

ANALIZA CYKLU ŻYCIA JAKO NARZĘDZIE OCENY ODDZIAŁYWANIA PROCESÓW OCZYSZCZANIA ŚCIEKÓW KOMUNALNYCH I PRZEMYSŁOWYCH NA ŚRODOWISKO

*Autor: Piotr Konieczny, Katarzyna Wójtowicz
Wydział Nauk o Żywności i Żywieniu
Akademia Rolnicza im. A. Cieszkowskiego w Poznaniu*

Wprowadzenie

Wszystkie obiekty związane ze ściekami lub odpadami komunalnymi, a szczególnie te, w których ścieki i odpady występują w jednym miejscu, w dużej ilości lub charakteryzują się znacznym stężeniem zanieczyszczeń, uważane są powszechnie za uciążliwe dla otoczenia. W przypadku oczyszczalni ścieków, które znajdują się często w bezpośrednim otoczeniu terenów mieszkalnych i użyteczności publicznej, oddziaływania te obejmują praktycznie wszystkie elementy środowiska tj. zasoby wodne, powietrze atmosferyczne oraz środowisko glebowe otaczające obiekty. Wpływ oczyszczalni na otoczenie jest zagadnieniem istotnym zarówno podczas określania jej szczegółowej lokalizacji, projektowania rozwiązań techniczno-technologicznych jak i ustalania zasad eksploatacji obiektu. Fakt, że w pobliżu oczyszczalni na stałe lub okresowo przebywają ludzie, sprawia, iż muszą być stosowane skuteczne metody ograniczania ich szkodliwego i uciążliwego oddziaływania na środowisko oraz wiarygodne metody ocen środowiskowych. Problemy metodyczne z wykonywaniem ocen środowiskowych dla projektowanych przedsięwzięć i eksploatowanych obiektów są przedmiotem stale rosnącej liczby zarówno krajowych jak i zagranicznych prac badawczych oraz publikacji [1, 2].

Identyfikacja aspektów środowiskowych i problemy uciążliwości dla otoczenia dotyczą również działalności zakładów przemysłowych, w tym np. wielu należących do branży spożywczej, gdzie posiadanie i stosowanie rozwiązań prośrodowiskowych nie tylko polepsza wizerunek firmy ale coraz częściej ułatwia kreowanie jej pozycji rynkowej wśród konsumentów [3, 4, 8].

Z obszernej problematyki ocen środowiskowych, nowością jest między innymi próba wykorzystania metody oceny tzw. cyklu życia (ang. LCA = *Life Cycle Assessment*) w ekologicznej analizie różnych wariantów oczyszczania ścieków komunalnych. W niniejszym opracowaniu, poza ogólną prezentacją założeń metody, pokazano takie zastosowanie w odniesieniu do produktów i technologii proponowanych przez KEMIPOL. Ponieważ nie prowadzono dotychczas takich badań własnych w polskich oczyszczalniach ścieków, w artykule wykorzystano przede wszystkim dane pochodzące z doświadczeń

zebranych przez technologów grupy KEMIRA WATER w innych krajach, głównie w Szwecji i w Niemczech [5].

Ekobilans i Analiza Cyklu Życia - co to jest i do czego służy?

Działania mające na celu określenie ilości zużytych materiałów, energii oraz powstałych odpadów w poszczególnych procesach przyczyniły się do rozwoju ocen według koncepcji tzw. analizy wejść–wyjść (ang. input–output analysis). Inne znane określenia tego typu ocen to: analiza obiegu materiałowego, analiza profilu ekologicznego, ekobilans, analiza „od kołyski do grobu” [6].

Wykonanie szczegółowego ekobilansu ujawnia rodzaje odpadów, ścieków, emisji i strat powstające w dowolnym przedsiębiorstwie oraz pozwala oszacować w jakich ilościach i na jakim poziomie kształtuje się zużycie surowców, wody, energii, itp. Uwidacznia on obszary stanowiące największe problemy dla środowiska, zwłaszcza po uwzględnieniu tzw. biotoksyczności poszczególnych strumieni odpadów. Pozwala wykryć niewrażliwe miejsca procesów produkcyjnych i przeciwdziałać zarówno nadmiernemu zużyciu materiałów, jak i niegospodarności finansowej. Można go zatem zdefiniować jako uniwersalne narzędzie pozwalające na kompleksową ocenę ekologiczną różnych obiektów takich jak produkty i ich grupy, procesy lub ich elementy, systemy i algorytmy działania oraz kombinacje wymienionych czynników. Stwarza to również możliwości wykorzystania ekobilansu w ocenie funkcjonowania procesu wytwórczego środowiska, zarówno w stosunku do istniejących systemów produkcyjnych, jak i zamierzeń inwestycyjnych. Służy on ujawnianiu słabych stron, poprawie właściwości ekologicznych wyrobu już w fazie projektowania oraz ułatwieniu podejmowania decyzji w zakresie doboru surowców, energii, wyrobów i transferu lub modernizacji technologii. Zaletą ekobilansu jest możliwość jego standaryzacji, a co za tym idzie stosowania tej samej metodyki badawczej w różnym celu i zakresie działania, co ma niezwykle istotne znaczenie w badaniach porównawczych [7].

W ostatnich latach zakres ekobilansów, stosownie do potrzeb, ulegał stopniowemu rozszerzeniu, a obecnie może obejmować na przykład „ekobilans przedsiębiorstwa”, „ekobilans procesu” lub „ekobilans wyrobu”. Wykonać można także „ekobilans lokalizacyjny”, który odnosi się do sfery nieprodukcyjnej i dotyczy głównie funkcjonowania administracyjno–biurowego danej firmy oraz „ekobilans regionu”, kiedy stosuje się go do wydzielonego obszaru, przez co zawiera w sobie ekobilanse organizacji działających na danym obszarze [8].

