

PROBLEMY APLIKACYJNE ANALIZY ŚRODOWISKOWEJ CYKLU ŻYCIA PRODUKTU

Jolanta BARAN

Streszczenie: W artykule dokonano identyfikacji problemów związanych z zastosowaniem analizy środowiskowej cyklu życia produktu. Przedstawiono przesłanki jej zastosowania oraz problemy aplikacyjne w ujęciu wieloaspektowej perspektywy technicznej, organizacyjnej i personalnej. Studium przypadku polegające na analizie procesu ekoprojektowania jako procedury charakteryzującej się potencjałem uwzględniania cyklu życia produktu obrazuje skalę i wagę zagadnienia.

Słowa kluczowe: cykl życia produktu, LCA, analiza środowiskowa, ekoprojektowanie

1. Wprowadzenie

Zastosowanie analizy środowiskowej cyklu życia produktu rozszerza postrzeganie wpływu produktu na środowisko i umożliwia względną ocenę realizacji celów zrównoważonego rozwoju. Przedsiębiorstwa i badacze są przy tym coraz bardziej świadomi, że działania inżynierskie wymagają zrównoważonego podejścia w obliczu rosnącego popytu na produkty tworzone z uwzględnieniem zrównoważonego rozwoju [1]. Wciąż jednak nie jest to podejście stosowane szerzej w przedsiębiorstwach, szczególnie z sektora małych i średnich przedsiębiorstw MŚP. Według Zalecenia 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) większość MŚP nie dysponuje wiedzą i zasobami niezbędnymi do dostarczania informacji o efektywności środowiskowej w cyklu życia. Dlatego tak istotne jest zapewnienie wsparcia dla przedsiębiorstw w tym zakresie. Wynika to m.in. ze złożoności problematyki włączania aspektów środowiskowych do projektowania, a także z jeszcze relatywnie niewielkiej, choć wzrastającej, umiejętności wykorzystania tego podejścia w działalności przedsiębiorstw.

Celem niniejszego artykułu jest przedstawienie problemów ograniczających zastosowanie metod i wskaźników umożliwiających szacowanie wpływu cyklu życia produktu na środowisko.

Pod pojęciem cyklu życia produktu (wyrobu lub usługi) rozumie się kolejne, powiązane ze sobą etapy, począwszy od fazy badawczo-rozwojowej, pozyskiwania i przetwarzania surowców potrzebnych do produkcji określonego wyrobu lub świadczenia usługi, poprzez fazę wytwarzania wyrobu lub świadczenia usługi, dystrybucji i użytkowania wyrobu, aż do zagospodarowania i ostatecznego unieszkodliwiania odpadów powstałych po zakończeniu użytkowania wyrobu [por. 2].

Zakres analizy środowiskowej cyklu życia produktu obejmuje skutki antropogennych obciążeń środowiska oddziałujących na poszczególne poziomy organizacji przyrody. W wyniku wystąpienia obciążeń środowiska powstają skutki bezpośrednie oraz pośrednie. Skutki bezpośrednie oznaczają zmiany w ekosystemach (odwracalne lub nieodwracalne), zaś skutki pośrednie dotyczą głównie sfery gospodarczej i społecznej [3]. Bezpośrednie i

pośrednie skutki nadmiernego obciążenia środowiska są określane mianem strat ekologicznych [3] i w ujęciu analizy cyklu życia dotyczą zdrowia człowieka, jakości ekosystemu oraz uszczuplenia zasobów.

Szacowanie wpływu cyklu życia produktu na środowisko implikuje w praktycznej działalności przedsiębiorstw dwa podstawowe problemy [4, 5, 6]:

- konieczność dokonania wyboru spośród narzędzi, metod i wskaźników niezależnie tworzonych i rozwijanych na świecie,
- konieczność pokonania problemów aplikacyjnych dotyczących zarówno aspektów metodycznych, jak i uwzględnienia funkcjonalnego wymiaru ich zastosowania.

Z uwagi na to, że problemy aplikacyjne analizy cyklu życia produktu wpływają w pewnej mierze z przesłanek jej zastosowania, w kolejnym rozdziale dokonuje się ich krótkiej charakterystyki.

2. Przesłanki zastosowania analizy środowiskowej cyklu życia produktów

Obligatoryjność szacowania wpływu na środowisko cyklu życia produktu lub jego wybranych etapów jest pierwszą zasadniczą przesłanką zastosowania metod i wskaźników wpływu cyklu życia na środowisko.

