



LCA as a tool in sustainable development policy introduction

Krzysztof PIKOŃ

Politechnika Śląska, ul. Konarskiego 18, 44-100 Gliwice, tel.: +48 32 237 26 89,
e-mail: krzysztof.pikon@polsls.pl

Abstract

LCA (Life Cycle Analysis) is something more than just a tool used in environmental impact evaluation. It is quasi-philosophical notion of evaluation approach, which includes complexity hence it is based on reductionism. Finally it leads to more universal conclusions about complex systems consisting of many different subsystems. In the manuscript the way of LCA introduction in different environmental projects is described. The importance of this method in sustainable development introduction is discussed as well.

Keywords: LCA, environmental impact, sustainable development

Streszczenie

LCA jako narzędzie wdrażania polityki zrównoważonego rozwoju

LCA (Analiza cyklu życia – Life Cycle Analysis) jest czymś więcej niż tylko narzędziem stosowanym do ocen środowiskowych. Jest to w zasadzie już quasi-filozoficzne określenie podejścia do różnych ocen, które zawiera w sobie kompleksowość – chociaż w mechanizmie oceny jest oparta na zasadach redukcjonizmu. W konsekwencji prowadzi do uzyskania uogólnionych wniosków na temat całego układu – składającego się z mniejszych podukładów, które wzajemnie na siebie oddziałują. W artykule przedstawiono sposób wdrażania pojęcia LCA do realizacji różnych projektów środowiskowych oraz przedyskutowano znaczenie tej metody w realizacji polityki zrównoważonego rozwoju.

Słowa kluczowe: LCA, wpływ na środowisko, zrównoważony rozwój.

1. Wstęp

LCA jest w obecna w zasadzie we wszystkich nowoczesnych narzędziach służących do szacowania rzeczywistego wpływu na środowisko poszczególnych instalacji czy też całych systemów w kontekście zrównoważonego rozwoju. Jest to więc element paradygmatu ocen środowiskowych.

Każdy produkt oddziałuje na środowisko, a cykl życia większości produktów jest długi i złożony. Dlatego celowe jest dążenie do zminimalizowania oddziaływania produktu na środowisko we wszystkich fazach cyklu jego życia, a zwłaszcza w fazach, w których to oddziaływanie jest największe. Należy przy tym podejmować działania w możliwie najbardziej efektywny sposób. Takie podejście powinno prowadzić także do redukcji kosztów (także środowiskowych) wytwarzania, użytkowania i pozbywania się produktów oraz poprawy konkurencyjności przedsiębiorstw. Celem współczesnych działań jest m.in. wprowadzenie do systematycznego stosowania metod oceny cyklu życia produktu.

Narzędzia LCA stanowią podstawę współczesnego nowoczesnego zarządzania środowiskiem i są wskazywane jako absolutnie obowiązkowe przez szereg dokumentów rangi wspólnotowej i narodowej (np.[1])

Istnienie każdego produktu czy usługi zaczyna się od wydobycia i przetworzenia materiałów wejściowych – surowców. Później następują różnego rodzaju procesy produkcyjne i związane z nimi transport. Dalej mamy do czynienia z fazą używania czy wykorzystywania danego wyrobu i na końcu następuje jego wycofanie z użycia i prawidłowe unieszkodliwienie lub zagospodarowanie tak powstałego odpadu. Na każdy z tych etapów

zużywana jest energia i surowce oraz ma miejsce emisja, która może wpływać na środowisko naturalne w różny sposób.

LCA jest koncepcją zakładającą, że wszystkie procesy związane z produkcją jakiegoś wyrobu powinny być uwzględnione w analizie, a ich negatywny wpływ powinien obciążać wyrób, dla potrzeb którego są one realizowane. Innymi słowy skutki środowiskowe realizacji wszystkich etapów cyklu życia muszą być włączone do analizy. Ocena pełnego cyklu życia jest popularnie nazywana oceną „od kołyski do grobu” – co oddaje istotę zagadnienia.

LCA jest, więc metodologicznym narzędziem, które wdraża koncepcję rachunku ciągnionego w sposób ilościowy (kwantytatywny) do analiz środowiskowych w odniesieniu do produktów czy też usług. Zwraca się przy tym uwagę na wszystkie skutki pozytywne i negatywne etapów cyklu życia w części związanej z analizowanym produktem.

W analizie LCA każde wykorzystanie surowca, nośnika energii, zasobów naturalnych czy wytworzonej wcześniej energii w każdym etapie cyklu życia jest definiowane w zbiorze wejść.

