

prof. dr hab. Czesław Cempel – Politechnika Poznańska, Wydział Budowy Maszyn i Zarządzania,
dr inż. Jędrzej Kasprzak – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu,
prof. dr hab. inż. Zbigniew Kłos – Politechnika Poznańska, Wydział Maszyn Roboczych i Transportu,

EKOINŻYNIERIA – KU HOLISTYCZNEMU PROJEKTOWANIU I ZARZĄDZANIU ŚRODOWISKIEM

Streszczenie

W artykule przedstawiono główne idee dotyczące zintegrowanego podejścia do projektowania, uwzględniającego szczególnie wprowadzanie aspektów środowiskowych. Nakreślono przesłanki stosowania podejścia holistycznego, przedstawiono ideę zrównoważonego rozwoju, a także zaprezentowano podstawy ekoinżynierii. W dalszej części artykułu skupiono się na zasadniczych zagadnieniach środowiskowo zorientowanego projektowania, z uwzględnieniem jego istoty i procesów podejmowania decyzji. Opisano wyniki badań, dotyczących procesów decyzyjnych w projektowaniu elementów i podzespołów maszyn. Następnie dokonano prezentacji nowej specjalności kształcenia inżynierskiego – Ekoinżynierii, prowadzonej na Wydziale Budowy Maszyn i Zarządzania Politechniki Poznańskiej.

I. Wprowadzenie

Ponad dwieście lat temu rewolucja przemysłowa umożliwiła przemysłową produkcję masową, powodując poważne zmiany w poziomie życia oraz szybki rozwój nauki i technologii. Jednakże proces ten szybko zaczął znacząco wpływać na stan środowiska naturalnego. W dzisiejszych czasach równie szybko zachodzące mechanizmy globalnej integracji ekonomicznej powodują inną rewolucję. Globalizacja jest procesem, który zachodzi na różnorodnych poziomach ludzkiej działalności: technicznej, ekonomicznej, kulturowej, socjalnej itp. Każda z tych sfer odznacza się jej właściwym tempem rozwoju. Zrodziła się potrzeba zmiany paradygmatu gospodarowania na **ekogospodarkę** [Cempel, 03], a w ślad za tym pojęcie „zrównoważonego rozwoju” (*sustainable development*), które łączy w sobie zagadnienia dotyczące rozwoju ekonomicznego i środowiskowego, jednak poważną rolę w obu tych gałęziach rozwoju grają również zagadnienia wywodzące się z nauk technicznych i społecznych [M. Rothschild, 1990, R.L. Brown, 2001].

2. Podstawy Ekoinżynierii

Od lat pięćdziesiątych ubiegłego stulecia i znamienitej książki Rachel Carson „Silent Spring” [R. Carson, 1962] rozpoczął się czas nowej nauki – „ekologii” – traktującej o stanie ekosystemu. Stopniowo zaistniała konieczność zmiany paradygmatu gospodarowania z obecnego – środowisko to część gospodarki – na przyszły i jedynie możliwy – gospodarka to część środowiska. Znaczy to, że aktywność gospodarcza człowieka jest powodem wielowymiarowych szkód w ekosystemie, którego częścią jesteśmy. Szkody te szacuje się w trzech dziedzinach [por. np. Ecoindicator 99], związanych z:

- wyczerpywaniem się zasobów nieodnawialnych (np. ropa naftowa, rudy metali),
- pogarszaniem się jakości ekosystemów,
- powstawaniem szkód w stanie zdrowia ludzi.

Konfrontując te trzy dziedziny z wiedzą naukową i inżynierską dochodzimy od razu do stwierdzenia, że to jest stan faktyczny. Zachodzi jednak zasadnicze pytanie: jak **zmierzyć** tego rodzaju wpływ na środowisko, bo jest to pierwszy warunek postępu w inżynierii i cywilizacji. Stosunkowo najprostsza jest dziedzina pierwsza, dotycząca powstawania szkód środowiskowych. Tutaj od lat osiemdziesiątych rozwija się i jest coraz częściej stosowana koncepcja energetycznego wartościowania tych strat za pomocą **energii** [Odum, 96], tzn. dostępnej energii jednego rodzaju (*poziomu*), użytej do transformacji, bądź (*pośrednio lub bezpośrednio*) dla wykonania produktu lub usługi. Koncepcja ta zakłada sprowadzenie zmian w każdej formy materii lub energii do pierwotnej jej postaci promieniowania słonecznego. Znaczy to, że wszystkie inne formy materii i energii muszą uwzględniać koszty (współczynniki) transformacji energii słonecznej, tzn. muszą te transformacje „pamiętać” (*stąd zamiast n jest m jak ang. memory*).

W dwóch pozostałych dziedzinach nie ma tak prostych propozycji szacunku, jak emergia, niemniej jednak są już metody i procedury szacowania takich szkód w całym cyklu życia, np. w postaci norm międzynarodowych ISO serii 14040. Takie procedury można nazwać wspólnie ekobilansowaniem, bilansowaniem środowiskowym całego cyklu istnienia produktu. Stąd też angielska nazwa *Life Cycle Assessment* i wynikający stąd akronim LCA.

