

ENERGIA A ROLNICTWO (KRYZYS ENERGETYCZNY - EFEKTYWNOŚĆ - ROLNICTWO)

Andrzej Roszkowski

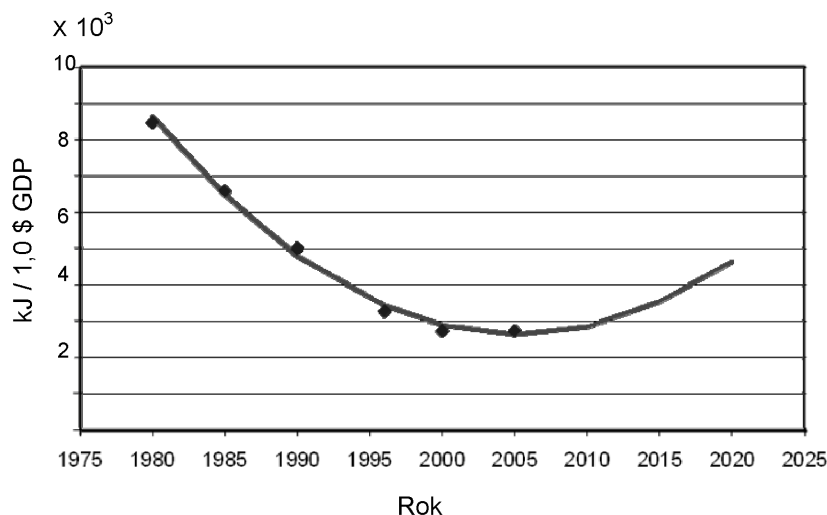
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, Warszawa

Streszczenie. Kryzys energetyczny. Wskaźniki efektywności energetycznej ERoEI, efektywności netto NEV, efektywności zastępowania FES. Czynniki ograniczające i uwarunkowania wykorzystania biomasy rolniczej jako źródła energii – efektywność, ekologia, powierzchnie uprawy. Prognozy ilościowe w krajach UE 27 i RP. Energetyczne perspektywy biomasy, węgla, wodoru i energii jądrowej.

Słowa kluczowe: kryzys energetyczny, produkcja rolnicza, biomasa, paliwa transportowe, energia cieplna i elektryczna, wskaźniki efektywności ERoEI, NEV i FES

Wstęp

Perspektywa niedoborów energii, powstających w wyniku wzrostu poziomu życia określonego poziomem PKB na osobę oraz zwiększeniem liczby ludności, powoduje, że energetyka staje się głównym obszarem inwestycji w nowe technologie [Biofuels in EU 2006; Biofuels Progress Report 2006; EEA Briefing. 2005; Faaij 2006; Roszkowski 2006]. Podobne procesy w ostatnich kilkunastu latach obserwuje się w przypadku biotechnologii. Aktualne prognozy wykazują, że do roku 2050 zużycie energii na świecie podwoi się do poziomu 22 Gt_{oe}, a w samej Europie wzrośnie o blisko 40% [Bouma 2002; Biofuels for Transport 2006; Londo i in. 2006]. Za najbardziej energochłonny dość powszechnie uważany jest przemysł, tymczasem największe ilości energii zużywają gospodarstwa domowe (> 40%) i transport (>30%). Wskutek takiej struktury zużycia energii ogólna efektywność energetyczna, po okresie wzrostu w połowie ubiegłego stulecia, obecnie wykazuje tendencje spadkowe dzięki wzrostowi PKB w takich krajach jak Chiny czy Indie (rys. 1). Obserwowane istotne zwiększenie ogólnego zapotrzebowania na energię jest wyraźnie uchwytne statystycznie pomimo zwiększania efektywności energetycznej przez przemysł. Efektywność energetyczna przemysłu, według dostępnych danych dla USA i Japonii, w ostatnich 25-30 latach wzrosła dwukrotnie, a wzrost gospodarczy w USA, szacowany na 150% spowodował wzrost zużycia ropy tylko o 25% [Analysis 2007; Faaij 2006]. Znakomita większość analiz wykazuje bardzo wysokie prawdopodobieństwo zjawiska dotkliwego braku energii poprzedzonego szczytem jej zużycia. Ten szczyt, często określany „pikiem Hubberta” wystąpi prawdopodobnie w ciągu najbliższych 20-30 lat [Analysis 2007; Uytendinck i in. 2006].



