

# ANALIZA PROŚRODOWISKOWA WYROBU I PROPOZYCJA JEGO UDOSKONALENIA Z WYKORZYSTANIEM NARZĘDZIA INFORMATYCZNEGO

Ewa DOSTATNI, Agnieszka KOWALEWSKA

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wyniki badań dotyczące analizy prośrodowiskowej wyrobu z wykorzystaniem narzędzia ECODESIGN PILOT. Badania poprzedziła charakterystyka koncepcji LCM (Life Cycle Management) oraz analiza wybranych metod i narzędzi wspomagających ekoprojektowanie. Jako obiekt badań wybrano urządzenie AGD. Opisano wnioski z przeprowadzonych badań oraz zaproponowano ulepszenia umożliwiające poprawę ekologiczności badanego wyrobu.

**Słowa kluczowe:** Life Cycle Management, narzędzia i metody ekoprojektowania, ocena ekologiczna wyrobu, ECODESIGN PILOT.

## 1. Koncepcja zarządzania cyklem życia wyrobu (LCM)

Rozwój współczesnej gospodarki oparty jest na koncepcji zrównoważonego rozwoju. Pojęcie zrównoważonego rozwoju zostało zdefiniowane i upowszechnione w raporcie końcowym ONZ w 1987 roku pt. „Nasza wspólna przyszłość” („Our Common Future”). Wówczas definicja zrównoważonego rozwoju brzmiała następująco: „prawo do zaspokajania potrzeb rozwojowych obecnych generacji, bez ograniczenia praw przyszłych pokoleń do zaspokajania ich potrzeb” [13]. Innymi słowy rozwój zrównoważony to taki, który w obszarze działania uwzględnia zarówno sferę ekonomiczną, ekologiczną oraz społeczną. Praktyczną aplikacją zrównoważonego rozwoju jest realizacja koncepcji zarządzania cyklem życia LCM – Life Cycle Management [8].

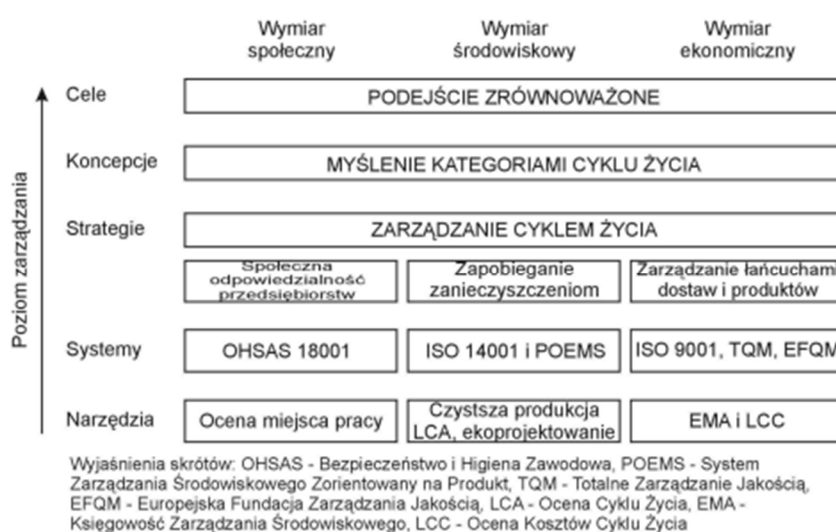
Obecnie w literaturze znajduje się wiele definicji LCM, jednakże po kompleksowej analizie wybrano dwie najbardziej ukazujące obszar zainteresowania koncepcji LCM.

*„LCM stanowi praktyczne wykorzystanie koncepcji myślenia kategoriami cyklu życia (LTC) w biznesie, w obszarze zarządzania całym cyklem życia organizacji, produktów i usług w celu zapewnienia zrównoważonej produkcji i konsumpcji. Koncepcja ta prowadzi do systematycznej integracji czynników stanowiących o zrównoważności (sustainability) m.in. na poziomie strategii i planowania przedsiębiorstwa, projektowania i rozwoju produktów, decyzji handlowych i programów komunikacyjnych. LCM nie jest pojedynczym narzędziem czy metodologią, lecz elastyczną, zintegrowaną strukturą koncepcji, technik i procedur, uwzględniających środowiskowe, technologiczne i społeczne aspekty produktów i organizacji w celu osiągnięcia ciągłego środowiskowego rozwoju z perspektywy cyklu życia” [5].*

*„LCM jest podejściem do kształtowania myślenia o produktach, procesach i usługach w kategoriach ich całego cyklu życia <od kołyski do grobu>. W ramach tego podejścia dostrzega się, że wszystkie etapy cyklu życia (pozyskiwanie surowców, wytwarzanie, transport i dystrybucja, eksploatacja, końcowe zagospodarowanie i gospodarka odpadami) generują oddziaływania środowiskowe i ekonomiczne oraz dąży się do ich minimalizacji.*

*Podjęcie to może być stosowane zarówno przez administrację, przemysł i organizacje pozarządowe w procesach podejmowania decyzji środowiskowych i produktowych, projektowaniu oraz doskonaleniu produktów. LCM może być również stosowane jako metoda naukowa do pozyskiwania danych ilościowych, inwentaryzacji, ważenia i ewaluacji oddziaływań środowiskowych produktów, procesów i usług" [16].*

Jak wynika z powyższych definicji, głównym celem stosowania koncepcji LCM jest realizacja idei zrównoważonego rozwoju. Ze względu na szeroki obszar LCM ramy koncepcji bazują nie tylko na nowych rozwiązaniach, ale w dużej mierze opierają się na istniejących systemach, narzędziach i bazach danych. W różnych wymiarach LCM stosuje się różne techniki i narzędzia, które wspomagają realizację celów. Na rysunku 1 przedstawiono cele, koncepcje, systemy oraz narzędzia LCM.