Ekobilans jest również podstawą metody zwanej Analizą Cyklu Życia (LCA – ang. *Life Cycle Assessment*) jako nowego, naukowego narzędzia pomiaru oddziaływań na środowisko różnych obiektów, zarówno produktów jak i procesów. Zgodnie z założeniami tej metody, niekorzystne efekty

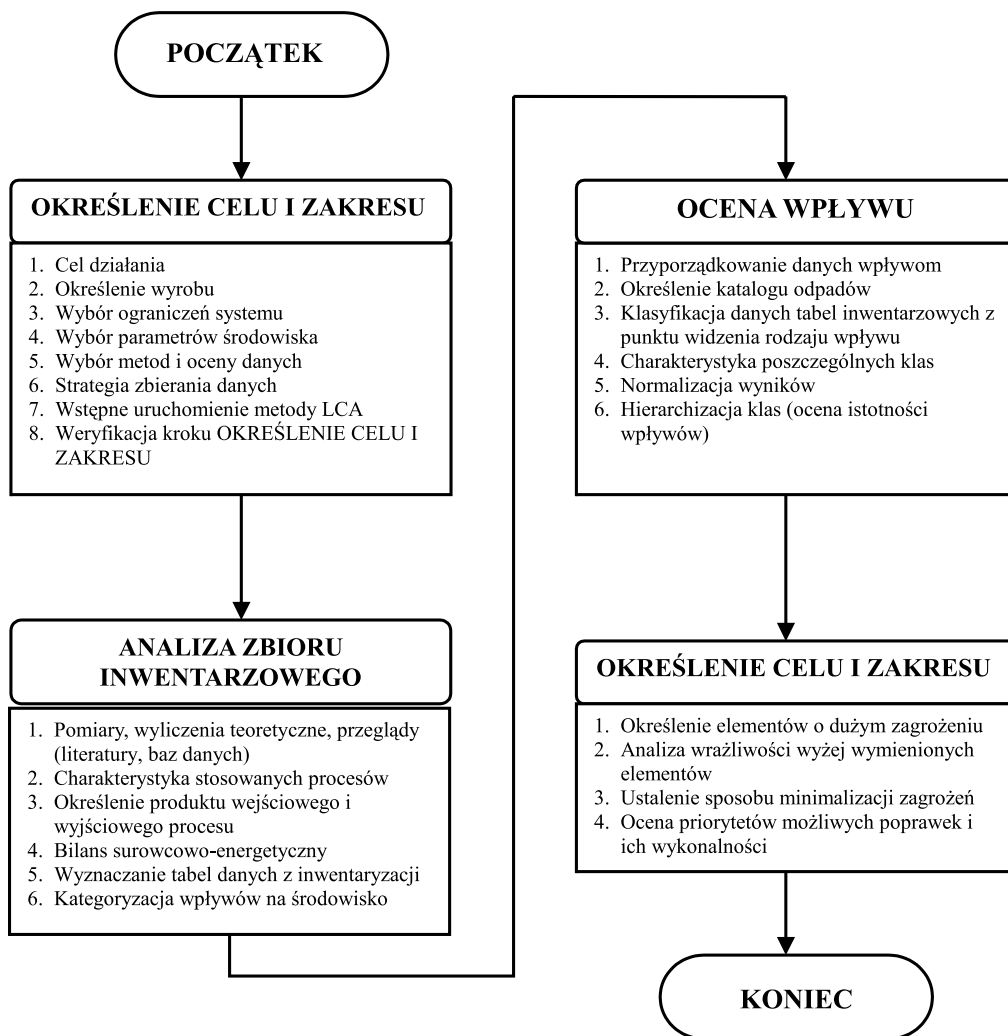
oddziaływania dowolnego produktu na środowisko objawiają się na wszystkich etapach okresu istnienia produktu, począwszy od pozyskania surowców przez ich przetwarzanie na materiały, wytwarzanie wyrobu, jego pakowanie, dystrybucję i przetwarzanie lub składowanie po wyeksploatowaniu. Metoda LCA pozwala na dokonanie oceny obciążeń środowiska towarzyszących produktowi lub procesowi w ciągu całego jego cyklu życia obejmuje: wydobywanie i przerób surowców, przetwórstwo, transport i dystrybucję, użytkowanie, powtórne użytkowanie, konserwację, recykling i ostateczne pozbycie się zużytego produktu [9].

Termin „Analiza Cyklu Życia” został po raz pierwszy wprowadzony na konferencji SETAC (*Society of Environmental Toxicology and Chemistry*) w Vermont w roku 1990. Analizowane tą metodą obciążenia środowiskowe dotyczą wszystkich oddziaływań wyrobu na środowisko, włączając w to zużycie surowców, emisje szkodliwych i trujących substancji oraz zanieczyszczenie ziemi, tak więc umożliwia ona uzyskanie pełnego obrazu wpływów środowiskowych. W wyniku powyższej analizy możliwa jest minimalizacja obciążeń środowiskowych u źródła, tzn. istnieje możliwość podejmowania decyzji dotyczących redukcji spodziewanych skutków już podczas projektowania danego wyrobu. Fakt, że analizowane są wszystkie etapy istnienia wyrobu, umożliwia dokonanie pełnych porównań, określających różne rodzaje zagrożeń stwarzanych przez wytwarzanie danego wyrobu [10].

Metoda oceny cyklu życia jest wykorzystywana do analizy przyczyn problemów ekologicznych danego wyrobu, porównania wariantów poprawienia danego wyrobu, proekologicznego projektowania nowego wyrobu oraz wyboru proekologicznego wyrobu ze zbioru wyrobów podobnych. Kategorie, w których należy rozpatrywać wpływy środowiskowe powinny obejmować: zużycie surowców, zdrowie człowieka i konsekwencje ekologiczne, a sposób realizacji metody LCA opisuje procedura, która polega na wykonaniu poniższych kroków:

- definicja celu i zakresu badań oraz identyfikacja przyczyn określających potrzebę przeprowadzenia badań, zamierzeń dotyczących wdrożeń, odbiorców badań, określenie systemu ograniczeń w badaniach,
- analiza zbioru inwentarzowego - identyfikacja, kompilacja i ocena ilościowa efektów wejściowych i wyjściowych, jakie daje produkt lub jego obsługa, zestawienie danych dotyczących zużycia zasobów naturalnych i emisji w cyklu życia wyrobów
- analizę wpływów - ocenę i zrozumienie największych i najważniejszych wpływów środowiskowych, jakie daje produkt lub jego obsługa, oszacowanie skutków emisji i zniszczenia zasobów
- interpretację - określenie znaczących aspektów ekologicznych i potencjalnych obszarów poprawy negatywnych skutków, ocenę i wdrożenie działań umożliwiających poprawę środowiska.

Poszczególne etapy procedury LCA można również zilustrować graficznie (Rysunek 1).



