

OCENA OBCIĄŻENIA ŚRODOWISKA PRZY PRODUKCJI ENERGII ELEKTRYCZNEJ PRZY POMOCY METODY LCA

Łukasz Namyślak

Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach, Oddział w Poznaniu

Streszczenie. Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną rodzi potrzebę poszukiwania jej nowych źródeł. Istnieje niebezpieczeństwo, że nacisk kładziony na stosowanie alternatywnych źródeł energii, których coraz częściej poszukuje się w sektorze rolniczym, spowoduje zawężenie obrazu jedynie do uzyskiwanej energii. Każdy produkt oddziałuje na środowisko w ciągu całego cyklu życia, tj. od wydobycia surowców, przez wyprodukowanie aż do zużycia. Istotne jest aby oceniać całość zachodzących procesów, a nie wybiórczo pojedyncze. Metoda LCA (Life Cycle Assessment – ocena cyklu życia) wykazuje podejście holistyczne do oceny środowiskowego oddziaływania produktu, przez co pozwala na dokładne wskazanie najpoważniejszych źródeł powstawania obciążeń środowiska w danym cyklu życia. Zastosowano metodę LCA do przeprowadzenia modelowania matematycznego, celem wyznaczenia obciążeń środowiska atmosferycznego, w procesie pozyskania energii elektrycznej z różnych źródeł w tym z użyciem surowców z sektora rolniczego. Biogazownia rolnicza okazuje się bardzo dobrym rozwiązaniem w ograniczeniu emisji gazów cieplarnianych.

Słowa kluczowe: LCA, emisja gazów cieplarnianych, biogaz, energetyka

Analiza problemu

Rosnące zapotrzebowanie na energię elektryczną (ponad 10% w pierwszej dekadzie XXI wieku) [GUS 2011] wymaga zastanowienia się nad zapewnieniem trwałego, jak również bezpiecznego źródła, z punktu widzenia szeroko pojętego środowiska [Góralczyk i in. 2001]. Dlatego, szczególną uwagę środowisk naukowych, organizacji społecznych, a także agend rządowych, skupia problem emisji gazów cieplarnianych, przede wszystkim dwutlenku węgla (CO₂), podtlenku azotu (N₂O) ale także metanu (CH₄) z różnorodnych sektorów gospodarki. Od tego, jak pokierujemy sektorem energetycznym w najbliższych latach, będzie zależeć zarówno bezpieczeństwo energetyczne kraju (w tym także ekonomiczne) oraz obraz środowiska, w którym żyjemy [Gołaszewski 2012].

Rolnictwo jest po sektorze energetycznym, drugim w kolejności największym producentem gazu cieplarnianego metanu (35.5%), co stanowi 3,27% całkowitej krajowej emisji, wyrażonej w ekwiwalencie CO₂ [KOBIZE 2011]. Działalność biogazowni rolniczych,

w których do produkcji biogazu wykorzystywane są m.in. odchody zwierzęce, sprzyja ograniczeniu emisji metanu do powietrza [PEiR 2009], powodując jednak powstawanie nowych obciążeń środowiskowych.

Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE, w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych, wprowadza szereg wskazań i regulacji dot. m.in. stosowania biogazu rolniczego w procesie pozyskania energii elektrycznej i ciepła. Wskazuje, że wykorzystanie takich surowców jak nawóz pochodzenia zwierzęcego, mokry obornik oraz inne odpady organiczne do wytwarzania biogazu, dzięki wysokiemu potencjałowi oszczędności w emisji gazów cieplarnianych, daje znaczne korzyści dla środowiska. Tę cechę wskazuje się zarówno przy wykorzystaniu biogazu jako źródła energii elektrycznej czy ciepłej, jak również stosowaniu go jako biopaliwa.

Promowana przez dokumenty standaryzacyjne ISO serii 14000 (system zarządzania środowiskiem) analiza cyklu życia produktu LCA (Life Cycle Assessment), jest metodą oceny efektów oddziaływania na środowisko, przez produkty, podczas całego życia (trwania w środowisku). Metoda ta może pomóc w ocenie obciążenia środowiska przez biogazownię rolniczą.