Rys.1. Cele, strategie, systemy i narzędzia LCM [8]

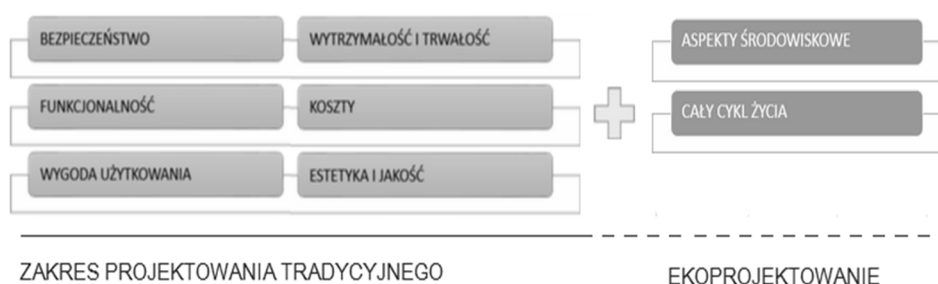
Ekoprojektowanie stanowi jedno z podstawowych narzędzi LCM (rys.1).

## 2. Ekoprojektowanie jako element LCM

Projektowanie jest procesem stopniowego definiowania cech obiektu, począwszy od ogólnych aż do coraz bardziej szczegółowych. Obejmuje czynności i zdarzenia występujące pomiędzy pojawieniem się problemu, a powstaniem dokumentacji opisującej rozwiązanie problemu, zadowalające z punktu widzenia funkcjonalnego, ekonomicznego oraz innych, zdefiniowanych wcześniej wymagań [7,15]. Projektowanie jest procesem złożonym, zajmującym w cyklu życia wyrobu znaczące miejsce. Decyzje podjęte w fazie projektowania wpływają na koszty produkcji wyrobu [2] oraz determinują działania, które będą musiały być podjęte w ostatniej fazie cyklu życia wyrobu (po jego wycofaniu z użycia) [3]. W związku z powyższym podczas projektowania zaczęto skupiać się również nad aspektami środowiskowymi. Zdefiniowano takie pojęcia jak zielone projektowanie, projektowanie dla środowiska (Design for Environmental) czy też ekoprojektowanie [8].

Ekoprojektowanie jest to zagadnienie, któremu poświęca się coraz więcej uwagi. Przyczynia się do tego m.in. świadomość społeczeństwa na temat zagrożeń środowiska

naturalnego oraz skutków jakie one mogą wywołać na życie obecnych i przyszłych pokoleń. Zgodnie z normą PKN-ISO/TR 14062:2004 ekoprojektowanie oznacza "włączanie aspektów środowiskowych do projektowanie i rozwoju wyrobu" [14]. Ekologiczne projektowanie jest uzupełnieniem projektowania tradycyjnego o ocenę oddziaływania na środowisko naturalne, a także perspektywę całego cyklu życia. Na Rys.2 przedstawione zostały elementy zainteresowania projektowania tradycyjnego oraz elementy, które zostały wprowadzone podczas procesu ekoprojektowania.



Rys.2. Projektowanie tradycyjne a ekoprojektowanie

Warto jest podkreślić, iż podczas ekoprojektowania pozostałe aspekty nie są pomijane lub traktowane jako drugorzędne. Celem ekologicznego projektowania wyrobu jest wybranie najbardziej korzystnej możliwości pod względem wszystkich analizowanych aspektów. Decyzje projektanta polegają na wybraniu opcji najbardziej ekologicznej ale wtedy, gdy spełnia ona w zadowalającym stopniu wymagania techniczne, wytrzymałościowe oraz bezpieczeństwa [9]. Podczas procesu projektowania oddziaływanie na środowisko można uznać za znikome, jednakże praca projektanta, a także zbiór działań jakie towarzyszą w ekoprojektowaniu może w szczególny sposób doprowadzić do minimalizowania kosztów środowiskowych. Analiza i redukcja oddziaływań na środowisko podczas projektowania w całym cyklu życia jest podstawową zasadą projektowania dla środowiska.

Ekoprojektowanie wykorzystuje wiele dostępnych na rynku metod i narzędzi, które nie są ujęte podczas tradycyjnego projektowania. Wynika to z faktu, iż narzędzia w systemach CAD nie są przystosowane do oceny projektowanego wyrobu pod kątem oddziaływania na środowisko naturalne, a moduły uwzględniające wskaźniki środowiskowe, są dopiero rozwijane (np. SolidWorks Sustainability w oprogramowaniu SolidWorks i Sustainable Material Assistant w oprogramowaniu Autodesk Inventor). Oprócz tego ekoprojektowanie odnosi się do całego cyklu życia, co również nie jest uwzględnione podczas projektowania tradycyjnego. Dodatkowo konkurencja pomiędzy producentami wyrobów wymusza stosowanie nowych metod i narzędzi, które pomagają spełniać wymagania użytkowników i wymagania środowiskowe [4].