W tabeli 1 przedstawiono przykładowe produkty, dla których w aktach prawnych określono wymagania dotyczące ochrony środowiska w odniesieniu do różnych etapów cyklu życia. Uwzględniono trzy etapy cyklu życia – etap wytwarzania (etap realizacji procesów technologicznych i wszelkich procesów pomocniczych), etap użytkowania (etap związany z zasilaniem energią, ze zużyciem wody, czynnościami konserwacyjnymi, remontowymi, regeneracyjnymi, naprawczymi itp.), etap zagospodarowania odpadów poużytkowych (w tym np. unieszkodliwianie, składowanie na składowisku odpadów, utylizacja odpadów).

Tabela 1. Etapy cyklu życia wybranych grup produktów, w odniesieniu do których zastosowano rozwiązania prawne, polskie i/lub unijne, regulujące postępowanie w zakresie ochrony środowiska.

L.p.	Nazwa produktu lub grupy produktów	Akty prawne zobowiązujące do uwzględnienia wpływu produktów na środowisko na etapie użytkowania lub zagospodarowania odpadów poużytkowych	Etapy cyklu życia produktów		
			Etap wytwarzania materiałów i produktów	Etap użytkowania	Etap zagospodarowania odpadów poużytkowych
1	Opakowania: – z tworzyw sztucznych – z aluminium – ze stali, w tym z blachy stalowej – z papieru i tektury – ze szkła – z drewna	Ustawa z dnia 13 czerwca 2013 r. o gospodarce opakowaniami i odpadami opakowaniowymi (Dz.U. 2013 poz. 888) Ustawa z dnia 11 maja 2001 r. o obowiązkach przedsiębiorców w zakresie gospodarowania niektórymi odpadami oraz o	X		X

2	Oleje smarowe	opłacie produktowej (Dz.U. z 2001 r. Nr 63 poz. 639)	X		X
3	Opony nowe pneumatyczne z gumy oraz używane i bieżnikowane		X		X
4	Sprzęt działający na zasadzie wymiany temperatury (np. chłodziarki, sprzęt klimatyzacyjny, pompy ciepła)	Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/125/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ogólne zasady ustalania wymogów dotyczących ekoprojektu dla produktów związanych z energią (in. dyrektywa ErP) (Dz. Urz. UE L 285 z 31.10.2009, str. 10-35) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2011/65/UE z dnia 8 czerwca 2011 r. w sprawie ograniczenia stosowania niektórych niebezpiecznych substancji w sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz. Urz. L 174 z 1.7.2011, str. 88-110) Ustawa z dnia 11 września 2015 r. o zużytym sprzęcie elektrycznym i elektronicznym (Dz.U. z 2015 r. poz. 1688)	X	X	X
5	Ekrany i monitory (np. odbiorniki tv, laptopy, notebooki)		X	X	X
6	Lampy (np. lampy fluorescencyjne, LED)		X	X	X
7	Sprzęt elektryczny i elektroniczny wielkogabarytowy (np. urządzenia AGD, sprzęt sportowy, zabawki, wyroby medyczne)		X	X	X
8	Sprzęt elektryczny i elektroniczny małogabarytowy (np. urządzenia AGD, czujniki dymu, narzędzia)		X	X	X
9	Małogabarytowy sprzęt informatyczny i telekomunikacyjny (np. telefony, drukarki, komputery osobiste)		X	X	
10	Baterie i akumulatory przemysłowe oraz przenośne	Ustawa z dnia 24 kwietnia 2009 r. o bateriach i akumulatorach (Dz.U. z 2009 r. Nr 79, poz. 666)	X		X
11	Pojazdy samochodowe oraz motorowery trójkołowe	Ustawa z dnia 20 stycznia 2005 r. o recyklingu pojazdów wycofanych z eksploatacji (Dz.U. z 2005 r. Nr 25, poz. 202)	X		X

Źródło: Opracowanie na podstawie [7].

Etap wytwarzania produktów jest objęty regulacjami prawnymi mającymi na celu ograniczenie wpływu na środowisko procesów produkcyjnych wzdłuż całego łańcucha dostaw. Regulacjom tym podlegają nie tylko producenci wytwarzający określony produkt, dla którego określa się wpływ na środowisko, ale również prowadzący działalność w zakresie pozyskiwania surowców energetycznych, rud metali, surowców chemicznych, kamieni szlachetnych i półszlachetnych, innych zasobów, przetwarzania tych surowców, wykorzystania surowców wtórnych i wytwarzania materiałów. Największe znaczenie mają w tym zakresie ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo ochrony środowiska (Dz.U. 2001 nr 62 poz. 627) oraz inne ustawy i akty wykonawcze szczegółowo odnoszące się do różnych aspektów odpowiedzialności znajdującej wyraz w realizacji zasady "zanieczyszczający płaci".

