



Paweł ŁASUT*, Joanna KULCZYCKA**

Metody i programy obliczające ślad węglowy

Streszczenie: W artykule dokonano przeglądu opracowanych na świecie i w Polsce programów liczących ślad węglowy jaki dany użytkownik emituje do atmosfery. Dokonano podziału ich na trzy grupy, tj. dostępne *on-line* liczące bezpośredni wpływ na środowisko, liczące bezpośredni i pośredni wpływ, a także specjalistyczne. Analizując je wskazano mocne i słabe strony każdego z nich. Przeprowadzono badanie wszystkich wybranych kalkulatorów pod kątem emitowanego śladu węglowego do atmosfery. Odbyło się to poprzez sprawdzenie ile ekwiwalentu dwutlenku węgla może emitować średniej klasy samochód osobowy. Wykazano, że każdy z kalkulatorów podchodzi do liczenia śladu węglowego inaczej, a wartości skrajne w tym badaniu różnią się o ponad 100%. Rozbieżności takie mogą wynikać np. z braku uaktualniania metodyki CFP w poszczególnych programach, braku identyfikacji wpływu na środowisko produkcji paliwa, czy innych czynników mających wpływ na środowisko, a występujących w łańcuchu dostaw. Oprócz samego badania kalkulatory były sprawdzane pod kątem zgodności z nową normą ISO 14067:2013.

Słowa kluczowe: ślad węglowy, programy komputerowe, ISO 14067, LCA

Methods and programs for calculating Carbon Footprint

Abstract: This paper presents a review of international and Polish programs calculating carbon footprint. They were divided into three groups, i.e. available on line and computing a direct impact on the environment, counting direct and indirect effects, and lastly specialized programs. A study was made of the consistency in all the selected calculators with respect to carbon footprint from emissions into the atmosphere. This was accomplished by examining how much carbon dioxide equivalent can be produced by a mid-sized car. It was shown that each of the calculators arrives at the carbon footprint in a different way. Extreme values in this study differ by more than 100%. Such differences may arise due to the lack of updating the methodology of the CFP calculation in individual programs, the failure to identify the environmental impact of fuel production, or other factors affecting the environment and occurring in the supply chain. In addition to the research, the calculators were evaluated for their compliance with the new norm ISO 14067:2013.

Key words: carbon footprint, CFP, computer programs, ISO 14067, LCA

* Mgr inż., AGH Akademia Górniczo-Hutnicza, Wydział Zarządzania, Kraków

** Dr hab., prof. AGH, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią PAN, Kraków;
e-mail: kulczycka@meeri.pl

Wprowadzenie

Ocena wpływu na środowisko działań i przedsięwzięć gospodarczych oraz planów i programów (tzw. strategiczna ocena) jest już standardem, często wymaganym przepisami prawnymi (Organisation Environmental Footprint 2014). W ostatnich latach polityka UE została ukierunkowana na działania w celu ochrony środowiska i ograniczenia emisji gazów cieplarnianych (GHG – *Greenhouse Gases*), pomimo że wśród specjalistów nie ma zgody co do przyczyn zmian klimatu i roli człowieka w tym procesie. Polska zgodnie z Protokołem z Kioto do Ramowej Konwencji Narodów Zjednoczonych w sprawie zmian klimatu (UNFCCC – *United Nations Framework Convention on Climate Change*), zobowiązała się do ograniczenia emisji GHG o około 5,2% w latach 2008–2012 oraz 20% do roku 2020 (w porównaniu do 1990 r.). Stawia to przed naszym krajem szereg istotnych wyzwań w polityce gospodarczej, szczególnie, że jesteśmy jednym (razem z Cyprem i Bułgarią) z największych emiterów GHG w Europie. Zgodnie z Raportem Banku Światowego pt. *Transformacja w kierunku gospodarki niskoemisyjnej w Polsce* przygotowanym we współpracy z Ministerstwem Gospodarki, wykorzystując istniejące obecnie technologie Polska może ograniczyć wielkość emisji GHG prawie o jedną trzecią do 2030 r., przy średnim koszcie redukcji wynoszącym 10–15 euro za jedną tonę ekwiwalentu CO₂ (*Transformacja w kierunku gospodarki niskoemisyjnej w Polsce 2011*). Zmiana charakteru gospodarki na niskoemisyjną wiąże się z niezbędnymi nakładami finansowymi, szczególnie w pierwszej fazie jej wdrożenia, lecz w perspektywie długoterminowej może przyczynić się do przyspieszenia wzrostu gospodarczego zarówno na poziomie lokalnym jak i krajowym. Dlatego tak istotne jest promowanie i wprowadzanie różnych rozwiązań technologicznych jak i organizacyjnych oraz skwantyfikowana ocena wpływu na środowisko przewidywanych do wdrożenia działań, a przede wszystkim procesów technologicznych.