3. Zasadnicze zagadnienia holistycznego (prośrodowiskowo zorientowanego) projektowania

3.1. Istota projektowania prośrodowiskowego maszyn i urządzeń

Coraz większe wymagania odnośnie do ochrony środowiska spowodowały, że już na etapie projektowania poświęca się jej szczególną uwagę. Projektowanie takie nosi nazwę projektowania prośrodowiskowego – holistycznego. To początkowe stadium istnienia maszyny odgrywa decydującą rolę w zapewnieniu jakości jej funkcjonowania na dalszych etapach, również w odniesieniu do relacji ze środowiskiem. Działania koncepcyjne, projektowo-konstrukcyjne, stwarzają możliwość podejmowania decyzji, doboru rozwiązań minimalizujących następstwa obciążenia środowiska powstającego na skutek powołania do życia wyrobu lub maszyny w całym **cyklu życia**, tzn. wytwarzania, eksploatacji i likwidacji maszyny. Opracowuje się lub dobiera rozwiązania technologiczne, konstrukcyjne i materiałowe w zakresie procesów przetwórczych, wytwórczych i eksploatacyjnych. Ustalane są warunki likwidacji maszyn, w tym ewentualnego ponownego wykorzystania (recyklingu) części maszyn oraz sposobu postępowania z odpadami i technologii ich unieszkodliwiania.

Rzeczywiste oddziaływanie etapu projektowania jest znikome. Działania koncepcyjne, do których zaliczyć można opracowywanie założeń, przeprowadzanie wstępnych studiów, konkretyzowanie potrzeb, nie wywierają bezpośredniego wpływu na środowisko. Oddziaływanie technicznego przygotowania produkcji obejmującego, np. budowę modeli, testowanie prototypów, próbny rozruch, sprowadza się do poboru materiałów i energii w stopniu znacznie niższym niż ma to miejsce na kolejnych etapach cyklu istnienia.

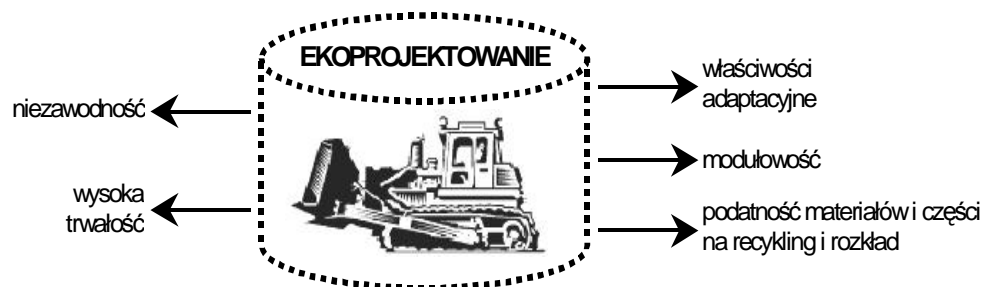
Ponieważ faza projektowania znacząco wpływa na wielkość i charakter ingerencji maszyn i urządzeń w środowisko na dalszych etapach cyklu istnienia, niezbędnym jest uwzględnianie kryteriów ochrony środowiska przy podejmowaniu wszelkich działań koncepcyjnych. Do zasadniczych prośrodowiskowych przesłanek fazy projektowej należy implementacja zasady **3R** (*reduce, reuse, recycle*), a w szczególności:

- dobór materiałów konstrukcyjnych pod kątem minimalizacji obciążenia środowiska w następstwie ich degradacji,

- uwzględnianie możliwości powtórnego użycia materiałów po zakończeniu eksploatacji maszyny, z czym wiąże się konieczność zapewnienia środowiskowego bezpieczeństwa procesu demontażu maszyny,
- zagwarantowanie wysokiej niezawodności maszyny podczas eksploatacji oraz możliwie niskiego zapotrzebowania na energię,
- zapewnianie trwałości konstrukcji maszyn i urządzeń, przystosowania do przeprowadzania napraw, podatności na diagnozowanie i obsługę,
- zabezpieczanie przed niekontrolowanym przenikaniem zanieczyszczeń i zakłóceń do otoczenia (zapewnienie szczelności obiektów).

Wagę początkowego etapu istnienia w podejmowaniu prewencyjnej aktywności na rzecz ochrony środowiska potwierdza wykształcenie się nurtu ekoprojektowania (*ecodesign, Design for Environment – DfE, Green Design, Environmental Design*). *Ecodesign* obejmuje działania projektowe zmierzające do zapewnienia kompromisu między możliwościami technicznymi a wymaganiami ochrony środowiska. Podstawowe właściwości techniczne obiektów (w tym mobilnych maszyn roboczych) wytworzone zgodnie z założeniami ekoprojektowania zaprezentowano na rys. 1.

