

Adam Sadowski<sup>1</sup>  
Uniwersytet Łódzki

## Zarys rozwoju logistyki zwrotnej

### Ogólne tendencje w rozwoju logistyki zwrotnej

Logistyka zwrotna stanowi stosunkowo nowy obszar badawczy, zarówno w warstwie teoretycznej, jak i empirycznej. W literaturze anglojęzycznej można spotkać takie pojęcia, jak dystrybucja odwrotna (*reverse distribution*), logistyka zwrotna (*return logistics*), odwrócona logistyka (*reversed logistics*) czy logistyka działająca wstecz (*retro logistics*), które w istocie odnoszą się do takich samych zagadnień<sup>2</sup>.

Logistyka zwrotna w sposób zasadniczy różni się od takich dziedzin, jak *zarządzanie odpadami*, które odnosi się głównie do skutecznego i efektywnego zbierania oraz prze-

twarzania odpadów. W zarządzaniu odpadami przyjmuje się, że pojęcie odpadów określa produkty, dla których nie istnieje nowe zastosowanie. Wypływa stąd wniosek, iż problemy z uściśleniem koncepcji logistyki zwrotnej oraz jej rozgraniczeniem w stosunku do innych, pokrewnych dziedzin nauki, sprowadzają się do rozumienia pojęcia *odpady* wraz ze wszystkimi wynikającymi z definicji konsekwencjami. Logistyka zwrotna dotyczy takich strumieni przepływów, w których istnieje możliwość odtworzenia wartości z wycofywanych produktów oraz sytuacji, gdy wyjście stanowi zasilenie dla nowego łańcucha dostaw.

Logistyka zwrotna różni się także od koncepcji *zielonej logistyki* (*green logistics*), która zajmuje się aspektami ochrony środowiska

naturalnego w całej działalności logistycznej, ze szczególnym zwróceniem uwagi na tradycyjne przepływy do przodu czyli od producenta do klienta<sup>3</sup>. Wiodące sprawy z zakresu ochrony środowiska w logistyce to wykorzystywanie nieodnawialnych źródeł naturalnych, emisje do powietrza, kongestia transportowa i użytkowanie dróg, nadmierne hałas oraz usuwanie odpadów, w tym także niebezpiecznych.

Problemy logistyki zwrotnej w życiu gospodarczym istniały od dawna. Jednak dopiero w latach siedemdziesiątych ubiegłego wieku w publikacjach zaczęły pojawiać się pojęcia precyzujące ich istotę. Były one przedstawiane w różnych ujęciach, stąd współczesna koncepcja logistyki zwrotnej może być uznana jako interdyscyplinarna

Tab. 1. Podstawowe kierunki rozwoju logistyki zwrotnej.