Rys. 1. Procedura realizacji metody oceny cyklu życia [10]

Identyfikacja i obliczenia elementów wchodzących do analizowanego systemu ze środowiska oraz elementów wychodzących z tego systemu do środowiska, a więc ekobilans jest jednym z najważniejszych etapów omawianej procedury. W jego efekcie otrzymuje się katalog wszystkich wykorzystywanych materiałów i energii oraz wszystkich generowanych emisji i odpadów. Dane otrzymane podczas ustalania stanu posiadania (tworzenia katalogu) są bardzo szczegółowe, konieczne jest ich zredukowanie do postaci bardziej zrozumiałej. Dokonuje się tego poprzez zdefiniowanie kategorii wpływu na środowisko, a następnie szacowanie, w jakim stopniu poszczególne elementy wpływają na środowisko (Tabela 1).

Tab. 1. Kategorie wpływu na środowisko [11].

Lp.	Kategoria	Opis
1.	Zubożenie abiotyczne	wydobycie nieodnawialnych rud surowców
2.	Zubożenie energii	wydobycie nieodnawialnych nośników energii - kategoria ta może być zawarta w kategorii 1.
3.	Efekt cieplarniany	atmosferyczna absorpcja promieniowania prowadząca do wzrostu globalnej temperatury
4.	Dziura ozonowa	zwiększenie promieniowania ultrafioletowego docierającego na powierzchnię Ziemi spowodowane zubożeniem warstwy ozonowej
5.	Skażenie wody i gleby	Narażenie flory i fauny na działanie substancji
6.	Zakwaszenie	Zwiększenie kwasowości wody i gleby
7.	Skażenie ludzi	Narażenie zdrowia ludzkiego na substancje toksyczne znajdujące się w wodzie, powietrzu i glebie, głównie za pośrednictwem żywności
8.	Tworzenie utleniaczy fotochemicznych	Tworzenie się cząstek atmosferycznych powodujących fotochemiczny smog
9.	Eutrofizacja	Zmniejszenie ilości tlenu w wodzie lub glebie poprzez emisję substancji powodujących

Zgodnie z omawianym podejściem, typowymi skutkami wpływów środowiskowych jakiegokolwiek działalności człowieka są [9]:

- efekt cieplarniany, powodowany przez gazy tj. CO_2 , NO_2 , CH_4 , CFC, HCFC, czy CH_3Br , które blokują promieniowanie podczerwone; efekt ten narusza równowagę cieplną i może być przyczyną poważnych zmian klimatycznych;
- naruszanie warstwy ozonowej, powodowane jest głównie emisją substancji tj. CFC, HCFC i CH_3Br ; warstwa ozonowa pochłania promieniowanie ultrafioletowe, które jest bardzo szkodliwe dla fauny i flory, a u ludzi zwiększa niebezpieczeństwa powstania raka skóry;
- obecność w powietrzu tlenków azotku i lotnych węglowodorów w kombinacji ze światłem słonecznym prowadzi do nadmiernej koncentracji ozonu w atmosferze (tzw. letni smog), a nadmierna koncentracja małych cząstek materii i SO_2 jest przyczyną problemów oddechowych u ludzi (tzw. smog zimowy);
- zakwaszanie gleby spowodowane przez związki zawierające np. HCL, HF, SO_x , NO_x , P_2O_5 (z nawozu); zakwaszenie powoduje, że pewne substancje trujące np. metale ciężkie przedostają się z gleby do roślin, w okresie ich wzrostu;
- eutrofizacja, powodowana przez związki zawierające biogeny tj. fosfor i azot, tworzące „żyźne” warunki i nadmierną akumulację składników pokarmowych w wodzie, co prowadzi do produkcji fitoplanktonu i niepożądanych „zakwitów” wody,
- toksyny w wodzie, powietrzu i glebie, powodowane przez istnienie substancji, które są truciznami dla ludzi i ekosystemów; mogą być podzielone na różne typy, np. rakotwórcze czy uporczywie toksyczne; jednymi z bardziej szkodliwych dla ekosystemów są np. pestycydy;
- inne, powodowane przez odory, hałas, degradację krajobrazu, radioaktywność itp.

W kolejnym etapie postępowania związanego z LCA definiowane są wskaźniki kategorii - ilościowy wyznacznik kategorii wpływu. Wskaźniki kategorii określają zagregowany wpływ na środowisko danej kategorii wpływu. Punktem wyjścia jest uprzednio przygotowany katalog materiałów i energii oraz emisji i odpadów. Poszczególne elementy tego katalogu są następnie przypisywane do poszczególnych kategorii wpływu, po czym - zgodnie z przyjętym modelem - określa się wskaźniki kategorii, co w efekcie pozwala na oszacowanie poziomu szkód wyrządzanych przez poszczególne elementy katalogu.

Po uzyskaniu oceny całkowitego wpływu na środowisko przeprowadzany jest ostatni etap analizy metodą LCA czyli interpretacja danych otrzymanych w efekcie etapów poprzedzających. Zestaw takich danych nosi nazwę eko-profilu. Przy interpretacji danych pojawia się problem związany z nieporównywalnością pewnych kategorii np. czy efekt cieplarniany jest ważniejszy od zakwaszenia. W celu rozwiązania tego problemu stosowane są dwa podejścia. Pierwsze polega na przypisaniu wag poszczególnym kategoriom wpływu reprezentującym względne znaczenie danego czynnika. Eko-profil może wtedy być zredukowany do pojedynczej liczby wyrażającej całkowity wpływ na środowisko. Zwolennicy drugiego podejścia uważają, że różne kategorie wpływu nie dają się sprowadzić do wspólnego mianownika. Zgodnie z tym poglądem podejmowanie decyzji związanych ze środowiskiem polega na znalezieniu kompromisu pomiędzy różnymi kategoriami wpływu na środowisko [11].

Istnieje ścisłe powiązanie metody LCA z normami rodziny ISO 14000 dotyczącymi ochrony środowiska. W świetle polskiej akcesji do Unii Europejskiej spełnienie wymagań środowiskowych oraz związane z tym uzyskiwanie certyfikatów ISO powoduje, że metoda LCA może znaleźć zastosowanie w sprostaniu tym wymaganiom. Niebagatelną zaletą LCA jest efektywna ochrona środowiska, co wynika z analizowania rzeczywistych, a nie hipotetycznych, danych wejściowych i wyjściowych danego procesu, czy wyrobu. Takie podejście pozwala na ustalenie faktycznych skutków jakie badany wyrób wywiera na środowisko, a także na skuteczne niwelowanie tego wpływu, co równocześnie umożliwia realizację założeń zrównoważonego rozwoju [12].

