

Sebastian Jarzębowski¹

Katedra Ekonomiki i Organizacji Przedsiębiorstw

Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Analiza łańcucha dostaw produktów mlecznych w kontekście zanieczyszczenia środowiska²

Analysis of the dairy supply chain in terms of environmental pollution

Synopsis. W artykule zidentyfikowano ogniwa łańcucha dostaw produktów mlecznych oraz przeanalizowano je pod względem oddziaływania na środowisko naturalne. Pod uwagę wzięte zostały cztery aspekty, a mianowicie globalne ocieplenie klimatu, zużycie energii, zużycie wody oraz gospodarka odpadami. Gospodarstwa rolnicze okazały się być ogniwem najbardziej zanieczyszczającym środowisko prawie we wszystkich omawianych w artykule obszarach.

Słowa kluczowe: łańcuch dostaw, produkty mleczne, oddziaływanie na środowisko

Abstract. Within the framework of the paper, primary production and dairy farm stages were identified and analyzed with regard to their impact on the environment. Four aspects were taken into consideration, mainly: global warming, energy use, water use and waste management. Out of all impact categories, the farm phase is localized as the hot spot for environmental degradation.

Key words: supply chain, dairy products, environmental impact

Wstęp

Sposoby produkcji w przemyśle mleczarskim w UE stają się coraz bardziej intensywne i bardziej wyspecjalizowane. Oznacza to ogólny spadek liczby krów, większą liczebność stad oraz wyższy poziom mleczności krów. W omawianym sektorze odnotowuje się procesy koncentracji produkcji - produkcja mleka wzrosła o 18% w okresie od 2001 do 2011 roku, natomiast liczba gospodarstw zajmujących się produkcją mleka spadła o 20% w okresie 2003- 2010 [Eurostat 2013].

Wraz z coraz większą intensywnością produkcji, wzrastają negatywne skutki dla środowiska naturalnego. Ten problem jest związany z wysoką gęstością obsady oraz z korzystaniem ze sztucznych nawozów i pestycydów. Powstaje wiele negatywnych skutków dla środowiska naturalnego, niemniej jednak najważniejsze dotyczą oddziaływania na glebę, wodę oraz powietrze. Zwiększający się poziom intensyfikacji nasila wykorzystywanie nawozów, dodatków paszowych oraz powoduje koncentrację odpadów, takich jak obornik. W przypadku oddziaływania na wodę, negatywnymi skutkami są eutrofizacja wód

¹ Dr inż., e-mail: sebastian_jarzebowski@sggw.pl

² Praca naukowa finansowana ze środków na naukę w latach 2011-2013 jako projekt badawczy nr 011/01/B/HS4/02612 *Stopień integracji w łańcuchu dostaw a efektywność przedsiębiorstw przetwórstwa rolno-spożywczego*. Projekt został sfinansowany ze środków Narodowego Centrum Nauki przyznanych na podstawie decyzji numer DEC-2011/01/B/HS4/02612.

powierzchniowych³ oraz zanieczyszczenie wód gruntowych azotanami i pestycydami. W odniesieniu do zanieczyszczenia powietrza, można mówić o denitryfikacji, produkcji metanu, utlenianiu amoniaku oraz dwutlenku węgla [The environmental impact... 2000].

Celem przyjętym w artykule jest wskazanie na - wynikające ze zwiększonej intensywności produkcji w łańcuchu dostaw mleka - obszary oddziaływania poszczególnych jego ogniw na środowisko naturalne⁴. W artykule poddano analizie poszczególne ogniwa łańcucha dostaw mleka wskazując na te obszary łańcucha, które w najwyższym stopniu oddziałują na środowisko naturalne w czterech obszarach, tj. globalnego ocieplenia (emisja gazów cieplarnianych), zużycia energii, zużycia wody oraz ograniczenia ilości odpadów. Bazowano na danych z roku 2004 dotyczących Australii. W pierwszej kolejności dokonano omówienia łańcucha dostaw mleka wyodrębniając jego poszczególne ogniwa.

