

# KIERUNKI ROZWOJU NARZĘDZI INFORMATYCZNYCH WSPOMAGAJĄCYCH PODEJMOWANIE DECYZJI W PROCESACH TWORZENIA EKOINNOWACJI TECHNICZNYCH

Marek SZAFRANIEC

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono teoretyczne rozważania dotyczące możliwości wykorzystania narzędzi informatycznych we wspomaganie podejmowania decyzji w tworzeniu ekoinnovazione technicznych. Wyznaczono główne kierunki rozwoju tych narzędzi oraz zakres oczekiwanej funkcjonalności. Przedstawiono również przykłady narzędzi mogących wspomagać proces tworzenia ekoinnovazione technicznych. Przedstawiona koncepcja problemu bazuje na badaniach literaturowych oraz opisanych w literaturze, wybranych studiach przypadku.

**Słowa kluczowe:** ekoinnovazione, wspomaganie decyzji, system informacyjny, narzędzia informatyczne.

## 1. Wprowadzenie

W obecnych czasach kluczową rolę innowacji w rozwoju gospodarczym podkreślają zarówno przedstawiciele przemysłu, administracji państwowej jak i instytucji naukowych. Zarówno na poziomie poszczególnych państw jak i międzynarodowym stymuluje się inicjatywy mające na celu wzrost innowacyjności. Jednocześnie koncentracja kierowana na poprawę wskaźników ekonomicznych niesie za sobą skutki w postaci zwiększenia wpływu gospodarek na środowisko, czego dowodem są niepokojące informacje na temat pojawiających się i nasilających, niekorzystnych, globalnych zjawisk. Z tego powodu szczególnego znaczenia nabiera pojęcie rozwoju zrównoważonego, który w założeniu zakłada konieczność uwzględniania również innych wymiarów ewolucji, takich jak: społeczny czy ekologiczny. Efektem takiego podejścia jest konieczność wspierania działalności środowiskowej na poziomie administracyjnym i w przedsiębiorstwach. Efektem takich działań powinno być zmniejszenie negatywnego oddziaływania na środowisko poprzez m.in. opracowywanie i wdrażanie ekoinnovazione. Biorąc pod uwagę poziom ekoinnovazione Polski zajmuje odległe miejsce w rankingu krajów członkowskich Unii Europejskiej, ale trzeba zauważyć, że sam pomiar ekoinnovazione jest przedsięwzięciem nietrywialnym i w zależności od przyjętych założeń może dawać różne wyniki [3]. Każda działalność badawcza i inwestycyjna jest obciążona ryzykiem. Działalność ekoinnovazione, obok chęci uzyskania przewagi konkurencyjnej, jest nierzadko efektem presji zewnętrznej (społecznej, politycznej) i wiąże się z koniecznością ponoszenia kosztów dla osiągnięcia efektów, które nierzadko przynoszą korzyści pośrednie, często trudno lub niemierzalne i w długiej perspektywie czasu.

Ryzyko podejmowanych decyzji jest ściśle związane z luką informacyjną. Szczególnego znaczenia w kontekście minimalizacji ryzyka nabierają więc narzędzia minimalizujące tę lukę, tworzące system informacyjny. Szeroki zakres danych, jaki powinien być poddawany przetwarzaniu generuje możliwość i potrzebę zastosowania

w tym procesie narzędzi informatycznych, w szczególności w procesach pozyskiwania, przetwarzania, archiwizowania i udostępniania informacji i transferze wiedzy.

W literaturze przedmiotu wiele publikacji poświęconych jest wykorzystaniu narzędzi informatycznych w opisywaniu przebiegu zjawisk naturalnych oraz we wspomaganie zarządzania środowiskiem dla potrzeb administracji publicznej, jednak w przypadku tworzenia ekoinnowacji technicznych temat nie jest wystarczająco zbadany. W niniejszym artykule dokonano próby analizy możliwości zastosowania narzędzi informatycznych w podejmowaniu decyzji w procesie tworzenia ekoinnowacji technicznych oraz odpowiedzi na następujące pytania:

- jaki zakres danych i informacji jest niezbędny w procesie tworzenia ekoinnowacji technicznych?
- jakie są możliwości wykorzystania narzędzi informatycznych w systemie wspomaganie decyzji w procesie tworzenia ekoinnowacji technicznych?
- jakie są główne czynniki determinujące funkcjonalność systemów informacyjnych wspomagających podejmowanie decyzji w procesie tworzenia ekoinnowacji technicznych?

## **2. Istota podejmowania decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych**

Ekoinnowacje są innowacjami których efekty wpływają na poprawę ekologicznych parametrów produktów, procesów poprzez [9]:

- zmniejszanie negatywnego wpływu na środowisko w obszarze emisji zanieczyszczeń i zużycia zasobów naturalnych,
- doskonalenie parametrów ekologicznych uwzględniających cały cykl życia wyrobu, usługi lub procesu,
- uwzględnianie aspektów ekonomicznych, kosztów wprowadzania ekoinnowacji odnoszonych do całego cyklu życia produktów i procesów w celu wdrażania rozwiązań ekonomicznie uzasadnionych,
- uwzględnianie szerokiego kontekstu wdrażania nowych rozwiązań, w tym: aspektów, społecznych, technicznych, organizacyjnych i instytucjonalnych.