Rysunek 1. Zasadnicze wyznaczniki maszyny skonstruowanej na bazie przesłanek ekoprojektowania



Źródło: [Z. Kłos, P. Kurczewski, J. Kasprzak, 2005]

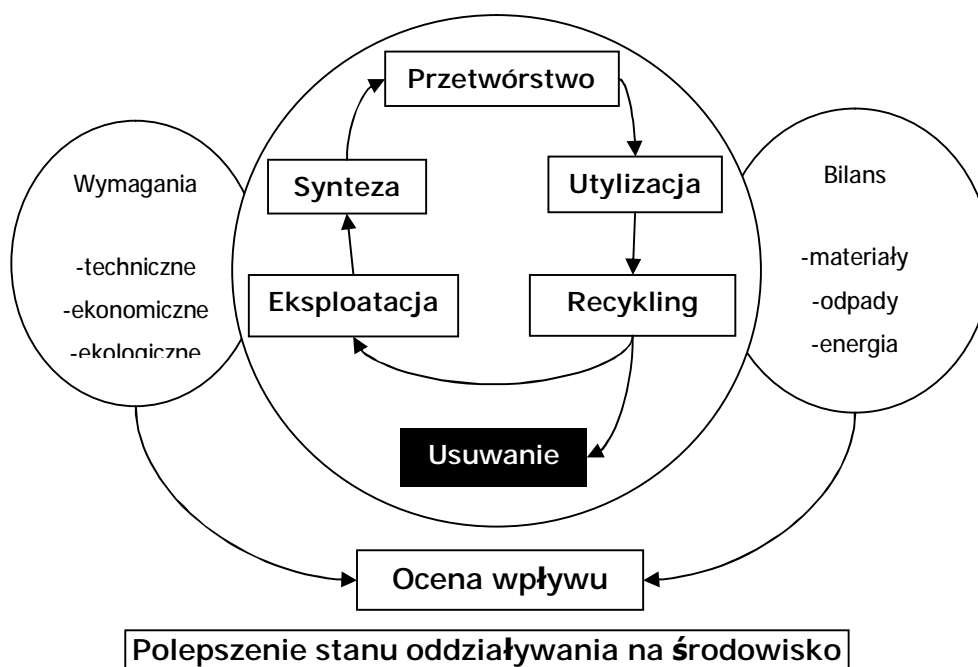
Projektowanie prośrodowiskowe lub ekoprojektowanie to metodologiczne programowanie wykorzystania zasobów środowiska dla budowy i eksploatacji maszyn w celu technicznego ułatwienia życia, przez obmyślanie sposobów i środków działania w kierunku uzyskania wytworów, surowców i odpadów wysokiej jakości [J. Flizikowski, 1998].

Zadaniem każdego projektanta środowiskowego jest tworzenie maszyn ekotechnologicznych, tzn. takich, których zgodność działania technicznego wiąże się z chronieniem, kształtowaniem, doskonaleniem i rozwojem środowiska człowieka, powietrza, wody, gleby i zwierząt oraz kształtowaniem tak obiektu technicznego, aby posiadał w miarę możliwości najwyższy stopień recyklingu materiałowego.

W prośrodowiskowym projektowaniu produktu należy uwzględnić zasadę **3R**, a w szczególności możliwości ponownego wykorzystania (recyklingu) jego elementów nie ulegających zużyciu lub

odzyskania materiałów, z których jest wykonany. Powtórne wykorzystanie tych elementów i materiałów sprzyja zmniejszeniu zużycia surowców i pozwala na zaoszczędzenie energii potrzebnej na pozyskanie materiałów, np. metalu z rudy. Zużycie energii jest znacznie ograniczone w razie zastosowania materiałów niewymagających obróbki cieplnej przy wystarczających własnościach wytrzymałościowych. Znaczący udział w koszcie pełnego cyklu życia maszyny ma również energia zużywana podczas eksploatacji. Jednym z podstawowych założeń projektowych jest również trwałość. Na rys. 2 przedstawione zostały czynniki wpływające na techniczny cykl życia produktów, wskazujące na konieczność śledzenia i analizy przepływów materiałów i energii w ramach procesów wpływających na możliwość polepszenia oddziaływań danej maszyny na środowisko.

Rysunek 2. Czynniki wpływające na techniczny cykl życia maszyny



3.2. Proces podejmowania decyzji w projektowaniu

Proces podejmowania decyzji (proces decyzyjny) obejmuje wszelkie działania, w wyniku, których następuje podjęcie decyzji, czyli rozwiązanie jakiegoś problemu.

Proces decyzyjny polega na opracowaniu i analizie pewnego zbioru wariantów rozwiązań (wariantów decyzji) oraz na wyborze spośród nich najlepszego, z przyjętego punktu widzenia. W trakcie projektowania podejmuje się niezliczoną ilość decyzji, przy czym nie wszystkie z nich są jednakowo ważne i nie wszystkie mają ten sam stopień trudności i odpowiedzialności. Większość to decyzje, których wpływ na projektowanie jest ograniczony i nieznaczny. Część to decyzje zdeterminowane, wpływające z innych wcześniejszych decyzji, podjętych na wyższych szczeblach hierarchii decyzyjnej, bądź wynikające z obowiązujących normatywów. Najważniejsze w projektowaniu są decyzje dotyczące

wyboru wariantów rozwiązań projektowych. Zależnie od kategorii i ciężaru gatunkowego problemów, do których się odnoszą, wywierają one zasadniczy wpływ na jakość projektowania [J. Flizkowski, 1998].

