



Minimalizacja pustych przebiegów w transporcie wojskowym

ARKADIUSZ JÓŹWIAK, JAROSŁAW ZIÓŁKOWSKI

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Logistyki,
00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, jozwiakarkadiusz@op.pl

Streszczenie. Przedmiotem pracy jest zagadnienie związane z minimalizacją pustych przebiegów w transporcie wojskowo-drogowym. Opisano problematykę związaną z zarządzaniem transportem w wojsku. Pokazano na przykładzie liczbowym przykład nieefektywnego wykorzystania środków transportowych. Przedstawiono etapy i sposób wykorzystania modułu Solver w celu minimalizacji pustych przebiegów.

Słowa kluczowe: transport wojskowy, optymalizacja, minimalizacja pustych przebiegów, moduł Solver

1. Wstęp

Optymalizacja tras przejazdowych prowadzi do osiągnięcia wysokiej efektywności w zakresie działalności przewozowej, polegającej na pełnym wykorzystaniu ładowności środków transportu oraz minimalizacji pustych przebiegów. Występowanie pustych przebiegów jest zjawiskiem niepożądanym i prowadzi do zwiększenia kosztów. W dalszej części niniejszej publikacji rozważania o transporcie będą ograniczone do przewozu towarów, w tym rozumieniu transport to zespół czynności polegających na przemieszczeniu towarów w czasie i przestrzeni przy użyciu odpowiednich środków. Problem pustych przebiegów dotyczy przede wszystkim podmiotów, a więc również jednostek wojskowych wykonujących przewozy ładunków na własne potrzeby. Niewielkie możliwości w odniesieniu do posiadanego taboru transportowego są następstwem ograniczonych możliwości w zakresie minimalizacji pustych przebiegów, a także barierą w współpracy z innymi jednostkami.

Dodatkowym problemem jest brak „centralnej bazy danych”, w której wojskowi logiści mogliby zapoznać się z planowanymi trasami, co przekłada się na niepełną informację na temat przewozów. Następstwem tego jest nieefektywne wykorzystanie środków transportowych.

Problematyka pustych przebiegów jest szczególnie aktualna w transporcie wojskowym, bowiem dyslokacja jednostek obejmuje powierzchnię całego kraju. Uzyskanie informacji na temat potrzeb przewozowych, liczby amunicji i środków bojowych, miejsca i czasu przewozu, liczby posiadanych środków transportu nie wystarczy do efektywnego zarządzania tak dużą liczbą informacji. Pożądane są: analiza środków transportowych w celu określenia przydatności posiadanego taboru, przeprowadzenie oceny stanu technicznego i poziomu nowoczesności technologicznej taboru oraz polityki gospodarowania taborem (remonty i inwestycje), a także ocena aktualnego przebiegu eksploatacji taboru, w szczególności stopnia i efektywności jego wykorzystania. Preferowane jest narzędzie, które w sposób harmonijny i jednoznaczny pomoże określić plan trasy przejazdu, mając na względzie minimalizację pustych przebiegów przy pełnym wykorzystaniu możliwości transportowych. Do rozwiązania takiego zadania wykorzystać można arkusz kalkulacyjny z dodatkiem modułu Solver.

2. Wytyczne do planowania transportu w SZ RP

Transport drogowy jest jedną z bardziej uregulowanych prawnie sfer działalności człowieka. Stanowi obiekt regulacji szeregu konwencji międzynarodowych oraz prawodawstwa krajowego. Transport wojskowy ze względu na specyfikę przewożonego ładunku obwarowany jest dodatkowymi regulacjami wewnętrznymi MON.

