

Krzysztof MICHALSKI
Barbara BIAŁECKA
Politechnika Śląska w Gliwicach
Wydział Organizacji i Zarządzania
Katedra Zarządzania Jakością
Procesów i Produktów

MODEL SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI W PRZEDSIĘBIORSTWIE CHEMICZNYM Z ZASTOSOWANIEM LCA

Streszczenie. Zanieczyszczenie środowiska jest jednym z poważniejszych problemów współczesnego świata. Źródłem powstawania ponadnormatywnych emisji i dużej ilości niezagospodarowanych odpadów jest niewłaściwe zarządzanie cyklem życia wyrobu (LCA) oraz niewłaściwe wyważenie ekologicznych, ekonomicznych oraz społecznych aspektów w zarządzaniu przedsiębiorstwami branży chemicznej. W poniższym opracowaniu przedstawiono sposób umożliwiający przewycięzenie tego problemu przez zaprojektowanie modelu informatycznego systemu wspomagającego decyzje z uwzględnieniem LCA, przeznaczonego do wdrożenia w przedsiębiorstwach chemicznych.

Słowa kluczowe: ocena cyklu życia wyrobu, system wspomaganie decyzji (SWD), rozwój zrównoważony, minimalizacja odpadów, zarządzanie przedsiębiorstwem chemicznym

USING LCA-BASED INFORMATION SYSTEM AS A DECISION-MAKING AID IN THE CHEMISTRY ENTERPRISE

Summary. Environmental pollution is the one of the most important problems of the contemporary world. At the source of making the excessive number of wastes is lack of proper management of life cycle assessment (LCA) and lack of balancing between economic, ecologic and social aspects in particular in the chemistry enterprises management practices. In the paper the ways of concatenation of the mentioned items by the implementation of informatics decision-making aid system in chemistry enterprises are discussed.

Keywords: Life Cycle Assessment (LCA), decision-making aid system, sustainable development, waste reduction, chemistry enterprise management

Wstęp

Zanieczyszczenie środowiska jest jednym z poważniejszych problemów współczesnego świata. Coraz większa konsumpcja oraz zwiększająca się skala produkcji przemysłowej powodują wzrost liczby niezagospodarowanych odpadów i ponadnormatywnych emisji. Największy procent zanieczyszczeń generuje przemysł chemiczny, uzasadnione więc jest zogniskowanie uwagi na tym właśnie sektorze gospodarki.

Nieumiejętne zagospodarowanie odpadów poprodukcyjnych i poużytkowych spowodowane jest niewłaściwym wyważeniem pomiędzy elementami ekonomicznymi, ekologicznymi oraz społecznymi. Wpływa to na fałszywe postrzeganie relacji pomiędzy przedsiębiorstwem a środowiskiem. Istotną przyczyną pogłębiania złego stanu rzeczy jest pomijanie tego ostatniego elementu – społecznego, a przecież umiejętność odpowiedniej oceny wpływu działalności przedsiębiorstwa na środowisko i żyjących w nim ludzi jest nie mniej ważna od aspektów ekonomicznych.

Łączenie w jedną całość odbioru społecznego z aspektami ekologicznymi i polityką wytwórczą wiąże się z przepływem dużej ilości różnorodnych informacji oraz koniecznością ich magazynowania i przetwarzania. Bez dostępu do informacji nie jest możliwe skuteczne i zrównoważone zarządzanie przedsiębiorstwem.

Oczywiste staje się, iż sprawne zarządzanie podmiotami, w tym szczególnie o profilu chemicznym, nie jest możliwe bez wsparcia systemem informatycznym, którego integralnym elementem jest ocena wpływu wyrobu na środowisko i zdrowie w ciągu całego okresu funkcjonowania tego wyrobu – tzw. ocena cyklu życia wyrobu (ang. Life Cycle Assessment – LCA) [4, 5].