Rok (lata)	Autor	Punkt widzenia na logistikę zwrotną	Kierunki rozwoju logistyki zwrotnej
1974	J. Guiltinan, N. G. Nwokoye <sup>4</sup>	recykling	Kanały zwrotne w kontekście procesu recyklingu wyrobów.
1978	P. M. Ginter, J. M. Starling <sup>5</sup>	recykling	Kanały zwrotne zaprojektowane dla recyklingu.
1981 i następane	D. M. Lambert, J. R. Stock <sup>6</sup> P. R. Murphy (1986) <sup>7</sup> P. R. Murphy, R. P. Poist (1989) <sup>8</sup>	kierunek przepływu	Podkreślenie przeciwnego kierunku przepływów w stosunku do tradycyjnego strumienia przepływów. Podkreślenie „niewłaściwego” kierunku przepływu w stosunku do podstawowego strumienia przepływów.
1992	<i>Council of Logistics Management (CLM)</i> <sup>9</sup>	zarządzanie odpadami (aspekt odzysku)	Zdefiniowanie logistyki zwrotnej jako pojęcia często stosowanego w odniesieniu do roli logistyki w recyklingu, pozbywaniu się odpadów i zarządzaniu materiałami niebezpiecznymi. Szersze ujęcie logistyki zwrotnej obejmuje wszystkie działania związane z logistiką, wyrażające się w ograniczaniu stosowania surowców, recyklingu, zastępowaniu surowców, ponownym wykorzystaniu materiałów oraz pozbywaniu się odpadów.
1992	T. L. Pohlen, H. M. Farris <sup>10</sup>	zasady marketingu	Stwierdzenie, że logistyka zwrotna odnosi się do ruchu towarów od odbiorców do producenta w kanale dystrybucji.
1993	R. J. Kopicky, M. J. Berg, L. Legg, V. Dasappa, C. Maggioni <sup>11</sup>	zarządzanie odpadami, kierunek przepływu	Logistyka zwrotna jest szerokim pojęciem, odnoszącym się do zarządzania logistycznego i pozbywania się wszystkich rodzajów odpadów, w tym odpadów niebezpiecznych, których źródłem są opakowania i produkty. Obejmuje ona odwrotną dystrybucję, co powoduje, że produkty i informacje płyną w kierunku przeciwnym do tradycyjnych aktywności logistycznych.
1998 i następane	<i>The European Working Group on Reverse Logistics (REVLOG)</i> <sup>12</sup>	znaczenie logistyki jako podstawowego atrybutu działań w zakresie logistyki zwrotnej	Logistyka zwrotna jako proces planowania, kształtowania oraz kontrolowania zwrotnych przepływów surowców, zapasów produkcyjnych, opakowań oraz wyrobów gotowych ze sfery wytworzenia, dystrybucji lub miejsca użytkowania do miejsca odzysku lub miejsca całkowitego usunięcia
1999	D. S. Rogers, R. S. Tibben-Lembke <sup>13</sup>	cel oraz procesy logistyczne	Termin ten oznacza proces planowania, kształtowania, wdrażania i kontrolowania skutecznego, efektywnego kosztowo przepływu surowców, zapasów produkcyjnych, wyrobów gotowych i związanych z nimi informacji z miejsca przeznaczenia do miejsca pochodzenia w celu odzyskania wartości lub całkowitego usunięcia.

Źródło: opracowanie własne.

<sup>1</sup> Dr inż. Adam Sadowski, Zakład Logistyki, Instytut Ekonomik Stosowanych, Uniwersytet Łódzki. E-mail: asadowski@uni.lodz.pl (przyp. red.).

<sup>2</sup> Por. F. W. Melissen, A. J. de Ron, *Defining recovery practices – definitions and terminology*, International Journal of Environmentally Conscious Manufacturing and Design, Vol. 8 (2)/1999, s. 1-18. W jęz. niemieckim funkcjonuje pojęcie *Entsorgungslogistik* odnoszące się do koncepcji logistyki zwrotnej; zob. szerzej A. Rinschede, K. H. Wehking, *Entsorgungslogistik*, Tom I, II, III, Erich Schmidt Verlag, Berlin 1991.

<sup>3</sup> Por. J. P. Rodrigue, B. Snack, C. Comtois, *Green Logistics* [w:] A. M. Button, D. A. Henshe (red.) *The Handbook of Logistics and Supply Chain Management. Handbooks in Transport N. 2*, Pergamon/Elsevier, London 2001.

<sup>4</sup> J. Guiltinan, N. G. Nwokoye, *Reverse channels for recycling: An analysis for alternatives and public policy implications* [w:] R. G. Curhan (red.), *New Marketing for Social and Economic Progress. Combined Proceedings*, American Marketing Association.

<sup>5</sup> P. M. Ginter, J. M. Starling, *Reverse distribution channels for recycling*, California Management Review, Vol. 20 (3)/1978, s. 72-81.

<sup>6</sup> D. M. Lambert, J. R. Stock, *Strategic Physical Distribution Management*, Irwin, Homewood, IL. 1981.

<sup>7</sup> P. R. Murphy, *A preliminary study of transportation and warehousing aspects of reverse distribution*, Transportation Journal, Vol. 35 (4)/1986, s. 12-21.

<sup>8</sup> P. R. Murphy, R. P. Poist, *Managing of logistics retromovements: An empirical analysis of literature suggestions*, Transportation Research Forum, Vol. 29 (1)/1989, s. 177-184.

<sup>9</sup> J. R. Stock, *Reverse Logistics*, Council of Logistics Management, Oak Brook, IL 1992.

<sup>10</sup> T. L. Pohlen, H. M. Farris, *Reverse logistics in plastic recycling*, International Journal of Physical Distribution and Logistics Management, Vol. 22 (7)/1992, s. 35-47.

