

Wykorzystanie ekobilansowych metod oceny oddziaływania na środowisko w odniesieniu do wybranych problemów sektora rolno-spożywczego

Streszczenie

Przedmiotem artykułu jest ilościowe określanie oddziaływania na środowisko różnych rozwiązań w obszarze sektora rolno-spożywczego, m.in. stosowanych w nim procesów, wykorzystywanych obiektów oraz wytwarzanych produktów. Opisano metody wykorzystywane do realizacji wartościowania wspomnianego oddziaływania, jak i dokonano oceny ich przydatności. Dokonano także przeglądu prac podejmowanych w obszarze wartościowania wpływu na środowisko (LCA) sektora rolno-spożywczego. Artykuł kończą wnioski dotyczące uwarunkowań szerszego stosowania omawianych w tekście narzędzi oceny.

Słowa kluczowe: ekobilansowanie, sektor rolno-spożywczy

Application of ecobalancing methods for environmental impact of chosen problems in the agro-food sector

Summary

In the paper, the idea of quantitative description of environmental impacts of different solutions, addresses to the processes, objects as well products, in the agro-food sector is presented. The methods used for this purpose are presented and its evaluation of usefulness is carried out. Then the review of the research directions on LCA in the agro-food sector is carried out. At the end, the conclusions concerning the conditions needed for broader application of these parametric methods are drawn.

Key words: ecobalancing, agro-food sector

Wstęp

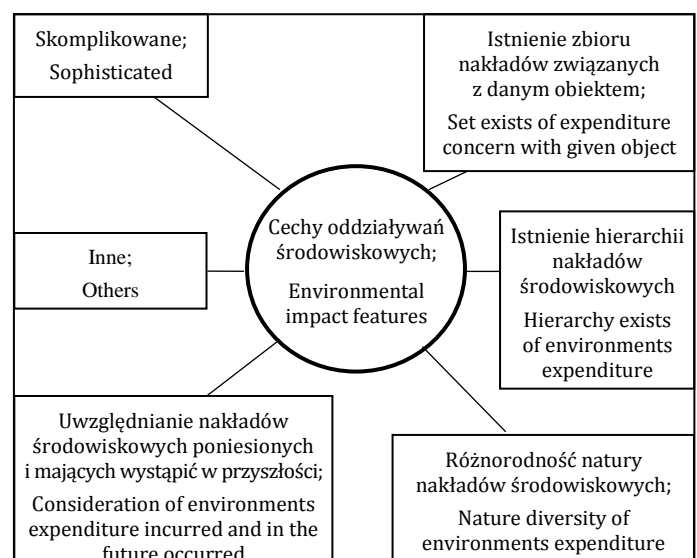
W ostatnim okresie dokonywane są próby uczynienia sektora rolno-spożywczego, także w obszarze rolnictwa, bardziej przyjaznym dla środowiska, czyli jego tzw. ekologizacji. Można to rozumieć, jako całokształt praktyk zorientowanych na takie wykorzystanie zasobów Ziemi, które nie niszczą ich naturalnych źródeł i walorów, lecz pozwalają na zaspokajanie potrzeb bieżących, jak i przyszłych pokoleń producentów i konsumentów żywności. Takie działania wymagają ilościowego określenia efektów tych praktyk. Środowiskowo ukierunkowana ocena, możliwa jest przy użyciu parametrycznych narzędzi, pozwalających na taką ilościową ewaluację podejmowanych działań, by możliwe było porównywanie ich efektów z dotychczasowymi lub planowanymi działaniami. Zaznaczyć należy, że dla uzyskania kompleksowej informacji na temat środowiskowego oddziaływania badanego obiektu, konieczne jest przeanalizowanie całego cyklu jego życia.

W niniejszym tekście akcent położono na prezentację możliwości ocenowych, parametrycznych metod, zorientowanych na ujęcie w cyklu życia, w odniesieniu do szeroko rozumianego sektora rolno-spożywczego.

Ilościowe określanie oddziaływania na środowisko

Problematyka określenia oddziaływań stanowiących nakłady środowiskowe związane z istnieniem obiektów technicznych jest dziedziną wymagającą podejścia systemowego. Na rysunku 1 przedstawiono te specyficzne cechy oddziaływań (nakładów) środowiskowych, które decydują o systemowym charakterze tej problematyki. Ramy określenia oddziaływań środowiskowych obejmują: sfery istnienia maszyn i urządzeń,

elementy środowiska oraz występowanie oddziaływań bezpośrednich i pośrednich. Pojawia się tu zatem aspekt patrzenia na te oddziaływania przez pryzmat całego cyklu istnienia (życia) obiektów technicznych, od projektowania do ich likwidacji.



Rys. 1. Specyficzne cechy oddziaływań środowiskowych stanowiące o systemowym charakterze zagadnienia (Kłos i in. 2005)

Fig. 1. Specific environmental impact features make about system character of issue (Kłos et al. 2005)

Na rysunku przedstawiono analityczny schemat, który wskazuje uwarunkowania idei oceny cyklu życia (life cycle assessment). Nieco szersze pojęcie „life cycle analysis” pojawiło

się na początku lat dziewięćdziesiątych i wiąże się z rozwojem narzędzi do analizy bilansowej, określanej mianem ekobilansowej. Obecny kształt metod ekobilansowania jest wynikiem potrzeby stworzenia uniwersalnego sposobu kompleksowej oceny wpływu działalności człowieka na postępującą degradację środowiska. W pracy inżynierów najbardziej przydatne okazują się metody parametryczne, umożliwiające przedstawienie poziomu oddziaływania na środowisko, za pomocą wartości liczbowych. Kompleksowość ujęcia konsekwencji zapewniona została przez uwzględnienie wszystkich zjawisk zachodzących w ekosystemach oraz przez poszukiwanie przyczyn powstawania obciążeń środowiska, zarówno na etapie wytwarzania, eksploatacji, jak i zagospodarowania zużytego obiektu badań (Kłos i in. 2009).

