

ZASADY POMIARÓW EFEKTYWNOŚCI ŚRODOWISKOWEJ W CYKLU ŻYCIA PRODUKTÓW

Joanna Kulczycka¹, Zygmunt Kowalski², Anna Lewandowska³, Łukasz Lelek²

¹ AGH Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie; Wydział Zarządzania; ul. Gramatyka 10, Kraków, e-mail: kulczycka@meeri.pl

² Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energia PAN, ul. Wybickiego 7, 31-261 Kraków

³ Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Katedra Towaroznawstwa i Ekologii Produktów Przemysłowych, al. Niepodległości 10, 61-875 Poznań

STRESZCZENIE

Jednym z celów działań Komisji Europejskiej (KE) jest wprowadzenie jednolitych zasad pomiaru efektywności środowiskowej bazujących na metodzie oceny cyklu życia (Life Cycle Assessment – LCA), która może mieć szerokie zastosowanie m.in. w ekoznakowaniu czy ocenie technologicznej wyrobów, usług, technologii itp. Stąd też od 1 listopada 2013 r. realizowana jest faza pilotażowa projektu KE dotyczącego opracowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji, która ma na celu opracowanie dokumentów przewodnich w tym zakresie. Obejmuje ona opracowanie wytycznych (Category Rules) dotyczących obliczania, weryfikowania i komunikowania tzw. śladów środowiskowych dla 25 kategorii produktów oraz dwóch organizacji. W artykule przedstawiono zasady pomiaru efektywności środowiskowej na bazie oceny cyklu życia, w odniesieniu do założeń projektowanej metodyki śladu środowiskowego.

Słowa kluczowe: ocena cyklu życia, LCA, ślad środowiskowy, efektywność środowiskowa

PRINCIPLES OF ENVIRONMENTAL ASSESSMENT IN THE LIFECYCLE OF PRODUCTS

ABSTRACT

One of the aims of the European Commission (EC) activities is to introduce uniform rules for the environmental performance assessment based on the life cycle assessment method (LCA), which can be widely used e.g. in eco-labeling, assessment of goods, services, technology, etc. Therefore, from 1 November 2013 the European Commission implemented a pilot phase of the project on developing common methods for measuring the environmental performance of the product and organisation, aims to develop guidance documents in this field. The pilot phase includes development of the Category Rules relating to the calculation, verification and communication for environmental footprint of the 25 categories of products and two organizations. Therefore, the article presents the principle of environmental performance based on life cycle assessment in relation to the objectives of the proposed methodology of environmental footprint.

Keywords: life cycle assessment, LCA, environmental footprint, environmental performance

WSTĘP

Efektywność środowiskowa, zgodnie z projektowaną przez Komisję Europejską metodyką śladów środowiskowych dla produktów i organizacji (Environmental Footprint (EF) pilot phase) wykracza swym zakresem poza proste stwierdzenia dotyczące jednego aspektu środowiskowego np. podatności do kompostowania, czy recyklingu [Zalecenie 2013]. Efektywność środowisko-

wa to potencjalne oddziaływanie na środowisko określone dla całego cyklu produktu w ujęciu wieloaspektowym, tzn. obejmującym różne problemy środowiskowe. Stąd jej metodyka zbudowana została na założeniach środowiskowej oceny cyklu życia (Environmental Life Cycle Assessment, LCA) [Hauschild et al. 2013, Kowalski et al. 2007] opracowanych i udoskonalanych od wielu lat. Z tego względu istnieje zbieżność nie tylko koncepcyjna, ale także terminologicz-

na pomiędzy LCA, a opracowanymi założeniami dla PEF – Product Environmental Footprint i OEF – Organisation Environmental Footprint [European Commission 2016, Pelletier et al. 2012].

Podstawowym założeniem jest fakt, iż LCA i ślad środowiskowy (PEF i OEF) umożliwią kwantyfikowanie potencjalnego wpływu produktów i organizacji na środowisko w całym cyklu życia. PEF oraz OEF wykazują następujące cechy właściwe dla badań LCA:

- myślenie perspektywą cyklu życia (Life Cycle Thinking, LCT),
- podejście systemowe,
- zorientowanie na funkcji (function oriented),
- łączenie analizy zbioru wejść i wyjść (Life Cycle Inventory, LCI) z oceną wpływu cyklu życia (Life Cycle Impact Assessment, LCIA),
- wieloaspektowość (wielokryterialność),
- określanie potencjalnego wpływu na środowisko.