Przy podejmowaniu decyzji dotyczącej wyboru materiałów wytworu w procesie projektowo – konstrukcyjnym w ostatnich latach coraz ważniejszym staje się problem oddziaływania tych materiałów na środowisko naturalne. Projektant dodatkowo musi dobrać takie materiały przy projektowaniu, które po ukończeniu eksploatacji maszyny, urządzenia będą nadawały się w jak największej części do recyklingu, a te, które trafią na wysypisko śmieci, żeby jak w najmniejszym stopniu szkodziły środowisku naturalnemu.

4. Przykład prośrodowiskowo zorientowanych rozwiązań technicznych

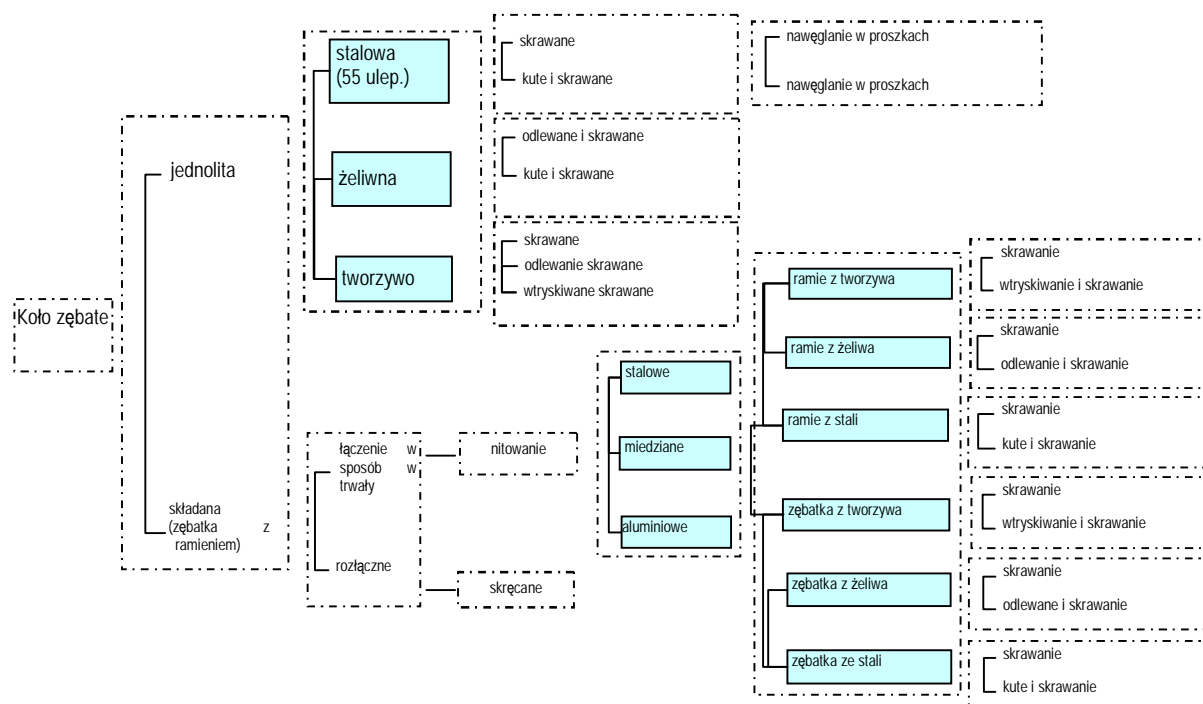
Bazując na przedstawionych informacjach, dotyczących środowiskowo zorientowanego projektowania, poniżej przedstawiono konkretne decyzje podejmowane przy projektowaniu maszyn stosowanych w przemyśle spożywczym. Wybrane zostały niewrażliwe elementy rozważanej maszyny, a następnie poddano je analizie pod względem możliwych rozwiązań technicznych, materiałowych czy technologicznych. Zmiany takiego typu, choćby na jednym elemencie, np. kole zębatym, powodują automatycznie zmiany pozostałych elementów, podzespołów w łańcuchu kinematycznym. Analizę przedstawiono na przykładzie układu: koło zębate – wałek – korpus.

Wszystkie decyzje podjęte przy projektowaniu rozważanego elementu maszyny zostały również ukazane pod względem środowiskowym, tzn. przedstawiono jak poszczególne podejmowane decyzje wpływają na środowisko otaczające obiekt (rys. 3).

Podejmowanie decyzji podczas tworzenia koła zębatego, ze szczególnym uwzględnieniem recyklingu

W artykule skupiono uwagę na układzie koło zębate – wałek – korpus, ponieważ takie rozwiązanie jako jedno z najczęściej występujących w większości maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego ukazuje, jak wiele problemów decyzyjnych może wynikać z prób optymalizacji środowiskowej tak niepozornego elementu, jak koło zębate.