1. Przesłanki budowy modelu systemu informatycznego wspierającego decyzje w przedsiębiorstwie chemicznym

Analiza istniejących systemów informatycznych dowiodła, że nie został do tej pory stworzony system wspomagający decyzje i integrujący kryteria: ekologiczne, ekonomiczne, prawne oraz społeczne. Zwłaszcza aspekt społeczny był w nich pomijany. Oczywiście, działania mające ułatwić społecznościom wpływ na procesy decyzyjne były podejmowane

niejednokrotnie, jednak brak spójności z ekologią i ekonomią czyni integrację tych elementów kwestią wciąż otwartą.

Zaproponowany w niniejszym opracowaniu model systemu informatycznego wspierającego decyzje w przedsiębiorstwie chemicznym przez wypracowywanie rozwiązania na podstawie czterech kryteriów: ekologicznego, ekonomicznego, prawnego i społecznego jest próbą wyjścia naprzeciw temu problemowi.

Utworzony model systemu może być wykorzystany przy optymalizacji procesów bieżących w przedsiębiorstwie, przy zmianach procesów technologicznych, modernizacji przedsiębiorstwa lub budowie nowego. Może być również wykorzystywany przez urzędników, przez wyższy szczebel decyzyjny i wreszcie przez opinię publiczną.

Zadaniem systemu wspomagania decyzji jest ocena oparta na wybranych kryteriach. Podstawę modelu systemu stanowią samodzielnie opracowane aplikacje, umożliwiające: ocenę zmiany emisji do wszystkich komponentów środowiska, po zmianie parametrów produkcji, analizę kosztów, zgodność działań z przepisami prawnymi oraz interaktywną wymianę informacji z grupami społecznymi związanymi z przedsiębiorstwem.

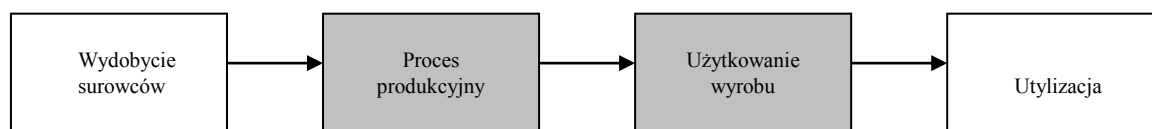
2. Uwarunkowania budowy systemu

Założenia, budowę i funkcjonowanie modelu systemu przedstawiono na przykładzie analizy najbardziej szkodliwych dla środowiska naturalnego etapów cyklu życia wybranego wyrobu – powszechnie stosowanego materiału o funkcjach izolacyjnych: polistyrenu spienialnego (styropian), wytwarzanego w Firmie Chemicznej Dwory SA (od końca 2007 r. Synthos SA).

Założenia prawne, ograniczające adresatów zaprojektowanego systemu informatycznego do obszaru Polski, wyłączyły z cyklu życia wyrobu etap wydobywania i podstawowego przetwórstwa surowców, które mają miejsce poza granicami kraju.

Analiza cyklu życia wyrobu pozwoliła ponadto stwierdzić, iż najbardziej obciążające środowisko naturalne jest proces produkcji, w dalszej kolejności faza użytkowania wyrobu. Do wpływu na środowisko tych właśnie faz cyklu życia wyrobu zostały zawężone badania w pracy.

Na przedstawionym poniżej cyklu życia produktu wyodrębniono kolorem obszar, na którym została zogniskowana uwaga przy opracowywaniu modelu systemu.



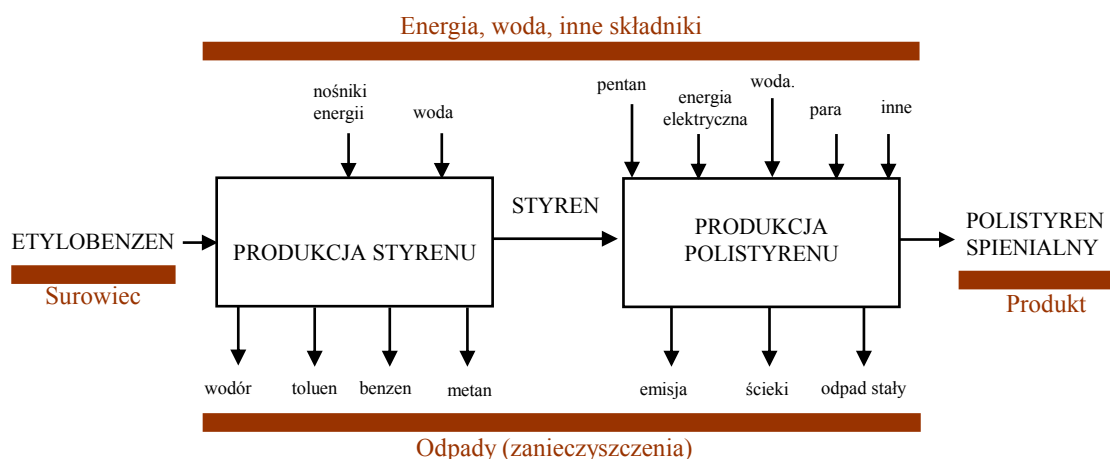
Rys. 1. Etapy cyklu życia wyrobu chemicznego

