

## ANALIZA CYKLU ŻYCIA OPAKOWAŃ W HANDLU JABŁKAMI W ASPEKCIE ODDZIAŁYWANIA NA ŚRODOWISKO NATURALNE

*Henryk Manteuffel Szoega, Agnieszka Sobolewska*

Katedra Ekonomiki Rolnictwa i Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych Szkoły  
Główniej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie  
Kierownik: prof. dr hab. Henryk Manteuffel

Słowa kluczowe: skrzynka kartonowa, skrzynka plastikowa, analiza cyklu życia, oddziaływanie na środowisko

*Key words: plastic box, cardboard box, life cycle assessment, environmental impact*

S y n o p s i s. Porównano oddziaływanie na środowisko naturalne w cyklu życia plastikowej skrzynki i odpowiadających jej pod względem użytkowym 48 skrzynek kartonowych używanych w handlu jabłkami. Do porównania wykorzystano specjalistyczne oprogramowanie komputerowe w postaci holenderskiego programu SimaPro. Oddziaływanie okazało się znacznie większe w przypadku skrzynek kartonowych, ze względu na ich tylko jednorazowe użycie.

### WPROWADZENIE

Analiza cyklu życia produktów jest głównie wykonywana w odniesieniu do ich oddziaływania na środowisko naturalne [Korzeń 2001]. Handel żywnością wymaga stosowania specjalnych opakowań. W tym zakresie Zarębska i Graczyk [2004] dokonały porównawczej analizy cyklu życia puszek do napojów wykonanych z blachy białej i blachy aluminiowej.

Polska jest światowym potentatem w produkcji i eksporcie jabłek. W handlu hurtowym i supermarketowym do ich opakowania stosowane są skrzynki, najczęściej o wymiarach 60x40x17 cm. Są one wykonane zazwyczaj z plastiku lub z kartonu. W niniejszej pracy dokonano porównania oddziaływania na środowisko naturalne w cyklu życia jednego i drugiego rodzaju opakowania. Do porównania użyto przeznaczonego do takich celów programu komputerowego SimaPro w wersji 7.1 autorstwa holenderskiego przedsiębiorstwa Pre Consultants i dołączonych do niego baz danych [Introduction... 2008].

### METODYKA

Program SimaPro daje możliwości oceny oddziaływania na środowisko naturalne wybranego produktu w ciągu jego cyklu życia (według potocznego sformułowania „od kołyski po grób”) lub tylko np. w czasie jego produkcji lub w czasie jego eksploatacji. Można też

ocenić wpływ danego procesu (ciągu czynności, np. stosowania danej technologii). Można również dokonać porównania między wieloma takimi obiektami [Introduction... 2008]. Cykl życia ocenianego obiektu (w programie nazywanego produktem) podzielony jest na trzy fazy. Pierwsza z nich to faza wytworzenia produktu, druga to faza jego eksploatacji, trzecia – to faza zagospodarowania odpadu poużytkowego lub rozbiórki czy też ponownego włączenia do użytkowania zastępczego.

W każdej fazie użytkownik musi modelowo zdefiniować rodzaj i ilości użytych materiałów, energii oraz zastosowanych procesów technologicznych, w szczególności jakiej wymagają dołączone do programu bazy danych. Dopuszczone jest przypisanie niektórych procesów tylko do części analizowanego obiektu.

Na podstawie tak zbudowanego modelu cyklu życia program oblicza, wykorzystując dołączone bazy danych, oddziaływanie ilościowe na środowisko naturalne w rozbiciu na poszczególne substancje chemiczne. Takie szczegółowe wyliczenie nazywa się „inwentarzem”. Oddziaływanie ma postać albo emisji tych substancji, albo poboru ich ze środowiska naturalnego. Te emisje i pobory grupowane są w cztery pola oddziaływania, mianowicie „powietrze”, „woda”, „gleba” i, jeśli chodzi o pobory, „surowce”.

