

Dariusz PYZA

Politechnika Warszawska
Wydział Transportu
Zakład Logistyki i Systemów Transportowych
00-662 Warszawa, ul. Koszykowa 75
e-mail: dpz@it.pw.edu.pl

WYBRANE ASPEKTY RACJONALIZACJI SYSTEMÓW PRZEWOZOWYCH W ŁAŃCUCHU DOSTAW PRZY OGRANICZONYCH ZASOBACH

Streszczenie:

Nieodłącznym elementem wspomagającym proces przepływu towarów w łańcuchu dostaw jest transport, który bezpośrednio wpływa na sprawność realizowanych procesów logistycznych. Niezbędne, zatem staje się określenie związków transportu z otoczeniem wyrażających się w wielkości zapotrzebowań na usługi przewozowe zgłaszane przez otoczenie oraz sposobu ich realizacji przez system transportowy. Zasoby definiowane, jako czynniki wytwórcze posiadane lub kontrolowane przez firmę, również firmę transportową, determinują realizację zadań przewozowych i wpływają na racjonalizację systemu przewozowego. W artykule przedstawiono wybrane aspekty racjonalizacji systemów przewozowych w łańcuchu dostaw przy ograniczonych zasobach, jakimi w rzeczywistości dysponuje firma transportowa. Uwzględniając wielkość zadań przewozowych oraz zasoby, jakimi dysponuje firma zaproponowano metodologię formułowania zadania optymalizacyjnego w aspekcie organizacji systemu przewozowego. Ponadto w artykule przedstawiono również studium przypadku dotyczące racjonalizacji systemu przewozowego przy ograniczonych zasobach, jakim dysponuje firma.

Słowa kluczowe: łańcuch dostaw, system przewozowy, zasoby firmy.

WSTĘP

Prowadzenie działalności gospodarczej w ramach, której uwzględniać należy reguły gospodarki rynkowej oraz dużą konkurencję, wymusza na przedsiębiorstwach transportowych poszukiwanie sposobów obniżania kosztów logistycznych. Koszty logistyczne, które powstają w realizowanych przez przedsiębiorstwa transportowe procesach logistycznych zdefiniować można, jako wyrażone w pieniądzu zużycie pracy, środków i przedmiotów pracy, wydatki finansowe oraz inne ujemne skutki zdarzeń nadzwyczajnych, które są wywołane przepływem dóbr materialnych w przedsiębiorstwie, a także utrzymaniem zapasów [27]. Klasyfikacja kosztów logistycznych może być dokonywana w różnych przekrojach ewidencyjnych. Podział strukturalny kosztów może mieć różne cele zarówno poznawcze, jak i praktyczne. Istotnym czynnikiem mającym wpływ na koszty logistyczne przedsiębiorstwa transportowego jest wielkość zasobów, jakimi one dysponuje. Pod pojęciem zasobów należy rozumieć czynniki wytwórcze posiadane lub kontrolowane przez firmę, również firmę transportową, które determinują realizację zadań przewozowych i wpływają na racjonalizację systemu przewozowego. Zatem zasadne staje się poszukiwanie takich rozwiązań, które z jednej strony umożliwiałyby racjonalizację systemów przewozowych w łańcuchu dostaw z drugiej zaś możliwość realizacji popytu na usługi przewozowe wykorzystując zasoby, jakimi dysponuje przedsiębiorstwo.

1. PRZEGLĄD LITERATUROWY

Problem wyznaczania optymalnych tras przewozu jest przedmiotem szeregu opracowań zarówno w literaturze polskiej jak i zagranicznej i nosi on nazwę problemu wyznaczania tras pojazdów (ang. *Vehicle routing problem VRP*). Zagadnienie to jest rozwinięciem problemu komiwojażera (ang. *Travelling Salesman Problem TSP*), który szczegółowo opisany został m. in. w pracach [5],[7],[15], [17]. Różnica między problemem wyznaczania tras pojazdów i problemem komiwojażera polega na tym, że w problemie *VRP* uwzględnia się zasoby, jakimi dysponuje firma. Zasobami tymi są m. in.: liczba pojazdów lub ich ładowność. Wynika to z faktu, że w rzeczywistości firmy transportowe dysponują ograniczonymi zasobami, które mogą wykorzystywać do realizacji procesów przewozowych. Typowymi problemami, jakie występują w przedsiębiorstwach transportowych w aspekcie organizacji przewozów są m.in. [1], [7],[11],[12],:

- niesymetryczność kosztów transportu (*koszt transportu towaru z miejscowości A do miejscowości B jest inny niż z miejscowości B do miejscowości A*);
- różne charakterystyki pojazdów (*ładowność pojazdu, pojemność pojazdu lub liczba kursów wykonywanych przez pojazdy w jednostce czasu itp.*);
- czas realizacji trasy dla danego pojazdu zależny od dobowego czasu pracy kierowcy;
- wielorodzajowość towarów transportowanych od dostawców do odbiorców;
- itp.