### 3. Wybrane metody i narzędzia wspomagające ocenę środowiskową wyrobu

Ze względu na konieczność angażowania specjalistów z wielu dziedzin oraz samą złożoność, ekoprojektowanie wymusza stosowanie szeregu narzędzi i technik, wspomagających ocenę środowiskową wyrobu. Na rynku dostępne są różnorodne metody,

które nieustannie są rozwijane zarówno w ośrodkach badawczych, jak i przedsiębiorstwach podczas dostosowywania narzędzi do własnych potrzeb. Istnieją różne podziały typologiczne wspomnianych narzędzi - jednym z nich jest podział na metody: jakościowe, półilościowe oraz ilościowe [1]. Rysunek 3 przedstawia zestawienie metod i narzędzi wspomagających ekoprojektowanie wyrobu.

Metody jakościowe	Metody ilościowe
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Karty kontrolne</li> <li>• Macierz MET (Material Energy, Toxic emissions)</li> <li>• Metoda intuicyjna</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Wskaźnik zasobochłonności MIPS (Material Input per Service Unit)</li> <li>• Środowiskowa ocena cyklu życia LCA (Life Cycle Management)</li> <li>• Ekobilans</li> <li>• EFMEA (Failure Mode and Effects)</li> <li>• OPM (Oil Point Method)</li> <li>• Ekowskaźnik99</li> <li>• Metoda EPS 2000</li> <li>• Metoda CML</li> <li>• Metoda ReCiPe</li> <li>• EcoCompass</li> <li>• Ocena oddziaływań na środowisko EIA (Environmental Impact Assessment)</li> <li>• Metoda krytycznych objętości</li> <li>• Metoda punktów ekologicznych</li> <li>• Metoda sumarycznych nakładów środowiskowych</li> <li>• Wskaźnik PSI (Product Sustainability Index)</li> </ul>
Metody półilościowe	
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Macierz ERPA (Environmental Responsible Product Assessment)</li> <li>• Macierz MECO (Materials, Energy, Chemical, Other)</li> <li>• Macierz EQFD (Environmental Quality Function Deployment)</li> <li>• Macierz EBM – benchmarkingu środowiskowego</li> <li>• Macierz SLCA (Streamlined Life Cycle Assessment)</li> <li>• Macierz ECM (Eco-Design Checklist)</li> <li>• Ecodesign Pilot</li> <li>• Wielokryterialna analiza porównawcza</li> </ul>	

Rys.3. Metody i narzędzia wspomagające ekoprojektowanie wyrobu [1,8,10]

Metody i narzędzia jakościowe są to takie, w których parametry liczbowe nie są określane. Służą do charakteryzowania i analizy badanego zjawiska lub obiektu badań. Opierają się na porównaniu właściwości/kryteriów ze wzorcem.

Metody i narzędzia półilościowe pozwalają uzyskać więcej informacji niż metody jakościowe, gdyż umożliwiają przyporządkowanie określonych wyników do metod działania.

Metody, w których określane są parametry liczbowe, które charakteryzują dany element badań, to metody ilościowe. Służą one głównie do mierzenia. Często metody jakościowe oraz półilościowe są stosowane przed metodami ilościowym i stanowią punkt wyjścia do dalszych analiz. Metody jakościowe dają ogólny obraz sytuacji, a metody ilościowe faktyczne dane liczbowe.

Do metod półilościowych zaliczane jest narzędzie ECODESIGN PILOT, które umożliwia wykonanie analizy ekologicznej wyrobów. Narzędzie to może być stosowane przez przedsiębiorstwa w celu identyfikacji zmian jakie powinno ono wprowadzić, aby jego wyroby były przyjazne dla środowiska.

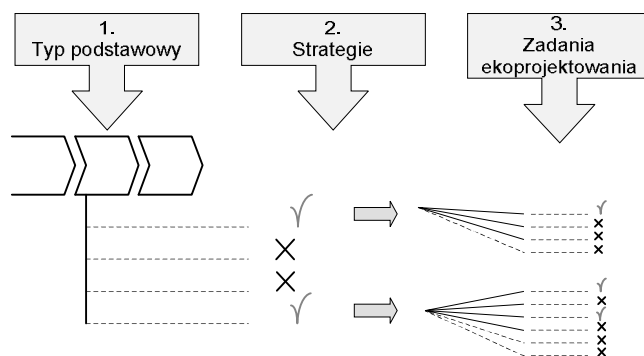
#### 4. ECODESIGN PILOT jako przykład narzędzia wspomagającego ekologiczne projektowanie

ECODESIGN PILOT [12] został opracowany przez Institute for Engineering Design z Vienna University of Technology. PILOT to akronim od angielskich słów Product-Investigation-, Learning- and Optimization-Tool, co oznacza narzędzie do analizy i optymalizacji wyrobu, ale także do nauki o ekoprojektowaniu. ECODESIGN PILOT umożliwia szybkie zidentyfikowanie odpowiednich zadań, które należy wykonać w celu poprawy jakości środowiskowej wyrobów. Służy także do pomocy we włączaniu ekoprojektowania od procesu rozwoju wyrobu. ECODESIGN PILOT może służyć również jako baza wiedzy, dzięki której można zdobywać informacje o ekoprojektowaniu i wykształcić szerokie zrozumienie tematu w kontekście zrównoważonego rozwoju.