Bilansowanie wpływu na środowisko, oparte na koncepcji cyklu istnienia w najbardziej ogólny sposób, można określić jako proces, w którym „wejścia” do cyklu i „wyjścia” z niego, są analizowane dla każdego kolejnego etapu istnienia obiektu badań.

W odniesieniu do zagadnień środowiskowych, można wyróżnić kilka grup metod, opartych na koncepcji cyklu istnienia. Są wśród nich metody polegające na (Kłos i in. 2005):

- ocenie przepływu materiałów (Material Flow Accounting – MFA);
- bezpośredniej ocenie cyklu istnienia (Life Cycle Assessment – LCA);
- analizach „wejść i wyjść” do systemu (Input-Output Approach);
- ocenie oddziaływania na środowisko (Environmental Impact Assessment – EIA);
- oszacowaniu ryzyka (Risk Assessment – RA).

Pierwsze trzy wymienione grupy metod, przeznaczone są przede wszystkim do analiz uwzględniających zjawiska społeczno-gospodarcze, a więc w większym lub mniejszym stopniu ujmujących również, oddziaływanie obiektów na środowisko. Ściśle środowiskowo zorientowany charakter jest cechą wspólną, szczególnie dwóch pierwszych grup (MFA i LCA). W metodach MFA analizie poddawane są procesy transformacji wybranego materiału wewnątrz, z góry określonego systemu, którego granice mogą być wyznaczone przez cykl istnienia obiektu oceny. W przypadku metod z grupy LCA rozpatrywany jest przepływ wszystkich materiałów w obszarze wyznaczonym przez cykl istnienia obiektu badań. Zakres poruszanych w obu przypadkach problemów można rozszerzać przez analizę przepływu grupy materiałów (w przypadku MFA) lub przez podjęcie oceny obiektu złożonego np. z kilku produktów (w przypadku LCA). Osiągane w ten sposób zbliżenie możliwości zastosowań tych metod, nie zmienia jednak tego, że analizy najczęściej prowadzi się z wykorzystaniem metod z grupy LCA.

Należy zwrócić uwagę, że pojęcie oceny (lub oszacowania) cyklu istnienia, często jest rozumiane w różny sposób. Niekiedy eksperci posługują się nim, mając na myśli rodzinę metod ekobilansowych, opartych na analizie cyklu istnienia obiektu, a czasami określają w ten sam sposób konkretną metodę oceny wpływu na środowisko. Wynika to z zamętu terminologicznego, związanego między innymi ze zbliżeniem do nomenklatury marketingowej, w której „ocena cyklu życia produktu” rozumiana jest, jako analiza zależności między

wielkością sprzedaży, a długością okresu sprzedaży (Białecki 1992).

Przegląd metod ekobilansowych

Pojawiające się w ostatnich latach wciąż nowe możliwości zastosowań analiz ekobilansowych nie eliminują jednak ich zróżnicowania, jako czynnika zmuszającego do poszukiwania, a w dalszym etapie do wyboru, metody optymalnej ze względu na konkretne potrzeby. Tak jest również w przypadku problematyki rozważanej w tym tekście. Kilka metod ekobilansowania, które mogą mieć zastosowanie do wartościowania oddziaływań obiektów technicznych na środowisko, to:

- ocena cyklu istnienia;
- metoda krytycznych objętości;
- wyznaczenie stopnia ekologicznego wykorzystania środowiska (metoda ekopunktowa);
- metoda sumarycznych nakładów środowiskowych.

W tabeli 1 porównano możliwości zastosowań metod ekobilansowych. Na jej podstawie, można stwierdzić, że jedynie metoda oceny cyklu istnienia LCA spełnia wymogi wszystkich potencjalnych zastosowań metod ekobilansowych.

Tabela 1. Specyficzne cechy oddziaływań środowiskowych stanowiące o systemowym charakterze zagadnienia (Kłos i in. 2006)

Table 1. Specific environmental impact features make about system character of issue (Kłos et al. 2006)

Obszar zastosowań; Uses area	Metoda; Method			
	LCA	krytycznych objętości	ekopunktowa	sumarycznych nakładów środowiskowych
Projektowanie; Planning	+	-	+/-	-
Udoskonalanie produktu; Product improvement	+	-	+/-	+/-
Analizy porównawcze; Comparative analyses	+	+/-	+	+
Ekoetykietowanie wyrobów; Product ecolabelling	+	+	+	+
Ustanawianie norm; Standards establishing	+	-	-	-
Planowanie strategii rozwoju; Planning of development strategy	+	-	-	-
Działania marketingowe; Marketing activities	+	+	+	+
Kształtowanie polityki podatkowej; Tax policy developments	+	-	-	-
+ spełnia wymagania; - nie spełnia wymagań; +/- częściowo spełnia wymagania; + fulfill the standards; - do not fulfill the standards; +/- partially fulfill the standards				