Należy zwrócić uwagę, że do analizy włącza się wszystkie wejścia i wyjścia, które miały miejsce w przeszłości a odnoszą się w jakiś sposób do analizowanego procesu. Całkowita suma wszystkich wejść i wyjść będzie służyła jako podstawa do oceny efektu środowiskowego analizowanego procesu. Agregacja szeregu wejść i wyjść pojedynczych procesów jest nazywana LCIA (Life Cycle Impact Assessment).

LCA umożliwia ocenę aspektów i wpływów środowiskowych wynikających ze wszystkich etapów życia wyrobów, obejmujących:

- wydobywanie i przetwarzanie surowców mineralnych,
- wytwarzanie (proces produkcji),
- dystrybucję,
- transport,
- użytkowanie,
- powtórne użycie,
- recykling,
- ostateczne unieszkodliwianie odpadów.

LCA ułatwia podjęcie decyzji i wskazanie produktu lub procesu, który w najmniejszym stopniu wpływa na środowisko. Taka informacja razem z innymi czynnikami, takimi jak koszt, dane dotyczące użytkowania, może być wykorzystana do wyboru produktu lub procesu. LCA dodatkowo identyfikuje transfer oddziaływania na środowisko z jednego komponentu środowiska na inny (np. eliminując emisję do powietrza, powoduje się wzrost ilości ścieków) lub z jednej fazy cyklu życia produktu na inną (np. z użycia i powtórnego użycia produktu na fazę pozyskiwania surowców do produkcji). W przypadku gdy nie przeprowadzimy analizy cyklu życia, transfer oddziaływania na środowisko mógłby być niezauważony i nie zostać poddany analizie w odpowiedni sposób w procesie wyrobu produktu [2].

Koncepcja cyklu życia integruje w jeden spójny system wiele dotychczas opracowanych i stosowanych teorii dotyczących zagrożeń ekologicznych w skali mikro i makro. Dzięki filozofii LCA można wyeliminować sytuację, gdy przedstawia się jakieś rozwiązanie jako wybitnie ekologiczne, a w rzeczywistości osiąga się ten efekt poprzez przesunięcie ciężaru negatywnego skutku dla środowiska z jednego etapu cyklu życia do drugiego lub z jednego miejsca do drugiego. Potrzeby człowieka powinny być zaspokajane poprzez zoptymalizowaną konsumpcję rozwiniętą w takim stopniu by była ona możliwa do „udźwignięcia” przez ekosystem.

LCA znalazła szerokie zastosowanie w procesach decyzyjnych związanych z rozwojem przemysłu, produkcją wyrobów itp. Jest to obecnie ważny element składowy Europejskiej Zintegrowanej Polityki Produktowej [3], strategii na temat Zapobiegania Powstawaniu Odpadów i Recyklingu [4] oraz Zrównoważonego Wykorzystania Zasobów Naturalnych [5]. Wszystkie one mają za cel zmniejszenie wpływu na środowisko na przestrzeni całego cyklu życia produktów zwracając szczególną uwagę na całościowy wpływ na środowisko.

LCA dotyczy złożonych interakcji pomiędzy wyrobem (usługą), a środowiskiem, przy czym główne kategorie wpływu na środowisko wymagają rozważenia zdrowia ludzkiego, wykorzystania zasobów naturalnych oraz jakości ekosystemu.

Do podstawowych zadań LCA należy:

- Dokumentowanie potencjalnych wpływów wyrobu na środowisko podczas wszystkich etapów jego życia;
- Analiza możliwości wystąpienia wzajemnie powiązanych wpływów środowiskowych, aby unikać transferu zanieczyszczeń, tzn. aby zastosowane środki zaradcze nie powodowały powstawania nowych problemów;
- Ustalenie priorytetów w doskonaleniu wyrobów;
- Umożliwienie porównywania różnych rozwiązań takiego samego problemu lub różnych sposobów realizowania takiego samego procesu.

LCA zostało ujęte w normę międzynarodową ISO serii 14040.

2. Normy ISO serii 14040 - Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia

Projektowanie z uwzględnieniem zasad zrównoważonego rozwoju wymaga kompleksowego podejścia do wpływu, jaki wywiera uruchomienie produkcji i wprowadzenie na rynek nowego wyrobu. Dlatego też stosowane metody ocen powinny odnosić się do pełnego cyklu życia wyrobu lub w określonych przypadkach do ściśle zdefiniowanych jego części.