Bazy danych załączone do programu zostały opracowane przez różne instytucje naukowe lub rządowe w krajach takich, jak Szwajcaria, Niemcy, Holandia, Dania, Stany Zjednoczone A.P. i Kanada. Odnoszą się więc do technologii, wymagań prawnych i praktyk gospodarczych stosowanych w krajach wysoko rozwiniętych, do poziomu których aspiruje aktualnie nasz kraj.

Oddziaływania na poziomie „inwentarza” jest następnie agregowane w 11 tzw. kategorii szkód środowiskowych, inaczej określanych jako „punkty pośrednie”. Następnie są one agregowane w kategorie oddziaływania określane jako „punkty końcowe”, a ostatecznie łączone w jeden wskaźnik syntetyczny.

Punkty końcowe nazywają się „zdrowie ludzkie” (składają się na niego kategorie szkód określane jako „rakotwórcze”, „nieorganiczne zagrożenia oddychania”, „organiczne zagrożenia oddychania”, „zmiana klimatu”, „promieniowanie”, „redukcja warstwy ozonowej”), „jakość środowiska” (składają się na niego „ekotoksyczność”, „zakwaszenie/eutrofizacja” i „zajęcie gruntu”) i „zużycie zasobów” (składają się na niego „minerały” i „paliwa kopalne”).

Kategorie szkód mogą być sumowane w kategorie syntetyczne (punkty końcowe), ponieważ są w każdej z grup wyrażone w takich samych jednostkach. W kategorii „zdrowie ludzkie” jednostką jest DALY (*disutility adjusted life years*), oznaczająca liczbę lat życia ludzkiego przeżytych w chorobie lub w ogóle straconych, w kategorii „jakość środowiska” PDF·m<sup>2</sup>·rok lub PAF·m<sup>2</sup>·rok (gdzie PDF oznacza potencjalnie utraconą część gatunków roślin, a PAF potencjalnie uszkodzoną część tych gatunków), w kategorii „zużycie zasobów” MJ nadmiernej energii, oznaczająca MJ dodatkowej energii potrzebnej w celu wykorzystania w przyszłości zastępczych, gorszej jakości, źródeł zaopatrzenia materiałowego lub energii.

Wyniki przetwarzane są też w sposób, który autorzy programu nazwali normalizacją. Oddziaływanie na środowisko w poszczególnych aspektach przyrównywane jest do wielkości oddziaływania danego rodzaju, jakiego średnio doświadcza (a zarazem powoduje) w jednym roku mieszkaniec Europy. Przeliczniki normalizacyjne w zastosowanej metodyce Eco-indicator 99 Europe E/E wynoszą dla kategorii szkód wyrażonych w jednostkach DALY 64,7, dla wyrażonych w jednostkach PDF/AF·m<sup>2</sup>·rok 0,000195, dla wyrażonych w jednostkach MJ nadmiernej energii 0,000168.

W celu porównania oddziaływania na środowisko w aspekcie różnych szkód środowiskowych wyniki muszą być wyrażone w jednakowych jednostkach. Takimi jednostkami są punkty oddziaływania. Poszczególne jednostki, specyficzne dla danego aspektu środowiskowego, opatrzone są więc w celu przeliczenia ich na punkty odpowiednimi przelicznikami, których wielkość różni się w różnych możliwych do wyboru metodykach oceny oddziaływania. W użytej metodyce Eco-indicator 99 Europe E/E są to dla poszczególnych kategorii szkód odpowiednio: dla wyrażonych w jednostkach DALY (rakotwórcze, nieorganiczne zagrożenia oddychania, organiczne zagrożenia oddychania, zmiana klimatu, promieniowanie, redukcja warstwy ozonowej) przelicznik 19400, dla wyrażonych w jednostkach PDF/PAF•m<sup>2</sup>•rok (ekotoksyczność, zakwaszenie/eutrofizacja, zajęcie gruntu) przelicznik 0,0975, dla wyrażonych w jednostkach MJ nadmiernej energii (minerały, paliwa kopalne) przelicznik 0,0336. Przeliczone punkty są wyniki po normalizacji.