<sup>11</sup> R. J. Kopicky, M. J. Berg, L. Legg, V. Dasappa, C. Maggioni, *Reuse and Recycling: Reverse Logistics Opportunities*, Council of Logistics Management, Oak Brook. IL 1993.

<sup>12</sup> REVLOG, The European Working Group on Reverse Logistics; <http://www.fbk.eur.nl/OZ/REVLOG>.

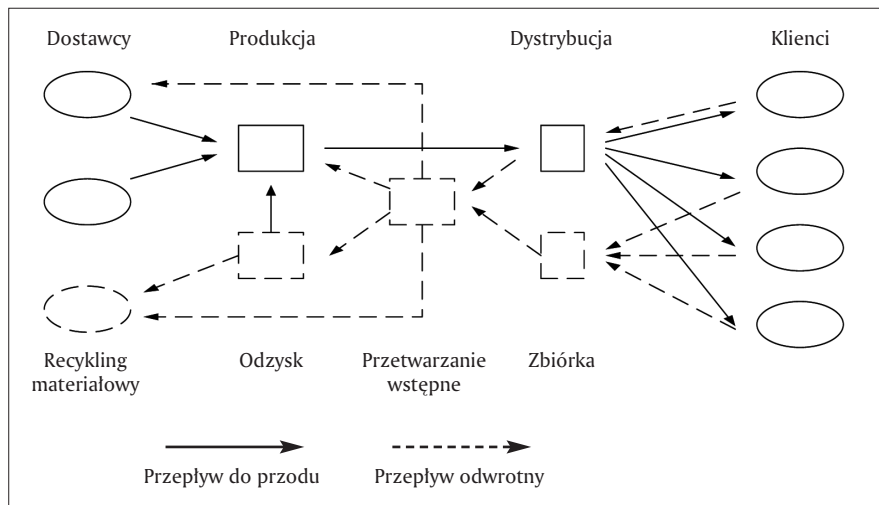
<sup>13</sup> D. S. Rogers, R. S. Tibben-Lembke, *Going Backwards: Reverse Logistics Trends and Practices*, Reverse Logistics Executive Council, Pittsburgh, PA 1999.



## Konceptcje i strategie logistyczne

dziedzina wiedzy logistycznej. Tabela 1 prezentuje ewolucję poglądów na logistykę zwrótną uwzględniając najważniejsze ujęcia koncepcji.

Najnowsze opracowania z zakresu logistyki zwrótniej opierają się głównie na definicji logistyki zwrótniej zaproponowanej przez REVLOG (por. tabela 1). Brak jest w niej odniesienia do miejsca przeznaczenia oraz miejsca pochodzenia. Powoduje to rozszerzenie zakresu stosowania logistyki zwrótniej. Obiektem zainteresowania mogą być przepływy zwrótnie obejmujące surowce, zapasy oraz wyroby gotowe, które nie były nigdy użyte i nie trafiły do sprzedaży. Sytuacja taka ma miejsce w przypadku dokonywania korekty poziomu i struktury zapasów części zamiennych na które nie ma na rynku popytu. Brak odwołania się w definicji do miejsca pochodzenia powoduje z kolei, że przepływ zwrótny może być kierowany do różnych miejsc odzysku, które nie muszą być pierwotnym miejscem pochodzenia. W ten sposób istnieje możliwość włączania przepływów zwrótnych do nowych łańcuchów dostaw. Inną, ważną konsekwencją takiego podejścia do logistyki zwrótniej, jest użycie sformułowania „przepływy zwrótnie”. Uwzględnienie w definicji odwrotnego kierunku przepływów wyklucza sytuacje, w których następuje odzysk w ramach przepływów do przodu<sup>14</sup>.



Rys. 1. Ramowy system logistyczny uwzględniający przepływy „do przodu” oraz odwrotne.  
Źródło: N. Bostel, P. Dejax, L. Zhiqiang.: *The Design, Planning, and optimization of reverse logistics networks* [w:] A. Langevin, D. Riopel: *Logistics systems: Design and optimization*, Springer, New York 2005, s. 173.

