

ALEKSANDRA FILIP

Przemysłowy Instytut Motoryzacji

IZABELA SAMSON-BREŃK

Przemysłowy Instytut Motoryzacji

Miejsce oceny cyklu życia w systemie zarządzania środowiskowego

Słowa Kluczowe: LCA, ekologiczna ocena cyklu życia, ISO, dane wejściowe, dane wyjściowe

Key words: LCA, life cycle assessment, ISO, input data, output data

Wstęp

Opracowana strategia rozwoju gospodarczego Polski obejmuje działania dostosowawcze do standardów obowiązujących w UE. Oczekiwać należy zaakceptowania i wdrożenia rozwiązań, które zakładają, że funkcjonowanie przedsiębiorstwa zależy od jego ekologicznego wizerunku oraz można spodziewać się przyspieszenia działań proekologicznych, podejmowanych także przez przedsiębiorstwa, w celu jak najszybszego sprostania wymaganiom europejskich partnerów. Sprawną realizację zasad ochrony środowiska zapewniają narzędzia i procedury, mające charakter zarówno procedur organizacyjnych, jakościowych i ilościowych, jak i ekonomicznych. Pomimo występujących częściowo różnych sposobów postępowania, podejście w większości przypadków jest takie samo: chodzi o ujęcie bezpośrednich i pośrednich oddziaływań na środowisko.

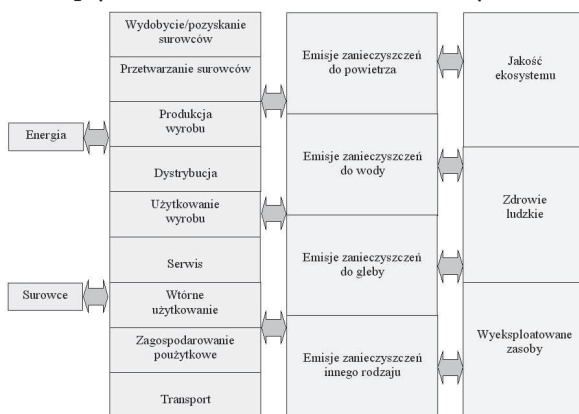
Oprócz przeglądów środowiska, które są narzędziem kontrolnym i usprawniającym SZŚ, istotną rolę w kształtowaniu i ocenie relacji pomiędzy procesem wytwarzania, produktem a środowiskiem pełnią

oceny oddziaływania środowiskowego, bilanse ekologiczne, znakowanie ekologiczne wyrobów, stosowanie najlepszych dostępnych technik czy ocena cyklu życia.

Wymienione metody, techniki i narzędzia, mają na celu ukazanie ingerencji człowieka w naturalne ekosystemy i przedstawienie zagrożeń związanych z jego działalnością oraz sposobów poprawy obecnego stanu środowiska.

1. Zarys historyczny

Środowiskowa Ocena Cyklu Życia LCA to technika zarządzania środowiskowego mająca na celu ocenę potencjalnych zagrożeń środowiskowych. Istotą tej metody jest oszacowanie i ocena konsekwencji środowiskowych całych cykli produkcyjnych („od kołyski do grobu”) począwszy od wydobycia surowców i ich przerobu, poprzez proces produkcji, dystrybucji, transportu aż po wykorzystanie wyrobu i zagospodarowanie odpadów, a nie tylko ocena wyniku końcowego danego procesu technologicznego. LCA dokonywane jest na podstawie identyfikacji i określenia ilości użytych materiałów, energii, paliwa, odpadów oraz emisji wprowadzanych do powietrza, wody i gleby, a następnie określenia ich wpływu na środowisko naturalne (Rys. 1).



