

*Jerzy Grudziński*  
*Katedra Podstaw Techniki*  
*Akademia Rolnicza w Lublinie*

## **KOMPUTEROWE WSPOMAGANIE BADANIA OBCIĄŻEŃ EKOLOGICZNYCH MASZYN ROLNICZYCH METODĄ LCA**

### **Streszczenie**

Wzrost świadomości ekologicznej społeczeństwa i postulat poprawy stanu środowiska naturalnego wymagają od projektantów oraz wytwórców maszyn i urządzeń rolniczych uwzględnienia wymogów ekologicznych. W pracy przedstawiono podstawowe założenia, procedury realizacji, zalety i ograniczenia metody oceny cyklu życia wyrobu. Na podstawie przeglądu literatury, tematycznych witryn internetowych dokonano analizy przydatności oprogramowania komputerowego do wspomagania oceny obciążeń środowiskowych wyrobów z zakresu techniki rolniczej na poszczególnych etapach cyklu życia.

**Słowa kluczowe:** metoda oceny cyklu życia, projektowanie maszyn rolniczych, ekologia, systemy informacyjne,

### **Wprowadzenie**

Wszelkie obiekty techniczne stosowane w rolnictwie oddziałują negatywnie na środowisko naturalne. W miarę wzrostu zanieczyszczenia środowiska coraz intensywniej poszukuje się możliwości ograniczania negatywnego oddziaływania człowieka i techniki rolniczej na ekosystem. Takie możliwości istnieją na wszystkich etapach cyklu życia wyrobu począwszy od wydobycia surowców, przez produkcję materiałów, podzespołów i energii, produkcję samego wyrobu, jego dystrybucję, użytkowanie, uszkodzenie lub zużycie moralne i zagospodarowanie przez odnowę, recykling lub utylizację.

Ze względu na dużą liczbę czynników, wpływających na ocenę własności ekologicznych wyrobów, do ich analizy wykorzystuje się specjalistyczne programy komputerowe. Ich budowę zajmuje się wiele ośrodków naukowych, proponując różne podejścia do rozwiązywania problemu na etapie projektowania wyrobu.

## **Cel pracy**

Celem pracy jest dokonanie aktualnego przeglądu systemów komputerowych do wspomaganie analizy wyrobów metodą LCA. Oceny oprogramowania dokonywano pod kątem możliwości wykorzystania przy projektowaniu elementów maszyn i urządzeń rolniczych.

## **Metoda oceny cyklu życia wyrobów**

Narzędziem do analizy obciążeń środowiskowych jest metoda oceny cyklu życia wyrobu, skrótowo określana jako LCA (*ang. Life Cycle Assessment*). Metodyka LCA jest częściowo znormalizowana [PN EN ISO 14040 2000] i wykorzystywana do rozwiązywania następujących zagadnień:

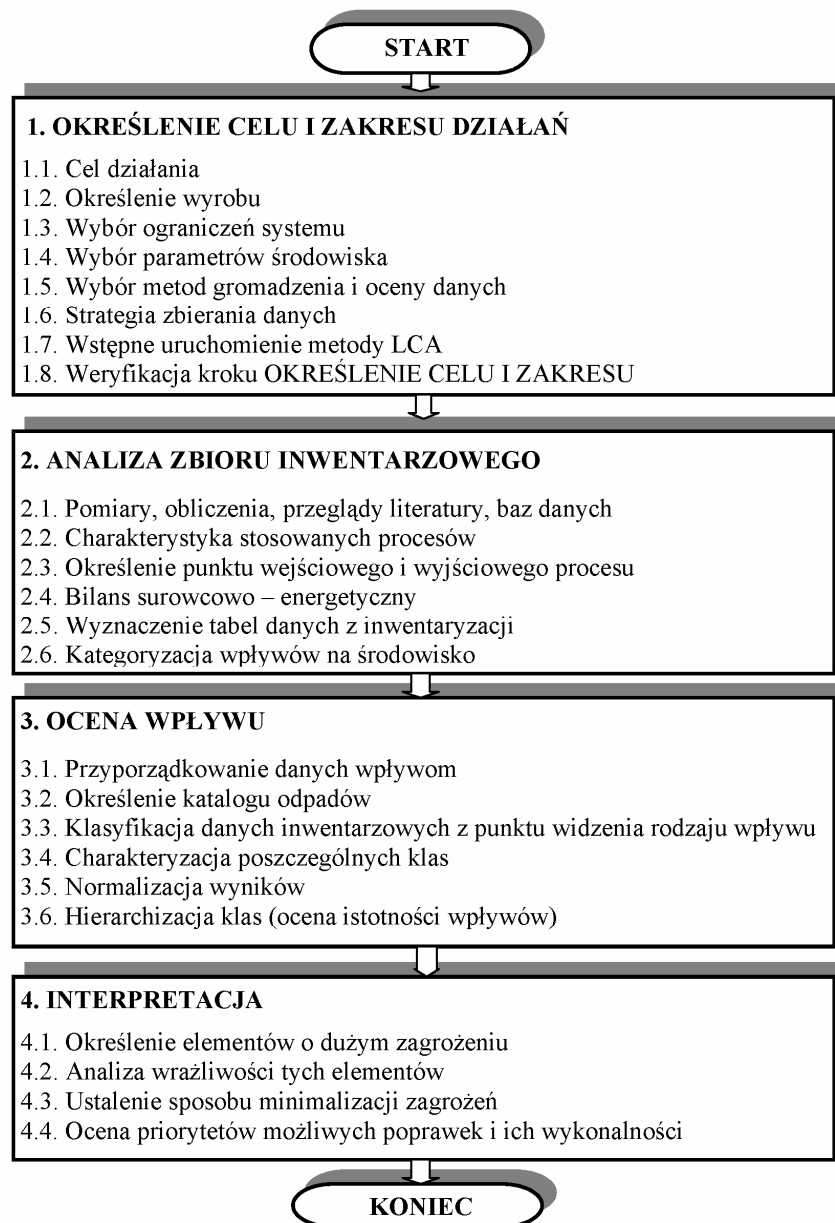
- analizy przyczyn problemów ekologicznych danego wyrobu,
- porównania wariantów poprawienia danego wyrobu,
- proekologicznego projektowania nowego wyrobu,
- wyboru proekologicznego wyrobu ze zbioru wyrobów podobnych.

Analizie podlegają: zużycie surowców, emisje szkodliwych i trujących substancji, zanieczyszczenia gleby. W wyniku takich działań możliwa jest minimalizacja obciążeń środowiskowych przed podjęciem ostatecznych decyzji dotyczących redukcji spodziewanych skutków już podczas projektowania danego wyrobu. Poprzez fakt analizowania wszystkich etapów istnienia wyrobu istnieje możliwość dokonywania pełnych porównań, określających różne rodzaje zagrożeń stwarzanych przez wytwarzanie danego wyrobu.

Ocena obciążeń środowiskowych metodą oceny cyklu życia wyrobów odbywa się zgodnie z procedurą i odbywa się w następującej kolejności:

1. określenie celu i zakresu analizy - określenie funkcji wyrobu, ograniczeń systemu i założeń,
2. analiza zbioru inwentarzowego - czyli zbioru zawierającego dane o zużyciu zasobów naturalnych i emisji na poszczególnych etapach cyklu życia wyrobu oraz modele procesów,
3. ocena wpływu - oszacowanie skutków emisji i zniszczenia zasobów, klasyfikacja wpływów,
4. interpretacja – określenie znaczących aspektów ekologicznych i potencjalnych obszarów poprawy negatywnych skutków.

Szczegółowy opis sposobu realizacji metody LCA przedstawiono schematycznie na rys. 1.



