

Zastosowanie środowiskowych kosztów cyklu życia w ocenie zrównoważonego łańcucha dostaw^{2, 3}

Dostrzeżenie faktu, że szybkie tempo rozwoju gospodarczego przy intensywnym korzystaniu z zasobów środowiska oraz generowaniu znacznej ilości zanieczyszczeń może pogarszać jakość życia społeczeństwa oraz prowadzić do ograniczenia poziomu produkcji spowodowało, że w ostatnich dekadach wzrosło zainteresowanie ochroną środowiska. Istotne znaczenie nabrało dążenie do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju, czyli takiego rozwoju gospodarczo-społecznego, w którym następuje integracja działań politycznych, gospodarczych i społecznych przy zachowaniu równowagi przyrodniczej oraz trwałości procesów przyrodniczych, dla zagwarantowania możliwości zaspokajania podstawowych potrzeb obywateli zarówno obecnego pokolenia, jak i przyszłych pokoleń [31].

Pojęcie zrównoważonego rozwoju stosowane jest na różnych płaszczyznach. Przykładem może być: zrównoważona produkcja (czyli model działalności produkcyjnej, w którym wzrostowi wydajności towarzyszy zmniejszenie ilości zużywanych w procesie surowców, zmniejszenie kosztów produkcji oraz zmniejszenie ilości zanieczyszczeń emitowanych do środowiska), zrównoważona konsumpcja (czyli styl życia, w którym jednostki i grupy społeczne optymalnie, świadomie i odpowiedzialnie korzystają z dostępnych zasobów naturalnych, dóbr i usług uwzględniając ich oddziaływanie na środowisko w całym cyklu życia), czy też zrównoważone budownictwo (czyli projektowanie, budowa i użytkowanie obiektów przyjaznych dla otoczenia wpisujących się w przestrzeń, rozwijających więzi społeczne przy równoczesnym zapewnieniu minimalizacji ich negatywnego wpływu na otoczenie) [21]. Pojęcie zrównoważonego rozwoju występuje także w logistyce w kontekście łańcucha dostaw, w którym dąży się do takiej organizacji realizowanych przepływów, by w jak najmniejszym stopniu wpływały one na stan środowiska przyrodniczego, a tym samym na jakość życia społeczeństwa.

Osiągnięcie zrównoważonego rozwoju wymaga integracji działań w trzech kluczowych obszarach: gospodarczym, środowiskowym i społecznym w celu maksymalizacji sumy efektów generowanych w każdym z nich. W praktyce narzędzia pozwalające na taką łączną ocenę są stosowane niewielkim stopniu. Powszechnie używa się natomiast narzędzi, dzięki którym można ocenić skalę efektów powstających w każdym z tych trzech obszarów osobno.

Zaliczyć do nich można: metody oceny efektywności ekonomicznej stosowane do wyznaczenia poziomu efektów finansowych generowanych wprowadzeniem danego rozwiązania, ocenę cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment* - LCA) wykorzystywaną do określenia wpływu danego rozwiązania na środowisko przyrodnicze w całym cyklu życia, a także analizę wskaźnikową pozwalającą na określenie poziomu jakości życia społeczeństwa. Podobna sytuacja występuje w odniesieniu do oceny zrównoważonego łańcucha dostaw. W literaturze przedmiotu można wprawdzie doszukać się narzędzi stosowanych do oceny efektów ekonomicznych generowanych przez łańcuch dostaw [między innymi: 2, 33] oraz narzędzi pozwalających na ocenę stopnia jego „zazielenienia” [między innymi: 25, 30], brak jest natomiast kompleksowych rozwiązań, które umożliwiłyby odpowiedź na pytanie, czy rzeczywiście dany łańcuch dostaw można nazwać „zrównoważonym”. Z tego względu w niniejszym artykule podjęto próbę przedstawienia możliwości wykorzystania środowiskowego rachunku kosztów cyklu życia w ocenie zrównoważonego łańcucha dostaw. Przedstawione opracowanie ma charakter teoretyczno-przeglądowy ze wskazaniem aspektów i możliwości wdrożenia proponowanego rozwiązania w praktyce gospodarczej.

Zielony, zrównoważony a odpowiedzialny łańcuch dostaw

Łańcuch dostaw to sieć powiązanych i współzależnych organizacji, które działając na zasadzie wzajemnej współpracy tworzą wartość w postaci produktów i usług dostarczanych ostatecznym konsumentom [10]. W skład łańcucha wchodzi podmioty - wytwórcy, dostawcy, firmy transportowe, firmy zajmujące się magazynowaniem, sprzedawcy - które wspólnie realizują działania pozwalające na zaspokojenie popytu na określone produkty począwszy od momentu pozyskania surowców do ich dostarczenia do ostatecznego odbiorcy [5].

Sprawnie funkcjonujący łańcuch dostaw jest kluczowym warunkiem reagowania na zmieniającą się sytuację na rynku. Jego działanie ma zapewnić, że właściwe produkty, we właściwej ilości i cenie oraz o właściwej jakości zastaną dostarczone

¹ Politechnika Śląska, Wydział Organizacji i Zarządzania, Instytut Inżynierii Produkcji.

² Artykuł recenzowany.

