



## **Metodyka ekoprojektowania inżynierskiego**

M. Spilka, A. Kania, R. Nowosielski

Politechnika Śląska, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Instytut Materiałów Inżynierskich i Biomedycznych, Zakład Materiałów Nanokrystalicznych i Funkcjonalnych oraz Zrównoważonych Technologii Proekologicznych  
email: monika.spilka@polsl.pl

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono ekoprojektowanie jako współczesne, coraz bardziej popularne, spojrzenie na projektowanie zrównoważonych produktów i procesów wytwórczych. Zaproponowano metodykę integracji aspektów środowiskowych z projektowaniem inżynierskim produktu w postaci procedury (algorytmu) ekoprojektowania.

**Abstract:** The article presents the eco-design as a modern, increasingly popular, look at the design of sustainable products and production processes. The integration method of environmental aspects with engineering product design in the form of the procedure (algorithm) of ecodesign was proposed.

**Słowa kluczowe:** projektowanie, ekoprojektowanie, ekoprodukt, metodyka ekoprojektowania

### **1. WSTĘP**

Współczesne procesy projektowania inżynierskiego, oprócz aspektów technicznych, powinny uwzględniać aspekty rynkowe, jakościowe, ekonomiczne i środowiskowe. Szczególną uwagę poświęca się aspektom środowiskowym ze względu na coraz większe wymagania odnośnie zapewnienia ochrony środowiska [1]. Projektowanie jako początkowa faza cyklu życia produktu odgrywa decydującą rolę w zapewnieniu jakości jego funkcjonowania w dalszych etapach istnienia (wytworzenia, eksploatacji i likwidacji), również w odniesieniu do relacji ze środowiskiem.

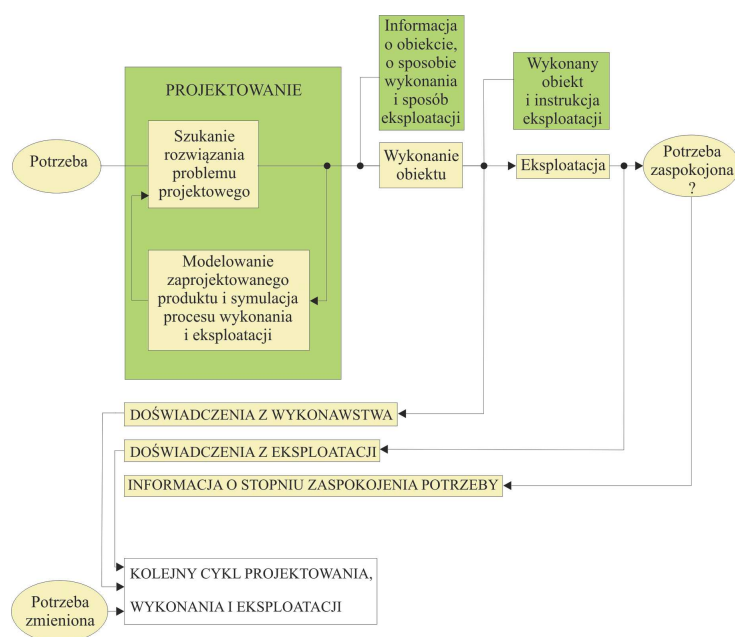
Pojęcie ekoprojektowania stworzono w celu podkreślenia znaczenia problemów środowiskowych i ekonomicznych we współczesnym projektowaniu. Ekoprojektowanie, projektowanie dla środowiska czy projektowanie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju jest nowym podejściem do projektowania i polega na identyfikowaniu aspektów środowiskowych, związanych z produktem i uwzględnieniu ich w procesie projektowania w jego początkowym etapie [2, 3]. W literaturze funkcjonuje również wiele innych określeń używanych odnośnie ekoprojektowania, jak: zielone projektowanie, projektowanie ekologiczne czy zrównoważone projektowanie produktu.