Proces tworzenia ekoinnowacji jest ściśle związany z funkcjonowaniem systemu zarządzaniem wiedzą, systemem informacyjnym i pozyskiwaniem danych. Struktury te przenikają się i są od siebie zależne. Problem decyzyjny powstaje zaś wówczas, kiedy posiadana wiedza i doświadczenie nie wystarczają do realizacji wyznaczonego zadania i istnieje potrzeba wygenerowania nowej informacji i wiedzy. Opracowywanie i wdrażanie ekoinnowacji wiąże się z koniecznością podejmowania decyzji dotyczących m.in. [20]:

- podjęcia prac badawczo-rozwojowych,
- określenia zakresu prac badawczo-rozwojowych,
- określenia podmiotów prowadzących prace badawczo-rozwojowe,
- wyboru formy prac koncepcyjnych,
- określenia docelowego efektu prac nad konkretnymi proponowanymi rozwiązaniami,
- wyboru wariantów realizowanych projektów,
- wyboru formy kontroli i doskonalenia wybranego projektu.

Podejmowanie decyzji w ujęciu szerszym – czynnościowym - składa się z kolei z czterech etapów:

- analizy – identyfikacji problemu, pobierania, oceny informacji i wiedzy,

- projektu – poszukiwania, opracowania modelu, wyboru kryterium do oceny decyzji, tworzenia scenariuszy rozwiązań,
- wyboru – selekcji rozwiązania, określenia i podjęcia decyzji,
- implementacji – realizacji wybranego rozwiązania, rejestracji informacji o wykonaniu decyzji.

W celu odpowiedniego zaprojektowania systemu wspomagania decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych konieczne jest określenie użytkowników tego systemu, decydentów i innych zainteresowanych stron (interesariuszy), zakresu danych i informacji, które mają być przetwarzane, dostępnych i koniecznych środków technicznych, zbiorów modeli niezbędnych do przetwarzania danych i informacji.

Kluczowym dla podjęcia decyzji w tym zakresie jest wiedza na temat problemów środowiskowych przedsiębiorstwa, ich źródeł (źródłowych procesów produkcyjnych) i generowanych skutków.

Dysponowanie odpowiednią jakościowo informacją i wiedzą środowiskową przez decydenta zmniejsza ryzyko podejmowanych decyzji. Wiedzę zaś możemy podzielić na zewnętrzną i wewnętrzną, a zdolność absorpcyjna wiedzy przedsiębiorstw staje się czynnikiem kluczowym powodzenia procesu podnoszenia wskaźników ekoinnowacyjności przedsiębiorstw [15].

### **3. Moduły systemu wspomagania decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych**

Niezbędne w procesach archiwizowania, przetwarzania i udostępniania danych i informacji są narzędzia informatyczne. Wzrastające możliwości techniki komputerowej sprawiają, że są one wykorzystywane na coraz szerszą skalę, również we wspomaganiu procesów decyzyjnych. Interaktywne systemy komputerowe pomagające decydentom rozwiązywać niestrukturalne problemy z wykorzystaniem bazy danych, algorytmów i modeli określa się mianem systemów wspomagania decyzji (SWD, ang. Decision Support System - DSS). Analogicznie możemy mówić o Systemach Wspomagania Decyzji Środowiskowych (EDSS, ang. Environmental Decision Support System). Pojęcie EDSS w literaturze odnosi się głównie do systemów wspomagających zarządzanie środowiskiem na szczeblu administracji publicznej i modelowania zjawisk, głównie związanych z rozprzestrzenianiem się zanieczyszczeń czy eksploatacją zasobów naturalnych [9, 13, 17]. System wspomagania decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych odnosi się zaś do działalności przedsiębiorstw i poprawy parametrów ekologicznych ich produktów i procesów. Współczesne narzędzia zarządzania środowiskiem, takie jak znormalizowane systemy zarządzania wymagają działania pętli ciągłego doskonalenia. Mimo dużego zainteresowania przedstawicieli przedsiębiorstw narzędziami informatycznymi, które mogłyby wspierać ich działalność środowiskową, w tym tworzenie ekoinnowacji, obszar ten nie jest wystarczająco dobrze zbadany [19]. Do podstawowych funkcji takiego systemu należy zaliczyć gromadzenie, przetwarzanie i modelowanie danych środowiskowych, parametrów procesów, w celu poszukiwania nowych rozwiązań mniej oddziałujących na środowisko [por. 7]. Niezależnie od przeznaczenia system taki powinien składać się z następujących elementów:

- bazy danych,
- bazy modeli,
- bazy algorytmów,
- narzędzi IT,

- bazy para informacji,
- interfejsu użytkownika.

