

Arkadiusz Kostrzewski, Mirosław Nader, Mariusz Kostrzewski

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

RACJONALIZACJA ROZŁOŻENIA WYBRANYCH JEDNOSTEK TRANSPORTU INTERMODALNEGO NA DŁUGOŚCI ŁADUNKOWEJ POCIĄGU

Rękopis dostarczono: maj 2018

Streszczenie: W artykule dokonano analizy rozłożenia kontenerów wielkich ISO na długości ładunkowej wybranych wagonów kolejowych, wykorzystywanych przez operatorów transportu intermodalnego. Scharakteryzowano przy tym rodzaje wagonów oraz typy jednostek ładunkowych. Przeanalizowano liczbę oraz rozłożenie kontenerów w przypadku stosowania jednorodnej oraz różnorodnej struktury usytuowania jednostek transportu intermodalnego na długości ładunkowej wagonów. Oszacowano długość oraz liczbę torów ładunkowych, niezbędną do przewozu wskazanej w referacie liczby kontenerów wielkich ISO.

Słowa kluczowe: transport intermodalny, intermodalne wagony kolejowe, kontenery wielkie ISO

1. WPROWADZENIE

Według sprawozdawczości Urzędu Transportu Kolejowego, ostatnie lata charakteryzuje dynamiczny wzrost przewozów intermodalnych, [5]. W 2016 r. masa przewiezionych towarów w Polsce wzrosła o blisko 25% w porównaniu z rokiem poprzednim. Przewozy intermodalne realizowało 13 przewoźników. Liczba ta uważana jest za wciąż niewielką, acz przyrastającą w porównaniu do 6 przewoźników realizujących tego typu działania w latach 2007-2008. W 2016 r. przewoźnicy kolejowi przetransportowali łącznie blisko 951 tys. jednostek ładunkowych, w tym prawie 917 tys. kontenerów. Dla podkreślenia istoty owego przyrostu warto zauważyć, że w stosunku do 2015 r. liczba przetransportowanych jednostek wzrosła o 27,6%. Analizując przewozy intermodalne pod kątem TEU (1 kontener 20-stopowy = 1 TEU), w 2016 r. przetransportowano 1 436,3 tys. TEU, co zaowocowało wzrostem o 24,7% w stosunku do wyników z 2015 r. Pełne dane dotyczące minionego roku kalendarzowego zostaną przedstawione w „Sprawozdaniu z funkcjonowania rynku transportu kolejowego w 2017 r.”, które ukaże się do końca lipca tego roku, [6]. Przedstawione dane za lata wcześniejsze świadczą o tym, że tematyka przewozów intermodalnych powinna być wciąż doprecyzowana, zarówno w zakresie opracowań teoretycznych jak i prac o charakterze praktycznym.

Celem artykułu jest przedstawienie fragmentu zagadnienia dotyczącego projektowania terminali intermodalnych. Fragment ten dotyczy analitycznego szacowania długości torów ładunkowych będących elementem infrastruktury terminali intermodalnych, zarówno śródlądowych jak i morskich. Szacowanie ograniczono do przewozu kontenerów wielkich różnych typów, obsługiwanych przez jeden skład wagonowy jako, że w rzeczywistych warunkach przewozy tego typu nie są jednorodne. W związku z niejednorodnością przewozów warto tym bardziej odnosić się do jednostek ładunkowych jako takich, a nie do ich ekwiwalentów wyrażanych na ogół w literaturze poprzez jednostki zastępcze TEU. Dane wyrażone w ten sposób (tj. za pomocą jednostek zastępczych TEU) są oczywiście warte odnotowanie, jednak ich zastosowanie powinno być w opinii autorów wykorzystywane w opracowaniach o charakterze gospodarczo-ekonomiczno-statystycznym.