Po raz pierwszy aspekt praktyczny zagadnienia *VRP* został przedstawiony przez G. B. Dantziga w 1959 roku w pracy [11], w której opisany został problem dostawy paliwa do stacji benzynowych realizowany przez Atlantic Refining Company. Problematyka tych zagadnień ulegała modyfikacji, co sprawia, że obecnie można wyróżnić kilka odmian problemu *VRP*, wśród których wyróżniamy [30]:

- *Capacitated and Distance-Constrained VRP (CVRP)*;
- *VRP with Time Windows (VRPTW)*;
- *The VRP with Backhauls (VRPB)*;
- *The VRP with Pickup and Delivery (VRPPD)*.

Do rozwiązywania ww. problemów wykorzystuje się różne algorytmy optymalizacyjne zastosowanie, których daje lepsze lub gorsze wyniki. Algorytmy te można sklasyfikować w dwóch grupach: heurystyki klasyczne oraz metaheurystyki. Wśród heurystyk klasycznych wyróżnia się heurystyki konstrukcji tras [10], [13] oraz heurystyki ulepszania tras [6],[20], [21]. Wśród algorytmów metaheurystycznych wykorzystywanych w problemach *VRP* wyróżnia się algorytmy: genetyczne [28], [29], symulowanego wyżarzania [9], tabu-search [14] lub algorytmy mrówkowe [8].

2. SYSTEMY PRZEWOZOWE W ŁAŃCUCHU DOSTAW

Logistyczny łańcuch dostaw stanowi ciąg organizacyjno-technologiczny, wiążący działania produkcyjne oraz konsumpcję z fazami przewozu, przeładunku, zaopatrzenia i składowania [26]. Zatem wykorzystując nowoczesne technologie i środki transportu oraz systemy telematyczne, logistyczny łańcuch dostaw zapewnia płynny i bezkolizyjny przepływ dóbr z miejsc wytwarzania do miejsc konsumpcji. Potrzeby transportowe dóbr występujące w łańcuchu dostaw są konsekwencją popytu na te dobra. Ponadto wtórny charakter popytu na usługi transportowe należy utożsamiać z właściwością ekonomiczną transportu, którą jest

zdolność do kreowania czasowej i przestrzennej wartości użytkowej dóbr. Czasowa wartość użytkowa dóbr wyznaczana jest przez ściśle określony moment czasu, w którym pojawia się na nie popyt i w którym wobec tego muszą się one pojawić. Osiąganie wartości użytkowej warunkowane jest z kolei pojawieniem się dokładnie w tym miejscu skąd generowane są sygnały o istniejącym popycie[4], [26]. Osiąganie wartości użytkowej dóbr możliwe jest tylko dzięki pokonywaniu luk przestrzennych oraz czasowych realizowanych w ramach procesów transportowych.

Proces transportowy, stanowiący podstawowy proces produkcyjny transportu, obejmuje zespół działań organizacyjnych, wykonawczych i administracyjnych, realizowanych przez wyspecjalizowanych pracowników w ściśle określonej kolejności, z użyciem środków transportowych w celu przemieszczania ładunków w ściśle określonych relacjach[22]. W każdym, nawet najprostszym procesie transportowym występuje podstawowy jego element, jakim jest proces przewozowy. Na proces przewozowy składają się czynności związane z naładunkiem, przewozem i wyładunkiem, traktowane, jako fazy produkcyjne procesu przewozowego.

Rola transportu w realizacji procesów logistycznych jest zróżnicowana i wynika z obszarów funkcjonalnych logistyki, w których transport jest wykorzystywany. W podsystemie logistyki zaopatrzenia transport umożliwia przemieszczanie dóbr zaopatrzeniowych z miejsca ich pozyskania lub produkcji do miejsca realizacji procesu produkcyjnego, stwarzając tym samym zapewnienie właściwego procesu produkcyjnego zgodnie z jego właściwościami technologicznymi i organizacyjnymi. W podsystemie logistyki produkcji transport umożliwia realizację procesu produkcyjnego zgodnie z jego właściwościami technologicznymi i organizacyjnymi, poprzez dostawę dóbr stanowiących komponenty procesu produkcyjnego we właściwym miejscu i czasie. W podsystemie logistyki dystrybucji transport umożliwia realizację sprzedaży dóbr będących rezultatem finalnym procesu produkcyjnego na rynkach zbytu oraz dostawę tych dóbr do miejsca ich przeznaczenia. Zatem transport realizuje funkcję produkcyjną – oznaczającą zaspakajanie potrzeb produkcyjnych przez świadczenie usług transportowych, tzn. przez stworzenie warunków działalności gospodarczej, jej stymulację oraz wpływ na funkcjonowanie rynku i wymianę towarową. W tym aspekcie w obszarze transportu podejmowanych jest szereg decyzji mających wpływ na realizację procesu transportowego. Sytuacje te nazywamy sytuacjami decyzyjnymi, a osobę podejmującą decyzję decydentem. Warunki, w jakich decydent podejmuje decyzje zazwyczaj nie pozwalają na wybór decyzji dowolnej. Podyktowane jest to różnymi warunkami ograniczającymi np.: ograniczona wielkość zasobów – pojazdów samochodowych, maszyn i urządzeń, założony czas realizacji zadania, itp., które wpływają na decyzję decydenta. W takim przypadku decyzję zgodną z warunkami ograniczającymi nazywa się decyzją dopuszczalną. W zbiorze decyzji dopuszczalnych nie wszystkie decyzje są równie dobre dla rozpatrywanego problemu decyzyjnego. Wybór decyzji optymalnej wymaga przyjęcia określonego kryterium, według którego oceniamy decyzję, jako lepszą lub gorszą. Kryterium to nazywamy będziemy kryterium wyboru – oceny, a decyzję podjętą z punktu przyjętych kryteriów decyzją optymalną.