Łatwość ujęcia poszczególnych kroków metody LCA w algorytmy spowodowała, że różne jej modyfikacje są powszechnie implementowane w oprogramowaniu do oceny wyrobów z ekologicznego punktu widzenia. Możliwość komputerowego wspomaganie oceny cyklu życia wyrobów, czy procesów technologicznych odzwierciedla ilość programów komputerowych proponowanych przez firmy komputerowe np. SimaPro, ECO-it, EcoPro [10]. Przykłady opisane w literaturze dotyczą najczęściej zastosowania metody LCA do oceny aspektów środowiskowych konkretnych produktów przemysłowych, a więc na przykład: środków czystości [13], opakowań do kremów [14], olejów silnikowych [15], paliw, w tym oceny zużycia energii [12], odbiorników telewizyjnych [16] itp. LCA jest w tych zastosowaniach analityczną metodą

identyfikacji, kwantyfikacji i ewentualnej minimalizacji wszystkich czynników anty- i środowiskowych występujących (zużywanych i emitowanych) w pełnym cyklu wytwarzania i utylizacji określonego produktu. Metoda LCA znalazła zastosowanie w zarządzaniu środowiskiem [11].

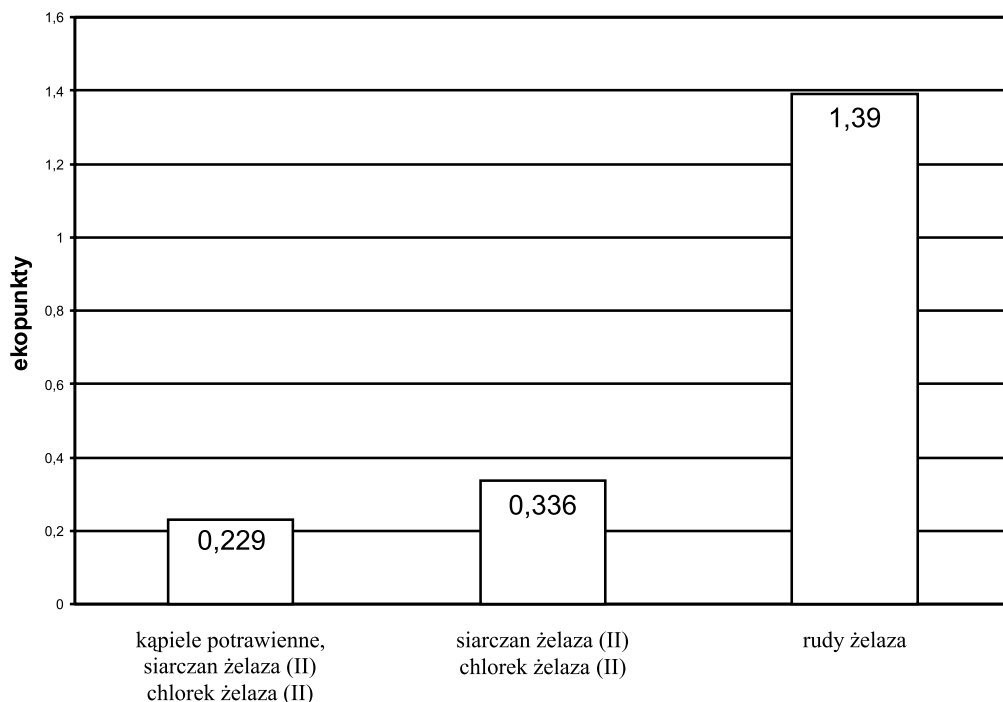
Po metodykę LCA sięga coraz częściej sektor rolnictwo i przemysł spożywczy. Literatura fachowa w języku polskim w tym zakresie ma ciągły charakter fragmentaryczny i ogranicza się praktycznie do kilku pozycji [7, 17], ale w innych krajach Europy Zachodniej LCA w sektorze rolno-spożywczym zyskało popularność już w drugiej połowie lat 90-tych. Jak wynika z materiałów międzynarodowej konferencji zorganizowanej w Danii w 2003 roku [18], metodyka LCA wkracza coraz szerzej w obszary związane z produkcją żywności, zarówno pochodzenia zwierzęcego jak i roślinnego. Na cytowanej konferencji omawiano korzyści wynikające z zastosowania metodologii oceny cyklu życia w odniesieniu do takich produktów jak: mleko, sery, mięso, ryby, kawa, chleb, jabłka, oliwa extra-virgin oraz dania gotowe. Jeszcze inne, ciekawe zastosowanie LCA, przedstawione na konferencji, to porównanie produkcji żywności metodami konwencjonalnymi i ekologicznymi.

Analiza Cyklu Życia w ekologicznej ocenie procesów oczyszczania ścieków

W pierwszej kolejności KEMIRA WATER zastosowała metodę oceny środowiskowej zwaną Analizą Cyklu Życia do porównania metod produkcji koagulantów żelazowych typu PIX w aspekcie ich wypadkowego oddziaływania na środowisko. Posługując się oprogramowaniem komputerowym Sima Pro (wersja 3.0) i bazą danych dotyczących 11 różnych kategorii oddziaływań środowiskowych, zastosowano metodę LCA do oceny metod produkcji koagulantów z wykorzystaniem takich surowców jak rudy żelaza, roztwory chlorku lub siarczanu żelaza (II) tzw. kąpiele potrawienne, z uwzględnieniem również gotowych produktów tj. $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3$, FeClSO_4 oraz FeCl_3 . Ocenione w umownych jednostkach liczbowych, tzw. ekopunktach, wypadkowe wpływy środowiskowe procesów produkcyjnych związanych z wytwarzaniem koagulantów typu PIX w oparciu o wymienione surowce (Rysunek 2), jednoznacznie potwierdziły, że bardziej środowiskowy charakter ma proces wytwarzania PIX z odpadowego siarczanu żelaza (II) lub kąpiele potrawienne (ocena ≈ 0.229 ekopunktu) niż np. ekstrahowania jonów żelaza z tlenków żelaza dostępnych w formie rudy (ocena ≈ 1.390 ekopunktu) [5].