Łańcuch dostaw produktów mlecznych może być postrzegany jako kompletny łańcuch wartości począwszy od produkcji produktów pierwotnych, następnie produkcji mleka, przetwarzania oraz sprzedaży detalicznej, kończąc na konsumencie. W niniejszym opracowaniu uwagę skupiono jedynie na mleku produkowanym przez krowy.

Główne etapy łańcucha wartości dostaw mleka zostały przedstawione poniżej:

- Produkcja podstawowego wyżywienia
 - Produkcja komponentów do paszy
 - Produkcja paszy dla bydła
 - Produkcja hodowlana oraz produkcja mleka
 - Przetwarzanie mleka
 - Hurt i detal
 - Konsumpcja (na dużą skalę oraz indywidualni konsumenci).
- } Produkcja paszy

W przemyśle mleczarskim wykorzystywane są zasoby naturalne. Stąd duże znaczenie ma długa tradycja w odpowiedzialnym korzystaniu z gleby, powietrza oraz wody. Podstawą funkcjonowania przemysłu mleczarskiego stanowią trzy wymiary zrównoważonego rozwoju, a mianowicie ekonomiczny, środowiskowy i społeczny. Koncepcja ta realizowana może być na wiele sposobów, m.in. rozumiana jest jako dostarczenie konsumentom przyjaznych środowisku, ekonomicznie uzasadnionych, społecznie akceptowalnych i pożądaných produktów mlecznych. Dlatego też w przemyśle mleczarskim zwraca się uwagę na przeciwdziałania zmianom klimatycznym oraz przyjmuje się wyzwania dotyczące zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych, zmniejszenia zużycia energii i wody oraz odpadów w całym łańcuchu wartości.

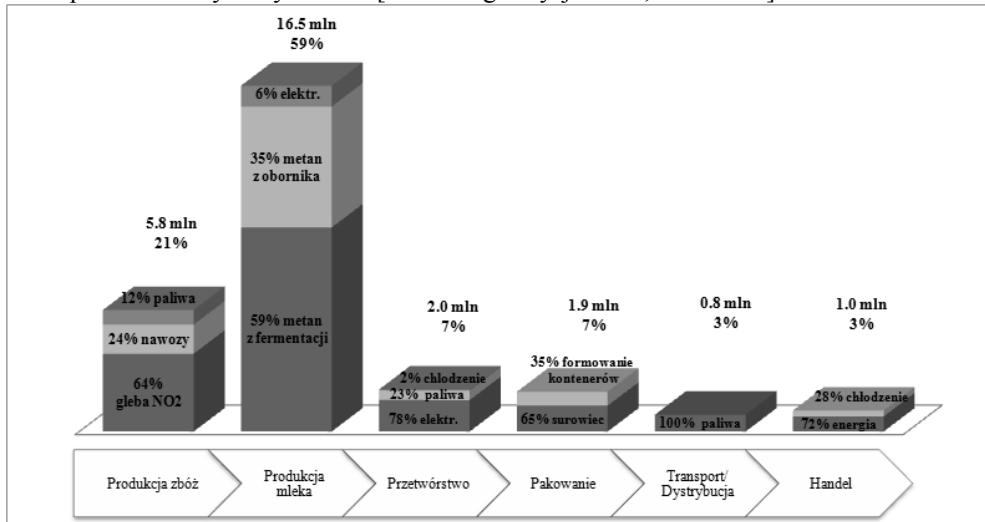
Globalne ocieplenie

Badania pokazują, że ogromna część gazów cieplarnianych jest emitowana na poziomie gospodarstw rolnych. Przyczynami są w tym przypadku: fermentacja, stosowanie obornika, produkcja oraz przechowywanie pasz [Guignard i in. 2009]. Według Berlina ogniwo produkcji wykazuje najwyższy (w odniesieniu do łańcucha dostaw mleka), bo ponad 95-procentowy, udział w zwiększaniu efektu globalnego ocieplenia [Berlin 2002].

³ Więcej na ten temat [Tukker i in. 2005].

⁴ Badania w tym zakresie prowadzono m.in. w DEFRA (Department for Environment Food and Rural Affairs) [Foster i in. 2006].