³ Artykuł powstał w wyniku realizacji pracy statutowej BK/223/ROZ3/2015 wykonywanej w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

na właściwe miejsce, we właściwym czasie i do właściwego odbiorcy. Aby było to możliwe konieczne jest odpowiednie zarządzanie łańcuchem dostaw rozumiane jako proces planowania, organizowania i kontroli wszystkich czynności pozwalających na przepływ dóbr, informacji i środków pieniężnych w poszczególnych ogniwach łańcucha dostaw w taki sposób, by przy spełnianiu wymagań klienta przychody generowane z realizacji danego zamówienia przewyższały poziom kosztów ponoszonych przez podmioty w całym łańcuchu dostaw [7].

Celem zarządzania łańcuchami dostaw w tradycyjnym ujęciu jest [22]:

- zapewnienie jak najkrótszego czasu realizacji zamówień i możliwie wysokiej niezawodności, częstotliwości i elastyczności dostaw przy założonym poziomie kosztów przepływu
- optymalizacja poziomu zapasów w skali łańcucha dostaw wraz z elastycznym dostosowywaniem się do preferencji w zakresie obsługi dostaw poszczególnych segmentów rynku
- minimalizacja całkowitych kosztów przepływu produktów i informacji przy zachowaniu wymaganego przez klientów poziomu jakości obsługi dostaw.

Wymienione powyżej cele nawiązują jedynie do ekonomicznych aspektów funkcjonowania łańcucha dostaw. Uświadomienie społeczeństwu występowania globalnych problemów środowiskowych, w tym przede wszystkim problemu wyczerpywania się nieodnawialnych zasobów naturalnych, czy skutków efektu cieplarnianego, a także chęć realizacji zasad zrównoważonego rozwoju spowodowało, że zaczęto myśleć o konieczności uwzględnienia w wyżej wymienionych celach również aspektów ekologicznych i społecznych. W konsekwencji pojawiły się takie pojęcia, jak: zielony łańcuch dostaw (ang. *Green Supply Chain*), zrównoważony łańcuch dostaw (ang. *Sustainable Supply Chain*), a ostatnio także odpowiedzialny łańcuch dostaw (ang. *Responsible Supply Chain*). Pojęcia te przez niektórych autorów uznawane są jako tożsame, a niektórzy wskazują na występujące pomiędzy nimi różnice. Z tego względu konieczne jest ich doprecyzowanie.

Koncepcja zielonego łańcucha dostaw koncentruje się na minimalizowaniu negatywnego wpływu na środowisko przyrodnicze procesów realizowanych w ramach tradycyjnego łańcucha dostaw. Następuje to poprzez ich „zazielenianie”. Najczęściej zatem zielony łańcuch dostaw obejmuje: zielone zakupy, zielone wytwarzanie i gospodarkę materiałową, zieloną dystrybucję i marketing oraz odwróconą logistykę, czyli realizację przepływów produktów powstających po okresie użytkowania od miejsca ich konsumpcji do miejsca ich ponownego wykorzystania [14]. Można zatem powiedzieć, że zarządzanie zielonym łańcuchem dostaw to zarządzanie zamkniętym cyklem, w skład którego wchodzi: ekoprojektowanie, pozyskanie surowców, wytwarzanie, sprzedaż, użytkowanie oraz recykling, a także wszelkie procesy magazynowania, transportu, wymiany informacji oraz środków pieniężnych następujące na każdym z wymienionych wcześniejszych etapów cyklu życia [30].

Obok pojęcia zielonego łańcucha dostaw w literaturze funkcjonuje także pojęcie zrównoważonego łańcucha dostaw. Według S. Gupty, pojęcia te są tożsame i w obu przypadkach zarządzanie polega na dążeniu do zmniejszenia oddziaływania na środowisko całego łańcucha dostaw [11]. Znaczna grupa autorów odnosi jednak pojęcie zrównoważonego łańcucha

dostaw do definicji zrównoważonego rozwoju uznając za istotne nie tylko kwestie środowiskowe, ale również kwestie społeczne i gospodarcze generowane w trakcie przepływu dóbr, informacji i środków pieniężnych pomiędzy poszczególnymi ogniwami łańcucha dostaw. W takim ujęciu zarządzanie zrównoważonym łańcuchem dostaw definiuje się jako strategiczną, transparentną integrację i osiąganie społecznych, środowiskowych i ekonomicznych celów organizacji poprzez systematyczną koordynację kluczowych procesów biznesowych w łańcuchu dostaw w celu poprawy wyników zarówno pojedynczego przedsiębiorstwa, jak i grupy przedsiębiorstw skupionych w całym łańcuchu dostaw w zakresie kwestii ekonomicznych, środowiskowych i społecznych [6, 28].

W literaturze przedmiotu w ostatnim okresie czasu pojawiło się również pojęcie odpowiedzialnego łańcucha dostaw. Odnosi się ono do łańcucha dostaw, którego celem jest tworzenie, ochrona i długofalowy rozwój wartości ekonomicznej, społecznej i środowiskowej dla wszystkich interesariuszy zaangażowanych w proces dostaw. Pojęcie to jest zatem tożsame z pojęciem zrównoważonego łańcucha dostaw.

Z przedstawionej powyżej analizy wynika, że wszystkie z zaprezentowanych koncepcji łańcucha dostaw dążą do minimalizacji wpływu na środowisko przyrodnicze oraz maksymalizacji efektów ekonomicznych, natomiast zrównoważony/odpowiedzialny łańcuch dostaw uwzględnia dodatkowo kwestie społeczne. Jeśli jednak weźmie się pod uwagę, że polepszając jakość środowiska wpływa się także na poprawę stanu zdrowia ludzi i tym samym na poprawę jakości ich życia, to wówczas można powiedzieć, że zielony łańcuch dostaw również w pewnym stopniu uwzględnia aspekty społeczne.