Fig. 1. Stages of life cycle of chemical products

Źródło: Opracowanie własne.

Proces produkcyjny tworzą dwie następujące po sobie składowe (rys. 2):

- produkcja styrenu,
- produkcja polistyrenu spienialnego.



Rys. 2. Etapy procesu produkcyjnego

Fig. 2. Stages of manufacturing process

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1].

Część procesu produkcyjnego przebiega w temperaturze 620⁰C, przy ciśnieniu 40 kPa. Są to tzw. parametry nominalne. Dozwolone jest wprowadzanie zmian tych parametrów w przedziałach – temperatura: od 600 do 640⁰C, ciśnienie: od 37 do 43 kPa, w celu uzyskania określonych własności wyrobu finalnego. Zmiana ustawień parametrów wpływa również na zmianę w ilości wytwarzanych odpadów i emisji gazów.

Istnieje również możliwość zastosowania dwóch rodzajów surowców podstawowych: o normalnej zawartości pentanu i tzw. surowca niskopentanowego.

3. Zidentyfikowane oczekiwania potencjalnych użytkowników systemu

System jest adresowany do kadry kierowniczej przedsiębiorstw produkcyjnych branży chemicznej oraz urzędników zarządzających gospodarką środowiskową na poziomie regionalnym lub wyższym. Dwie zidentyfikowane grupy odbiorców charakteryzują nieco odmienne oczekiwania. Wymagania urzędników przyjmują postać ogólniejszą od oczekiwań kadry kierowniczej; ograniczają się do potrzeby uzyskania czytelnej odpowiedzi na pytanie o poziom szkodliwości dla środowiska zachodzących w przedsiębiorstwach procesów. Kadra kierownicza oczekuje realizowania zadań bardziej szczegółowych. Na podstawie badań własnych oraz literaturowych wyodrębniono pięć grup zadań, których realizacji kadra kierownicza oczekuje od systemu.

Podział przedstawiony został poniżej:

1. Grupa wymagań technologicznych

- a) ocena wydajności technologii,
- b) ocena wydajności technologii po zmianie:
 - surowca wejściowego głównego,
 - parametrów pracy (temperatury i ciśnienia).

2. Grupa wymagań ekologicznych

- a) ocena wielkości zużycia:
 - surowców (na jednostkę produktu),
 - innych mediów:
 - wody,
 - energii elektrycznej,
 - gazu,
- b) ocena wpływu technologii na środowisko:
 - wielkość emisji gazów (ilość produktu / jednostka czasu),
 - wielkość odprowadzanych ścieków,
 - wielkość odpadów stałych,
 - wpływ oddziaływania produktu na środowisko (smog, dziura ozonowa, efekt cieplarniany).

3. Grupa wymagań ekonomicznych

- a) ocena kosztu stosowania technologii,
- b) ocena kosztu stosowania technologii po zmianie:
 - surowca wejściowego,
 - ciśnienia,
 - temperatury,

c) koszt rozwiązania konfliktów w relacji przedsiębiorstwo – społeczeństwo.

4. Grupa wymagań prawnych

a) dopuszczalność stosowania danych surowców (w odpowiednich ilościach lub w ogóle),

b) dopuszczalność obciążania środowiska określoną ilością:

- gazów,
- ścieków,
- odpadów stałych.