Poziom emisji gazów cieplarnianych dla poszczególnych ogniw łańcucha dostaw mleka został przedstawiony na rysunku 1 [Cederberg i Flysjö 2004, Eide 2002].



Rys. 1. Źródła emisji gazów cieplarnianych w odniesieniu do mleka (Total = 28 mln ton CO₂)

Fig. 1. Estimated source of Greenhouse Gas Emissions for milk (Total = 28.0 million metric tones CO₂)

Źródło: [DairyAustralia 2004], opracowanie własne.

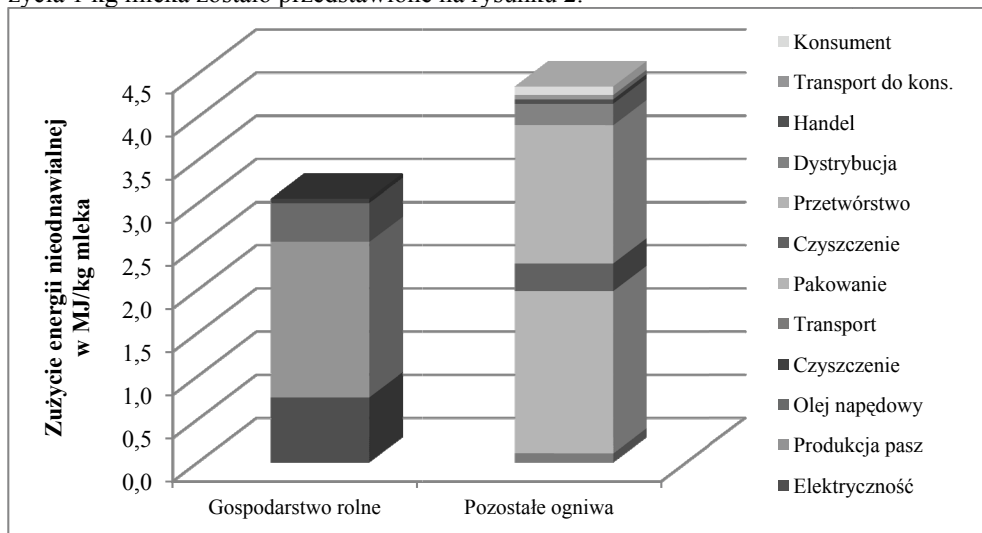
Emisja gazów jest na niższym poziomie na etapie przetwórstwa oraz pakowania (po 7%). Kolejnym źródłem na etapie sprzedaży oraz konsumenta jest zużycie energii pochodzące z urządzeń chłodzących. Poziom zużycia różni się w zależności od energooszczędności systemu chłodzącego oraz od czasu w jakim mleko jest przechowywane w sklepie lub w lodówce konsumenta.

Oczywistym jest, że emisja gazów z produkcji pierwotnej dotyczy głównie dwutlenku węgla (wytwarzanego podczas zużywania energii elektrycznej oraz spalania paliw), natomiast na etapie gospodarstwa rolnego – emisja gazów obejmuje głównie metan i dwutlenek azotu [Nicks i in. 2004]. Porównanie ekologicznych i konwencjonalnych gospodarstw pokazuje jednoznacznie, że w gospodarstwach ekologicznych zużywane jest znacznie mniej energii z paliw kopalnych niż ma to miejsce w przypadku gospodarstw konwencjonalnych. Nie wykazano natomiast znacznych różnic pomiędzy tymi dwoma typami gospodarstw a emisją gazów cieplarnianych [Cederberg i Flysjö 2004], niemniej jednak głównym wyznacznikiem ilości wytwarzanego metanu jest rodzaj pokarmu podawanego zwierzętom, stąd poziom emisji metanu jest nieco więcej w przypadku organicznych gospodarstw rolnych [Guignard 2009].