Narzędzie ECODESIGN PILOT skutecznie wspiera kreatywność projektantów, inżynierów, czy konsultantów środowiskowych, którzy często są członkami jednego zespołu zajmującego się eko-projektem. Dzięki temu narzędziu można precyzyjnie określić, które potencjalne działania mają największy wpływ na jakość środowiskową wyrobu i jednocześnie najmniejsze ryzyko implementacyjne.

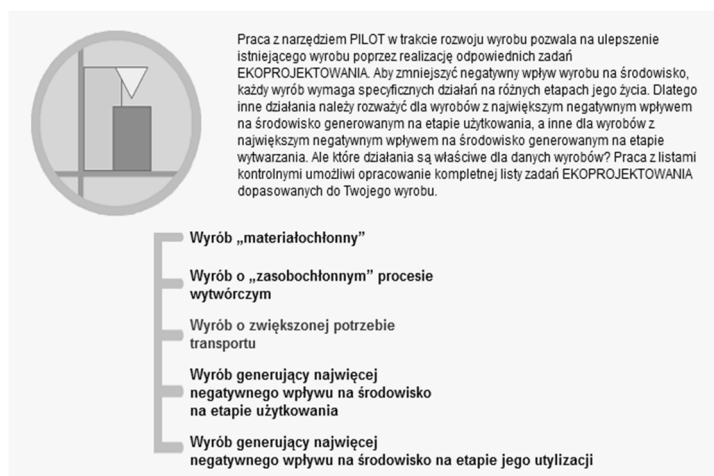
ECODESIGN PILOT jest dostępny w trzech różnych formach: jako książka, jako program komputerowy na CD oraz jako strona internetowa [www.ecodesign.at/PILOT](http://www.ecodesign.at/PILOT) [12], która cieszy się obecnie największym zainteresowaniem ze względu na możliwość darmowego dostępu do tej wersji narzędzia. O wysokiej popularności internetowego ECODESIGN PILOTa świadczy fakt, że jest już dostępny w dziesięciu językach [11].

Przebieg analizy z narzędziem ECODESIGN PILOT składa się z trzech etapów (rys. 4). Najpierw należy określić do którego podstawowego typu można zaliczyć analizowany produkt, następnie wybrać obiecujące strategie, po czym wypełnić listy kontrolne w celu wyłonienia najefektywniejszych i najmniej ryzykownych zadań ekoprojektowania



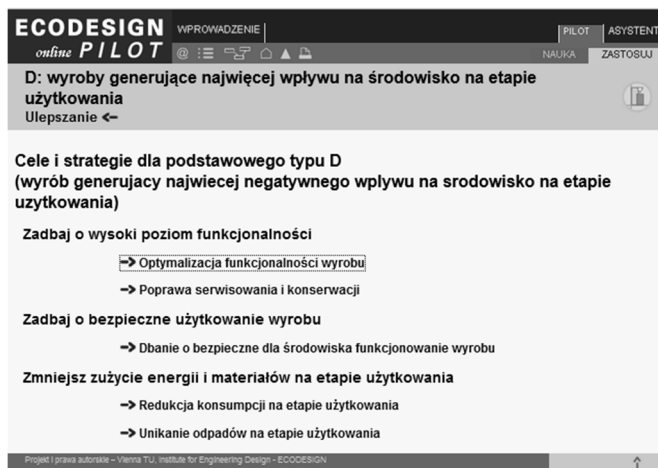
Rys.4. Schemat przedstawiający kolejne kroki pracy z ECODESIGN PILOT [11, 17]

Po uruchomieniu ECODESIGN PILOT oraz wyborze języka programu, pojawia się ekran startowy wyboru ścieżki wspomagającej ekoprojektowanie w określonym etapie (rys.5).



Rys.5. Wybór ścieżki wspomagającej ekoprojektowanie w narzędziu ECODESIGN PILOT [12]


W narzędziu ECODESIGN PILOT istnieje możliwość badania wyrobu za pomocą pięciu kryteriów, które odnoszą się do obciążenia środowiska tj.: materiałochłonność, zasobochłonność, transport, użytkowanie wyrobu oraz końcowe zagospodarowanie wyrobów. Projektant do analizy może wybrać jedną lub wszystkie ścieżki wspomagające proces projektowania. Każda ścieżka posiada podkategorie charakteryzujące cele i strategię. Na rysunku 6 przedstawione zostały cele i strategię jakie zostały przyporządkowane do wybranej ścieżki - dla wyrobów generujących najwięcej negatywnego wpływu na środowisko naturalne na etapie użytkowania.



Rys.6. Cele i strategię dla wyrobów generujących najwięcej negatywnego wpływu na środowisko naturalne na etapie użytkowania w narzędziu ECODESIGN PILOT [12]

Po wybraniu strategii na ekranie głównym ukazują się listy ekoprojektowania. Przykład listy kontrolnej został przedstawiony na rysunku 7.