Dotychczas opracowano wiele różnych metod liczenia wpływu zanieczyszczeń oraz gazów cieplarnianych na środowisko. Jednym z takich sposobów jest *Carbon Footprint* (CFP) czyli ślad węglowy. Europejska Platforma Oceny Cyklu Życia (utworzona w Joint Research Centre Ispra KE) definiuje CFP jako całkowitą ilość emisji CO₂ i innych gazów cieplarnianych w odniesieniu do produktu, emisji wynikającej z cyklu życia tego produktu, włączając jego składowanie i unieszkodliwianie (EPLCA 2009). Ślad węglowy definiowany jest również jako całkowity zestaw gazów cieplarnianych wyemitowanych w cyklu życia produktu, przez organizację lub przez daną osobę. Jest on także ujmowany jako całkowita suma emisji gazów cieplarnianych wywołanych bezpośrednio lub pośrednio przez daną osobę, organizację, wydarzenie lub produkt (UK Carbon Trust). Wielkość emisji podawana jest w ekwiwalencie dwutlenku węgla – CO₂e. Pozwala ona na przeliczenie na tonę ekwiwalentu dwutlenku węgla (Mg CO₂e) emisji pozostałych gazów cieplarnianych, zgodnie z metodyką zaproponowaną przez Międzyrządowy Panel ds. Zmian Klimatu IPCC (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Przedstawił on koncepcję obliczania wielkości wskaźnika potencjału globalnego ocieplenia (*Global Warming Potential*, GWP) wykorzystując różne właściwości radiacyjne tych gazów i różne wartości czasu utrzymywania się ich w atmosferze. Tym sposobem określił, jaki jest potencjał gazów do wywoływania ocieplenia w stosunku do tej samej masy dwutlenku węgla, któremu przypisano wartość GWP = 1. Dlatego też ekwiwalentna emisja CO₂ jest otrzymywana w wyniku pomnożenia emisji gazu

cieplarnianego przez jego wskaźnik globalnego ocieplenia (GPW) dla danego horyzontu czasowego (IPCC 2007; Kulczycka 2011); np. w horyzoncie stu lat dla metanu wynosi on 25. Do bezpośredniego wyliczenia ekwiwalentnej emisji CO₂ służą opracowane przez IPCC tabele, a do obliczania CFP, który powinien uwzględniać koncepcję cyklu życia procesu wykorzystuje się zazwyczaj programy komputerowe. Ze względu na ich specyfikę programy te są opracowywane indywidualnie dla poszczególnych grup działań, np. transportu – wielkość emisji jazdy samochodem z punktu A do punktu B lub spalania, np. ilość CO₂e wydzielanego przez piec grzewczy w trakcie jego funkcjonowania. Istnieją też oprogramowania uwzględniające zróżnicowane procesy, jednak aby brały pod uwagę cały cykl życia wpływu na środowisko to wymagają specjalistycznych baz danych, które są często bazami komercyjnymi, np. Ecoinvent.

Przedmiotem artykułu jest analiza i ocena funkcjonowania istniejących oprogramowań w zakresie obliczania śladu węglowego, zidentyfikowania założeń i różnic między nimi oraz zaproponowania doboru właściwych programów dla oceny wybranych działań. Dodatkowo wprowadzona w programach metodyka zostanie porównana z założeniami zaproponowanymi w normie ISO 14067:2013 *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication*.

