible fuel vehicle.

Emisja gazów cieplarnianych

Globalna emisja gazów cieplarnianych gwałtownie rośnie. W maju 2013 r. poziom dwutlenku węgla (CO₂) w atmosferze przekroczył 400 cząsteczek na milion - po raz pierwszy od kilkuset tysięcy lat [World...2013].

Wśród gazów cieplarnianych największy udział ma dwutlenek węgla (ok. 72%), którego głównymi źródłami emisji są przede wszystkim: energetyka - spalanie paliw kopalnych w elektrowniach, przemysł - procesy związane z produkcją towarów, transport - samochody i samoloty, budowa i eksploatacja budynków mieszkalnych, biurowych i handlowych oraz wylesianie i spalanie biomasy. Wielkość emisji gazów cieplarnianych w podziale na różne sektory przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Źródła emisji gazów cieplarnianych w podziale na sektory w 2010 roku

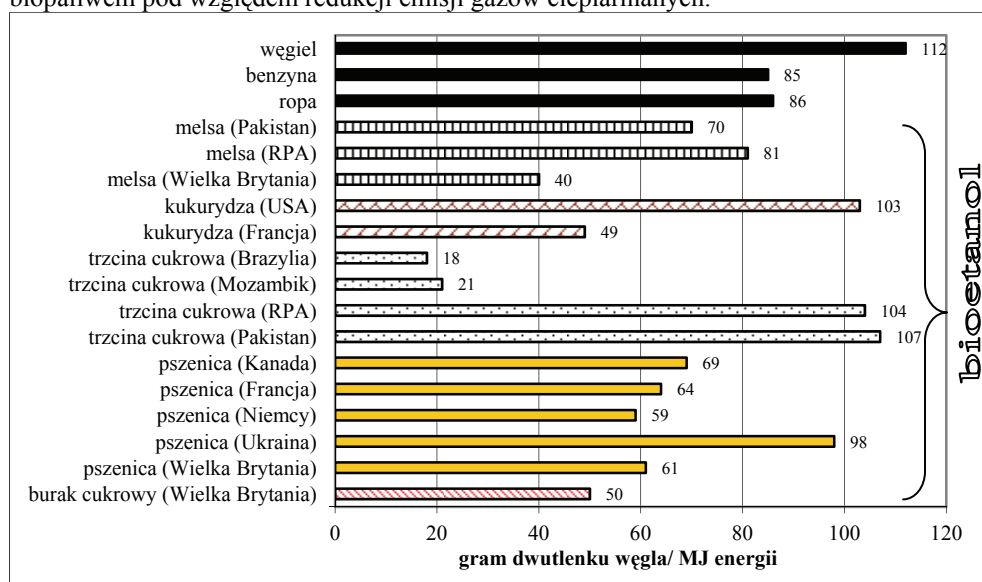
Fig. 1. Sources of global greenhouse gas emissions in 2010 by main sector

Źródło: [Emissions... 2012], opracowanie własne.

Transport jest jednym z głównych sektorów światowego zużycia energii i emisji CO₂. Paliwa ze źródeł odnawialnych, do których należą biopaliwa transportowe wykazują mniejszą emisję CO₂ niż paliwa kopalne, a więc ograniczając emisję gazów cieplarnianych przyczyniają się do zmniejszenia globalnego ocieplenia.

Światowa produkcja etanolu w 2013 roku spowoduje zmniejszenie globalnej emisji gazów cieplarnianych o prawie 274 tys. ton na dobę. W porównaniu do 2012 roku, jest to większa redukcja emisji gazów cieplarnianych o prawie 4000 ton na dobę. [Global... 2013]. Duży udział ma w tym bioetanol brazylijski. Badania opublikowane przez Bank Światowy w 2010 roku potwierdziły, że "sektor transportu Brazylii charakteryzuje się mniejszą emisją dwutlenku w porównaniu z większością innych krajów ze względu na powszechne stosowanie etanolu jako paliwa do pojazdów." Jednocześnie badania te wykazały, że pomimo niższej emisji CO₂, transport miejski jest odpowiedzialny za 51% emisji CO₂ w sektorze transportu Brazylii w 2008 roku, na co miało wpływ rosnące wykorzystania samochodów prywatnych w transporcie [Energy... 2010].