Cel i zakres

Celem pracy było określenie, przy zastosowaniu metody LCA, poziomu obciążeń środowiska w procesie produkcji energii elektrycznej z 5 różnych surowców energetycznych. Analizie podlegały następujące instalacje: elektrownia z turbiną parową zasilana węglem kamiennym, elektrownia z turbiną parową zasilana węglem brunatnym, elektrownia z turbiną parową zasilana gazem ziemnym, elektrownia wiatrowa oraz biogazownia zasilana obornikiem. Parametry pracy zostały przyjęte na podstawie danych literaturowych.

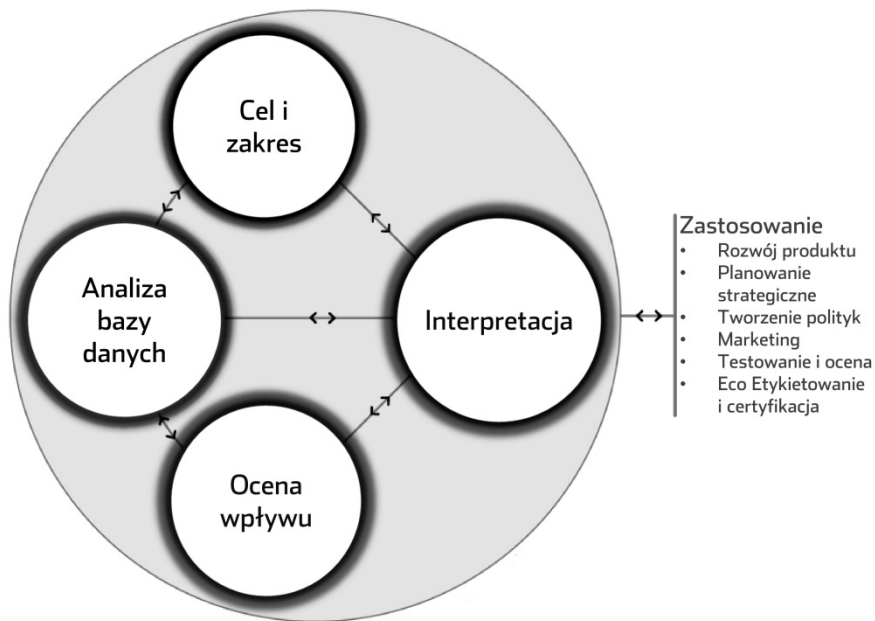
Metoda badań

LCA pozwala na prześledzenie wszystkich powstających obciążeń środowiskowych wywieranych przez produkt, „od kolebki aż po grób”. Oznacza to, że produkt (rozumiany jako dobro materialne lub niematerialne, np. przedmiot, jego funkcja) podlega ocenie na każdym etapie swojego życia (funkcjonowania, a więc oddziaływania na szeroko pojęte środowisko) [Kulczycka 2008, Lelek 2010]. Badany jest wpływ procesów powstawania, obróbki, transportu, wykorzystania zgodnego z przeznaczeniem oraz właściwą formą zagospodarowania końcowego, na różnorodne elementy środowiska [Wach 2002].

Proces przygotowania analizy poziomu obciążenia środowiska metodą LCA składa się z czterech etapów (rys. 1.) obejmujących [Elcock 2007]:

1. zdefiniowanie celu badania (opis produktu) i określenie granic analizy (jak dalece ma być rozbudowana projektowana baza danych),
2. przeprowadzenie badań, pomiarów oraz przeglądu literatury w celu przygotowania zbioru bazodanowego, zawierającego informacje o procesach i produktach, a także przeprowadzenie symulacji,
3. wskazanie kierunków oddziaływań analizowanego produktu na szeroko pojęte środowisko,

4. interpretacja - przełożenie wartości zbioru bazodanowego oraz wyników, w odniesieniu do celu analizy, na wskazania dotyczące działań i decyzji.