W celu uzyskania pojedynczego syntetycznego wskaźnika oddziaływania można zsumować punkty odpowiadające trzem syntetycznym aspektom oddziaływania. Stosowane jest także ważenie wyników poszczególnych kategorii syntetycznych i wtedy wskaźnik ma postać sumy ważonej. Do tego celu użytkownik może użyć jednej z dołączonych do programu metodyk. W wykorzystanej w tej pracy powszechnie stosowanej metodyce Eco-indicator 99 Europe E/E, wersja z roku 2006, wagi wynosiły odpowiednio 300, 500 i 200.

## MODEL

Średnią długość życia technicznej skrzynki plastikowej oszacowano na 3 lata. W tym okresie skrzynka ta dokonuje 16 obrotów rocznie, czyli 48 obrotów handlowych. Po to, aby porównać oddziaływanie w cyklu życia, jako odpowiednik należało przyjąć 48 skrzynek kartonowych, które są używane jednorazowo.

Modele cyklu życia skrzynki jednego i drugiego typu zawarto w tabeli 1. Zawierają one także komplementarne z nimi cykle życia folii plastikowej, która jest używana do owijania pustych skrzynek, wykrojników i pełnych skrzynek przed załadowaniem ich do ciężarówki, żeby uchronić ustawiony na palecie ładunek przed rozsypaniem się<sup>1</sup>.

Używane przez program bazy danych odnoszą się głównie do warunków Zachodniej Europy i stąd zapewne powodują pewne niedoszacowanie oddziaływania na środowisko w warunkach naszego kraju, w którym dbałość o ekologiczną czystość materiałów i operacji jest na ogół dużo mniejsza. Uwaga ta nie odnosi się jednak do przedsiębiorstwa Fresh Fruit Services, z którego zaczerpnięto dane do modelu. Badane przedsiębiorstwo ściśle stosuje się do przepisów środowiskowych i sanitarnych Unii Europejskiej, gdyż eksportuje owoce do krajów UE i podlega corocznym audytom z wynikiem pozytywnym.

---

<sup>1</sup> Obecnie owijanie folią jest zastępowane coraz częściej przez spinanie ładunku taśmą plastikową.

Tabela 1. Materiały i procesy występujące w cyklu życia skrzynek handlowych na jabłka\*