Rys. 1. Schemat obszaru badań LCA. Źródło: Opracowanie autor-skie na podstawie (Kulczycka 2001; Pré Consultants B.V. 2000)

Pierwsze wzmianki dotyczące LCA pochodzą z prac Harolda Smitha, przedstawionych na Światowej Konferencji Energetycznej w 1969 roku. Innowacyjne badania Smitha dotyczyły wytwarzania różnych rodzajów energii w wybranych procesach chemicznych. Jedną z pierwszych firm, która zainteresowała się wykorzystaniem tych analiz w praktyce była Coca-Cola, która zleciła przeprowadzenie badań wykorzystywanych przez nią opakowań do napojów. Teoretyczne podstawy metodyki oceny cyklu życia LCA ustalono podczas konferencji w Vermont w 1990 roku. Wzrastające zainteresowanie metodyką LCA sprawiło, że Stowarzyszenie Chemii i Toksykologii Środowiskowej SETAC (The Society of Environmental Toxicology and Chemistry) oraz ISO rozpoczęły prace nad ujednoczeniem i normalizacją metodyki LCA. Efektem tych prac było powstanie definicji LCA, zgodnie z którą: „LCA to technika mająca na celu ocenę zagrożeń środowiskowych związanych z systemem wyrobu lub działaniem, zarówno poprzez identyfikowanie oraz ocenę ilościową zużytych materiałów i energii oraz odpadów wprowadzanych do środowiska, jak i ocenę wpływu tych materiałów, energii i odpadów na środowisko. Ocena dotyczy całego okresu życia wyrobu lub działania począwszy od wydobycia i przetwórstwa surowców mineralnych, procesu produkcji wyrobu, dystrybucji, stosowania, wtórnego wykorzystania, utrzymania, recyklingu i końcowego zagospodarowania oraz transportu. LCA ukierunkowuje badanie wpływu na środowisko systemu wyrobu w obszar ekosystemu, zdrowia ludzkiego oraz zużytych zasobów” (Fava et al. 1991, Lindfors et al. 1995) oraz szeregu norm.

2. Charakterystyka LCA

Wytyczne odnośnie do systemu zarządzania środowiskowego regulowane są przez normy serii ISO 14000. Na szczególną uwagę zasługują tu jednak normy oznaczone numerami od 14040 do 14049 oraz ich polskie odpowiedniki dotyczące oceny cyklu życia (Tabela 1). Zawierają one wymagania i zasady sporządzania oceny, jak również zasady interpretacji jej wyników i wzory wymaganych dokumentów.

| Norma ISO | Polska norma |
|---|--|
| ISO 14040:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Principles and framework | PN-EN ISO 14040:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu Życia – Zasady i struktura |
| ISO 14044:2006 Environmental management – Life cycle assessment – Requirements and guidelines | PN-EN ISO 14044:2009 Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu Życia – Wymagania i wytyczne |
| ISO /TR 14047:2003 Environmental management – Life cycle impact assessment – Examples of application of ISO14042 | PKN-ISO/TR 14047:2006 Zarządzanie środowiskowe – Ocena wpływu cyklu Życia – Przykłady stosowania ISO 14042 |
| ISO/TS 14048:2002 Environmental management – Life cycle assessment – Data documentation format | Polska wersja specyfikacji Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu Życia – Format dokumentowania danych |
| ISO/TR 14049:2000 Environmental management – Life cycle assessment - Examples of application of ISO 14041 to goal and scope definition and inventory analysis | Polska wersja raportu Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu Życia – Przykłady stosowania ISO 14041 do określania celu i zakresu oraz analizy zbioru |
| ISO 14050:2009 Environmental management – Vocabulary | brak polskiej wersji |

Tabela 1. Normy ISO dotyczące oceny cyklu życia

Badania oceny cyklu życia przeprowadzone dla tych samych wyrobów mogą być wykonane z uwzględnieniem różnych poziomów szczegółowości – w zależności od potrzeb odbiorcy wyników oceny. Wyróżnia się trzy podstawowe warianty LCA:

- koncepcyjny (screening LCA) – stosowany najczęściej w granicach jednego podmiotu, a także wówczas, gdy w ocenie nacisk położony jest na szybkość analizy (krótki czas) lub niski budżet. Używane są szacunkowe dane wtórne z istniejących baz danych lub opracowań statystycznych. W tym wariantcie LCA zalecane jest przeprowadzenie analizy wrażliwości w celu sprawdzenia rzeczywistego oddziaływania otrzymanych rezultatów na kluczowe zagadnienia analizy. Czas opracowania: od kilku dni do około jednego miesiąca

- uproszczony (simplified LCA) – wykorzystywany w procesach decyzyjnych związanych z rozwojem produktu oraz strategiach komunikacji. Stosowane dane pochodzić mogą z istniejących baz danych, ale powinny być uzupełnione o aktualne dane literaturowe oraz dane pierwotne pochodzące od dostawców, producentów lub innych uczestników łańcucha produktu, ds. z bezpośrednich wywiadów lub pomiarów. Niezbędne jest wykonanie analizy wrażliwości w celu ewentualnego skorygowania istotnych założeń. Czas opracowania: od kilku tygodni do kilku miesięcy
- szczegółowy (detailed LCA) – stosowany do pełnych badań oceny cyklu życia wyrobu oraz do badań porównawczych pomiędzy wyrobami. Używane są szczegółowe dane pierwotne pochodzące z bezpośrednich pomiarów, analiz, wywiadów, następnie aktualne dane literaturowe oraz zweryfikowane pod kątem jakości dane statystyczne. Zgodnie z zapisami norm ISO serii 14040 do procesu oceny powinno włączyć się, na każdym etapie, niezależnego recenzenta. Wymagany jest opis wszystkich procedur, uzasadnień dokonywanych wyborów, niekompletności danych ds. oraz przeprowadzenie kompleksowej analizy wrażliwości. Czas opracowania: od kilku miesięcy do jednego roku.

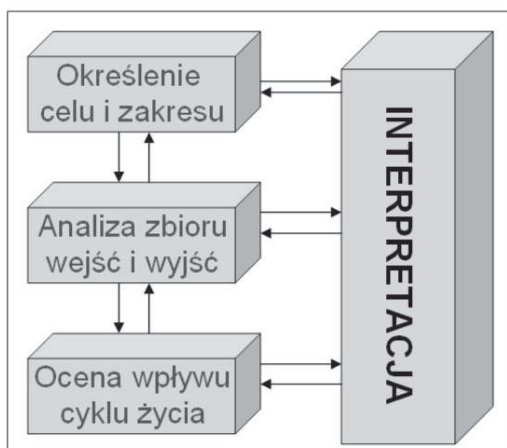
Zastosowanie metody oceny cyklu życia w procesie zarządzania środowiskowego przynosi wiele wymiernych korzyści zarówno przedsiębiorstwu, jak również środowisku naturalnemu i społeczeństwu. Zaliczamy do nich między innymi:

- wskazanie korelacji między działalnością człowieka a jej wpływem na środowisko
- dostarczenie przedsiębiorcom informacji na temat wpływu ich działalności na środowisko
- ułatwienie podejmowania decyzji mających na celu zminimalizowanie wpływu działalności przedsiębiorstwa na środowisko
- ważny element podejmowania decyzji inwestycyjnych
- opracowanie technologii, które, według zasad LCA, będą przyjazne środowisku
- planowanie procesu zagospodarowania i odzysku odpadów
- redukcja kosztów energii i surowców

– ochrona zdrowia i życia ludzi.

Zgodnie z normami ISO dotyczącymi LCA metodyka badań LCA składa się z czterech faz (Rys. 2):

1. określenie celu i zakresu (Goal and Scope definition)
2. analiza zbioru wejść i wyjść (Life Cycle Inventory Analysis – LCI)
3. ocena wpływu cyklu życia (Life Cycle Impact Assessment – LCIA)
4. interpretacja (Life Cycle Interpretation).