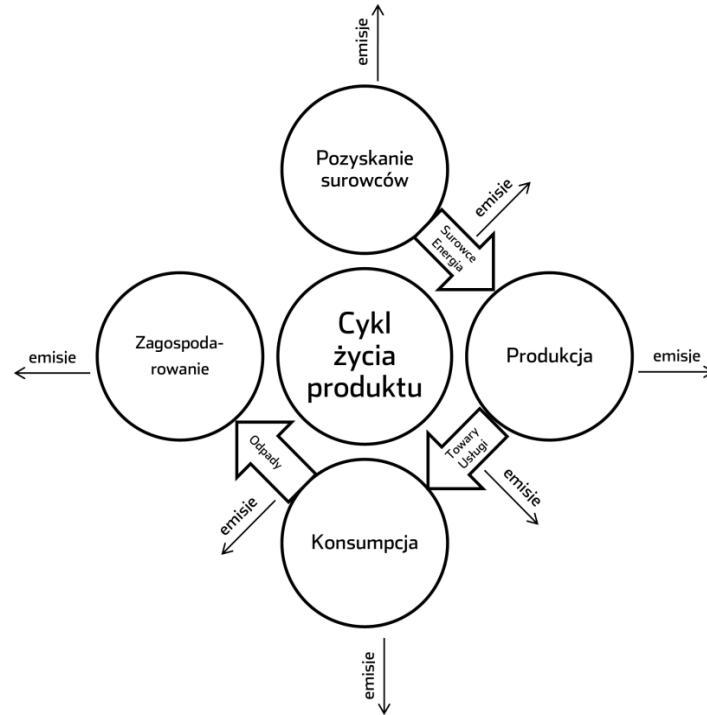


Źródło: opracowanie własne na podstawie <http://www.lcanz.org.nz/introduction-lca#applications>

Rys. 1. Schemat analizy LCA
Fig. 1. Schematic representation of LCA analysis

Wynik takiej analizy znajduje już swoje praktyczne zastosowanie m.in. w rozwoju produktu, planowaniu strategicznym, marketingu, ekoetykietowaniu oraz zarządzaniu i certyfikacji, a także do doskonalenia systemu [Góralczyk 2002, Baran 2006, Grudziński 2005]. Zastosowanie metody LCA do oceny obciążenia środowiska przez biogazownie rolnicze umożliwiło porównanie produktu, tj. jednostki energii elektrycznej uzyskanej z biogazowni rolniczej oraz innych źródeł sektora energetycznego.

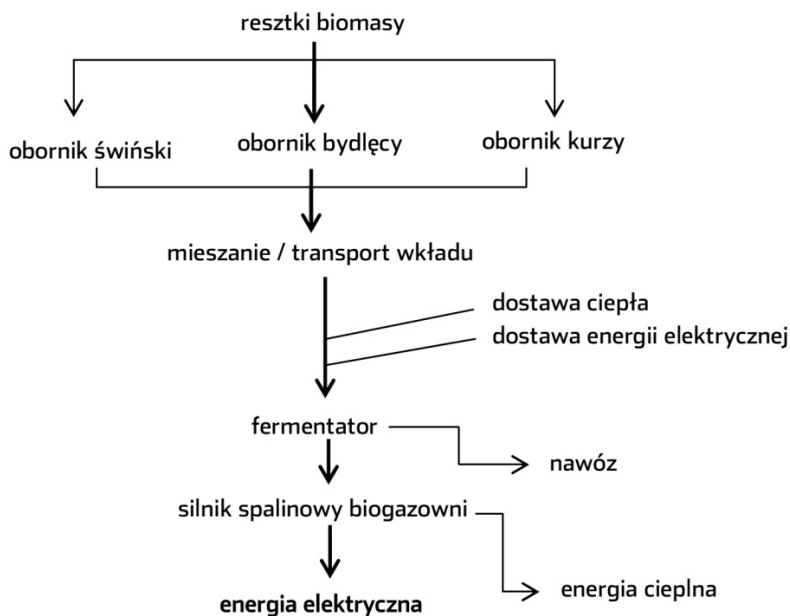
Do przeprowadzenia modelowania matematycznego, wykorzystano aplikację komputerową GEMIS w wersji 4.7, opracowaną przez Oeko-Institut e.V, Niemcy. W przypadku braku danych polskich, posłużono się danymi obcymi z wbudowanej bazy danych. Przy porównaniu źródeł emisji, aby wyeliminować zawyżenie wynikające z układów kogeneracyjnych (proces współprodukcji energii elektrycznej i ciepła dla celów użytkowych), alokację obciążeń środowiska, przeliczono względem produkowanej energii elektrycznej.