#### 4. Obszary rozwoju narzędzi informatycznych wspomagających podejmowanie decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych

Opisywane w literaturze narzędzia zarządzania środowiskiem wspomagających tworzenie ekoinnowacji technicznych wskazują na kilka kluczowych obszarów rozwoju systemów wspomagania decyzji w tym obszarze, a zaliczyć do nich można:

- integrację danych wewnętrznych organizacji – integracja danych dotyczących aspektów środowiskowych, wpływów na środowisko, procesów, produktów i usług przedsiębiorstw,
- integrację podmiotów łańcucha dostaw – uwzględnienie struktury i relacji podmiotów całego łańcucha dostaw,
- wspieranie transferu wiedzy – sprawny transfer wiedzy wewnątrz organizacji i pomiędzy podmiotami łańcucha dostaw,
- modelowanie i symulacje zjawisk środowiskowych – generowanych przez emisje do środowiska, zużycie zasobów itp.

##### *Integracja danych wewnętrznych organizacji*

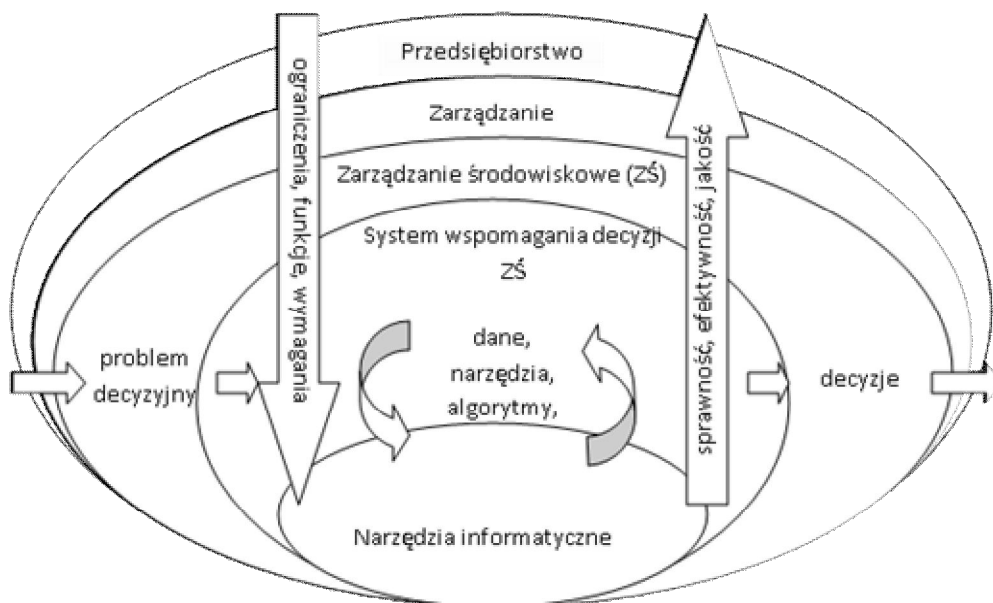
Identyfikacja możliwości doskonalenia działalności środowiskowej organizacji i zmniejszenia jej negatywnego wpływu na środowisko wymaga posiadania informacji na temat istniejących aspektów środowiskowych (jako elementów wynikających z działalności organizacji i generujących wpływ na środowisko), samego wpływu na środowisko oraz jego źródeł mających miejsce w procesach produkcyjnych. Konieczność integracji i zarządzania tymi danymi wynika również z wymagań współczesnych, znormalizowanych systemów zarządzania środowiskowego w organizacji – spełniających wymagania normy ISO14001:2015 czy rozporządzenia EMAS (ang. Environmental Auditing and Management Scheme). Przykład takich zależności przedstawiono w tabeli 1.

Tab. 1. Przykłady zależności między procesami produkcyjnymi organizacji, aspektami środowiskowymi i wpływami na środowisko

| Proces                        | Aspekt środowiskowy                | Wpływ na środowisko   |
|-------------------------------|------------------------------------|---|
| Ogrzewanie                    | Zużycie węgla                      | Zmniejszenie zasobów naturalnych                                |
|                               | Emisja CO <sub>2</sub>             | Zanieczyszczenie atmosfery<br>Potęgowanie efektu cieplarnianego |
| Dezynfekcja hali produkcyjnej | Zużycie materiałów niebezpiecznych | Zwiększenie ryzyka środowiskowego i utraty zdrowia pracowników  |
|                               | Emisja ścieków                     | Zanieczyszczenie hydrosfery                                     |

Źródło: Opracowanie własne.

Systemy zarządzania organizacją, zarządzania środowiskowego, wspomagania są od siebie zależne. Z jednej strony wyznaczają granice zakresu gromadzonych danych z drugiej wpływają na parametry systemów zależnych. Relacje te obrazuje rysunek 1.



Rys. 1 Relacje pomiędzy systemem wspomagania decyzji zarządzania środowiskiem, a innymi systemami w organizacji [18]

Doskonalenie działalności środowiskowej organizacji i osiągnięcie wymiernych efektów w tym obszarze może mieć charakter bezpośredni lub pośredni - związany z doskonaleniem innych obszarów jej działalności. Uskutecznianie procesów produkcyjnych, wprowadzanie bardziej sprawnych maszyn, minimalizowanie marnotrawstwa, odpowiednie rozmieszczenie stanowisk pracy minimalizujące długość i czasochłonność procesów transportowych to kilka przykładów rozwiązań przynoszących efekty w kilku obszarach działalności organizacji i generują również pozytywne efekty ekologiczne. System wspomagania decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych również powinien uwzględniać ten fakt i umożliwić zintegrowaną ocenę takich rozwiązań.