Ekoprojektowanie wprowadza dodatkowy wymiar do projektowania tradycyjnego. Nadal kluczową rolę pełnią takie aspekty, jak: funkcja produktu, bezpieczeństwo, ergonomia, wytrzymałość, jakość czy koszty. Dochodzi jednak dodatkowe kryterium, jakim jest ocena projektu z punktu widzenia jego oddziaływania na środowisko.

Celem włączenia aspektów środowiskowych do projektowania jest ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko produktów w czasie całego cyklu życia i stworzenie zrównoważonego rozwiązania zaspokajającego ludzkie potrzeby. Realizując ten cel można uzyskać wielorakie korzyści dla organizacji, jej konkurencyjności i klientów.

## 2. POJĘCIE PROJEKTOWANIA

Istnieje wiele definicji projektowania, ponieważ projektowanie obejmuje niemal wszystkie dziedziny życia. Najogólniej rzecz ujmując projektowaniem można określić całokształt działań, które zmierzają do wskazania sposobu zaspokojenia danej potrzeby. Proces projektowania rozpoczyna się w chwili uświadomienia danej potrzeby i podjęcia decyzji o próbie jej zaspokojenia, a kończy w momencie uzyskania informacji o sposobie i możliwych środkach jej spełnienia. Proces projektowania na tle procesu zaspokajania potrzeb przedstawiono na rysunku 1 [4].



Rysunek 1. Proces projektowania z uwzględnieniem zaspokajania potrzeb [4]  
 Figure 1. The design process with consideration of meeting the needs

Realizację procesu projektowania muszą zapewnić następujące elementy [4]:

- potrzeba – mogąca przejawiać się w różnorodny sposób, jako impuls kierujący proces projektowania,
- kompetentny sprawca – zespół projektantów lub pojedynczy projektant,
- określony system wartości – ważność kryteriów technicznych, ekonomicznych, ekologicznych, itp.,

- zasoby – warunkujące poprawność przebiegu procesu (metodologiczne, informacyjne, techniczne, ekonomiczne, czasowe),
- wynik projektowania – w postaci dokumentacji technicznej, prototypu lub modelu funkcjonalnego.

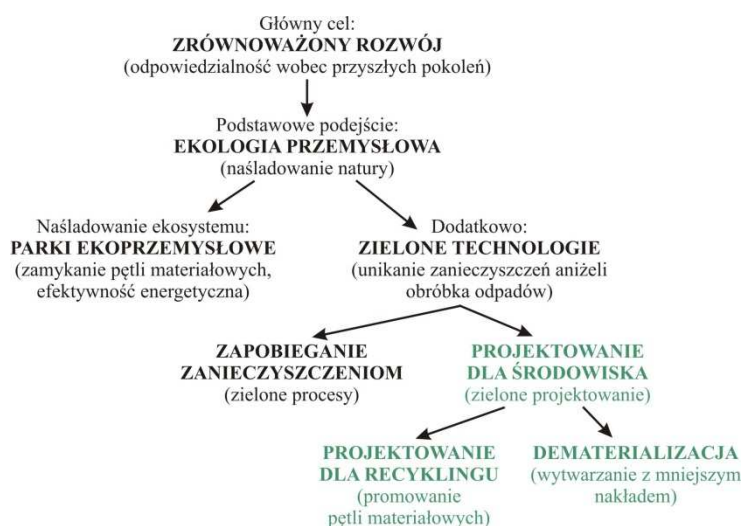
Projektowanie można rozpatrywać jako proces decyzyjny, proces przetwarzania informacji, proces rozwiązywania kolejnych zadań, proces twórczego myślenia, proces kształtowania środowiska, proces badawczy, itd. Każdej z tych interpretacji odpowiada określony model teoretyczny, zależny od dziedziny, której projektowanie dotyczy [5].