Jak już wspomniano, w badaniach metodą LCA szczególne znaczenie mają obliczenia dotyczące zużycia energii. Jak wykazano w odrębnej analizie, jednym z istotnych aspektów środowiskowych różniących koagulanty (PIX, AVR, PAX) jest przeciętne zużycie energii elektrycznej przy ich produkcji, zarówno końcowe jak i w poszczególnych etapach produkcyjnych (Tabela 2)

Rys. 2. Ekologiczna ocena metod wytwarzania koagulantów żelazowych PIX z różnych rodzajów surowców



Tab. 2. Zużycie energii do produkcji różnych koagulantów [4]

	Zużycie energii (kWh/1 Mg koagulantu)		
	PIX	AVR*	PAX
Obróbka surowców	50-100	200	150
Produkcja	40	50	100
Transport	60	70	60
Ogółem:	200	320	310

* PIX - koagulanty żelazowe, AVR - 80% $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \times 14 - 16 \text{H}_2\text{O}$ i 16% $\text{Fe}_2(\text{SO}_4)_3 \times 9 \text{H}_2\text{O}$, PAX - koagulanty glinowe

Przy pomocy metody LCA możliwe było również porównanie efektywnego wykorzystania energii dla różnych sposobów oczyszczania ścieków komunalnych. Obliczono, na przykład, że podczas jednostopniowego oczyszczania ścieków metodą bezpośredniego strącania, dostarczenie 1 kWh energii elektrycznej pozwala usunąć około 5 kg BZT, natomiast w konwencjonalnym oczyszczaniu biologicznym ta sama ilość energii jest zużywana do usunięcia tylko 1 kg BZT.

Znaczenie strącania chemicznego rośnie wraz ze wzrostem wymagań odnośnie ścieków oczyszczonych. Dobre efekty daje tu zarówno zastosowanie jedynie chemii (strącania bezpośredniego), o ile taki wariant spełnia wymagania pozwolenia wodnoprawnego, jak i połączenie oczyszczania biologicznego ze wspomaganiami chemicznymi i realizowane jako strącanie wstępne, strącanie symultaniczne lub strącanie końcowe [19]. W kolejnych badaniach technologii KEMIRY WATER różne metody oczyszczania ścieków poddano szczegółowej analizie z wykorzystaniem metody LCA (Rysunek 3), ponownie koncentrując się na problemie zróżnicowanego zużycia energii elektrycznej (Tabela 3).

Rys. 3. Zestawienie różnych sposobów oczyszczania ścieków analizowanych przy pomocy metody LCA (strzałką oznaczono miejsce dozowania koagulanta) [5]

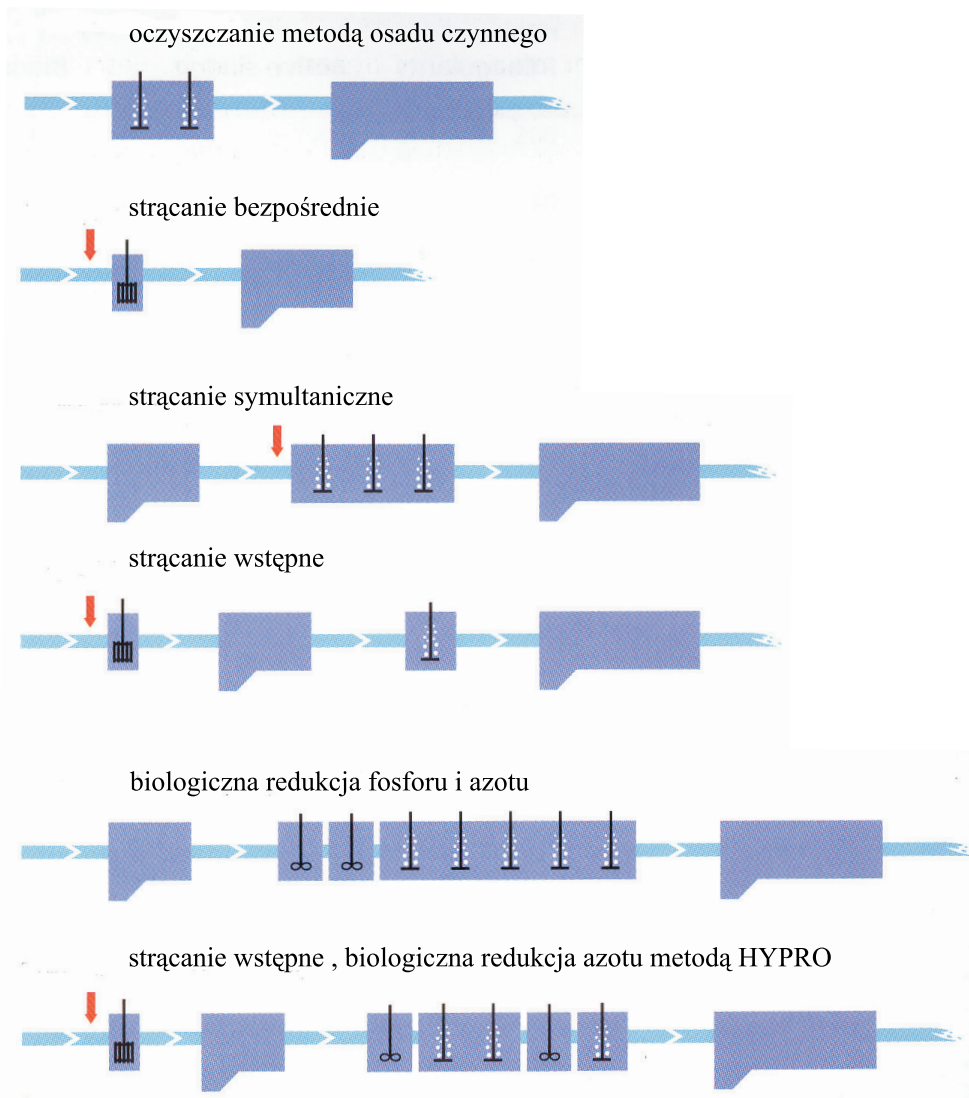


Tabela 3. Porównanie różnych metod oczyszczania ścieków w aspekcie dziennego zużycia energii [5]

Metoda oczyszczania ścieków	Energia (kWh/dzień)				
	koagulanty*	produkcja osadu czynnego*	produkcja biogazu**	transport osadu*	bilans energetyczny
Wysokoobciążony osad czynny	0	8 000	-78 00	300	-500
Strącanie bezpośrednie	1 600	0	-9 000	400	+7 000
Strącanie symultaniczne	800	5 600	-7 800	310	-1 090
Strącanie wstępne	1 200	2 800	-9 900	410	+5 490
Biologiczna redukcja P i N	0	8 000	-7 800	310	-510
Strącanie wstępne, redukcja N (HYPRO)	960	6000	-10 600	420	+3 220