**Czy żywotność poszczególnych części wyrobu została ujednoczona w celu uniknięcia przedwczesnej utylizacji całego wyrobu?**


 Gdzie znajdują się słabe punkty wyrobu? Które części jako pierwsze ulegają defektom? Jaki jest pozostały czas żywotności innych części? Jakie działania mogłyby ujednoczyć żywotność poszczególnych części?

Istotność (R)	Spełnienie (F)	Priorytet (P)
<input type="radio"/> Bardzo ważne ( 10 )	<input type="radio"/> Tak ( 1 )	P = R * F
<input type="radio"/> Mniej ważne ( 5 )	<input type="radio"/> Raczej tak ( 2 )	
<input type="radio"/> Nie dotyczy ( 0 )	<input type="radio"/> Raczej nie ( 3 )	
	<input type="radio"/> Nie ( 4 )	

<b>Zadanie</b>	Dopasowanie czasu życia (żywotności) poszczególnych elementów w wyrobie <b>więcej</b>
<b>Pomysł na realizację</b>	
<b>Koszty</b>	<input type="radio"/> Większe <input type="radio"/> Na tym samym poziomie. Dlatego, że <input type="radio"/> Mniejsze
<b>Wdrożenie</b>	<input type="radio"/> trudne <input type="radio"/> łatwe
<b>Działanie</b>	<input type="radio"/> Niezwłocznie Osoba odpowiedzialna <input type="radio"/> Później <input type="radio"/> Nigdy

Rys.7 Przykład listy kontrolnej w narzędziu ECODESIGN PILOT [12]

W oknie listy kontrolnej po naciśnięciu przycisku "więcej" projektantowi rozwija się w oknie wskazówka dotycząca danego zadania (Rys.8).

 **Dopasowanie czasu życia (żywotności) poszczególnych elementów w wyrobie**

Zastosowanie w wyrobie części o podobnych czasach eksploatacji ma na celu uniknięcie sytuacji, w której wyrób po krótkim czasie użytkowania staje się bezużyteczny z powodu niewielkich defektów. Dlatego wszystkie części i komponenty wyrobu powinny być jednakowo trwałe. Niektóre z nich zawsze będą stanowiły słaby punkt, ale mimo tego nie powinny powodować przedwczesnego pozbywania się całego wyrobu.

Rys.8 Przykład wskazówki do listy kontrolnej w narzędziu ECODESIGN PILOT [12]

W oknie z listami kontrolnymi znajduje się opis uwzględniający podejście do oceny wypełnionych kart ekoprojektowych. Podsumowując, po uzupełnieniu wszystkich list kontrolnych projektant wybiera tylko takie zadania ekoprojektowania, które wykazały najwyższy priorytet. Następnie wybrane zadania wymagają dalszej analizy oraz wdrożenia odpowiednich działań [6].


## 5. Analiza środowiskowa wyrobu AGD z wykorzystaniem ECODESIGN PILOT

Przedmiot badań stanowi wyrób AGD – pralka ładowana od frontu. Wyrób ten generuje najczęściej obciążenia środowiskowego na etapie użytkowania, ze względu na znaczne zużycie wody oraz energii elektrycznej. Podczas użytkowania tego wyrobu zużywa się duże ilości detergentów, które również mają negatywny wpływ na środowisko naturalne. Dlatego w trakcie badania wybrano ścieżkę dla wyrobów generujących najczęściej negatywnego wpływu na etapie użytkowania. Chcąc przystąpić do analizy w narzędziu

Ecodesign Pilot należy określić, w którym etapie cyklu życia badanego wyrobu występuje największe obciążenie środowiska naturalnego.

Łącznie wypełnionych zostało dwadzieścia siedem kart kontrolnych, realizujących trzy cele poprzez obranie pięciu strategii. Karty były oceniane względem priorytetu (ważności danego zadania), który obliczany był poprzez iloczyn istotności oraz spełnienia danego zadania. Skalą priorytetu były punkty od 0 do 40. Wyższa ilość uzyskanych punktów wskazywała wyższy priorytet. Na rysunku 9 przedstawiono przykładową kartę kontrolną.

**Czy wyrób funkcjonuje dzięki prostej zasadzie działania i czy charakteryzuje się nieskomplikowaną strukturą o minimalnej ilości elementów?**



Jak bardzo złożona jest konstrukcja wyrobu i jego komponentów? Czy możliwe jest jej uproszczenie poprzez wybór innej zasady działania? Które komponenty powinny być przeprojektowane lub uproszczone?