Analiza cyklu życia i ocena wpływu cyklu życia na środowisko nie pełnią obecnie funkcji kontrolnej, lecz stanowią podstawę badań prowadzonych w ramach prac projektowych i rozwojowych. Pomimo stosunkowo złożonych procedur, metody oparte na analizie cyklu życia mają coraz bardziej powszechne zastosowanie, ponieważ wykorzystując techniki komputerowe, pozwalają na wprowadzenie modelowania i symulacji, co znacznie ułatwia ocenę wpływu wielu czynników jednocześnie i weryfikowanie wielowariantowych rozwiązań. Istnieje międzynarodowy konsensus w gronie specjalistów związanych z zagadnieniami środowiskowymi, że LCA jest absolutną podstawą i punktem wyjścia do wszelkich analiz środowiskowych.

2.1. ISO 14040 - Zasady i struktura

Norma międzynarodowa opisuje ogólną strukturę, zasady i wymagania dla prowadzenia i dokumentowania badań analizy cyklu życia. W normie nie opisano szczegółowo techniki oceny cyklu życia.

LCA jest techniką oceny aspektów środowiskowych i potencjalnych wpływów związanych z wyrobem stosującą:

- Inwentaryzację zbioru istotnych wejść i wyjść w systemie wyrobu;
- Ocenę potencjalnych wpływów na środowisko związanych z tymi wejściami i wyjściami;
- Interpretację rezultatów analizy zbioru oraz faz oceny wpływu w odniesieniu do celów badań.

Ocena cyklu życia powinna obejmować określenie celu i zakresu badań, analizę zbioru, ocenę wpływu oraz interpretację wyników.

2.2. ISO 14041 - Określenie celu i zakresu oraz analiza zbioru

Norma dotyczy dwu faz oceny cyklu życia: określania celu i zakresu oraz analizy zbioru (wejść i wyjść) w cyklu życia (LCI), zdefiniowanych w normie ISO 14040.

Faza określania celu i zakresu jest ważna, dlatego, iż ustala się w niej, dlaczego analiza LCA ma być wykonana (łącznie z zamierzonym wykorzystaniem jej wyników), a także określany jest system, który powinien być analizowany oraz rodzaj danych, jakie powinny być zebrane i przeanalizowane. Cel, zakres i sposób wykorzystania badania mają wpływ na kierunek i szczegółowość, w tym na takie kwestie jak obszar geograficzny i horyzont czasowy oraz jakość niezbędnych danych.

LCI (Life Cycle Inventory) obejmuje zbieranie danych koniecznych do osiągnięcia celu danego badania. Jest to w istocie zestawienie danych wejściowych/wyjściowych dotyczących badanego systemu.

W fazie interpretacji LCI, dane są oceniane z punktu widzenia celu i zakresu, konieczności zebrania danych dodatkowych, lub obu z tych punktów widzenia. Zazwyczaj wynikiem tej fazy jest lepsze zrozumienie danych w aspekcie sporządzenia sprawozdania. Ponieważ LCI polega na gromadzeniu i analizie danych wejściowych/wyjściowych i nie obejmuje oceny wpływów na środowisko związanych z tymi danymi, to interpretacja wyłącznie wyników LCI nie może być podstawą do wyciągania wniosków dotyczących wpływów na środowisko.

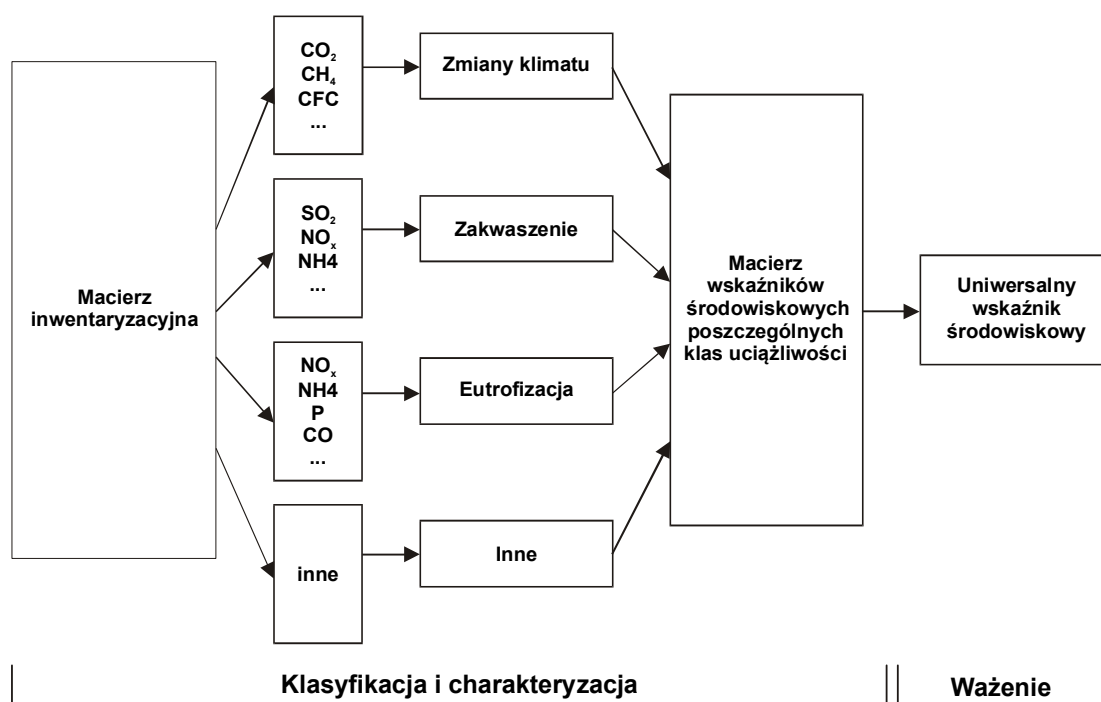
LCI składa się z następujących elementów (ISO 14041):