Charakterystyka	Skrzynka plastikowa	Skrzynka tekturowa
Waga	1,5 kg	0,62 kg * 48
Faza produkcji		
Materiały		
skrzynka	polypropylene injection moulding E, 1,5 kg (propylen izotaktyczny)	48 (ekwiwalent 1 skrzynki plastikowej) Krafliner brown A B250, 0,57 kg Alkyd varnish ETHU, 0,01 kg (lakier) vinyl chloride ETHU (zastępczo), 0,04 kg (klej)
przekładki	polypropylene injection moulding E, 2,88 kg (0,06 kg * 48) (propylen izotaktyczny)	polypropylene injection moulding E, 0,06 kg (propylen izotaktyczny)
folia opakowaniowa	PET ETHU, 0,7 kg (1 raz pusta + 48 razy pełna skrzynka)	PET ETHU, 0,028571429 kg (1 raz pusta + 48 razy pełna skrzynka) PET ETHU, 0,001733193 kg (na 1 wykrojnik tekturowy)
Procesy		
produkcja, skrzynka	injection moulding I (PP, polipropylen)	production cardboard box I
produkcja, przekładki	injection moulding I (PP, polipropylen)	injection moulding I (PP, polipropylen)
produkcja, folia opakowaniowa	foil extrusion B250	foil extrusion B250
Faza eksploatacji		
Transport		
skrzynki	truck 28t ETHU, 1,4229744 tkm (pusta skrzynka i przekładki) truck 28t ETHU, 125,76 tkm (pełna skrzynka) electricity from coal B250, 0,525533184 kWh (do ładowania akumulatorów wózka widłowego)	truck 16t ETHU, 3,627552 tkm (wykrojniki tekturowe) truck 16t ETHU, 0,26784 tkm (producent skrzynek – hurtownia) truck 16t ETHU, 0,936 tkm (przekładki) truck 28t ETHU, 121,728 tkm (pełne skrzynki) electricity from coal B250, 0,525533184 kWh (do ładowania akumulatorów wózka widłowego)
folia opakowaniowa	truck 16t ETHU, 0,0044516571 tkm (producent – hurtownia) truck 16t ETHU, 0,004641143 tkm (producent skrzynek – hurtownia) truck 28t ETHU, 0,1371428571 tkm (hurtownia – platforma logistyczna – supermarket)	truck 16t ETHU, 0,14243521 tkm (producent folii – producent wykrojników ) truck 16t ETHU, 0,010840084 tkm (producent wykrojników – producent skrzynek) truck 16t ETHU, 0,040628571 tkm (producent folii – producent skrzynek) truck 16t ETHU, 0,06171429 tkm (producent skrzynek – hurtownia) truck 28t ETHU, 0,137142857 tkm (hurtownia – platforma logistyczna – supermarket)
Usuwanie odpadu		
pożytkowego		
skrzynka i przekładki	recycling only B250 avoided, 98% household waste NL B250 avoided, 1% landfill B250, 1%	recycling only B250 avoided, 90% household waste NL B250 avoided, 5% landfill B250 (98), 5%
folia opakowaniowa	recycling only B250 avoided, 100%	recycling only B250 avoided, 100%

\* nazwy materiałów i procesów zachowano w oryginale angielskim, żeby ułatwić ewentualną ich identyfikację.

Źródło: opracowanie własne.

## WYNIKI

Szczegółowe wyniki obliczeń modelowych zawarto są w tabelach 2, 3 i 4. Wpływ użycia poszczególnych materiałów i procesów na wynik końcowy oraz powiązania między nimi obrazują rysunki od 1 do 4. Rysunki te przedstawiają tylko najważniejsze wpływy i powiązania, elementy mniejszej wagi zostały pominięte po to, by zmniejszyć wielkość rysunków i je uczynić. Z cyklu życia skrzynek wyłączono jako osobne rysunki podporządkowane im w obliczeniach cykle życia folii opakowaniowej, gdyż jako stosunkowo mało istotne dla całości, byłyby w całości pominięte. Procentowe udziały w cyklach życia nie sumują się na najwyższym poziomie oddziaływania do 100% ze względu na wspomniane pominięcie mniejszych oddziaływań i powiązań. Także na niższych poziomach siatki mogą wystąpić liczby większe od 100%, gdyż niektóre substancje mogą być częściowo odzyskiwane w recyklingu. Recykling, jako odzysk zasobów, ma negatywne oddziaływanie ujemne.

Z tabeli 2 wynika, że pod każdym względem większe oddziaływanie na środowisko mają skrzynki kartonowe niż plastikowe. Największe względne różnice występują w redukcji warstwy ozonowej, najbardziej zbliżone są wyniki w kategorii zakwaszenie/eutrofizacja.

Tabela 2. Oddziaływanie na środowisko w cyklu życia skrzynek handlowych na jabłka

Szkoda środowiskowa	Jednostki	Skrzynka plastikowa	Skrzynka kartonowa
Rakotwórczość	DALY	0,00000315	0,00000479
Organiczne zagrożenia oddychania	DALY	0,000000210	0,000000709
Nieorganiczne zagrożenia oddychania	DALY	0,0000578	0,0000702
Zmiana klimatu	DALY	0,0000129	0,0000167
Promieniowanie	DALY	0,0000001,13	0,000000219
Redukcja warstwy ozonowej	DALY	0,000000502	0,000000877
Ekotoksyczność	PDF · m <sup>2</sup> · rok	3,0557414	3,303472
Zakwaszenie/eutrofizacja	PDF · m <sup>2</sup> · rok	2,2548212	2,859874
Zajęcie gruntu	PDF · m <sup>2</sup> · rok	2,0456486	2,122341
Minerały	MJ nadmiernej energii	0,49277231	0,60835
Paliwa kopalne	MJ nadmiernej energii	66,295308	92,25677