Projektowanie systemów przewozowych jest wieloetapowym procesem decyzyjnym, którego celem jest taka organizacja procesów przewozowych, która pozwoli na obniżenie (minimalizację) kosztów transportu przy jednoczesnej realizacji wymagań dotyczących poziomu logistycznej obsługi klienta. Osiągnięcie tak postawionego celu jest niezwykle trudne, gdyż w wielu przypadkach wiąże się to ze sprzecznymi celami usługodawcy i usługobiorcy usług transportowych.

Procesy przewozowe w łańcuchu dostaw mogą być realizowane w oparciu o: system przewozowy dostaw bezpośrednich, scentralizowany system przewozowy lub wieloszczeblowy system przewozowy o strukturze zdecentralizowanej.

3. MATEMATYCZNE UJĘCIE PROBLEMU RACJONALIZACJI SYSTEMU PRZEWOZOWEGO PRZY OGRANICZONYCH ZASOBACH

Współczesne przedsiębiorstwo transportowe jak, każdy podmiot gospodarczy dysponuje określonymi zasobami, które wpływają na racjonalizację realizacji zadań przewozowych. Wielkość zasobów musi być adekwatna do realizowanych zadań przewozowych, które wpływają na koszty logistyczne przedsiębiorstwa i jego konkurencyjność na rynku. Istotne, zatem staje się poszukiwanie takich rozwiązań, które umożliwiłyby spełnienie wymagań klienta z jednej strony oraz racjonalizowałyby wielkość zasobów przedsiębiorstwa z drugiej. Problem tego typu w literaturze jest utożsamiany z problemem komiwojażera o ograniczonych zasobach i dotyczy budowy takich tras, które umożliwiają rozwózkę towarów w taki sposób, aby nie zostały przekroczone ich limity. Szczegółowy opis formułowania ww. problemu dla transportu towarów wieloasortymentowych przedstawiono m.in. w pracach [23], [24]. Ogólnie problem możemy sformułować następująco: należy wyznaczyć wartości zmiennych decyzyjnych $x_{o^i, o^j}^{p^n}$, $o^i \in \overline{0, I}$, $o^j \in \overline{0, I}$, $p^n \in \overline{0, N}$, spełniających ograniczenia (4.1)÷(4.11), tj.:

$$\sum_{o^i: i=0}^I \sum_{p^n: n=1}^N x_{o^i, o^j}^{p^n} = 1, \forall o^j : j = \overline{0, I} \quad (4.1)$$

$$\sum_{o^j: j=0}^I \sum_{p^n: n=1}^N x_{o^i, o^j}^{p^n} = 1, \forall o^i : i = \overline{0, I} \quad (4.2)$$

$$\sum_{o^i: i=0}^I x_{o^i, o^w}^{p^n} - \sum_{o^j: j=1}^I x_{o^w, o^j}^{p^n} = 0, \forall p^n : n = \overline{0, N}, \forall o^w : w = \overline{0, I} \quad (4.3)$$

$$\sum_{o^i: i=0}^I \sum_{r^k: k=1}^K b_{o^i}^{r^k} \cdot \sum_{o^j: j=1}^I x_{o^i, o^j}^{p^n} \leq q_{p^n}, \forall p^n : n = \overline{0, N}, \forall r^k : k = \overline{0, K} \quad (4.4)$$

$$\sum_{o^i: i=0}^I \sum_{r^k: k=1}^K b_{o^i}^{r^k} \cdot \sum_{o^j: j=1}^I x_{o^i, o^j}^{p^n} \leq g_{p^n}, \forall p^n : n = \overline{0, N}, \forall r^k : k = \overline{0, K} \quad (4.5)$$

$$\sum_{o^i: i=0}^I \delta 1_{o^i}^{p^n} \cdot \sum_{o^j: j=1}^I x_{o^i, o^j}^{p^n} + \sum_{o^i: i=0}^I \sum_{o^j: j=0}^I \delta 3_{o^i, o^j}^{p^n} x_{o^i, o^j}^{p^n} \leq T_{p^n}, \forall p^n : n = \overline{0, N} \quad (4.6)$$

$$z_{o^i} - z_{o^j} + I \cdot \sum_{p^n: n=1}^N x_{o^i, o^j}^{p^n} \leq I - 1, 0 \leq o^i \neq o^j \leq I, z_{o^i}, z_{o^j} \in \mathfrak{R}^+ \quad (4.7)$$

$$\varepsilon_{o^i}^{p^n} = x_{o^i, o^j}^{p^n} \cdot \max \{ \varepsilon_{o^i}^{p^n} + \delta 3_{o^i, o^j}^{p^n}, t_{o^j}^{p^n} \} + \delta 2_{o^j}^{p^n}, i, j = \overline{0, I}, \forall p^n : n = \overline{0, N} \quad (4.8)$$