Istnieje jednak, znacznie więcej możliwości zastosowań metody LCA, niż wyszczególniono w tabeli, co świadczy o tym, że jest ona najbardziej uniwersalna. Ogólnie wyróżnia się dwie grupy odbiorców analiz dokonywanych metodą LCA (Kłos 1998):

1) wytwórców, dla których są one źródłem informacji w procesie projektowania i wytwarzania wyrobów, służącym do:

- porównania materiałów możliwych do stosowania;
 - oceny oddziaływania na stan zasobów środowiska;
 - porównania wyrobów substytucyjnych lub różnych wariantów wyrobów podobnych;
 - identyfikacji procesów, czynników i systemów mających największy udział w oddziaływaniach środowiskowych;
 - dostarczania informacji dla audytów;
 - udzielania wskazówek do planowania długoterminowych strategii w zakresie tendencji dotyczących konstrukcji i materiałów;
 - oceny deklaracji środowiskowych innych wytwórców;
 - zwiększania rynkowej konkurencyjności wyrobów;
- 2) gremia decyzyjne z sektora publicznego, wykorzystujące otrzymane wyniki do:**
- podejmowania decyzji w zakresie ustaw i przepisów regulujących użycie materiałów (podatki, zakazy itp.);
 - ustanawiania norm reklamowania wyrobów;
 - oceny i różnicowania produktów dla celów etykietowania;
 - rozwoju długoterminowej polityki dotyczącej stosowania materiałów, ochrony zasobów i ogólnego zmniejszenia oddziaływania na środowisko;
 - oceny efektów wprowadzanych technologii zagospodarowywania odpadów i zmniejszania zużycia zasobów.

Możliwość wykorzystania metod ekobilansowych są konsekwencją ich różnych cech, spośród których ważniejsze to:

- kompleksowość;
- uwzględnianie problematyki alokowania oddziaływań;
- odniesienie identyfikowanych oddziaływań do bieżącego stanu środowiska i ogólnego poziomu oddziaływań (np. w skali globalnej) na poszczególne jego elementy.

Kompleksowość metod ekobilansowych rozumiana jest jako obejmowanie zakresem analizy wszystkich etapów istnienia obiektu i wszystkich związanych z nimi oddziaływań. Metoda LCA spełnia to wymaganie. W jej przypadku zakres poruszanych problemów uzależnić można od celu ekobilansu.

Metoda LCA

Jak wynika z powyższego przeglądu, do ilościowego określenia wpływu obiektów technicznych na środowisko, ze względu na dużą elastyczność oraz możliwość kompleksowej oceny oddziaływań środowiskowych, najbardziej dojrzała jest metoda środowiskowej oceny cyklu życia produktów (Environmental Life Cycle Assessment of Products – LCA). Metoda ta, została zdefiniowana jako sposób ilościowego określania środowiskowego obciążenia, który jest oparty na inwentaryzacji czynników środowiskowych, w odniesieniu do obiektu (wyrobu lub maszyny), procesu lub innej działalności w cyklu od wydobycia surowców do ich końcowego zagospodarowania (Kłós 1998). Sposób ten daje możliwość identyfikacji oraz oceny emisji do środowiska szkodliwych substancji, a także oceny materiałochłonności i energochłonności we wszystkich etapach istnienia wyrobu: od jego powstania w procesie produkcyjnym, poprzez eksploatację, aż do końcowego zagospodarowania.

LCA składa się z pięciu głównych etapów: definicji celu, inwentaryzacji danych, oceny oddziaływania, interpretacji otrzymanych wyników i propozycji poprawy (Goedkopp, Spriensma 2000). Metoda pozwala na określenie, za pomocą

syntetycznych wskaźników, który z porównywanych obiektów jest bardziej szkodliwy dla środowiska.

W metodzie wyodrębniono szereg kategorii środowiskowych, na które oddziałują analizowane obiekty w całym cyklu istnienia (Goedkopp, Spriensma 2000).

- 1) stan ekosystemów:**
 - zatrucie środowiska substancjami toksycznymi;
 - zakwaszenie i eutrofizacja;
 - wykorzystanie i degradacja terenu;
- 2) zdrowie ludzkie:**
 - choroby układu oddechowego, podzielone na dwie grupy: powodowane przez substancje organiczne i nieorganiczne,
 - zjawiska zmiany klimatu;
 - zubożenie warstwy ozonowej;
 - emisja substancji rakotwórczych;
 - promieniowanie jonizujące;
- 3) zasoby surowców:**
 - wydobycie kopalni,
 - wyczerpywanie zasobów paliw kopalnych.

Kierunki prac podejmowanych w zakresie wartościowania wpływu na środowisko sektora rolno-spożywczego

Analizie poddano publikacje prezentowane w 2011 i 2012 roku, w renomowanym periodyku naukowym, poświęconym LCA, a mianowicie „International Journal of Life Cycle of Management”, wydawanym przez Springer Verlag. Spośród 116 artykułów, które ukazały się w 12 analizowanych zeszytach tego pisma, ponad 23% z nich dotyczyło szeroko rozumianej problematyki sektora rolno-spożywczego (przegląd rocznika 2011 i 2012). Publikacje, odzwierciedlające dość wiernie kierunki, jak i nasilenie uwagi, w odniesieniu do poszczególnych obszarów wspomnianego wyżej sektora, przydzielić można do tematyki LCA powiązanej z:

- gruntami rolnymi;
- wodą stosowaną w procesach rolniczych;
- hodowlą zwierząt i połowem ryb;
- produkcją zbóż i innych roślin;
- użyciem surowców rolniczych do produkcji paliw;
- udziałem gazów cieplarnianych w produkcji rolniczej – śladem węglowym;
- innymi zagadnieniami.