Jak wynika z tabeli 1 powstaje również coraz więcej rozwiązań, których celem jest zmniejszenie wpływu na środowisko po zakończeniu użytkowania produktów. Dotyczy to np. opakowań, opon, sprzętu elektrycznego i elektronicznego, pojazdów samochodowych. Dodatkowo wdraża się rozporządzenia wykonawcze do dyrektywy ErP wymuszające wdrażanie rozwiązań mających na celu ograniczenie zużycia energii elektrycznej na etapie użytkowania produktów związanych z energią. Dotyczy to takich grup produktów jak urządzenia chłodnicze, pralki, zmywarki, klimatyzatory, wentylatory, kotły gorącej wody, odbiorniki telewizyjne, lampy fluorescencyjne, silniki elektryczne, zasilacze elektryczne zewnętrzne, pompy wodne, pompy cyrkulacyjne, tzw. set-top boksy.

Obok obowiązujących regulacji prawnych rolę motywującą w zakresie przeprowadzania analizy wpływu cyklu życia na środowisko pełnią działania w zakresie rozwoju i doskonalenia wyrobu, to znaczy identyfikacji możliwości poprawy efektywności środowiskowej wyrobów w różnych etapach ich cyklu życia [8], głównie w ramach ekoprojektowania.

Wspomaganie podejmowania decyzji w przemyśle, organizacjach rządowych lub pozarządowych (np. w planowaniu strategicznym, ustalaniu priorytetów, przeprowadzaniu zmian z uwzględnieniem wpływu na środowisko) jest kolejną przesłanką przeprowadzania analizy środowiskowej cyklu życia produktu. Zastosowania oceny cyklu życia w obszarze systemów i narzędzi zarządzania środowiskowego obejmują m.in. systemy zarządzania środowiskowego i ocenę efektów działalności środowiskowej, na przykład identyfikację znaczących aspektów środowiskowych wyrobów i usług organizacji, włączanie aspektów środowiskowych do norm wyrobów, komunikację środowiskową [8], a także ocenę produktów w ramach zielonych zamówień publicznych.

Za powyżej wymienionymi zastosowaniami środowiskowej analizy cyklu życia produktów idzie jej wykorzystanie do celów marketingowych [8] (np. w ramach systemu etykietowania środowiskowego, sporządzania oświadczeń środowiskowych lub deklaracji środowiskowych, a także raportów CSR).

Ogólnosystemowość perspektywy cyklu życia sprawia, że włączenie jej do procedur stosowanych w ramach innych ujęć metodycznych analizy środowiskowej może być czynnikiem uzupełniającym w ocenie wpływu na środowisko (EIA), ekonomicznej stronie zarządzania środowiskowego (EMA), ocenie polityk (modele recyklingu itp.), ocenie zrównoważenia, analizie przepływu substancji i materiału (SFA i MFA), ocenie zagrożenia i zarządzania ryzykiem związanym z obiektami i zakładami, odpowiedzialności za wyrób, zarządzania łańcuchem dostaw, zarządzania cyklem życia (LCM), opisach projektów, myśleniu w kategoriach cyklu życia, analizie kosztów cyklu życia (LCC) [8].

Inspirująca rola powyżej wymienionych podejść często jednak nie znajduje odzwierciedlenia w praktyce, co jest wynikiem zarówno nieustającej konieczności pokonywania barier, jakie wiążą się w ogólności z działaniami w zakresie ochrony środowiska, jak i specyficznych problemów przeprowadzania oceny cyklu życia.

3. Problemy aplikacyjne w ujęciu wieloaspektowej perspektywy TOP

Analizę problemów aplikacyjnych dotyczących włączenia analizy środowiskowej cyklu życia produktu do praktyki jako narzędzia wspomagającego podejmowanie decyzji przeprowadza się z uwzględnieniem zróżnicowanej perspektywy podmiotów charakteryzujących się decyzyjnością. Narzędziem wspomagającym włączenie tej perspektywy może być podejście rozwinięte przez H.A. Linstone'a [9]. Proponuje on uwzględnienie perspektywy trzech wymiarów podejmowanych decyzji: perspektywy

technicznej (ang. *Technical T*), perspektywy organizacyjnej (ang. *Organizational O*) oraz perspektywy personalnej (ang. *Personal P*).

Trzy wyróżnione ujęcia reprezentują trzy różne zestawy założeń [9].

W ramach perspektywy technicznej (T) mamy więc do czynienia z aspektami takimi jak sposób rozwiązania problemu, opracowanie i wytworzenie produktu na podstawie przeprowadzonych analiz, pozyskanych danych. Horyzont czasowy uwzględnianych skutków podejmowanych działań jest daleki, a decyzje podejmowane są na bazie racjonalnych przesłanek [9].

Perspektywa organizacyjna (O) jest z kolei nastawiona na działanie i proces, będący wynikiem konfrontacji zaangażowanych stron. Horyzont czasowy skutków działań w perspektywie organizacyjnej można określić jako średni. Określa się w tym przypadku przebieg określonego procesu [9].