Istotność (R)	Spełnienie (F)	Priorytet (P)
<input checked="" type="radio"/> Bardzo ważne ( 10 ) <input type="radio"/> Mniej ważne ( 5 ) <input type="radio"/> Nie dotyczy ( 0 )	<input type="radio"/> Tak ( 1 ) <input type="radio"/> Raczej tak ( 2 ) <input checked="" type="radio"/> Raczej nie ( 3 ) <input type="radio"/> Nie ( 4 )	<div style="border: 2px solid black; padding: 5px; display: inline-block;"> <b>30</b>  <small>P = R * F</small> </div>

Zadanie	Projektuj wyroby o prostej zasadzie działania <small>więcej</small>
<b>Pomysł na realizację</b>	Poprawa obecnego panelu sterowania - Minimalizacja przycisków w panelu sterowania. Stworzenie ekranu dotykowego wraz z oprogramowaniem, które będzie nakierowywało użytkownika pralki na dany program prania oraz na dobór funkcji (wraz z opisem tych funkcji).
<b>Koszty</b>	<input checked="" type="radio"/> Większe <input type="radio"/> Na tym samym poziomie <b>Dlatego, że</b> zwiększone koszty produkcji, zwiększona praca programistów i in. <input type="radio"/> Mniejsze
<b>Wdrożenie</b>	<input checked="" type="radio"/> trudne <b>Dlatego, że</b> zaangażowanie specjalistów, odpowiednie przygotowanie produkcji. <input type="radio"/> łatwe
<b>Działanie</b>	<input checked="" type="radio"/> Niezwłoczne <b>Osoba odpowiedzialna</b> _____ <input type="radio"/> Później <input type="radio"/> Nigdy <b>Termin realizacji</b> 60

Rys.9. Przykładowa wypełniona karta kontrolna

Po wykonaniu analizy stwierdzono, że żadna karta nie uzyskała najwyższego priorytetu, natomiast aż siedem kart (26%) wykazało bardzo wysoki priorytet – 30pkt. oraz dwie karty (8%) wysoki – 20 pkt. Reszta list kontrolnych wykazała dość niski priorytet, a mianowicie: trzynaście kart (48%) – 10 pkt, trzy karty (11%) - 5 pkt. oraz dwie karty (7%) 0 pkt.

Listy kontrolne o wysokim priorytecie powinny wskazywać projektantowi obszary, które wyznaczają dalszą ścieżkę analizy, natomiast listy o niskim priorytecie mogą zostać wykluczone/pominięte podczas dalszego projektowania wyrobu.

Listy kontrolne o priorytecie 30 pkt. dotyczyły:

- prostoty użytkowania wyrobu oraz nieskomplikowanej struktury,
- określenia poziomu zużycia wyrobu,
- ograniczenia szkodliwego dla środowiska wykorzystania wyrobu,
- minimalizacji poboru energii podczas użytkowania wyrobu poprzez zmiany zasady działania,
- minimalizacji zużycia materiałów eksploatacyjnych,
- minimalizacji ilości emisji, odpadów, ścieków, hałasu itp.,
- udostępnienia informacji dotyczących możliwości uczestniczenia w zbiórkach odpadów.



Listy kontrolne o priorytecie 20 pkt. dotyczyły:

- projektowania wyrobu uwzględniając wielofunkcyjność wyrobu,
- minimalizacji ilości odpadów generowanych przez wyrób podczas jego użytkowania;

Jako wyniki analizy, zestawiono w tabeli 1 wszystkie zadania o wysokim priorytecie (dla pralki – wyrobu AGD) oraz pomysł na realizację tych zadań.

Tab.1 Pomysły na realizację zadań o wysokim priorytecie – wyniki analizy w narzędziu ECODESIGN PILOT

ZADANIE	POMYSŁ NA REALIZACJĘ
<i>Projektuj wyroby o prostej zasadzie działania</i>	Minimalizacja liczby przycisków oraz zastąpienie większości przycisków ekranem dotykowym ze specjalnym programem, który za pomocą prostej nawigacji, nakieruje użytkownika pralki na program i dobierze odpowiednie funkcje do prania. Oprogramowanie zostanie wyposażone w szereg wskazówek oraz instrukcję obsługi, aby ułatwić proces programowania urządzenia.
<i>Zadbaj o to, aby oznaki zużycia wyrobu były widoczne</i>	Wyposażenie pralki w system SmartCheck. System przeprowadza analizę błędów pralki oraz samodzielnie proponuje rozwiązania. Jeżeli problem jest nie do rozwiązania wówczas wyświetlana jest informacja o konieczności wezwania serwisu. Pomysł może przyczynić się do wydłużenia cyklu życia wyrobu.
<i>Zapobiegaj szkodliwemu dla środowiska wykorzystywaniu wyrobu</i>	Pralka może zostać wyposażona w czujniki wielkości wsadu oraz wykrywanie wielkości detergentu. Każdy program prania określa wielkość wsadu oraz potrzebną ilość detergentu, w momencie niedopełnienia, lub przekroczenia wielkości wsadu lub detergentu na ekranie LED wyświetlona zostanie informacja w postaci ostrzeżenia. Urządzenie będzie pracowało wydajnie i bezpiecznie dla środowiska naturalnego.
<i>Minimalizuj pobór energii na etapie użytkowania poprzez wybór odpowiedniej zasady działania wyrobu</i>	Wprowadzenie technologii EcoBubble czyli tzw. pranie zabrudzonych tkanin na zimno. Technologia polega na wytworzeniu aktywnej piany, która wraz z pęcherzykami powietrza odrywa brud od tkanin w bardzo niskiej temperaturze prania. Pozostawiając tkaniny miękkie i czyste po każdym praniu. Technologia pozwala zaoszczędzić duże ilości energii już w pierwszym cyklu prania.
<i>Projektuj wyrób dla minimalnego zużycia materiałów eksploatacyjnych</i>	Wyposażenie pralki w technologię EkoWash. Za pomocą czujników pralka może wykrywać informacje na temat prania tj. wykrywanie poziomu detergentu, wody, wielkości wsadu i zabrudzenia. Pralka sama ustala parametry prania, które są najbardziej ekologiczne dla danego cyklu. Technologia EkoWash pozwala na mniejsze zużycie wody oraz detergentów, a także zapewnia perfekcyjną czystość ubrań.
<i>Minimalizuj ilość emisji, odpadów, hałasu – powstających na etapie użytkowania wyrobu</i>	Wprowadzenie technologii WibroWash. Technologia zmniejszająca ilość drgań podczas prania, a w konsekwencji zmniejszony zostanie hałas podczas użytkowania wyrobu. Idealne wyważenie bębna poprzez instalację specjalnych kul