PEF definiowane jest jako „ogólna metoda mająca na celu pomiar potencjalnego oddziaływania produktu na środowisko w całym cyklu życia oraz informowanie o nim”, natomiast OEF jako „ogólna metoda mająca na celu pomiar potencjalnego oddziaływania organizacji na środowisko w całym cyklu życia oraz informowanie o nim” [Zalecenie 2013, European Commission 2012]. W obu przypadkach pojawia się określenie cykl życia, które zgodnie z wytycznymi norm ISO z grupy 14040, definiowane jest jako „kolejne i powiązane ze sobą etapy systemu wyrobu, od pozyskania lub wytworzenia surowca z zasobów naturalnych do ostatecznej likwidacji” [ISO 14040].

W praktyce oznacza to, że ślad środowiskowy mierzony jest w odniesieniu do całego cyklu życia produktów lub przynajmniej do najważniejszych jego etapów. Zarówno w przypadku PEF, jak i OEF, uwzględnia się nie tylko etap produkcji, ale także procesy zachodzące w łańcuchu dostaw (upstreams) oraz etapy poprodukcyjne (downstreams). Oznacza to konieczność pozyskiwania informacji o odpowiedniej jakości (zgodnie z wymaganiami jakości danych zawartymi w wytycznych PEF Category Rules – PEFCR i OEF Category Rules – OEFCR) również od dostawców.

PODEJŚCIE SYSTEMOWE

Środowiskowa ocena cyklu życia LCA w ujęciu norm ISO [ISO 1044, ISO/TS 14067] stanowi element zarządzania środowiskowego. Jest to

metoda mająca na celu ocenę zagrożeń środowiskowych poprzez identyfikację i określenie ilości zużytych materiałów, energii oraz odpadów wprowadzanych do środowiska, a następnie ocenę wpływu tych procesów na środowisko naturalne. Badania dotyczą całego okresu życia wyrobu, począwszy od wydobycia surowców i ich przerobu, poprzez proces produkcji, dystrybucję i stosowanie, aż do końcowego zagospodarowania. W analizach LCA identyfikacja i ocena aspektów środowiskowych oraz związanych z nimi potencjalnych oddziaływań na środowisko dokonywana jest w granicach systemu wyrobu, który należy rozumieć jako zbiór procesów jednostkowych wraz z przepływającymi między nimi strumieniami materiałów i energii, które spełniają jedną lub więcej określonych funkcji i które modelują cykl życia wyrobu. Oznacza to, że punktem wyjścia do formułowania wytycznych realizacji analiz PEF i OEF jest dokładne zdefiniowanie systemu wyrobu poprzez nakreślenie granic systemu, etapów cyklu życia oraz procesów jednostkowych, ze wskazaniem, które obszary systemu wyrobu należy uznać za pierwszoplanowe (foreground system), a które za drugoplanowe (background system).

PODEJŚCIE FUNKCJONALNE

Badania LCA zorientowane są na funkcji jaką spełnia system wyrobu/system organizacji. W literaturze można spotkać definicję LCA, która wprost wskazuje na orientację funkcjonalną tego narzędzia (środowiskowa ocena cyklu życia służy porównaniu i ocenie potencjalnego oddziaływania na środowisko różnych sposobów wypełnienia tej samej funkcji) [Kowalski 2007, Kulczycka 2011, Strykowski 2006, Lewandowska 2006]. Zapewnienie równoważności funkcyjnej produktów/organizacji jest kluczowe, bowiem tylko takie mogą podlegać porównawczym analizom LCA. W przypadku gdy porównywane systemy są nieekwiwalentne funkcyjnie, to albo należy zrezygnować z ich porównywania, albo należy stosować procedurę alokacji opisaną w normie ISO 14040 i zgodnie z nią rozwiązywać problemy alokacyjne (np. systemy wielowejściowe, systemy wielowyjściowe). Zdefiniowanie funkcji produktu jest jednym z pierwszych kroków dokonywanych w pierwszej fazie badań LCA (faza określenia celu i zakresu). Następuje ono poprzez sprecyzowanie parametrów funkcjonalnych pro-

duktu (np. wartości odżywcze, czas przydatności do spożycia, barierowość opakowania, żywotność, moc znamionowa, współczynnik przewodzenia ciepła itp.) oraz określenie warunków realizacji funkcji (częstotliwość i warunki prania, częstotliwość mycia, temperatura przechowywania, konserwacje, naprawy i remonty itp.). Zdefiniowanie funkcji i jednostki funkcjonalnej (functional unit) jest punktem wyjścia do zdefiniowania granic systemu wyrobu. Scharakteryzowanie produktów zdefiniowanie funkcji i jednostki analizy jest też obligatoryjnym elementem każdego PEFCR.