W praktyce dostępnych jest wiele narzędzi służących analizie i ocenie parametrów środowiskowych organizacji oraz możliwości tworzenia ekoinnowacji technicznych, a należą do nich m.in. [8]: analiza kosztów i korzyści (CBA – ang. Cost Benefit Analysis), analiza wejścia-wyjścia (IOA – ang. Input-Output Analysis), ocena cyklu życia (LCA – ang. Live Cycle Analysis), analiza przepływu materiałów (MFA – ang. Material Flow Accounting), rachunek kosztów przepływu materiałów (MFCA – ang. Material Flow Cost Accounting), ocena oddziaływania na środowisko (EIA – ang. Environmental Impact Assessment). Narzędzia te mogą stanowić źródła danych do przeprowadzenia procesów decyzyjnych.

#### *Integracja podmiotów łańcucha dostaw*

Tworzenie i wdrażanie ekoinnowacji technicznych może być rezultatem działań pojedynczej organizacji, albo tworzonych przez nie sieci powiązanych ze sobą gospodarczo wielu przedsiębiorstw. Jednym z takich sieci są łańcuchy dostaw. Upowszechniające się zasady zrównoważonego rozwoju już w latach osiemdziesiątych poprzedniego wieku doprowadziło do wyodrębnienia się pojęcia zielonego łańcucha dostaw, w ramach którego wyróżnić można następujące składowe jego zarządzania: proekologiczne projektowanie

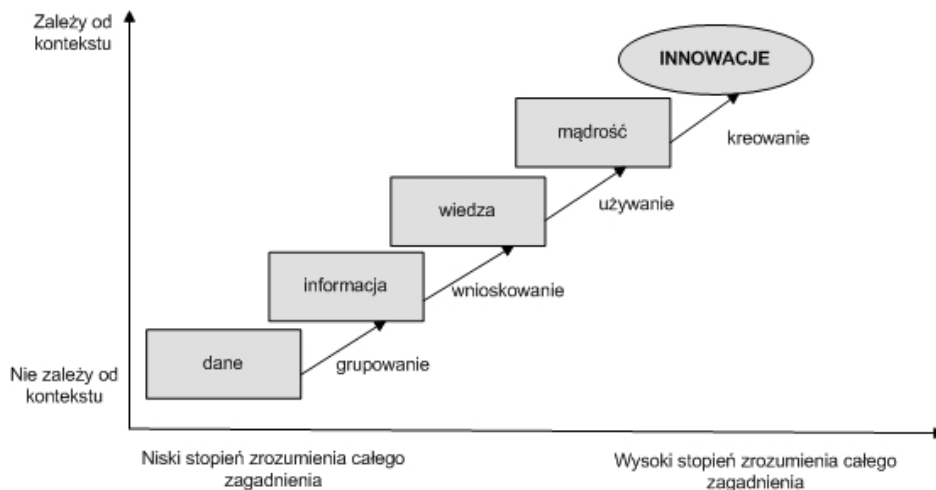
i rozwój produktu, proekologiczne zaopatrzenie i zakupy, proekologiczne wytwarzanie, marketing ekologiczny, proekologiczną dystrybucję, serwis oraz odwróconą logistykę [10]. Rozwinięciem tego pojęcia jest zrównoważony łańcuch dostaw, który obecnie coraz częściej staje się przedmiotem badań naukowych.

Tworzenie ekoinnowacji technicznych w ramach zielonych łańcuchów dostaw może dotyczyć takich zagadnień ekologicznych, jak:

- ślad węglowy, wodny, tworzyw sztucznych,
- redukcja marnotrawstwa - minimalizacja kosztów przepływu materiałów, skracanie realizacji czasu zamówień, optymalizacja poziomów zapasów itp.,
- ekoprojektowanie produktów i procesów uwzględniające cały cykl ich życia – od pozyskania surowców, poprzez produkcję półproduktów i wyrobów gotowych, ich dystrybucję, użytkowanie i utylizację po eksploatacji,
- zintegrowane emisje do środowiska,
- zintegrowane zużycie surowców naturalnych,
- gospodarka odpadami.

#### *Wspieranie transferu wiedzy*

Wspomaganie decyzji w ramach procesów tworzenia ekoinnowacji technicznych wymaga posiadania odpowiedniej wiedzy. Konieczność gospodarowania tym cennym kapitałem organizacji jest przedmiotem wielu badań naukowych, również w kontekście tworzenia ekoinnowacji technicznych i nie podlega dyskusji [4, 6, 20]. Wiedza stanowi podstawowy składnik kapitału intelektualnego przedsiębiorstw, który jest warunkiem koniecznym dla procesów tworzenia innowacji oraz osiągnięcia przewagi konkurencyjnej (rysunek 2).