	w komorze, które stanowiąc będą antywagę podczas wirowania zapewni wysoki komfort użytkownika pralki oraz ograniczenie hałasu oraz zminimalizuje zużywanie się części wyrobu.
<i>Informuj o istniejących możliwościach zbiórki odpadów powstających podczas użytkowania wyrobu</i>	Informacja dla klientów dotycząca ekozbiórek zużytych pralek, podzespołów – wskazanie punktów zbiórek. Informacja dotycząca odzysku wartościowych metali pochodzących z urządzenia. Możliwa realizacja poprzez dołączenie ulotek do każdego produktu oraz publikacja tych informacji na firmowej stronie www.
<i>Projektuj wyrób z myślą o wielofunkcyjności</i>	Każdy program pralki (pranie, wirowanie, płukanie) posiada kilka opcji uwzględniających np.: rodzaj tkanin, stopień zabrudzenia, temperaturę prania itp. Rozbudowanie funkcjonalności o dobór odpowiedniej ilości wody do prania na podstawie wagi ubrań.
<i>Unikaj odpadów lub minimalizuj ich ilość na etapie użytkowania wyrobu</i>	Każdy element opakowania pralki może zostać ponownie wykorzystany. Wraz z opakowaniem pralki klient otrzymuje ulotkę jak sortować odpady.

Podsumowując, pomysły na realizację zadań ekoprojektowych mogą przyczynić się do zmniejszenia zużycia wody, energii elektrycznej, detergentów, ograniczenia hałasu oraz mogą mieć pozytywny wpływ na edukację użytkowników końcowych. Nie bez znaczenia pozostaje również zwiększona funkcjonalność wyrobu oraz wydłużenie cyklu życia. Wyniki badania mogą przyczynić się do ulepszenia wyrobu, dlatego każdy pomysł o wysokim priorytecie powinien zostać rozpatrzony w dalszej analizie. Realizacja poszczególnych zadań wymaga we wszystkich przypadkach większych nakładów finansowych. W narzędziu ECODESIGN PILOT można uzasadnić czy realizacja zadania spowoduje zwiększenie/zmniejszenie lub pozostawienie kosztów na tym samym poziomie, jedynie w jednym zdaniu, dlatego w listach kontrolnych zapisano tylko główne koszty. W siedmiu z dziewięciu analizowanych kartach wzrost kosztów podczas realizacji zadań jest spowodowany wyższymi kosztami produkcji np. ze względu na odpowiednie przygotowanie produkcji, konieczność zakupu odpowiednich podzespołów, montaż itp. Wzrost kosztów może być również związany ze zwiększeniem nakładu pracy, gdyż wdrażanie nowych technologii wymaga obecności specjalistów, przeprowadzenia szkoleń oraz testowaniu technologii. Ostatnią grupą kosztów, która była uwzględniona w analizie, są koszty marketingowe – jako główna składowa wzrostu kosztów były uwzględnione w dwóch kartach.

W narzędziu ECODESIGN PILOT można uzasadnić czy wdrożenie zadania będzie łatwe/trudne również za pomocą jednego zdania. Listy kontrolne z wysokim priorytetem okazały się w 78% (7 na 9 kart) trudne do wdrożenia, dlatego że wszystkie te karty wiążą się z poszerzeniem atrakcyjności wyrobu - wprowadzenie nowych funkcji wyrobu. Tylko w dwóch kartach kontrolnych realizacja zadań może okazać się łatwa – są to zadania związane z edukacją klientów, a realizacja ogranicza się do zapewnienia doręczenia materiałów edukacyjnych/reklamowych do użytkowników wyrobu.

Analiza w ECODESIGN PILOT okazała się prosta, nie wymagała poświęcenia dużej ilości czasu oraz zebrania dużej ilości danych. Do dużych zalet narzędzia należy ogólnodostępność, gdyż jest to bezpłatny program internetowy. Jako narzędzie wspomagające ekoprojektowanie, może się okazać przydatne podczas projektowania

nowego wyrobu oraz przede wszystkim podczas ulepszania istniejącego produktu.