Zużycie energii

Zużycie energii znacznie różni się od wyników przedstawionych dla globalnego ocieplenia, ponieważ w tym przypadku metan oraz dwutlenek azotu nie odgrywają znacznej roli. Podobnie jak przy emisji gazów cieplarnianych, w ogniwie produkcji

(tj. w gospodarstwach rolnych) zużywana jest największa ilość energii. Zużycie energii może zostać podzielone w następujący sposób: 40% dotyczy działalności gospodarstw rolnych, natomiast na etapie przetwórstwa oraz pakowania zużywane jest po 20% energii. Fazy czyszczenia oraz dystrybucji mleka do miejsc sprzedaży stanowią łącznie 10% całkowitego zużycia energii. Zużycie nieodnawialnej energii pierwotnej dla głównych faz cyklu życia 1 kg mleka zostało przedstawione na rysunku 2.



Rys. 2. Poziom zużycia energii nieodnawialnej w cyklu życia 1 kg mleka

Fig. 2. Non-renewable energy use during the life cycle of milk (1 kg)

Źródło: [Guignard i in. 2009], opracowanie własne.

Na etapie gospodarstwa rolnego większa część energii zużywana jest w procesie produkcji paszy oraz jako elektryczność. Elektryczność jest wykorzystywana do różnych prac gospodarskich, takich jak suszenie paszy, dojenie, wentylacja, magazynowanie, oświetlenie. W produkcji pasz stosowane są nawozy, a proces ich wytwarzania wymaga zużycia dużej ilości energii. Ponadto istotną rolę w omawianym problemie odgrywa transport (zastosowanie nawozu w uprawach) przy użyciu ciągników rolniczych, co oczywiście wymaga wykorzystania oleju napędowego. Znaczenie ma również rodzaj stosowanej diety, albowiem stosowanie koncentratów powoduje większe zużycie energii, jako że ich produkcja jest bardziej energochłonna niż produkcja pasz. Konsumpcja energii, w szczególności paliw kopalnych, jest znacznie niższa w gospodarstwach organicznych w porównaniu do konwencjonalnych. Pominięcie sztucznych nawozów i zmniejszona ilość koncentratów paszowych w produkcji organicznej jest głównym powodem tej rozbieżności. Innym powodem jest pochodzenie paszy, która jest produkowana głównie w gospodarstwie, w ten sposób zużycie energii do transportu jest znikome [Cederberg i Flysjö 2004].

Kolejnym etapem, podczas którego wykorzystywana jest duża ilość energii jest przetwórstwo oraz pakowanie. Podczas tworzenia opakowań energia pobierana jest przy ekstrakcji i konwersji surowców oraz w trakcie transportu do zakładu przetwórczego. W trakcie przetwarzania prąd jest wykorzystywany do zastosowania maszyn, natomiast

paliwa kopalne - do procesu grzewczego. W ogniowach handlu oraz konsumpcji najwięcej energii zużywane jest na potrzeby chłodnictwa.

Zużycie wody

Konsumpcja wody występuje głównie na etapie pierwotnej produkcji produktów rolnych oraz gospodarstwa rolnego. Zużycie wody odnosi się do łącznej ilości wody, która jest odprowadzana z naturalnego cyklu hydrologicznego i stosowana do działań związanych z produkcją. Zużycie wody można podzielić na konsumpcję oraz utylizację. Konsumpcja wody dotyczy wody, która odparowuje, jest odprowadzana do innego działu wodnego lub włączana do produktu końcowego. Utylizacja wody jest związana z wodą, która po wykorzystaniu jest zwracana do działu wodnego, z którego została pobrana [Koehler 2008]. Zużycie wody obejmuje bezpośrednie stosowanie w produkcji mleka, a także pośrednie zużycie wody do produkcji paszy, elektryczności oraz paliw. Podczas fazy produkcji paszy większość wody wykorzystywana jest do nawadniania. Poziom konsumpcji oraz utylizacji wody na etapie produkcji oraz przetwórstwa mleka jest związany głównie z wytwarzaniem energii oraz produkcją paliw do transportu [Torcellini i in. 2003]. Kolejne etapy są związane jedynie z wykorzystaniem wody na cele energetyczne oraz transportowe.