Definicja logistyki zwrótniej ulegała znaczącym zmianom w czasie, od momentu, kiedy zagadnienia logistyki zwrótniej pojawiły się po raz pierwszy na gruncie nauki oraz praktyki gospodarczej. Wychodząc od zagadnień związanych z recyklingiem, podkreślając w późniejszym okresie rozwoju aspekty związane z ochroną środowiska i ekologią, nastąpił ostatecznie powrót do początkowych filarów koncepcji przy jednoczesnym rozsze-

zeniu zakresu zainteresowań logistyki zwrótniej<sup>15</sup>.

## Systemy logistyki zwrótniej

Zintegrowany system logistyczny, uwzględniający przepływy w kierunku rynku oraz przepływy odwrotne, przedstawiono na rysunku 2.

<sup>14</sup> Na przykład pozbycie się przez przekazanie starego komputera sąsiadowi ma charakter przepływu do przodu. Ma tu miejsce również odzysk, ponieważ istnieje możliwość dalszego użytkowania komputera.

<sup>15</sup> Temat ewolucji pojęcia logistyki zwrótniej został zawarty w artykule z 2001 roku. Zob. D. S. Rogers, R. S. Tibben-Lembke, *An examination of reverse logistics practices*, *Journal of Business Logistics*, Vol. 22 (2)/2001, s. 129-248.



Węzły sieci przedstawiają działania logistyczne zarówno w kierunku rynku, jak i w przeciwnym, natomiast strzałki obrazują zachodzące przepływy. Projektowanie i zarządzanie taką zintegrowaną siecią jest trudniejsze w porównaniu do tradycyjnej sieci logistycznej, ograniczonej wyłącznie do przepływów w jednym kierunku. Wśród czynników wywołujących trudności w zarządzaniu można wskazać na dwa zasadnicze:

- jednoczesne istnienie wzajemnego oddziaływania dwóch rodzajów przepływów. Powoduje to konieczność uwzględnienia możliwości koordynacji i/lub integracji kolidujących ze sobą przepływów „do przodu” oraz odwrotnych,
- istnienie wielu niepewności dotyczących strumieni odwrotnych, takich jak: wybór metody odzysku, ilości i jakości odzyskiwanych produktów, czasu powtórnego przetworzenia.

Systemy logistyki zwrotnej mogą być klasyfikowane według różnych kryteriów. Na podstawie przeprowadzonych badań literaturowych, ze względu na relacje systemów z otoczeniem, można wyróżnić cztery rodzaje typowych sieci logistyki zwrotnej:

- bezpośrednia sieć ponownego wykorzystania: zwracane obiekty, takie jak palety, butelki i pojemniki zwrotne mogą być bezpośrednio wykorzystane bez dokonywania na nich zasadniczych operacji (wyłącznie mycie czy drobne naprawy). Są to systemy zamknięte, ponieważ przepływy do przodu są ściśle związane z przepływami odwrotnymi,
- sieć powtórnego wytwarzania: produkty po zakończonym okresie użytkowania lub eksploatacji, lub wymagające remontu, takie jak kserokopiarka czy silnik samolotu, są zwracane. Niektóre części lub elementy podlegają procesom regeneracji i mogą być zastosowane w charakterze nowych komponentów. Ten typ systemów jest również zaliczany do systemów zamkniętych, ponieważ procesy przywracające wartość użytkową produktów, które zakończyły cykl życia, są często realizowane przez pierwotnych producentów,
- sieć serwisowa (naprawcza): wadliwe produkty, takie jak artykuły trwałego użytku czy artykuły elektroniczne są

zwracane i naprawiane w centrach serwisowych. W tym typie sieci zachodzą bardzo nieliczne związki między przepływami do przodu i odwrotnymi, stąd ten typ sieci może być rozpatrywany jako system otwarty,

- sieć recyklingu: nieprzetworzone surowce (między innymi metale, szkło i papier) są poddawane recyklingowi. Operacje te są wykonywane przez wyspecjalizowane, niezależne organizacje odzysku, dlatego ten rodzaj sieci może być ujmowany jako system otwarty. W tej kategorii mieści się również zbieranie i usuwanie odpadów.

Wśród licznych zagadnień poruszanych w sferze praktyki gospodarczej w obszarze logistyki zwrotnej pojawiają się takie jak:

- struktura sieci logistyki zwrotnej
- współzależności zachodzące w systemie logistyki zwrotnej
- techniki kontroli zapasów
- planowanie i kontrola działań w obszarze odzysku
- systemy informacyjne zaprojektowane dla logistyki zwrotnej.