Rys. 2. Dane, informacja, wiedza, mądrość, innowacje - hierarchia i zależności między pojęciami [5]

Istnieje potrzeba wspomaganie transferu wiedzy jawnej oraz niejawnej – jej pozyskiwania, udostępniania, rozpowszechnienia i dzielenia - w tworzeniu ekoinnowacji technicznych [2, 20]. Transfer wiedzy pomiędzy dostawcami, producentami i klientami jest czynnikiem zwiększającym potencjał ekoinnowacyjny podmiotów biorących w nim udział.

Ekoinnowacje techniczne związane są z wprowadzaniem nowych lub znacząco zmienionych wyrobów, usług, metod produkcji lub dostaw minimalizujących negatywny wpływ na środowisko. Dlatego dla skutecznego i sprawnego rozwiązywania problemów decyzyjnych w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych potrzebna jest wiedza z przestrzeni definiowanej przez cztery jej główne wymiary, do których należą [20]:

- przedmiot – ekoinnowacja może dotyczyć wyrobów, usług, metod produkcji, dostaw,
- kategorie oddziaływań – przedmiotem minimalizacji są wpływy na poszczególne elementy środowiska, takie jak: litosfera, atmosfera, hydrosfera,
- podmiot – ekoinnowacja może być wprowadzana wewnątrz organizacji lub w powiązanej organizacji zewnętrznej,
- wiedza dynamiczna – szczególnego znaczenia nabiera wiedza dotycząca spodziewanych efektów dokonywanych zmian, istnieje konieczność tworzenia symulacji i oceny potencjalnych efektów ekologicznych, ekonomicznych i społecznych generowanych przez wprowadzanie nowych rozwiązań technicznych.

Transfer wiedzy w ramach procesów tworzenia ekoinnowacji technicznych może odbywać się wewnątrz organizacji, ale często powinien obejmować również dostawców, klientów i użytkowników produktów, co może mieć pozytywny wpływ na osiągnięte wspólne efekty środowiskowe. Przykładowo instrukcja obsługi produktu przekazywana klientom, może zawierać informacje dzięki którym zastosowaniu produktu w swoim życiu będzie generował mniejszy wpływ na środowisko. Szczególnie dotyczy to zużycia paliwa, lub energii elektrycznej przez samochody czy urządzenia dużego AGD.

#### *Modelowanie i symulacje zjawisk środowiskowych*

Źródłem zagrożenia życia ludzi i pogorszenia jego jakości są niekorzystne zjawiska globalne i lokalne wynikające z emisji zanieczyszczeń do środowiska. Zmiany klimatyczne, efekt cieplarniany, dziura ozonowa, zużycie zasobów nieodnawialnych, problem składowania odpadów to zaledwie kilka z tych najważniejszych. Zjawiska te generowane są przez nakładanie się na siebie zanieczyszczeń z wielu źródeł. Znajomość mechanizmów powstawania tych niepożądanych zjawisk stanowi podstawę do podejmowania skutecznych i sprawnych działań zaradczych. Istnieje wiele publikacji naukowych poświęconych modelowaniu i symulowaniu tych zjawisk. Zdecydowana większość z nich opracowywana jest dla potrzeb zarządzania środowiskiem przez podmioty administracji centralnej i regionalnej oraz dla celów naukowych. W literaturze przedmiotu dostępne są publikacje na temat budowania modeli wspomagania decyzji w zakresie zarządzania zasobami naturalnymi, powierzchnią, jakością elementów środowiska, itp. [13]. Pojawia się w tym przypadku konieczność przetwarzania szerokiego zakresu danych wynikająca ze złożoności charakteru modelowanych zjawisk, a wynikających z cech systemów środowiskowych, do których należy zaliczyć [14]:

- dynamizm – systemy środowiskowe ewoluują i zmieniają się w czasie,
- przestrzenność – systemy środowiskowe zachodzą i generują zmiany w dwu lub trzy wymiarowej przestrzeni,
- złożoność – systemy środowiskowe są złożone, zwykle obejmują interakcje pomiędzy procesami biologicznymi i fizykochemicznymi,
- losowość – wiele procesów środowiskowych ma charakter stochastyczny, co wpływa na niepewność założeń modelowania, parametry te można ograniczać do wartości najbardziej prawdopodobnych lub granicznych,

- cykliczność – wiele procesów środowiskowych jest cyklicznych w czasie co może z kolei ograniczać ich przypadkowość,
- zróżnicowanie mediów – media w których zachodzą procesy środowiskowe są zróżnicowane i w zależności od ich cech mają inną charakterystykę przebiegu,
- niedobór informacji – przebieg procesów środowiskowych zależy od wielu czynników, model może jedynie uwzględniać te, które da się zaobserwować.

Modelowanie i symulacje są podstawowymi i niezbędnymi narzędziami analizy poziomu ryzyka środowiskowego.

## **5. Przykłady narzędzi informatycznych wspomagających procesy tworzenia ekoinnowacji technicznych**

Na rynku dostępnych jest wiele aplikacji, które mogą znaleźć zastosowanie w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych. W kontekście wcześniejszych rozważań - dotyczących kierunków rozwoju systemów wspomagających podejmowanie decyzji w tym zakresie - możemy te narzędzia podzielić na cztery następujące kategorie:

- raportująco-analityczne,
- modelująco-symulacyjne,
- komputerowej integracji wytwarzania,
- oceny cyklu życia.