Na potrzeby sektora związanego z hodowlą żywego inwentarza wykorzystywane jest ok. 8% światowych zasobów wodnych. Prawie całość (ok. 7%) wykorzystywana jest do nawadniania upraw paszowych i pastwisk. W przypadku produkcji paszy, należy wziąć pod uwagę region, w jakim jest wytwarzana (wilgotność gleby), ponieważ w regionach o gorszych warunkach klimatycznych (np. susze) należy częściej nawadniać uprawy. Mniej niż 1% wody jest stosowane do pojenia zwierząt⁵ oraz w ogniwie przetwórstwa. Największym konsumentem wody w przypadku łańcuch dostaw mleka jest ogniwo produkcji (gospodarstwa mleczne). Woda jest wykorzystywana do produkcji pasz, jako woda pitna oraz do czyszczenia m.in. urządzeń. Zużycie wody na produkcję 1 kg mleka na poziomie gospodarstw rolnych kształtuje się następująco: woda pitna (6 litrów), operacje czyszczące (\approx 2 litry) oraz etap produkcyjny (ok. 1,5 litra – głównie na potrzeby czyszczenia oraz płukania wodą). Natomiast do produkcji 1 kg sera całkowita ilość wody wynosi 6 litrów [Envirowise 2007]. Typ opakowania jest również ważnym czynnikiem, ponieważ determinuje jak wysokie może być zużycie wody.

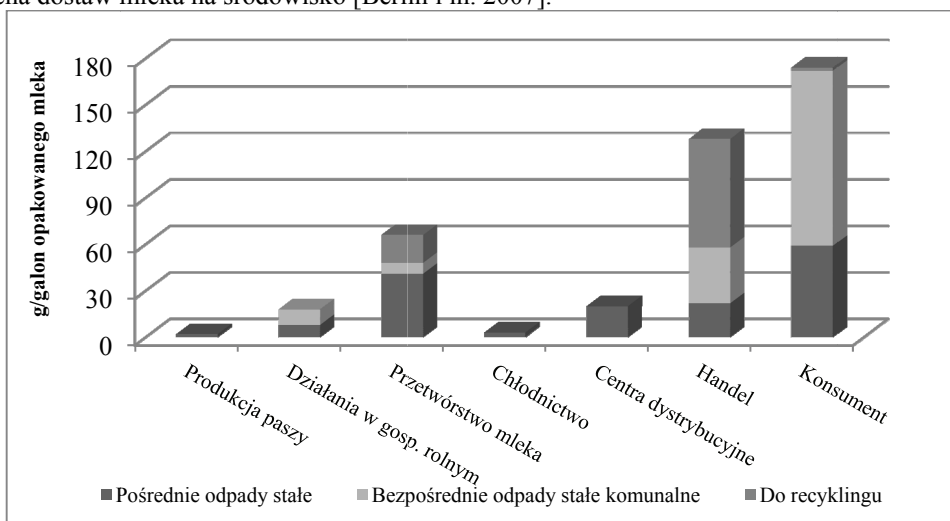
Gospodarstwa rolne, w których prowadzona jest hodowla krów mlecznych, oddziałują na środowisko na wiele sposobów. Głównymi czynnikami są zwiększone nakłady nawozów i pestycydów oraz zmiany w ich dystrybucji oraz terminie stosowania. Takie działania mogą przeciążać zdolności gleby do zatrzymywania składników odżywczych i substancji chemicznych oraz prowadzić do wycieku tych sztucznych substancji do szerszego środowiska, szczególnie do wód gruntowych, powodując lokalne procesy eutrofizacji. Problemy tego typu występują głównie w przypadku stosowania intensywnej hodowli [*The environmental impact...* 2000].

⁵ W produkcji mleka na zwierzę przypada rocznie 2056 m³ wody, co jest ilością przewyższającą zapotrzebowanie przeciętnego człowieka [Mekonnen i Hoekstra 2010].