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 3. Oddziaływanie na środowisko w cyklu życia skrzynek handlowych na jabłka, wyniki poddane normalizacji i waznieniu w celu przeliczenia na punkty

Kategoria szkód środowiskowych	Wyniki po normalizacji		Wyniki po przeliczeniu na punkty	
	skrzynka plastikowa	skrzynka kartonowa	skrzynka plastikowa	skrzynka kartonowa
Rakotwórczość	0,000203728	0,00031	0,061118475	0,092919
Organiczne zagrożenia oddychania	0,0000136	0,0000459	0,004084124	0,013761
Nieorganiczne zagrożenia oddychania	0,003737113	0,004541	1,1211339	1,362239
Zmiana klimatu	0,000836838	0,001082	0,25105136	0,324647
Promieniowanie	0,00000729	0,0000142	0,002185787	0,004258
Redukcja warstwy ozonowej	0,00000325	0,0000568	0,000973966	0,01703
Ekotoksyczność	0,00059587	0,000644	0,29793479	0,322089
Zakwaszenie/eutrofizacja	0,00043969	0,000558	0,21984506	0,278838
Zajęcie gruntu	0,000398901	0,000414	0,19945074	0,206928
Minerały	0,0000828	0,000102	0,01655715	0,020441
Paliwa kopalne	0,011137612	0,015499	2,2275223	3,099828
Razem	x	x	4,4018576	5,742977

Źródło: opracowanie własne.

Z uwagi na średnie obciążenie mieszkańca Europy największe względne znaczenie ma zużycie paliw kopalnych, najmniejsze względne znaczenie ma promieniowanie i redukcja warstwy ozonowej (tab. 3, kolumna druga i trzecia). Należy pamiętać, że w istocie oddziaływania policzono dla trzyletniego okresu życia ekonomicznego skrzynek, a program normalizując odnosi wyniki do jednorocznego obciążenia (a zarazem powodowania szkód środowiskowych) mieszkańca Europy Zachodniej.

Tabela 4. Syntetyczne wskaźniki oddziaływania na środowisko w cyklu życia skrzynek handlowych na jabłka

Wyszczególnienie	Oddziaływanie na:		
	zdrowie ludzi	jakość ekosystemów	zużycie zasobów
Ważenie [pkt]			
skrzynka:			
kartonowa	1,814855	0,807854	3,120268
plastikowa	1,4405476	0,71723059	2,2440795
Suma oddziaływań znormalizowanych [-]			
skrzynka:			
kartonowa	0,00605	0,001616	0,015601
plastikowa	0,004801825	0,001434461	0,011220397
Suma oddziaływań nieważonych [pkt]			
skrzynka:			
kartonowa	0,0000935	8,285687	92,86512
plastikowa	0,0000742	7,3562112	66,78808

Źródło: opracowanie własne.

W trzech kategoriach syntetycznych także widać wyraźnie (tab. 4) zdecydowanie większe oddziaływanie skrzynek kartonowych w każdym przypadku. Największa różnica występuje w zużyciu surowców, co się tłumaczy, jak poprzednio, różnicą zużycia paliw w transporcie. Pokazna jest też różnica w oddziaływaniu na zdrowie ludzkie.