Szczególną dziedziną projektowania, której przedmiotem rozważań są problemy inżynierskie jest projektowanie inżynierskie. Stanowi ono integralną część projektowania produktów i ściśle wiąże się z fazami wzornictwa przemysłowego i przygotowania produkcji [6]. Projektowanie inżynierskie jest procesem bardzo złożonym i rozbudowanym. Na każdym etapie pracy należy brać pod uwagę różnorodne czynniki, jak: funkcjonalne, marketingowe, socjologiczne, ekonomiczne, ekologiczne, itd. [7]. Podstawowe decyzje w zakresie oddziaływania produktów na środowisko podejmowane są na etapie projektowania, stąd należy realizować zintegrowaną politykę w odniesieniu do produktu, ukierunkowaną na projektowanie proekologiczne.

### 3. ISTOTA EKOPROJEKOWANIA

Ekoprojektowanie opiera się na zasadzie zapobiegania negatywnym skutkom, którą najlepiej spełnić na etapie projektowania. Koncepcja prewencyjna przy projektowaniu produktu wymaga myślenia o obiegu materii. Należy dążyć do obiegu zamkniętego (produkcja → konsumpcja → odpady → recykling → produkcja).

Celem ekoprojektowania jest wytworzenie produktu przyjaznego dla środowiska w całym cyklu życia, czyli takiego, który spełnia zasady zrównoważonego rozwoju (rysunek 2). Produkt taki określany jest mianem ekoprojektowania lub zrównoważonego produktu.



Rysunek 2. Projektowanie zgodnie z zasadami zrównoważonego rozwoju [8]

Figure 2. Design according to the sustainable development principles

W ramach koncepcji zrównoważonego rozwoju projektowany ekoprojekt powinien być [9, 10]:

- nieszkodliwy w całym cyklu życia,
- energooszczędny,
- wyprodukowany w największym stopniu z surowców odnawialnych, zapewniających żywotność ekosystemu (w przypadku materiałów nieodnawialnych powinny one zachować zdolność do przetwarzania w sposób energooszczędny i nietoksyczny),
- łatwy do naprawy, demontażu i przetworzenia w celu ponownego użycia.