Poniżej omówiono poszczególne obszary zastosowań LCA w sektorze rolno-spożywczym.

Z racji istotności gleby dla produkcji rolniczej (Mattila 2012), podjęto analizę dziewięciu różnych wskaźników, reprezentujących trzy różne aspekty środowiskowe, związane z użyciem ziemi, wykorzystywanej na potrzeby uprawy surowców stosowanych do produkcji piwa. Inny zespół naukowców (Sad i in. 2011) dokonał oceny wpływu użycia ziemi na ekologiczne funkcje gleby, mając na uwadze realia kanadyjskie.

Nie mniej ważny, jest problem racjonalnego wykorzystywania wody w sektorze rolno-spożywczym. Zespół pod kierunkiem B. Riddouta (2012) porównał zużycie wody w hodowli inwentarza żywego, na przykładzie analizy sześciu różnych miejsc (rzec by można systemów) produkcji wołowiny w Nowej Południowej Walii. Zespół autorów (Pfister i in. 2011) dokonuje oceny środowiskowych efektów zużycia wody na potrzeby produkcji kukurydzy stosowanej do wytwarzania bioetanolu w rafineriach w stanie Minnesota, mając na uwadze róż-

ne rozważane scenariusze. Szwajcarscy autorzy, ze wsparciem jednego lokalnego – argentyńskiego – specjalisty od LCA (Emmenegger i in. 2011), analizują różne aspekty zużycia wody na potrzeby produkcji biopaliw, dla wspomnianych realiów argentyńskich, porównując wyniki dla biopaliw pochodzących z różnych surowców i regionów. Obszerne studium dotyczące kategoryzacji wód na potrzeby inwentaryzacyjnych analiz LCA, mając na uwadze jej źródła, parametry jakościowe i użytkowników, przygotował zespół pod kierunkiem A. Boulay (Boulay i in. 2011)

Przegląd metodologicznych problemów w obszarze tzw. akwakultury (tu związanych z połowem ryb, ocenianym, jako najszybciej rozwijający się sektor produkcji zwierzęcej) przedstawili autorzy holenderscy (Henriksson i in. 2012), analizując dziesięć artykułów i dwie rozprawy doktorskie. Z innych prac, wyróżnić należy, analizę LCA dotyczącą środowiskowych konsekwencji intensywnej hodowli suma rekiniego w Delcie Mekongu, mającą na celu znalezienie krytycznych oddziaływań w tym procesie, przygotowaną przez (Bosma i in. 2011). Interesująca jest środowiskowa ocena sezonu połowów makreli na Północno-Wschodnim Atlantyku, dokonana na podstawie danych pochodzących z 8 lat, odnosząca się do łowiska baskijskiego, a dokonana przez zespół (Ramos i in. 2012). Tekst, będący pierwszym szczegółowym oszacowaniem cyklu życia australijskiego mięsa czerwonego (wołowego i owczego), przedstawia zespół autorów (Peters i in. 2011). W innej pracy, określa się środowiskowy efekt stosowania środków weterynaryjnych w produkcji świń, dla warunków amerykańskich Wielkich Równin, opracowany przez zespół (Stone i in. 2011).

Odrębny tematycznie zakres, mają prace dotyczące oceny środowiskowej zbóż i innych roślin, jak na przykład analiza przypadku, dotycząca produkcji pszenicy ozimej we Francji, z użyciem czterech scenariuszy, przygotowana przez (Berthoud i in. 2011). Inna praca dotyczy środowiskowo-ekonomicznej oceny organicznej uprawy roślin, wykonana przez autorów szwajcarskich. Kolejna praca, przygotowana przez autorów hiszpańskich, dotyczy oceny środowiskowej cyklu uprawowego pomidora (Torrellas i in. 2012).

Co łatwo zrozumieć, pojawiają się prace poświęcone różnym aspektom środowiskowym stosowania różnych surowców rolniczych do produkcji biopaliw. Są to, przykładowo hiszpańskie prace nad robiną akacjową (González-García i in. 2011), czy badania produktów pochodzących z trzciny cukrowej (Renouf i in. 2011).

Stosunkowo nowy obszar badawczy tworzą prace zorientowane na tzw. ślad węglowy. Autorzy (Gan i in. 2012) dokonują ilościowej estymacji śladu węglowego wybranych roślin oleistych, biorąc pod uwagę wpływ nawożenia i środowiska. Autorzy z Malezji (Yuen May Choo i in. 2011) określają udziały gazów cieplarnianych w różnych fazach systemu produkcji oleju palmowego. Zespół autorów (Flysjö i in. 2011) analizuje i porównuje w swoim referacie poziom emisji gazów cieplarnianych związanych z produkcją odtłuszczonego mleka dla warunków Szwecji i Nowej Zelandii. Szwedzcy autorzy (Röös i in. 2011) dokonują ustalenia śladu węglowego dla produkcji pszenicy i jednego z produktów z jej udziałem, a mianowicie makaronu. Zespół (Espinoza-Orias i in. 2011), dokonuje rozpoznania, jak na ślad węglowy białego i pełnoziarnistego chleba wpływa położenie kraju pochodzenia ziarna. Z kolei duże

grono autorów z Wielkiej Brytanii, Niemiec i Hiszpanii (Milà i in. 2011) analizuje emisję gazów cieplarnianych związanych z produkcją wytworów marki Knorr.