Narzędzia stosowane w ocenie zrównoważonego łańcucha dostaw

Jak pokazuje wykonany przegląd literaturowy, ocena skuteczności funkcjonowania zrównoważonych łańcuchów dostaw nie jest prostym zadaniem. Wynika to po pierwsze z dużej liczby podmiotów zaangażowanych w łańcuch dostaw, po drugie z osiągania różnych rodzajów efektów (ekonomicznych, ekologicznych i społecznych) wyrażanych w trudno porównywalnych ze sobą miarach, a po trzecie – z braku wskazania jednego powszechnie akceptowanego narzędzia służącego do oceny tych efektów. Najczęściej dokonuje się zatem oceny efektów generowanych tylko w jednym wymiarze [14] lub łącząc wymiar ekonomiczny i środowiskowy [20, 32]. Można również doszukać się opracowań, w których łącznej ocenie poddaje się aspekty środowiskowe i społeczne [26, 29]. W tabeli 1 przedstawiono charakterystykę wybranych narzędzi wykorzystywanych do oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw.

Z analizy informacji umieszczonych w tabeli 1 wynika, że większość narzędzi wykorzystywanych do oceny zrównoważonego łańcucha dostaw opiera się na analizie wskaźnikowej. Skutkiem tego jest wyrażanie efektów generowanych w łańcuchu dostaw w różnych jednostkach, co utrudnia ich porównanie, a także uniemożliwia łączną ocenę efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw. Trudno zatem na ich podstawie jest określić, czy łańcuch dostaw jest „zrównoważony” we wszystkich wymiarach (ekonomicznym,

Tab. 1. Charakterystyka wybranych narzędzi oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw.

Narzędzie oceny	Opis narzędzia oceny	Przykład zastosowania narzędzia w ocenie łańcucha dostaw
Rachunek kosztów działań (ang. <i>Activity-Based Costing - ABC</i>)	Pomiar i analiza kosztów i efektów działań, zasobów oraz obiektów kosztów pozwalająca na alokowanie kosztów organizacji do czynności zużywających zasoby organizacji, a następnie do przypisywania kosztów wykonania działań do produktów, klientów lub kanałów dystrybucji zużywających te działania.	– T. Zieliński (2002) [32], – M. Schulze, S. Seuring, Ch. Ewering (2012) [27]
Wskaźniki zawarte w normie ISO14032	Wykorzystanie wskaźników zawartych w normie ISO14032 do oceny efektów środowiskowych generowanych w łańcuchu dostaw	– A.A. Hervani, M.M. Helms, J. Sarkis (2005) [14]
Wskaźniki raportowania GRI (ang. <i>Global Reporting Initiative</i>)	Wykorzystanie wskaźników uwzględnianych w ramach raportowania GRI obejmujących: wskaźniki ekonomiczne (wyniki ekonomiczne, obecność na rynku, pośredni wpływ ekonomiczny), wskaźniki środowiskowe (zużycie energii, surowców/materiałów, wody, wpływ na bioróżnorodność, emisje pyłów i gazów/ścieków/odpadów stałych, zgodność z regulacjami prawnymi, wpływ produktów/transportu na środowisko, wysokość wydatków inwestycyjnych oraz kosztów bieżących ponoszonych na ochronę środowiska) oraz wskaźniki społeczne (zatrudnienie, bezpieczeństwo i higiena pracy, edukacja i szkolenie, różnorodność i równość szans)	– P. Ahi, C. Searcy (2015) [1]
EcoSCAn (ang. <i>Ecological Supply Chain Analysis</i>)	Identyfikacja i punktowa ocena wpływów środowiskowych w poszczególnych fazach cyklu życia wraz z ich mapowaniem i interpretacją stanowiącym podstawę oceny łańcucha dostaw	– A. Faruk, F. Bowen, R. Lamming, P. Cousins (2002) [9]
Metoda AHP (ang. <i>Analytical Hierarchy Process</i>)	Tworzenie modelu hierarchicznej struktury procesu decyzyjnego, obliczanie ocen z wzajemnego porównania kryteriów, badanie spójności macierzy preferencji i klasyfikacja wariantów decyzyjnych	– R. Handfield, S.V. Walton, R. Sroufe, S.A. Melnyk (2002) [13]
Strategiczna karta wyników	Ujęcie w strategicznej karcie wyników wskaźników środowiskowych takich, jak: – struktura wydatków na proaktywne i reaktywne działania środowiskowe, wielkość wydatków na inwestycje proekologiczne, wielkość kosztów usuwania odpadów, wielkość przychodów ze sprzedaży produktów przyjaznych dla środowiska, wielkość przychodów z recyklingu (perspektywa finansowa), – liczba proekologicznych produktów, poziom odzysku produktów po okresie ich użytkowania, eko-efektywność produktów (perspektywa klienta), – wielkość zużycia energii i surowców, wielkość emisji zanieczyszczeń i odpadów, poziom recyklingu materiałów, liczba dostawców z certyfikatami środowiskowymi (perspektywa procesów wewnętrznych), – liczba pracowników przeszkolonych w zakresie ochrony środowiska, liczba komórek organizacyjnych zajmujących się problematyką ochrony środowiska, liczba skarg środowiskowych, opracowanie programów reagowania na awarie (perspektywa rozwoju).	– M.J. Epstein, P. Wisner (2001) [8]
Oceny cyklu życia LCA (ang. <i>Life Cycle Assessment</i>)	Ocena wpływu na środowisko oparta na inwentaryzacji aspektów środowiskowych powstających w całym łańcuchu dostaw. W zależności od zastosowanej metody pozwala na wyrażenie wyników LCA na poziomie punktów pośrednich (jako: zmiany klimatu, uszczuplenie warstwy ozonowej, toksyczność dla ludzi, wód słonych, wód słodkich oraz gleb, zakwaszenie, tworzenie utleniaczy fotochemicznych, eutrofizacja, wykorzystanie terenu, zużycie zasobów abiotycznych) lub na poziomie punktów końcowych (jako: szkody w zdrowiu ludzkim, szkody w jakości ekosystemu oraz uszczuplenie zasobów naturalnych)	– G. Hagelaar, J. van der Vors (2001) [12], – J. Baran (2014) [3]
Miary ekoinnowacji	Ocena ekoinnowacyjności poszczególnych elementów łańcucha dostaw na podstawie: – poziomu wydatków B+R, nakładów na inwestycje w obszarze ekoinnowacji, wydatków na ekoprojektowanie (miary wejściowe), – liczby patentów, prac naukowych i publikacji w zakresie ekoinnowacji (miary wyjściowe pośrednie), – liczby innowacji, opisu indywidualnych innowacji, danych ze sprzedaży nowych produktów (miary wyjściowe bezpośrednie), – wydajności zasobów (pośrednie miary wpływu pochodzące z zagregowanych danych)	– Kemp R., Pearson P. (2011) [19]