2. PARAMETRY TECHNICZNO – EKSPLOATACYJNE WYBRANYCH WAGONÓW DO PRZEWOZU JEDNOSTEK TRANSPORTU INTERMODALNEGO

Transport kontenerów wielkich ISO pomiędzy terminalami przeładunkowymi w ramach przewozów kolejowych, odbywa się przy wykorzystaniu różnych rodzajów wagonów do tego przeznaczonych. Różnią się one między sobą parametrami techniczno-eksploatacyjnymi, w tym m.in. długością zewnętrzną, długością powierzchni ładunkowej (wewnętrznej), czy liczbą trzpieni mocujących jednostkę transportu intermodalnego przewożoną na wagonie. Parametry te mają wpływ zarówno na liczbę wagonów w składzie, przy zadanej długości torów ładunkowych, jak również na liczbę kontenerów możliwych do przewiezienia, przy różnych konfiguracjach ich usytuowania na powierzchni ładunkowej wagonu.

Przedmiot analizy stanowią jednoczłonowe wagony typu platforma, w tym:

- dwa wagony 40-stopowe serii, Rgmms oraz Sgmmnss,
- jeden wagon 45-stopowy serii Sgrss,
- dwa wagony 60-stopowe serii Sgs oraz Sgns(s),
- jeden wagon 80-stopowy serii Sggns(s).

Przedmiotem analizy są również kontenery wielkie ISO, takie jak [1]:

- 40-stopowy typu A, o długości 12,192 [m],
- 30-stopowy typu B, o długości 9,125 [m],
- 20-stopowy typu C, o długości 6,058 [m].

Podstawowe parametry techniczno – eksploatacyjne wybranych wagonów do przewozu jednostek transportu intermodalnego przedstawiono w tablicy 1.

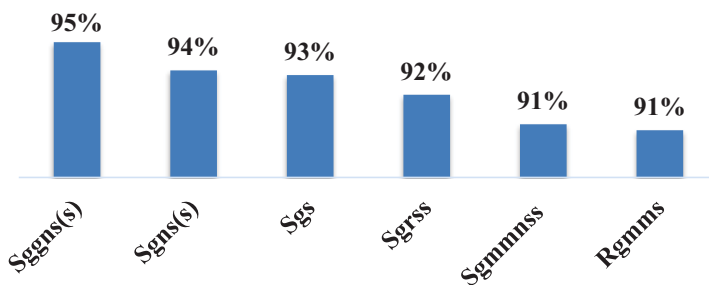
Na rys. 1 zobrazowany został stosunek długości wagonu: ładunkowej względem całkowitej. Dla wszystkich z omawianych środków transportu kolejowego wynosi on powyżej 90%. Najkorzystniejszy stosunek stwierdzono w przypadku 80-stopowego wagonu serii Sggns(s), tj. 95%. Natomiast najmniej korzystny dotyczy wagonów 40 stopowych serii Sgmmnss oraz Rgmms i wynosi on 91%.

Tablica 1

Podstawowe parametry wybranych typów wagonów przeznaczonych do przewozu kontenerów wielkich ISO

Seria literowa	Typ konstrukcyjny	Długość ładunkowa		Długość całkowita
		[ft]	[m]	[m]
Rgmms	CFR/R	40	12,71	14,04
Sgmmnss	N-230-00	40	12,30	13,54
Sgrss	-	45	15,10	16,34
Sgs	412Z/Gn	60	18,60	19,90
Sgns(s)	434Z	60	18,50	19,74
Sggns(s)	N-221-00	80	24,70	25,94

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 3, 4]



Rys. 1. Stosunek długości ładunkowej względem całkowitej wagonu

Źródło: opracowanie własne

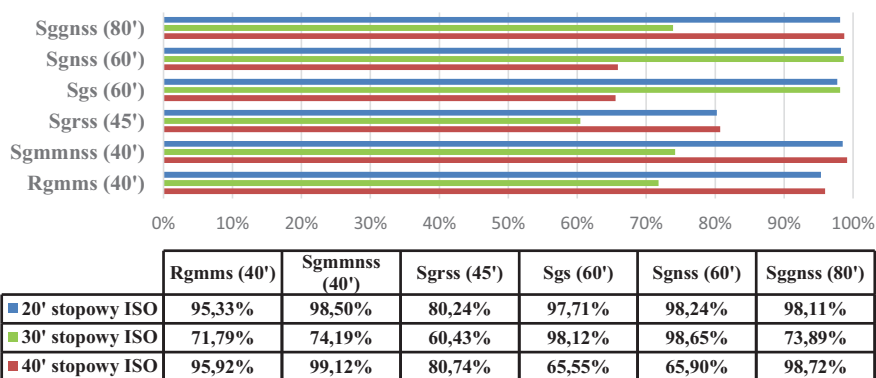
W tablicy 2 przedstawiona została liczba kontenerów możliwych do przewiezienia, w zależności od rodzaju wagonu, przy jednorodnej strukturze rozłożenia na długości ładunkowej.