Rysunek 3. Podejmowanie decyzji podczas tworzenia koła zębatego, ze szczególnym uwzględnieniem recyklingu



Źródło: [P. Radomski, 2003]

Oprócz przykładowego schematu decyzyjnego (rys. 3) ukazano również w artykule wyniki analiz środowiskowych układu kinematycznego maszyny stosowanej w przemyśle spożywczym (maszyna do pakowania masła). W przedstawionym przykładzie analizowana jest przekładnia zębata, gdzie każdy z jej elementów, tzn. koła zębate, wałki, korpusy wykonane są z 12 rodzajów stali. Stale te należą do grupy stali kwasoodpornych, dzięki czemu w analizie porównawczej można pominąć aspekt trwałościowy i niezawodnościowy. Takiego typu założenie zostało oparte na analizie porównawczej kilku parametrów stali i staliw, w których różnice wahają się w granicach 7% (tablica 1).

Dla porównania generowanych nakładów środowiskowych przez te przekładnie (koła zębate, wałki, korpusy) elementy te wykonano z różnych materiałów konstrukcyjnych tej samej grupy stali i staliw nierdzewnych. Analizie poddano następujące stale: 1H18N9T, 3H13, 3H17M, 2H13, 2H17N2, 1H13, 0H18N9, H17, 00H17N14M2, 0H13J oraz staliwa: GX12Cr14, GX5CrNi19.

Tabela 1. Porównanie składu chemicznego i własności mechanicznych stali i staliw kwasoodpornych

PORÓWNANIE STALI KWASOODPORNICH I NIERDZEWNICH													
Stal	Składniki chemiczne %										Własności mechaniczne		Cena zł/kg
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Cr	Mo	T	Al	R _m [N/mm ²]	HB max HRC	
3H13	0,3	< 1,0	< 1,5	< 0,04	< 0,015	-	13	-	-	-	850	245	9,90
3H17M	0,4	< 1,0	< 1,5	< 0,04	< 0,015	< 1,0	16,5	1,1	-	-	750	280	8,70
2H13	0,21	< 1,0	< 1,5	< 0,04	< 0,015	-	13	-	-	-	800	230	7,10
2H17N2	0,17	< 1,0	< 1,5	< 0,04	< 0,015	2	16	-	-	-	900	290	9,70
1H13	0,11	< 1,0	< 1,5	< 0,04	< 0,015	< 0,75	12,5	-	-	-	775	220	6,60
0H18N9	0,07	< 1,0	< 2	< 0,04	< 0,015	9,2	18,5	-	-	-	700	215	12,50
1H18N9T	0,08	< 1,0	< 2	< 0,04	< 0,015	10,5	18	-	0,7	-	700	215	12,50
H17	0,08	< 1,0	< 1,0	< 0,04	-	-	13	-	-	-	630	200	11,70
00H17NI4M2	0,03	< 1,0	< 2	< 0,04	< 0,015	11,5	17,5	2,2	-	-	700	215	18,00
OH13J	0,08	< 1,0	< 1,0	< 0,04	-	-	13	-	-	10,2	630	200	10,50
GX12Cr14	0,2	< 0,7	0,6	< 0,04	< 0,03	< 1,0	13,5	-	-	-	800	260	-
GX5CrNi19	0,07	< 1,5	< 1,5	< 0,04	< 0,03	9,5	19	-	-	-	640	240	-

Źródło: [P. Radomski, 2003]

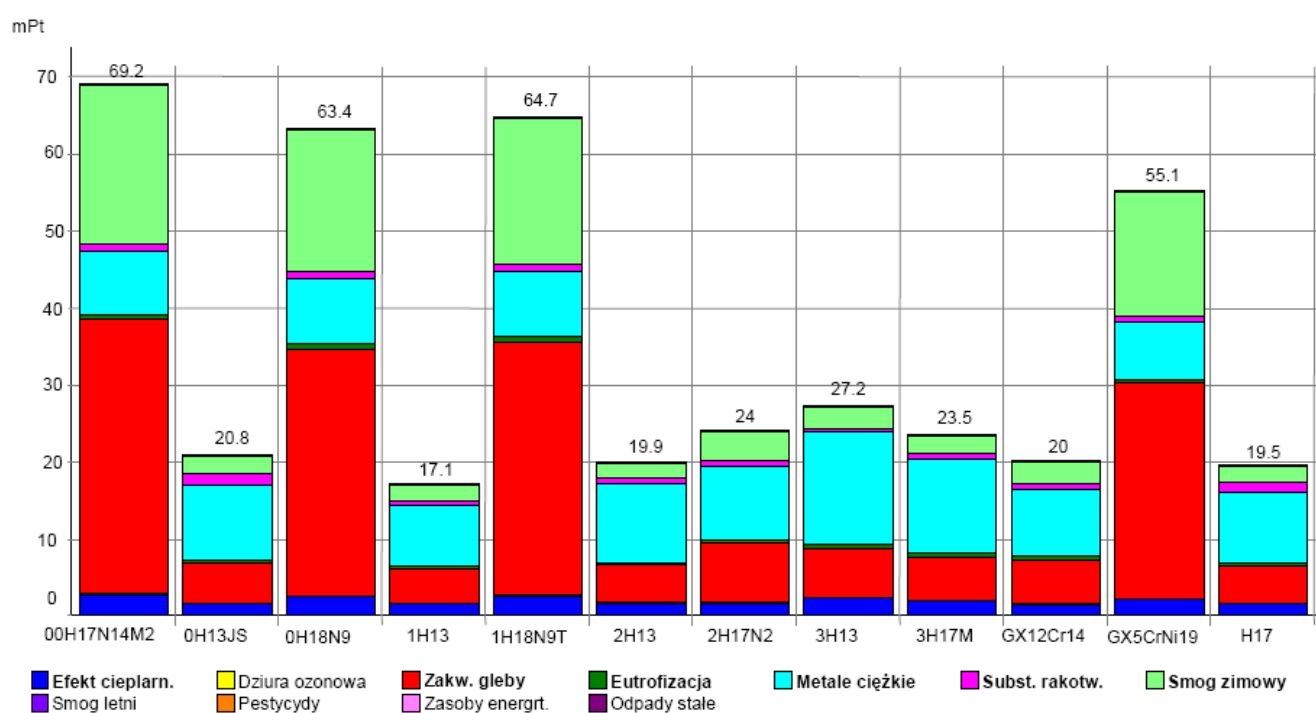
Dobór rozwiązań materiałowych i konstrukcyjnych na etapie elementu (w tym przypadku koła zębatego) powoduje swoje reperkusje w postaci zmian poszczególnych rozwiązań w całym zespole.