$$\varepsilon_{o^0}^{p^n} \geq t_{o^0}^{p^n}, \forall p^n : n = \overline{0, N} \quad (4.9)$$

$$t_{o^j}^{p^n} \leq \varepsilon_{o^j}^{p^n} - \delta 1_{o^j}^{p^n} \leq t_{o^i}^{p^n}, \forall o^j : i = \overline{0, I}, \forall p^n : n = \overline{0, N} \quad (4.10)$$

$$x_{o^i, o^j}^{p^n} \in \{0, 1\}, i, j = \overline{0, I}, \forall p^n : n = \overline{0, N} \quad (4.11)$$

które warunkują minimalizację funkcji kryterium zapisanej, jako:

$$f(X) = \sum_{o^i: i=0}^I \sum_{o^j: j=0}^I \sum_{p^n: n=0}^N d_{o^i, o^j} x_{o^i, o^j}^{p^n} \quad (4.12)$$

W wyniku rozwiązania problemu otrzymujemy identyfikację tras oraz długości tras, jaką pokonują pojazdy samochodowe realizując zadania przewozowe. W dalszych obliczeniach uzyskujemy: czas realizacji zadania przewozowego oraz sumaryczny czas zaangażowania wszystkich pojazdów samochodowych. Ponadto uzyskujemy wskaźniki rozproszenia dostaw

dla poszczególnych tras oraz wskaźniki stopnia wykorzystania pojazdów samochodowych. Koszty transportu ponoszone w związku z realizacją zadań przewozowych obliczymy z zależności:

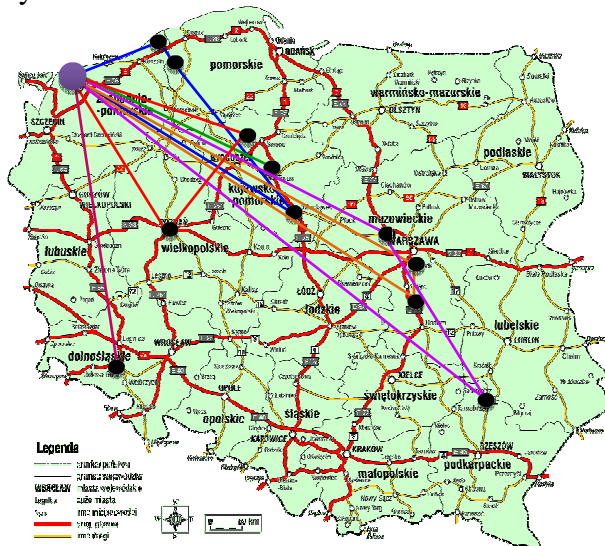
$$KT = \sum_{p^n:n=1}^N \sum_{v^u:u=1}^U LK_{p^n}^{v^u} \cdot c_{p^n}^{v^u} \quad (4.16)$$

gdzie: $LK_{p^n}^{v^u}$ - liczba kilometrów pokonywana przez p^n -ty pojazd samochodowy realizujący v^u -te zadanie przewozowe; $c_{p^n}^{v^u}$ - koszt jednego kilometra dla p^n -tego pojazdu samochodowego realizującego v^u -te zadanie przewozowe.

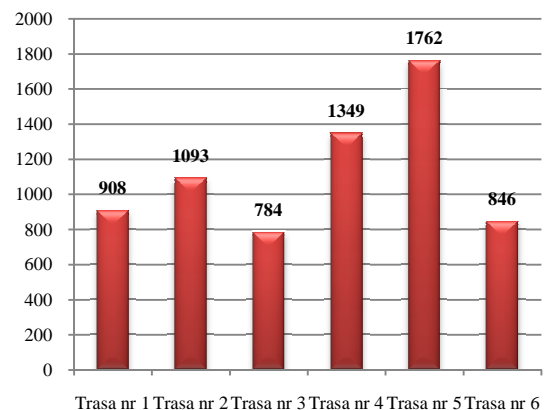
4. STUDIUM PRZYPADKU

4.1 Identyfikacja problemu decyzyjnego

Weryfikację metodyki dotyczącej racjonalizacji systemu przewozowego przy ograniczonych zasobach przeprowadzono na przykładzie firmy transportowej świadczącej usługi w zakresie dostaw towarów dla odbiorców rozproszonych na terenie Polski (rys. 1). Przewozy realizowane są w oparciu o magazyn dystrybucyjny zlokalizowany w Dziwnowie. Firma specjalizuje się głównie w transporcie materiałów niebezpiecznych na wszystkich obsługiwanych kierunkach wg umowy ADR. Odbiorcy firmy zlokalizowani są w miejscowościach: Poznań, Świecie, Słupsk, Wałbrzych, Toruń, Wieszyno, Piaseczno, Solec, Legionowo, Stalowa Wola, Włocławek. Łączna długość tras wynosi 6742 km, szczegółowe charakterystyki tras przedstawiają się następująco: trasa nr 1: Dziwnów – Wałbrzych – Dziwnów (908 km); trasa nr 2: Dziwnów – Słupsk – Wieszyno – Włocławek – Dziwnów (1093 km); trasa nr 3: Dziwnów – Toruń – Dziwnów (784 km); trasa nr 4: Dziwnów – Solec – Piaseczno – Dziwnów (1349 km); trasa nr 5: Dziwnów – Legionowo – Stalowa Wola – Dziwnów (1762 km); trasa nr 6: Dziwnów – Poznań – Świecie – Dziwnów (846 km). Porównanie długości tras przejazdu dla obsługi transportowej przedstawiono na rys. 2.