* zużycie energii , ** wytwarzanie energii

W omawianych porównaniach, obejmującej 3 pary metod, przyjęto następujące założenia:

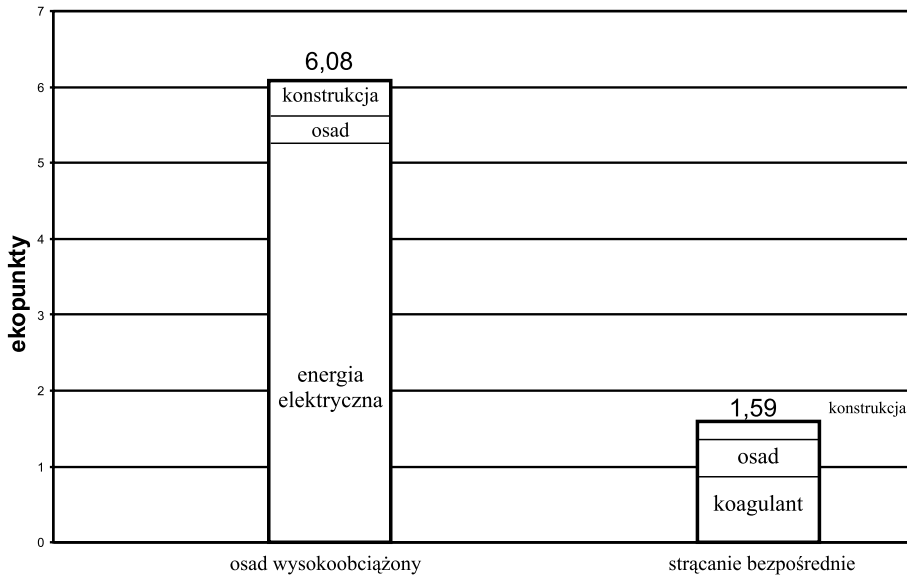
- w oczyszczaniu ścieków komunalnych metodą osadu czynnego usuwanie 1 kg BZT wymaga dostarczenia średnio 1 kWh energii elektrycznej,
- utlenienie 1 kg amoniaku do azotanów wymaga 5 kWh energii elektrycznej,
- przeciętnie 200 kWh energii elektrycznej jest potrzebne aby wyprodukować 1 tonę koagulanta PIX,
- dozowanie koagulanta: w strącaniu bezpośrednim - 200 g/m³ ścieków, w strącaniu symultanicznym - 100 g/m³ ścieków, w strącaniu wstępnym - 150 g/m³ ścieków, biologiczna redukcja fosforu i azotu - bez udziału koagulanta, w strącaniu wstępnym połączonym z redukcją azotu (tzw. metodą HYPRO) - 120 g/m³ ścieków,
- wydajność energetyczna biogazu: 1 kg BZT dostarcza równoważną ilość 1,5 kWh energii elektrycznej,
- całkowity okres eksploatacji oczyszczalni: 30 lat

Rezultaty analizy wpływu na środowisko różnych metod oczyszczania wykonanej z użyciem procedury LCA przedstawiono na rysunkach 4, 5 i 6. Obliczona w oparciu o zebrane dane wyjściowe (transport, energia elektryczna, koagulanty, konstrukcja betonowa) ogólna liczba ekopunktów wskazała, że procesy oczyszczania ścieków metodą strącania bezpośredniego z użyciem koagulantów żelazowych z rodziny PIX oddziałują negatywnie na środowisko w stopniu znacznie mniejszym od konwencjonalnego oczyszczania biologicznego tych samych ścieków (rys. 4a). Ponadto, korzystniejszą, wyraźnie niższą liczbą ekopunktów charakteryzowała się metoda strącania wstępnego w porównaniu z oczyszczaniem ścieków metodą symultaniczną (rys. 4b).

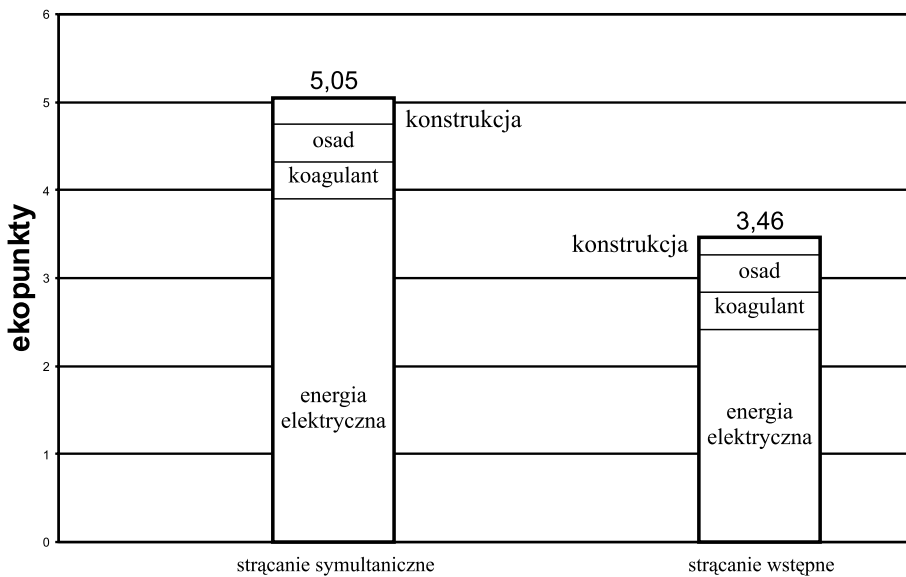
Wysokie zużycie energii miało również decydujący wpływ na liczbę ekopunktów, wyznaczoną dla procesu oczyszczania połączonego z usuwaniem

Rys. 4. Wpływ na środowisko różnych procesów oczyszczania ścieków wyrażony w ekopunktach [5]