Źródło: World Federation UN Nation Associatons dotep: www.millennium-projekt.org

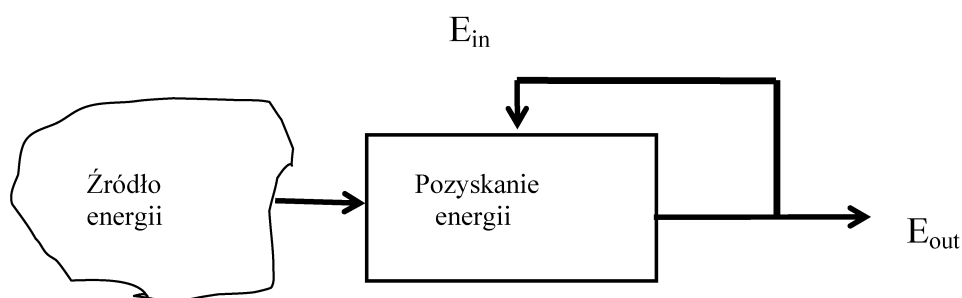
Rys. 1. Zmiany globalnej efektywności energetycznej i ich prognoza
 Fig. 1. Changes in global energy efficiency and their forecasts

Wszystkie zasoby energetyczne Ziemi są pochodną energii promieniowania słonecznego, które odpowiada ok. 120 tys. TW, przekraczając 8 tys. (!) zapotrzebowanie energetyczne świata szacowanego na 15 TW. Ale tylko około 29% powierzchni Ziemi to lądy, a tylko około 19% to ziemie przydatne do uprawy, mogące „użytkować” docierającą energię promieniowania słonecznego do wytwarzania biomasy [FAO Statistical Databases 2007]. Wskutek niskiej sprawności procesów fotosyntezy (maksimum 5-6%, średnio około 1%) rzeczywiste wykorzystanie energii słońca docierającej do powierzchni Ziemi nie przekracza ułamka procentu. Jednak w wyniku trwania tych procesów przez miliony lat doprowadziło to do powstania zapasów tradycyjnych źródeł energii w postaci węgla, ropy, gazu i materiałów rozszczepialnych. Te energetyczne „zapasy” Ziemi cechują się relatywnie dużą (w porównaniu z biomasą) koncentracją energii w jednostce masy czy objętości. Spodziewane wystąpienie kryzysu energetycznego spowodowało dążenie rozwiniętych gospodarek świata do wykorzystania odnawialnych źródeł energii, a zwłaszcza biomasy, do zastępowania kopalnych zasobów energetycznych. UE, zgodnie z ustaleniami „szczytu” energetycznego z marca 2007 r. zamierza do 2030 r. uzyskać po 20% energii elektrycznej i paliw transportowych ze źródeł odnawialnych [Biofuels for Transport 2006; Londo i in. 2006; Lund 2007]. USA [Analysis 2007] w tym samym okresie zamierzają zastąpić 30% ropy naftowej produktami pochodzącymi z biomasy (20% paliw transportowych, 5% energia elektryczna i 25% różnorodne produkty chemiczne (ropopochodne)). Jednakże doświadczenia kilkunastu ubiegłych lat dość jednoznacznie wykazują, że osiągnięcie zakładanych wskaźników zastępowania konwencjonalnych źródeł energii biomasą rolniczą czy leśną będzie niezwykle trudne lub wręcz niemożliwe [Biofuels Progress Report. 2006; Eurostat 2007]. Najważniejszą przyczyną takich ocen są porównania nakładów energii

włożonych (wydatkowanych) do uzyskanych, które w odniesieniu do biomasy i produktów z niej uzyskiwanych w bardzo wielu przypadkach wykazują wielkości ujemne. Jako dodatkowe przyczyny wskazywane są ograniczenia powierzchni ziem nadających się do produkcji biomasy (lasy deszczowe Brazylii, olej palmowy na Borneo) i możliwość wypierania upraw surowców żywnościowych potencjalnie wywołująca ujemne skutki społeczne w makroskali [Ignaciuk i in. 2006; Szeptycki 2007].