Perspektywa personalna (P) wiąże się z podejmowaniem działań zgodnie z intuicją, wiedzą i doświadczeniem. Horyzont czasowy uwzględnianych skutków działań jest zwykle krótki [9].

W sytuacjach rzeczywistych zarządzanie odbywa się poprzez trzy rodzaje działań: (a) poszukiwanie rozwiązań, (b) podejmowanie decyzji oraz (c) wdrożenie wybranych rozwiązań. Perspektywa T odnosi się w największym stopniu do obszaru a, w najmniejszym do obszaru c. Jednak wdrożenie zależy w dużym stopniu od perspektywy O i P – zastosowanie analizy środowiskowej cyklu życia z natury musi uwzględniać wszystkie trzy perspektywy, ponieważ konkretne rozwiązania są często bardzo kosztochłonne, zatem powodzenie ich wdrożenia jest pod szczególnym naciskiem interesariuszy [9].

W tabeli 2 przedstawiono czynniki wpływające na zastosowanie analizy środowiskowej cyklu życia w perspektywie technicznej, organizacyjnej oraz personalnej TOP.

Tab. 2. Problemy zastosowania analizy środowiskowej cyklu życia produktu w ujęciu wieloaspektowej perspektywy TOP.

<i>Perspektywa techniczna</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Wybór metody analizy środowiskowej - Wymagania (poziom szczegółowości, kompleksowość, dokładność, jakość danych i wyników, integracja z innymi narzędziami projektowania i metodami analitycznymi, uwzględnienie innych kryteriów oprócz środowiskowych) - Dostęp do danych (dostęp do danych bez ograniczeń, obejmujący łańcuch logistyczny lub dostęp do danych ograniczony do własnego przedsiębiorstwa)
<i>Perspektywa organizacyjna</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Korzyści dla przedsiębiorstwa - Koszty pozyskania narzędzi, baz danych lub usług zewnętrznych - Potrzeby w zakresie wsparcia zewnętrznego - Sposób organizacji przeprowadzania analizy - Określenie składu zespołu przeprowadzającego analizę - Możliwość poszerzenia wiedzy w zakresie analiz środowiskowych i włączania aspektów środowiskowych do działalności - Czasochłonność
<i>Perspektywa personalna</i>
<ul style="list-style-type: none"> - Poziom świadomości ekologicznej kierownictwa i pracowników - Wykorzystanie wiedzy i doświadczenia w zakresie analizy środowiskowej cyklu życia produktu

Źródło: Opracowanie własne.

3.1. Perspektywa techniczna

Kaebnick i in. [10] zwracają uwagę na to, że uwzględnienie wszystkich faz cyklu życia produktu w działalności przedsiębiorstwa (w tym w ramach projektowania) odzwierciedla nowy sposób myślenia, wymaga zastosowania nowych narzędzi i metod.

Jak wspomniano we wprowadzeniu, jednym z problemów w zakresie przeprowadzania analizy środowiskowej cyklu życia produktu jest konieczność dokonania wyboru spośród narzędzi, metod i wskaźników niezależnie tworzonych i rozwijanych na świecie.

Różnorodność podejść metodycznych odzwierciedla np. podział oparty na kryterium charakteru otrzymywanych wyników, według którego można wyodrębnić: metody jakościowe (listy kontrolne, metody macierzowe opierające się na ocenie eksperckiej, w tym Matrix Element Checklist for ERP, MET-Matrix, Ten Golden Rules), metody półilościowe wykorzystujące podejście mieszane, częściowo oparte na wielkościach fizycznych, a częściowo na ocenie eksperckiej (ERP Matrix, EPLC, ECM, SLCA, PILOT), a także metody ilościowe (wskaźniki środowiskowe, OPM, LCA) [6, 11, 12]. Do tego zestawienia można dodawać inne metody przydatne przede wszystkim w ekoprojektowaniu [5].

Warto przy tym zaznaczyć, że największym potencjałem aplikacyjnym charakteryzuje się ocena cyklu życia (ang. *Life Cycle Assessment* - LCA) oraz pochodne tej metodyki - wskaźniki takie jak ślad węglowy, ślad wodny, czy ślad ekologiczny. Wynika to przede wszystkim z wszechstronności tej analizy oraz dynamicznego rozwoju jej podstaw naukowych, jak i powstania wielu opracowań o charakterze studiów przypadków. To zestawienie warto uzupełnić o analizę efektywności, która umożliwia włączenie czynnika ekonomicznego.