5. Grupa wymagań społecznych

a) wymagania dotyczące informowania społeczeństwa,

b) wymagania dotyczące informowania o zagrożeniach związanych:

- z pracą w zakresie dopuszczalnych parametrów,
- ze zmianą technologii,
- z rozbudową lub modernizacją zakładu,
- z awarią,

c) związanych z interakcją przedsiębiorstwo – społeczeństwo:

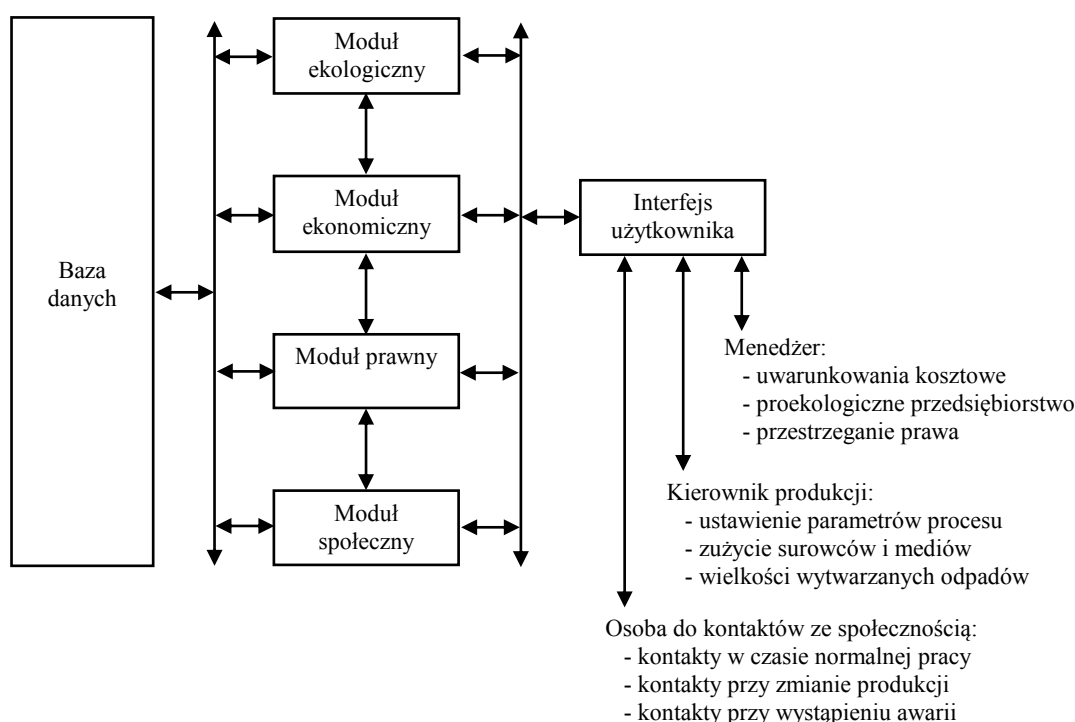
- poznawanie cech lokalnej społeczności,
- ostrzeżenie o możliwych konfliktach,
- możliwość zaangażowania grup społecznych w określone działania,
- informacje o uciążliwości przedsiębiorstwa dla otoczenia,
- określenie poziomu świadomości ekologicznej społeczności,
- szanse powodzenia edukacji ekologicznej.

4. Budowa modelu systemu informatycznego

Model systemu wspomagającego decyzje bazuje na czterech modułach: ekologicznym, ekonomicznym, prawnym oraz społecznym. Szukanie odpowiedzi na zadane kwerendy może się odbywać przez zaangażowanie dowolnej liczby modułów – określa to użytkownik, korzystając z faktu, że każdy z modułów może działać jako niezależny od pozostałych algorytm. Trzy z modułów: ekologiczny, ekonomiczny i prawny bazują na danych wyrażonych liczbami; wypracowane rozwiązanie jest „sztywne”. Nieco inny charakter przedstawia praca czwartego modułu. Jest powiązany ze środowiskiem (społecznościami, które obsługuje) przez interfejs – użytkownika znajdującego lokalne uwarunkowania, mentalność oraz świadomość ekologiczną. Interfejs ten przyjmuje informacje, wędrujące do niego ze społeczeństwa na zasadzie sprzężenia zwrotnego. Informacje te są reakcją społeczności na komunikaty ogłaszane przez przedsiębiorstwo. Ponieważ dane powracające

mają różnorodną postać, niejednakowy stopień złożoności interfejs operuje bardzo „miękkimi” technikami przy wypracowywaniu właściwej podpowiedzi użytkownikowi finalnemu.