1. Analiza i ocena programów wspomagających obliczanie śladu węglowego

Od momentu opracowania koncepcji CFP pojawiły się programy komputerowe wspomagające i zachęcające różne podmioty do jego obliczania. Ogólnie są one bezpłatne i dostępne w sieci (*on-line*) przy czym różnią się zarówno zakresem jak i metodologią liczenia wpływu, np. dotyczącą rodzaju i sposobu liczenia śladu węglowego, a przede wszystkim dostępnością źródeł danych.

Wybrane programy opracowane przez podmioty zagraniczne i krajowe liczące CFP zaprezentowano w tabeli 1.

Uzyskane po przeliczeniu wyniki można odnieść do średniej ilości szacowanego ekwiwalentu dwutlenku węgla emitowanego przez człowieka do środowiska wraz z podziałem na grupy. Takie przejrzyste i proste połączenie wymienionych funkcji umożliwia użytkownikowi internetowego portalu podjęcie świadomych i odpowiedzialnych decyzji na temat jego konsumpcji.

1.1. Programy dostępne on-line oraz emisje bezpośrednio produkowane przez człowieka

Programy te skierowane są do osób prywatnych, które mogą oceniać wpływ swoich działań na środowisko. Związane są z metodologią liczenia CFP wpisanego w konstrukcję wortalu internetowego, stąd użytkownicy po zalogowaniu mogą dodawać, zmieniać oraz usuwać swoje dane. Ponadto mogą śledzić historie emisji GHG oraz sprawdzać, co się stanie z nimi w przyszłości. Dodatkowo historia CFP jest podzielona na kilka podgrup w zależności od konsumpcji jaką dana osoba prowadzi. Głównie skupiają się one w czterech grupach

TABELA 1. Programy liczące ślad węglowy wraz z ich podziałem

TABLE 1. Programs calculating the carbon footprint along with their groups

Nazwa	URL
1. Online / wpływ bezpośredni emitowany przez użytkownika	
The Carbon Account	thecarbonaccount.com
the Carbon Diet	carbondiet.org
The Nature Conservancy's	nature.org
Carbon Footprint Calculator	epa.gov
Fundacja Aeris Futuro	http://aerisfuturo.pl/kalkulator/index.html
Fundacja Nasza Ziemia	http://ziemianarozdrozu.pl/kalkulator
BioCity	http://biocity.pl/pl/kalkulator
2. Bezpośrednie / pośrednie	
Carbon Footprint Ltd.	calculator.carbonfootprint.com
CO2List.org	co2list.info
3. Specjalistyczne	
Travel Matters, US Transit Administration	travelmatters.org

Źródło: opracowanie własne

działań: zużycie prądu elektrycznego, ogrzewanie domu, jazda samochodem do pracy, przelot samolotem. Do tej grupy programów zaliczono:

a. The Carbon Account program

Link do strony: <http://www.thecarbonaccount.com/>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem / przelot samolotem

„The Carbon Account” jest wortalą internetową dedykowaną śledzeniu i archiwizacji wielkości emisji GHG jaka trafia do atmosfery przez konkretnego użytkownika. Kalkulator śledzi głównie ilości Mg CO₂e wysyłań przez użytkowników do atmosfery z podziałem na poszczególne grupy.

b. The Carbon Diet

Link do strony: <http://www.carbondiet.org/>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem / przelot samolotem

„The Carbon Diet” wylicza CO₂e, który użytkownik emituje do atmosfery w danym przedziale czasu. Dodatkowo można dowiedzieć się, jak poradzić sobie z redukcją CFP.

c. The Nature Conservancy's

Link do strony: <http://www.nature.org/>

Grupy emisji: produkcja żywności / jazda samochodem / przelot samolotem

„The Nature Conservancy’s” oblicza totalną emisję do atmosfery CO₂e. Prosty Quiz umożliwia wprowadzenie podstawowych danych, na podstawie których obliczany jest CFP.