Źródło: opracowanie własne

Rys. 2. Uproszczony schemat cyklu życia produktu
Fig. 2. A simplified schematic representation of the products life cycle

Budowa modelu obliczeniowego polega na utworzeniu ciągu logicznych zależności pomiędzy podprocesami wchodzącymi w skład procesów analizowanych. Graficzną reprezentacją takiego działania jest cykl życiowy produktu (rys. 2.), gdzie etap pozyskania surowców, ich przetwarzania i pozyskania energii, wytworzenie produktu oraz jego zużycie, są procesami od siebie zależnymi w myśl podejścia LCA. Pozyskanie energii elektrycznej z każdej instalacji, jest w konstruowanej symulacji traktowane jako proces – w skład wchodzi liczne dane, takie jak pozyskanie surowców, parametry fizyko-mechaniczne instalacji (wydajność, żywotność, sprawność, itp.), obciążenie środowiska, generowane koszty oraz zależności systemowe, jak podprocesy zależne (logistyka, wydobycie surowców, magazynowanie, itp.), procesy uzupełniające i pomocnicze, i wiele innych tworzących ostatecznie bazę danych. Każdy, przewidziany na etapie teoretycznym aspekt funkcjonowania procesu, jest opisywany a następnie parametryzowany. Jednym z podejść, do problemu ustalenia zależności pomiędzy podprocesami oraz surowcami (danymi wejściowymi), jest tworzenie drzew (szeregów) procesowych, gdzie na kolejnych poziomach dodaje się rozgałęzienia dla aspektów branych pod uwagę na danym etapie procesu. Jest to forma usystematyzowania informacji (rys. 3.).



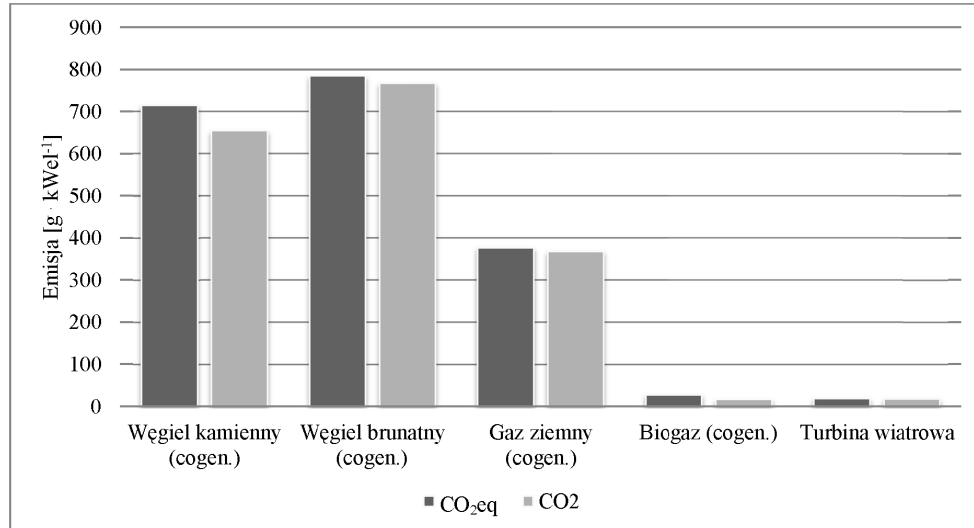
Źródło: opracowanie własne

Rys. 3. Przykładowe, uproszczone drzewo procesowe dla biogazowni z modelu
Fig. 3. An exemplary, simplified process tree for a model biogasworks

Dane liczbowe wykorzystane do prowadzenia obliczeń, znajdują się w bazie danych, dołączonej do programu, podlegają także uzupełnieniu lub wprowadzeniu. Dane te zostały pozyskiwane z różnych źródeł co stanowi ich ocenę (począwszy od danych szacowanych, po sprawdzone, pochodzące ze zweryfikowanego źródła). Jakość zgromadzonych danych wpływa na wiarygodność modelu a tym samym gwarantuje uzyskanie wyniku maksymalnie zbliżonego do prawdy.