Na rysunku 3 przedstawiony został schemat modelu systemu. Wyraźnie widać liniową strukturę modułów powiązanych z bazą danych. Baza zawiera zestawienia założeń i wymagań stawianych systemowi. Dane wzbogacone o informacje płynące od społeczeństwa stanowią podstawę wygenerowania dopuszczalnego rozwiązania lub zbioru rozwiązań; są przekazywane użytkownikowi.



Rys. 3. Struktura modelu systemu informatycznego

Fig. 3. Structure of model of informatics system

Źródło: Opracowanie własne.

Zaprojektowane narzędzie pozwala na kontrolowanie zmian określonych wielkości w funkcji zadanych parametrów. Struktura systemu ma charakter liniowy. Składa się z czterech podstawowych modułów: modułu ekologicznego, modułu oceny ekonomicznej, modułu prawnego oraz modułu społecznego.

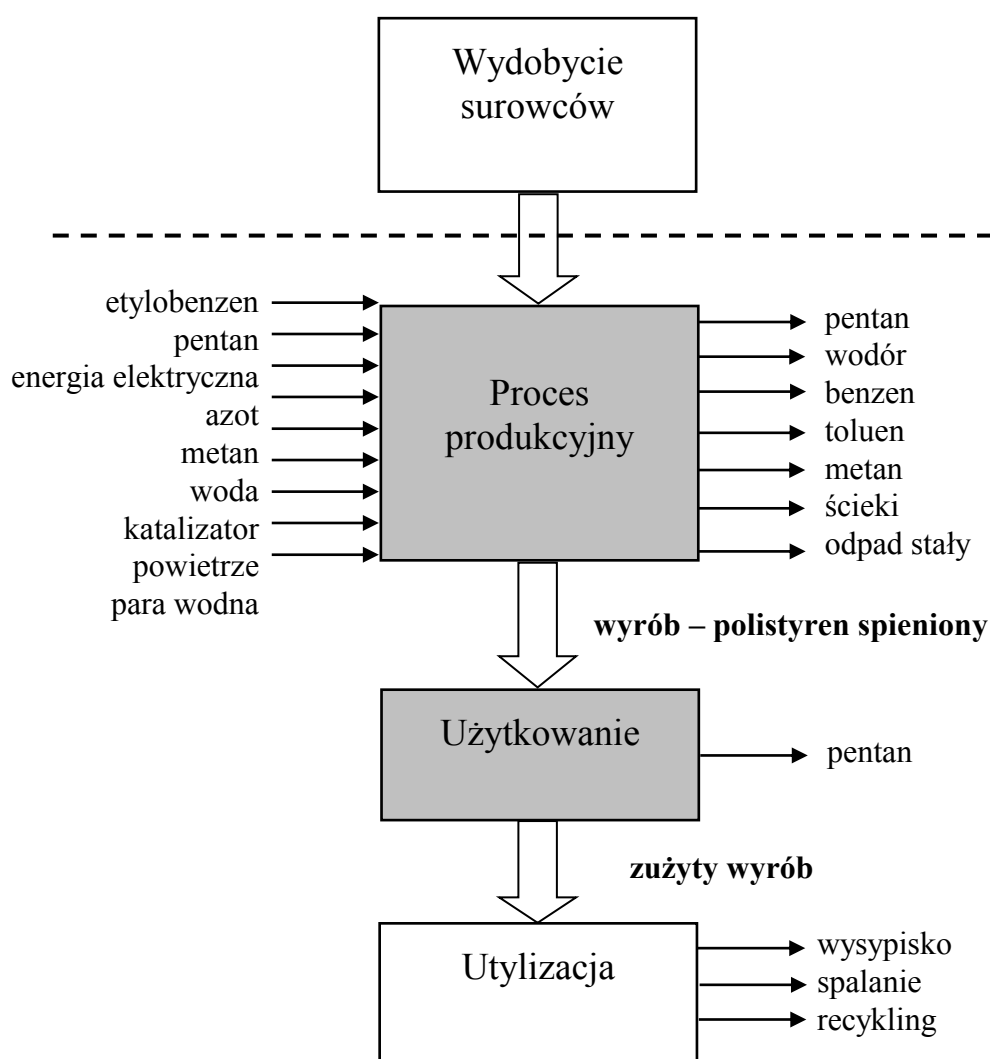
Moduł ekologiczny

Ten podsystem dostarcza informacji, jaki wpływ na wielkość odpadów (gazów, ścieków i substancji stałych) ma:

- zmiana parametrów (ciśnienia i temperatury) poszczególnych operacji procesu produkcyjnego,
- zmiana surowca głównego wejściowego.

Moduł dokonuje oceny wpływu wyrobu na środowisko w czasie trwania wybranych etapów cyklu życia. Przez wpływ na środowisko rozumiane jest: przyczynienie się do powiększania dziury ozonowej, efektu cieplarnianego, zakwaszanie, smog [2, 3].

Rysunek 4 pokazuje elementy cyklu życia polistyrenu spienialnego z uwzględnieniem ładunków wejściowych i wyjściowych na każdym etapie cyklu. Zacieniono etapy, które najbardziej obciążają środowisko.



Rys. 4. Cykl życia polistyrenu spienialnego

Fig. 4. Life cycle of expandable polystyrene

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [1].

Moduł ekonomiczny

Podstawowe zadania stojące przed tym modulem są następujące:

- określanie kosztów procesu produkcyjnego,
- obliczanie kosztów korzystania ze środowiska,
- określenie efektywności przedsięwzięć.

Moduł prawny

Moduł ten kontroluje zgodność wybranych rozwiązań z obowiązującym aktualnie systemem prawnym. Informuje, czy:

- instalacja spełnia wymogi techniczne i technologiczne,
- instalacja spełnia wymogi BHP,
- wielkość emisji gazów do atmosfery jest dopuszczalna,
- wielkość zrzutu ścieków jest dopuszczalna,
- wielkość odpadów stałych jest dopuszczalna,
- przedsiębiorstwo spełnia szereg wymogów związanych z obowiązkowym publikowaniem raportów.

Generując odpowiedzi, sięga kolejno do dyrektyw, ustaw i rozporządzeń.