d. Carbon Footprint Calculator

Link do strony: <http://www.epa.gov/>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem

„Carbon Footprint Calculator” zlicza przybliżoną, całkowitą ilość CO₂e emitowanego przez gospodarstwo domowe. Kalkulator jest podzielony na trzy sekcje:

- oszacowania całkowitej emisji bieżących gospodarstw domowych,
- informacja na temat działań jakie można podjąć, aby zmniejszyć emisje GHG przy zużyciu energii oraz utylizacji odpadów,
- dokładne wyliczenie, o ile może się zmniejszyć emisja zarówno w dolarach jak i w Mg CO₂e poprzez wybór odpowiednich danych z sekcji 2.

e. Fundacja Aeris Futuro

Link do strony: <http://aerisfuturo.pl/kalkulator/index.html>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem

Kalkulator Fundacji Aeris Futuro jest polskim podzielonym na kilka sekcji kalkulatorem emisji CO₂e do atmosfery. Każda sekcja zajmuje się inną dziedziną gospodarki lub transportu, dając użytkownikowi ogólne informacje na temat jego dotychczasowej emisji.

f. Fundacja Nasza Ziemia

Link do strony: <http://ziemianarozdrozu.pl/kalkulator>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem

Polski kalkulator emisji GHG do atmosfery odpowiadający na pytanie, jaki jest CFP nie tylko ze środków transportu czy mieszkania, ale również konsumpcji towarów przemysłowych, żywności jak i pozostałych sfer życia. Dodatkowo zawiera mechanizm porównujący emisje użytkownika z emisjami innych osób znajdujących się na całym świecie oraz informacje o potencjalnej możliwości redukcji Mg CO₂e poprzez zmianę swoich przyzwyczajzeń.

g. Biocity

Link do strony: <http://biocity.pl/pl/kalkulator>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem

„Biocity” to polski kalkulator liczący emisje CO₂e do atmosfery w kilku grupach, tj.: nawyki żywieniowe, transport, mieszkanie i nawyki konsumpcyjne. Nie archiwizuje wprowadzonych danych i nie estymuje zmian jakie zaszły z upływem czasu, co powoduje, że trudniej uzyskać informacje o wpływie zmiany nawyków na poziom emisji Mg CO₂e.

1.2. Programy liczące wpływy bezpośrednie i pośrednie

Druga grupa programów została zaprojektowana w ten sposób, aby zliczać zarówno emisje bezpośrednie związane z wybraną działalnością, jak i pośrednie, czyli takie, na które użytkownik nie ma bezpośrednio wpływu. Zalicza się do nich:

a. Carbon Footprint Ltd.

Link do strony: <http://calculator.carbonfootprint.com/>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem / przelot samolotem

„Carbon Footprint Ltd.” korzysta z zewnętrznych baz danych, z których pobierane są aktualne dane na temat wpływu na środowisko z następujących instytucji:

- Departamentu Środowiska, Żywności i Spraw Rolnych (DEFRA) – Wielka Brytania,
- World Resource Institute (WRI) Greenhouse Gas (GHG) Protocol,
- Agencji Certyfikacji Pojazdów (VCA) – Wielka Brytania,
- Agencji Ochrony Środowiska (EPA) – USA,
- Departamentu Energii (DOE) – USA,
- Green House Office – Australia,
- Stowarzyszenia Standardów Rejestrów GHG (CSA) – Kanada.

Kalkulator jest intuicyjny, dzięki czemu użytkownik w prosty sposób może obliczyć swoją emisję Mg CO₂e jak i ma wgląd w historyczne dane.

b. CO2List.org

Link do strony: <http://www.co2list.info/>

Grupy emisji: zużycie prądu elektrycznego / ogrzewanie domu / jazda samochodem / przelot samolotem

„CO2list calculator” zawiera znacznie więcej rodzajów punktów emisyjnych, tj. transport miejski, elektrownie wodne jak i nuklearne. Umożliwia wyświetlanie wyników na linii czasu oraz pokazuje trendy i postęp w redukcji szkodliwych emisji. Został zaprojektowany, tak aby łatwo było wprowadzać/eksportować dane do programu Excel.