- System wyrobu – stanowi zbiór procesów jednostkowych połączonych strumieniami wyrobów pośrednich, które pełnią jedną lub więcej zdefiniowanych funkcji. Opis systemu obejmuje procesy jednostkowe, strumienie elementarne, przepływy wyrobu poza granice systemu (do systemu lub z systemu) oraz strumienie wyrobów pośrednich wewnątrz systemu.
- Procesy jednostkowe – są wzajemnie połączone strumieniami wyrobów pośrednich i/lub odpadów przeznaczonych do przerobienia, z innymi systemami wyrobu za pośrednictwem strumieni wyrobów oraz ze środowiskiem poprzez strumienie elementarne. Z uwagi na to, że system jest systemem fizycznym, każdy proces jednostkowy podlega prawu zachowania masy i energii. Bilans masy i energii jest użytecznym sprawdzianem poprawności opisu dowolnego procesu jednostkowego.
- Kategorie danych – zgromadzone dane, zmierzone, obliczone lub oszacowane wykorzystywane do kwantyfikacji wejść i wyjść procesu jednostkowego. Głównymi kryteriami klasyfikacji danych mogą być:
 - wejścia energii, wejścia surowców, wejścia pomocnicze, inne fizyczne wejścia;
 - wyroby;
 - emisje do powietrza, wody i gleby oraz inne aspekty środowiskowe.
- Modelowanie systemu wyrobu - wybór elementów systemu fizycznego, który ma być modelowany, zależy od zdefiniowanego celu i zakresu badania. Zaleca się, aby zastosowane modele były opisane, a przyjęte założenia uzasadniające dokonany wybór – zidentyfikowane.

2.3. ISO 14042 - Ocena wpływu cyklu życia

Ocena wpływu cyklu życia (LCIA – Life Cycle Impact Assessment) jest trzecią fazą oceny cyklu życia opisaną w ISO serii 14040. Celem LCIA jest ocena wyników analizy inwentaryzacyjnej zbioru danych stworzonego w fazie LCI. W modelach w fazie LCIA stosuje się wybrane kwestie środowiskowe, zwane kategoriami wpływu oraz wskaźniki kategorii wpływu cyklu życia, dla określenia finalnego wpływu. Wskaźniki kategorii mają odzwierciedlać łączne emisje lub wykorzystanie zasobów dla każdej kategorii wpływu. Te wskaźniki kategorii przedstawiają „potencjalne wpływy środowiskowe”. Ponadto, LCIA stanowi przygotowanie do fazy interpretacji cyklu życia.

Na etapie LCIA dane inwentaryzacyjne są przyporządkowywane do poszczególnych klas uciążliwości. Na ich podstawie i w oparciu o dane charakteryzujące, wyliczane są wskaźniki wpływu na środowisko naturalne w poszczególnych klasach uciążliwości. Ostatnim etapem (pomijanym w niektórych modelach oceny) jest wyliczenie jednego uniwersalnego wskaźnika wpływu. Proces działań w ramach LCIA został zilustrowany na rys. 2.1.



Rys. 2.1. Sekwencja postępowania na etapie LCIA [6]

Zasadnicze cechy LCIA (ISO 14042) to:

- LCIA, w połączeniu z innymi fazami LCA, dostarcza ogólnosystemowej perspektywy dla kwestii środowiskowych i zasobów naturalnych dla jednego lub więcej systemu(ów) wyrobu.
- LCIA przypisuje wyniki LCI do kategorii wpływu. Dla każdej kategorii wpływu wybierany jest jeden wskaźnik kategorii i obliczana jest wartość wskaźnika kategorii, określana dalej jako wartość wskaźnika. Zbiór wartości wskaźnika, dalej określany jako profil LCIA, dostarcza informacji o kwestiach środowiskowych związanych z wejściami i wyjściami systemu.
- LCIA różni się od innych technik, takich jak np. ocena efektów działalności środowiskowej, ocena wpływu środowiskowego i ocena ryzyka, ponieważ jest to podejście względne, oparte na jednostkach funkcjonalnych. W LCIA można natomiast wykorzystywać informacje zebrane przez inne techniki.