Podstawowe akty prawne regulujące transport drogowy to ustawy i rozporządzenia, do których należą:

- Ustawa z dnia 6 września 2001 r. o transporcie drogowym (Dz.U. 2001 nr 125 poz. 1371),
- Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. Prawo o ruchu drogowym (Dz.U. 1997 nr 98 poz. 602),
- Ustawa z dnia 5 stycznia 2011 r. o kierujących pojazdami (Dz.U. 2011 nr 30 poz. 151),
- Ustawa z dnia 16 kwietnia 2004 r. o czasie pracy kierowców (Dz.U. 2004 nr 92 poz. 879),
- Ustawa z dnia 19 sierpnia 2011 r. o przewozie towarów niebezpiecznych (Dz.U. 2011 nr 227 poz. 1367),
- Rozporządzenie Ministra Transportu z dnia 31 lipca 2007 r. w sprawie okresowych ograniczeń oraz zakazu ruchu niektórych rodzajów pojazdów na drogach (Dz.U. 2007 nr 147 poz. 1040),

- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 31 grudnia 2002 r. w sprawie warunków technicznych pojazdów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz.U. 2003 nr 32 poz. 262).

Dodatkowo przy planowaniu transportu wojskowego należy wziąć pod uwagę regulacje branżowe MON, do których należą:

- Instrukcja wojskowego ruchu drogowego — DD/4.4.4(A), Szt. Gen., Szef Kom. 174/2008, Warszawa 2008,
- Doktryna transportu i ruchu wojsk SZ RP — DD/4.4, Szt. Gen., Szef Kom. 169/2007, Warszawa 2007.

Podstawą planowania transportu i ruchu wojsk jest zadanie postawione przez dowódcę właściwego szczebla. Proces planowania musi być realizowany z odpowiednim wyprzedzeniem czasowym tak, aby:

- dowódca danego szczebla mógł zdecydować, czy korygować przedłożony mu do akceptacji plan (projekt), czy też podjąć skalkulowane ryzyko jego wykonania,
- właściwe organy wykonawcze miały wystarczająco dużo czasu na realizację działań przygotowawczych,
- zapewnić podległym dowódcom możliwości dynamicznej realizacji planów zabezpieczenia transportu i ruchu wojsk, bez otrzymywania szczegółowych wytycznych.

Ogólny plan transportu powinien określać:

- organizację i strukturę niezbędną do zabezpieczenia transportu i ruchu wojsk;
- potrzeby i wymagania w zakresie realizacji zadań na korzyść sił wzmocnienia NATO w ramach wsparcia przez państwo-gospodarza,
- potrzeby w zakresie wsparcia cywilnego, niezbędnego do zabezpieczenia operacji,
- wymagania i środki transportu niezbędne do przemieszczenia wojsk, w tym również przygotowania do rotacji jednostek, pojedynczego personelu i środków zaopatrzenia oraz powrotu z obszaru operacji do macierzystych baz.

Przewozy wojskowe są szczególnym rodzajem transportu ze względu na specyfikę przewożonego ładunku. To zorganizowane przemieszczanie ludzi lub ładunków wojskowych za pomocą różnych środków transportu. Przewozy wojskowe realizowane są w oparciu o: organiczny etatowy transport wojsk, wydzielony transport przewoźników cywilnych (kolejowy, samochodowy, wodny oraz powietrzny) oraz transport mieszany (wojskowy i cywilny).

Zależnie od charakteru i przeznaczenia przewozy wojskowe dzielą się na:

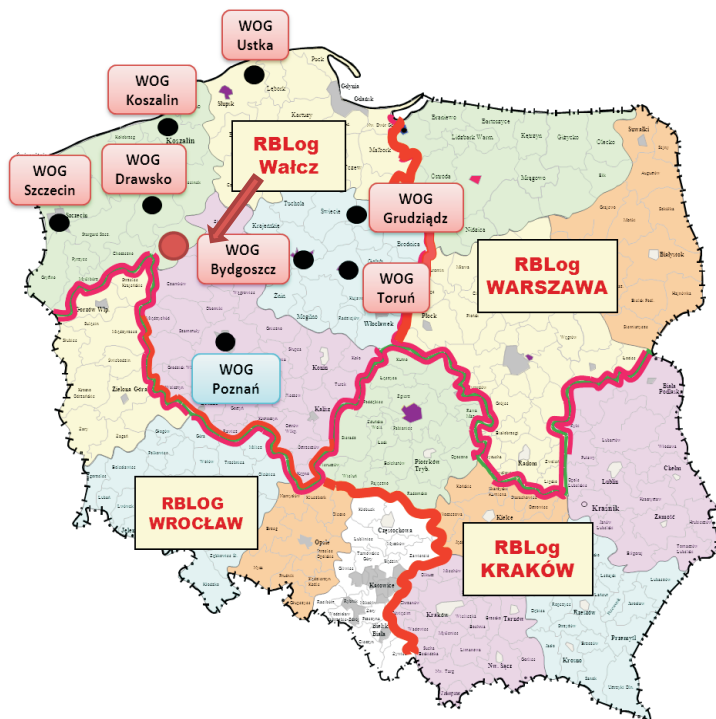
- operacyjne — przewozy masowe wraz z ich wyposażeniem,
- mobilizacyjne — przewozy ludzi powołanych do służby wojskowej w ramach mobilizacji,