Zaznaczone wyżej problemy znalazły odzwierciedlenie w pracach badawczych opisujących praktyki przemysłowe w odniesieniu do konkretnych wyrobów<sup>16</sup>.

## Długookresowa analiza zamkniętych łańcuchów dostaw

Problemy długookresowego strategicznego zarządzania systemami logistyki zwrotnej ze względu na występowanie dużej liczby elementów systemu (zmiennych), większej w porównaniu do tradycyjnych systemów logistycznych oraz złożoność wzajemnych współzależności, stanowią jeden z najistotniejszych obszarów zainteresowania logistyki zwrotnej<sup>17</sup>. Określenie całkowitych efektów wprowadzania systemów zamkniętych umożliwi bowiem oszacowanie wpływu takich rozwiązań na środowisko naturalne poprzez redukcję ilości generowanych przez systemy ekonomiczne odpadów.

Ogólna metodologia badań dynamiki systemów – w tym systemów logistyki zwrot-

nej – obejmuje dwie fazy. Pierwsza z nich stanowi *jakościową* analizę systemu. W pierwszej kolejności buduje się model diagramu wpływu, a następnie przekształca się go w diagram strzałkowy. Druga faza stanowi *ilościową* analizę systemu. Pierwsza faza rozpoczyna się od identyfikacji celów systemu. Znany cel systemu umożliwia określenie najważniejszych zmiennych oraz granic systemu. Jakościowa faza koncepcyjna kończy się opracowaniem diagramu strzałkowego, który przedstawia strukturę modelu oraz współzależności między zmiennymi. Diagram strzałkowy przedstawia graficzny obraz modelu matematycznego. Na przykład zapis matematyczny przedstawiający rzeczywisty poziom dostępnych zapasów w chwili  $t$  jest następujący:

$$RPDZ(t) = \int_0^t [WP(t) - S(t)]dt - RPDZ(t_0),$$

gdzie:

- $RPDZ(t)$  – rzeczywisty poziom dostępnych zapasów w chwili  $t$ ,
- $WP(t)$  – wielkość produkcji,
- $S(t)$  – sprzedaż,
- $RPDZ(t_0)$  – rzeczywisty poziom dostępnych zapasów w chwili  $t_0$ .

Faza ilościowa w metodologii badań dynamiki systemów rozpoczyna się od projektowania modelu pozwalającego na dynamiczną symulację zachowania się systemu w czasie<sup>18</sup>. Następnie model symulacyjny jest poddawany weryfikacji i walidacji. Najczęściej na tym etapie dochodzi do wprowadzenia poprawek w modelu koncepcyjnym, w celu doprowadzenia do sytuacji, w której model dokładnie przedstawia badany system.

Po przeprowadzeniu obliczeń i zarejestrowaniu dynamicznych zachowań zmiennych, ostatnim krokiem jest wykorzystanie modelu do projektowania i oceny nowych zasad podejmowania decyzji oraz strategii, które mogłyby być zastosowane w systemach rzeczywistych. Może to być jedynie wykonane przy pomocy analizy wrażliwości modelu przez sprawdzanie możliwych wariantów rozwiązań.

<sup>16</sup> Logistyka zwrotna obejmuje dwa zasadnicze typy systemów logistycznych. Pierwszy typ jest określany pojęciem zamkniętej pętli łańcucha dostaw (*ang. closed-loop supply chain, CLSC*), co oznacza, że odpady wracają do tych samych procesów ekonomicznych. Drugi typ stanowią systemy *open-loop*, w których cyrkulacja obejmuje przechodzenie do kolejnych procesów ekonomicznych, w których produkty (odpady) znajdują nowe zastosowanie różniące się od pierwotnego. Takie systemy mają charakter systemów *quasi* zamkniętych.