Własności wytrzymałościowe dobranych materiałów konstrukcyjnych na koła zębate powodują, że w każdym z przypadków, dla przeniesienia tego samego obciążenia przy zachowaniu tych samych średnic kół, uzyskuje się ich różne szerokości. Zmiana szerokości kół powoduje zmianę wymiarów i masy wałów, na których osadzone są koła oraz korpusu, w którym umieszczone są mechanizmy.

Wszystkie te zmiany powodują określone konsekwencje środowiskowe poszczególnych elementów rozważanej przekładni. W wyniku analizy środowiskowej, wykonanej za pomocą metody LCA, dowiadujemy się, iż najbardziej przyjaznym materiałem na koła zębate jest stal 1H13 i następnie stal H17, oraz w przypadku staliw – staliwo GX12Cr14. Natomiast koła zębate w rozwiązaniach maszyn i urządzeń stosowanych w przemyśle charakteryzują 20% wyższym oddziaływaniem na środowisko (rys. 5). Po bardzo obszernych symulacjach środowiskowych (obejmujących analizy wytrzymałościowo-energetyczne i środowiskowe dla 144 wariantów rozwiązań) na poszczególnych stalach i staliwach wysunięto następujące spostrzeżenia. Najlepszym rozwiązaniem pod względem środowiskowym dla przekładni w rozważanej maszynie zastosowanej w przemyśle spożywczym, byłoby rozwiązanie: koło zębate – stal 1H13, wałek – stal 3H13, korpus – stal 3H13, a najmniej korzystnym: koło zębate – stal 00H17NI4M2, wałek – stal 00H17NI4M2, korpus – stal 1H18N9T (rys. 4). Oddziaływanie środowiskowe w przypadku rozwiązania zastosowanego w maszynie, na której się wzorowano (maszyna aktualnie produkowana) tzn. koło zębate – stal 2H17N2, wałek – stal 2H17N2, korpus – stal 1H18N9T odbiega w sposób znaczący od najkorzystniejszego rozwiązania w przeprowadzonej analizie (rys. 4).