### *Narzędzia raportująco-analityczne*

Zmieniające się uwarunkowania, nowe wyzwania stojące przed systemami wspomagającymi podejmowanie decyzji w procesach tworzenia ekoinnowacji technicznych znajdują swoje odzwierciedlenie na rynku dostępnych aplikacji. Wiele tradycyjnych narzędzi raportujących poszerza swoje funkcjonalności o dodatkowe moduły. Przykładem takiego postępowania może być produkt norweskiej firmy Emisoft – TEAMS [1], oraz polskiej Atmoterm – np. EK100W, EkoSemafor i ECO<sub>2</sub> [11]. Poza podstawową funkcjonalnością dla których zostały opracowane – zbierania i raportowania informacji - umożliwiają łączenie wpływów na środowisko z aspektami i źródłowymi procesami źródłowymi. Ponadto istnieje możliwość włączania do analiz aplikacji przestrzennych poprzez nakładanie dodatkowych warstw informacyjnych. Należy się spodziewać dalszego wzrostu funkcjonalności tych aplikacji, gdzie siłą napędową zmian może być zgłaszane zapotrzebowanie na nie przez przedstawicieli przedsiębiorstw.

### *Narzędzia modelująco-symulacyjne*

Istnieje wiele narzędzi informatycznych wspomagających modelowanie i symulacje zjawisk środowiskowych. Z racji specyfiki tego obszaru (por. rozdział 4) programy te często oparte są o technologię GIS (ang. Geographic Information System). Aplikacje takie umożliwiają prezentację danych przestrzennych w wygodny dla użytkownika, warstwowy sposób. Dzięki modelowaniu i analizie zjawisk przestrzennych istnieje możliwość tworzenia planów środowiskowych ukierunkowanych na poprawę najbardziej problematycznych wpływów na środowisko w gminie, regionie, na poziomie poszczególnych krajów czy świata. Aplikacje te mogą wspierać podejmowanie decyzji w ramach różnych dziedzin zarządzania środowiskowego. Do najbardziej popularnych w tym zakresie aplikacji zaliczyć możemy produkty firm ESRI (ArcGIS), Intergraph (GeoMedia), Autodesk (MapGuide), GE Energy (GIS GE Energy).



#### *Narzędzia komputerowej integracji wytwarzania*

Do najbardziej popularnych aplikacji bazujących na tym podejściu należą systemy: SAP, Comarch, Microsoft Dynamics, Oracle E-Business Suite.

Narzędzia komputerowej integracji wytwarzania bazują przede wszystkim na rozwijanych systemach klasy MRP (ang. Material Requirements Planning), MRPII (ang. Manufacturing Resource Planning) i ERP (ang. Enterprise Resource Planning). Rozwinięciem ich koncepcji na cały łańcuch dostaw są m.in. systemy klasy APS (ang. Advanced Planning & Scheduling) czy CRM (ang. Customer Relationship Management). Do podstawowej funkcjonalności systemów APS należy [21]:

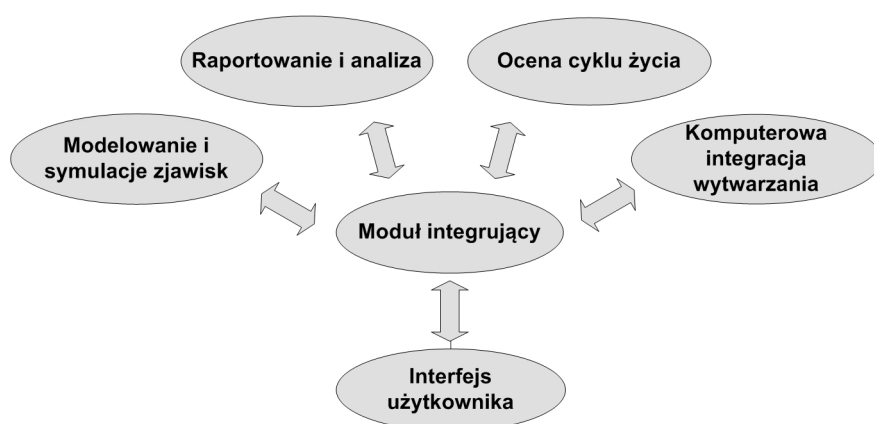
- strategiczne planowanie sieci – wspomaganie decyzji w zakresie lokalizacji zakładów produkcji, magazynów, sieci dystrybucji,
- koordynowanie planów zaopatrzenia, produkcji i dystrybucji – synchronizowanie planów w czasie, minimalizowanie kosztów zapasów, produkcji i transportu,
- planowanie i harmonogramowanie produkcji – planowanie wielkości serii produkcji do zamówień, przy określonych zasobach, potencjale produkcyjnym zakładów,
- planowanie transportu i dystrybucji – optymalizacja dróg i kolejności przewozów.