Podejście funkcjonalne odnosi się także do śladów środowiskowych organizacji. W rozumieniu OEF funkcją organizacji jest „dostarczanie produktów i usług”. Zatem system organizacji należy rozumieć jako zbiór procesów jednostkowych z przepływami materiałowo-energetycznymi (strumieniami wyrobów i strumieniami elementarnymi), których celem jest wytwarzane określonych (jakościowo i ilościowo) produktów i/lub usług w danym czasie (roku). Widać wyraźnie powiązanie między systemem organizacji, a systemami wyrobów. Ślad środowiskowy danej organizacji powinien mniej więcej odpowiadać sumie śladów środowiskowych produktów, wchodzących w zakres jej portfolio produktów.

ŁĄCZENIE ANALIZY ZBIORU WEJŚĆ I WYJŚĆ Z OCENĄ WPŁYWU NA ŚRODOWISKO

Kolejną cechą metodyki badań LCA, istotną z punktu widzenia śladów środowiskowych, jest uwzględnianie procedury oceny wpływu na środowisko (Life Cycle Impact Assessment, LCIA). Wspomniane wcześniej terminy „system wyrobu” i „system organizacji” są pojęciami przynależnymi pierwszej (określenie celu i zakresu) oraz drugiej (analiza zbioru wejść i wyjść) fazy badań LCA.

W pierwszej fazie badań LCA definiuje się system wyrobu/organizacji (stanowiący tzw. model LCI), a w drugiej „wypełnia” się go danymi inwentarzowymi. To, co jest dokonywane obecnie w ramach projektów PEFCR i OEFSR, to właśnie opracowywanie modeli systemów dla reprezentatywnych produktów oraz organizacji w ramach poszczególnych kategorii produktowych/organizacji. W dalszej kolejności, w ramach tzw. badań screeningowych, modele te wypełniane są

danymi inwentarzowymi (wejścia i wyjścia) i dokonywana są dla nich analizy oceny wpływu na środowisko (tzw. ocena oddziaływania śladu środowiskowego). Oznacza to, że w ramach badań screeningowych dla każdego procesu jednostkowego wchodzącego w zakres reprezentatywnego systemu wyrobu/organizacji przypisuje się wejścia i wyjścia odzwierciedlające „średnią” europejską. Wejścia i wyjścia dzieli się zasadniczo na dwie kategorie: strumieni wyrobów oraz strumieni elementarnych. Owo rozróżnienie jest kluczowe w badaniach LCA, a także w odniesieniu do metodyki PEF i OEF. Zatem jednym z istotnych docelowych elementów dokumentów PEFCR i OEFSR będzie wykazanie tabel inwentarzowych (inventory tables) wypełnionych uśrednionymi danymi dla reprezentatywnego produktu/organizacji oraz wskazanie analogicznych pustych wzorcowych tabel zawierających jedynie jakościowy wykaz danych niezbędnych do zgromadzenia przez podmioty dokonujące pomiaru PEF/OEF dla swoich produktów. Tabele te powinny być wykazane dla wszystkich procesów jednostkowych uznanych za istotne (na podstawie badań screeningowych i tzw. supporting studies). Wejścia i wyjścia dotyczą materiałowych oraz energetycznych strumieni wchodzących oraz opuszczających procesy jednostkowe, a więc obejmują przykładowo zużycie surowców, półproduktów, produktów gotowych, materiałów opakowaniowych, a także produkcję wyrobów, generowanie odpadów i ścieków oraz emitowanie zanieczyszczeń do wody, powietrza i gleby.