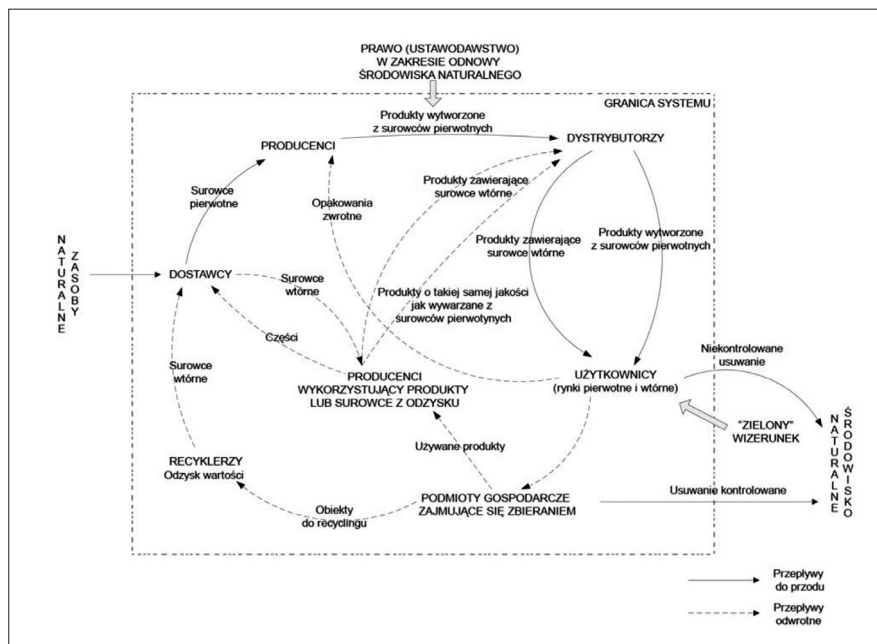
<sup>17</sup> Długookresowa analiza zamkniętych łańcuchów dostaw stanowi jedno z nowych pól badawczych logistyki zwrotnej, gdyż poza pracą odnoszącą się do opisu kolejnych kroków wdrażania strategii odzysku urządzeń do kopiowania nie istnieją kompleksowe opracowania w tym zakresie. Zob. M. Thierry, M. Salomon, J. A. E. van Nunen, L. N. van Wassenhove, *Strategic Issues in Product Recovery Management*, California Management Review, vol. 37 no. 2/1995, s. 114-135.

<sup>18</sup> Wykorzystuje się w tym celu specjalne oprogramowanie w postaci zaawansowanych programów do graficznej symulacji takich, jak *I-think* czy *Powersim* wspomagających tę fazę.

## Podęjsie systemowe

Integracja tradycyjnych oraz odwrotnych kanałów przepływów prowadzi do przekształcenia „jednokierunkowej” struktury sieci łańcucha dostaw w strukturę zamkniętą. Łącząc kanały, w których mają miejsce przepływy do przodu oraz odwrotne, rodzaje odzyskiwanych produktów, możliwości powtórnego wykorzystania, podmioty logistyki zwrotnej oraz bodźce stanowiące motywy do podejmowania działań, można uzyskać całkowity obraz sieci logistycznej obejmującej dwa rodzaje przepływów. Z tego względu metodologia stosowana do badania dynamiki systemów umożliwia systemowe (holistyczne) podejście, które może być wykorzystane do projektowania modeli dynamicznych i włączanie zarówno zmiennych ilościowych jak i jakościowych (na przykład świadomości ekologicznej użytkowników), opóźnień czasowych dla każdej czynności (na przykład czasu potrzebnego na zebranie produktów, czasu dostawy) oraz niepewności w postaci zmiennych (na przykład przewidywanego czasu zwrotu używanych produktów). Cel takiego podejścia do modelowania jest podwójny. Pierwszym celem jest zrozumienie dynamicznego zachowania się zintegrowanej sieci logistycznej, obejmującej przepływy do przodu oraz odwrotne przez ocenę efektów zaburzeń wywołanych przez środowisko zewnętrzne w systemie takich, jak wprowadzenie nowych uregulowań prawnych dotyczących środowiska naturalnego lub siły oddziaływania relacji występujących między elementami systemu. Przykładem może być określenie zależności występującej między liczbą zbieranych produktów a zdolnością systemu do ich powtórnego przetwarzania. Drugim celem jest rozwijanie narzędzia do przeprowadzania symulacji, które może być zastosowane w długookresowym projektowaniu polityki w zamkniętych łańcuchach dostaw występujących w rzeczywistości.