Rys. 2. Fazy LCA. Źródło: Opracowanie autorskie na podstawie (Norma PN-EN ISO 14040:2006)

3. Określenie celu i zakresu

Jest to pierwsza faza LCA, w której podejmowane są decyzje determinujące całość analizy. Istotne jest precyzyjne sformułowanie celu badania, uzasadnienie doboru celu, zaplanowanie wykorzystania wyników LCA oraz wskazanie odbiorcy końcowego wyników.

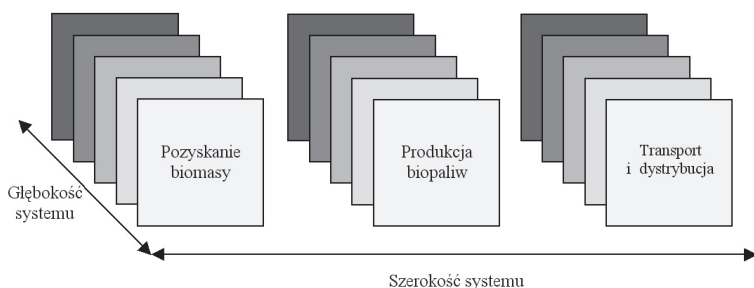
Norma PN-EN ISO 14040:2006 reguluje pojęcie celu badań, który powinien jednoznacznie określać zamierzone zastosowanie, powody

podjęcia badań oraz potencjalnego odbiorcę. W definicji celu określone są najważniejsze opcje wyrobu (Kulczycka 2001):

- przyczyna wykonywania badań i pytania na które ma odpowiedzieć
- precyzyjna definicja wyrobu lub systemu wyrobu
- układ powiązań
- wymagania co do danych i ich jakości
- założenia i ograniczenia analizy
- sposób prezentacji i odbioru wyników analizy
- rodzaj i formę raportu.

Sprecyzowaniu podlega także określenie jakiego typu analiza będzie przeprowadzana: porównawcza (opierająca się na porównaniu dwóch systemów wyrobów), retrospektywna (odnosząca się do istniejącej już rzeczywistości) lub prospektywna (modelowanie zmian w przyszłości) (Lewandowska 2006).

Zakres badań wynika z ustalonego celu i powinien szczegółowo określać funkcje oraz granice badanego systemu wyrobu. Na tym etapie ustala się zakres czasowy, geograficzny i technologiczny oraz ustala się szerokość i głębokość systemu (Rys. 3).



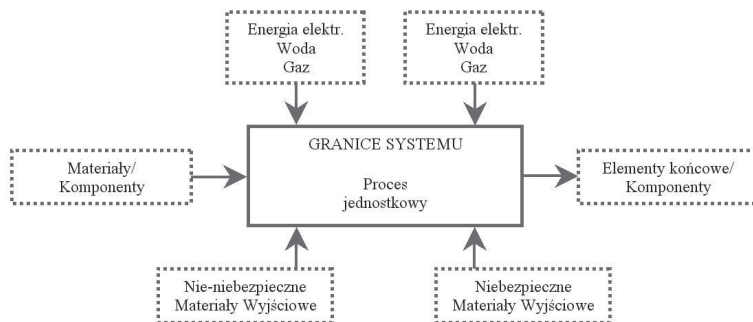
Rys. 3. Głębokość systemu. Źródło: Opracowanie autorskie

Pełne określenie ww. zakresów jest bardzo trudne, gdyż nie jest możliwe opisanie czasu i miejsca wykonywania wszystkich procesów jednostkowych w odniesieniu do całego systemu wyrobu (jego wszystkich poziomów) – system może obejmować kilkusetletni zakres czasowy i bardzo rozległy zakres przestrzenny. Biorąc pod uwagę powyższe spostrzeżenia zaleca się ramowy opis zakresu geograficznego, jako: lo-

kalny, regionalny, krajowy lub globalny oraz ogólne scharakteryzowanie typu technologii wykorzystywanej w analizowanych systemie, jako: BAT, nowoczesna, przeciętna, przestarzała ds.).