Rys. 1. Procedura realizacji metody oceny cyklu życia, na podstawie [Wach 2002]  
Fig. 1. The procedure of execution of the life cycle assessment method, by [Wach 2002]

## **Systemy komputerowego wspomagania oceny cyklu życia wyrobów metodą LCA**

Powyższy schemat postępowania potwierdza możliwość łatwej algorytmizacji procedury objętej metodą LCA, co wpłynęło na powszechność budowy komputerowych systemów wspomagania oceny obciążeń środowiskowych wyrobów. Programy takie odciążają użytkowników od szczegółowej znajomości złożonych procedur postępowania, umożliwiając pracę na ograniczonej liczbie danych wejściowych. Wbudowane procedury obliczeniowe, na bazie liniowych modeli charakterystyk aktywności przemysłowej i powiązanych z tą aktywnością procesach ekonomicznych dokonują oceny wpływów i określania współczynników wagowych wyników w odniesieniu do poszczególnych skutków.

Komputerowa implementacja metody posiada następujące zalety:

- znaczne ułatwienie pracy użytkownika poprzez odciążenie go od znajomości procedury realizacji metody,
- częściowa standaryzacja metody umożliwia odpowiednie wybory i założenia,
- automatyzacja niektórych kroków procedury,
- implementacja w programach pewnych założeń na stałe, co prowadzi do skrócenia czasu projektowania,
- programy zawierają zestawy gotowych do wykorzystania danych inwentarzowych,
- możliwa jest interpretacja uzyskanych wyników analizy.

Występują również pewne ograniczenia metody:

- modelowanie procesów dotyczy stanów stacjonarnych i nie uwzględnia przyszłości, np. wpływu emisji na środowisko naturalne w kolejnych latach,
- trudnością przewidywania rozwoju technologii powoduje niepewność wyników,
- różnorodność danych do opisu modelu tego samego procesu,
- stosowanie nieaktualnych informacji na skutek trudności weryfikacji inwentarzowych baz danych,
- brak ogólnie akceptowanego sposobu pozyskiwania danych o szkodach w ekosystemie,
- brak jednego sposobu szacowania niepewności wyznaczonej wartości szkody,
- brak uwzględnienia mechanizmów rynkowych i drugorzędnych efektów rozwoju technologicznego przez model stosowany w metodzie LCA,
- brak odniesienia metody oceny cyklu życia wyrobu do aspektów ekonomicznych, społecznych i innych.

Z faktu znacznego zapotrzebowania czasowego na dokładną analizę przy użyciu metody LCA wynika rozwój metod uproszczonej oceny, w których kosztem pewnego obniżenia dokładności uzyskiwanych wyników rezultaty analizy otrzymywane są

dużo szybciej i przy prostszych procedurach postępowania [Sun i in. 2003; Wegst i in. 1998]. Ze względu na to, że metodę LCA wykorzystuje się w różnych dziedzinach, np. w elektronice [Ciechanowski 2002], budownictwie, budowie pojazdów itp. w pracy dokonano przeglądu oprogramowania do wspomagania oceny wpływów środowiskowych pod kątem możliwości wykorzystania w krajowym przemyśle budowy maszyn i urządzeń rolniczych. W literaturze krajowej brakuje doniesień na temat stosowania lub tylko prób stosowania metody przy projektowaniu obiektów technicznych eksploatowanych w warunkach jak najbardziej zbliżonych do środowiska naturalnego. Wyniki przeglądu zestawiono w tabeli 1.

*Tabela 1. Komputerowe systemy wspomagania oceny proekologicznej wyrobów*  
*Table 1. Computer aided systems for proecological evaluation of products*