Badania dotyczące nowych zasad podejmowania decyzji, strategii i struktur, które mogłyby znaleźć zastosowanie w realnym świecie, mogą być przeprowadzone z punktu widzenia pojedynczego przedsiębiorstwa, *joint-venture* lub konkretnego sektora przemysłu. Istnieje również możliwość zaprojektowania i dokonania oceny polityk, których celem jest ochrona zdolności utrzymania się na rynku kanałów logistyki zwrotnej. Rysunek 2 stanowi podsumowanie prowadzonych rozważań, które zwróciły uwagę



Rys. 2. Podmioty zaangażowane w główne przepływy w zamkniętych łańcuchach dostaw.  
Źródło: opracowanie własne.

na możliwości wykorzystania metodologii dynamiki systemów do długookresowej analizy funkcjonowania zamkniętych łańcuchów dostaw. Przykłady długoterminowych decyzji, które mogą być badane, obejmują następujące zagadnienia<sup>19</sup>:

- stopień centralizacji w odwrotnym kanale logistycznym. Jak daleko posunięta powinna być centralizacja działań polegających na zbiorce produktów
- liczba poziomów w odwrotnym kanale logistycznym. Czy proces powtórnego przetwarzania i proces wytwarzania powinny być zintegrowane w ramach jednego systemu wytwarzania czy powinny być wykonywane w różnych miejscach
- planowanie zdolności produkcyjnej w ramach tradycyjnego kanału logistycznego lub odwrotnego. Jak wyglądają działania regulujące zdolność produkcyjną dla producenta w porównaniu z firmą zajmującą się przetwarzaniem odpadów, które poprawiają wydajność systemu
- zarządzanie zapasami w kanałach tradycyjnych i odwrotnych. Jakie są właściwe poziomy zapasów nowych produktów, produktów powtórnie przetworzonych o cechach nowego produktu czy w końcu produktów niższej jakości (klasy B)
- stopień współpracy między uczestnikami kanałów logistycznych. Jakie inicjatywy w ramach odwrotnej dystrybucji muszą być podjęte przez pojedyncze przedsiębiorstwo lub grupę firm, aby osiągnąć wyższy poziom skuteczności projektowania i w re-

zultacie działań operacyjnych zamkniętych łańcuchów dostaw

- projektowanie polityki wspierającej koncepcję zamkniętej pętli łańcucha dostaw. Jaki rodzaj prowadzonej polityki może przyczynić się do skutecznej współpracy między rządem, sferą biznesu oraz konsumentami.

Reasumując, należy stwierdzić, że koncepcja logistyki zwrotnej w polskiej literaturze logistycznej jest prezentowana w niewielkim zakresie. W chwili obecnej nie istnieje żadne zwarte opracowanie poświęcone logistyce zwrotnej, można natomiast spotkać bardzo nieliczne pozycje książkowe poświęcone logistyce odpadów czy ekologicznej. Podobna sytuacja ma miejsce w przypadku opracowań obcojęzycznych, gdzie zagadnienia logistyki i szeroko rozumianej ekologii – zrównoważonego rozwoju – są publikowane nie na łamach najważniejszych czasopism poświęconych logistyce, takich jak *International Journal of Physical Distribution and Logistics Management*, *Journal of Business Logistics*, *The International Journal of Logistics Management* oraz *Transportation Journal*, tylko w innych czasopismach<sup>20</sup>. Ekonomiczne podstawy koncepcji logistyki zwrotnej dają nadzieję na jej popularyzację i wdrażanie systemów logistyki zwrotnej przez przedsiębiorstwa, gdyż można w ten sposób uzyskać wymierne korzyści w postaci redukcji kosztów pozyskiwania surowców czy poprawę wizerunku firmy i tym samym uzyskać trwałą przewagę konkurencyjną.

<sup>19</sup> P. Georgiadis, G. Tagaras, D. Vlachos, *Long-term Analysis of Closed-loop Supply Chains* [w:] R. Dekker, M. Fleischmann, K. Inderfurth, L. N. van Wassenhove (red.), *Reverse Logistics. Quantitative Models for Closed-Loop Supply Chains*, Springer, Berlin Heidelberg 2004, s. 321-322.

<sup>20</sup> Zob. szerzej S. M. Abukhader, G. Jönson, *Logistics and the Environment: Is it an Established Subject?*, *International Journal of Logistics*, Vol. 7, No 2, June 2004.