Wskaźniki efektywności

Dla porównania i ocen przydatności energetycznej pojmowanej jako suma bezzwrotnych strat energii pierwotnej stosuje się różne metody wskaźnikowe wykorzystujące stosunki liczbowe nakładów poniesionych do uzyskanych w całym lub częściowym cyklu wytwarzania bądź wytwarzania i użytkowania produktu lub wyrobu. Dla ocen produktów o cechach nośników energii (ciepło, energia elektryczna) lub „paliw” zazwyczaj stosuje się wskaźnik ERoEI (Energy Returned on Energy Invested) tożsamy ze wskaźnikiem EROI (Energy Returned on Investment) schematycznie przedstawiony na rys. 2 [ERoEI, 2006; Szeptycki 2007]. W ocenach wyrobów zwykle stosuje się metodologie LCA (Life Cycle Assessment) obejmującą sumę nakładów ponoszonych w całym cyklu użytkowania danego wyrobu od wytworzenia do utylizacji z wyliczeniem lub przynajmniej oszacowaniem nakładów energetycznych, ekonomicznych (kosztów) i ekologicznych (usuwanie negatywnych lub uwzględnianie pozytywnych skutków oddziaływania na środowisko).



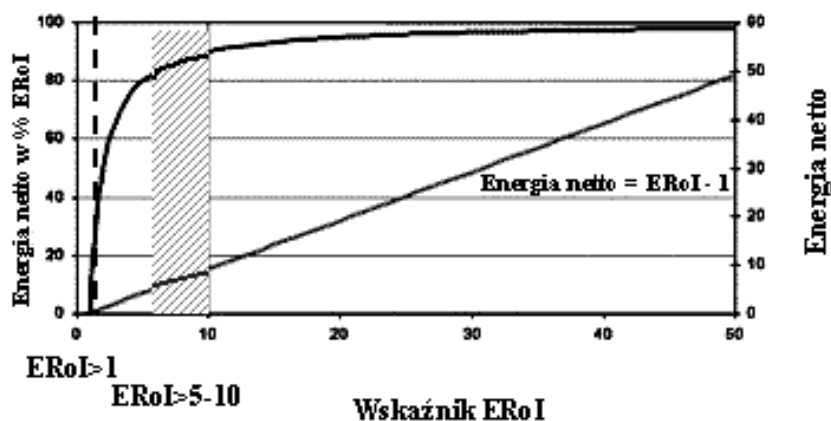
$$\begin{array}{l} \text{Energy Return on Investment (EROI)} \\ \text{Energy Return on Energy Investment (ERoEI)} \end{array} = \frac{E_{out}}{E_{in}}$$

$$\text{Net Energy Value} = E_{out} - E_{in}$$

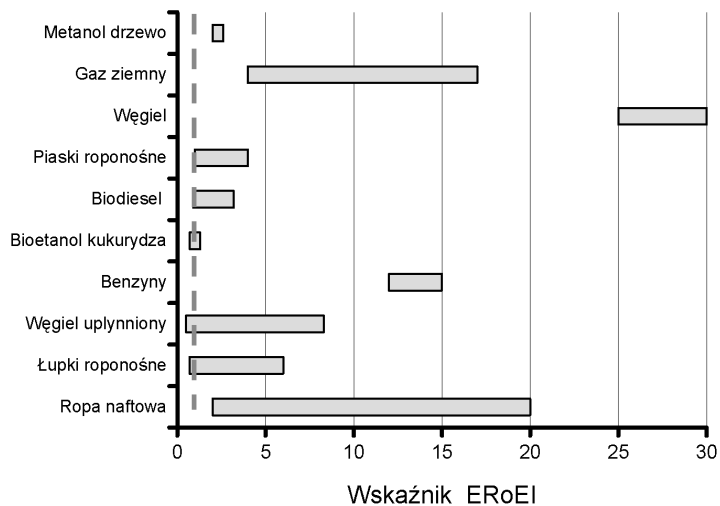
$$\text{Fossil Energy Savings} = E_{out} - E_{fossil}$$

Rys. 2. Schemat obliczania wskaźników zwrotu energii
 Fig. 2. Calculation pattern for energy return indexes