Jest ponadto szereg tekstów odnoszących się do różnych innych zastosowań LCA, a dotyczących:

- produkcji ciętych róż w warunkach ekwadorskich i holenderskich;
- harmonizacji metodologii oceny środowiskowej, różnych napojów i spożywczych produktów stałych;
- oceny środowiskowej, specjalnych urządzeń do komunikacji stanu świeżości produktów spożywczych;
- określenia priorytetów zmniejszenia obciążenia środowiskowego w funkcjonowaniu restauracji i innych form dostawy posiłków.

Jak wynika z powyższego przeglądu, z wykorzystaniem LCA, analizowane są zarówno, przypadki dotyczące poszczególnych produktów, jak i całych technologii. Są też prace metodologiczne, jak i mające na celu poszerzenie baz danych. Silnie, biorąc po uwagę potencjał ludzki, reprezentowani są zwłaszcza autorzy skandynawscy i szwajcarscy, ale są też z innych państw UE oraz USA, Kanady i Australii. Incydentalnie pojawiają się również, autorzy z krajów egzotycznych, znający realia lokalne. Ważne jest, że problematyka sektora rolno-spożywczego jest w zauważalny sposób reprezentowana.

Wybrane przykłady analiz ekobilansowych z obszaru sektora rolno-spożywczego

1. Maszyny spożywcze

Do badań, dotyczących głównie etapu eksploatacji, wybrano trzy urządzenia przemysłu spożywczego, zaliczane do grupy maszyn służących do formowania, dozowania i konfekcjonowania produktów (maszyny pakujące). Są one przeznaczone do pakowania mlecznych produktów płynnych i półpłynnych lub pastowatych w pojemniki i zamykania ich (Kasprzak 2004; Kłós i in. 2005).

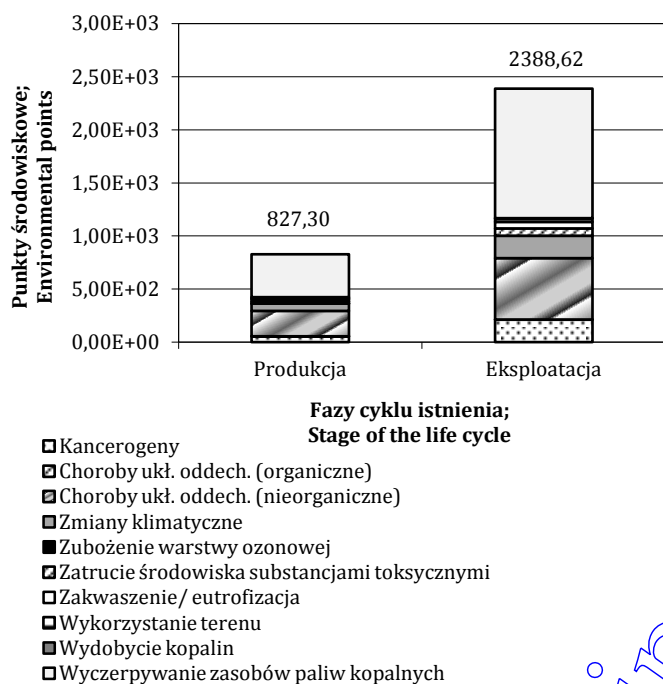
Dla rozpatrywanych trzech obiektów, wykonano szereg kompleksowych analiz, dotyczących różnych sfer ich cyklu istnienia oraz różnych kategorii oddziaływań środowiskowych. Niektóre z wyników, odnoszące się do maszyny pierwszego z analizowanych typów, zostały omówione poniżej.

Na rysunku 2 przedstawiono profile oddziaływań środowiskowych dla badanej maszyny, dla różnych etapów jej cyklu życia. W zakresie tych oddziaływań, widoczna jest dominacja etapu eksploatacji nad etapem produkcji. Podczas eksploatacji analizowanej maszyny, są generowane blisko trzykrotnie większe oddziaływania środowiskowe, niż na etapie jej wytwarzania. Główne obciążenia są związane z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych, stanowiąc blisko połowę wszystkich oddziaływań podczas produkcji i ponad połowa podczas eksploatacji. Wiąże się to z pozyskiwaniem surowców energetycznych.

Zarówno na etapie produkcji, jak i eksploatacji, obciążenia środowiskowe są powiązane głównie z pozyskiwaniem surowców, służących do produkcji paliw, głównie węgla kamiennego, który w Polsce stanowi podstawę systemu energetycznego. Znaczący udział w całkowitym obciążeniu środowiskowym mają też oddziaływania związane z chorobami układu oddechowego, powodowanymi przez substancje nieorganiczne, co jest również związane z przetwórc-

stwem węgla kamiennego i generowaniem do atmosfery znacznych ilości pyłów. Następne w kolejności oddziaływania związane z emisją substancji rakotwórczych i powodujące zmiany klimatyczne są już znacznie mniejsze.