Obecnie w fazie pilotażowej jest 26 grup produktów, dla których opracowany zostanie algorytm dla obliczania efektywności środowiskowej, który będzie mógł być wykorzystywany do porównywania produktów. Są to: baterie i akumulatory, farby dekoracyjne, rury zasilające w ciepłą i zimną wodę, środki czystości, półprodukty z papieru, sprzęt IT, skóry, płyty metalowe, obuwie, fotowoltaiczne systemy wytwarzające energię, termoizolacje, podkoszulki, UPS, piwo, kawa, produkty mleczne, pasza, karma dla kotów i psów, ryby morskie, mięso, oliwa z oliwek, woda, makaron, wino, a dla organizacji handel i pozyskiwanie miedzi [<https://www.mr.gov.pl/>]. Jednakże zebranie informacji o wejściach i wyjściach w systemie wyrobu/organizacji, to zaledwie połowa badania LCA i pomiaru OEF/PEF, bowiem dane o zużyciu oraz emisjach nie informują o rodzaju oraz skali oddziaływania na środowisko, jakie wynika z konsumpcji i emisji.

W celu uzyskania tego rodzaju informacji, należy przeprowadzić ocenę wpływu cyklu życia stanowiącą trzecią fazę badania LCA i zwaną w skrócie LCIA. W terminologii śladów środowiskowych stosuje się termin Ocena oddziaływania śladu środowiskowego (Environmental Footprint Impact Assessment) [European Commission 2012].

Metoda ILCD 2011 Midpoint+ jako rekomendowane podejście do oceny oddziaływania śladu środowiskowego

Klasyfikowanie (klasyfikacja)

Ocena wpływu cyklu życia (LCIA), w metodyce śladów środowiskowych określana jest jako ocena oddziaływania śladu środowiskowego (Environmental Footprint Impact Assessment, EFIA). Zgodnie z normą ISO 14040 oraz 14044, w ramach oceny wpływu należy zrealizować pewne konkretne kroki obligatoryjne (klasyfikowanie i charakteryzowanie według zaleceń KE) oraz można przeprowadzić kroki dobrowolne. Klasyfikowanie polega na przypisaniu wyników profilu wykorzystywania zasobów i wytwarzania emisji (Resource Use and Emissions Profile RUEP) do poszczególnych kategorii oddziaływania śladu środowiskowego. W praktyce wyniki RUEP dla skomplikowanych systemów produktów/organizacji mogą obejmować setki lub więcej danych. Z tego punktu widzenia pomocne są oprogramowania do badań LCA, które wiele kroków proceduralnych wykonują automatycznie, w tym także klasyfikowanie. W programach do badań LCA znajdują się stosowne informacje pozwalające na dokonywanie klasyfikowania w ramach wielu różnych metod LCIA.

Charakteryzowanie (charakterystyka)

Celem charakteryzowania jest powiązanie wyników analizy zbioru wejść i wyjść (profilu RUEP) z oddziaływaniem na środowisko. Odbywa się to z wykorzystaniem modeli charakteryzowania, których zasadniczym elementem są tzw. parametry charakteryzowania. Określenie potencjalnego oddziaływania na środowisko odbywa się w zakresie różnych problemów środowiskowych, zwanych kategoriami wpływu i rozumianych jako „klasa reprezentująca rozpatrywane kwestie środowiskowe, do których mogą być przypisane wyniki analizy zbioru wejść i wyjść cyklu życia”.

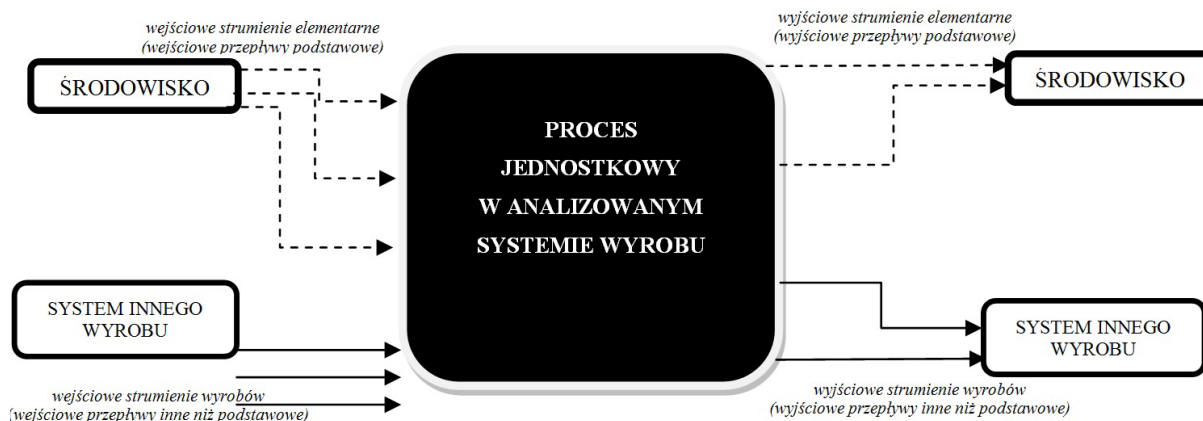
Od strony formalnej parametry charakteryzowania to pewne wskaźniki, które wyliczane są