Przy zastosowaniu LCA należy dokonać również wyboru spośród metod, które rozwinęły się w ramach trzeciego kroku - oceny wpływu cyklu życia (ang. *Life Cycle Impact Assessment* - LCIA) szacowania wpływu na środowisko. Różnią się one m.in. zakresem analizy, procedurami obliczeniowymi, zestawem kategorii wpływu cyklu życia. Można zatem stwierdzić, że LCA to metoda umożliwiająca określenie całościowego profilu środowiskowego produktu w odniesieniu do określonych problemów środowiskowych wyrażonych ilościowo w wyodrębnionych kategoriach.

W praktyce wykształciły się trzy rodzaje metod oceny wpływu cyklu życia - tzw. metody punktów pośrednich (ang. *midpoint methods*) oraz tzw. metody punktów końcowych (ang. *endpoints methods*), a także metody łączące oba podejścia [13, 14].

Podjęcie decyzji o wykorzystaniu metody punktów pośrednich lub metody punktów końcowych jest kluczowe dla wyników analiz w tym sensie, że przy wyborze metody punktów pośrednich otrzymane wyniki są trudniejsze w interpretacji, lecz jednocześnie są obciążone mniejszą niepewnością. Wybór metody punktów końcowych oznacza z kolei wyniki łatwiejsze w interpretacji, lecz obciążone większym stopniem niepewności, wynikającym z uwzględnienia modeli wpływu, które opierają się na rachunku prawdopodobieństwa.

Za największym potencjałem aplikacyjnym metod ilościowych idzie duży poziom trudności, znaczna koszty-, praco- i czasochłonność, konieczność posiadania zasobów wiedzy know-how. Metody jakościowe i półilościowe są prostsze, lecz przy tym mają ograniczony zakres zastosowania, nadają się np. do wykorzystania we wstępnych etapach ekoprojektowania.

Wybór odpowiedniej metody analitycznej wiąże się z wymaganym poziomem szczegółowości oraz kompleksowości analizy, a także określeniem takich parametrów jak

dokładność, jakość danych i wyników, integracja z innymi narzędziami projektowania i metodami analitycznymi, uwzględnienie innych kryteriów oprócz środowiskowych).

Szczególnym aspektem analizy środowiskowej cyklu życia produktu jest dostęp do danych (dostęp do danych bez ograniczeń, obejmujący łańcuch logistyczny lub dostęp do danych ograniczony do własnego przedsiębiorstwa). Uwzględnienie w analizie pełnego zakresu cyklu życia produktu od kopalni do grobu wymaga współpracy w zakresie pozyskania danych wzdłuż całego łańcucha dostaw.

3.2. Perspektywa organizacyjna

Według V. Poudelet i in. [15], LCA jest skuteczną metodą szacowania wpływu produktu na środowisko, lecz jej wykorzystanie w procesie rozwoju produktu pozostaje marginalne z powodu braku czasu oraz wiedzy w zakresie zastosowania wyników w praktyce. W pierwszej kolejności warto zatem dokonać bilansu kosztów i korzyści zastosowania analizy w odniesieniu do perspektywy organizacyjnej.

Istotne jest również wsparcie najwyższego kierownictwa, które wpływa w znaczący sposób na skuteczność podejmowanych działań.

3.3. Perspektywa personalna

M. Braungart i in. [16] zwracają uwagę na to, że podejmujący decyzje często nie dysponują odpowiednią wiedzą dotyczącą wpływu substancji, materiału na środowisko, lub dysponują wiedzą niepełną. Jest to pole do podejmowania decyzji w oparciu o personalne preferencje, co może oddalić uzyskanie najlepszej decyzji. Tymczasem ekoinnowacyjny model biznesowy charakteryzuje znaczenie wiedzy jako jednej z kluczowych zmiennych skuteczności podejmowanych przez przedsiębiorstwa działań [17].

Boks [18] zwraca uwagę na rolę "miękkiej strony" podejmowania decyzji dotyczących uwzględniania perspektywy cyklu życia np. w ramach ekoprojektowania. Johansson [19] definiuje przy tym czynniki sukcesu dotyczące m.in. włączenia perspektywy cyklu życia do rozwoju produktu. Wśród zidentyfikowanych czynników znajdują się np. zwiększanie wiedzy i świadomości ekologicznej klientów, bliskie relacje z dostawcami, szkolenie pracowników, korzystanie ze wsparcia ekspertów zewnętrznych, aktywizacja pracowników. Wymienione czynniki charakteryzują się pewną przestrzenią do podejmowania zindywidualizowanych działań, ale też generują problemy mogące zaważyć na skutecznym włączeniu analizy cyklu życia do obszaru podejmowania decyzji.

4. Studium przypadku

Ekoprojektowanie jest jedną z procedur wykorzystujących analizę środowiskową cyklu życia produktu.

W przedsiębiorstwie produkującym łopatki do turbin przeprowadzono analizę procesu projektowania pod kątem identyfikacji potencjału włączania aspektów środowiskowych do zestawu kryteriów projektowych, identyfikacji potrzeb w zakresie wiedzy dotyczącej ekoprojektowania oraz potrzeb w zakresie zastosowania metod analizy środowiskowej cyklu życia. Wyniki analizy przedstawia tabela 3.