Wydział Transportu rządu Wielkiej Brytanii oszacował wielkość emitowanego CO₂ dla paliw kopalnych i bioetanolu z różnych źródeł [Carbon...2008]. Jak widać z danych na rysunku 2, brazylijski bioetanol z trzciny cukrowej jest najbardziej efektywnym biopaliwem pod względem redukcji emisji gazów cieplarnianych.



Rys. 2. Wielkość emisji dwutlenku węgla z różnych rodzajów paliw

Fig. 2. Emissions of carbon dioxide from different types of fuels

Źródło: [Carbon... 2008], opracowanie własne.

Przy produkcji 1MJ energii z brazylijskiego bioetanolu jest wydzielane tylko 18g CO₂, podczas gdy w czasie spalania benzyny i ropy 85g CO₂, a w czasie spalania węgla aż 112 gramów. Na drugim miejscu jest bioetanol wytwarzany z trzciny cukrowej w Mozambiku (20g/MJ). Bioetanol wytwarzany z pszenicy emituje dużo więcej dwutlenku węgla niż produkowany w oparciu o trzcinę cukrową.

Wg danych Agencji Ochrony Środowiska (EPA⁶) stosowanie etanolu w Brazylii od 1975 roku kiedy to rozpoczęto program Pro-alkohol, pozwoliło uniknąć ponad 600 mln ton emisji CO₂ [EPA... 2013]. Natomiast Brazylijski Związek Przemysłu Trzcinowego (UNICA⁷) szacuje, że wykorzystanie etanolu w pojazdach flex-fuel w Brazylii pozwoliło unikać 83,5 milionów ton emisji CO₂ w okresie od marca 2003 r. do stycznia 2010 roku [Unica... 2010].

Powszechne stosowanie etanolu przyniosło wiele korzyści dla środowiska, ośrodków miejskich w zakresie zanieczyszczenia powietrza. Dodanie etanolu do benzyny obniża wielkość wydzielanego tlenku węgla (CO), węglowodorów, siarki, oraz cząstek stałych [Macedo 2007]. Ponadto, brazylijskie silniki flex-fuel zostały zaprojektowane z myślą o większych stopniach kompresji i korzystając z mieszanek o wyższej zawartości etanolu

⁶ Environmental Protection Agency

⁷ União da Indústria de Cana-de-Açúcar

poprawia się efektywności zużycia paliwa, co powoduje obniżenie emisji CO₂. [Marris 2006].

Wg Dyrektywy 2009/28/EC [Dyrektywa... 2009], która podaje typowe oraz standardowe wartości redukcji emisji CO₂, etanol wytwarzany z trzciny cukrowej ma największą redukcję emisji CO₂, wynoszącą 71%, natomiast etanol z pszenicy może mieć redukcję 16-69%, z buraka cukrowego 52%, a z kukurydzy 49%. W wielu badaniach wykazano, że redukcja emisji gazów cieplarnianych brazylijskiego etanolu może być jeszcze większa i wynosić od 86 do 90% [Macedo 2004; Goettmoeller 2007].

Bilans energetyczny biopaliw

Jednym z głównych czynników występujących przy produkcji biopaliwa, jest bilans energetyczny, który określa łączną ilość energii włożonej w czasie procesu produkcji w porównaniu do energii uwalnianej przez spalanie powstałego biopaliwa. Bilans ten uwzględnia pełny cykl produkcji biopaliwa, jak: uprawa roślin (w tym nawożenie), transport i cały proces technologiczny. Etanol z trzciny cukrowej ma korzystny bilans energetyczny w porównaniu do innych biopaliw, waha się od 8,3 do 10,2 [Macedo 2008]. Oznacza to, że dla przeciętnych warunków z jednej jednostki energii włożonej w procesie produkcji etanolu można uzyskać 8,3 jednostek energii otrzymanej podczas jego spalania.

W tabelach 3 i 4 przedstawiono skumulowane nakłady energetyczne ponoszone przy produkcji etanolu z 1 tony trzciny cukrowej.