- zaopatrzeniowe — przewozy środków zaopatrzenia,
- ewakuacyjne — przewóz rannych i chorych, uszkodzonej techniki, zbędnego zaopatrzenia, opakowań itp.

Przewozy wojskowe wyróżniają się charakterystycznymi cechami, do których należą: masowość (szczególnie zwiększona podczas prowadzenia działań bojowych); terminowość (ściśle określone czasy dostaw oraz dowozów); szczególne bezpieczeństwo (ze względu na przewożone ładunki); nierytmiczność (ze względu na natężenie przewozów); wykorzystywanie specjalistycznego sprzętu (do przewozów ponadnormatywnych, specjalne samochody, wagony).

3. Założenia do studium przypadku

Terytorium Polski zostało podzielone na cztery obszary pod względem zabezpieczenia logistycznego. Na każdym z nich funkcjonuje Regionalna Baza Logistyczna (RBLog). RBLog są rozlokowane w następujących miejscowościach: Wałcz, Warszawa, Wrocław, Kraków. Każdy RBLog ma do dyspozycji Wojskowe Oddziały Gospodarcze



Rys. 1. Obszary odpowiedzialności znajdujące się w gestii RBLog z uwzględnieniem WOG podległych pod RBLog w m. Wałcz (Źródło: opracowanie własne)

(WOG). WOG jako oddział może spełniać rolę swego rodzaju centrum logistycznego. Na podstawie analizy tras przejazdów pojazdów eksploatowanych w wybranych jednostkach SZ RP wysunięto hipotezę o nieefektywnym wykorzystaniu środków transportowych między poszczególnymi WOG-ami. Sytuacja ta jest szczególnie niekorzystna dla pododdziałów, gdyż znacznie zwiększa koszty funkcjonowania jednostki poprzez zaangażowanie większych sił i środków.

Analizie poddano Regionalną Bazę Logistyczną w Wałczu z jej ogniwami terenowymi, czyli z ośmioma WOG-ami, które wykonują bieżące zadania związane m.in. z zabezpieczeniem technicznym, medycznym, informatycznym czy administracyjno-biurowym jednostek wojskowych. Lokalizację RBLog i podległych jej WOG przedstawiono na rysunku 1.

Celem niniejszej analizy jest minimalizacja pustych przebiegów w transporcie drogowym pomiędzy poszczególnymi WOG-ami w oparciu o dane RBLog w m. Wałcz.

W obliczeniach założono, że każda z jednostek posługuje się takim samym rodzajem środka transportowego — w odniesieniu do typu i ładowności.

W tabeli 1 przedstawiono odległości pomiędzy poszczególnymi oddziałami wyrażone w kilometrach.

TABELA 1
Odległości pomiędzy węzłami sieci znajdującej się w gestii RBLog w m. Wałcz

i,j	Szczecin	Drawsko	Koszalin	Ustka	Grudziądz	Bydgoszcz	Toruń	Poznań
Szczecin	0	110	160	236	328	258	312	254
Drawsko	-	0	100	175	240	186	241	190
Koszalin	-	-	0	75	214	195	235	243
Ustka	-	-	-	0	207	223	271	294
Grudziądz	-	-	-	-	0	72	77	214
Bydgoszcz	-	-	-	-	-	0	47	142
Toruń	-	-	-	-	-	-	0	162
Poznań	-	-	-	-	-	-	-	0

Źródło: opracowanie własne.