Wyniki

Symulacja produkcji jednostki energii elektrycznej (kWel) przeprowadzona przy udziale aplikacji Gemis, wykazała znacząco mniejsze oddziaływanie biogazowni rolniczej, zasilanej obornikiem, na środowisko atmosferyczne, aniżeli konwencjonalne źródła energii (rys. 4.). Zdecydowanie najistotniejszym, emitowanym gazem ciepłarnianym, okazał się być dwutlenek węgla, natomiast pozostałe gazy, stanowiły przeważnie mniej niż jeden procent (wagowo).



Źródło: obliczenia własne

- Rys. 4. Wielkość emisji dwutlenku węgla (CO₂) oraz wyrażona w ekwiwalencie CO₂ (CO₂eq), w przeliczeniu na 1 kW energii elektrycznej (cogen. – oznacza uzyskanie energii elektrycznej w procesie kogeneracji)
- Fig. 4. The size of carbon dioxide emission (CO₂) and expressed in the equivalent CO₂ (CO₂eq) in calculation into 1 kW of electric energy (cogen. - stands for obtaining electric energy in the process of cogeneration)

Przedstawione wyniki nie uwzględniają części emisji wynikającej z produkcji ciepła w systemach kogeneracyjnych. Sytuacja ta występuje we wszystkich przypadkach za wyjątkiem turbiny wiatrowej. W systemach kogeneracyjnych część emisji przypada na wytworzone w procesie spalania ciepło, które następnie jest wykorzystywane w sposób inny niż produkcja energii elektrycznej. Jeżeli jest tracone bezpowrotnie, wówczas do emisji na każdy 1 kW_{el} musi być procent przypadający na energię cieplną. Wobec tego z jednej strony wynik rzeczywisty jest zaniżony, z drugiej było to konieczne by porównać ten sam rodzaj uzyskiwanej energii ze wszystkich pięciu źródeł. Na energię cieplną w przypadku technologii wykorzystującej do spalania węgiel kamienny lub brunatny, przypada w przybliżeniu 40% całkowitej emisji wyrażonej w ekwiwalencie CO₂. W przypadku technologii wykorzystującej spalanie gazu ziemnego jest to nieco ponad 37% emisji, a w przypadku biogazu około 68% (tab.1., rys. 5.).

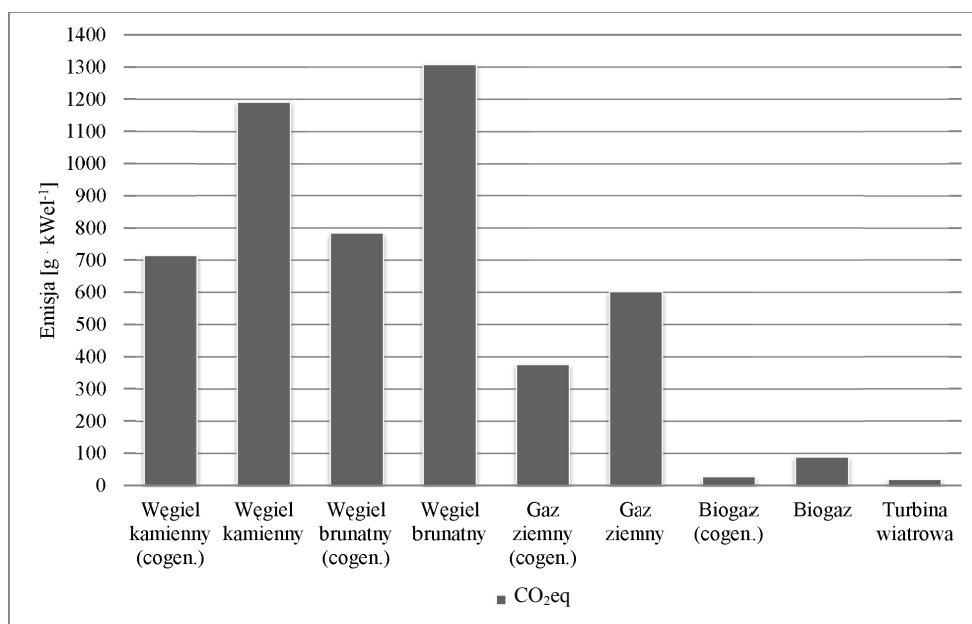
Tabela 1. Zestawienie emisji ze wszystkich analizowanych źródeł