Opracowane zostały też programy specjalne, które zliczają konkretny CFP danego produktu lub usługi. Dotyczą one głównie obliczeń CFP dla globalnego zużycia gazów cieplarnianych podczas lotów samolotem.

1.3. Programy specjalistyczne liczące ślad węglowy

Travel Matters, US Transit Administration

Link do strony: <http://www.travelmatters.org/>

Grupy emisji: jazda samochodem / przelot samolotem

Kalkulator umożliwia wyświetlanie wyników na linii czasu oraz oblicza i pokazuje możliwości redukcji szkodliwych emisji. Nie posiada połączeń do zewnętrznych baz danych.

1.4. Zestawienie analizowanych programów

Poniżej przedstawione jest zestawienie programów zliczających ślad węglowy wraz z ich podstawowymi funkcjami.

TABELA 2. Zestawienie kalkulatorów śladu węglowego

TABLE 2. Summary of carbon footprint calculators

Nazwa	Kraj pochodzenia	Jednostki zliczające	Podłączenie do baz	Archiwizacja danych
The Carbon Account	Anglia	funt	Nie	Tak
The Carbon Diet	Francja	kg	Nie	Tak
The Nature Conservancy's	USA	kg	Nie	Nie
Carbon Footprint Calculator	USA	kg	Tak	Nie
Fundacja Aeris Futuro	PL	kg	Nie	Nie
Fundacja Nasza Ziemia	PL	kg	Nie	Nie
BioCity	PL	kg	Nie	Nie
Carbon Footprint Ltd.	Anglia	funt	Tak	Nie
CO2List.org	USA	kg	Nie	Nie
Travel Matters, US Transit Administration	USA	kg	Tak	Nie

Źródło: opracowanie własne

2. Zestawienie rezultatów obliczeń śladu ekologicznego dla różnych kalkulatorów

W celu sprawdzenia spójności wszystkich programów zliczających CFP przeprowadzono analizę wpływu poruszania się komunikacją samochodową na środowisko, gdyż wszystkie programy umożliwiały obliczenie takiego wpływu. Dane zaimplementowane do wszystkich kalkulatorów zestawiono w tabeli 3 przyjmując założenie, że rocznie samochód marki Ford Fokus przejeżdżać będzie 16 640 km.

Wyniki obliczeń dotyczące wielkość emisji śladu węglowego wykorzystania samochodu osobowego marki Ford Fokus w ciągu jednego roku zaprezentowano w tabeli 4.

Z przeprowadzonej analizy CFP dla różnych kalkulatorów wynika, że każdy z nich liczy CFP dla środka transportu inaczej, a wielkości różnią się o ponad 100%, wahając się w przedziale od 1,8 do 6,06 Mg CO₂e. Takie rozbieżności mogą wynikać np. z braku uaktualniania metodyki CFP w poszczególnych programach, braku identyfikacji wpływu na środowisko produkcji paliwa, czy innych czynników mających wpływ na środowisko, a występujących w łańcuchu dostaw. Powoduje to, iż zaufanie do tego rodzaju sposobów liczenia może być ograniczone. Dlatego bardzo ważne jest, aby sposoby i metodologie były zbliżone, a wtedy każdy użytkownik korzystający z dowolnego serwisu może być pewien swojej estymacji śladu węglowego.

W całej grupie kalkulatorów możemy wyróżnić dwie ich podgrupy, które wykazały w miarę zbieżne ze sobą wyniki, tj. The Carbon Account i Carbon Footprint Ltd., oraz

TABELA 3. Dane wprowadzone do obliczeń CFP

TABLE 3. Data included in the calculation of the CFP

Etykieta	Dane
Nazwa przedsiębiorstwa produkująca samochody	Ford
Model samochodu	Focus FWD 2
Ilość mil przejechanych	320 km na tydzień
Ilość km na galon benzyny	8

Źródło: opracowanie własne

TABELA 4. Wielkość emisji śladu węglowego wykorzystania samochodu osobowego marki Ford Fokus w ciągu jednego roku