Źródło: opracowanie własne na podstawie pozycji literaturowych zawartych w tabeli.

środowiskowym i społecznym), a także wskazać, który z porównywanych łańcuchów charakteryzuje się lepszymi efektami pod względem ekonomicznym, środowiskowym i społecznym. Z tego względu istotne znaczenie nabiera możliwość zastosowania narzędzia, które będzie pozwalać na wyrażenie wszystkich efektów generowanych w łańcuchu dostaw w jednej wartości.

Pojęcie kosztów cyklu życia

Koszty cyklu życia (ang. *life cycle costing* - LCC) to suma kosztów generowanych w poszczególnych fazach cyklu życia produktu obejmująca [23]:

- koszty nabycia (ang. *acquisition costs*)
- koszty posiadania (ang. *ownership costs*), czyli koszty operacyjne i koszty utrzymania
- koszty likwidacji (ang. *end-of-life disposal costs*).

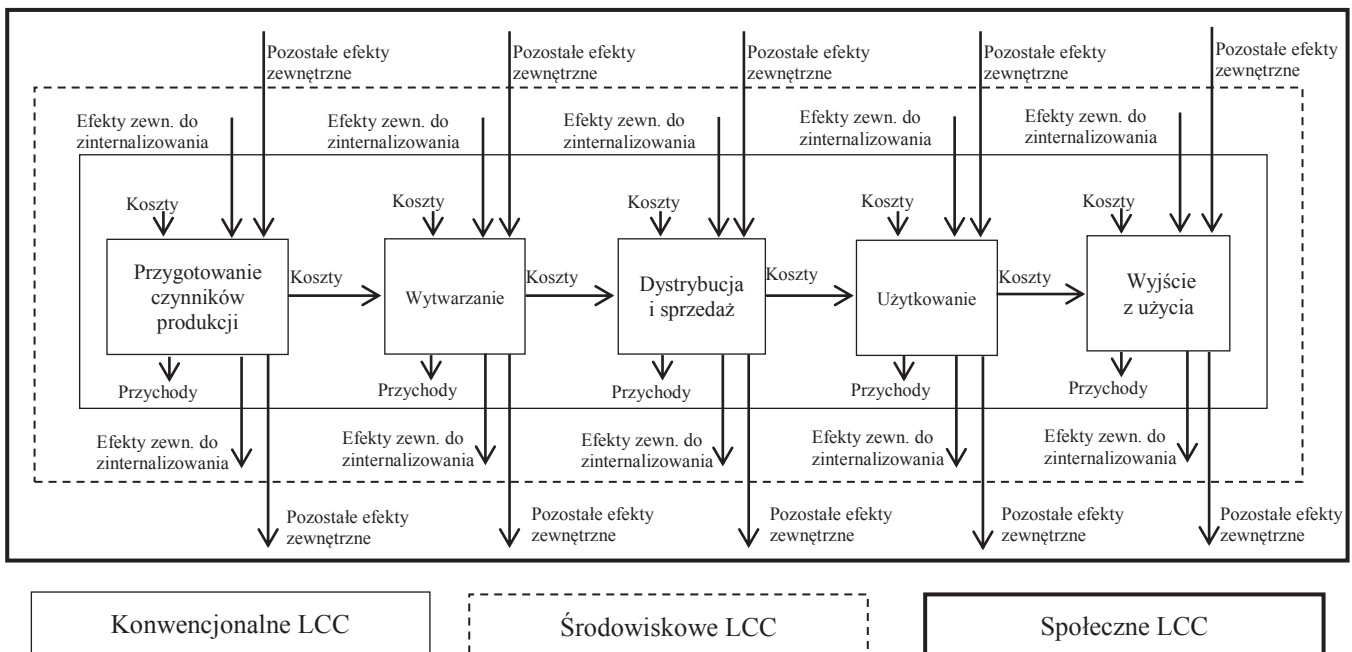
Ocenie może być poddany cały cykl życia, wybrana jedna faza cyklu życia lub kilka faz. Gdy analiza obejmuje cały cykl życia wówczas identyfikacji i ocenie podlegają koszty generowane:

- w fazie projektowania wyrobu
- w fazie przygotowania potrzebnych materiałów do produkcji wyrobu (wydobycia surowców, wytworzenia materiałów i półproduktów wykorzystywanych w produkcji wyrobu gotowego, transportu materiałów do przedsiębiorstwa)
- w fazie wytwarzania wyrobu
- w fazie dystrybucji i sprzedaży wyrobu
- w fazie użytkowania wyrobu
- w fazie wyjścia z użycia wyrobu.