Ogólna struktura fazy LCIA składa się z kilku obowiązkowych elementów, które przekształcają wyniki LCI we wskaźniki kategorii. Ponadto wykorzystuje się szereg opcjonalnych elementów w celu normalizacji, grupowania lub ważenia wartości wskaźników oraz technik analizy jakości danych.

Jako obowiązkowe elementy LCIA wymieniane są następujące elementy (ISO 14042):

- Wybór kategorii wpływu, wskaźników i modeli charakteryzowania; identyfikacja kategorii wpływu, odnośnych wskaźników kategorii modeli charakteryzowania, punktów końcowych kategorii i związanych wyników LCI, do których badania LCA mają zastosowanie.
- Przypisanie wyników LCI (klasyfikacja) do kategorii wpływu.
- Obliczenie wartości wskaźnika kategorii (charakteryzowanie).

Wartości wskaźnika dla różnych kategorii wpływu tworzą łącznie profil LCIA dla systemu.

Elementy opcjonalne i informacje, takie jak wymienione poniżej, mogą być wykorzystane w zależności od celu i zakresu badań LCA:

- Obliczenie wartości wskaźnika kategorii względem informacji odniesienia (normalizacja).
- Grupowanie: porządkowanie i w miarę możliwości uszeregowanie kategorii wpływu.
- Ważenie: zamiana i w miarę możliwości agregowanie wartości wskaźnika w kategoriach wpływu z zastosowaniem parametrów liczbowych opartych na skali wartości.
- Analiza jakości danych: lepsze zrozumienie zbioru wartości wskaźnika.

2.4. ISO 14043 - Interpretacja cyklu życia

W niniejszej normie dotyczącej interpretacji cyklu życia opisano końcową fazę procedury oceny cyklu życia (LCA), w której wyniki analizy zbioru wejść i wyjść cyklu życia (LCI) i jeżeli prowadzono – oceny wpływu cyklu życia (LCIA) lub obydwóch, są podsumowane i dyskutowane, co stanowi podstawę do formułowania wniosków, zaleceń i podejmowania decyzji zgodnie z określeniem celu i zakresu analizy.

Badania LCA rozpoczynają się fazą określenia celu i zakresu, a kończą fazą interpretacji.

Interpretacja cyklu życia jest systematyczną procedurą identyfikacji, kwalifikacji, sprawdzenia i oceny informacji uzyskanych w wyniku LCI i/lub LCIA systemu wyrobu oraz procedurą ich prezentacji mającą na celu spełnienie wymagań zastosowania zgodnie z celem i zakresem badań. Zaleca się, aby wykonawcy podejmujący badania LCA byli przez cały czas badań w ścisłym kontakcie ze zlecającym w celu zapewnienia, że uwzględniono właściwe zagadnienia. Zalecenie to dotyczy również realizacji fazy interpretacji cyklu życia, dlatego w trakcie jej trwania niezbędne jest zachowanie przejrzystości. Jeśli zastosowano preferencje, założenia lub skale wartości, wymagane jest wyraźne potwierdzenie tego przez wykonawcę LCA w raporcie końcowym.

Interpretacja cyklu życia może także wykazać powiązania, które istnieją pomiędzy LCA, a innymi technikami zarządzania środowiskowego, dzięki racjonalnemu przeanalizowaniu wyników. Z tego punktu widzenia istotny jest nie tylko przegląd dokonań, to jest od zastosowań LCA do fazy interpretacji cyklu życia (i innych faz), lecz ważne jest także spojrzenie w przyszłość, np. do równoczesnego zastosowania innych technik.

Celem interpretacji cyklu życia jest: analiza wyników przeprowadzonych analiz, formułowanie wniosków, wyjaśnianie ograniczeń i dostarczanie zaleceń opartych na ustaleniach z poprzednich faz badań LCA lub LCI oraz przedstawienie wyników interpretacji cyklu życia w przejrzysty sposób.

Interpretacja cyklu życia ma również na celu dostarczenie łatwej do zrozumienia, kompletnej i spójnej prezentacji wyników badań LCA lub LCI, zgodnie z celem i zakresem badań.