Tab. 3. Zakres możliwości i potrzeb dotyczących uwzględnienia parametrów środowiskowych w cyklu życia produktu w ramach ekoprojektowania w wybranym przedsiębiorstwie.

Kroki ekoprojektowe w wybranym przedsiębiorstwie	Potencjał włączania aspektów środowiskowych	Potrzeby w zakresie wiedzy dot. ekoprojektowania	Potrzeby w zakresie zastosowania metod analizy cyklu życia
Zarejestrowanie zapytania od klienta			
Skierowanie zapytania do rozpatrzenia do działu handlowego przy wsparciu działu projektowo-konstrukcyjnego			
Uzgodnienia techniczno-handlowe i konsultacje z klientem, w tym konsultacje dotyczące innowacyjności produktu	✓	✓	✓
Wpłynięcie zamówienia od klienta			
Powołanie zespołu projektowego i wyznaczenie kierownika zespołu oraz osób odpowiedzialnych za realizację określonych zadań			
Formułowanie założeń wstępnych na potrzeby planowania	✓	✓	
Ustalenie harmonogramu realizacji projektu			
Opracowanie karty projektu	✓	✓	
Przygotowanie danych wejściowych			
Planowanie zasobów, dokumentacji i mierników procesów	✓		✓
Wybór podejść projektowych i zdefiniowanie kryteriów środowiskowych		✓	✓
Wstępna ocena potrzeb w zakresie narzędzi wspomagających ekoprojektowanie		✓	✓
Formułowanie założeń wstępnych na potrzeby projektowania (parametry techniczne, bezpieczeństwa, wytwarzania, środowiskowe)	✓	✓	✓
Identyfikacja możliwych rozwiązań	✓	✓	✓
Wstępna analiza rozwiązań	✓	✓	✓
Podjęcie decyzji o porównaniu zidentyfikowanych wariantów pod kątem technicznych możliwości wykonania, ekonomicznym i środowiskowym	✓	✓	

Wstępne modelowanie rozwiązań i parametrów technicznych, ekonomicznych i środowiskowych na potrzeby analizy porównawczej	✓	✓	✓
Weryfikacja potrzeb w zakresie narzędzi wspomagających proces ekoprojektowania		✓	
Analiza aspektów środowiskowych		✓	✓
Analiza aspektów technicznych i ekonomicznych		✓	
Wybór wariantu do realizacji	✓	✓	
Opracowanie wstępnej dokumentacji technicznej			
Opracowanie projektu szczegółowego		✓	✓
Opracowanie dokumentacji technicznej			
Opracowanie technologii i wytycznych dla procesu wytwarzania	✓	✓	✓
Wytworzenie pierwszej sztuki			
Poddanie produktu badaniom/testom			
Proces wytwarzania i kontrola jakości			
Skierowanie wyrobu do odbiorcy wybranym środkiem transportu w odpowiednim opakowaniu			
Opracowanie dokumentu w zakresie komunikacji, w tym środowiskowej	✓	✓	✓
Przegląd wyrobu w ramach komunikowania się z odbiorcą	✓	✓	✓
Podjęcie działań doskonalących	✓	✓	

Zródło: Opracowanie na podstawie [20].

Obserwacja procesu włączenia ekoprojektowania do praktyki konkretnego przedsiębiorstwa jest inspirowana potrzebą identyfikacji realnych problemów i możliwości w tym zakresie.

W ramach zidentyfikowanych kroków proceduralnych, w toku obserwacji, wywiadów i dyskusji w zespole projektowym, dokonano identyfikacji tych kroków, które charakteryzują się potencjałem uwzględniania w ich ramach aspektów środowiskowych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że największą możliwością w zakresie włączenia aspektów środowiskowych jest na najwcześniejszych etapach ekoprojektowania – planowanie procesu ekoprojektowania, poszukiwanie rozwiązań eko-innowacyjnych, opracowywanie projektu wstępnego. Potwierdza to stwierdzenie, że na wcześniejszych etapach projektowania jest największa przestrzeń do uwzględniania aspektów środowiskowych, a przy tym stosunkowo małe zasoby wiedzy przydatne w ekoprojektowaniu, jednak potencjał włączenia aspektów środowiskowych i tak jest największy właśnie na tych najwcześniejszych etapach [21]. Obserwując proces projektowania w rzeczywistym przedsiębiorstwie zwrócono uwagę na rozbieżność

pomiędzy możliwościami i potrzebami. Można stwierdzić, że efektywne włączenie aspektów środowiskowych do praktyki projektowania zależy w dużej mierze od doświadczenia projektantów, którzy na wczesnych etapach projektowania mogą z dużą dokładnością szacować pewne parametry. W przypadku innej ścieżki przebiegu ekoprojektowania, które rozpoczyna się od analizy rynku i gdy możliwości wyboru rozwiązań są szersze, może to być trudniejsze, bowiem nie zawsze proponowane rozwiązania można dokładniej opisać, nawet przy dużym doświadczeniu. W tych sytuacjach mogą być przydatne jakościowe i ilościowe narzędzia wspomaganie ekoprojektowania.