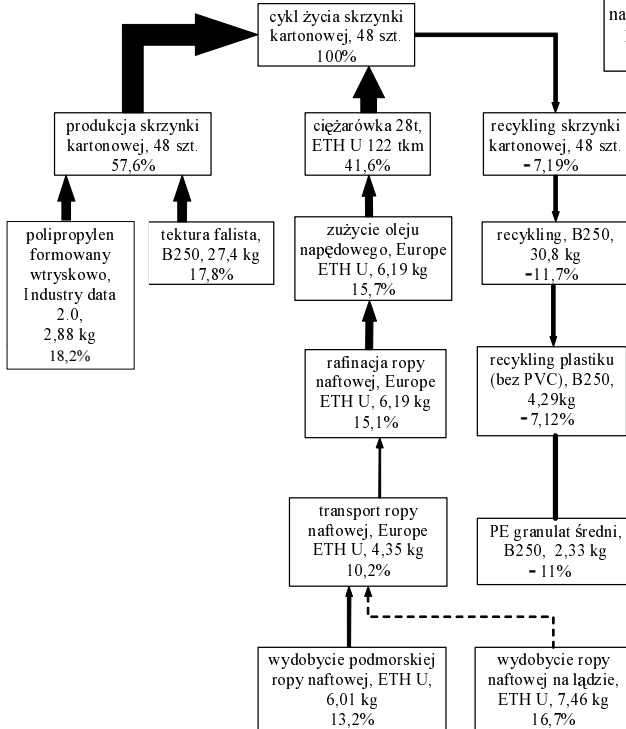
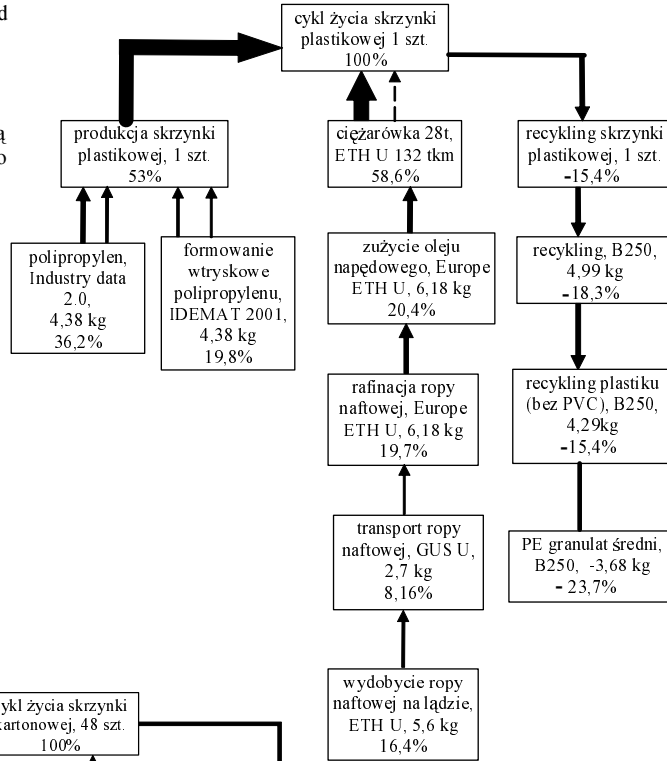
Ponieważ największe oddziaływania, a zarazem największe różnice między dwoma typami opakowań, wystąpiły w zużyciu paliwa spowodowanym potrzebami transportowymi, trzeba zaznaczyć, że wyniki uzależnione są mocno od wzajemnego oddalenia punktów w łańcuchu logistycznym. Badany przypadek jest dość typowy, gdyż hurtownia położona jest w największym w Polsce i w Europie centrum sadowniczym, a zaopatruje się w opakowania w dużych, a więc bardzo często występujących, punktach zaopatrzenia (produkcji). Położenie hurtowni w jednym z innych rejonów produkcji sadowniczej bez wątpienia wpłynęłoby jednak na wyniki.