Analiza kosztów cyklu życia była początkowo używana jako narzędzie wspomagające proces podejmowania decyzji w branży zbrojeniowej, transportowej i konstrukcyjnej. Stwierdzono, że decyzja o zakupie danego produktu nie po-

winna być podjęta tylko na podstawie wysokości kosztów nabycia (która uwzględnia jedynie koszty pozyskania surowców oraz koszty produkcji), ale powinna również obejmować koszty powstające w fazie eksploatacji oraz koszty utylizacji produktów po okresie ich użytkowania [15]. Należy zaznaczyć, że obecnie to jest coraz częściej stosowane w procedurze zamówień publicznych i przez ostatnie lata zakres jego stosowania uległ rozszerzeniu na kolejne branże.

Według SETAC (ang. *Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) w zależności od celu i szczegółowości analizy, koszty cyklu życia mogą zostać ujęte jako: konwencjonalne koszty cyklu życia (ang. *conventional LCC*), środowiskowe koszty cyklu życia (ang. *environmental LCC*) oraz społeczne koszty cyklu życia (ang. *social LCC*) [15]. Konwencjonalne koszty cyklu życia obejmują wszystkie koszty rzeczywiście poniesione przez producenta lub użytkownika danego produktu w całym cyklu jego życia. Ich wartość jest wyznaczana zgodnie z tradycyjnymi metodami kalkulacji kosztów przy uwzględnieniu wszystkich faz cyklu życia wyrobu. Mogą być one przedstawione jako koszty działania (ang. *activity-based costs* - ABC) lub jako całkowity koszt posiadania (ang. *total cost of ownership* - TCO). Środowiskowe koszty cyklu życia oprócz wartości konwencjonalnych kosztów cyklu życia uwzględniają dodatkowo wartość efektów zewnętrznych (pozytywnych i negatywnych) odczuwanych przez środowisko i społeczeństwo powstających w poszczególnych fazach cyklu życia wyrobu. Do efektów zewnętrznych zaliczyć można: szkody spowodowane w środowisku w wyniku emisji CO₂ powstającej w procesie spalania paliw w środkach transportowych, szkody powstające w środowisku w wyniku zużycia nieodnawialnych zasobów naturalnych, szkody powodowane w zdrowiu ludności w wyniku występowania nadmiernego hałasu, itp. Szkody te można bezpośrednio powiązać z jednym lub kilkoma podmiotami w łańcuchu dostaw, a dzięki wyrażeniu ich w wartościach pieniężnych można je internalizować w rachunek sprawcy zanieczyszczeń. Trzecim rodzajem kosztów cyklu życia są społeczne koszty cyklu życia. Obejmują one



Rys. 1. Kategorie kosztów cyklu życia według SETAC.
Źródło: opracowanie własne na podstawie [15].

wartość środowiskowych kosztów cyklu życia oraz wartość pozostałych efektów zewnętrznych (pozytywnych i negatywnych) odczuwanych przez środowisko i społeczeństwo, które pojawiają się na rynku w wyniku bezpośredniego lub pośredniego oddziaływania podmiotów gospodarczych na inne podmioty niezaangażowane w proces wymiany dóbr lub usług. Omówione powyżej różnice pomiędzy poszczególnymi kategoriami kosztów cyklu życia przedstawiono na rysunku 1.

Włączenie efektów zewnętrznych do rachunku środowiskowych kosztów cyklu życia nie jest prostym zadaniem. Efekty te najczęściej nie stanowią przedmiotu transakcji rynkowej, stąd nie posiadają wartości ustalonej przez rynek. Istnieją jednak metody pozwalające na ich wycenę. W literaturze przedmiotu wyróżnia się dwie podstawowe grupy metod wyceny efektów zewnętrznych – metody oparte na preferencjach deklarowanych (ang. *Stated Preference Methods*) i metody oparte na preferencjach ujawnionych (ang. *Revealed Preference Methods*). Do pierwszej grupy metod zalicza się metody oparte na rynkach hipotetycznych wykorzystujące techniki bezpośredniego ankietowania oraz rangowania preferencji na podstawie obserwacji zachowań konsumentów. Ich przykładem jest metoda wyceny warunkowej (ang. *Contingent Valuation Method - CVM*) oraz metoda wyboru warunkowego (ang. *Choice Experiment - CE*). W metodach tych bada się opinię respondentów albo o ich skłonność do zapłacenia za konkretne dobro lub usługę środowiskową lub za zapobieganie konkretnie określonym niekorzystnym zmianom w środowisku (ang. *Willingness To Pay - WTP*), albo o ich skłonność do przyjęcia rekompensaty za konkretne pogorszenie jakości środowiska/dostępności dobra i usługi środowiskowej lub za konkretnie określone zaniechanie poprawy środowiska (ang. *Willingness to Accept - WTA*). Warunkowość wyceny polega na tym, że badaniu poddaje się hipotetyczną sytuację, a w rzeczywistości dobro lub usługa niekoniecznie musi być dostarczone. Otrzymane wyniki są następnie szczegółowo analizowane przy wykorzystaniu metod statystycznych i ekonometrycznych.