Lp	Producent	System	Właściwości
1	Pre Consultants, Holandia	SimaPro 6.0	Metoda LCA, duża baza danych materiałów i procesów, kilka metod szacowania oddziaływań
2	Pre Consultants, Holandia	ECO-it 1.0	Metoda LCA, optymalizacja proekologiczna w fazie projektowania dla kilkuset produktów
3	Franklin Assoc.Ltd GB	EcoManager 1.0	Wspomaga zbieranie danych do baz materiałów i procesów wymaganych w LCA
4	LG-PRC, LCE GmbH	ATROiD	Projekt zorientowany na recykling wyrobów elektronicznych lub samochodów
5	Sinum AG, Szwajcaria	EcoPro 1.5	Metoda LCA. Model w postaci schematu strukturalnego. Bogata baza danych o materiałach i procesach
6	Chalmers University of Technology, Szwecja	Chalmers	Wspomaga podejmowanie decyzji, poprawnych z punktu widzenia ekologii w procesie zarządzania projektem. Bazy danych o materiałach i procesach.
7	EarthShift, USA	EarthShift	Wspomaga przemysł w ochronie zasobów naturalnych na etapie projektowania. Zaimplementowane metody oceny kosztów całkowitych LCA i TCA
8	Institute of Industrial Technology, TNO, Holandia	EcoScan 3.0.	Metoda LCA, baza danych IdeMat zawierająca ponad 2000 modeli materiałów i procesów
9	PE Europe GmbH, Niemcy	GaBi 3.2.	Metoda LCA. Integruje techniczne, ekonomiczne i ekologiczne aspekty procesów produkcyjnych i projektu produktu. Oferuje analizę kosztów.
10	IFU Hamburg GmbH, IREU Heidelberg GmbH, Niemcy	Umberto	Metoda LCA, analiza kosztu cyklu życia i ekorównowagi. Właściwości produkcji w firmie, łańcuch procesów i wyniki metody LCA prezentuje w postaci graficznej.
11	KCL Science and Consulting, Finlandia	KCL-ECO 3.0	Wspomaga projektowanie dużych systemów. Graficzny interfejs użytkownika, szacowanie oddziaływań, analiza wrażliwości, prezentacja graficzna wyników
12	ECOBILAN, Francja	TEAM	Wspomaga budowę baz danych i modelowanie systemu reprezentującego procesy dotyczące produktu. Umożliwia opis złożonego systemu przemysłowego, oszacowanie oddziaływań i kosztów

## **Podsumowanie**

Przeprowadzony przegląd oprogramowania, pomimo pewnych różnic w podejściu do oceny wpływu różnych czynników na środowisko naturalne, wykazał przydatność większości przeglądanych programów do wykorzystania w budowie maszyn i urządzeń rolniczych. Stwierdzono potrzebę budowy baz danych zbiorów inwentaryzacyjnych dostosowanych do warunków krajowych. Powinny być kontynuowane i rozwijane prace nad uproszczonymi metodami oceny cyklu życia produktów, których podstawową zaletą jest ograniczenie czasu prowadzenia analizy produktu.

## **Bibliografia:**

Ciechanowski P., Dąbrowski W. 2002. Zastosowanie modelu optymalizacyjnego w zagadnieniach Oceny Cyklu Życia Produktów na przykładzie odłącznika wysokiego napięcia SGF 245. Materiały I Kongresu Inżynierii Środowiska. PAN KIS. Monografie v.11. Lublin. 623-632.

PN-EN- ISO 14040. 2000. Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura.

Sun M., Rydh C.J., Kaebernick H. 2003. Material Grouping for Simplified Product Life Cycle Assessment. The Journal of Sustainable Product Design 3: 45-58.

Wach A.K. 2002. Metoda oceny cyklu życia (LCA) jako podstawa komputerowo wspomaganey oceny wyrobu. Mat. II Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej: Ekologia w elektronice. Warszawa 5-6.12.2002. 90-97.

Wegst U., Ashby M.F. 1998. The Development and Use of a Methodology for the Environmentally-Conscious Selection of Materials. Prec. of the 3<sup>rd</sup> Biennial World Conference on Integrated Design and Process Technology, 6-9 July, Berlin.v.5. 88-93.

## **COMPUTER AIDED TEST OF ENVIRONMENTAL BURDEN OF AGRICULTURAL MACHINERY BY LCA METHOD**

### **Summary**

The growth of ecological awareness of people and the demand for the improving natural environment needs from designers and producers of agricultural machinery, to take into consideration some ecological requirements. In such work there is introduced the fundamental assumptions, procedures of execution, advantages and disadvantages of the life cycle assessment (LCA) method. On the basis of literature and internet www pages review, there were done analysis of usefulness of computer programmes for aid of evaluation environmental burden on the individual stages of life cycle of agricultural machinery.

**Key words:** life cycle assessment method, agricultural machinery design, ecology, information technology