Zarządzanie odpadami

Marnotrawstwo żywności pojawia się we wszystkich ogniwach łańcuchów żywności. Na etapie przetwórstwa wytwarzane są znaczne ilości stałych odpadów, które muszą być przetwarzane i usuwane w celu zminimalizowania zagrożenia dla środowiska naturalnego. Istnieją różne źródła stałych odpadów, takie jak: odpady opakowaniowe (karton, papier, plastik, tektura), odpady organiczne (osady, odrzucone produkty) oraz odpady biurowe. Odpady nieorganiczne nadają się zazwyczaj do recyklingu. Natomiast odpady organiczne mogą być używane jako składniki pasz oraz kompost. Istotnym miejscem tworzenia odpadów jest etap pakowania. Bardzo ważnym jest, aby zredukować wpływ tej fazy w całym łańcuchu dostaw, np. poprzez optymalizację projektów opakowań w celu zmniejszenia ilości zużytego materiału lub poprzez poprawę efektywności linii pakujących [DairyAustralia 2004]. Przyczyny powstawania odpadów są zróżnicowane, należy przy tym zwrócić uwagę, iż wiele produktów podlega łatwemu psuciu się. Jest to również główny problem występujący w przypadku produktów mlecznych, w szczególności mleka. Do innych źródeł należą także: brak koordynacji wzdłuż całego łańcucha, nieadekwatne pakowanie, złe warunki przechowywania, problemy konsumentów związane ze złym planowaniem kupowanych ilości produktów mlecznych.

W ogniwie przetwórstwa mleka (mleczarnie) dokonuje się starań mających na celu zwiększenie zróżnicowania produktów oraz zaproponowanie konsumentom szerszego wachlarza produktów [Berlin i in. 2007]. Konsekwencją nabywania przez konsumentów dużej liczby małych opakowań produktów mlecznych jest wytwarzanie coraz większej ilości odpadów. Stąd problem dużej ilości odpadów z produktów mlecznych na etapie konsumpcji, jak i przetwórstwa stanowi potencjał do zmniejszenia siły i skali oddziaływania łańcucha dostaw mleka na środowisko [Berlin i in. 2007].



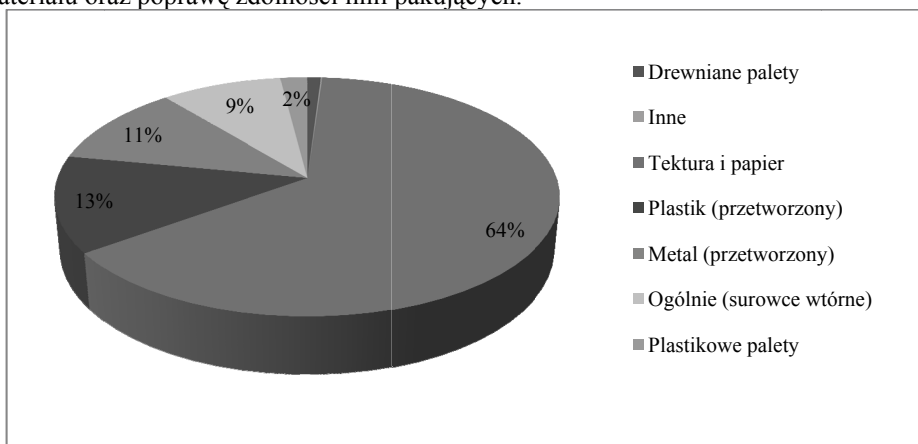
Rys. 3. Produkcja odpadów stałych w ciągu cyklu życia mleka

Fig. 3. Solid waste production along the milk life cycle

Źródło: [Heller i in. 2010], opracowanie własne.

Poziom wytwarzania odpadów wzdłuż całego łańcucha został przedstawiony na rysunku 3. Produkcja 1 litra pakowanego mleka generuje powstawanie 42,3g bezpośrednich odpadów, 41,2g pośrednich odpadów oraz 24,8 odpadów nadających się do recyklingu. Największa ilość odpadów jest produkowana przez konsumentów (71% pośrednich i 38% bezpośrednich odpadów stałych) oraz ogniwa handlu oraz przetwórstwa (głównie odpady związane z opakowaniami). W fazie przetwórstwa głównymi odpadami są papierowe ręczniki, które są używane do wycierania wymion. Na etapie handlu, przetwórstwa oraz konsumenta jedynie małe ilości odpadów nadają się do recyklingu.