Rys. 1. Schemat tras przejazdu dla obsługi transportowej dostaw materiałów niebezpiecznych
Źródło: opracowanie własne.



Rys. 2. Wykres długości tras przejazdu dla obsługi transportowej dostaw materiałów niebezpiecznych

Źródło: opracowanie własne.

Racjonalizacja systemu przewozowego przy ograniczonych zasobach polega na doborze takiej organizacji przewozów, aby koszty wykonania zadań przewozowych były minimalne i jednocześnie zadania przewozowe były zrealizowane zasobami, którymi dysponuje przedsiębiorstwo. Analizie poddany został jeden dzień z obsługi transportowej jednostopniowego systemu dystrybucji. Wykorzystując metodologię wyznaczania planu przewozów dla jednego dnia analogicznie można wyznaczyć plany przewozu dla pozostałych dni w roku. W tabeli 1 zestawiono wielkości zapotrzebowań punktów odbioru ładunków.

Tabela 1. Punkty obsługi i wielkość ich zapotrzebowań (fragment tablicy zapotrzebowań)

Nr punktu odbioru	Nazwa firmy	Miejscowość	Wielkość zapotrzebowania	
			kg	łtp
1	Unilever Polska SA	Poznań	3480	5
2	MondiBags Świecie sp. z o.o.	Świecie	2784	4
3	MGA Entertainment Poland sp. z o.o.	Słupsk	4872	7
4	Ronal Polska sp. z o.o.	Wałbrzych	22968	33
5	Reja sp. z o.o.	Toruń	15312	22
...
11	Akzo Nobel	Włocławek	2088	3

Źródło: opracowanie własne.

Firma dysponuje sześcioma pojazdami samochodowymi o ładowności 24000 kg każdy. Czasy jazdy pomiędzy punktami odbioru ładunków zostały przedstawione w tabeli 2, obliczenia przeprowadzono wykorzystując system googlemaps.

Tab. 2. Czasy jazdy pomiędzy punktami odbioru (fragment tablicy)

		Numery punktów odbioru								
Numery punktów		0	1	2	3	4	5	6	...	11
		0	0	272	333	189	382	350	186	...
	1	272	0	155	289	248	153	287	...	160
	2	333	155	0	230	400	50	238	...	108

	11	391	160	108	337	353	68	332	...	0

Źródło: opracowanie własne.

Dodatkowe informacje wykorzystywane przy organizacji systemu przewozowego to m.in: czas obsługi pojazdu samochodowego w magazynie oraz punktach odbioru czy charakterystyki pojazdów samochodowych – ładowność, pojemność itp. Na podstawie ww. danych zostało sformułowane odpowiednie zadanie optymalizacyjne, które następnie zostało rozwiązane wykorzystując aplikację komputerową. Aplikacja stanowi istotny element wspomagający proces podejmowania decyzji dotyczących organizacji systemów przewozowych. W optymalizacji wykorzystuje się metodę losowego przydziału zasobów popartą metodą ewolucyjną z ograniczonym zbiorem algorytmów genetycznych pozwalających na ukierunkowane poprawienie rozwiązania. Tak, więc teoretycznie wynikiem rozwiązania jest harmonogram najlepszy ze zbioru harmonogramów dopuszczalnych. Jednakże praktycznie przy dużej liczbie badanych harmonogramów wybrany harmonogram można traktować, jako optymalny. Obliczenia przeprowadzono w ujęciu wariantowym: wariant A – 100000 badanych harmonogramów (czas obliczeń 5 sek.); wariant B – 1000000 badanych harmonogramów (czas obliczeń 42 sek.). Rozwiązując zadanie optymalizacyjne otrzymano następujące wyniki.

Trasy przejazdu pojazdów samochodowych:		
	Wariant A	Wariant B
Pojazd samochodowy numer 1	<0, 5, 0>	<0, 2, 5, 0>
Pojazd samochodowy numer 2	<0,1, 8, 7, 11, 0>	<0,11, 8, 7, 0>
Pojazd samochodowy numer 3	<0, 6, 10, 0>	<0, 1, 9, 3, 0>
Pojazd samochodowy numer 4	<0, 9, 2, 3, 0>	<0, 6, 10, 0>
Pojazd samochodowy numer 5	<0, 4, 0>	<0, 4, 0>