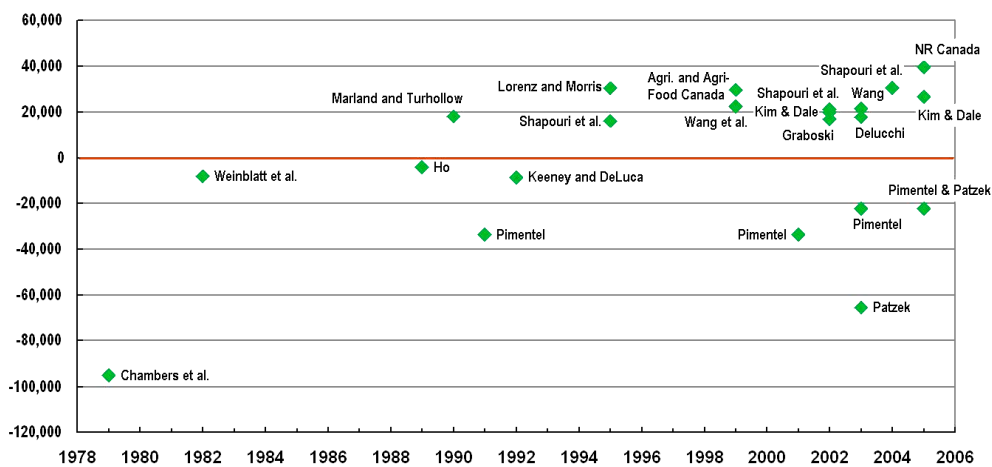
Wielkość wskaźnika EROI <1 teoretycznie oznacza, że zużycie nośników energii na wytworzenie jednostki energii użytecznej jest większe niż ilość energii możliwej do pozyskania. Ze względu na relatywnie duże wahania wartości energetycznej za bezpieczną granicę przydatności energetycznej uznaje się wielkość EROI >5-10 (rys. 3). Wahania wartości energetycznej powodowane są istotnym zwiększaniem się nakładów energetycznych (i materiałowych) na uzyskanie konwencjonalnych, ale ciągle podstawowych, nośników energii. Jako przykład może posłużyć wskaźnik EROI dla benzyny, który w roku 1950 wynosił 100, w roku 1970 tylko 25, a obecnie szacowany jest na 10. Zmiany te nastąpiły wskutek stale zwiększających się nakładów materiałowo-energetycznych na wydobycie i transport ropy naftowej, przy zachowaniu praktycznie stałej wartości energetycznej benzyn 45 MJkg^{-1} (ciepło spalania). Analogiczne zmiany zachodzą we wskaźnikach EROI dla węgla i gazu ziemnego [DG TREN 2003; Clark i in. 2006]. Przy obliczeniach wskaźników EROI produktów wytwarzanych z wszelkiego rodzaju biomasy występują dodatkowe utrudnienia powodowane dużymi odchyleniami od wartości średnich plonów biomasy, jej wartości opałowej i stosowanych technologii przerobu czy wykorzystania [Hecht 2007; Shapouri 2006]. Na rys. 4 podano przykład zmienności ocen EROI dla bioetanolu, a na rys. 5 dla różnych nośników energii z biomasy i OZE. Oprócz wskaźnika EROI stosowany jest także wskaźnik energii netto NEV (Net Energy Value) określany jako różnica pomiędzy ilością energii cieplnej uzyskanej w produkcji (wyrobie) a ilością energii cieplnej zużytej na wytworzenie tego produktu.



Rys. 3. Wskaźniki EROI i energii netto NEV
 Fig. 3. The EROI index and the NEV (net energy) index



Rys. 4. Wskaźniki EROEI dla wybranych rodzajów paliw
 Fig. 4. The EROEI indexes for selected types of fuels



Źródło: National Renewable Energy Laboratory w Btus/galon

Rys. 5. Wskaźniki efektywności energetycznej netto NEV bioetanolu z kukurydzy
 Fig. 5. Net energy efficiency indexes (NEV) for bioethanol from corn