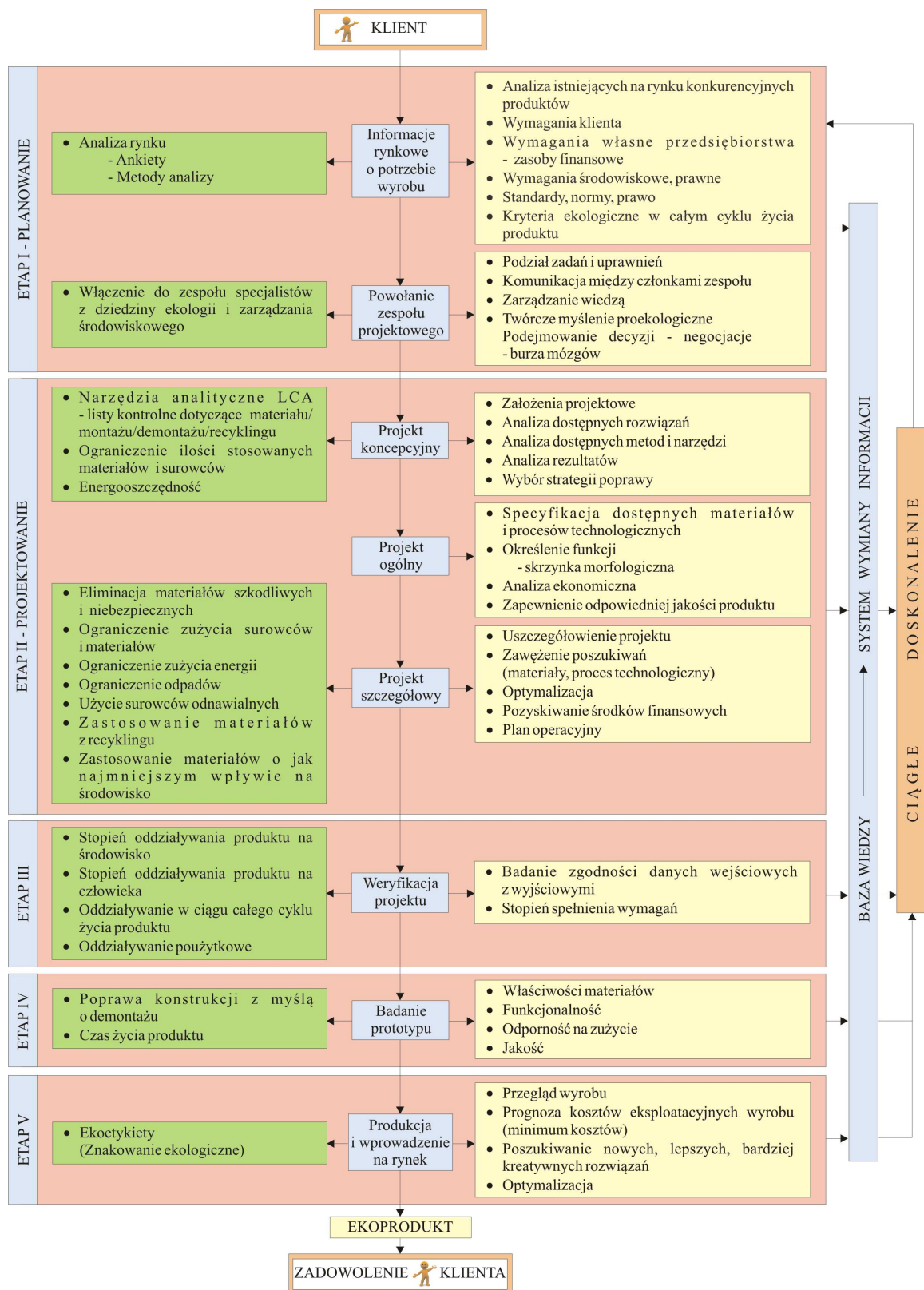
Ekoprojektant ma do dyspozycji ponad 150 narzędzi ekoprojektowania o różnym stopniu złożoności [11]. Do najprostszych należy karta/lista kontrolna, która stanowi zestaw problemów ujętych na przykład w postaci pytań, do najbardziej zaawansowanych narzędzi można zaliczyć wskaźnik MIPS – Material Input Per Service Unit (podobnie jak MIT – Material Intensity i ekowskaźnik – Eco-indicator, który należy do narzędzi parametryczno-wskaźnikowych, za pomocą których można oceniać projekty z punktu widzenia środowiskowego, przez określenie syntetycznych liczb) oraz metodę LCA – Life Cycle Assessment.

Niezależnie jednak od zastosowanego narzędzia ekoprojektowania, projektanci złożonych produktów powinni kierować się m.in. zasadami [8, 12]:

- projektowanie cyklu życia produktu, a nie produktu (LCD – Life Cycle Design),
- minimalizacja zużycia energii na każdym etapie cyklu życia produktu (DfR – Design for Recycling, DfER – Design for Economic Recycling),
- minimalizacja zużycia materiałów (DfD – Design for Dematerialization),
- wzrost trwałości wyrobu – wydłużenie cyklu życia produktów, a ściślej fazy konsumpcji i eksploatacji (DfL – Design for Longevity),
- wykorzystanie materiałów z recyklingu – ograniczanie zużycia nowych surowców, a tym samym zmniejszenie ilości powstających odpadów (DfRM – Design for use of recycled materials),
- uwzględnianie w projektowaniu produktów efektywności środowiskowej,
- uwzględnianie wymogów demontażu i recyklingu przy projektowaniu produktów (DfD – Design for Disassembly),
- uwzględnianie logistyki zwrotów, zbierania i powtórnego wykorzystywania zużytych produktów (urządzeń) (DfL – Design for Logistics),
- ograniczenie oddziaływania produktu na środowisko w trakcie jego użytkowania (LCD – Life Cycle Design),
- stosowanie surowców odnawialnych w projektowaniu,
- obniżenie potencjału toksycznego stosowanych materiałów (DfZT – Design for Zero Toxics),
- zasada likwidacji zużytych wyrobów.