Rodzaje odpadów wytwarzanych na etapie przetwórstwa zostały przedstawione na rysunku 4. Główną część odpadów stanowią tektura, papier oraz plastik⁶. Te odpady nadają się do recyklingu, tak więc istnieje tu potencjał do poprawy wpływu na środowisko naturalne. Stopień odzysku jest uzależniony od rodzaju i jakości materiałów, dlatego też konieczne jest zastosowanie standardów HACCP. Na przykład odpady lub odrzuty produktów mlecznych mogą zostać ponownie przetworzone, a plastikowe torby, które są stosowane do pakowania butelek mogą zostać ponownie wykorzystane do zbierania odpadów podczas fazy przetwórstwa [DairyAustralia 2004]. Inną możliwością jest zmniejszenie wpływu opakowań. Optymalne wykorzystanie opakowań powinno umożliwiać minimalizację ilości odpadów stałych, zawierać wydajne opakowania, które pozwalają na redukcję zużycia materiału oraz poprawę zdolności linii pakujących.



Rys. 4. Stałe odpady produkowane na etapie przetwórstwa

Fig. 4. Solid waste generation breakdown- manufacturers of dairy products

Źródło: [DairyAustralia 2004], opracowanie własne.

Kolejną opcją jest transferowanie odpadów organicznych na potrzeby produkcji pasz (np. odpady bogate w białko i tłuszcze) lub kompostowanie. Osady ściekowe mogą być stosowane jako nawozy lub kompost, ze względu na wysoką wartość odżywczą.

⁶ Jak podają Keoleian i Spitzley nieodpowiedni rodzaj wykorzystywanych opakowań może nawet siedmiokrotnie zwiększyć zużycie energii w ogniwach produkcji, przetwórstwa i transportu produktów mlecznych [Keoleian i Spitzley 1999].

Podsumowanie i wnioski

W artykule zidentyfikowano ogniwa łańcucha dostaw produktów mlecznych oraz przeanalizowano je pod względem oddziaływania na środowisko naturalne. Pod uwagę wzięto cztery obszary oddziaływania, a mianowicie globalne ocieplenie klimatu, zużycie energii, zużycie wody oraz gospodarkę odpadami.

W odniesieniu do pierwszego omawianego obszaru stwierdzono, że znaczną część gazów cieplarnianych - w porównaniu do pozostałych ogniwi łańcucha dostaw mleka emitują gospodarstwa rolnicze. Udział tego ogniwa w emisji gazów cieplarnianych wynosi prawie 60%.

Podobnie jak przy emisji gazów cieplarnianych, w ogniwie produkcji (tj. w gospodarstwach rolnych) zużywana jest największa ilość energii. Udział tego ogniwa w całkowitym zużyciu energii w łańcuchu dostaw mleka wynosi 40%.

Poziom konsumpcji oraz utylizacji wody na etapie produkcji oraz przetwórstwa mleka jest związany głównie z wytwarzaniem energii oraz produkcją paliw do transportu [Torcellini i in. 2003]. Kolejne etapy są związane jedynie z wykorzystaniem wody na cele energetyczne oraz transportowe. Na potrzeby sektora związanego z hodowlą żywego inwentarza wykorzystywane jest ok. 8% światowych zasobów wodnych. Prawie całość (ok. 7%) wykorzystywana jest do nawadniania upraw paszowych i pastwisk, a ok. 1% wody jest stosowane do pojenia zwierząt oraz w ogniwie przetwórstwa.

W kontekście ostatniego obszaru analiz, tj. zarządzania odpadami w łańcuchu dostaw mleka, stwierdzono, że największą ilość odpadów generują konsumenci (71% pośrednich i 38% bezpośrednich odpadów stałych) oraz ogniwo handlu oraz przetwórstwa (głównie odpady związane z opakowaniami).