4. Analiza zbioru wejść i wyjść

W drugiej fazie LCA gromadzi się i analizuje dane odnoszące się do wejść i wyjść do/ze środowiska (LCI). Dane te gromadzone są dla każdego wyszczególnionego w systemie wyrobu procesu jednostkowego (Rys. 4). Dokonywane jest zestawienie ilości materiałów i energii wchodzących oraz wychodzących (wyrobów ubocznych, emisji, odpadów ds.) do/z danego procesu.



Rys. 4. Proces jednostkowy i jego powiązania Źródło: Opracowanie autorskie na podstawie (EPA 2006)

Wyniki LCI przedstawione są w tabelach inwentarzowych, prezentujących ilościowe ujęcie zużywanych surowców naturalnych, półproduktów oraz generowanych odpadów. Inną formą prezentacji rezultatów LCI są schematy modelowych procesów z jednoczesnym przedstawieniem wskaźników ilościowych. Ważnym etapem gromadzenia danych jest sprawdzenie ich kompletności oraz ich walidacja. Proces ten może być wykonany poprzez zastosowanie obliczeń bilansów masy i energii lub porównywania z danymi pochodzącymi z innych źródeł. Biorąc pod uwagę fakt, że każdy proces jednostkowy podlega prawom zachowania masy i energii, bilanse masowo-energetyczne wykorzystuje się

do sprawdzenia wiarygodności i prawidłowości charakterystyki procesu jednostkowego.

5. Ocena wpływu cyklu życia

Celem fazy oceny wpływu jest określenie zależności środowiskowych wszystkich wejść i wyjść włączonych do badań LCA oraz oszacowania wielkości wpływu na środowisko. Poprzednia faza odnosiła się do ilościowego zestawienia wpływów środowiskowych (odpowiadała na pytanie „ile?”, natomiast faza LCIA odnosi się do przedstawienia mechanizmów środowiskowych powodowanych oddziaływań (odpowiada na pytanie „jak?”). Jest to faza bardzo złożona i kontrowersyjna.

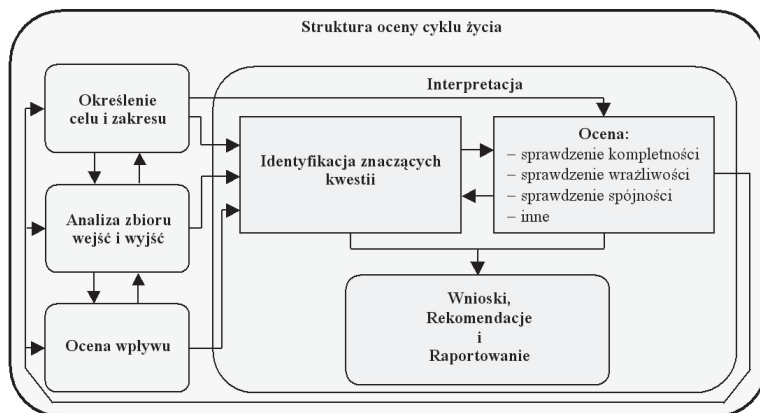
W tej fazie dokonuje się klasyfikacji wyników LCI do odpowiednich kategorii wpływu opierając się na przyjętych priorytetach środowiskowych, z uwzględnieniem uwarunkowań lokalnych/regionalnych. Kategoriom wpływu przypisuje się wskaźniki, których wartości w poszczególnych kategoriach wpływu tworzą tzw. profil środowiskowy. W zależności od stopnia uciążliwości dla środowiska przypisuje się poszczególnym kategoriom wpływu współczynniki wagowe. Pozwala to stwierdzić, w jakim stopniu i na jakich etapach cyklu życia poszczególne obciążenia środowiskowe, tworzące zbiór wejść i wyjść, oddziałują na środowisko w danym systemie produkcji (Filip, Rębiś 2007).