zazwyczaj przy użyciu jednej lub kilku formuł odzwierciedlających zależności pomiędzy różnymi parametrami czyli mechanizm powstawania danego problemu środowiskowego. Zazwyczaj jeden z elementów znajdujących się w formule parametru charakteryzowania pełni rolę tzw. wskaźnika kategorii wpływu. Każda z kategorii wpływu wchodząca w zakres danej metody ma swój własny zbiór związków (jako emisji lub pobrań ze środowiska) i przynależnych ich parametrów charakteryzowania, wyrażonych w tzw. ogólnych jednostkach kategorii wpływu.

W kontekście zrozumienia idei charakteryzowania i interpretowania wartości parametrów charakteryzowania, warto wyjaśnić jeszcze jedną istotną kwestię. Kluczowe jest tutaj rozróżnienie pomiędzy tzw. strumieniami elementarnymi (elementary flows), a strumieniami wyrobów (product flows). Zgodnie z metodyką LCA system wyrobu składa się z układu procesów jednostkowych. Każdy proces jednostkowy można rozpatrywać dwustronnie: od strony strumieni materiałów i energii wchodzących do procesu (inputs) oraz od strony strumieni materiałów i energii opuszczających ten proces (outputs). Jeśli strumień wejściowy pochodzi bezpośrednio ze środowiska i nie podlegał wcześniej przetworzeniu przez człowieka, a więc jego zużycie w analizowanym systemie wyrobu jest jego pierwszym wykorzystaniem (np. woda bezpośrednio z jeziora, ruda metali bezpośrednio ze złoża, gaz ziemny ze złoża), to jest to wejściowy strumień elementarny (przepływ podstawowy). Analogicznie, jeśli jakiś materiał lub energia opuszcza proces jednostkowy i trafia do środowiska bez dalszego przetworzenia przez człowieka (np. emisja do powietrza, odpady na składowisku, emisja zanieczyszczeń do jeziora lub gleby), to mowa o wyjściowym strumieniu elementarnym (przepływie podstawowym). Na rysunku 1 strumienie elementarne zaznaczone są przerywaną linią.

Jeżeli jednak cokolwiek wchodzi do systemu po uprzednim przetworzeniu (np. benzyna, miedź, woda z wodociągów) lub opuszcza go z zamiarem dalszej obróbki technologicznej (np. odpady do zagospodarowania, współprodukty, produkty uboczne, ścieki), to mowa o strumieniach wyrobów (przepływach innych, niż podstawowe). Owo rozróżnienie jest istotne dlatego, że parametry charakteryzowania określone są tylko dla strumieni elementarnych (przepływów podstawowych), natomiast nie dla strumieni wyrobów (przepływów innych niż podstawowe).

W Zaleceniu Komisji zawarto standardowy wykaz kategorii oddziaływania śladu środowi-



Rys. 1. Strumienie elementarne (przepływy podstawowe) i strumienie wyrobów (przepływy inne, niż podstawowe)

Fig. 1. Elementary streams and streams of products (other than elementary)

skowego (kategorii wpływu) oraz powiązanych modeli oceny i wskaźników, jakie należy stosować w badaniach śladu środowiskowego produktów i organizacji (tab. 1).

Wykaz ten odpowiada zestawowi kategorii wpływu oraz modeli charakteryzowania metody ILCD 2011 Midpoint+ [European Commission 2012]. Z tego powodu jest ona stosowana podczas analiz screeningowych realizowanych na potrzeby opracowywania PEFCR oraz OEFSR. W ramach pomiaru śladów środowiskowych, prócz obowiązkowych kroków oceny oddziaływania (klasyfikowania i charakteryzowania), dopuszcza się realizację dwóch kroków dobrowolnych – normalizowania (zalecane) i ważenia (opcjonalne). Jednak podstawowe znaczenie w końcowej ocenie ma interpretacja wyników.