#### 4. PROCEDURA EKOPROJEKOWANIA

Metodykę integracji aspektów środowiskowych z projektowaniem inżynierskim produktu w postaci procedury ekoprojektowania przedstawiono na rysunku 3. Opracowany algorytm postępowania podczas projektowania produktu uwzględnia czynniki ekonomiczne, funkcjonalne, marketingowe i jakościowe oraz przede wszystkim czynniki ekologiczne.



Rysunek 3. Procedura ekoprojektowania  
 Figure 3. Procedure of ecodesign

#### 4.1. Etap I – Planowanie

Fazę planowania należy zacząć od dokładnej analizy rynku, która dostarczy informacji niezbędnych do podejmowania decyzji związanych z produktem. Przedmiotem badań są: produkty konkurencyjne istniejące na rynku, popyt na nowe produkty, chłonność rynku, oczekiwania i wymagania klienta. W celu pozyskania tych informacji stosuje się przeróżne metody analizy i badań. Projekt musi uwzględniać również wymogi określone przez prawo (aktualne standardy, normy, patenty), a także wymogi własne przedsiębiorstwa. Jednak najistotniejszą sprawą jest uwzględnienie kryteriów ekologicznych w całym cyklu życia. Chodzi bowiem o zaprojektowanie produktu, który będzie miał jak najmniejszy negatywny wpływ na środowisko.

Kolejnym etapem jest powołanie zespołu projektowego. Zaangażowaniem odpowiednich ludzi powinna zajmować się osoba odpowiedzialna za projekt – kierownik projektu. W skład zespołu projektowego muszą wchodzić zarówno inżynierowie, konstruktorzy, specjaliści z dziedziny doboru materiałów i procesów wytwarzania, ale również fachowcy z dziedziny ekologii i zarządzania środowiskowego, eksperci od marketingu i zarządzania.

#### 4.2. Etap II – Projektowanie

Kolejnym etapem po fazie planowania jest projektowanie, które obejmuje trzy stadia: projekt koncepcyjny, ogólny i szczegółowy. Celem tworzenia projektu koncepcyjnego jest opracowanie koncepcji i założeń projektowych, połączonych z ogólną specyfikacją materiałów i procesów. Należy w nim uwzględnić wymagania stawiane produktowi, które zostały już przeanalizowane w fazie planowania. Na tym etapie wszystkie powstające koncepcje muszą uwzględniać aspekty środowiskowe. Sformułowanie ogólnych założeń projektowych zmusza projektantów do przeanalizowania wszystkich dostępnych rozwiązań technologicznych i danych materiałowych. Mają oni do dyspozycji cały szereg narzędzi. Należą do nich: bazy danych, systemy eksperckie, a także systemy komputerowego wspomaganie projektowania CAD/CAM, które pozwalają uniknąć wielu błędów i w znacznym stopniu upraszczają pracę, co przekłada się na jej wydajność, skraca czas przygotowania projektu i otwiera nowe możliwości. W odniesieniu do aspektów środowiskowych niezwykle pomocne są narzędzia analityczne LCA takie jak: listy/karty kontrolne dotyczące materiału, montażu, demontażu i recyklingu, metoda ekowskaźnika czy wskaźniki MIPS i MIT. Pozwalają one oszacować, w jakim stopniu produkt, który jest przedmiotem projektowania będzie obciążał środowisko, jaki będzie wywierał na środowisko wpływ w czasie całego cyklu życia. Jednym z ważniejszych założeń w projekcie koncepcyjnym jest ograniczenie ilości surowców, materiałów i energii. Prowadzi to do zmniejszenia kosztów wytwarzania, ale przede wszystkim do zminimalizowania ilości odpadów i łatwiejszego recyklingu.

Istotnym elementem tego etapu jest analiza rezultatów. Spośród wszystkich powstałych koncepcji i pomysłów należy wybrać ten wariant, który w największym stopniu spełnia wymagania, jest możliwy do wdrożenia i optymalny ze względu na przyjęte kryteria. Analizę rozwiązań można przeprowadzić wykorzystując istniejące techniki podejmowania decyzji.