Oddziaływania eksploatacyjne badanych obiektów, wpływające w sposób dominujący na poziom obciążeń środowiskowych, podzielono na związane z zapotrzebowaniem na części zamienne i materiały powstającym podczas całej eksploatacji (aspekt materiałowy) oraz z zapotrzebowaniem na energię, głównie elektryczną, niezbędną do użytkowania badanych maszyn.



Rys. 2. Rozkład obciążeń środowiskowych na poszczególnych etapach cyklu życia badanych obiektów (Kasprzak 2004)

Fig. 2 Environmental load distribution on individual life cycle stages of researched objects (Kasprzak 2004)

Po poddaniu szczegółowej analizie tego etapu cyklu istnienia zauważono znaczącą przewagę oddziaływań związanych z energochłonnością. Dominujący wpływ na oddziaływanie środowiskowe badanych obiektów na etapie eksploatacji ma pobór energii elektrycznej. Oddziaływania związane z tym aspektem eksploatacji są blisko czterdziestokrotnie większe niż generowane przez wytworzenie materiałów eksploatacyjnych i części zamiennych.

Podobnie, jak w przypadku analizy dotyczącej obciążeń powstających na poszczególnych etapach cyklu istnienia badanych obiektów, stwierdzono znaczną przewagę oddziaływań związanych z wyczerpywaniem zasobów paliw kopalnych. Jest to podobnie jak w poprzednim przypadku, związane z pozyskaniem paliw potrzebnych do wytworzenia energii elektrycznej.

W analizie ekobilansowej uwzględniono również obciążenia środowiskowe pochodzące od środków transportowych używanych podczas eksploatacji, na potrzeby dostarczenia części (zamiennych) i materiałów eksploatacyjnych. Jednak oddziaływania środowiskowe generowane przez tę podkategorię eksploatacji były marginalne (ok. 0,3%).

2. Procesy dystrybucji piwa

Głównym celem badań było określenie najbardziej przyjaznego pod względem środowiskowym sposobu dystrybucji piwa w Polsce. Zakresem analizy objęto procesy poprodukcyjne: mycie, napełnianie i zamykanie opakowań, a także procesy transportowe. Materiały, z których wykonano opakowania, jak również środki transportu i miejsca docelowe dystrybucji, stanowiły zmienne, uwzględnione w analizie.

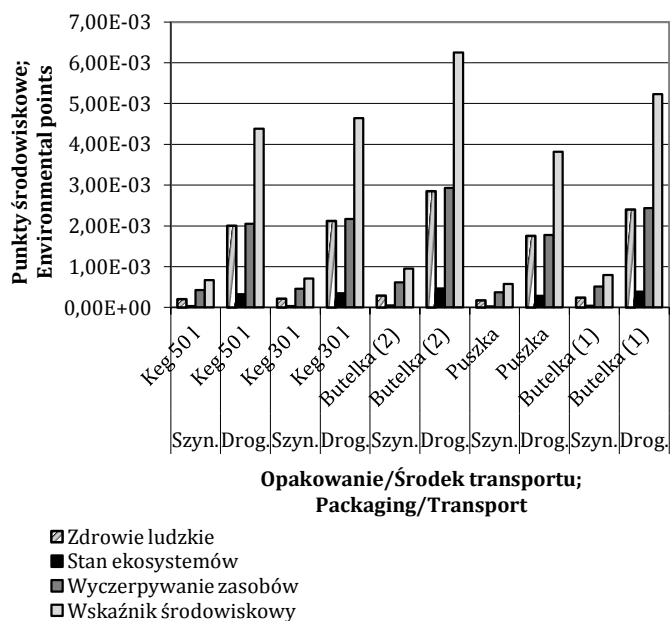
Proces dystrybucji składa się z dwóch etapów: operacje pakowania (mycie, napełnianie i zamykanie różnorodnych opakowań) oraz procesy transportowe. W zakresie napełniania opakowań uwzględniono następujące opcje (Kłos i in. 2009):

- butelki szklane (0,5 l) jednorazowego użytku (określane dalej w artykule jako butelka 1);
- butelki szklane (0,5 l) wielokrotnego użytku (określane dalej w artykule jako butelka 2);
- puszki aluminiowe (0,5 l);
- kegi ze stali kwasoodpornej o pojemności 30 l;
- kegi ze stali kwasoodpornej o pojemności 50 l.

Dane na temat procesów napełniania i zamykania opakowań pozyskano z jednego z największych polskich browarów. Procesy transportowe napełnionych piwem opakowań wymienionych wyżej realizowano za pomocą 16-tonowych samochodów ciężarowych na średnią odległość 250 km, a następnie samochodami dostawczymi do 3,5 tony na krótkim dystansie 25 km – do centrów handlowych i sklepów. Podobne odległości uwzględniono dla transportu kolejowego (250 km) i samochodami dostawczymi na krótkim dystansie 25 km. Struktura analizowanego systemu dystrybucji prowadziła od browaru, uwzględniała pięć rodzajów opakowań i trzy warianty transportu i prowadziła do klienta.

Jako jednostkę funkcjonalną wyodrębniono 0,5 l piwa (najczęściej spotykana objętość w sklepach i pubach). Do tej ilości odnoszono wszystkie uzyskane wyniki.