Istotne cechy interpretacji cyklu życia to (ISO 14043):

- Zastosowanie systematycznej procedury w celu identyfikacji, kwalifikacji, sprawdzenia, oceny i prezentacji wniosków opartych na ustaleniach wynikających z badań LCA i LCI w celu spełnienia wymagań dotyczących ich zastosowania;
- Zastosowanie procedur iteracyjnych zarówno w fazie interpretacji, jak i w innych fazach badań LCA lub LCI;
- Zapewnienie powiązań pomiędzy LCA i innymi technikami zarządzania środowiskowego przez uwydatnienie możliwości i ograniczeń badań LCA i LCI w relacji do definicji ich celu i zakresu.

Faza interpretacji cyklu życia badania LCA lub LCI składa się z następujących elementów (ISO 14043):

- Identyfikacji znaczących kwestii na podstawie wyników faz LCI i LCIA badania LCA;
- Oceny uwzględniającej sprawdzenie kompletności, wrażliwości i spójności;
- Wniosków, zaleceń i raportów.

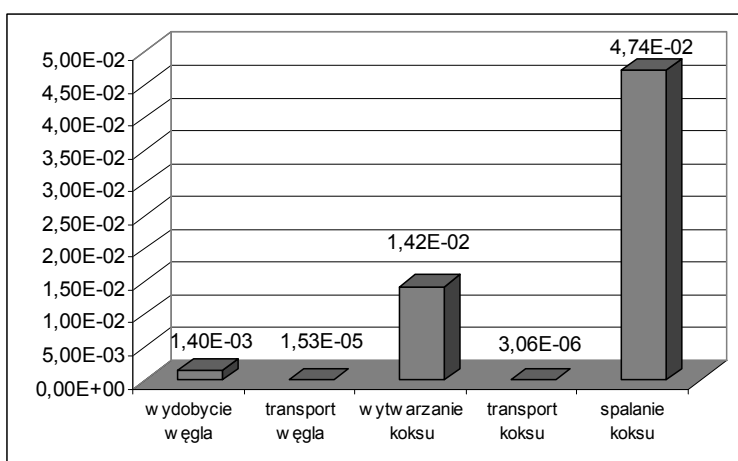
3. Znaczenie LCA w ocenie wpływu na środowisko naturalne

Podejście oparte na filozofii cyklu życia może przyczynić się do znaczącego polepszenia jakości procesu decyzyjnego. Może się on stać bardziej kompleksowy, a jednocześnie bardziej przejrzysty i efektywny. Poprzez włączenie do analizy procesów związanych, otrzymujemy bardziej prawdziwy obraz rzeczywistego wpływu i możliwość daleko idącej jego obiektywizacji.

W ujęciu tradycyjnym negatywny wpływ na środowisko np. tramwaju, może wydawać się znacząco mniejszy niż autobusu. Przy identycznych warunkach dotyczących liczby przejechanych kilometrów i liczby przewiezionych pasażerów, emisja towarzysząca pracy silnika tramwaju jest faktycznie niższa niż autobusu. Może się wydawać, że nawet wpływ na środowisko - w przypadku tego pierwszego - jest zerowy. Rozszerzenie analizy na proces wytwarzania energii elektrycznej pokazuje jednak, że z całą pewnością nie jest to technologia zeroemisyjna. Okazuje się, że porównując wpływ na środowisko obu rodzajów pojazdów mamy do czynienia w istocie tylko z przeniesieniem części emisji z etapu eksploatacji silnika elektrycznego do etapu wytwarzania samej energii elektrycznej. Ilość zużywanej energii przez tramwaj musi być uwzględniona w całościowym bilansie, gdyż jest ona wykorzystana do napędzenia tego właśnie konkretnego silnika analizowanego tramwaju. W konsekwencji może się okazać, że tramwaj wcale nie jest o wiele lepszy od autobusu. Ale do tego wniosku możemy dojść tylko po zastosowaniu filozofii LCA.

Nieuwzględnienie podejścia opartego na ocenie cyklu życia w zdecydowanej większości przypadków musi prowadzić do błędnych wniosków. W istocie rzadko się zdarza, by większość uciążliwości była związana tylko z jednym etapem cyklu życia do takiego stopnia by uciążliwości związane z innymi etapami były pomijalnie małe, a tylko wtedy brak LCA może nie powodować znaczących problemów merytorycznych i interpretacyjnych.