Tabela 3. Skumulowane nakłady energetyczne na produkcję trzciny cukrowej w Brazylii jako surowca do produkcji etanolu

Table 3. Cumulative energy inputs for the sugarcane production in Brazil as feedstock for ethanol production

Opis pozycji	Wartość w MJt ⁻¹
Zabiegi uprawowe	13,3
Zbiór trzciny cukrowej	33,3
Transport trzciny po zbiorze	36,8
Inne zabiegi transportowe	10,9
Inne zabiegi	38,5
Nawozy	52,7
Środki ochrony roślin	12,1
Nasiona	5,9
Maszyny	6,8
Razem	210,3

Źródło: [Macedo 2008].

Wartości podane w tabeli 3 zostały odniesione do tony trzciny cukrowej. Obejmują one wszystkie nakłady jakie są ponoszone przy jej produkcji, a więc wszystkie zabiegi uprawowe, zbiór, wszystkie prace transportowe, nawożenie, zabiegi związane z ochroną roślin, energochłonność nasion, nawozów, środków ochrony roślin oraz wykorzystania maszyn i urządzeń.

Tabela 4. Skumulowane nakłady energetyczne na produkcję etanolu z trzciny cukrowej w Brazylii

Table 4. Cumulative energy inputs for the ethanol production from sugarcane in Brazil

Opis pozycji	Wartość w MJt ⁻¹
Nośniki energetyczne	258,8
Środki chemiczne	19,2
Budynki	0,5
Maszyny i urządzenia	3,9
Razem	282,4

Źródło: [Macedo 2008].

Obliczone wartości skumulowanych nakładów energetycznych odniesiono do wartości 1000 litrów etanolu. Z wartości podanych w literaturze [Macedo 2008] wynika, że z 1 tony trzciny cukrowej uzyskuje się w Brazylii 70 litrów etanolu o podobnych parametrach jak w Polsce. Jak wynika z wartości przedstawionych w tabelach 3-4, skumulowane nakłady energetyczne ponoszone na wytworzenie i przetworzenie do etanolu 1 tony trzciny cukrowej wynoszą w Brazylii 492,7 MJ, co daje 7037 MJ na 1000 litrów etanolu. Średnia wartość skumulowanych nakładów energetycznych ponoszonych na produkcję etanolu w Polsce, wyznaczona na podstawie badań przeprowadzonych w 10 gorzelniach o różnicowanej metodzie (cieplej lub zimnej) i skali produkcji, pracujących w oparciu o różne surowce (kukurydza, zboże, ziemniaki) wynosi 48709 MJ na 1000 litrów. Wynika stąd, że skumulowane nakłady energetyczne ponoszone na produkcję etanolu są w warunkach brazylijskich prawie 7 razy mniejsze niż w warunkach polskich.

Porównanie wybranych aspektów rynku bioetanolu w Brazylii USA i Polsce

Jak wspomniano wcześniej, światowym potentatem w zakresie produkcji i handlu bioetanolem są USA, gdzie jest on wytwarzany z kukurydzy. W tabeli 5 przedstawiono porównanie wybranych parametrów rynku bioetanolu w USA, Brazylii i w Polsce.

Przemysł bioetanolowy w Brazylii oparty na trzcinie cukrowej jest bardziej wydajny niż przemysł na bazie kukurydzy w USA. Etanol z trzciny cukrowej ma bilans energetyczny około siedem razy większy niż etanol produkowany z kukurydzy [Budny 2007] i około 10 razy większy niż etanol produkowany w oparciu o zboża i melasę w Polsce. Brazylijscy gorzelnicy są w stanie produkować etanol za około 30 centów za litr, podczas gdy w USA ten koszt jest prawie 2 razy większy. Wynika to między innymi z tego, że przed destylacją do alkoholu skrobia kukurydziana musi być najpierw konwertowana do cukru [Goettemoeller i Goettemoeller 2007]. W Polsce ten koszt jest ponad 3 razy większy, a wynika to przede wszystkim z wysokiej ceny surowca jakim jest zboże oraz ceny węgla stosowanego jako paliwo do produkcji. Także wydajność z hektara etanolu brazylijskiego jest zdecydowanie wyższa, niż tego w USA i Polsce. Produkcja bioetanolu w Brazylii jest niemal sto razy większa niż w Polsce, ale wynika to z możliwości fizycznych, powierzchnia Brazylii (8511965 km²) jest zdecydowanie większa niż Polski (321685 km²), a co za tym idzie także powierzchnia gruntów rolnych jest większa w Brazylii. Poza tym surowce wykorzystywane w Polsce takie jak zboże, melasa czy ziemniaki dają mniejszą wydajność

etanolu z hektara w porównaniu do ilości etanolu otrzymywanej w Brazylii z trzciny cukrowej. Ponadto, wykorzystanie zdolności produkcyjnych sektora bioetanolu w Polsce nie przekracza 30%, a w Brazylii jest 2 razy większe.