Ważniejsze wyniki studium dotyczącego środowiskowego porównania systemów dystrybucji piwa przedstawiono na rysunku 3 i 4.

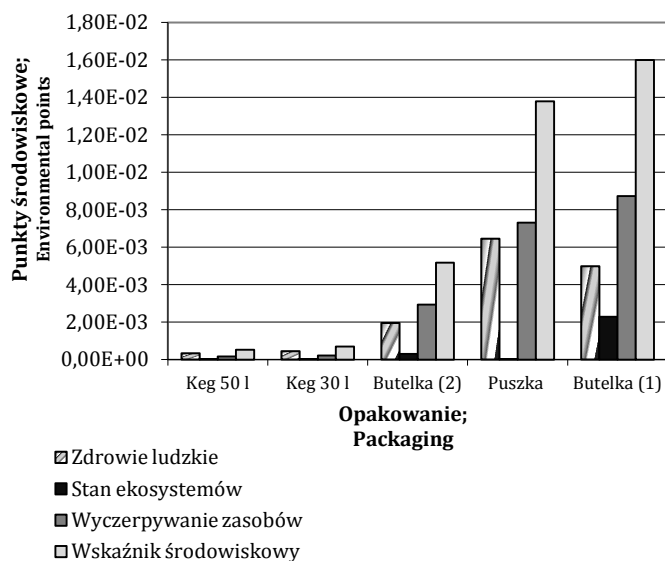


Rys. 3. Oddziaływania środowiskowe środków transportu

Fig. 3. Environmental impact of transport

Najbardziej przyjaznym pod względem środowiskowym rozwiązaniem jest system dystrybucji zakładający rozlewanie piwa w pięćdziesięciolitrowe kegi stalowe i transport za pomocą kolei. Niewiele gorszą opcją jest umieszczenie piwa w mniejszych kegach o pojemności 30 l i transport kolejowy (różnica w poziomie oddziaływań środowiskowych wynosi jedynie 20%). Najmniej przyjaznym środowiskowo rozwiązaniem jest rozlewanie piwa do butelek szklanych jednorazowego użytku i dostawa do klienta za pomocą środków transportu drogowego. Poziom oddziaływania środowiskowego takiego rozwiązania przewyższa blisko osiemnastokrotnie poziom oddziaływania wyżej wymienionych systemów dystrybucji piwa.

W przypadku pojemników wielokrotnego użytku (kegów, butelek szklanych) główne oddziaływania środowiskowe są związane z procesami transportowymi, podczas gdy poziom oddziaływań związanych z opakowaniem i procesem pakowania jest znacznie niższy. Jest to spowodowane faktem, iż ww. opakowania mogą być wielokrotnie użytkowane (butelki szklane – 6 razy, kegi stalowe – 100–150 razy). Powoduje to, że kegi stalowe to rodzaj opakowań szczególnie preferowanych ze środowiskowego punktu widzenia, choć dobrym rozwiązaniem jest również używanie butelek szklanych wielokrotnego użytku.



Rys. 4. Oddziaływania środowiskowe opakowań i procesów pakowania

Fig. 4. Environmental impact of packaging and packaging processes

W przypadku opakowań jednorazowych (butelki szklane, puszki aluminiowe) widoczna jest znaczna przewaga oddziaływań związanych z opakowaniem. W przypadku oddziaływań generowanych przez butelki szklane jednorazowego użytku poziom tych oddziaływań nawet dwudziestokrotnie przewyższa poziom oddziaływań związanych z transportem.

Podsumowanie

Przedstawione w tekście wyniki analiz ekobilansowych stanowią pewien wycinek badań, jakie przeprowadzono już w odniesieniu do sektora rolno-spożywczego. Zaprezentowane studia przypadku zostały wyselekcjonowane jedynie w celu ukazania ich możliwości w tym sektorze.

Ogólnie rzecz biorąc, szersze stosowanie wspomnianych wyżej analiz, z wykorzystaniem parametrycznych narzędzi ocenowych, uzależnione jest od czynników takich, jak:

- dostęp do danych (trudny lub niekiedy bardzo trudny, zwłaszcza w przypadku producentów maszyn/urządzeń, a nieco łatwiejszy w odniesieniu do eksploatatorów obiektów technicznych);
- zainteresowanie wynikami analiz ze strony producentów i eksploatatorów (występujące niekiedy zainteresowanie stanowi bodziec do poszukiwania realizatorów badań, zlecenia ich i wykorzystywania w praktyce);
- regulacje prawne w obszarze zagadnień zrównoważonego rozwoju (pojawianie się takich regulacji stopniowo wymusza realizowanie analiz LCA (recykling, pojazdy, sprzęt RTV);
- oczekiwania rynkowe w zakresie „zielonych rozwiązań” (społeczeństwa państw tzw. starej unii, a zwłaszcza państw skandynawskich są zdecydowanie bardziej przychylnie takim rozwiązaniom);
- podaż realizatorów badań (istnieją już ośrodki naukowe i firmy konsultingowe przygotowane do realizacji analiz LCA);
- rozwój edukacji w zakresie ekobilansowania (w Polsce prowadzona na wybranych wydziałach niektórych uczelni).