Uwarunkowania prognostyczne

Pomimo tych różnic obliczeniowych i po części metodologicznych dane te wskazują na co najmniej wątpliwą efektywność energetyczną nośników energii pozyskiwanych czy wytwarzanych z biomasy. Znakomitym przykładem skrajnych różnic poglądów jest wieloletnia polemika prowadzona w USA, poświęcona ocenom energetycznej celowości wytwarzania bioetanolu z kukurydzy [Shapouri 2006]. Jednak wspomniane powyżej perspektywy wyczerpywania się tradycyjnych źródeł energii i podnoszenia się ich cen, spowodowały powstanie nowego, dodatkowego wskaźnika zachowania energii FES (Fossil Energy Savings) [Malea i in. 2006], obliczanego jako różnica pomiędzy zużyciem energii nieodnawialnej a odpowiednim zużyciem energii odnawialnej (oszczędność nośników nieodnawialnych).

Drugim, pod względem znaczenia, czynnikiem ograniczającym energetyczne wykorzystanie biomasy jest kompleks warunków zapewniających „bezpieczeństwo ekologiczne” (bilans gazów szklarniowych i tlenków azotu, bioróżnorodność produkcji roślinnej i leśnej). W szacunkowych obliczeniach nie uwzględnia się zapotrzebowania na biomasę wynikającego z obligatoryjnego dążenia do 20% redukcji gazów cieplarnianych, zwłaszcza w energetyce przemysłowej [Bouma 2002; Holm-Nielsen i in. 2006; Kim i in. 2004; Lund 2007].

Trzecim elementem warunkującym energetyczne użytkowanie produktów rolnych jest konieczność produkowania żywności w warunkach ograniczonych zasobów powierzchni ziemi, nadającej się do uprawy [Holm-Nielsen i in. 2006; Hoogwijk M. i in. 2006; Ignaciuk i in. 2006; Ignaciuk i in. 2006; Nielsen i in. 2007; Wolf i in. 2003], przy jednoczesnym wzroście ludności (por. tab. 1).

Tabela 1. Rolnicza i leśna powierzchnia produkcyjna w UE 27 i RP w Mha i jej struktura w %
Table 1. Total agricultural and forest production area in the EU 27 and in the Republic of Poland (RP) in Mha, and its structure in %

Wyszczególnienie	UE	RP	UE %	RP %
Powierzchnia całkowita	432,3	31,3	100	100
Użytki rolne	184,1	17,1	42,6	54,6
Grunty orne	108,7	12,1	25,1	38,6
Powierzchnia lasów	177,0	9,2	40,9	29,3
Użytków rolnych na żywność*	72,0	5,5	16,6	17,6

* przyjęto 6 t s.m. ziarna zbóż z 1 ha na rok i osobę

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Eurostat (wg. Nielsena i WSP)

Podsumowanie i wnioski

Aktualne prognozy UE 27 zakładają, że w 2030 r. 20% energii powinno pochodzić z biomasy, a w paliwach transportowych udział ten powinien stanowić około 25%. Według niektórych autorów zintegrowane wykorzystanie energii biomasy, wiatru, wody i promieniowania słonecznego powinno zaspokoić nawet do 75% potrzeb energetycznych [Hoogwijk M. i in. 2006; Biofuels for Transport 2006; Uytendinck i in. 2006].

Większość dostępnych opracowań uznaje, że do 2030 r. dominujące znaczenie dla transportu będą miały paliwa konwencjonalne, a tylko w niewielkim stopniu rozpowszechnią się ogniwa paliwowe w określonych zastosowaniach i przeznaczeniach (floty środków transportu). Dalszy postęp w technice wytwarzania biopaliw polegać będzie na rozwoju „zintegrowanych biorafinerii” wytwarzających, oprócz biopaliw, końcowe (oczyszczone) produkty biochemiczne [Clark i in. 2006]. Szacunki rolniczych i leśnych powierzchni produkcyjnych i zapotrzebowania na biomasę w UE i Polsce przedstawiono w tabelach 2-4 [Kim i in. 2004; Szeptycki 2007; Szlachta. 1999; Wolf i in. 2003]. Dostępna ilość biomasy w UE określana jest maksymalnie na 243-316 Mtoe (tab.1) w 2030 r., ale uwzględniając sprawność przetwarzania na realnym poziomie 35-40% można spodziewać się uzyskania około 100 Mtoe równoważnika energetycznego. Obliczenie te opiera się na założeniu pozyskania około 275 Mtoe co oznacza uzyskanie czterokrotnego wzrostu ilości biomasy w stosunku do pozyskanej w 2005 r. (por. tab. 3) Założenie te wydaje się wątpliwe, bo obecne plony suchej masy z jednego hektara nie przekraczają na ogół 10 t (por. rys. 6).