Tablica 2

Liczba kontenerów możliwych do przewiezienia w zależności od rodzaju wagonu przy jednorodnej strukturze rozmieszczenia

Seria literowa	Długość	Kontener wielki ISO		
		20-stopowy	30-stopowy	40-stopowy
Rgmms	40-stopowy	2 x C	1 x B	1 x A
Sgmmnss	40-stopowy	2 x C	1 x B	1 x A
Sgrss	45-stopowy	2 x C	1 x B	1 x A
Sgs	60-stopowy	3 x C	2 x B	1 x A
Sgns(s)	60-stopowy	3 x C	2 x B	1 x A
Sggns(s)	80-stopowy	4 x C	2 x B	2 x A

Źródło: opracowanie własne



Rys. 2. Współczynnik wykorzystania długości ładunkowej wagonów, w zależności od rodzaju wagonu oraz typu kontenerów o jednolitej strukturze rozmieszczenia

Zródło: opracowanie własne

Na podstawie parametrów techniczno-eksploatacyjnych wagonów (tablica 1) oraz możliwości rozmieszczenia kontenerów wielkich tego samego typu (tablica 2), wyznaczono współczynnik wykorzystania przestrzeni ładunkowej (rys. 2). Zmienia się on w zależności od długości platformy ładunkowej wyrażonej w stopach. Na efektywność współczynnika wpływa wielokrotność długości kontenerów danego typu, w odniesieniu do długości platformy ładunkowej. Do przewozu kontenerów typu A korzystnie jest stosować wagony 40-stopowe oraz 80-stopowe. W przypadku transportu kontenerów typu B, najkorzystniejsza wartość współczynnika odpowiada wykorzystaniu wagonów 60 stopowych. Dla kontenerów typu C najmniej korzystna wartość współczynnika odpowiada wagonom o długości 45 stóp, gdyż jest on głównie przeznaczony do transportu kontenerów 45-stopowych. Dla pozostałych wagonów wskazywane są podobne wartości.

Biorąc pod uwagę dane zawarte w tablicach 1, 2 oraz ograniczoną długość składu do 600 [m], obliczono liczbę wagonów, a przy tym liczbę kontenerów danego typu o jednorodnej strukturze rozmieszczenia na platformie ładunkowej. Wyniki przedstawiono w tablicy 3.

Na podstawie analizy danych można stwierdzić, iż zastosowanie:

- platform 40-stopowych oraz 80-stopowych pozwala na przewiezienie największej liczby kontenerów typu A,
- wagonów o długości ładunkowej 60 stóp umożliwia transport największej liczby kontenerów typu B,
- platform 45-stopowych przyczynia się do najmniejszej liczby przewiezionych kontenerów typu C, przy tym najkorzystniej jest stosować wagony o długości ładunkowej 60 oraz 80 stóp.

Powyższa analiza dotyczy jednorodnego rozmieszczenia kontenerów na wagonach. W praktyce jednak rozmieszczenie jednostek transportu intermodalnego nie jest jednorodne, a uzależnione m.in. od możliwości ustawienia kontenerowych na wagonie, w zależności od typu jednostki ładunkowej, pojemności platformy ładunkowej wagonu oraz wskazanej konfiguracji ustawienia.

Tablica 3

Liczba wagonów oraz kontenerów danego typu, przewożona składem o długości do 600 [m]

Seria literowa	Długość ładunkowa	Liczba wagonów	Długość składu	Typ kontenera		
	[ft]	[-]	[m]	1A – 40'	1B – 30'	1C – 20'
Rgmms	40	42	589,68	42	42	84
Sgmmnss	40	44	595,76	44	44	88
Sgrss	45	36	588,24	36	36	72
Sgs	60	30	597,00	30	60	90
Sgns(s)	60	30	592,20	30	60	90
Sggns(s)	80	23	596,62	46	46	92

Źródło: opracowanie własne

Warianty rozłożenia kontenerów dla wagonów wybranej serii obliczono na podstawie przyjętych wartości:

- 27 kontenerów typu A (40-stopowych),
- 14 kontenerów typu B (30-stopowych),
- 59 kontenerów typu C (20-stopowych).