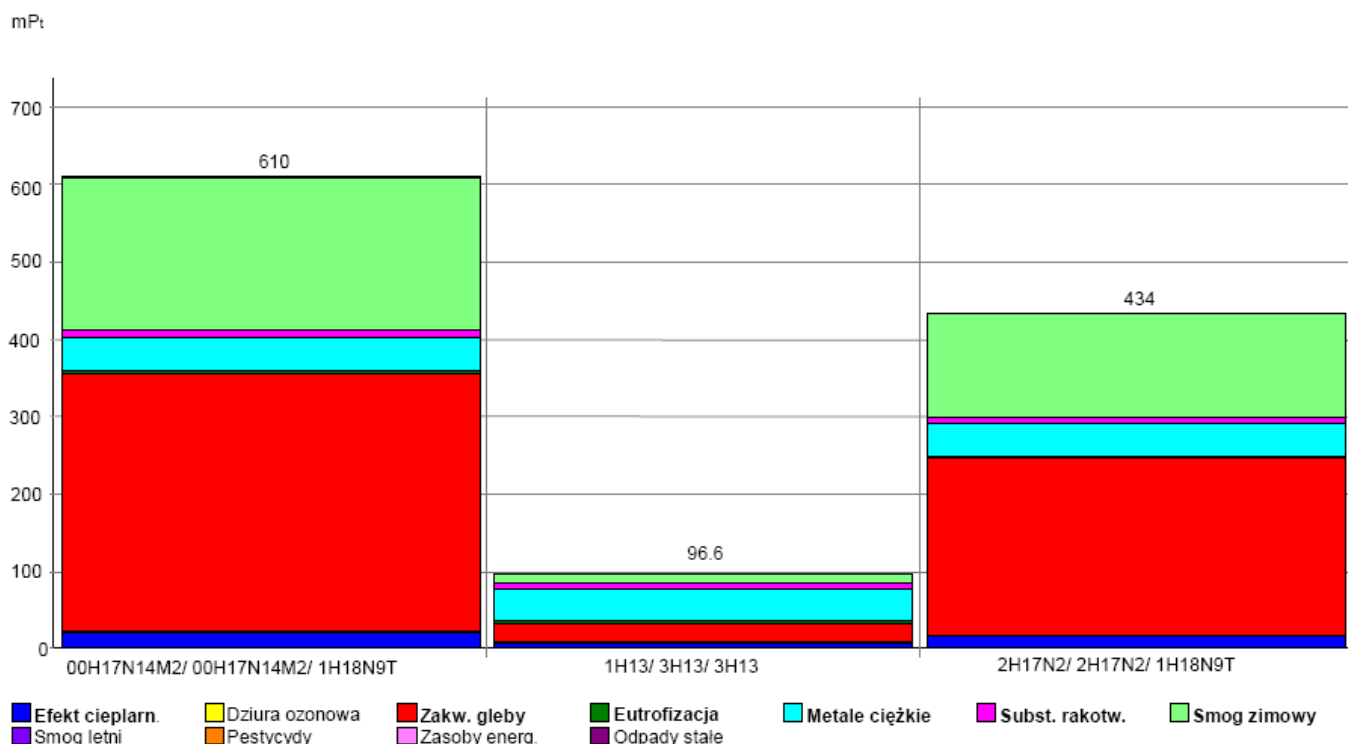
Elementy składowe każdej z przekładni, jak zostało wspomniane wykonane są z różnego rodzaju materiałów konstrukcyjnych. Materiały te, ze względu na swój skład chemiczny, powodują określone konsekwencje środowiskowe, np. zmiany klimatu, jego ocieplenie, choroby ludzi i zwierząt, niszczenie roślin itd. Wielkości poszczególnych profili środowiskowych, oraz ich wartościach dla poszczególnych przekładni przedstawiono na rys. 4. Zauważyć można, iż dominującymi elementami profilu środowiskowego i są przede wszystkim: efekt cieplarniany (ang. greenhouse), zakwaszenie gleby (ang. acidification), metale ciężkie, smog zimowy, oraz w mniejszym stopniu emisja substancji rakotwórczych, eutrofizacja – zarastanie zbiorników wodnych i smog letni.

Rysunek 4. Wskaźniki oddziaływań środowiskowych dla kół stalowych i staliwnych



Źródło: [P. Radomski, 2003]

Rysunek 5. Wskaźniki oddziaływań środowiskowych dla przekładni z kołami stalowymi i staliwnymi



Źródło: [P. Radomski, 2003]

Przedstawione powyżej wyniki badań miały na celu unaocznienie złożoności problemów decyzyjnych, koniecznych do rozwiązania podczas procesu projektowania, jeżeli chce się projektować w zgodzie ze środowiskiem. Bardzo ważnym celem projektanta, poza działaniem efektywnym techniczno-ekonomicznie, jest zwrócenie uwagi m.in. na odpowiedni pod względem oddziaływania na środowisko dobór materiałów wykorzystywanych w trakcie kształtowania obiektu technicznego.

Przytoczone powyżej odwołania do potrzeb przyszłych pokoleń znajdują swoje coraz szersze odbicie w procesie edukacyjnym, zwłaszcza na poziomie akademickim. Szkoły wyższe muszą sprostać wyzwaniom dyktowanym przez współczesny rynek pracy. Bardzo ważną rolę w pozyskaniu studentów grają nowe, atrakcyjne kierunki kształcenia i specjalizacje. Niniejszy artykuł jest poświęcony jednej z nich, związanej ze środowiskowo zorientowanym kształceniem inżynierskim. Nowa i pionierska w naszym kraju specjalność Ekoinżynieria jest połączoną inicjatywą dwóch wydziałów mechanicznych Politechniki Poznańskiej.

5. Ekoinżynieria – prezentacja specjalności

Mając głęboką świadomość zmian w środowisku naturalnych, wywołanych działalnością człowieka, oraz wychodząc naprzeciw istotnym potrzebom środowisk przemysłowych, przedstawiciele Wydziału Budowy Maszyn i Zarządzania oraz Wydziału Maszyn Roboczych i Transportu Politechniki Poznańskiej, zajmujący się zagadnieniami blisko związanymi ze zrównoważonym rozwojem, połączyli swoje działania prowadzące do powołania specjalności nazwanej roboczo **Ekoinżynierią**. Wspólną ideą, przyświecającą tym działaniom, było szerokie prowadzenie tematyki związanej ze środowiskiem do kształcenia studentów kierunków mechanicznych.

Pierwszym krokiem było określenie wizji specjalności. Według niej, ponieważ człowiek i wszystkie jego wytwory i technologie (materialne, organizacyjne, symboliczne, mentalne) to część znacznie szerszego, nie w pełni rozumianego środowiska, które podtrzymuje naszą cywilizację, zatem współzycie i rozwój w jego ramach muszą być harmonijne, synergiczne, wielopoziomowe i samoodtwarzalne. Przyświeca temu nowy paradygmat rozwoju społecznego: **gospodarka to część środowiska**. Ten ogląd świata trzeba obecnie przenieść na wykształcenie inżynierskie.