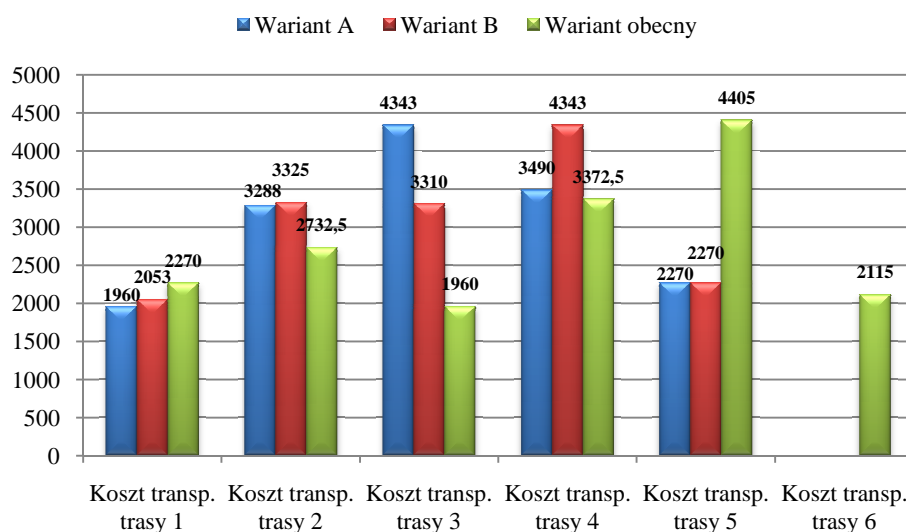
Źródło: opracowanie własne.

Dalszej analizie poddano wyniki uzyskanych rozwiązań z obecnym stanem organizacji transportu. Porównania dokonano uwzględniając następujące kryteria: długość realizowanych tras, koszt transportu, czas realizacji zadań. Ponadto w analizach uwzględniono wskaźnik rozproszenia dostaw dla analizowanych tras oraz wskaźnik wykorzystania pojazdów samochodowych.

Długość trasy przejazdu środków transportu:			
	Wariant A	Wariant B	Wariant obecny
Pojazd samochodowy numer 1	784	821	908
Pojazd samochodowy numer 2	1315	1330	1093
Pojazd samochodowy numer 3	1737	1324	784
Pojazd samochodowy numer 4	1396	1737	1349
Pojazd samochodowy numer 5	908	908	1762
Pojazd samochodowy numer 6	0	0	846
Razem	6140	6120	6742

Źródło: opracowanie własne.

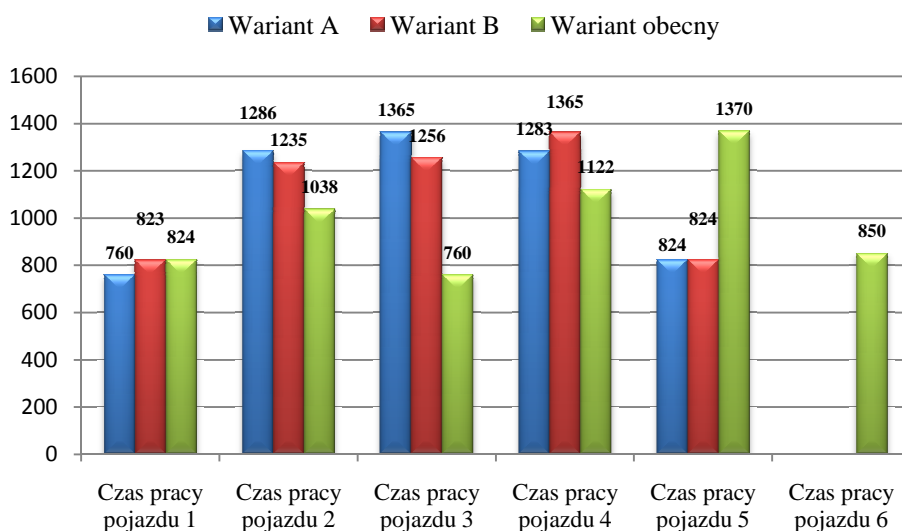
Najlepszym rozwiązaniem dla kryterium długości realizowanych tras jest rozwiązanie uzyskane w wariancie B, które jest lepsze w stosunku do wariantu A o 0,3% i o 10,2% w stosunku do wariantu obecnego. Długość tras realizowanych przez pojazdy samochodowe determinuje koszty transportu jak również czas realizacji zadań. Na rys. 3 przedstawiono porównanie kosztów transportu realizacji zadań przewozowych.



Rys. 3. Koszty transportu realizacji zadań przewozowych

Źródło: opracowanie własne.