Table 1. Statement of emission from all analysed sources

Emisja	CO ₂ eq [g]	CO ₂ [g]	CH ₄ [g]	N ₂ O [g]	Kogeneracja [%]
Węgiel kamienny (cogen.)	714,844	654,637	2,002	0,034	40,0
Węgiel kamienny	1191,408	1091,062	3,337	0,057	0,0
Węgiel brunatny (cogen.)	784,877	767,146	0,042	0,056	40,0
Węgiel brunatny	1308,131	1278,578	0,070	0,093	0,0
Gaz ziemny (cogen.)	376,519	367,678	0,230	0,010	37,5
Gaz ziemny	602,432	588,286	0,367	0,017	0,0
Biogaz (cogen.)	28,154	17,388	0,372	0,005	68,3
Biogaz	88,835	54,864	1,173	0,015	0,0
Turbina wiatrowa	19,412	18,492	0,032	0,0003	0,0

Objaśnienia: wartości procentowe odnoszą się do udziału energii cieplnej w emisji gazów cieplarnianych

Źródło: obliczenia własne



Źródło: obliczenia własne

Rys. 5. Porównanie wielkości emisji poszczególnych instalacji, wyrażonej w ekwiwalencie CO₂ (CO₂eq), w przeliczeniu na 1 kW energii elektrycznej

Fig. 5 Comparison of the size of emission of particular installations expressed in the equivalent CO₂ (CO₂eq) in calculation into 1 kW of electric energy

Podsumowanie

W wyniku prowadzonych badań ustalono, że możliwe jest wykorzystanie metodyki LCA w badaniach porównawczych obciążeń środowiska, związanych z produkcją energii elektrycznej z różnych surowców energetycznych. Takie podejście do tematu oddziaływania produktów na szeroko pojęte środowisko, w tym atmosferyczne, ma charakter holistyczny, tak więc całościowy. Wykazano, iż biogazownie rolnicze posiadają olbrzymi potencjał w redukowaniu emisji gazów cieplarnianych. W pierwszej kolejności przez spalanie metanu (CH_4) powstającego z odpadów rolniczych, w drugiej przez możliwe ograniczenie produkcji energii z nieodnawialnych źródeł kopalnych. Ostatecznie, duża ilość ciepła powstająca w procesie kogeneracji, spożytkowana lokalnie, wpłynie na redukcję kosztów środowiskowych oraz ekonomicznych. Należy w przyszłości porównać inne rodzaje wkładu dla biogazowni rolniczej, aby wykazać najlepsze rozwiązanie pod kątem emisyjnym.