TABLE 4. Carbon footprint from emissions by passenger car Ford Focus in one year

Nazwa kalkulatora	Emisja Mg CO ₂ e/rok
The Carbon Account	3,60
The Carbon Diet	2,09
The Nature Conservancy's	1,80
Carbon Footprint Calculator	3,20
Fundacja Aeris Futuro	2,23
Fundacja Nasza Ziemia	3,60
Biocity	2,66
Carbon Footprint Ltd.	3,64
CO2List.org	6,06
Travel Matters, US Transit Administration	3,30

Źródło: opracowanie własne

Travel Matters, US Transit Administration i Carbon Footprint Calculator. Najbardziej zaawansowana jest jednak ta podgrupa kalkulatorów, która korzysta z zewnętrznych baz danych i liczy emisje pośrednie. Ich obliczenia znajdują się najbliżej średniej dla wszystkich kalkulatorów. Średnią tę liczymy poprzez odrzucenie dwóch skrajnych wielkości z powodu istotnego odchylenia ich od głównej puli statystycznej. Następnie dodajemy wszystkie wyniki do siebie i dzielimy je przez ich ilość. Daje nam to liczbę 3,04 Mg rocznej emisji CO₂e.

3. Porównanie zakresu analiz śladu węglowego dla kolejnych narzędzi komputerowych z zaleceniami normy ISO 14067:2013

Norma ISO 14067 została wydana w 2013 r. i obejmuje zagadnienia dotyczące zasad obliczania i stosowania CFP, które powstają w trakcie cyklu życia danego produktu. Ponadto przedstawia wskazówki zarówno w zakresie komunikacji jak i kwalifikacji CFP. Skierowana jest do organizacji (podmioty gospodarcze), władz lokalnych i centralnych, jak i innych zainteresowanych stron, które zamierzają określać i weryfikować ślad węglowy. Celem normy jest:

- określenie wymogów dla metod związanych z CFP,
- ułatwienie śledzenia emisji GHG,
- tworzenie spójnych i efektywnych procedur informacyjnych CFP dla zainteresowanych stron,
- umożliwienie lepszego zrozumienia CFP, dzięki czemu źródła emisji GHG mogą zostać zidentyfikowane i w efekcie obniżone,
- dostarczanie informacji o CFP, na bazie których konsumenci będą mogli podejmować świadome decyzje na temat kupowanych produktów i ich wpływu na emisję GHG,
- tworzenie prawidłowych i porównywalnych wzorców komunikacji w zakresie CFP,
- zwiększenie wiarygodności, spójności, przejrzystości i sprawozdawczości komunikatów CFP,
- ułatwienie oceny różnych wariantów projektowania produktów oraz metod produkcji, zaopatrzenia i produkcji, wyboru surowców, oceny recyklingu i innych faz procesów,
- usprawnienie zasad wdrażania strategii planowania i zarządzania gazami cieplarnianymi w całym cyklu życia produktu, jak również zidentyfikowania potencjalnych „oszczędności” w całym łańcuchu dostaw.

Określenie CFP ma za zadanie:

- dostarczanie informacji dla konsumentów oraz innych stron na temat ich wpływu na środowisko,
- podnoszenie świadomości ekologicznej konsumentów oraz angażowanie ich w problematykę środowiskową,
- wspieranie organizacji w celu śledzenia zmian klimatycznych,
- wspieranie implementowania polityki w zakresie zarządzania zmianami klimatycznymi (ISO 14067 2013).

W normie ISO 14067 zawarte są zagadnienia dotyczące tylko aspektów środowiskowych, nie zajmuje się ona problematyką ekonomiczną jak i społeczną. Metodyka obliczenia CFP bazuje na koncepcji oceny cyklu życia produktu (LCA – *Life Cycle Assessment*), stąd proponuje się, aby uwzględniać cztery podstawowe fazy badawcze, to jest:

1. Określenie celu i zakresu badań;
2. Analiza zbioru wejść i wyjść (katalog materiałów, energii oraz emisji i odpadów), tzw. LCI – *Life Cycle Inventory*;
3. Ocena wpływu cyklu życia LCIA – *Life Cycle Impact Assessment*;
4. Interpretacja cyklu życia – *Life Cycle Interpretation*.