Etap tworzenia projektu ogólnego ma na celu rozszerzenie koncepcji. Z ogólnych rozważań, pomysłów na drodze prac projektowych wyłania się postać produktu. Projektanci powinni dokonać specyfikacji dostępnych materiałów i procesów technologicznych. Przedmiotem rozważań powinny być tylko te materiały i technologie, które są bezpieczne i

przyjazne dla środowiska. Eksploatacja surowców, materiałów i ich transport nie powinny negatywnie wpływać na środowisko przyrodnicze. Projektanci powinni ograniczyć, a najlepiej wyeliminować użycie substancji toksycznych i niebezpiecznych, takich jak np. rtęć, kadm, ołów, pestycydy, freony, a w ich miejsce zaproponować materiały alternatywne. Ważnym aspektem jest też ograniczenie zużycia energii, ponieważ jej nadużywanie wpływa na środowisko negatywnie w postaci: efektu cieplarnianego, niszczenia warstwy ozonowej, hałasu i uszczuplenia zasobów materialnych. W projekcie koncepcyjnym jedynie zakłada się minimalne zużycie energii na każdym etapie cyklu życia produktu (zarówno do jego wytworzenia, jak i podczas eksploatacji oraz likwidacji), natomiast w trakcie tworzenia projektu ogólnego spośród dostępnych technologii wytwarzania wybiera się te o najmniejszej energochłonności. Ograniczenie zużycia stosowanych materiałów i surowców oraz energii przyczynia się do zmniejszenia ilości odpadów, a tym samym do minimalizacji oddziaływania produktu na środowisko.

Wpływ produktów na środowisko ulega zmianom w poszczególnych okresach cyklu życia, dlatego konieczne jest przeprowadzanie analiz w kolejnych etapach. Można tego dokonać przy użyciu ekoindykatorów (współczynników), przedstawiających stopień negatywnego oddziaływania produktu na środowisko w postaci liczbowej. Prowadzi to do wskazania, który z etapów cyklu życia produktu jest najbardziej uciążliwy dla środowiska i umożliwia skuteczne temu przeciwdziałanie.

Następnym etapem jest stworzenie projektu szczegółowego. Nadal mogą powstawać i rozwijać się nowe koncepcje, ale przede wszystkim dąży się do uszczegółowienia wariantów projektu ogólnego. Należy zawęzić poszukiwania materiałów i procesów technologicznych do jednego, ewentualnie kilku i wykorzystując bazy danych dokonać ich dokładnej specyfikacji. Projektanci powinni postawić sobie pytania: czy można w danym przypadku użyć surowców odnawialnych? Które ze stosowanych materiałów konwencjonalnych mogłyby być zastąpione odnawialnymi odpowiednikami? Czy zaproponowane materiały są podatne na recykling? *Czy materiały stosowane w wyrobie można łatwo od siebie rozdzielać? Czy uniknięto stosowania połączeń nierozłącznych materiałów?* Ile różnych rodzajów materiałów zostało użytych w wyrobie? Jaka jest przyczyna takiego zróżnicowania? Czy możliwe jest uproszczenie projektu (konstrukcji), aby zmniejszyć liczbę rodzajów materiałów? W jaki sposób i pod jakimi warunkami można to zrealizować? Postawione pytania mają na celu uświadomienie, że tam gdzie jest to możliwe należy stosować surowce odnawialne, materiały z recyklingu, ale przede wszystkim materiały o jak najmniejszym wpływie na środowisko przyrodnicze. Zastosowanie połączeń rozłącznych ułatwia demontaż i zwiększa podatność materiałów na recykling. Przyczynia się to nie tylko do minimalizacji odpadów, ale również obniża koszty produkcji. Powstawanie odpadów powinno być eliminowane lub ograniczane niezależnie od stopnia uciążliwości bądź zagrożeń dla życia lub zdrowia ludzi oraz dla środowiska, a także niezależnie od ich ilości lub miejsca powstawania. Działania powodujące powstawanie odpadów powinny być prowadzone tak, aby zapewniały bezpieczne dla środowiska wykorzystywanie odpadów. Zwiększenie efektywności energetycznej osiąga się poprzez redukcję zużycia energii i wykorzystanie energii z zasobów naturalnych.