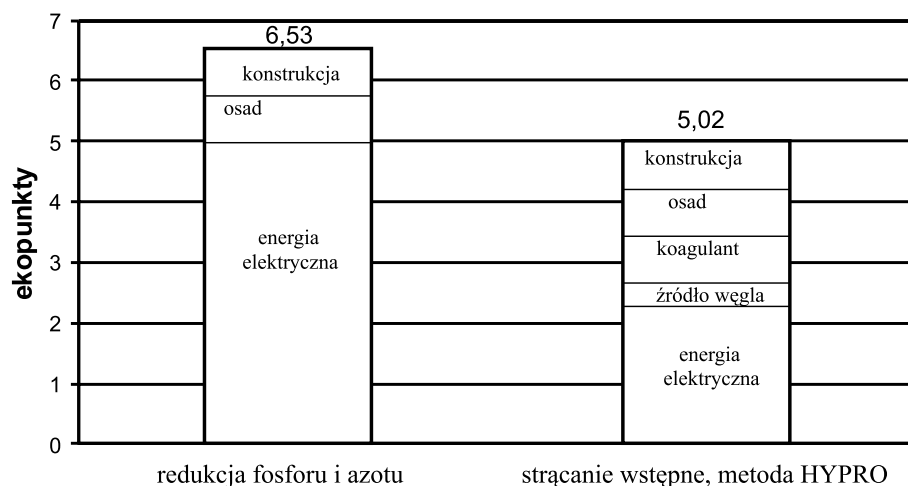
a)



b)



c)



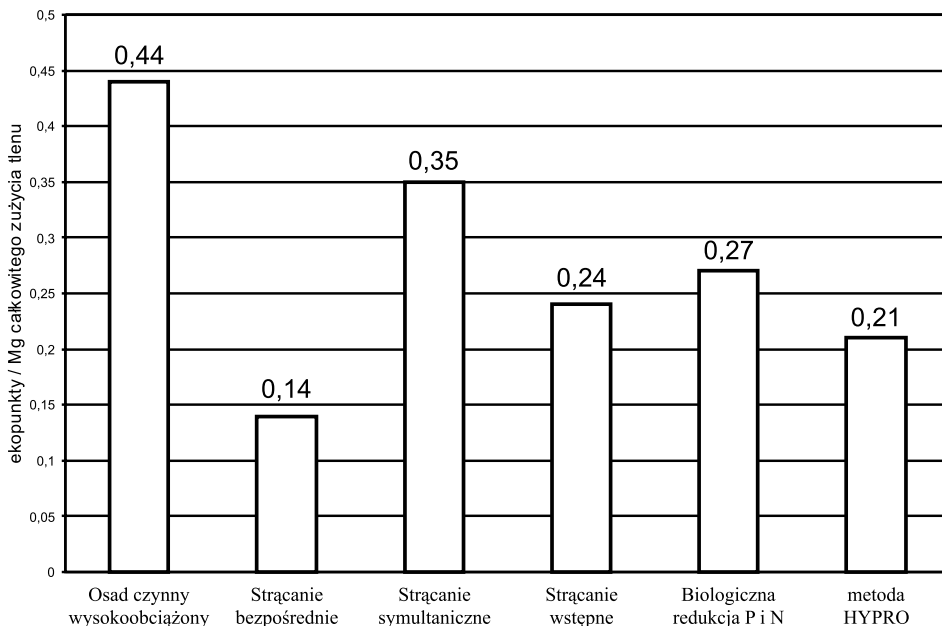
biogenów w porównaniu z oczyszczaniem ścieków metodą HYPRO (odpowiednio, 6,53 i 5,02) (rys. 4c).

Jak wiadomo, fosfor, obok azotu, należy do związków biogenych i trafiając do wód powierzchniowych przyczynia się do niekontrolowanego rozwoju fitoplanktonu, a w następstwie - eutrofizacji wód [4]. W zastosowaniu metody LCA do porównania różnych metod oczyszczania, obliczenia ich wypadkowych wpływów na środowisko oparto zatem na analizie zużycia tlenu potrzebnego nie tylko do rozkładu materii organicznej w oczyszczalni ścieków (tzw. pierwotne zużycie tlenu) ale również przy rozkładzie fitoplanktonu w środowisku wodnym powstałego w wyniku nadmiernego zasilania, głównie fosforem (tzw. wtórne zużycie tlenu). Wartości ekopunktów uzyskane z uwzględnieniem całkowitego zużycia tlenu, oddzielnie w odniesieniu do fosforu i azotu, również potwierdziły wysoką ocenę ekologiczną i skuteczność metod strącania chemicznego proponowanych przez KEMIRA WATER (rys. 5 i 6) [5].