Wyniki przedstawiono w tablicach 4-7, przyjmując możliwe warianty rozłożenia kontenerów, a przy tym niezbędną liczbę wagonów:

- wariant suboptymalny, określający najmniejszą liczbę wagonów niezbędnych do przewiezienia założonej liczby jednostek ładunkowych,
- wariant dominujący (dominanta), tj. najczęściej występująca liczba wagonów,
- wariant najmniej korzystny, określający maksymalną liczbę wagonów niezbędnych do przewiezienia kontenerów.

Tablica 4

Warianty rozłożenia kontenerów dla wagonów 40 stopowych serii Sgmmnss oraz serii Rgmms

Sposoby rozłożenia	Suboptymalny		Dominanta		Najmniej efektywny	
	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów
1 rodzaj	A	27	A	27	A	27
2 rodzaj	B	14	B	14	B	14
3 rodzaj	C – C	30	C – C	30	C	59
Łącznie	-	71	-	71	-	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Analizując wyniki w tablicach 4-7 dla wariantu suboptymalnego rozłożenia kontenerów oraz liczby niezbędnych wagonów, można stwierdzić iż wskazaną liczbę jednostek ładunkowych najkorzystniej jest przewozić wagonami 80-stopowymi. Jest to związane m.in. z możliwością zastosowania wielu możliwych wariantów usytuowania jednostek ładunkowych na powierzchni ładunkowej wagonu, a przy tym jego zdolnością ładunkową. Niezbędne jest użycie 34 wagonów serii Sggns(s), co przekłada się również na korzystną długość składu (tablica 8) oraz liczbę torów ładunkowych (tablica 9.). Dla wariantu suboptymalnego najmniej korzystnie przedstawiają się wagony 40-stopowe oraz 45-stopowe. Jest to podyktowane m.in. mniejszą zdolnością ładunkową a także stosunkiem długości ładunkowej względem całkowitej wagonu. Powyższe wnioskowanie pokrywa się z wynikami przedstawionymi w tablicy 8.

Tablica 5

Warianty rozłożenia kontenerów dla wagonu 45 stopowego serii Sgrss 45'

Sposób rozłożenia	Suboptymalny		Dominanta		Najmniej efektywny	
	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów
1 rodzaj	A	27	A	27	A	27
2 rodzaj	B	14	B	14	B	14
3 rodzaj	C – C	30	C – C	30	C	59
Łącznie	-	71	-	71	-	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Tablica 6

Warianty rozłożenia kontenerów dla wagonów 60 stopowych serii Sgs oraz serii Sgns(s)

Sposób rozłożenia	Suboptymalny		Dominanta		Najmniej efektywny	
	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów
1 rodzaj	A – C	27	A	27	A	27
2 rodzaj	B – B	7	B – C	14	B	14
3 rodzaj	C – C – C	11	C – C	23	C	59
Łącznie	-	45	-	64	-	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Tablica 7

Warianty rozłożenia kontenerów dla wagonu 80 stopowego serii Sggs(s)

Sposób rozłożenia	Suboptymalny		Dominanta		Najmniej efektywny	
	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów	Rozłożenie	L. wagonów
1 rodzaj	A – A	14	A – C	27	A	27
2 rodzaj	B – B – C	7	B – B – C	7	B	14
3 rodzaj	C – C – C – C	13	C – C – C – C	7	C	59
Łącznie	-	34	-	41	-	100

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Tablica 8

Długość składu wagonowego w zależności od przyjętego wariantu rozłożenia kontenerów