W tabeli zestawiono miesięczną częstotliwość rejsów pomiędzy oddziałami wyrażoną liczbą przewozów całopojazdowych. W ostatniej kolumnie i wierszu zsumowano dla każdej jednostki łączną liczbę wywozów i przywozów.

Z danych przedstawionych w tabeli wynika, że liczba rejsów znacznie różni się na poszczególnych trasach. Wpływ na to mogą mieć takie czynniki jak np. wielkość danego oddziału, liczba zaopatrywanych jednostek, a także różne odległości między punktami docelowymi. Taka liczba zmiennych powoduje, że liczba przywozów nie równa się liczbie wywozów w ramach danej jednostki.

TABELA 2

Częstotliwość rejsów w ramach sieci znajdującej się w gestii RBLog m. Wałcz

i, j	Szczecin	Drawsko	Koszalin	Ustka	Grudziądz	Bydgoszcz	Toruń	Poznań	Wywóz e_i
Szczecin	0	4	6	5	9	5	5	4	38
Drawsko	5	0	3	4	9	4	4	4	33
Koszalin	7	5	0	3	6	5	7	8	41
Ustka	6	4	3	0	9	5	2	7	36
Grudziądz	4	7	5	2	0	7	6	7	38
Bydgoszcz	6	9	4	6	6	0	5	4	40
Toruń	7	3	4	7	3	6	0	9	39
Poznań	6	1	8	8	4	8	3	0	38
Przywóz i_i	41	33	33	35	46	40	32	43	

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym etapem jest sumaryczne zestawienie wielkości przywozu i wywozu dla każdego WOG-u znajdującego się w gestii RBLog w m. Wałcz (tab. 3).

TABELA 3

Zestawienie wielkości przywozu i wywozu dla poszczególnych WOG-ów

	Szczecin	Drawsko	Koszalin	Ustka	Grudziądz	Bydgoszcz	Toruń	Poznań
Przywóz	41	33	33	35	46	40	32	43
Wywóz	38	33	41	36	38	40	39	38
Różnica	3	0	-8	-1	8	0	-7	5

Źródło: opracowanie własne.

Z zaprezentowanego zestawienia wynika, że dwa oddziały: Drawsko i Bydgoszcz w ramach posiadanej floty transportowej zaspokajają w 100% popyt i podaż na liczbę przewozów. Natomiast trzy oddziały są dostawcami pustych środków transportu, tj.:

- Szczecin z nadwyżką trzech samochodów,
- Grudziądz z nadwyżką ośmiu samochodów,
- Poznań z nadwyżką pięciu samochodów.

Ta sama liczba oddziałów będzie generować puste przebiegi, tj.:

- Koszalin z niedoborem ośmiu samochodów,
- Ustka z niedoborem jednego samochodu,
- Toruń z niedoborem siedmiu samochodów.

Z powyższych względów rozpatrywane zagadnienie transportowe będzie miało rozmiar 3×3 , przy uwzględnieniu tylko dostawców i odbiorców pustych środków transportu. Następnie należy utworzyć zestawienie dostawców i odbiorców, na zasadzie każdy z każdym, podając jednocześnie odległości między punktami (tab. 4),

a także wyliczone ostatnie wartości podaży i popytu w odniesieniu do pustych środków transportu (tab. 5).

TABELA 4
Zestawienie dostawców i odbiorców pustych środków transportowych

Dostawca	Odbiorca	Odległość	Przewóz
Szczecin	Koszalin	160	
Szczecin	Ustka	236	
Szczecin	Toruń	312	
Grudziądz	Koszalin	214	
Grudziądz	Ustka	207	
Grudziądz	Toruń	77	
Poznań	Koszalin	243	
Poznań	Ustka	294	
Poznań	Toruń	162	
Całkowity przebieg pustych środków transportu [km]			

Źródło: opracowanie własne.