Zdeterminowano również misję specjalności, którą stało się **kształcić inżynierów umięjących rozpoznać ekologiczny potencjał i wpływ istniejących i nowych wytworów i technologii, oraz wykorzystać je do projektowania i zarządzania regeneracją i rozwojem gospodarki w ekosferze**. Założono, iż absolwenci będą posiadać szeroką wiedzę i umiejętności w kształtowaniu i użytkowaniu przyjaznych środowiskowo rozwiązań technicznych i kierowania procesami ich wdrażania. Będąc przygotowani do elastycznego reagowania na potrzeby różnych branż przemysłu (gospodarki), mogą być zatrudnieni w działach rozwoju, konstrukcji, technologii, a także w charakterze menadżerów produktu. Będą również przygotowani do działalności na własny rachunek, oraz jako konsultanci, bowiem nabyta wiedza umożliwi im także sprostanie wymogom prawodawstwa unijnego w zakresie kształtowania środowiska.

W tej specjalności położono nacisk na interdyscyplinarne zagadnienia inżynierskie, pozwalające na podejmowanie zadań technicznych z obszaru inżynierii mechanicznej, zorientowanych na aspekty ekologiczne.

Studenci mogą poszerzać swoje wiedzę i umiejętności w zakresie zagadnień dotyczących: recykulacji obiektów technicznych, napędów przyjaznych środowiskowo, technologii materiało- lub/i energooszczędnych, proekologicznej infrastruktury produkcji, materiałów przyjaznych środowiskowo czy tworzenia ekoproduktów i ekosystemu przemysłowego.

Kształcenie ekoinżynierskie obejmuje szerokie spektrum zagadnień, związanych m.in. z: tworzeniem ekoproduktów, recykulacją obiektów technicznych, projektowaniem i wytwarzaniem napędów przyjaznych środowiskowo, bioenergetyką i kogeneracją energii odnawialnych, technologiami

materiało- i energooszczędny, budownictwem proekologicznym i infrastrukturą proekologiczną, transportem multimodalnym, materiałami przyjaznymi środowiskowo, itd.

Grupy przedmiotów i zagadnienia realizowane podczas programu kształcenia, to m.in.: ekologia i bilansowanie środowiska, energia i zasoby odnawialne, ekotechnologie mechaniczne i materiałowe, ekotechnologie chemiczne oraz wody i ścieków, eko projektowanie cyklu życia – (life cycle assessment and management), ekotransport zasobów, ekoarchitektura, urbanistyka i budownictwo energooszczędne, środowiskowo zorientowane technologie informatyczne i symulacyjne, gospodarka wiedzy i organizacje uczące się, zarządzanie środowiskiem i ekogospodarką, gospodarka przepływów i usług, technologie beze misyjne, tech-metabolizm, twórcze uczenie i rozwiązywanie problemów, innowacje, nowe wymiary pracy, życia i rozwoju człowieka i społeczeństwa.

6. Podsumowanie

Działania podjęte na Politechnice Poznańskiej mają na celu kształcenie inżynierów nowo ukierunkowanych, którzy podążają wymaganiami dotyczącym środowiskowo zorientowanego projektowania i wytwarzania produktów (wytworów i usług). Zgodnie z raportem Komisji Europejskiej [raport DGXI], istnieją bardzo istotne przesłanki, iż przemysł podąża w kierunku czystszych technologii wytwarzania, maszyn i urządzeń o niższym oddziaływaniu na środowisko, a także systemów monitoringu i rekultywacji skażonych elementów środowiska. Zrozumienie tego faktu wymusza również odpowiednie przygotowanie absolwentów specjalności ekoinżynierskiej do poruszania się na rynkach pracy Polski i Europy.

Literatura

- [1] Brown R. L., *Eco-economy; Building the economy for the Earth*, WW. Norton&Co, New York 2001, p.333.
- [2] Carson R., *Silent Spring*, Boston, Houghton Mifflin, 1962.
- [3] Cempel C., *Ekogospodarka – nowe wyzwania w kształceniu, badaniach, technologii*, Nauka No 1, 2003, s 27-41.
- [4] *Eco-Indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Assessment. Methodology report*, Product Ecology Consultants 2001.
- [5] Flizikowski J., *Projektowanie środowiskowe maszyn*, Bydgoszcz 1998.
- [6] Odum H. T., *Environmental Accounting – Energy and environmental decision making*, John Wiley, New York 1996, p370.
- [7] Radomski P., *Aspekty próśrodowiskowe w projektowaniu maszyn i urządzeń przemysłu spożywczego*, Zeszyty naukowe PP, Seria Maszyny Robocze i Transport, Nr 55, Poznań 2003.
- [8] Rothschild M., *Bionomics – economy as ecosystem*, Owl Books, New York 1990, p.423.
- [9] *The EU eco-industry's export potential: final report to DGXI of the European Commission*. EG/CI490/SO