Drugą grupę metod stanowią metody, w których na podstawie obserwowalnych, determinowanych przez rynek cen dóbr rynkowych wnioskuje się o ukrytej wartości dobra nierynkowego. Do metod tych zalicza się metody oparte na rynkach konwencjonalnych (gdzie wartość szkód w środowisku wyceniana jest np. na podstawie zebranych z rynku informacji o cenach substytutów) oraz metody oparte na rynkach zastępczych (gdzie wartość szkód w środowisku wyceniana jest na podstawie różnicy w cenie dóbr wynikającej z różnej jakości środowiska). Omówienie poszczególnych metod wyceny można znaleźć w na przykład: [18].

Poza wymienionymi powyżej dwoma grupami metod, do wyceny efektów zewnętrznych stosowana jest jeszcze metoda opierająca się na preferencjach obserwowanych (ang. *Observed Preferences Method*). W metodzie tej wartość dóbr i usług środowiskowych jest określana na podstawie ich ceny rynkowej, co oznacza, że metoda ta stosowana jest jedynie do określania wartości dóbr i usług środowiskowych znajdujących się w obrocie rynkowym i posiadających wyznaczoną przez rynek cenę. Przykładowo, wartość zanieczyszczenia mórz powodującego zmniejszenie połowów ryb można określić na podstawie wartości rynkowej utraconych połowów, która wyznaczana jest w oparciu o cenę ryb na rynku. Podobnie można postąpić w przypadku szacowania wartości korzyści osiąganych w wy-

niku zmniejszenia zużycia surowców pierwotnych opierając wycenę na cenach tych surowców obserwowanych na giełdzie.

Zastosowanie środowiskowych kosztów cyklu życia do oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw

Koncepcję środowiskowych kosztów cyklu życia można zastosować do oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw. W tym celu należy: (1) dokonać obliczeń konwencjonalnych kosztów generowanych w całym łańcuchu dostaw, (2) zidentyfikować efekty zewnętrzne powstające w wyniku realizacji poszczególnych procesów w całym łańcuchu dostaw oraz (3) dokonać wyceny zidentyfikowanych efektów zewnętrznych.

Obliczenie konwencjonalnych kosztów łańcucha dostaw można oprzeć o rachunek kosztów działań. Należy w nim uwzględnić wszystkie koszty powstające w poszczególnych ogniwach łańcucha uwzględniając przede wszystkim koszty procesów logistycznych takie, jak:

- koszty transportu wewnętrznego powstające w każdym ogniwie łańcucha dostaw
- koszty transportu zewnętrznego powstające w fazie dostarczenia surowców i materiałów do przedsiębiorstwa, w fazie dystrybucji gotowego wyrobu do użytkownika oraz w fazie transportu produktu po okresie jego użytkowania do miejsca jego przetworzenia i ponownego zagospodarowania
- koszty magazynowania, które mogą się pojawić w każdym ogniwie łańcucha dostaw.

Należy zaznaczyć, że obliczając koszty ponoszone w poszczególnych ogniwach łańcucha dostaw powinno się uwzględnić, że są one ponoszone w całym cyklu życia, czyli na przykład dla środka transportu powinny obejmować: koszty jego nabycia, koszty jego użytkowania oraz koszty likwidacji po okresie użytkowania.

Identyfikacja efektów zewnętrznych generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw wymaga analizy realizowanych w nim procesów pod kątem określenia, jakie szkody dla środowiska i społeczeństwa generuje każdy z nich. W przypadku środków transportu są to między innymi szkody powstające w wyniku emisji zanieczyszczeń do powietrza, szkody wynikające z przedostawania się niebezpiecznych substancji do gleb i do wód, szkody wynikające ze zużycia nieodnawialnych zasobów naturalnych, szkody wynikające z emisji hałasu oraz szkody społeczne powstające w wyniku wypadków drogowych. Zidentyfikowane szkody należy wyrazić w jednostkach naturalnych (na przykład w Mg CO₂ w odniesieniu do ilości dwutlenku węgla emitowanego z procesów spalania paliw w środkach transportu). Można również przeprowadzić ocenę cyklu życia (LCA) i wyrazić zidentyfikowane szkody w postaci tzw. punktów pośrednich (mid-points) jako: zmiany klimatu, uszczuplenie warstwy ozonowej, toksyczność dla ludzi, wód słonych, wód słodkich oraz gleb, zakwaszenie, tworzenie utleniaczy fotochemicznych, eutrofizacja, wykorzystanie terenu, zużycie zasobów abiotycznych lub na poziomie punktów końcowych (endpoints) jako: szkody w zdrowiu ludzkim, szkody w jakości ekosystemu oraz uszczu-

plenie zasobów naturalnych. Wycenę efektów zewnętrznych można przeprowadzić:

- określając pieniężną wartość każdego rodzaju szkód osobno - przykłady wyznaczonych wartości różnych rodzajów szkód powstających w procesach logistycznych można znaleźć na przykład w: [17, 24]
- przeliczając na wartości pieniężne wyniki LCA - przykład przeliczenia na wartości pieniężne wyników LCA wyrażonych w punktach końcowych można znaleźć w: [16].