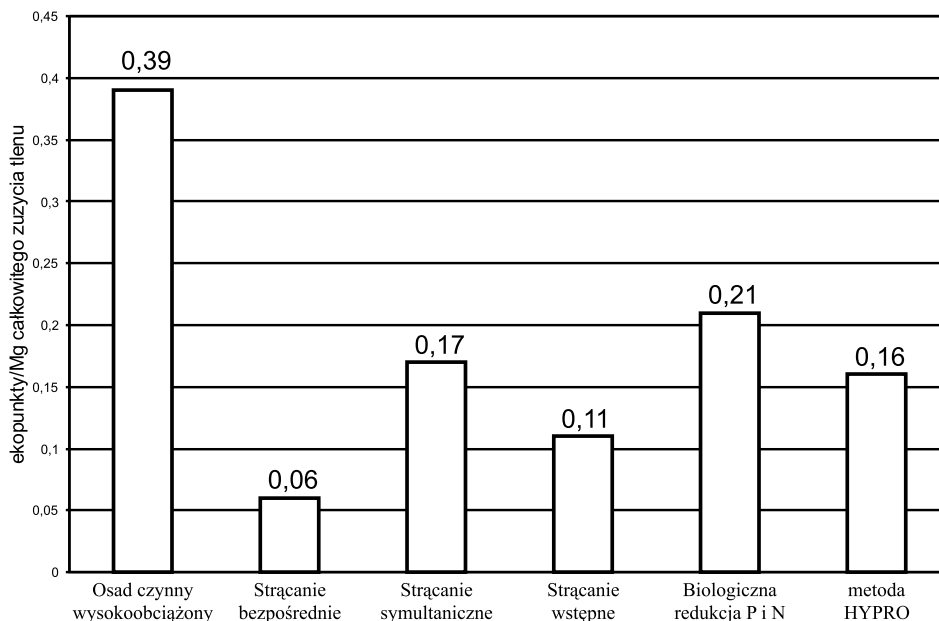
Podsumowanie

Reasumując informacje przedstawione w niniejszym opracowaniu, za celowy należy uznać postulat szerszego wykorzystywania metody oceny cyklu życia (LCA) jako narzędzia analizy dowolnych produktów lub procesów w aspekcie ich potencjalnej uciążliwości środowiskowej. Zwraca uwagę uniwersalny charakter tej metody i szerokie spektrum jej zastosowań. Może ona stanowić zarówno element zarządzania środowiskowego w przedsiębiorstwie, także gospodarki komunalnej, i wspomagać identyfikację głównych źródeł jego oddziaływania na środowisko, jak i służyć udoskonalaniu istniejących procesów technologicznych. Wspomaganie komputerowe umożliwia stosunkowo łatwe jej wykorzystanie przez użytkownika, a niektóre kroki i uzyskanie wyników do interpretacji w tej procedurze wykonywane są automatycznie. Pamiętając, że z założenia metoda LCA jest podejściem naukowym do oceny właściwości ekologicznych różnych obiektów, należy jednak podkreślić, że jej praktyczna realizacja wymaga jeszcze rozwiązania kilku problemów technicznych. Podstawowe ograniczenia w stosowaniu tej innowacyjnej metody badania wpływów środowiskowych, zwłaszcza w odniesieniu do pracy oczyszczalni ścieków, są rezultatem licznych uproszczeń w modelowaniu procesów. Baza danych wyjściowych charakteryzujących zarówno parametry poszczególnych operacji np. jednostkowe zużycie energii, emisje zanieczyszczeń itp., a także skutki negatywnych wpływów (szkody) powodowane w ekosystemie jest jeszcze dość uboga i mało dostępna. Istotną przyczyną zwiększania

Rys. 5. Ekologiczna ocena różnych metod oczyszczania wobec azotu jako prekursora eutrofizacji [5]



Rys. 6. Ekologiczna ocena różnych metod oczyszczania wobec fosforu jako prekursora eutrofizacji [6]



niepewności wyników może być również ryzyko stosowania nieaktualnych danych. Obok poszukiwania nowych obszarów zastosowania lub doskonalenia dotychczasowych, nadrzędnym celem działań staje się więc dalsza standaryzacja opisaney metody.

Literatura

1. Kulig A., 2004: *Aktualne problemy w ocenach środowiskowych obiektów gospodarki komunalnej - funkcjonowanie obszarów ograniczonego użytkowania oraz oceny oddziaływania odorantów* *Problemy Ocen Środowiskowych*, 4 (27),
2. Wojdalski, J. Drózdź, B. 2004: *Podstawy analizy oddziaływania zakładów przetwórstwa rolno-spożywczego na środowisko.*, Katedra Organizacji i Inżynierii Produkcji SGGW Warszawa., W: Inżynieria Rolnicza, Komitet Techniki Rolniczej PAN Polskie Towarzystwo Inżynierii Rolniczej, Kraków, 5 (60).
3. Pluska E., Drobna L., Konieczny P., 2002: *Zarządzanie informacjami środowiskowymi według norm ISO 14 000 z uwzględnieniem specyfiki przemysłu spożywczego.*, Materiały z konferencji pt.: Zintegrowane Systemy Zapewnienia Jakości oraz Komputerowe Wspomaganie Zarządzania Jakością w Przemysle Spożywczym. Poznań.
4. Konieczny P., Szymański M. (2007): *Ścieki i osady z przemysłu spożywczego - charakterystyka problemu w aspekcie zagrożeń i korzyści.* *Zeszyty Komunalne* 2(49) 35-40 - Przegląd Komunalny 2/2007

5. *About water treatment*, 2003, Ed. Kemira Kemwater, Helsingborg, Sweden
6. Boer J., J. Jager, E. Szpadt, I. Maćków, P. Mrowiński, M. Sebastian, R. Szpadt, 2003: *Zastosowanie analizy cyklu życia do modelowania rozwoju zintegrowanych strategii gospodarki odpadami szybko rozwijających się miast i regionów*, Jubileuszowe międzynarodowe forum gospodarki odpadami „Techniczno-ekonomiczno-organizacyjne aspekty gospodarki odpadami”, Poznań - Gniezno, 18-21.05.2003
7. Adamczyk W., 2004: *Ekologia wyrobów., Jakość, cykl życia, projektowanie*. Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa.
8. Lewandowska A. 2005: *LCA jako element kształtowania ekologicznego wizerunku firmy*. Katedra Ekologii Produktów, Akademia Ekonomiczna, Poznań.
9. Staszek T., 2001: *Ocena cyklu życia jako narzędzie Czystszej Produkcji*. W: Zarządzanie Środowiskiem, Część I, praca zbiorowa pod red. Nowak Z. Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice.
10. Wach A. K., 2002: *Metoda oceny cyklu życia (LCA) jako podstawa komputerowo-wspomaganej oceny wyrobu*. Warszawa.
11. Góralczyk, M. Konieczny, K. 2001: *Przykłady zastosowania LCA w zarządzaniu środowiskiem*, W: Nowe instrumenty w polityce ekologicznej, AE. Wrocław, Wojnowice.: www.min-pan.krakow.pl
12. Góralczyk M. 2001: *Ekologiczna ocena cyklu życia w sektorze paliw i energii.*, Polska Akademia Nauk, Instytut Gospodarki Surowcami Mineralnymi i Energią Pracownia Badań Strategicznych.: www.min-pan.krakow.pl
13. Saouter E. Gert van Hoof, 2001: *A Database for the Life - Cycle Assessment of Procter & Gamble Laundry Detergents*. Belgia.
14. Borowska W. i.in. 2004: *Analiza porównawcza opakowań do kremów*. Wydział Towaroznawstwa Akademia Ekonomiczna Poznań W.: Recykling nr. 11. str. 22.
15. Wachowicz J. Bojarska-Kraus M., 2004: *Analiza cyklu życia jako metoda oceny wpływu olejów silnikowych na środowisko*. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego sp. z o.o., Katowice.
16. Czaplicka K., Bojarska-Kraus M., Świądrowski J. 2002: *Analiza cyklu życia odbiornika telewizyjnego*, II Konferencja pt.: Ekologia w elektronice, Wydawnictwo Przemysłowego Instytutu Elektroniki.
17. Derlatka S., 2001: *Ekobilans w ocenie jakości wyrobów*. Praca doktorska na Wydziale Towaroznawstwa, maszynopis, Akademia Ekonomiczna Kraków.
18. Raport DIAS, 2003.: *Life Cycle Assessment in the Agri-food sector.*, Proceedings of the 4th International Conference, October, Bygholm, Denmark: <http://www.lcafood.dk>
19. Hansen B, 2002, *Chemiczne oczyszczanie ścieków - stare i nowe zastosowania*, Materiały firmy KEMIPOL Sp z o.o. Police, www.kemipol.com.pl