Dotyczą one przede wszystkim analizy wewnętrznej przedsiębiorstw. Racjonalizacji działalności, optymalizacji i eliminowania marnotrawstwa m.in. poprzez: redukcję zapasów, zwiększenie sprawności procesów obróbczych, efektywności transportu, minimalizację zwrotów. Działania te generują również pozytywne efekty środowiskowe. Dzięki tym narzędziom możliwe staje się również powiązanie aspektów środowiskowych ze źródłowymi procesami organizacji.

#### *Narzędzia oceny cyklu życia produktu*

Do najbardziej popularnych narzędzi informatycznych bazujących na koncepcji oceny cyklu życia należą: SimaPro, Gabi, Umberto. Pozwalają one na kompleksową identyfikację aspektów środowiskowych w całym cyklu życia produktów i procesów. Poziom szczegółowości i zakres analizy zależy od oczekiwań użytkownika i teoretycznie są nieograniczone. Barrierami są jednak czaso- i koszt- chłonność procesu zbierania wymaganych danych i informacji. Analiza aspektów i wpływów na środowisko może być prowadzona w ramach jednej organizacji, jak również całego łańcucha dostaw. Takie podejście pozwala na wykorzystanie efektów analizy w ekoprojektowaniu, dla potrzeb przedsiębiorstw, uczelni naukowych i instytucji badawczych. Aplikacja SimaPro pozwala na modelowanie i analizowanie złożonych cykli życia w przejrzysty sposób. Dzięki czemu możliwa staje się ocena wpływu produktów, usług i procesów na środowisko na wszystkich etapach cyklu życia oraz ocena zmian uwzględniających proponowane modyfikacje. Jest to narzędzie bardzo kompleksowe pod względem zakresu i możliwości analizy wpływu na środowisko. Głównym i pierwotnym przeznaczeniem tych aplikacji, w przeciwieństwie do narzędzi komputerowej integracji wytwarzania, jest ocena wpływu produktów, procesów i usług na środowisko oraz analizy nowych rozwiązań, innowacji. SimaPro umożliwia gromadzenie, analizowanie, przetwarzanie i prezentację wyników, dzięki czemu może być wykorzystywana również w procesach transferu wiedzy. Wykorzystuje wewnętrzne, rozbudowane bazy wskaźników wpływu i modeli, takie jak: IMPACT 2002+, Baseline 200, EPS2000, CML-IA, Baseline 2001, Ecoindicator 99 i wiele innych. Prezentacja wyników może dostosowana do zasad EDP (ang. Environmental Product Declarations) zgodnie z wymaganiami normy ISO 14025. Program współpracuje z bazami klasyfikacyjnymi wpływu na środowisko, takimi jak: Agri-Footprint, LCA Food, US IO Database, European and Danish IO Database [16].

Powyższe rozważania wskazują, że w praktyce dostępnych jest wiele narzędzi informatycznych, które mogą znaleźć zastosowanie we wspomaganiu decyzji w procesach tworzenia eko innowacji technicznych. Ich poziom zastosowania w kraju jest jednak na niskim poziomie. Te narzędzia nie są drogie wdrożeniu i utrzymaniu. Wdrożenie narzędzi o największej funkcjonalności - komputerowej integracji wytwarzania czy oceny cyklu życia wymaga poniesienia dużych inwestycji. W przypadku tworzenia eko innowacji technicznych, jednym z możliwych rozwiązań jest opracowanie prostego narzędzia z podstawową funkcjonalnością (np. raportującego) z możliwością integracji pozostałych wybranych obszarów tworzenia eko innowacji technicznych na zasadzie modułowej (por. rys. 3). Każdy zakład jest objęty koniecznością raportowania wpływu działalności na środowisko do odpowiednich organów administracji publicznej.



Rys. 3. Schemat ideowy narzędzia wspomagania procesów tworzenia eko innowacji technicznych

W zależności od potrzeb i zainteresowania przedsiębiorstwa mogłyby wdrażać wybrane moduły, wybierając spośród dostępnych na rynku produktów. Istnieje jednak potrzeba zbadania technicznych możliwości ujednoczenia i wymiany danych z poszczególnych modułów. Z uwagi na uwarunkowania procesu tworzenia eko innowacji technicznych oraz szeroki zakres danych wymagających przetwarzania nie wydaje się obecnie możliwe i zasadne tworzenie jednego uniwersalnego narzędzia o pełnej funkcjonalności. Opracowanie takiego narzędzia i wdrożenie go w przedsiębiorstwach byłoby przedsięwzięciem niezwykle złożonym i kosztownym.

Dobrym rozwiązaniem wydaje się również być stworzenie internetowego panelu umożliwiającego bez opłaty licencyjnej na dokonywanie wybranych analiz na określonych zasadach.