Na przykład, pozyskanie energii z koksu jest związane z wieloma etapami przygotowania materiału wsadowego, które wiążą się ze znacznym obciążeniem środowiska. Na rysunku 3.1 pokazano kilka etapów cyklu życia koksu z zaznaczeniem towarzyszącej im emisji dwutlenku siarki (SO_2). Wielkości pokazane na rysunku zostały odniesione do jednostki funkcjonalnej, jaką był 1 MJ ciepła pozyskanego z koksu na drodze procesów termicznych. Okazuje się, że o ile największym źródłem emisji jest rzeczywiście etap odzysku energii z koksu – jednak pozostałe etapy wywierają również znaczący wpływ na środowisko. W tym przypadku pominięcie innych etapów cyklu życia czyli tzw. procesów związanych, powoduje jednocześnie nieuwzględnienie około 30% całej emisji SO_2 .



Rys. 3.1. Emisja SO_2 na różnych etapach cyklu życia koksu wyrażona kgSO_2/MJ [7]

Doskonałym przykładem pozwalającym na zilustrowanie znaczenia filozofii LCA są elektrownie wodne. Rozpatrując tylko i wyłącznie etap wytwarzania energii elektrycznej można dojść do wniosku, że towarzysząca temu emisja jest znikomo mała. Z tego względu elektrownie tego typu uchodzą za źródło bardzo niskoemisyjne lub wręcz „zeroemisyjne” – zwłaszcza w kontekście wpływu na zmianę klimatu.

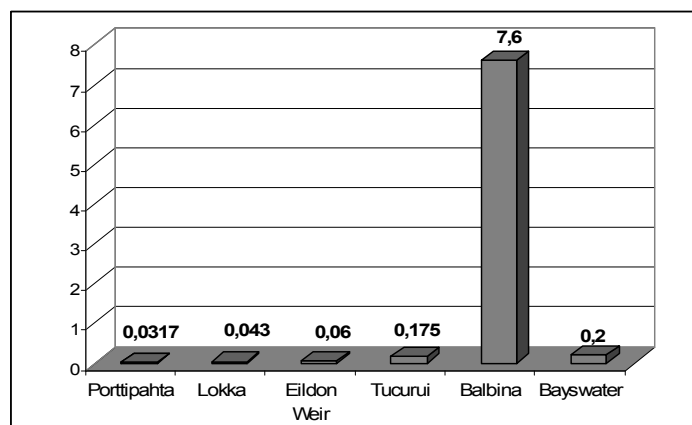
W rzeczywistości ocena całkowitego wpływu na środowisko powinno uwzględniać m.in.:

- wydobywanie i transport ogromnej ilości materiałów niezbędnych do wzniesienia zapory,

- trwające co najmniej kilka lat intensywne prace inżynierskie w miejscu lokalizacji elektrowni, w tym transportu ciężkich materiałów, hałas, pył i inne zakłócenia,
- znaczące zaburzenia drogi wodnej, zarówno powyżej jak i poniżej zapory, w tym stanu lokalizacji zasobów składników pokarmowych, łowisk, siedlisk ptactwa, stanu osadów rzecznych,
- zakłócenia lokalnych stosunków hydrologicznych,
- potencjalną konieczność przesiedlenia pewnej liczby ludności,
- potencjalne zaburzenia geofizyczne spowodowane ciężarem wody spiętrzonej przez zaporę, zwiększenie aktywności sejsmicznej na danym terenie,
- emisje związane ze stworzeniem nowych sztucznych zbiorników.

W przypadku elektrowni wodnych znaczący udział w emisji np. gazów cieplarnianych z rozkładu biomasy ze zbiornika, który został utworzony w wyniku prac związanych z budową elektrowni, a która ma miejsce w czasie eksploatacji elektrowni. Nieuwzględnienie tego faktu (czyli pominięcie podejścia LCA) może prowadzić do poważnych błędów.

Pamiętać należy, że warunki lokalne mają bardzo duże znaczenie i są w stanie wpłynąć w znaczący sposób na wynik całej analizy. Doskonałym przykładem tego jest emisja gazów cieplarnianych pochodząca ze zbiorników wodnych powstałych na skutek budowy różnych elektrowni wodnych. Porównanie kilku przykładów zostało przedstawione na rysunku 3.2., gdzie na wykresie pokazano dane z elektrowni Eildon Weir w Australii, Tucuruí i Balbina w Brazylii oraz Porttipahta i Lokka w Finlandii. Dodatkowo dla celów porównawczych ujęto również dane z elektrowni konwencjonalnej opalanej węglem Bayswater w Australii.