Interpretacja wyników LCA

Interpretacja cyklu życia jest ostatnim etapem LCA. Według norm ISO interpretacja cyklu życia jest systematyczną procedurą identyfikacji, kwalifikacji, sprawdzenia i oceny informacji uzyskanych w wyniku LCI i LCIA systemu wyrobu oraz procedurą ich prezentacji mającą na celu spełnienie wymagań zastosowania zgodnie z celem i zakresem badań. Jest to więc etap, na którym formułuje się ostateczne wnioski z przeprowadzonej analizy zgodnie z wytyczonym w pierwszym etapie celem. Można wskazać te elementy danego produktu, procesu czy usługi, w przypadku których zagrożenia środowiskowe są największe. Na tej podstawie ustala się sposoby zmniejszenia materiałochłonności, energochłonności, oraz minimalizowania wpływu na środowisko naturalne

i ludzkie zdrowie, np. poprzez zmianę technologii w tej fazie życia produktu czy procesu, który jest najbardziej uciążliwy dla środowiska. Można także na podstawie analiz porównawczych LCA wskazać który produkt jest lepszy z punktu widzenia jego oddziaływania na środowisko.

W efekcie w tej fazie podejmuje się decyzje mające na celu zminimalizowanie niepożądanego wpływu działalności przemysłowej na środowisko i przez to poprawę jego stanu oraz decyzje dotyczące rozwiązań technologicznych mających na celu poprawę jakości produktu. Identyfikacja bazuje na wynikach uzyskanych w fazie inwentaryzacji danych i w fazie oceny wpływu na środowisko. Stąd tak ważne jest sprawdzenie poprawności założeń przyjętych w fazie pierwszej (celu i zakresu badań, granicy systemu wyrobu) oraz ocena tych założeń.

PODSUMOWANIE

Podstawą sprawnego funkcjonowania rynku produktów i przedsiębiorstw ekologicznych jest ujednoczenie metodyki kwantyfikowania, weryfikowania oraz komunikowania efektywności środowiskowej. Wobec dużej liczby istniejących systemów etykietowania środowiskowego oraz związanych z nimi kryteriów środowiskowych, konsumenci mają prawo czuć się zdezorientowani. W związku z tym w 2013 r. KE opublikowała Zalecenie dotyczące stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej (Zalecenie KE z dnia 9 kwietnia 2013 r.) co stanowiło efekt podjęcia inicjatywy mającej na

Tabela 1. Standardowe kategorie oddziaływania śladu środowiskowego wraz z wskaźnikami kategorii oraz modelami oceny oddziaływania śladu środowiskowego na potrzeby badań śladu środowiskowego organizacji
Table 1. Standard impact categories in the environmental footprint along with indicators of categories and models for environmental footprint impact assessment