Wnioski, jakie się nasuwają na podstawie analizy rysunków 1, 2, 3 i 4 można sformułować jako:

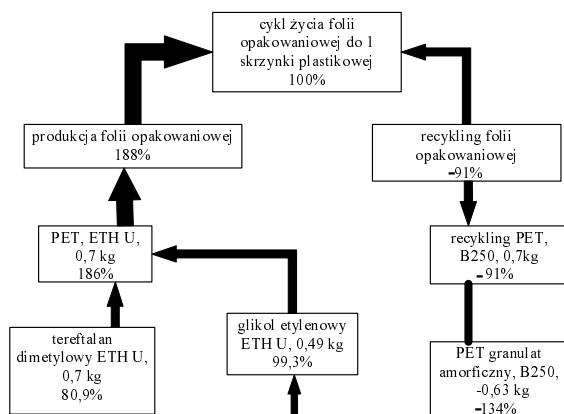
- oddziaływanie procesów produkcji skrzynek i późniejszego ich użytkowania są zbliżone pod względem wielkości,
- w produkcji skrzynek większe negatywne oddziaływanie mają użyte materiały niż technologiczne procesy produkcji,
- w czasie użytkowania skrzynek największe znaczenie na oddziaływaniu na środowisko ma transport drogowy; użycie folii opakowaniowej i transport na terenie hurtowni i platformy logistycznej mają dużo mniejsze znaczenie,
- w transporcie drogowym największe znaczenie ma spalanie oleju napędowego; zużycie ciężarówki i infrastruktury drogowej mają dużo mniejsze znaczenie.

Zużycie paliw kopalnych w transporcie ma, po przemnożeniu przez przeliczniki wagowe (tab. 3, kolumny czwarta i piąta), największe znaczenie spośród różnych kategorii oddziaływania. Wszystkie inne, poza nieorganicznymi zagrożeniami oddychania, są o jeden lub więcej rzędów wielkości mniejsze. Sumaryczny wynik punktowy wskazuje na wyraźne większe oddziaływanie skrzynek kartonowych (1,3 razy większe), o czym decyduje przede wszystkim różnica w zużyciu paliwa (wynika to głównie z większych potrzeb transportu nowych skrzynek, w tym wykrojników, których jest 48 razy więcej niż plastikowych).

Rysunek 1. Najważniejsze pod względem oddziaływania na środowisko elementy cyklu życia skrzynki plastikowej i ich udziały w oddziaływaniu. Symbole w opisach oznaczają nazwy baz danych użytych do określenia oddziaływania  
 Źródło: opracowanie własne.

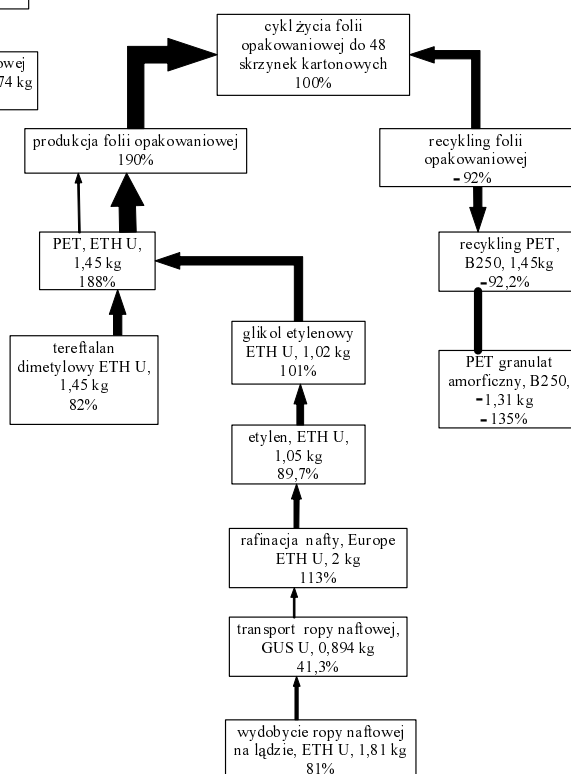


Rysunek 2. Najważniejsze pod względem oddziaływania na środowisko elementy cyklu życia skrzynki kartonowej i ich udziały w oddziaływaniu. Symbole w opisach oznaczają nazwy baz danych użytych do określenia oddziaływania  
 Źródło: opracowanie własne.