TABELA 5
Wartości podaży i popytu

Punkt tr.	War. Ogr.	Podaż	Popyt
Szczecin	0	3	
Grudziądz	0	8	
Poznań	0	5	
Koszalin	0		8
Ustka	0		1
Toruń	0		7

Źródło: opracowanie własne.

Kolejnym wymaganym etapem w procesie wykorzystania dodatku Solver jest zdefiniowanie zmiennych decyzyjnych i warunków ograniczających. Dla przedstawionego problemu warunkiem ograniczającym będzie liczba przewozów dla poszczególnych punktów, która nie może przekroczyć wyliczonej wartości podaży lub popytu pustych środków transportu. Zmiennymi decyzyjnymi są liczby pustych przebiegów pomiędzy jednostkami wykazującymi nadwyżkę a WOG-ami wykazującymi niedobór pustych środków transportu:

- X_{SK} — liczba pustych przebiegów ze Szczecina do Koszalina,
- X_{SU} — liczba pustych przebiegów ze Szczecina do Ustki,
- X_{ST} — liczba pustych przebiegów ze Szczecina do Torunia,
- X_{GK} — liczba pustych przebiegów z Grudziądza do Koszalina,
- X_{GU} — liczba pustych przebiegów z Grudziądza do Ustki,
- X_{GT} — liczba pustych przebiegów z Grudziądza do Torunia,

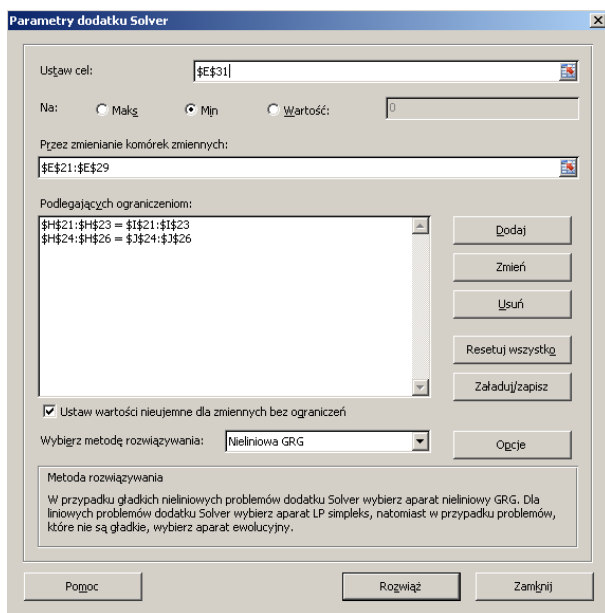
- X_{PK} — liczba pustych przebiegów z Poznania do Koszalina,
- X_{PU} — liczba pustych przebiegów z Poznania do Ustki,
- X_{PT} — liczba pustych przebiegów z Poznania do Torunia.

Biorąc pod uwagę zmienne decyzyjne i odległości między poszczególnymi punktami, funkcja celu przyjmuje postać:

$$F = 160X_{SK} + 236X_{SU} + 312X_{ST} + 214X_{GK} + 207X_{GU} + 77X_{GT} + 243X_{PK} + 294X_{PU} + 162X_{PT} \rightarrow \min.$$

4. Wykorzystanie modułu Solver w procesie podejmowania decyzji minimalizacji pustych przebiegów

Wykorzystując do obliczeń dodatek Solver, należy określić: pole z funkcją celu, adresy zmiennych decyzyjnych, warunki ograniczające oraz rodzaj optymalizacji (rys. 2).



Rys. 2. Zrzut ekranowy okna wprowadzania danych wejściowych w dodatku Solver

Następnie w oknie dialogowym wybiera się „Rozwiąż”. W efekcie zostają wypełnione pola z warunkami ograniczającymi, liczbą przewozów dla poszczególnych jednostek oraz komórka celu, w której zawarta jest pożądana wartość funkcji celu (tab. 6), a także pożądanego wartości podaży i popytu (tab. 7).