Liczenie CFP jest przede wszystkim związane z określeniem wielkości emisji GHG na każdym etapie procesu produkcji w całym łańcuchu dostaw, zatem uwzględnia zarówno

aspekty bezpośrednie, na które organizacja ma wpływ, jak i te pośrednie spowodowane przez inne podmioty, z którymi współpracuje.

Metodyka w analizowanych kalkulatorach CFP, które zazwyczaj zostały opracowane przed opublikowaniem normy, nie pokrywa się w pełni z normą ISO, gdyż porusza tylko cel i wielkość problemu, nie zwracając uwagi na cały cykl życia. Ponadto większość z omawianych wyżej programów nie oblicza swoich wyników na podstawie danych rzeczywistych, a jedynie cząstkowych (np. produkcji benzyny). Daje to niepełny obraz problemu, z którym mamy do czynienia.

Z metodycznego punktu widzenia CFP stanowi fragment badań LCA. W praktyce analizy LCA obejmują kilkanaście problemów środowiskowych, wśród których zawsze jest globalne ocieplenie (zmiany klimatyczne). Mimo że pojęcia globalnego ocieplenia i zmian klimatycznych nie są w pełni tożsame, to w tym przypadku używa się ich zamiennie, jako że w metodach LCA obie stosowane są w odniesieniu do tej samej kategorii wpływu. W metodach LCIA modelujących wpływ na poziomie szkody środowiskowej stosuje się określenie zmiany klimatyczne, zaś w przypadku metod z poziomu punktów pośrednich wykorzystuje się termin globalne ocieplenie. W celu obliczenia śladu węglowego należy określić poziom emisji do i usunięć z atmosfery gazów cieplarnianych (GHG), występujących w cyklu życia analizowanego wyrobu (w normie ISO 14067 zaleca się robienie kalkulacji dla całego cyklu życia) i przeliczyć te wielkości przez wartości potencjału globalnego ocieplenia (GWP) (Lewandowska 2012). Zatem jednym ze sposobów rozwiązania tego problemu jest wykonanie LCA danego procesu czy produktu z wykorzystaniem metody Impact 2002+. Metoda ta stanowi połączenie dwóch podejść do oceny wpływu cyklu życia i umożliwia uzyskanie wyniku w zakresie globalnego ocieplenia jako wartości GWP w 100-letnim horyzoncie czasowym, wyrażonego w ogólnej jednostce kategorii wpływu – CO₂e. Można zatem uznać, że wynik wskaźnika dla kategorii wpływu globalne ocieplenie obliczony metodą Impact 2002+ i przy spełnieniu wytycznych realizacji badań LCA zawartych w normach ISO 14040 i 14044, spełnia wymogi zawarte w normie ISO 14067.

Podsumowanie

W Komunikacie Komisji do Rady i Parlamentu Europejskiego *Wyjść poza PKB. Pomiar postępu w zmieniającym się świecie KOM* (2009) 433 z dnia 20.8.2009 r. wskazano, że Komisja zamierza opracować całościowy indeks środowiskowy, który można stosować do oceny w skali makroekonomicznej. Jednocześnie identyfikuje dwa istniejące narzędzia: ślad ekologiczny i ślad węglowy. Znaczącym postępem w przypadku obliczania śladu węglowego jest zaproponowanie unifikacji metodyki w opracowanej i wydanej normie ISO 14067. Można się spodziewać, że programy te będą modyfikowane, tak aby uwzględniły jej rekomendacje. Istotne jest jednak opracowanie odpowiednich i ogólnie dostępnych (bezpłatnych) baz danych o wpływie na środowisko poszczególnych procesów, które można zaimplementować do tworzonych kalkulatorów. Taką inicjatywę podjęła kilka lat temu Europejska Platforma LCA zlokalizowana w JRC Ispra (EPLCA 2014), gdzie tworzona i uaktualniana jest baza danych ILCD, gdyż obecnie przy analizach LCA często korzysta się z drogich komercyjnych baz danych, np. Ecoinvent i oprogramowań, które również umożliwiają obliczenie śladu węglowego. Ponadto według zalecenia Komisji Europejskiej (Zale-