Rys. 3.2. Emisja gazów cieplarnianych z różnych zbiorników wodnych oraz z konwencjonalnej elektrowni węglowej wyrażona w Mg CO₂ eq/GJ_e [8]

Analiza wykresu 3.2 prowadzi do wniosku, że wytwarzanie energii elektrycznej w elektrowniach wodnych również prowadzi do emisji gazów cieplarnianych. Jest to głównie związane z procesami rozkładu biomasy w sztucznych zbiornikach wodnych stworzonych na potrzeby elektrowni. Emisja ta jest, co prawda, zwykle mniejsza niż emisja związana z całym cyklem życia elektrowni węglowej takiej jak Bayswater, jednak są to wielkości zauważalne. Okazuje się jednak, że w niektórych przypadkach (Balbina) emisja ta może być drastycznie większa.

Wielkość emisji gazów cieplarnianych z różnych zbiorników wodnych bardzo się różni między sobą. Zależy to od specyfiki klimatu i rodzaju terenu, na którym znajduje się zbiornik. Duża emisja może również zależeć od głębokości obiektu. Innym ważnym czynnikiem jest stosunek ilości wytwarzanej energii w jednostce czasu do powierzchni zbiornika. Zbiornik w stosunkowo płaskiej okolicy może mieć niski poziom hydrostatyczny, dużą powierzchnię i dlatego mniejszą produkcję mocy wyjściowej, a jednocześnie zwykle jest źródłem większej emisji gazów cieplarnianych niż zbiorniki głębokie.

Emisja gazów cieplarnianych przypadająca na 1 GJ wyprodukowanej energii elektrycznej w elektrowni wodnej Balbina, jest w przybliżeniu 30 razy większa niż z konwencjonalnej elektrowni węglowej (Bayswater).

4. Wnioski

Zaprezentowane w pracy przykłady ilustrują konieczność stosowania podejścia LCA do wszelkich analiz środowiskowych. Każda analiza powinna uwzględniać pełny cykl życia – gdyż nigdy nie można uznać żadnego z etapów za na tyle mały by mógł być z góry wyłączony z analizy. Elementy systemu, czy też całe systemy, które z pozoru mogą wydawać się przyjazne środowisku – po uwzględnieniu pełnego cyklu życia takimi nie muszą się okazać w rzeczywistości. Niesłuchanie ważne jest również uwzględnianie specyfiki lokalnej. Ta sama instalacja w różnych warunkach może skutkować innym wpływem na środowisko.

LCA jest ukierunkowany raczej na zjawiska o charakterze fizycznym i jest w stanie uwzględnić zagadnienia ekonomiczne. W klasycznej formie nie uwzględnia ona jednak czynników o charakterze probabilistycznym takich jak np. mechanizmy rynkowe czy wtórne skutki rozwoju technologii. LCA traktuje wszystkie procesy jako liniowe – zarówno jeśli chodzi o zjawiska środowiskowe jak i ekonomię. W niektórych aspektach podjęto próby zmiany tego stanu rzeczy – jednak w samym swoim jądrze LCA jest modelem liniowym.

LCA jest analizą, która jest oparta na nauce i technice. Bazuje ona jednak na szeregu założeń i uśrednień. Należy o tym pamiętać i starać się w możliwie otwarty czytelny sposób zaznaczać wszystkie te analizy.

Jako pewnik należy przyjąć, że analiza LCA jest współcześnie absolutną podstawą wszelkich analiz środowiskowych i jest niezbędna na wszystkich etapach procesów decyzyjnych. Stanowi więc nieodzowny element wdrażania polityki zrównoważonego rozwoju.

Literatura

1. Strategia Wdrażania w Polsce Zintegrowanej Polityki Produktowej, Dokument przyjęty przez Komitet Europejski Rady Ministrów w dniu 25 lutego 2005.
2. Grzesik K. „Wprowadzenie do oceny cyklu życia (LCA) – nowej techniki w ochronie środowiska”, Inżynieria Środowiska, Akademia Górniczo-Hutnicza im. S. Staszica w Krakowie, 2006, T. 11, z. 1, s. 101-113.
3. European Integrated Product Policy, IPP (COM (2003) 302.
4. Waste Prevention and Recycling (COM (2005) 666.
5. Sustainable Use of Natural Resources (COM (2005) 670.
6. UNEP (1996). Life Cycle Assessment: What it is and how to do it. United Nations publishers, Paris.
7. Pikoń K., Uciążliwość ekologiczna gospodarki odpadami związana z efektem cieplarnianym, W: Kongres nauki Politechniki Śląskiej Wydziału Inżynierii Środowiska i Energetyki z okazji 60-lecia Uczelni. 50-lecie kierunku Inżynieria Środowiska. Gliwice: Wydaw. Politechniki Śląskiej, 2005, s. 51-61.
8. Wibberley L., Nunn J., Cottrell A., Urfer A., Scaife P.: LCA of Steel and Electricity Production ACARP Project C8049 December 1999.