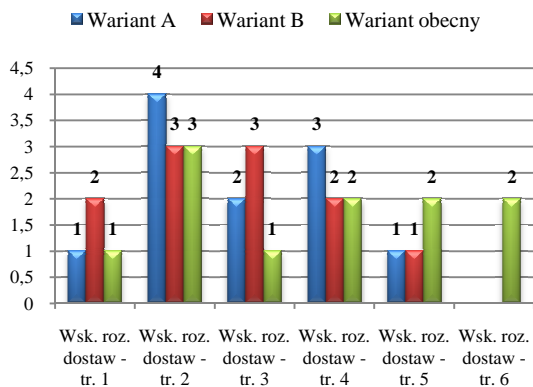
Koszty transportu są zróżnicowane, dla wariantu B wynoszą 15300 PLN, dla wariantu A 15350 PLN natomiast w wariantcie obecnym wynoszą 16855 PLN. Modyfikując organizację systemu przewozowego można uzyskać obniżkę kosztów transportu w stosunku do obecnego rozwiązania, o 10,2% co daje oszczędności w skali miesiąca na poziomie 1555 PLN. Przyjmując założenie, że przewozy realizowane są jeden raz w skali miesiąca w skali roku daje to oszczędności w wysokości 18660 PLN. Środki te mogą być przeznaczone na rozwój firmy. Kolejnym kryterium jest czas realizacji zadań przewozowych. Również i w tym przypadku najlepsze rozwiązanie uzyskano w wariantcie B, które jest lepsze o 0,27% w stosunku do wariantu A i o 8,38% w stosunku do obecnej obsługi transportowej. Porównanie szczegółowych czasów obsługi poszczególnych tras w ujęciu wariantowym przedstawia rys. 4.



Rys. 4. Koszty transportu realizacji zadań przewozowych

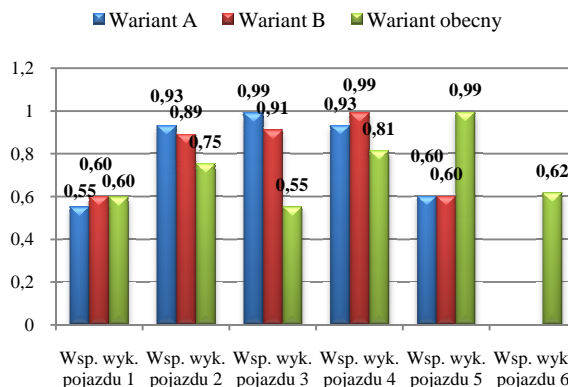
Źródło: opracowanie własne.

Dalszej analizie poddano wartości wskaźników rozproszenia dla analizowanych tras oraz wskaźników wykorzystania pojazdów samochodowych. Wskaźnik rozproszenia dostawma interpretację liczby odbiorców odwiedzanych w jednej trasie, natomiast wskaźnik wykorzystania pojazdów samochodowych jest interpretowany, jako stosunek czasu zaangażowania pojazdu samochodowego w realizację zadania przewozowego do czasu dysponowanego. Wartości ww. wskaźników przedstawiono na rys. 5÷6.



Rys. 5. Wskaźnik rozproszenia dostaw

Źródło: opracowanie własne.



Rys. 6. Wskaźnik wykorzystania środka transportu

Źródło: opracowanie własne.

Średni wskaźnik wykorzystania pojazdów samochodowych dla wariantu A oraz B jest taki sam i wynosi 0,80 natomiast dla wariantu obecnego wynosi 0,72.

5. WNIOSKI

Wykorzystywanie narzędzi informatycznych ułatwia decydentowi podejmowanie decyzji w zakresie organizacji transportu w aspekcie ograniczonych zasobów, jakimi dysponuje firma. W analizowanym studium przypadku wykorzystanie nowoczesnych narzędzi aplikacyjnych pozwoliło na zrealizowanie zadań przewozowych wykorzystując pięć pojazdów samochodowych. Pojazd samochodowy niezaangażowany w realizację bieżących zadań przywozowych może być użyty do innych zadań, generując tym samym dodatkowe przychody dla firmy. Pozbywanie się zasobów niewykorzystywanych w realizacji bieżących zadań przewozowych nie zawsze jest uzasadnione, gdyż w rzeczywistości popyt na usługi przewozowe jest zmienny w czasie i zależy od koniunktury gospodarczej rynku. Podjęcie decyzji dotyczącej nadwyżki zasobów powinno być poparte wnikliwą analizą wielkości realizowanych zadań przewozowych w dłuższym horyzoncie czasu z uwzględnieniem modeli prognostycznych.