Tabela 2. Szacunek potencjału produkcyjnego biomasy w UE (Mtoe) w zależności od plonów s.m. i udziału procentowego w U.R.

Table 2. Estimation of biomass production potential in the EU (Mtoe), depending on dry matter crops and percent share in the arable land area

Plon t s.m./ha	Udział % w powierzchni UR		
	10	20	30
10	46	91	137
20	91	182	274
30	137	274	410

Źródło: Nielsen i wsp. 2007

Tabela 3. Prognoza potencjału produkcyjnego biomasy w UE (Mtoe)

Table 3. Forecast of biomass production potential in the EU (Mtoe)

Rok	2003	2010	2020	2030
Drewno z lasu		43	39-45	39-72
Odpady organiczne rolnicze z obornikiem i gnojowicą, odpady leśne, odpady z przemysłu drzewnego, rolnego i spożywczego	67	100	100	102
Uprawy energetyczne rolnicze	2	43-46	76-94	102-142
RAZEM	69	186-189	215-239	243-316

Źródło: Biofuels in the EU 2006. A vision for 2030 and beyond

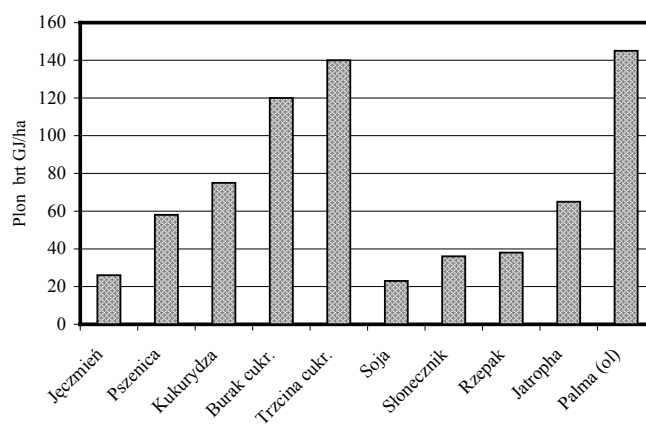
Tabela 4. Szacunkowy bilans biomasy w RP w Mtoe wg stanu 2003-2005

Table 4. Estimated biomass balance in the RP in Mtoe, as for 2003-2005

Drewno (grubizna, posusz, złomy, sady)	2,4
Odpady przemysłu drzewnego	1,2
Rolnictwo, uprawy energetyczne (w tym słoma)	4,8 (3,0)
Biogaz rolniczy (bez wysypisk komunalnych)	1,3
RAZEM*	9,7

* Wg Eurostat w EU 2005 r. :88,3 Mtoe, w RP 4,3 Mtoe

Źródło: opracowanie własne



Źródło: Worldwatch Inst., 2006

Rys. 6. „Plony energii” biopaliw z różnych upraw

Fig. 6. “Energy yield” for biofuels from various crops

Wytwarzanie wodoru jako perspektywicznego paliwa transportowego cechuje strata energii netto ($ERoI < 0,5$). Wodór nie jest źródłem energii, a jedynie jej nośnikiem. Użytkowanie wodoru jako paliwa o niezwykle małej „gęstości” energetycznej w powiązaniu z koniecznością zbudowania nowej infrastruktury przesyłowej i dystrybucyjnej ogranicza jego perspektywę jako powszechnie dostępnego paliwa transportowego [FAO Statistical Databases 2007; Londo i in. 2006].

W przypadku energii jądrowej, ze względu na dotychczasowy brak powszechnie akceptowanej technologii przechowywania odpadów i wysokich kosztów inwestycyjnych przy braku możliwości substytucji dla paliw transportowych, jej przydatność uznawana jest za wątpliwą.