LCIA składa się z dwu grup elementów (PN-EN ISO 14044:2006):

- obowiązkowych, do których zalicza się:
 - wybór kategorii wpływu, wskaźników kategorii i modeli charakteryzowania
 - przypisanie wyników LCI do poszczególnych kategorii wpływu (klasyfikacja)
 - obliczenie wartości wskaźnika kategorii (charakteryzowanie)
- opcjonalnych, do których zalicza się:
 - normalizowanie
 - grupowanie
 - ważenie
 - analiza jakości danych.

6. Interpretacja

Interpretacja jest ostatnią fazą badań LCA. Interpretacja jest procesem obecnym w każdej poprzedniej fazie badań, dotyczy każdego elementu analizy. Powiązania pomiędzy fazą interpretacji a innymi fazami LCA przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Współzależności pomiędzy poszczególnymi fazami LCA.
Źródło: Opracowanie autorskie na podstawie (EPA, 2006)

Podstawowym celem interpretacji jest przegląd i rozważanie wyników oraz sprawdzenie ich kompletności, spójności i przydatności z punktu widzenia założonego celu i zakresu. Ostatnia faza LCA służy sformułowaniu ostatecznych wniosków, wyjaśnieniu ograniczeń oraz przedstawieniu wytycznych służących zmniejszaniu skutków środowiskowych.

LCA jako technika iteracyjna, powoduje, że od interpretacji rezultatów prowadzonych badań, uzyskanych w tej fazie oceny cyklu życia, zależy ewentualna zmiana wstępnych warunków. Wyniki przedstawiane są w formie raportu. Na podstawie zamieszczonych w raporcie informacji podejmowane są decyzje mające na celu minimalizację negatywnego oddziaływania działalności, a także rozstrzygnięcia odno-

śnie do rozwiązań technologicznych mających na celu poprawę jakości ekologicznej wyrobu.

7. Istotne elementy przy wykonywaniu środowiskowej oceny cyklu życia

Bardzo istotnym elementem środowiskowej oceny cyklu życia jest właściwe określenie celu i zakresu. Od poprawności tego etapu zależeć będzie bowiem przebieg całej analizy oraz jej wyniki.

Cel powinien dokładnie określać przyczyny prowadzenia badań, przeznaczenie wyników, jak również ich adresata. Ma to bezpośredni wpływ na sposób prowadzonych badań, szczegółowość pozyskiwanych danych oraz pośrednio również na procesy decyzyjne opierające się na uzyskanych wynikach analizy.

Przy określaniu zakresu badań, który wynika z celu najważniejsze jest dokładne zdefiniowanie następujących zagadnień: system wyrobu (czyli „zbiór materiałowo i energetycznie połączonych procesów jednostkowych, które spełniają jedna lub więcej określonych funkcji”) granicy systemu („obszar styku pomiędzy systemem wyrobu a środowiskiem lub systemami innych wyrobów”) oraz jednostki funkcjonalnej („ilościowy efekt systemu wyrobu stosowany jako jednostka odniesienia w badaniach LCA”) (Norma PN-EN ISO 14040:2006).

Innym elementem, który ma ważny wpływ na wyniki oceny jest jakość gromadzonych danych. Powinny one podlegać procesowi selekcji, który pozwoli na wybór tych najbardziej odpowiednich i najcenniejszych z punktu widzenia oceny. Zgodnie z zapisami normy PN-EN ISO 14044:2006 proces selekcji danych powinien być przeprowadzony z największą starannością. Najcenniejsze i zarazem najbardziej pożądane są dane będące wynikiem badań własnych. W przypadku braku takich danych, norma dopuszcza korzystanie z danych zawartych w literaturze oraz dostępnych bazach danych.