Kategoria oddziaływania śladu środowiskowego	Model oceny oddziaływania śladu środowiskowego	Wskaźnik kategorii oddziaływania środowiskowego
Zmiana klimatu	Model z Berna – współczynnik ocieplenia globalnego w perspektywie 100 lat [European Commission 2010]	kg CO ₂ -eq
Zubożenie warstwy ozonowej	Model projektowania produktów przemysłowych z uwzględnieniem środowiska (ang. Environmental Design of Industrial Products, EDIP), oparty na potencjałach niszczenia ozonu (ODP) w nieokreślonej perspektywie czasowej, opracowany przez Światową Organizację Meteorologiczną (WMO) [Daniel and Velders 2007]	kg CFC-11-eq
Ekotoksyczność – woda słodka	Model USEtox [Rosenbaum et al. 2008]	Comparative toxic unit for ecosystem ms, CTUe)
Działanie toksyczne dla ludzi – działanie rakotwórcze	Model USEtox [Rosenbaum et al. 2008]	Comparative toxic unit for humans, CTUh)
Działanie toksyczne dla ludzi – działanie inne niż rakotwórcze	Model USEtox [Rosenbaum et al. 2008]	Comparative toxic unit for humans, CTUh)
Cząstki stałe / substancje nieorganiczne w układzie oddechowym	Model RiskPoll [Humbert et al. 2011]	kg PM _{2,5} eq.
Promieniowanie jonizujące – skutki dla zdrowia człowieka	Model wpływu na zdrowie człowieka [Dreicer and Tort 1995]	kg U ²³⁵ eq. (emisja do powietrza)
Fotochemiczne powstanie ozonu	Model LOTOS-EUROS [Van Zelm et al. 2008]	kg NMZO eq.
Zakwaszenie	Model skumulowanego przekroczenia (Accumulated exceedance) [Seppala et al. 2006]	moles H ⁺ eq.
Eutrofizacja – lądowa	Model skumulowanego przekroczenia [Seppala et al. 2006] ²⁷	moles N eq.
Eutrofizacja wodna – woda słodka	Model EUTREND [Heijungs et al. 2009]	kg P eq.
Eutrofizacja wodna – woda morska	Model EUTREND [Heijungs et al. 2009]	kg N ₂ eq.
Wyczerpywanie zasobów – zasoby wodne	Ecological Scarcity Method [Frischknecht and Sybille 2013]	m ³ zużycia wody w kontekście lokalnych niedoborów wody
Wyczerpywanie zasobów – surowce mineralne, surowce kopalne	Model CML2002 [Van Oers et al. 2002]	kg SB eq.
Użytkowanie gruntów	Model materii organicznej gleby (SOM) [Milà i Canals et al. 2007]	kg C (niedobór)

celu stworzenie jednolitego europejskiego rynku dla produktów ekologicznych [Komunikat 2013]. Motywacją do podjęcia działań na rzecz sformułowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej było założenie, że nie istnieje szeroko akceptowana i naukowo poprawna definicja ekologicznych produktów oraz przedsiębiorstw, co KE uznała za przyczynę ich niskiego udziału w rynku. Produkty ekologiczne wykazują się niższym negatywnym oddziaływaniem na środowisko w cyklu ich życia, w porównaniu do produktów należących do tej samej kategorii produktowej. Podobnie w przypadku przedsiębiorstw ekologicznych, które działają z korzyścią dla środowiska poprzez poprawę swej efektywności środowiskowej dzięki uwzględnianiu perspektywy cyklu życia wytwarzanych przez siebie produktów. Metodyka śladu środowiskowy produktów i organizacji projektowana w fazie pilotażowej projektu KE Envi-

ronmental Footprint (EF) pilot phase w znacznym stopniu zbudowana została na środowiskowej ocenie cyklu życia. LCA umożliwi kompleksową ocenę obciążeń i korzyści ekologicznych, wynikający z faktu wytwarzania produktów jak i funkcjonowania organizacji. Wyniki badań z wykorzystaniem metody LCA mogą być podstawą do tworzenia strategii zarządzania środowiskowego przedsiębiorstw oraz do określenia tzw. efektywności ekologicznej produktów, w szczególności tych projektowanych jako ekologiczne.

BIBLIOGRAFIA

1. Zalecenie Komisji z dnia 9 kwietnia 2013 r. w sprawie stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej, 2013/179/UE (Dziennik Urzędowy UE L 124/1).