Bibliografia

- Baran J.** (2006): Ocena cyklu życia – Life cycle assesment LCA część II. Propagowanie wzorców produkcji i konsumpcji sprzyjających promocji zasad trwałego i zrównoważonego rozwoju (on-line), [dostęp: 19-09-2011]. Dostępny w Internecie: www.proramcp.org.pl/polpcp/JBaran02.pdf
- Elcock D.** (2007): Life-Cycle Thinking for the Oil and Gas Exploration and Production Industry, ANL/EVS/R-07/5, Environmental Science Division, Argonne National Laboratory (on-line), [dostęp: 8-09-2011]. Dostępny w Internecie: http://www.evs.anl.gov/pub/dsp_detail.cfm?PubID=2154
- Gołaszewski J.** (2012): Biomasa – zrównoważona energia a zrównoważone rolnictwo (on-line) [dostęp: 1-04-2012]. Materiały konferencyjne publikowane w ramach wystawy targowej Polagra 2012. Dostępny w Internecie: www.czystaenergia.pl/pdf/polagra2012/2.pdf
- Grudziński J.** (2005): Komputerowe wspomaganie badania obciążeń ekologicznych maszyn rolniczych metodą LCA. Inżynieria Rolnicza, 14(74), 127-133.
- Góralczyk M., Konieczny K.** (2001): Przykłady zastosowania LCA w zarządzaniu środowiskiem (on-line). Kraków, Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Pracownia Badań Strategicznych, [dostęp 6-09-2011], Dostępny w Internecie: http://www.min-pan.krakow.pl/pbs/publikacjelca/LCA_w_zarzadzaniu_srodowiskiem.pdf
- Góralczyk M.** (2003): Life-cycle assessment in the renewable energy sector. Applied Energy (on-line), Volume 75, Issues 3–4, [dostęp: 8-09-2011], Dostępny w Internecie: <http://www.sciencedirect.com/>
- Kulczycka J.** (2008): Ocena cyklu życia LCA – metodyka i zastosowanie (on-line). Kraków, Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią, Pracownia Badań Strategicznych, [dostęp: 6-09-2011], Dostępny w Internecie: www.min-pan.krakow.pl/pbs/lca/3.pdf
- Lelek Ł.** (2010): Ocena korzyści ekologicznych wynikających z wykorzystania biomasy na cele energetyczne z zastosowaniem metodyki LCA (*Life Cycle Assessment*) (on-line). Kraków, Akademia Górniczo-Hutnicza, Materiały Krakowskiej Konferencji Młodych Uczonych, [dostęp: 19-09-2011], Dostępny w Internecie: http://www.profuturo.agh.edu.pl/pliki/Referaty_V_KKMU/IS/r307-314_Lelek.pdf

- Wach A. K.** (2002): Metoda oceny cyklu życia (LCA) jako podstawa komputerowo-wspomaganej oceny wyrobu (on-line). Warszawa, Przemysłowy Instytut Elektroniki, II Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Ekologia w elektronice”, 2002, [dostęp: 1 IX 2011], Dostępny w Internecie: www.pie.edu.pl/eko_2002/pdf/C1_Referat.pdf
- GUS (2011): Gospodarka paliwowo-energetyczna w latach 2009, 2010. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa, ISSN: 1506-7947
- KOBIZE (2011): Krajowy raport inwentaryzacyjny (on-line). Warszawa, Instytut Ochrony Środowiska, Krajowy Ośrodek Bilansowania i Zarządzania Emisjami (KOBIZE), [dostęp: 30-03-2012], Dostępny w Internecie: www.kobize.pl
- PEiR (2009): Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE, w sprawie promowania stosowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy (...), Dz. U. UE L 140 z dnia 5 VI 2009 s. 16-62

EVALUATION OF ENVIRONMENTAL BURDENS FROM THE ELECTRICITY PRODUCTION WITH THE LCA APPROACH

Abstract. Rising demand for electricity creates the necessity to search for its new sources. There is a risk that the emphasis on the use of alternative energy sources, which are increasingly sought in the agricultural sector, will reduce the view only to the obtained energy. Each product affects the environment throughout the life cycle, i.e. from raw material extraction, through production to consumption. It is important to evaluate all the processes, and not only those which were selectively chosen. The LCA (Life Cycle Assessment) is a holistic-type approach to the product's environmental impact assessment, that allow for a precise indication on the most important sources of environmental burdens in its life cycle. The LCA has been used to perform mathematical modelling, to determine the atmospheric burdens in the process of obtaining electricity from various sources, including the use of materials from the agricultural sector. Agricultural biogas plant turns out to be a very good solution to reduce greenhouse gas emissions.

Key words: LCA, GHG emission, biogas, energetics

Adres do korespondencji:

Łukasz Namysław; e-mail: l.namyslaw@itep.edu.pl
Instytut Technologiczno-Przyrodniczy w Falentach
Oddział w Poznaniu
ul. Biskupińska 67
60-463 Poznań