Dane, które mogą być wykorzystane w LCA można podzielić, ze względu na pochodzenie, na następujące kategorie:

- pierwotne będące wynikami badań własnych, przeprowadzonych na potrzeby oceny

- wtórne – pozyskane z literatury fachowej
- wtórne pochodzące z baz danych programów specjalistycznych np. SimaPro, GaBi, Umberto.

Przy przeprowadzaniu oceny LCA uwagę należy zwrócić również na wybór odpowiedniej metody analizy. Niektóre programy komputerowe ułatwiające wykonanie oceny posiadają narzędzia, które pozwalają nam na wybór odpowiedniej metody zestawiając ich wady i zalety. Takim narzędziem jest narzędzie „metod selektor” wchodzące w skład programu SimaPro.

Wnioski

Środowiskowa ocena cyklu życia LCA to technika SZŚ pozwalająca na stworzenie struktury, wewnątrz której łatwo dostrzec i ocenić związki między generowanymi w każdej fazie (procesu produkcji, czy użytkowania) odpadami a ich oddziaływaniem na środowisko. Tak przygotowany zbiór jest podstawą do określenia wpływu analizowanych czynników (usystematyzowanych w poszczególne kategorie wpływu) na środowisko i wskazania, w której fazie procesu niosą one największe zagrożenie. Szeroki zakres badań powoduje, że stosowanie LCA w zarządzaniu środowiskowym daje bardzo wymierne rezultaty, gdyż pozwala zarówno globalnie spojrzeć na analizowany proces, jak i poszczególne jego fazy, czy to w wymiarze pojedynczego urządzenia, grupy urządzeń, czy całego parku maszynowego obsługującego proces produkcji.

Z przedstawionych wyżej przesłanek wynika, że LCA jest dobrym środkiem w utrzymywaniu holistycznego podejścia do procesów produkcji i konsumpcji. Narzędziem, które poprzez dostarczenie realnych, ilościowych danych wejściowych i wyjściowych – sporządzonych na podstawie charakterystyki i wielkości zużycia energii i surowców oraz emisji zanieczyszczeń do środowiska – rozpatrywanego obiektu, umożliwia ustalenie konkretnego zagrożenia, jakie niesie on do środowiska i pozwala na efektywne niwelowanie powodowanego negatywnego wpływu.

Bibliografia

- Kulczycka J., 2001, *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych*, PWN, Warszawa.
- Lewandowska A., 2006, *LCA Środowiskowa ocena cyklu życia produktu na przykładzie typów pomp przemysłowych*, Akademia Ekonomiczna, Poznań.
- Goedkoop M., Spriensma R., 2000, *The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Assessment. Methodology report*, PRé Consultants B.V., Netherlands.
- Fava J., 1991, *A Technical Framework for Life-Cycle Assessment*, SETAC and SETAC Foundation for Environmental Education, Washington.
- Lindfors L.G., 1995, *Nordic Guidelines on Life-Cycle Assessment*, Kopenhaga.
- Filip A., Rębiś J., 2007, *Zastosowanie LCA do szacowania ekologicznych skutków wprowadzania biokomponentów do paliw naftowych*, „Chemia Przemysłowa”, nr 4.
- Norma PN-EN ISO 14040:2006. Zarządzanie Środowiskowe. Ocena cyklu życia. Zasady i struktura*, 2006, PKN, Warszawa.
- Norma PN-EN ISO 14044:2006. Zarządzanie Środowiskowe. Ocena cyklu życia. Wymagania i wytyczne*, 2006, PKN, Warszawa.

Life Cycle Assessment in environmental management

SUMMARY

In this publication was presented characteristics of the environmental life cycle assessment LCA (Life Cycle Assessment) as one of the methods included in the environmental management system (EMAS). Discusses also the various stages of analysis and guidance on the principles of its preparation regulated by the ISO 14000 standards (International Organization for Standardization), as well as payed attention to the key elements which determine the outcome of the assessments.