Gospodarstwa rolnicze okazały się być ogniwem najbardziej zanieczyszczającym środowisko prawie we wszystkich omawianych w artykule obszarach. Stąd ogniwo rolnictwa staje się w tym zakresie zarówno polem do badań naukowych, jak i wdrażania innowacyjnych rozwiązań w praktyce.

Literatura

- Berlin, J. [2002]: Environmental LCA of Swedish Hard Cheese, *International Dairy Journal*, Vol. 12, s. 939-953.
- Berlin, J., Sonesson, U., Tillmann, A.M. [2007]: A life cycle based method to minimise environmental impact of dairy production through product sequencing, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 15, No. 4, s. 347-356.
- Cederberg, C., Flysjö, A. [2004]: Life cycle inventory of 23 dairy farms in south-western Sweden, The Swedish institute for food and biotechnology, Sweden.
- DairyAustralia. Eco-efficiency for the Dairy Processing Industry, Southbank Victoria [2004]: Dairy Australia, Victoria.
- Eide, M.H. [2002]: Life Cycle Assessment (LCA) of Industrial Milk Produktion, *International Journal of LCA*.
- Envirowise (Benchmarking water use in dairies), Oxfordshire [2007]: Harwell Science and Innovation Campus.
- Foster, C., Green, K., Bleda, M., Dewick, P., Evans, B., Flynn A., Mylan, J. [2006]: Environmental Impacts of Food Production and Consumption: A report to the Department for Environment, Food and Rural Affairs. Manchester Business School. Defra, London. [Tryb dostępu:] <http://www.ifr.ac.uk/waste/Reports/DEFRA-Environmental%20Impacts%20of%20Food%20Production%20%20Consumption.pdf>. [Data odczytu: sierpień 2013].
- Guignard, C., Vernoes, F., Leorincik, D., Jolliet, D. [2009]: Environmental and ecological impact of the dairy sector, *International dairy federation*, Brussel.

- Heller, M.C., Gough, J. S., Kolodzy, A., Marshall, B., Wilson, D., Keoleian, G. [2010]: Life-cycle water use, nutrient cycling and solid waste generation of a large-scale organic dairy, Conference on life cycle assessment in the agri-food sector, Bari.
- Keoleian, G.A., Spitzley, D.V. [1999]: Guidance for improving life cycle design and management of milk packaging, *Journal of Industrial Ecology*, Vol. 3, No. 1, s. 111-126.
- Koehler, A. [2008]: Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources, *International Journal of Life Cycle Assessment*.
- The Environmental Impact of Dairy Production in the EU: Practical options for the improvement of the environmental impact. Final report [2000], Centre for European Agriculture Studies and The European Forum on Nature Conservation and Pastoralism, CEAS 1779/BdB, April. [Tryb dostępu:] <http://ec.europa.eu/environment/agriculture/pdf/dairy.pdf>. [Data odczytu: czerwiec 2013].
- EUROSTAT [2013]: Milk and dairy production statistics. Portrait of the EU milk production sector. [Tryb dostępu:] http://epp.eurostat.ec.europa.eu/statistics_explained/index.php/Milk_and_dairy_production_statistics. [Data odczytu: sierpień 2013].
- Mekonnen, M.M., Hoekstra, A. [2010]: The green, blue and grey water footprint of farm animals and animal products, Unesco IHE.
- Nicks, B., Laitat, M., Farnir, F., Vandenheede, M., Canart, C. [2004]: Gaseous emissions in the raising of weaned pigs on fully slatted floor or on straw-based deep litter, *International Society for Animal Hygiene*, Liège.
- Torcellini, T., Long, N., Judkoff, R. [2003]: Consumptive water use for U.S. power production, U.S National Renewable Energy Laboratory.
- Tukker, A., Huppes, G., Guinee, J., Heijungs, R., de Koning, A., van Oers, L., Geerken, T., van Holderbeke, M., Jansen, B., Nielsen, P. [2005]: Environmental impact of products (EPIRO). Analysis of the life cycle environmental impacts related to the total final consumption of the EU25: Draft report. [Tryb dostępu:] http://ec.europa.eu/environment/ipp/pdf/eipro_summary.pdf. [Data odczytu: sierpień 2013].