Obecnie najbardziej efektywnym nośnikiem energii pozostaje węgiel ($ERoI > 20 \div 30$), którego przy obecnym zużyciu wystarczy na 250 lat. W przypadku użycia węgla jako

zamiennika ropy okres ten skróci się do 50 lat, a zastępowanie nim ropy i gazu spowoduje 3,6-krotne przyspieszenie jego (węgla) zużycia. Można spodziewać się zwiększonego udziału węgla w produkcji energii elektrycznej, ale wykorzystanie go do wytwarzania paliw transportowych nie wydaje się obecnie realne przede wszystkim z przyczyn ekonomicznych.

Pomimo wspomnianych powyżej zastrzeżeń, po uwzględnieniu stopnia ich wiarygodności i pewności udowodnienia wydaje się, że dalszy proces energetycznego uniezależnienia się od paliw konwencjonalnych przez wykorzystanie biomasy rolniczej do wytwarzania energii cieplnej i elektrycznej nie znajduje innej alternatywy. Znacznie trudniejsze jest i będzie w najbliższej przyszłości wytwarzanie biopaliw transportowych. Dla spełnienia założeń UE z marca 2007 dotyczących procentowego udziału samych biopaliw transportowych z biomasy potrzeba do roku 2030 ok. 50-60 Mha UR stanowiących około 30% ogólnej powierzchni UR UE.

Bibliografia

- Bouma J.** 2002. Land quality indicators of sustainable land management across scales. "Agriculture, Ecosystems and Environment", Vol.88, 129-136.
- Clark J.H., Budarin V., Deswarte F.I.E., Hardy J.J.E., Kerton F.M., Hunt A.J., Luque R., Macquarrie D.J., Milkowski K., Rodriguez A., Samuel O., Tavener S.J., White R.J., Wilson A.J.** 2006. Green chemistry and the biorefinery: a partnership for a sustainable future. "Green Chemistry", Vol.8, 853-860.
- Cutler J. Cleveland** 2005. Net energy from the extraction of oil and gas in the United States. *Energy* 30 s. 769-782.
- Hecht L.** 2007. Smell of Gigantic Hoax in Government Ethanol Promotion 21st Century Science & Technology Special Report Spring/Summer 2007. s. 61-67.
- Holm-Nielsen J.B., Madsen M., Popiel P.O.** 2006. Predicted energy crop potentials for bioenergy, worldwide and for EU-25. *World Bioenergy 2006. Conference and Exhibition on Biomass for Energy*, Jonkoping, 30 May – 1 June Dostępny: http://www.iea.org/impagr/cip/archived_bulletins.
- Hoogwijk M., Faaij A., Eickhout B., de Vries B., Turkenburg W.** 2005. Potential of biomass energy out to 2100, for four IPCC SRES land-use scenarios.) *Biomass and Bioenergy*, Vol.29, pp. 225-257.
- Ignaciuk A., Vohringer F., Ruijs A., van Ierland E.C.** 2006. Competition between biomass and food production in the presence of energy policies: a partial equilibrium analysis. "Energy policy" Vol.46. s. 1127-1138.
- Kim. S., Dale B.E.** 2004. Global potential bioethanol production from wasted crops and crop residues. "Biomass and Bioenergy", Vol.26. s. 361-375.
- Londo M., van Tilburg X., van Thuijl E., Deurwaarder E., Wakker A., Fischer G., van Velthuisen H., Faaij A., Lewandowski I., de Wit M., Jungmeier G. Könighofer K., Berndes, G., Hansson J., Duer H. and Wisniewski G.** 2006. A Preliminary Road Map for Biofuels; Approach, basic ingredients and assumptions for the refuel biofuels road map for the EU25+ until 2030. ECN, Petten. Dostępny: <http://www.refuel.eu/>
- Lund H.** 2007. Renewable energy strategies for sustainable development. "Energy", Vol.32. s. 912-919.
- Malea J., Freier F.** 2006. Renewability and life-cycle energy efficiency of bioethanol and bio-ethyl tertiary butyl ether (bioETBE): Assessing the implications of allocation. "Energy" 31. s. 3362-3380.