Tabela 5. Wybrane dane dotyczące rynku bioetanolu w Brazylii USA i Polsce

Table 5. Selected data for the bioethanol market in Brazil, the USA and Poland

Wyszczególnienie	Brazylia	USA	Polska
Główny surowiec	Trzcina cukrowa	Kukurydza	Zboża, melasa
Grunty rolne	355 mln	270mln ¹⁾	17,2 mln
Ziemie przeznaczone pod uprawę etanolu	3,6 mln ha	10 mln ha	110 tys. ha
Wielkość produkcji bioetanolu (2012r.)	20739 mln l	50350 mln l	212 mln l
Wykorzystanie zdolności produkcyjnych	60-70%	-	20-30%
Wydajność z hektara	6,8-8,0 tys. litrów	3,8-4,0 tys. litrów	1,0-4,4 tys. litrów
Bilans energetyczny (Stosunek energii uzyskiwanej z etanolu/ energii zużytej do jego produkcji)	8,3 do 10,2	1,3 do 1,6	0,7- 1,12
Koszt produkcji 1 litra etanolu (2011r.)	0,3 USD	0,5 USD	3-4 zł
Szacunkowa redukcja emisji gazów cieplarnianych	86-90%	10-30%	32-61%
Udział etanolu w rynku benzyny (2012r.)	50%	10%	poniżej 5%

¹⁾ bez Alaski

Źródło: opracowanie własne w oparciu o: [Ministerstwo; Biofuels... 2008, Budny 2007, Dyrektywa 2009; Goettemoeller 2007, Golisz 2013, Macedo 2004, Masedo 2008, Renewable... 2012, Serchinger 2008]

Podsumowanie

Bioetanol z trzciny cukrowej produkowany w Brazylii jest bardziej konkurencyjny nie tylko na tle Polski, ale i na tle największego światowego jego producenta jakim są USA. Wydajność z hektara etanolu produkowanego w Brazylii jest bardzo wysoka i wynosi 6-8 tys. litrów i jest 2-8 razy większa niż w Polsce i ok. 2 razy większa niż w USA. Wykorzystanie zdolności produkcyjnych sektora biopaliw w Brazylii jest duże i wynosi 60-70%. Także pod względem ekologicznym brazylijski bioetanol jest bardziej atrakcyjny, gdyż współczynnik redukcji gazów cieplarnianych wynosi tam ok. 70% (brazylijskie źródła podają ponad 80%), podczas gdy bioetanolu polskiego jest to najwyżej 60%. Przy produkcji 1MJ energii z etanolu w Brazylii wydzielane jest tylko ok. 18g CO₂, natomiast w czasie spalania etanolu z kukurydzy produkowanej w USA 103g.

W Polsce mało jest samochodów posiadających odpowiednio przystosowany silnik (FFV) do benzyny zawierającej ponad 5% domieszki etanolu. W Brazylii takich aut jest ponad 80%, które mogą tankować etanol na ponad 35 tys. stacji, podczas gdy w USA w 2010 roku takich stacji było ponad 2 tysiące

Skumulowane nakłady energetyczne ponoszone na produkcję etanolu są w warunkach brazylijskich prawie 7 razy mniejsze niż w warunkach polskich. Konsekwencją tego są znacznie niższe koszty ponoszone na produkcję etanolu w warunkach brazylijskich, co wyraźnie uzasadnia celowość stosowania go jako znacznego dodatku do paliw płynnych, nawet kosztem obniżenia parametrów technicznych zasilanych w ten sposób silników pojazdów samochodowych.