Wycenę można wykonać samodzielnie wykorzystując do tego celu jedną z metod wyceny opisanych wcześniej albo można zastosować metodę transferu wartości, która polega na wykorzystaniu informacji na temat wartości dobra lub szkody środowiskowej (takiego samego lub bardzo podobnego, co oceniane) wyznaczonych w innych badaniach (najczęściej wykonanych w innym miejscu i czasie). Należy zaznaczyć, że samodzielna wycena szkód wymaga dużego nakładu czasu z uwagi na konieczność zgromadzenia dużej ilości danych pozwalających na wycenę poszczególnych rodzajów, jednakże pozwala na uniknięcie powielania błędów, jakie mogły pojawić się w badaniach, z których przenoszona jest wartość

Podsumowanie i wnioski

Chęć przeciwdziałania narastającym problemom środowiskowym sprawia, że na poziomie krajowym, unijnym i światowym wprowadzane są strategie i regulacje prawne, które mają doprowadzić do osiągnięcia racjonalnego gospodarowania zasobami naturalnymi oraz ograniczenia działań negatywnie wpływających na stan środowiska przyrodniczego. Przykładem takich strategii jest wprowadzona w 2010 roku „Europejska strategia na rzecz ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów”, czy też wprowadzona w 2011 roku „Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu - dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu”. Regulacje zawarte w tych dokumentach niewątpliwie wpływają na sposób zarządzania łańcuchem dostaw powodując przechodzenie od tradycyjnego do zrównoważonego łańcucha.

W ostatnich latach niezwykle modne stało się pojęcie „zrównoważony rozwój”. Jest ono stosowane na wielu płaszczyznach, choć nie zawsze można powiedzieć, że podejmowane działania prowadzą do zrównoważonego rozwoju. Z tego względu istotne znaczenie ma ocena generowanych efektów pozwalająca na odpowiedź, czy słuszne jest używanie określenia „zrównoważony”.

Przedstawione w niniejszym artykule rozważania teoretyczne miały na celu zaprezentowanie możliwości wykorzystania środowiskowych kosztów cyklu życia do oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw. Takie rozwiązanie pozwala na wyrażenie w wartościach pieniężnych ekonomicznych, ekologicznych i społecznych efektów powstających w poszczególnych ogniwach łańcucha dostaw. Pozwala również na zsumowanie uzyskanych wartości, dzięki czemu możliwa staje się analiza porównawcza różnych wariantów łańcucha dostaw i odpowiedź na pytanie, który z nich w większym stopniu przyczynia się do osiągnięcia zrównoważonego rozwoju. Analiza ta może zostać wykonana graficznie z wykorzystaniem portfolio, którego koncepcja została zaprezentowana w: [4].

Na zakończenie należy zaznaczyć, że koncepcja środowiskowych kosztów cyklu życia nie uwzględnia wszystkich efektów ekologicznych i społecznych powstających w wyniku realizacji procesów w ramach zrównoważonego łańcucha dostaw. Nie zawierają one wartości tzw. środowiskowych kosztów cyklu życia, czyli wartości efektów odczuwanych przez środowisko i społeczeństwo, które pojawiają się na rynku w wyniku bezpośredniego lub pośredniego oddziaływania podmiotów gospodarczych na inne podmioty niezaangażowane w proces wymiany. Ich identyfikacja jest jednak czasochłonna i kosztowna.

Streszczenie

Narastające problemy ekologiczne i związane z tym zwiększenie świadomości ekologicznej społeczeństwa sprawiają, że coraz częściej wybór danego rozwiązania nie jest dokonywany jedynie w oparciu o ocenę aspektów ekonomicznych, ale i potencjalny wpływ na środowisko przyrodnicze i jakość życia społeczeństwa. Dąży się zatem do zrównoważonego rozwoju integrującego efekty osiągnięte w obszarze gospodarczym, środowiskowym i społecznym. W logistyce w ostatnich latach również wprowadzone zostało pojęcie zrównoważonego łańcucha dostaw dla określenia łańcucha, którego celem jest taka organizacja przepływów, by w jak najmniejszym stopniu wpływały one na stan środowiska przyrodniczego i jakość życia społeczeństwa. Istotną staje się zatem ocena takiego łańcucha pod kątem sumarycznych efektów przez niego generowanych. W artykule przedstawiona została koncepcja zastosowania środowiskowych kosztów cyklu życia do oceny efektów generowanych w zrównoważonym łańcuchu dostaw.

Słowa kluczowe: zrównoważony łańcuch dostaw, koszty cyklu życia (LCC), środowiskowe koszty cyklu życia.

Application of environmental life cycle cost in assessing the sustainable supply chain

Abstract

As a result of growing environmental problems and the increase in environmental awareness, the choice of a solution is not made only on the basis of its economic aspects, but also on its potential impact on the environment and quality of life. The aim is achieving sustainable development integrating economic, environmental and social effects. In recent years, the concept of a sustainable supply chain has also been introduced in logistics. The idea is to determine the chain, where flows are arranged in a way to minimize the influence on the natural environment and quality of life. Thus, the assessment of aggregated results generated in a supply chain becomes important. The article presents the concept of using environmental life cycle costs to assess the effects generated in a sustainable supply chain

Keywords: Sustainable Supply Chain (SCC), Life Cycle Cost (LCC), Environmental Life Cycle Cost.