Rysunek 3. Najważniejsze pod względem oddziaływania na środowisko elementy cyklu życia folii opakowaniowej przy stosowaniu skrzynki plastikowej i ich udziały w oddziaływaniu. Symbole w opisach oznaczają nazwy baz danych użytych do określenia oddziaływania  
Źródło: opracowanie własne.

Rysunek 4. Najważniejsze pod względem oddziaływania na środowisko elementy cyklu życia folii opakowaniowej przy stosowaniu skrzynki kartonowej i ich udziały w oddziaływaniu. Symbole w opisach oznaczają nazwy baz danych użytych do określenia oddziaływania  
Źródło: opracowanie własne.





## PODSUMOWANIE

Skrzynki plastikowe używane w handlu jabłkami okazały się wywierać dużo mniejsze negatywne oddziaływanie na środowisko naturalne w porównaniu ze skrzynkami tekturowymi. Wynika to głównie ze stosunkowo dużej trwałości skrzynek plastikowych, podczas gdy skrzynki kartonowe są używane tylko jednorazowo. Ponieważ syntetyczne wyniki oceny mocno zależą od odległości pokonywanych w transporcie nowych pustych i pełnych skrzynek, wyniki mogą jednak przybierać różne wartości w zależności od wzajemnego usytuowania kolejnych ogniw w łańcuchu logistycznym.

## LITERATURA

- Cąderek T. 2008a: Opakowania warzyw i owoców. *Hasło Ogrodnicze*, nr 5.  
Cąderek T. 2008b: Opakowania – ważny element marketingu. *Hasło Ogrodnicze*, nr 5.  
Gadowski M. 2005: Jakość opakowań kartonowych. *Hasło Ogrodnicze*, nr 6.  
Introduction to LCA with SimaPro. 2008: PRe product ecology consultants, Amsterdam.  
Jąkowski C. 2005: Opakowania dla owoców i warzyw. *Hasło Ogrodnicze*, nr 6.  
Korzeniowski A., Skrzypek M. 2005: Ekologistyka zużytych opakowań. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.  
Korzeń Z. 2001: Ekologistyka. Instytut Logistyki i Magazynowania, Poznań.  
Śpiewak M. 2008: Zmiany na rynku opakowań produktów ogrodniczych w Polsce. *Hasło Ogrodnicze*, nr 5.  
Zarębska J., Graczyk M. 2004: Analiza komparatywna bilansów ekologicznych dla puszek z białej blachy i aluminium. *Recykling*, nr 11, 26-27.

*Henryk Manteuffel Szoega, Agnieszka Sobolewska*

## LIFE CYCLE ASSESSMENT OF ENVIRONMENTAL IMPACT FOR APPLE PACKING BOXES

## Summary

A comparison between cardboard and plastic boxes for apple packaging in the wholesale and retail trade has been drawn using the SimaPro computer programme for life cycle analysis. The environmental impact of using plastic cases was estimated much lower, mainly thanks to their repeated use.

Adres do korespondencji:

prof. dr hab. Henryk Manteuffel, dr inż. Agnieszka Sobolewska  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego

Katedra Ekonomiki Rolnictwa i Międzynarodowych Stosunków Gospodarczych  
ul. Nowoursynowska 166  
02-787 Warszawa

tel. (0 22) 593 41 04, 593 41 08

e-mail: henryk\_manteuffel@sggw.pl

e-mail: agnieszka\_sobolewska@sggw.pl

*Podziękowania*

Autorzy serdecznie dziękują współwłaścicielowi przedsiębiorstwa Fresh Fruit Services mgr inż. Marcinowi Hermanowiczowi za wywiad, który był głównym źródłem informacji potrzebnych do budowy modelu.