Literatura

- Biofuels: The Promise and the Risks, in World Development Report [2008].
- Brasil Biofuels Annual Report, 12.09.2013 [2013] USDA Foreign Agricultural Service [Tryb dostępu:] <http://gain.fas.usda.gov> [Data odczytu: grudzień 2013].
- Budny D. and Sotero P. [2007]: Brazil Institute Special Report: The Global Dynamics of Biofuels Carbon and Sustainability Reporting Within the Renewable Transport Fuel Obligation. Department of Transport (UK). [2008].
- China Biofuels Annual Beijing, 09.9.2013 [2013] USDA Foreign Agricultural Service [Tryb dostępu:] <http://gain.fas.usda.gov> [Data odczytu: grudzień 2013].
- Colombia Biofuels Annual Bogota, 28.06.2013 [2013] USDA Foreign Agricultural Service [Tryb dostępu:] <http://gain.fas.usda.gov> [Data odczytu: grudzień 2013].
- Dyrektywa 2009/28/EC Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych.
- EIA - The U.S. Energy Information Administration [2013] [Tryb dostępu:] <http://www.eia.gov> [Data odczytu: grudzień 2013].
- Emissions Gap Report [2012] [Tryb dostępu:] www.unep.org/publications/ebooks/emissionsgap2012 [Data odczytu: grudzień 2013].
- Energy Sector Management Assistance Program [2010]: "Low Carbon Development for Brazil" World Bank.
- EPA (Environmental Protection Agency) [2013] [Tryb dostępu:] www.epa.gov [Data odczytu: grudzień 2013]
- Ethanol fuel in Brazil [2012] [Tryb dostępu:] <http://en.wikipedia.org/> [Data odczytu: grudzień 2013].
- EU-27 Biofuels Annual, 13.08.2013 [2013] USDA Foreign Agricultural Service [Tryb dostępu:] <http://gain.fas.usda.gov> [Data odczytu: grudzień 2013].
- Global Renewable Fuels Alliance [2013] [Tryb dostępu:] www.globalrfa.com [Data odczytu: grudzień 2013].
- Golisz E., Klepacka A., Powalka M., Skudlarski J. 2013. Historia, stan aktualny i perspektywy gorzelnictwa rolniczych w Polsce. Cz. 2 Koszty produkcji bioetanolu, aspekt ekonomiczny i społeczny PFiOW nr 3, s. 34-36.
- Goettemoeller J., Goettemoeller A. [2007]. Sustainable Ethanol: Biofuels, Biorefineries, Cellulosic Biomass, Flex-Fuel Vehicles, and Sustainable Farming for Energy Independence. Prairie Oak Publishing, Maryville, Missouri. p. 42.
- History of ethanol fuel in Brazil [2013] [Tryb dostępu:] <http://en.wikipedia.org/> [Data odczytu: grudzień 2013]
- Macedo I.C. [2007] A Energia da Cana-de-Açúcar – Doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade Chapter 3, pp. 79–90.
- Macedo I.C., Seabra J.E.A., Silva J.E.A.R. [2008]: Green House Gases Emissions In The Production And Use Of Ethanol From Sugarcane In Brazil: The 2005/2006 Averages And A Prediction For 2020. Biomass and Bioenergy, 32, p. 582-595.
- Macedo I., M. Leal L.V. and J. Silva A.R. [2004]. Assessment of greenhouse gas emissions in the production and use of fuel ethanol in Brazil.
- Marris E. [2006]: Drink the best and drive the rest. Nature 444 (7120): 670–2.
- Ministerstwo Rozwoju, Przemysłu i Handlu Brazylii <http://www.mdic.gov.br>.
- Portal Brasil [2013] [Tryb dostępu:] http://www.brasil.gov.br/energia-en/energy-matrix/biofuels/br_model1?set_language=en [Data odczytu: lipiec 2013].
- Renewable Fuels Association [2012] "Accelerating Industry Innovation—2012 Ethanol Industry Outlook". Renewable Fuels Association Retrieved.
- Searchinger T., Heimlich R., Houghton R. A., Dong F. et al. [2008]: "Use of U.S. Croplands for Biofuels Increases Greenhouse Gases Through Emissions from Land-Use Change". Science 319 (5867): 1238–40.
- UNICA, Brazil. [2010]: Carros flex: uso de etanol já evitou emissão de mais de 83 milhões de toneladas de CO₂
- United States Department of Agriculture- Economic Research Service, The Economics of Food, Farming, Natural Resources and Rural America [Tryb dostępu:] www.usda.gov [Data odczytu: grudzień 2013].
- World Energy Outlook Special Report [2013].