LITERATURA/REFERENCES

- [1] ECQA, ECQA Guideline. The Architecture of the ECQA – [1]Ahi P., Searcy C., An analysis of metrics used to measure performance in green and sustainable supply chains, "Journal of Cleaner Production", Vol. 86, 2015.
- [2] Askarany D., Yazdifar H., Askary S., Supply chain management, activity-based costing and organisational factors. International Journal of Production Economics, Vol. 127, 2010
- [3] Baran J., Ilościowe metody oceny wpływu na środowisko wspomagające ekoprojektowanie w ekologiczycy, „Logistyka”, nr 6/2014.
- [4] Baran J., Janik A., Ryszko A., Szafraniec M., Making eco-innovation measurable – are we moving towards diversity or uniformity of tools and indicators? 2nd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM2015, SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, Albena, Bulgaria, 2015.
- [5] Bardi E.J., Coyle J.J., Langley J., *Zarządzanie logistyczne*, PWE, Warszawa 2009.
- [6] Carter C.R., Rogers D.S., A framework of sustainable supply chain management: moving toward new theory, "International Journal of Physical Distribution & Logistics Management", Vol. 5/2008.
- [7] Chopra S., Meindl P., Epstein M.J., Wisner, P.S., Good neighbors: implementing social and environmental strategies with BSC. Balanced Scorecard Report, Harvard Business School Publishing, Cambridge, MA, May-June 2001.
- [8] Faruk A., Bowen F., Lamming R., Cousins P., Analyzing Mapping and Managing Environmental Impacts Along Supply Chains, "Journal of Industrial Ecology", Vol. 5, No. 2/2002.
- [9] Fechner I.: Zarządzanie łańcuchem dostaw. Wyższa Szkoła Logistyki, Poznań 2007.
- [10] Gupta S., Palsule-Desai O.D., Sustainable supply chain management: Review and research opportunities, "IIMB Management Review", Vol. 23/2011.
- [11] Hagelaar G., van der Vors J., Environmental supply chain management: using life cycle assessment to structure supply chains, "The International Food and Agribusiness Management Review", Vol. 4, Issue 4/2001.
- [12] Handfield R., Walton S.V., Sroufe R., Melnyk, S.A., Applying environmental criteria to supplier assessment: a study in the application of the analytical hierarchy process, "European Journal of Operational Research", Vol. 141, Issue 1/2002.
- [13] Hervani A.A., Helms M.M., Sarkis J., Performance measurement for green supply chain management. Benchmarking: An International Journal, Vol. 12, Issue 4/2005.
- [14] Hunkeler D., Lichtenwort K., Rebitzer G., Environmental life cycle costing, SETAC-CRC Press: London-New York, 2008.
- [15] Janik A., The problem of valuing the results of LCA in monetary terms. International Multidisciplinary Scientific GeoConference SGEM 2015. SGEM2015 Conference Proceedings, Volume 3, Issue 5, June 18-24, 2015.
- [16] Janik A., Uwzględnianie wartości efektów środowiskowych w logistyce odzysku, „Logistyka”, nr 6/2014.
- [17] Janik A., Łączny M.J., Ryszko A., Ekonomiczne podstawy ochrony środowiska. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [18] Kemp R., Pearson P., Final report MEI project about measuring ecoinnovation. Project co-funded by the European Commission within the Sixth Framework Programme (2002-2006), European Commission 2011.
- [19] Lina R.-J., Chenb R.-H., Nguyenc T.-H., Green supply chain management performance in automobile manufacturing industry under uncertainty, *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, Vol. 25/2011.
- [20] Ministerstwo Gospodarki [on-line]. Tryb dostępu: <<http://mg.gov.pl/Wspieranie+przedsiębiorczosci/>>
- [21] Zrownowazony+rozwoj/Zrownowazona+Produkcja+i+Konsumpcja> (dostęp: 22.10.2015 r.).
- [22] Owsiak D., Kubański M., Koncepcja zarządzania łańcuchem dostaw, „Logistyka”, nr 6/2011.
- [23] PN-EN 60300-3-3: Zarządzanie niezawodnością. Przewodnik zastosowań. Szacowanie kosztu cyklu życia, Polski Komitet Normalizacyjny, Warszawa 2006.
- [24] Ricardo-AEA: Update of the Handbook on External Costs of Transport. Final report for the European Commission: DG MOVE, London 2014.
- [25] Ryszko A., Wybrane problemy zarządzania zielonym łańcuchem dostaw, *Logistyka*, nr 5/2014.
- [26] Schaltegger S., Burritt R., Measuring and managing sustainability performance of supply chains. *Supply Chain Management: An International Journal*, Vol. 19, Issue 3/2014.
- [27] Schulze M., Seuring S., Ewering Ch., Applying activity-based costing in a supply chain environment. *International Journal of Production Economics*, Vol. 135/2012.
- [28] Seuring S., Muller M., From a literature review to a conceptual framework for sustainable supply chain management. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 16, 2008.
- [29] Taticchi P., Tonelli F., Pasqualino R., Performance measurement of sustainable supply chains. *International Journal of Productivity and Performance Management*, Vol. 62, Issue 8/2013.
- [30] Tundys B., Miary ekoinnowacyjności jako element zielonego łańcucha dostaw, „Logistyka”, 2/2015.
- [31] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (tekst jednolity: Dz.U. 2013 poz. 1232 ze zm.).
- [32] Vachon S., Klassen R.D., Environmental management and manufacturing performance: the role of collaboration in the supply chain. *International Journal of Production Economics*, Vol. 111, No. 2/2008.
- [33] Zieliński T., Koncepcje i narzędzia wspierające zarządzanie kosztami i efektywnością procesów w łańcuchach dostaw, *Logistics 2002 - Elastyczne łańcuchy dostaw - koncepcje, doświadczenia, wyzwania*, ILiM Poznań 2002.