## 6. Podsumowanie i wnioski

Procesy tworzenia eko innowacji technicznych są obecnie często przedmiotem badań naukowych oraz jednym z elementów niezbędnych realizacji zasad zrównoważonego rozwoju. Podejmowanie decyzji w tym obszarze może być realizowane w ramach systemu wspomaganie decyzji z użyciem dostępnych już na rynku narzędzi informatycznych. Nie ma obecnie możliwości opracowania jednego, uniwersalnego narzędzia

informatycznego sprawnie i skutecznie wspomagającego procesy tworzenia ekoinnowacji technicznych. Narzędzia te mają zróżnicowaną funkcjonalność i ulegają ciągłemu rozwojowi. Głównymi obszarami ich rozwoju są ukierunkowanie na: integrację danych wewnętrznych organizacji, integrację podmiotów łańcucha dostaw, wspieranie transferu wiedzy, modelowanie i umożliwianie przeprowadzania symulacji zjawisk środowiskowych. Wykorzystywane w tym celu narzędzia ze względu na istniejące pomiędzy nimi różnice funkcjonalne można podzielić na cztery kategorie: raportująco-analityczne, modelująco-symulacyjne, komputerowej integracji wytwarzania oraz oceny cyklu życia. Najbardziej rozbudowaną formę przyjmują te ostatnie. Pozwalają one na kompleksową identyfikację aspektów środowiskowych procesów, produktów i usług na każdym etapie cyklu ich życia. W celu upowszechnienia zastosowania tych narzędzi w praktyce dobrym rozwiązaniem wydaje się być stworzenie modułu integrującego poszczególne kategorie narzędzi tak, aby istniała możliwość ich doboru przez przedstawicieli zakładów.

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. Aamodt T., Baran J., Cichy M., Nowak Z., Szafraniec M.: Teams – the e-information system supporting environmental management. Report on its educational version. *Czysta Produkcja i Eko-Zarządzanie*, 1/2005.
2. Baran J.: Ilościowe metody oceny wpływu na środowisko wspomagające ekoprojektowanie w ekologii. *Logistyka*, 6/2014.
3. 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.
4. Baran J., Ryszko A., Szafraniec M.: Metody i techniki transferu wiedzy technicznej w opracowywaniu ekoinnowacji – studium przypadku. (w) Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T.2. Oficyna Wydawnictwa Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014.
5. Brzóska J.: *Innowacje jako czynnik dynamizujący modele biznesowe*. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2014.
6. Cichy M., Janik A., Ryszko A.: Problematyka mapowania transferu wiedzy na przykładzie procesu opracowywania ekoinnowacji. (w) Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T.2. Oficyna Wydawnictwa Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2014.
7. El-gayar O., Fritz B.: Environmental Management Information Systems (EMIS) for Sustainable Development: A Conceptual Overview. *Communications of the Association for Information Systems*. Vol. 17, 2006.
8. Finnvedn G., Moberg A.: Environmental system analysis tools – an overview. *Journal of Cleaner Production*, 13/2005.
9. Giupponi C., Matthies M., Ostendorf B.: Environmental decision support systems: Current issues methods and tools. *Environmental Modelling & Software*, 22(2)/2005.

10. Hervani A.A., Helms M.M., Sarkis J., Performance measurement for green supply chain management. *Benchmarking: An International Journal*, Vol. 12 Issue 4, 2005.
11. Materiał pobrany ze strony internetowej firmy Atmoterm: [www1.atmoterm.pl](http://www1.atmoterm.pl) [data wejścia: styczeń 2016 r.].
12. Materiał pobrany ze strony internetowej firmy Emisoft: [www.emisoft.com](http://www.emisoft.com) [data wejścia: styczeń 2016 r.].
13. McIntosh i inni: Environmental decision support system (EDSS) development – Challenges and Best practices. *Environmental Modelling & Software*, 26/2011.
14. Rizzoli A.E., Young W.J.: Delivering environmental decision support systems: software tools and techniques. *Environmental Modelling & Software*, Vol. 12, 1997.
15. 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 Wydawnictwa Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015.
16. SimaPro Database Manual. Materiał pobrany ze strony internetowej: [www.pre-sustainability.com](http://www.pre-sustainability.com) [data wejścia: styczeń 2016 r.].
17. Sullivan T.: *Evaluating Environmental Decision Support Tools*. Brookhaven National Laboratory, Październik 2002.
18. Szafraniec M.: Informacyjne uwarunkowania zarządzania środowiskiem w przedsiębiorstwie (w) Kielczewski D., Dobrzańska B. (red.) *Zrównoważony rozwój i ochrona środowiska w gospodarce*. Wydawnictwo Wyższej Szkoły Ekonomicznej w Białymstoku, Białystok 2007.
19. Szafraniec M.: *Struktura system informacyjnego zarządzania środowiskiem w przedsiębiorstwie*. Rozprawa doktorska. Zabrze, 2006.
20. Szafraniec M.: *Wspomaganie procesu transferu wiedzy w opracowywaniu ekoinnowacji technicznych*. (w) Knosala R. (red.): *Innowacje w zarządzaniu i inżynierii produkcji*. T.2. Oficyna Wydawnictwa Polskiego Towarzystwa Zarządzania Produkcją, Opole 2015.
21. Witkowski J.: *Zarządzanie łańcuchem dostaw*. Koncepcje, procedury, doświadczenia. PWE, Warszawa 2003.

Dr inż. Marek SZAFRANIEC  
 Instytut Inżynierii Produkcji  
 Politechnika Śląska  
 41-800 Zabrze, ul. Roosevelta 26-28  
 tel.: (32) 277 73 88, fax: (32) 277 73 62  
 e-mail: Marek.Szafraniec@polsl.pl