Literatura

- Berthoud A., Maupu P., Huet C., Poupart A. 2011. *Assessing freshwater ecotoxicity of agricultural products in life cycle assessment (LCA): a case study of wheat using French agricultural practices databases and USEtox model*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 8.
- Białecki K. P. 1992. *Marketing producenta i eksportera*. Poltext, Warszawa.
- Bosma R., Anh P., Potting J. 2011. *Life cycle assessment of intensive striped catfish farming in the Mekong Delta for screening hotspots as input to environmental policy and research agenda*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 9.
- Boulay A., Bouchard C., Bulle C., Deschênes L., Margni M. 2011. *Categorizing water for LCA inventory*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 7.
- Emmenegger M., Pfister S., Koehler A., de Giovanetti L., Arena A., Zah R. 2011. *Taking into account water use impacts in the LCA of biofuels: an Argentinean case study*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 9.
- Espinoza-Orias N., Stichnothe H., Azapagic A. 2011. *The carbon footprint of bread*, The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 4.
- Flysjö A., Cederberg C., Henriksson M., Ledgard S. 2011. *How does co-product handling affect the carbon footprint of milk? Case study of milk production in New Zealand and Sweden*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 5;
- Gan Y., Liang C., May W., Malhi S., Niu J., Wang X. 2012. *Carbon footprint of spring barley in relation to preceding oilseeds and N fertilization*. The International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 5.
- Goedkoop M., Spriensma R. 2000. *The Eco-indicator 99. A damage oriented method for Life Cycle Assessment*. Methodology Report. PRé Consultants B.V., Amersfoort.
- González-García S., Gasol C., Moreira M., Gabarrell X., Rieradevall, Pons J., Feijoo G. 2011. *Life cycle assessment of*

Australian sugarcane products with a focus on cane processing. The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 5.

11. Henriksson P., Guinée J., Kleijn R., de Snoo G. 2012. *Life cycle assessment of aquaculture systems—a review of methodologies.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 3.

12. Kasprzak J. 2004. *Uwzględnianie etapu eksploatacji w środowiskowej ocenie produktów.* Materiały konferencyjne VIII konferencji „Zarządzanie jakością, środowiskiem, wiedzą, bezpieczeństwem... – praktyka wzbogaca teorię”, Boszkowo, 21–23.04.2004.

13. Kłos Z. 1998. *Środowiskowa ocena maszyn i urządzeń.* Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, ISBN: 83-7143-054-X.

14. Kłos Z., Kasprzak J., Kurczewski P. 2009. *Possibilities of Environmental Impacts's Evaluation of the Machines, Devices and Systems Used in Food Production.* Journal of Research and Applications in Agricultural Engineering, 55, 3.

15. Kłos Z., Kurczewski P., Kasprzak J. 2005. *Środowiskowe charakteryzowanie maszyn i urządzeń.* Wydawnictwo Politechniki Poznańskiej, Poznań, ISBN: 83-7143-386-7.

16. Mattila T., Leskinen P., Soimakallio S., Sironen S. 2012. *Uncertainty in environmentally conscious decision making: beer or wine?* The International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 6.

17. Milà C. L., Sim S., García-Suárez T., Neuer G., Herstein K., Kerr C., Rigarlsford G., King H. 2011. *Estimating the greenhouse gas footprint of Knorr.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 1.

18. Peters G., Wiedemann S., Rowley H., Tucker R., Feitz A., Schulz M. 2011. *Assessing agricultural soil acidification and nutrient management in life cycle assessment.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 5.

19. Pfister S., Saner D., Koehler A. 2011. *The environmental relevance of freshwater consumption in global power production.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 6.

20. Ramos S., Vázquez-Rowe I., Artetxe I., Moreira M., Feijoo G., Zuffa J. 2011. *Environmental assessment of the Atlantic mackerel (Scomber scombrus) season in the Basque Country. Increasing the timeline delimitation in fishery LCA studies.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 7.

21. Renouf M., Pagan R., Wegener M. 2011. *Life cycle assessment of Australian sugarcane products with a focus on cane processing.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 2.

22. Ridoutt B., Sanguansri P., Freer M., Harper G. 2012. *Water footprint of livestock: comparison of six geographically defined beef production systems.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 2.

23. Rööös E., Sundberg C., Hansson P. 2011. *Uncertainties in the carbon footprint of refined wheat products: a case study on Swedish pasta.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 4.

24. Saad R., Margni M., Koellner T., Wittstock B., Deschênes L. 2011. *Assessment of land use impacts on soil ecological functions: development of spatially differentiated characterization factors within a Canadian context.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 3.

25. Stone J., Aurand K., Dollarhide C., Jinka R., Thaler R., Clay D., Clay S. 2011. *Determination of environmental impacts of antimicrobial usage for US Northern Great Plains swine-production facilities: a life-cycle assessment approach.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 1.

26. Torrellas M., Antón A., López J., Baeza E., Parra J., Muñoz P., Montero J. 2012. *Categorizing water for LCA inventory.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 17, 7.

27. Choo Y. M., Muhamad H., Hashim Z., Subramaniam V., Pua C. W., Tan Y. A. 2011. *Determination of GHG contributions by subsystems in the oil palm supply chain using the LCA approach.* The International Journal of Life Cycle Assessment, 16, 7.

28. Materiały producenta maszyn pakujących.

Zbigniew KŁOS

Instytut Maszyn Roboczych i Pojazdów Samochodowych
Politechnika Poznańska
zbigniew.klos@put.poznan.pl