Adknowledge: Praca naukowa finansowana ze środków budżetowych na naukę w latach 2010-2012 jako projekt badawczy Nr N N509 601939 – kierownik projektu dr inż. Dariusz Pyza.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ambroziak T., Jachimowski R.: Aspekt czasu dostaw w optymalizacji hierarchicznego systemu dystrybucji, *Logistyka* 6/2009. Poznań 2009.
- [2] Ambroziak T., Pyza D.: O pewnym podejściu do oceny operatora usług logistycznych. Wybrane Zagadnienia Logistyki Stosowanej. Rocznik 2007 nr 4. Komitet Transportu PAN.
- [3] Ambroziak T., Pyza D.: Selected aspects of transportation system modeling, *Total Logistic Management*, AGH University of Science and Technology Press, Krakow 2008.
- [4] Beier F., Rutkowski K.: *Logistyka*, Wydawnictwo Szkoły Głównej Handlowej, Warszawa 2004.
- [5] Bektas T.: The multiple traveling salesman problem: an overview of formulations and solution procedures *Omega* 34, 209 – 219, 2006.
- [6] Bramel, J., Simchi-Levi, D. A location based heuristic for general routing problems. *Operations Research*, 43: 649 – 660, 1995.
- [7] Całczyński A. *Metody optymalizacyjne w obsłudze transportowej rynku*, OWPW, Warszawa 2001.
- [8] Caseau, Y., F. Laburthe, G. Silverstein. A meta-heuristic factory for vehicle routing problems. J. Jaffar, ed. *Principles and Practice of Constraint Programming—CP'99*, Lecture Notes in Computer Science. Springer-Verlag, New York, 144–158, 1999.
- [9] Chiang, W. C., R. A. Russell. Simulated annealing met heuristics for the vehicle routing problem with time windows. *Ann. Oper. Res.* 63 3–27, 1996.
- [10] Clarke, G., Wright, J., Scheduling of vehicles from a central depot to a number of delivery points. *Operational Research* 12, 568 – 581, 1964.
- [11] Dantzig G.B., Ramser J.H.: The truck dispatching problem, *Manage. Sci.* 6, 80-91, 1959.
- [12] Fischetti, M., Toth, P., An additive bounding procedure for the asymmetric travelling salesman problem. *Mathematical Programming* 53, 173-197, 1992.
- [13] Gaskell, T.J. Basis for vehicle fleet scheduling, *Operational Research* 18, pp.281, 1967.
- [14] Glover, F. Future paths for integer programming and links to artificial intelligence. *Computer Oper. Res.* 13 533–549, 1986.
- [15] Golden B, Levy L, Dahl R. Two generalizations of the traveling salesman problem. *Omega*; 9(4):439–41, 1981.

- [16] Jacyna M.: Modelowanie i ocena systemów transportowych, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2009.
- [17] Jasiński L.J.: Optymalizacja dostaw towarów na zaopatrzenie rynku w warunkach niepewności, IRWiK, Warszawa 1987.
- [18] Krawczyk S.: Zarządzanie procesami logistycznymi, PWE, Warszawa 1974.
- [19] Leszczyński J.: Modelowanie systemów i procesów transportowych, PWE, Warszawa 1994.
- [20] Lin, S. Computer solution if the travelling salesman problem. *Bell Systems Tech. J.* 44, 2245 – 2269, 1965.
- [21] Lin, S., Kerningham, B.W. An effective heuristic algorithm for travelling salesman problem. *Operations Research*, 10: 367 – 378, 1976.
- [22] Mindur (red.): *Technologie transportowe XXI w.*, Wydawnictwo ITeE – PIB, Warszawa – Radom 2008.
- [23] Pyza D.: Computer-assisted supply chain distribution processes – chapter 7. Monograph – *New insights into Supply Chain* (ed.) KatarzynaGrzybowska, ISBN 978-83-7143-944-5. Publishing House of PoznanUniversity of Technology, Poland. Poznan 2010.
- [24] Pyza D.: Multicriteria Evaluation of Designing Transportation System within Distribution Sub-Systems. *Logistics and Transport No 1(10)/2010*, ISSN 1734-2015. International University of Logistics and Transport in Wrocław (MWSLiT), Poland. Wrocław 2010.
- [25] Pyza D.: Selected aspects of modeling of conveyance systems at random supply, *Archives of Transport*, Polish Academy of Sciences Committee of Transport, volume 20, issue 3, Warsaw 2008.
- [26] Romanow P.: *Zarządzanie transportem przedsiębiorstw przemysłowych*, Wydawnictwo Wyższej Szkoły Logistyki, Poznań 2003.
- [27] Skowronek Cz., Sarjusz-Wolski Z.: *Logistyka w przedsiębiorstwie*, Polskie Wydawnictwo Ekonomiczne, Warszawa 2008.
- [28] Thangiah, S. R., Vehicle routing with time windows Rusing genetic algorithms. L. Chambers, ed. *Application handbook of Genetic Algorithms: New Frontiers*, Vol. II. CRC Press, BocaRaton, FL, 253–277, 1995.
- [29] Thangiah, S. R., Nygard K. E., Juell P. L., GIDEON: A genetic algorithm system for vehicle routing with time windows. *Proc 7th IEEE Conf. Artificial Intelligence Appl.*, IEEE Computer Society Press, Los Alamitos, 322–328, 1991.
- [30] Williamson J.G., Optimal replacement of capital goods: the early New England and British textile firm, *Journal of Political Economy* 79, pp. 1320–1334, 1971.

SELECTED ASPECTS OF THE TRANSPORTATION SYSTEMS RATIONALIZATION IN SUPPLY CHAIN WITH LIMITED RESOURCES

Abstract:

Transport is the inherent element supporting goods flow process in supply chain and directly affecting the efficiency of logistics process. Therefore it becomes necessary, to prescribe connections between transport and its surroundings defined as the size of a transport services demand reported by the surroundings and the method of its realization by the transportation system. Resources defined as a set of production factors owned or controlled by the company, also the transportation company determines the realization of the transportation tasks and affects the rationalization of the transportation system. The article presents selected aspects of the rationalization of the transportation systems in the supply chain with limited resources, which are in fact at the transport company disposal. Including the size of the transportation task and the company available resources, the methodology of the optimization tasks formulation in terms of transportation system organization was proposed. In addition, the article presents a case study on the rationalization of the transportation system with limited resources, which are at company disposal.

Key words: supply chain, transportation system, company resources.