- Nielsen J. B., Oleskowicz-Popiel P., Teodorita Al Sead T.** 2007. Energy crop potentials for bio-energy in EU-27. 15th European Biomass Conference & Exhibition From Research to Market Deployment, Berlin, Germany, 7-11 May 2007. Dostępny: www.conference-biomass.com/Biomass_2007/pdf
- Roszkowski A.** 2006. Przemiany inżynierii rolniczej w perspektywie reform wspólnej polityki rolnej i WTO 2007-2013. *Inżynieria Rolnicza*. Nr 11(86). s. 393-400.
- Schweinle Jörg.** 2007. Bioenergy from European Forests - Potentials and Constraints to Mitigate Climate Change. 4th Conference of the Forest-based Technology Platform (FTP). Hannover, 15-16 May 2007; Dostępne: www.forestplatform.de/download/
- Shapouri Hosein.** 2006. Viability of Alternative Energy Sources; e.g. Ethanol and Other Biofuels and Their Potential Impacts on Food System. USDA/Office of Energy Policy and New the pacific food system outlook 2006-07. Singapore, May 17-19, Dostępne: <http://www.21stcenturysciencetech.com/Articles%202007/>
- Szeptycki A.** 2007. Biopaliwa - zalecenia UE, potrzeby i realne możliwości produkcji *Inżynieria Rolnicza* (w druku).
- Szlachta J.** 1999. Niekonwencjonalne źródła energii. Wyd. AR Wrocław.
- Uyterlinde, M., M. Londo, P. Godfroij and , H. Jeeninga.** 2007. Long-term developments in the transport sector –comparing biofuel and hydrogen roadmaps. Accepted for the ECEEE 2007 Summer Study, Côte d'Azur, France, 4–9 June. Dostępne: www.eceee.org/conference_proceedings
- Wolf J., Bindraban P.S., Luijten J.C., Vleeshouwers L.M.** 2003. Exploratory study on the land area required for global food supply and the potential global production of bioenergy. "Agricultural Systems", Vol. 76 s., 841-861.
- Analysis and Recommendations for U.S. Biofuels Policy. 2007. The rush to ethanol: not all biofuels are created equal. (dostęp: www.newenergychoices.org/uploads/RushToEthanol-rep.pdf)
- Biofuels in the European Union. 2006. A vision for 2030 and beyond. Final draft of the Biofuels Research Advisory Council.
- Biofuels Progress Report. 2006. Communication from the Commission to the Council and the European Parliament. Commission of the European Communities, Brussels, [9.1.2007] COM 845 final.
- Biofuels for Transport – An International Perspective" Dostępny: <http://www.biofuelsjournal.com/index>
- DG TREN. 2003. "EU25 – Energy & Transport Outlook to 2030".
- EEA Briefing. 2005. How much biomass can Europe use without harming the environment? European Environment Agency. ISSN 1830-2246. Dostępny: Energy Bulletin, <http://www.energybulletin.net/ERoEI>, <http://www.eroei.com/>
- Eurostat, <http://europa.eu.int/comm/eurostat/> - Detailed statistics on the EU and candidate countries.
- Faaij A.P.C. 2006. Bio-energy in Europe: changing technology choices. *Energy Policy* 34. s. 322-342.
- FAO Statistical Databases.– Food and Agriculture Organization of the United Nations, dostępne: <http://faostat.fao.org>
- World Energy Outlook, International Energy Agency, IEA Publications

ENERGY AND AGRICULTURE (ENERGY CRISIS - EFFECTIVITY - AGRICULTURE)

Abstract. The energy crisis. Coefficients {indicators} of the energy-effectivity of EROEI, effectivities net of NEV, the effectivity of the supersession FES. Factors restrictive and conditionings of the utilization of the agricultural biomass as sources of energy - the effectivity, the ecology, surfaces {areas} of the tillage. Quantitative prognoses in countries EU 27 and Republic of Poland. Energy-perspectives of the biomass, the coal, the hydrogen and the nuclear energy.

Key words: energy crisis, agricultural production, biomass, forwarding fuels, heat energy and electric, coefficients {indicators} of the effectivity EROEI, NEV and FES

Adres do korespondencji:

Andrzej Roszkowski; e-mail: roszan@ibmer.waw.pl.
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa
Rakowiecka 32
02-532 Warszawa