W toku prowadzonych obserwacji oraz wywiadów zidentyfikowano występowanie potrzeb w zakresie wsparcia procesu ekoprojektowania odpowiednią wiedzą (16 kroków, czyli 50%) oraz narzędziami (13 kroków, czyli 40,6%). Pokazuje to skalę potrzeb i możliwości w zakresie wykorzystania potencjału analizy środowiskowej cyklu życia.

Wielu badaczy zwraca uwagę na problemy we wdrażaniu ekoprojektowania do praktyki, a ogólnie zdefiniowane modele nie dają wystarczającej odpowiedzi na pytanie dotyczące sposobu skutecznej stymulacji i wspomaganie przedsiębiorstwa we wdrażaniu ekoprojektowania i korzystaniu z analizy środowiskowej cyklu życia. Z tych względów przedstawiony przykład może stanowić inspirację zarówno do dalszych badań, jak i do podejmowania praktycznych działań przez menedżerów oraz zespoły projektowe, w tym w takich przedsiębiorstwach, które do tej pory nie podejmowały się włączenia aspektów środowiskowych do projektowania.

5. Podsumowanie

Koncepcje zrównoważonego rozwoju, myślenia w kategoriach cyklu życia oraz zarządzania cyklem życia w coraz większym stopniu dyktują warunki działalności przedsiębiorstw. Można to zauważyć zarówno w powstawaniu regulacji prawnych dotyczących różnych aspektów środowiskowych i ich obowiązkowego uwzględniania w projektowaniu i wytwarzaniu produktów, jak i w praktyce działalności przedsiębiorstw polegającej na wykorzystaniu tej wiedzy w celu zwiększenia konkurencyjności. Obligatoryjność podejmowania działań w zakresie ekoprojektowania to jednak tylko jedna z motywacji jego wdrażania. Istnieje szereg innych możliwości i korzyści wynikających z włączenia analizy środowiskowej cyklu życia produktu, które warto promować szczególnie w sektorze MŚP i które wiążą się ogólnie z wykorzystywaniem szansy biznesowej w wielu wymiarach – w tym ekonomicznym, społecznym, środowiskowym, wizerunkowym. W sektorach nieobjętych zatem regulacjami prawnymi w tym zakresie inspiracja taka może wynikać np. z chęci stosowania etykiet środowiskowych (np. deklaracji środowiskowych III typu), w ramach wdrażania i raportowania CSR, a także w związku z wymaganiami klientów.

Realne są przy tym ograniczenia dotyczące włączania analizy środowiskowej cyklu życia do praktyki. Jednym z nich jest konieczność dokonania wyboru metod analizy spośród dużej ich liczby. Wiąże się z nim również problem pozyskania narzędzi wspomagających analizę środowiskową. Jest to kwestia szczególnie istotna dla przedsiębiorstw z sektora MŚP, które powinny przeprowadzić analizę optymalizacji kosztów z uwzględnieniem rozwiązania polegającego na skorzystaniu z ekspertów zewnętrznych, które niwelują zakup drogiego oprogramowania.

Umiejętne przeprowadzenie analizy środowiskowej to kolejny punkt warunkujący uzyskanie pożądaných efektów. Jest ono głównie funkcją wiedzy i doświadczenia

pracowników.

Problemy te warto identyfikować i podejmować próby ich rozwiązywania, zwłaszcza w obliczu potencjału i potrzeb przedsiębiorstw w tym zakresie.

Artykuł został opracowany w ramach badań statutowych o symbolu BK-223/ROZ-3/2015, nt.: "Znaczenie inżynierii produkcji w rozwoju innowacyjnych produktów i usług" realizowanych w Instytucie Inżynierii Produkcji na Wydziale Organizacji i Zarządzania Politechniki Śląskiej.