TABELA 6
Zestawienie dostawców i odbiorców pustych środków transportowych
po dokonaniu analizy (minimalizacja funkcji celu)

Dostawca	Odbiorca	Odległość	Przewóz
Szczecin	Koszalin	160	3
Szczecin	Ustka	236	0
Szczecin	Toruń	312	0
Grudziądz	Koszalin	214	0
Grudziądz	Ustka	207	1
Grudziądz	Toruń	77	7
Poznań	Koszalin	243	5
Poznań	Ustka	294	0
Poznań	Toruń	162	0
Całkowity przebieg pustych środków transportu [km]			2441

Źródło: opracowanie własne.

TABELA 7
Pożądane wartości podaży i popytu

Punkt tr.	War. Ogr.	Podaż	Popyt
Szczecin	3	3	
Grudziądz	8	8	
Poznań	5	5	
Koszalin	8		8
Ustka	1		1
Toruń	7		7

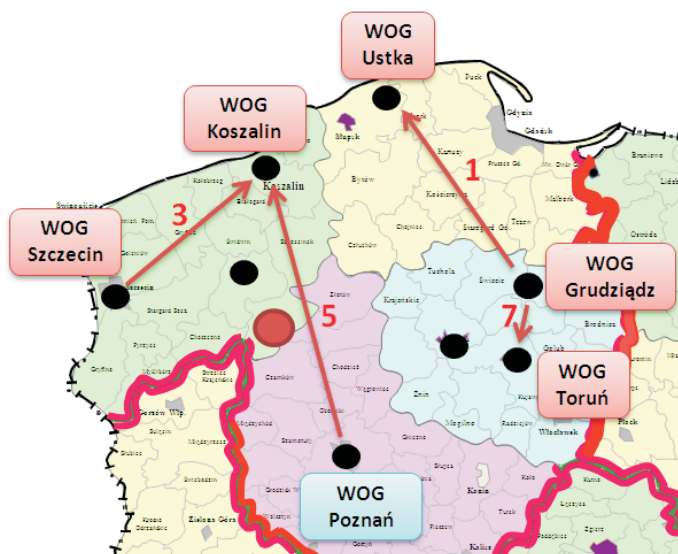
Źródło: opracowanie własne.

Zgodnie z przeprowadzoną analizą optymalny plan przejazdu pustych środków transportu jest następujący:

- trzy puste przebiegi z m. Szczecin do m. Koszalin,
- jeden pusty przebieg z m. Grudziądz do m. Ustka,
- siedem pustych przebiegów z m. Grudziądz do m. Toruń,
- pięć pustych przebiegów z m. Poznań do m. Koszalin.

Taki rozkład pustych środków transportu na poszczególne trasy gwarantuje minimalny przebieg pojazdów wynoszący 2441 km (rys. 3).

W celu odzwierciedlenia skali problemu, wykorzystując dodatkowo moduł Solver, można pokazać, jak negatywnie wpływa na koszty transportu brak skoordynowanego działania. W oknie dialogowym należy zaznaczyć „max”, co oznacza, że wcześniej przyjęta funkcja celu przyjmie pożądaną maksymalną wartość (tab. 8).



Rys. 3. Rozkład pustych środków transportu na poszczególne trasy gwarantujący minimalny przebieg pojazdów (Źródło: opracowanie własne)