Moduł społeczny

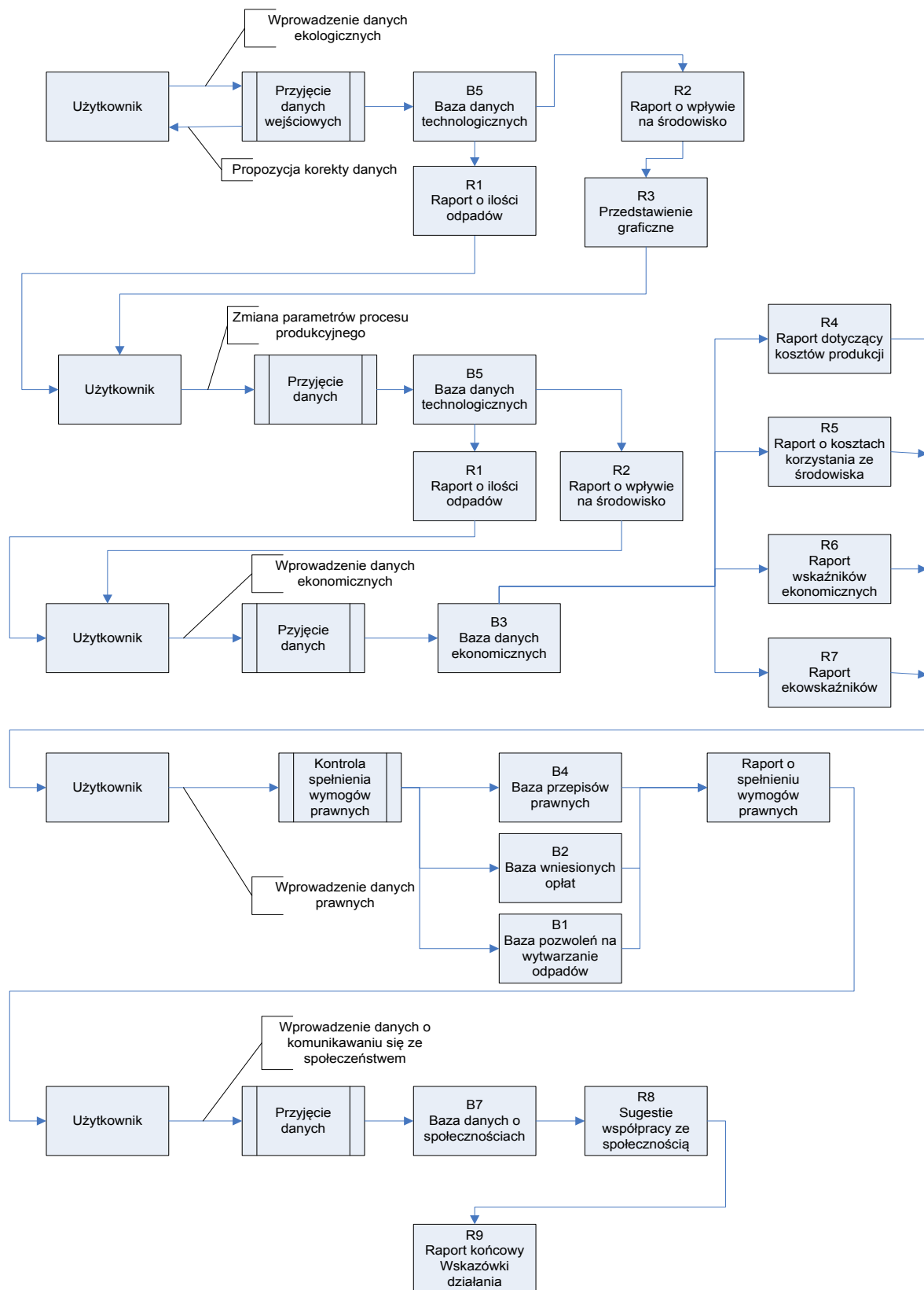
Jako jedyny z wymienionych podsystemów wymaga szczególnego zaangażowania człowieka w proces wypracowania odpowiedzi. Podsystem działa w trzech podstawowych trybach:

- standardowym – informującym o normalnych parametrach pracy przedsiębiorstwa,
- wyjątkowym – gdy istnieje możliwość lub konieczność wprowadzenia zmian w procesie technologicznym. Informuje o tym zainteresowane społeczności,
- awaryjnym – gdy nastąpiło nieprzewidziane wydarzenie: awaria niosąca ze sobą ponadnormatywną emisję lub zrzut ścieku, zatrzymanie produkcji i inne.

Za pomocą sprzężenia zwrotnego reakcja społeczności jest kierowana przez interfejs do przedsiębiorstwa.

Informacja, przetwarzana przez system, wprowadzana jest na bieżąco na ekran monitora w celu umożliwienia bieżącego wglądu w stan systemu. Ponadto, system umożliwia tworzenie raportów, dotyczących poszczególnych modułów systemu. Generowane raporty mogą być również wyeksportowane w formacie pozwalającym je zapisać w arkuszu kalkulacyjnym. Służyć to może dalszej, odbywającej się już poza systemem, obróbce danych.

Bardziej szczegółowy diagram przepływu danych w zaprojektowanym systemie pokazuje rysunek 5.



Rys. 5. Diagram przepływu danych

Fig. 5. Data flow diagram

Źródło: Opracowanie własne.

5. Podsumowanie

Przeprowadzone rozeznanie literaturowe dowiodło, iż umiejętne zarządzanie środowiskiem jest kwestią niezwykle ważną w procesie działalności przemysłowej. Zwłaszcza branża chemiczna wymaga stosowania skutecznych narzędzi, umożliwiających wyważanie różnorodnych aspektów swojego funkcjonowania, a sprowadzających się do stałego doskonalenia w umiejętnym korzystaniu z zasobów naturalnych, poszanowaniu środowiska, oraz w działaniu w zgodzie z prawem.