Seria literowa	Długość ładunkowa	Wariant		
	[ft]	Suboptymalny	Dominanta	Najmniej efektywny
Rgmms	40	996,84	996,84	1 404,00
Sgmmnss	40	961,34	961,34	1 354,00
Sgrss	45	1 160,14	1 160,14	1 634,00
Sgs	60	895,50	1 273,60	1 990,00
Sgns(s)	60	888,30	1 263,36	1 974,00
Sggs(s)	80	881,96	1 063,54	2 594,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Tablica 9

Liczba niezbędnych torów ładunkowych w zależności od przyjętego wariantu rozłożenia kontenerów

Seria literowa	Długość ładunkowa	Wariant		
	[ft]	Suboptymalny	Dominanta	Najmniej efektywny
Rgmms	40	2	2	3
Sgmmnss	40	2	2	3
Sgrss	45	2	2	3
Sgs	60	2	3	4
Sgns(s)	60	2	3	4
Sggns(s)	80	2	2	5

Źródło: opracowanie własne na podstawie [1, 2]

Realizacja przewozu wskazanej liczby kontenerów typu A, B, C dla wariantu suboptymalnego wymaga zastosowania 2 torów ładunkowych, w przypadku wszystkich serii wagonów omawianych w artykule. Jak można było się spodziewać, liczba ta wzrasta w przypadku zastosowania wariantu najmniej korzystnego, odpowiednio od 3 do 5 wymaganych torów ładunkowych. Jednakże w praktyce wariant ten nie byłby stosowany. Analizując wyniki przedstawione dla wariantu *Dominanta*, liczba torów ładunkowych wynosi od 2 do 3, w zależności od rodzaju zastosowanego wagonu.

3. WNIOSKI

Przedmiotem referatu była analiza rozłożenia kontenerów wielkich ISO na długości ładunkowej składu wagonowego. Na podstawie wyników można stwierdzić, iż jednorodne usytuowanie jednostek jest nieefektywne i prowadzi do konieczności zastosowania znacznej liczby wagonów. Zastosowanie struktury różnorodnego rozłożenia kontenerów pozwala na zmniejszenie liczby wagonów, a przy tym długości oraz liczby torów ładunkowych. Należy przy tym wspomnieć, iż korzystnie jest stosować wagony 60-stopowe oraz 80-stopowe, ze względu m.in. na wiele możliwych wariantów ustawienia kontenerów na długości ładunkowej takich wagonów oraz ich pojemności ładunkowej. Ozwierciedla się to również w praktycznym zastosowaniu. Odchodzi się bowiem od stosowania wagonów 40-stopowych na rzecz wspomnianych 60-stopowych, 80-stopowych oraz wagonów dwuczłonowych zawierających dwie powierzchnie ładunkowe – niebędące przedmiotem analizy w powyższym referacie.

Bibliografia

1. Jakubowski L. (red.): Punkty kontenerowe w transporcie lądowym. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1978.
2. Jakubowski L.: Technologia prac ładunkowych. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2003.

3. PKP Cargo Logistics, Katalog Wagonów, Warszawa 2013.
4. Stokłosa J., Liščák, Š.: Ewolucje technologii przeładunkowych jako narzędzie zwiększające efektywność przewozów intermodalnych. *Logistyka*, 2/2014, pp. 57-61.
5. Urząd Transportu Kolejowego, Sprawozdanie z funkcjonowania rynku transportu kolejowego w 2016 r., ISBN 978-83-65709-11-0, Warszawa 2017.
6. Urząd Transportu Kolejowego, <https://utk.gov.pl/aktualnosci/13878,Rok-2017-najlepszy-dla-kolei-od-lat.html>, data dostępu 26 maja 2018 r.

RATIONALIZATION OF THE ARRANGEMENT OF SELECTED INTERMODAL TRANSPORT UNITS ON THE LOAD LENGTH OF THE TRAIN

Summary: Authors of the paper analyzed the arrangement of large containers ISO on the load length of selected railway wagons which are used by intermodal transport operators. At the same time, the types of wagons and types of loading units were characterized. The quantity and arrangement of containers were analyzed for two kinds of sets of intermodal units structures. It means that a homogeneous and diverse structures of the arrangement of intermodal transport units on the length of wagons were analyzed. The length and quantity of loading tracks, necessary for the transport of the containers indicated in the paper, were also estimated.

Keywords: intermodal transport, intermodal wagons, containers