## 6. Podsumowanie

Na rynku istnieje szeroki wachlarz narzędzi, metod, technik oraz oprogramowania wspomagających proekologiczne projektowanie wyrobów. Można wybierać spośród prostych, intuicyjnych oraz bezpłatnych metod lub też, jeżeli analiza jest złożona sięgnąć po zaawansowane programistycznie, płatne oprogramowania, których funkcje realizują założenia najbardziej pracochłonnych metod ilościowych (np. LCA), wspomagających ekoprojektowanie. Do analizy środowiskowej wybrano jedno narzędzie spośród wszystkich zestawionych. ECODESIGN PILOT to proste, bezpłatne i bardzo przydatne narzędzie dla każdego ekoprojektanta. Wskazówki narzędzia oraz sposób sformułowanych pytań w listach kontrolnych okazały się bardzo pomocne podczas rozwiązywania poszczególnych zadań ekoprojektowania. Narzędzie wymuszało na osobie wykonującej analizę rozpatrywanie różnych kwestii środowiskowych, odnoszących się do wyrobu w całym cyklu jego życia. Nie jest jednak to narzędzie, które ukaze projektantowi konkretne wyniki liczbowe, natomiast wskaże tylko obszar dalszych analiz. Trudnością podczas wykonywania badań okazało się pozyskanie danych dotyczących np.: nowych technologii stosowanych w praktyce, informacji na temat serwisowania, konserwowania oraz użytkowania wyrobu itp. Informacje niejednokrotnie wyszukiwano na forach internetowych, stronach producentów oraz od samych producentów. Do wad narzędzia można zaliczyć subiektywność analizy, gdyż dla każdego projektanta realizacja danego zadania może odbyć się poprzez różne metody, nie zawsze w idealnym stopniu dopasowane do danego zagadnienia środowiskowego.

Prezentowane wyniki badań, zrealizowane w ramach tematu nr 02/23/DSPB/7640 zostały sfinansowane z dotacji na naukę przyznanej przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego.

## Literatura

1. Baran J., Janik A.: Zastosowanie wybranych metod analizy i oceny wpływu cyklu życia na środowisko w procesie ekoprojektowania. [w]: Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji. Pod red. Ryszarda Knosali, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2013.
2. Dostatni E.: Zarządzanie procesem projektowania z wykorzystaniem metod rozproszonej sztucznej inteligencji, rozprawa doktorska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, Politechnika Poznańska, 2004.
3. Dostatni E., Diakun J., Grajewski D., Karwasz A., Wichniarek R.: Proekologiczne projektowanie wyrobów w środowisku CAD 3D z zastosowaniem technologii agentowej, Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, 2014.
4. Dostatni E., Karwasz A.: Systemy informatyczne wspomagające proekologiczne projektowanie, Zarządzanie Przedsiębiorstwem, Nr 2/2009, Oficyna Wydawnicza Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole, 2009.
5. Jensen A.A. Remmen A. (ed.): Background report for a UNEP guide to Life Cycle Management - a bridge to sustainable products, 2004.

6. Kowalewska A.: Analiza metod i narzędzi wspomagających ocenę ekologiczną wyrobu w całym cyklu życia, praca dyplomowa magisterska Politechnika Poznańska Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, promotor Ewa Dostatni, Poznań, 2015.
7. Krick E.V.: An introduction to engineering and engineering design, Wiley, New York, 1966.
8. Kurczewski P., Lewandowska A. (red.): Zasady prośrodowiskowego projektowania obiektów technicznych dla potrzeb zarządzania ich cyklem, Poznań, 2008.
9. Lewandowska A., Foltynowicz Z.: Prośrodowiskowe działania źródłem innowacji w przedsiębiorstwie, [w]: Materiały z konferencji Rozwój przedsiębiorstw w aspekcie projekcyjnego doskonalenia i innowacyjności (red. Z.Kłós, ), 10-12 maja Boszkowo, wyd. Politechniki Poznańskiej, 2006.
10. Mańkowska M., Wach A.K.: Zasady proekologicznego projektowania wyrobów elektronicznych, Materiały I Krajowej Konferencji Naukowo-Technicznej Ekologia w elektronice, Warszawa, 2000.
11. Markiewicz P.: Wspomaganie ekoprojektowania wyrobów na przykładzie narzędzia ECODESIGN PILOT, praca dyplomowa magisterska Politechnika Poznańska Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania, promotor Ewa Dostatni, Poznań, 2008.
12. Materiały informacyjne nt. ECODESIGN PILOT, <http://www.ecodesign.at/toolbox/>, dostęp: grudzień 2015.
13. Our Common Future. Report of the World Commission on Environment and Development, 4.08.1987.
14. PKN-ISO/TR 14062:2004, Zarządzanie środowiskowe. Włączanie aspektów środowiskowych do projektowania i rozwoju wyrobu, Warszawa, PKN, 2004.
15. Sielicki A., Jeleniewski T.: Elementy metodologii projektowania technicznego, WNT, Warszawa, 1980.
16. The Ottawa Statement on product and supply chain-focused policies and tools for sustainable development. Environment Canada, 2004.
17. Wimmer W., Züst R.: ECODESIGN PILOT, Londyn 2001.

Dr inż. Ewa DOSTATNI  
 Mgr inż. Agnieszka KOWALEWSKA  
 Katedra Zarządzania i Inżynierii Produkcji  
 Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania  
 Politechnika Poznańska  
 60-965 Poznań, ul. Piotrowo 3  
 tel.: 61 665 27 31  
 fax: 61 665 27 74  
 e-mail: [ewa.dostatni@put.poznan.pl](mailto:ewa.dostatni@put.poznan.pl)  
[kowalewska.agnieszka@onet.pl](mailto:kowalewska.agnieszka@onet.pl)