2. Hauschild M.Z., Goedkoop M., Guinée J. et al. 2013. Identifying best existing practice for characterization modeling in life cycle impact assessment. *Journal of Life Cycle Assessment*, 18, 683–697.
3. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M. 2007. *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*. Wydawnictwo Naukowe PWN.
4. European Commission. *Product Environmental Footprint Pilot Guidance; Guidance for the implementation of the EU Product Environmental Footprint (PEF) during the Environmental Footprint (EF) pilot phase*, Joint Research Centre, 2016.
5. Pelletier N., Allacker K., Manfredi S., Chomkham Sri K., de Souza D.M. 2012. *Organisation Environmental Footprint (OEF) Guide*. Administrative Arrangement between DG Environment and Joint Research Centre No. N 070307/2009/552517, including Amendment No 1 from Dec. 2010. European Commission.
6. European Commission. *Product Environmental Footprint (PEF) Guide*. Joint Research Centre, 2012.
7. ISO 14040:2009, *Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Zasady i struktura*, PKN, Warszawa 2014.
8. ISO14044:2009, *Zarządzanie środowiskowe – Ocena cyklu życia – Wymagania i wytyczne*, PKN, Warszawa 2014.
9. ISO/TS 14067:2013, *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication*.
10. Kowalski Z., Kulczycka J., Góralczyk M. 2007. *Ekologiczna ocena cyklu życia procesów wytwórczych (LCA)*, Wydawnictwo Naukowe PWN.
11. Strykowski W., Lewandowska A., Wawrzynkiewicz Z., Noskowiak A., Cichy W. 2006. *Analiza cyklu życia (LCA) wyrobów drzewnych*, Wyd. Instytutu Technologii Drewna.
12. Lewandowska A., 2006. *Środowiskowa ocena cyklu życia produktu na przykładzie wybranych typów pomp przemysłowych*, Wyd. Akademii Ekonomicznej w Poznaniu.
13. <https://www.mr.gov.pl/strony/zadania/reindustrializacja-gospodarki/zrownowazony-rozwoj-gospodarczy/gospodarka-o-obiegu-zamknietym/slad-srodowiskowy/>
14. European Commission. *Analysis of existing environmental impact assessment methodologies for use in life cycle assessment – background document*. ILCD Handbook – International Reference Life Cycle Data System. Joint Research Centre, 2010.
15. Daniel J.S., Velders G.J.M. 2007. Halocarbon scenarios, ozone depletion potentials, and global warming potentials. *Scientific assessment of ozone depletion: 2006*, Global Ozone Research and Monitoring Project – report no. 50. World Meteorological Organization.
16. Heijungs R., Huijbregts M.A.J., De Schryver A., Struijs J., Van Zelm R. 2009. ReCiPe 2008, A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. Report I: Characterisation, first edition. RIVM Report.
17. Humbert S., J.D. Marshall, S. Shaked, J. Spadaro, Y. Nishioka, P. Preiss, T.E. McKone, A. Horvath O. Jolliet, 2011. Intake fraction for particulate matter: recommendations for life cycle assessment, *Environmental Sciences Technology*, 45(11), 4808.
18. Dreicer M., Tort V., Manen P. 1995. *Externalities of Energy, Nuclear*. European Commission, Luxembourg.
19. Van Zelm R., Huijbregts M.A.J., Den Hollander H.A., Van Jaarsveld H.A., Sauter F.J., Struijs J., Van Wijnen H.J., Van de Meent D. 2008. European characterization factors for human health damage of PM10 and ozone in life cycle impact assessment. *Atmospheric Environment* 42, 441–453.
20. Seppälä J., Posch M., Johansson M., Hettelingh J.P. 2006. Country-dependent characterization factors for acidification and terrestrial eutrophication based on accumulated exceedance as an impact category indicator. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 11(6), 403–416.
21. Frischknecht R., Sybille B.K. 2013. *Swiss Eco-Factors according to the Ecological Scarcity Method*. Methodological fundamentals and their application in Switzerland. *Environmental studies*, 1330.
22. Van Oers L., de Konig A., Guinée J., Huppers G. 2002. *Abiotic resource depletion in LCA*. Road and Hydraulic Engineering Institute.
23. Milà i Canals L., Romanyà J., Cowell S.J. 2007. Method for assessing impacts on life support functions (LSF) related to the use of ‘fertile land’ in life cycle assessment (LCA). *Journal of Cleaner Production*, 15, 1426.
24. European Commission, Joint Research Centre, Institute for Environment and Sustainability. *Characterisation factors of the ILCD Recommended Life Cycle Impact Assessment methods*. Database and Supporting Information. First edition. February 2012. EUR 25167, Publications Office of the European Union, 2012.
25. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego i Rady Tworzenie jednolitego rynku dla produktów ekologicznych Poprawa sposobu informowania o efektywności środowiskowej produktów i organizacji, KOM 196/2013 z dnia 9 kwietnia 2013 r.
26. Rosenbaum R.K., Bachmann T.M., Gold L.S., Huijbregts M.A.J., Jolliet O., Juraske R., Köhler A., Larsen H.F., MacLeod M., Margni M., McKone T.E., Payet J., Schuhmacher M., van de Meent D., Hauschild M.Z. 2008. USEtox-the UNEP-SETAC toxicity model: recommended characterisation factors for human toxicity and freshwater ecotoxicity in Life Cycle Impact Assessment. *International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(7), 532–546.