Podczas tworzenia projektu szczegółowego należy również zastanowić się nad możliwością poprawy własności użytkowych produktu i jego ergonomii.

Jednym z ważniejszych elementów tego etapu projektowania jest przeprowadzenie wielokryterialnej optymalizacji [13, 14]. Wybór rozwiązania optymalnego stanowi istotę projektowania produktu i procesu technologicznego. Należy wziąć pod uwagę cały cykl życia produktu i wszystkie czynniki z nim związane: ekologiczne, funkcjonalne, jakościowe,

ekonomiczne, marketingowe, a następnie dokonać kompleksowej analizy i spośród dostępnych rozwiązań wybrać jedno, które charakteryzuje się brakiem szkodliwego oddziaływania na środowisko.

Po dokonaniu wyboru optymalnego rozwiązania pod względem ekologicznym, materiałowym, technologicznym, funkcjonalnym, jakościowym, ergonomicznym i ekonomicznym można przystąpić do opracowania planu operacyjnego.

### **4.3. Etap III – Weryfikacja projektu**

Po zakończeniu etapu projektowania należy dokonać weryfikacji projektu. Przede wszystkim należy zbadać zgodność danych wejściowych z wyjściowymi i określić czy projekt spełnia wszystkie wymagania, zarówno te stawiane przez klienta, jak i określone przez prawo. Następnie sprawdza się, w jakim stopniu produkt będzie oddziaływał na środowisko i człowieka, uwzględniając cały cykl życia produktu, a zwłaszcza fazę wytwarzania, eksploatacji i fazę użytkową.

Etap ten kończy się opracowaniem raportu końcowego, który zawiera uwagi, wskazówki i spostrzeżenia, a także propozycje ewentualnych zmian. Uwzględnia dobre cechy projektu, ale również wszystkie kwestie wymagające ponownego rozpatrzenia.

### **4.4. Etap IV – Badanie prototypu**

Kiedy projekt pozytywnie przejdzie weryfikację należy wykonać prototyp produktu i przeprowadzić na nim badania, podczas których sprawdza się czy produkt odpowiada wymaganiom konstrukcyjnym, jakościowym, czy spełnia założone funkcje, czy jest odporny na zużycie, jakimi właściwościami cechują się materiały, z których został wykonany, czy osiąga założone parametry eksploatacyjne, czy jest łatwy w demontażu. Na tym etapie można przeprowadzić przegląd wyników oceny cyklu życia produktu. Ocena i badanie prototypu są sposobem na zbadanie projektu w zakresie zadań środowiskowych.

### **4.5. Etap V – Produkcja i wprowadzenie na rynek**

Etap ten obejmuje wytworzenie produktu i dostarczenie go na rynek, a także wszystkie czynności związane z promocją i reklamą oraz szeroko pojętym marketingiem. Jego głównym celem jest zapoznanie potencjalnych nabywców z informacjami dotyczącymi produktu i korzyściami wynikającymi z jego zakupu. Dobrym i skutecznym sposobem promocji produktu jest znakowanie ekologiczne, zwane również eko-znakowaniem, czy eko-etykietowaniem. Po certyfikacji na produkcie umieszcza się oznaczenie ekologiczne, które świadczy o tym, że producent dostosował swój produkt lub procesy stosowane przy jego produkcji do wymagań związanych z ochroną środowiska. Dzięki temu wyrób ten jest mniej szkodliwy dla środowiska w porównaniu do innych produktów tego typu funkcjonujących na rynku. Znakowanie ekologiczne jest gwarancją długoterminowych korzyści dla producenta, a klientowi ułatwia wybór i znalezienie produktu przyjaznego środowisku.