Nowoczesne podejście, zwane rozwojem zrównoważonym, w sposób czytelny definiuje obszary, na które kłaść należy szczególny nacisk. Tłumaczy ono konieczność opierania działalności przemysłowej na ekologicznych, ekonomicznych oraz społecznych filarach, tak by zaspokajając dzisiejsze potrzeby nie umniejszać szansy na możliwość ich zaspokajania przez przyszłe pokolenia. Troska o zadowolenie ze swojej egzystencji człowieka, będącego nierozzerwalnym elementem środowiska, w którym żyje, stanowi istotny aspekt rozwoju zrównoważonego.

Systemy zarządzania różnorodnymi aspektami (np. jakością, środowiskiem, BHP) doczekały się szczegółowych opracowań w postaci norm i wytycznych [6, 7]. Wdrażane w przedsiębiorstwach chemicznych są doskonałym narzędziem wspomagającym rozwój. Równie pozytywnym procesem jest tendencja łączenia wszystkich lub wybranych systemów w jednorodne struktury, tzw. systemy zintegrowane. Należy podkreślić, że problematyka społeczna, choć wielokrotnie podejmowana, była opracowywana niejako w oderwaniu od pozostałych elementów, nigdy nie tworząc z pozostałymi systemami zwartej całości.

Dlatego zbudowanie systemu pozwalającego na interakcję ze wszystkimi wymienionymi obszarami jest w dniu dzisiejszym sprawą priorytetową.

Opracowany model systemu, po wdrożeniu może wspierać decyzje na zasadzie wypracowywania optymalnego rozwiązania przy zadanych parametrach pracy, w czterech aspektach: ekologicznym, ekonomicznym, prawnym oraz społecznym. Niezwykle ważną kwestią, podjętą w pracy, jest włączenie w proces decyzyjny społeczności. Fakt ten uświadamia, iż opracowany model systemu doskonale wpisuje się w założenia rozwoju zrównoważonego, kładącego nacisk właśnie na obszar społeczny.

Potencjalna korzyść wynikająca ze stosowania zaprojektowanego modelu systemu to możliwość zminimalizowania szkodliwego oddziaływania na środowisko procesów produkcyjnych przedsiębiorstw chemicznych, możliwość monitorowania oddziaływania na środowisko wyrobów będących w użytku oraz możliwość wpływu na poziom tego oddziaływania przez dobór surowca jeszcze na etapie produkcji. Algorytmy informatycznego narzędzia opracowano dla procesu produkcji i użytkowania polistyrenu spienionego,

natomiast po wprowadzeniu odpowiednich modyfikacji i rozszerzeń stosowane być może do wspomaganie przedsiębiorstw chemicznych o innym profilu działania.

Opracowany model spotkał się z zainteresowaniem kadry kierowniczej przedsiębiorstwa, którego etapy procesu przemysłowego posłużyły budowie modelu; jest tam testowany i wykorzystywany do celów szkoleniowych.

Bibliografia

1. Firma Chemiczna Dwory SA: Dokumentacja instalacji.
2. Goedkoop M.: The ecoindicator 99: A Damage Oriented Method for Life Cycle Impact Assessment – Methodology report. PRe Consultants, Amersfoort, Holandia 2000.
3. Goedkoop M.: Database Manual. Methods library. PRe Consultants, Amersfoort, Holandia 2003.
4. Góralczyk M.: Ekologiczna Ocena Cyklu Życia (LCA) nową techniką zarządzania środowiskowego. Wydawnictwo Sigmie PAN, Kraków 2001.
5. Life Cycle Assessment. A Tool for Management. Chem Systems Ltd, Londyn 2001.
6. PN-EN ISO 9001:2000, Systemy zarządzania jakością. Wymagania. PKN, Warszawa 2000.
7. PN-EN ISO 14001:2004, Systemy zarządzania środowiskowego. Wymagania i wytyczne. PKN, Warszawa 2004.

Recenzenci: Dr hab. Paweł Szewczyk, prof. nzw. w Pol. Śl.
Prof. dr hab. Krystyna Lisiecka