cenie Komisji nr 2013/179/UE 2013) opracowane zostaną narzędzia pomocnicze, takie jak kryteria jakościowe dla baz danych LCA, systemy zarządzania danymi, arbitraż naukowy, systemy zapewniania zgodności i weryfikacji oraz organa koordynujące na poziomie UE i państw członkowskich, zatem można się spodziewać, iż powstaną nowe spójne programy w zakresie obliczania śladu środowiskowego i węglowego. Obecnie każdy z analizowanych kalkulatorów ma swój oddzielny sposób liczenia CFP, jednak niektóre z nich już korzystają z zewnętrznych podobnych źródeł, np. baza samochodów w USA lub Wielkiej Brytanii i wówczas wyniki są bardziej precyzyjne, a także zbliżone.

Wykazane różnice w obliczeniach emisji śladu węglowego do atmosfery w analizowanych programach nie wynikają z błędów czy niepoprawności merytorycznej, tylko z przyjętych założeń dotyczących zakresu oceny (np. bez uwzględniania całego łańcucha dostaw) i ze względu na swą łatwość w użytkowaniu w znacznym stopniu przyczyniły się do popularyzacji koncepcji CFP jak i wzrostu świadomości społecznej.

Praca naukowa finansowana ze środków NCRiR w ramach Programu Innowacje Społeczne
Nr /IS-1/074/NCBR/2014 pt. Zielona Energia Społecznej Zmiany

Literatura

- Carbon Footprint Documentation –
http://www.envirocentre.ie/includes/documents/Carbon_Footprint-what_it_is_and_how_to_measure_it-JRC_IES-Feb09-b%5B1%5D.pdf
- European Platform on Life Cycle Assessment – <http://eplca.jrc.ec.europa.eu>
- ISO 14067:2013 *Greenhouse gases – Carbon footprint of products – Requirements and guidelines for quantification and communication* – <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:ts:14067:ed-1:v1:en> (in English)
- Kalkulator *The Carbon Account* – <http://www.thecarbonaccount.com/>
- Kalkulator *The Carbon Diet* – <http://carbondiet.org/>
- Kalkulator *The Nature Conservancy's* – <http://www.nature.org/greenliving/carboncalculator/>
- Kalkulator *Carbon Footprint Calculator* –
<http://www.epa.gov/climatechange/ghgemissions/ind-calculator.html>
- Kalkulator *The Ecological Footprint* – <http://www.myfootprint.org/>
- Kalkulator *Carbon Footprint Ltd.* – <http://calculator.carbonfootprint.com/calculator.aspx>
- Kalkulator *CO₂List.org* – <http://www.co2list.info/1/category/footprint%20calculator/1.html>
- Kalkulator *Travel Matters, US Transit Administration* – <http://www.travelmatters.org/calculator/individual/>
- Kuleczycka, J. 2011. Ekoefektywność projektów inwestycyjnych z wykorzystaniem koncepcji cyklu życia produktu. *Studia, Rozprawy i Monografie* nr 169, IGSMiE PAN, Kraków, załącznik pt. Przykłady obliczania wskaźników dla wybranych kategorii wpływu.
- Lewandowska A., *Ślad węglowy czy LCA?* *Ecomanager*, nr 4/2012 (25)
- Reisinger, A., Nottage, R., Madan P., i in., *Zmiany Klimatu 2007 – Raport syntetyczny* –
<http://www.ipcc.ch/pdf/reports-nonUN-translations/polish/Report%20final%20version.pdf>
- Zalecenie Komisji nr 2013/179/UE: z dnia 9 kwietnia 2013 r. w sprawie stosowania wspólnych metod pomiaru efektywności środowiskowej w cyklu życia produktów i organizacji oraz informowania o niej.