TABELA 8

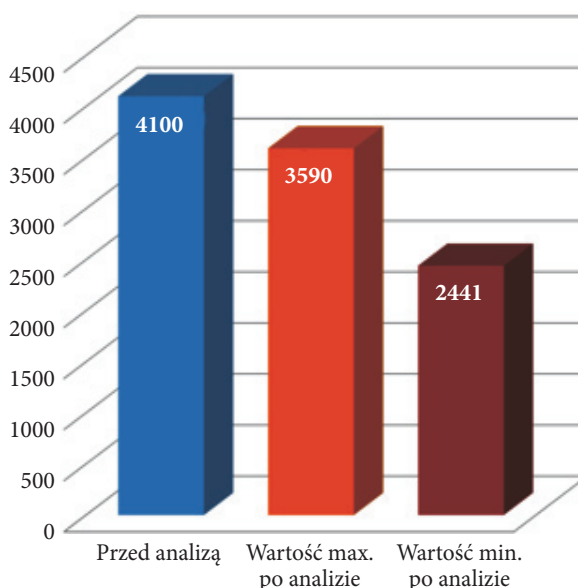
Zestawienie dostawców i odbiorców pustych środków transportowych po dokonaniu analizy (maksymalizacja funkcji celu)

Dostawca	Odbiorca	Odległość	Przewóz
Szczecin	Koszalin	160	0
Szczecin	Ustka	236	0
Szczecin	Toruń	312	3
Grudziądz	Koszalin	214	8
Grudziądz	Ustka	207	0
Grudziądz	Toruń	77	0
Poznań	Koszalin	243	0
Poznań	Ustka	294	1
Poznań	Toruń	162	4
Całkowity przebieg pustych środków transportu [km]			3590

Źródło: opracowanie własne.

Z zaprezentowanych obliczeń wynika, że długość pokonanych pustych środków transportu wyniesie 3590 km, czyli o 1149 km więcej niż w przypadku minimalizacji funkcji celu (rys. 4).

Dodatkowo należy podkreślić fakt, że przed analizą zadania trzy jednostki dysponowały dodatkowymi ośmioma pustymi środkami i trzem jednostkom brakowało ośmiu środków transportowych. W sumie liczba pustych przebiegów przekroczyła 4 tys. km.



Rys. 4. Porównanie wyników analizy pustych przebiegów przed optymalizacją i po niej [km]
(Źródło: opracowanie własne)

5. Wnioski

Efektywne zarządzanie flotą transportową nie należy do łatwych zadań. Posiadanie dużej liczby pojazdów, punktów transportowych i zmiennych decyzyjnych znacząco utrudnia odpowiednie skoordynowanie działań i określenie priorytetów. Moduł Solver, dzięki wykorzystaniu wszystkich wyżej wymienionych danych i przy określeniu warunków ograniczających, jest w stanie skutecznie i efektywnie zaplanować trasy przejazdów dla poszczególnych samochodów, mając na uwadze funkcję minimalizacji długości trasy lub inny założony cel, co przekłada się w tym przypadku na minimalizację kosztów. Jak każda dziedzina nauki, również i ta zaprezentowana w pracy wymaga prowadzenia dalszych badań i analiz nad efektywniejszym procesem planowania wykorzystania transportu w wojsku.

Artykuł opracowany na podstawie referatu z XXXII Seminarium KNM Wydziału Mechanicznego WAT 15-17.05.2013 r.

Artykuł wpłynął do redakcji 28.11.2013 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 8.05.2014 r.

LITERATURA

- [1] BRZEZIŃSKI M., *Logistyka w przedsiębiorstwie*, WAT, Warszawa, 2003.
- [2] BRZEZIŃSKI M., *Logistyka wojskowa*, Wyd. Bellona, Warszawa, 2005.

- [3] MICHALIK J., *Organizacja transportu w systemie logistycznym przedsiębiorstwa*, Systemy Logistyczne Wojsk, 36, Warszawa, 2010.
- [4] SZYMCZAK M., *Decyzje logistyczne z Excelem*, Difin, Warszawa, 2011.
- [5] *Doktryna transportu i ruchu wojsk SZ RP DD/4.4.*, Szt. Gen., Warszawa, 2007.

A. JÓŻWIAK, J. ZIÓŁKOWSKI

Minimization of empty mileages in military transport

Abstract. The purpose of this article is to discuss an issue of empty mileages in military and road transport. The author describes problems related with management of transport in the army. A case of ineffective utilisation of means of transportation is shown on the numerical example. This article also presents stages and the way of use the Solver module in order to minimise empty mileages.

Keywords: military transport, optimization, minimization of empty mileages, module Solver