Literatura

1. Sarkis J.: Manufacturing's role in corporate environmental sustainability. *International Journal of Operations & Production Management*, 21, 2001, s. 666-686.
2. Baran J., Ryszko A.: Innowacyjne technologie środowiskowe - podstawowe definicje i wprowadzenie do problematyki. (w): Łączny J.M., Baran J., Ryszko A. (red.): Opracowywanie i wdrażanie innowacyjnych technologii środowiskowych stosowanych na zwałowiskach odpadów powęglowych. Podstawy teoretyczno-metodyczne i przykłady praktyczne, Wydawnictwo Naukowe Instytutu Technologii Eksploatacji - Państwowego Instytutu Badawczego, Radom 2012.
3. Poskrobko B. (red.): Zarządzanie środowiskiem. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa, 2007.
4. Baumann H., Boons F., Bragd A.: Mapping the green product development field: engineering, policy and business perspectives, *Journal of Cleaner Production*, 10, 2002, s. 409-425.
5. Le Pochat S., Bertoluci G., Froelich D.: Integrating ecodesign by conducting changes in SMEs, *Journal of Cleaner Production*, 15, 2007, s. 671-680.
6. Bovea M.D., Pérez-Belis V.: A taxonomy of ecodesign tools for integrating environmental requirements into the product design process, *Journal of Cleaner Production*, 20, 2012, s. 61-71.
7. Baran J.: Przesłanki i wybrane aspekty ekoprojektowania w małych i średnich przedsiębiorstwach. (w): Seroka-Stolka O. (red.): Współczesne determinanty funkcjonowania małych i średnich przedsiębiorstw, Politechnika Częstochowska. Wydział Zarządzania. Częstochowa: Sekcja Wydawnicza Wydziału Zarządzania Politechniki Częstochowskiej, 2013, s. 48-66.
8. PN-EN ISO 14040 Zarządzanie środowiskowe. Ocena cyklu życia. Zasady i struktura. PKN, Warszawa, 2009.
9. Linstone H.A.: Multiple Perspectives: Concept, Applications, and User Guidelines, *Systems Practice*, Vol. 2, No. 3, 1989, 307-331.
10. Kaebernick H., Kara S., Sun M.: Sustainable product development and manufacturing by considering environmental requirements, *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*, 19, 2003, s. 461-468.
11. Baran J., Janik A.: Zastosowanie wybranych metod analizy i oceny wpływu cyklu życia na środowisko w procesie ekoprojektowania. (w:) Knosala R. (red.): Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013, s. 22-33.
12. Baran J., Janik A., Ryszko A.: Knowledge based eco-innovative product design and development - conceptual model built on life cycle approach. [w]: SGEM Conference on Arts, Performing Arts, Architecture and Design. Conference Proceedings. SGEM

- 2014 International Multidisciplinary Scientific Conferences on Social Sciences and Arts, Albena, Bulgaria 2014.
13. Baran J.: Ilościowe metody oceny wpływu na środowisko wspomagające ekoprojektowanie w ekologii. *Logistyka* 6/2014, s. 14010-14020.
 14. Baran J., Janik A., Ryszko A., Szafraniec M.: Making eco-innovation measurable – are we moving towards diversity or uniformity of tools and indicators? [w]: 2nd International Multidisciplinary Scientific Conference on Social Sciences and Arts SGEM2015, SGEM2015 Conference Proceedings, Book 2, Vol. 1, Albena, Bulgaria 2015.
 15. Poudelet V., Chayer J.A., Margni M., Pellerin R., Samson R.: A process-based approach to operationalize life cycle assessment through the development of an eco-design decision-support system, *Journal of Cleaner Production*, 33, 2012, s. 192-201.
 16. Braungart M., McDonough W., Bollinger A.: Cradle-to-cradle design: creating healthy emissions e a strategy for eco-effective product and system design, *Journal of Cleaner Production*, 15, 2007, s. 1337-1348.
 17. Ryszko A.: Zdolność absorpcyjna przedsiębiorstwa a funkcjonowanie ekoinnowacyjnego modelu biznesowego - studium przypadku. (w:) Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T.1. Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015, s. 188-200.
 18. Boks C.: The soft side of ecodesign, *Journal of Cleaner Production*, 14, 2006, s. 1346-1356.
 19. Johansson G.: Success factors for integration of ecodesign in product development – a review of state-of-the-art. *Environmental Management and Health*, 13(1), 2002, s. 98-107.
 20. Baran J.: Procedural aspects of ecodesign implementation in organisation - theory and case study. (w:) *Innovation vision 2020: from regional development sustainability to global economic growth*. Proceedings of the 25th International Business Information Management Association Conference, Amsterdam, Netherlands, May 7-8, 2015. Ed. Khalid S. Soliman. [B.m.]. International Business Information Management Association, 2015, s. 1098-1111.
 21. Luttrupp C., Lagerstedt J.: EcoDesign and The Ten Golden Rules: generic advice for merging environmental aspects into product development, *Journal of Cleaner Production*, 14, 2006, s. 1396-1408.

Dr inż. Jolanta BARAN
Instytut Inżynierii Produkcji
Politechnika Śląska
41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28
tel.: (32) 277 74 73, fax: (32) 277 73 62
e-mail: jolanta.baran@polsl.pl