Wprowadzenie produktu na rynek nie oznacza końca pracy. Systematyczne analizy i ciągłe poszukiwanie nowych, lepszych rozwiązań są niezbędnymi warunkami uzyskania coraz lepszych rezultatów w zakresie optymalizacji właściwości produktu.

Dążąc do rozwoju produktu i minimalizowania jego negatywnego wpływu na środowisko poza ochroną przyrody, można osiągnąć również inne korzyści, takie jak: niższe koszty dzięki



optymalizacji zużycia materiałów i energii, stymulowanie innowacyjności i kreatywności, spełnienie oczekiwań klienta, poprawę wizerunku przedsiębiorstwa, zwiększenie wiedzy o wyrobie i bezpieczeństwie użytkownika.

Ekoprojektowanie nie jest jednorazowym przedsięwzięciem lecz ciągłym, wieloetapowym dążeniem do doskonałości.

## 5. PODSUMOWANIE

Idealne projektowanie cyklu życia produktu powinno uwzględniać wymagania dotyczące ochrony środowiska ustalone na początku procesu, tak aby polepszyć ekologiczne wyniki produktu. Koncepcja ekoprojektowania integruje wieloaspektowe projektowanie z kwestią racjonalnego podejścia do aspektów rynkowych, ekonomicznych i ekologicznych, zgodnych z postulatami zrównoważonego rozwoju.

Projektowanie inżynierskie produktu jest procesem niezwykle złożonym. Nie ma uniwersalnej metody, którą można byłoby zastosować w odniesieniu do każdego procesu projektowania inżynierskiego.

Zaproponowany algorytm ekoprojektowania nie jest ilustracją idealnego procesu projektowania inżynierskiego produktu, a jedynie systematyzuje działania, jakie należy uwzględnić w poszczególnych fazach procesu projektowania i zwraca szczególną uwagę na znaczenie aspektu środowiskowego na każdym etapie tworzenia projektu.

## LITERATURA

1. PKN-ISO/TR 14062:2004: Zarządzanie środowiskowe – Włączanie aspektów środowiskowych do projektowania i rozwoju wyrobu.
2. R. Nowosielski, M. Spilka, A. Kania, Zarządzanie środowiskowe i systemy zarządzania środowiskowego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice, 2010.
3. R. Nowosielski, M. Spilka, A. Kania, Methodology and tools of ecodesign, Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering 23/1 (2007) 91-94.
4. E. Tytyk, Projektowanie ergonomiczne, PWN, Warszawa, 2001.
5. A. Sielicki, T. Jeleniewski, Podstawy metodologii projektowania technicznego, WNT, Warszawa, 1980.
6. E. Gąsiorek, Podstawy projektowania inżynierskiego, Wydawnictwo Akademii Ekonomicznej im. O. Langego we Wrocławiu, Wrocław, 2006.
7. L.A. Dobrzański, Materiały inżynierskie i projektowanie materiałowe, WNT, Warszawa, 2006.
8. <http://engineering.dartmouth.edu/~d30345d/courses/engs171/dfe.pdf>
9. J. Łunarski, Aspekty środowiskowe, Oficyna Wydawnicza Politechniki Rzeszowskiej, Rzeszów, 2006.
10. R. Nowosielski, Podstawowe zasady i modele koncepcji zrównoważonego rozwoju i jego praktyczne znaczenie dla gospodarki, Czysta Produkcja w Polsce, Zeszyt specjalny (2002) 2-10.
11. M. Rossi, M. Germani, A. Zamagni, Review of ecodesign methods and tools. Barriers and strategies for an effective implementation, Journal of Cleaner Production 129 (2016) 361-373.

12. J. Libera, J. Labacka, Ekoprojektowanie – nowe podejście do projektowania. <http://kepr.ae.poznan.pl/sknekobiznesu/pliki/ekoprojektowanie.pdf>
13. A Kania., M Spilka., Optimization as an alternative in search of sustainable technological processes, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 17/1-2 (2006), 413-416.
14. R. Nowosielski, A. Kania, M. Spilka, Technological processes optimization according to MSTP procedure, *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering* 31/2 (2008) 547-552.