

ISBN 978-83-959742-6-7

# Transport Problems 2023

## Conference proceedings

Konferencja dofinansowana ze środków budżetu państwa w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą "Doskonała Nauka" nr projektu DNK/SP/549716/2022  
kwota dofinansowania 145 200,00 zł  
całkowita wartość projektu 299 000,00 zł.



Ministerstwo  
Edukacji i Nauki



Doskonała  
Nauka

UNDER THE HONORARY  
PATRONAGE OF



Silesian  
University  
of Technology



Krajowa  
Reprezentacja  
Doktorantów

**KRD**



XV INTERNATIONAL  
SCIENTIFIC  
CONFERENCE

21-23.06 2023  
Katowice - Częstochowa

19-20.06 2023  
Katowice

XII INTERNATIONAL  
SYMPOSIUM OF YOUNG  
RESEARCHERS



Silesian University of Technology  
Faculty of Transport and Aviation Engineering

# Transport Problems 2023

Proceedings

XV International Scientific Conference

XII International Symposium of Young Researchers

UNDER THE HONORARY PATRONAGE OF



Silesian University  
of Technology



Krajowa  
Reprezentacja  
Doktorantów

KRD

Media patronage:

Transport Problems International Scientific Journal  
ISSN 1896-0596, The Silesian University of Technology,  
Faculty of Transport and Aviation Engineering

Transport Problems

International Scientific Journal



Ministerstwo  
Edukacji i Nauki



Doskonała  
Nauka

Konferencja dofinansowana ze środków budżetu państwa  
w ramach programu Ministra Edukacji i Nauki pod nazwą  
"Doskonała Nauka" nr projektu DNK/SP/549716/2022  
kwota dofinansowania 145 200,00 zł  
całkowita wartość projektu 299 000, 00 zł.

*editor-in-chief*

**A. Sładkowski**

*editorial board*

*P. Czech, M. Cieśla, T. Haniszewski,  
M. Juzek, W. Kamiński, P. Marzec, G. Wojnar*



**XV INTERNATIONAL CONFERENCE  
TRANSPORT PROBLEMS 2023**

**TABLE OF CONTENTS**

No.	Author, title	Pages	
		Begin	End
1	Ali ABBASOV, Tofig BABAYEV, Valery VIRKOVSKI Modern approaches to digitalization of middle corridor	<a href="#">1</a>	5
2	Adedotun Joseph ADENIGBO, Joash MAGETO, Rose LUKE Factors influencing air cargo policy decisions and implementation in Nigeria: a stakeholders' perspective	<a href="#">6</a>	19
3	Asmaâ AIT BOUBKR Women's urban mobility and perceived safety in the city of Casablanca (Morocco)	<a href="#">20</a>	27
4	Telman ALIEV, Tofig BABAYEV, Rauf GADIMOV, Tahir ALIZADA Hybrid technology for control of the latent period of malfunctions of railroad tracks	<a href="#">28</a>	35
5	Michal APOLLO, Lukasz KULESZA, Agnieszka GAWLIK, Anna ORZEŁ, Mateusz JAKUBIAK, Paula BAJDOR, Sławomir PYTEL, Mariusz SPECHT, Karolina KRZYKOWSKA-PIOTROWSKA, Sorin NISTOR, Celso Augusto Guimarães SANTOS, Yana WENGEL, Kamil MACIUK An analysis of engine type trends in passenger cars: are we ready for a green deal?	<a href="#">36</a>	60
6	Tofig BABAYEV, Khalida MELIKOVA Transport contents in Horizon Europe Framework Programme	<a href="#">61</a>	64
7	Teodor BALÁŽ, Zbyšek KORECKI, Jaroslav KREJČÍ, František RACEK Detection and location system for laser interference with aircraft	<a href="#">65</a>	71
8	Libor BAUER, Libor SVADLENKA, Radek VRBA, Daniel SALAVA Validation of the Sulp methodology (application in the city of Pardubice)	<a href="#">72</a>	83
9	Sylwia BĘCZKOWSKA, Iwona GRABAREK, Maciej KOZŁOWSKI Identification of the factors of arduousness at the workplaces of operators of means of transport	<a href="#">84</a>	95
10	Krzysztof BIZOŃ, Aleksandra CHMIELEWSKA, Andrzej CHUDZIKIEWICZ, Aleksander SŁADKOWSKI, Anna STELMACH	<a href="#">96</a>	110

**Keywords:** multi-purpose stanchion basket, transporting timber and containers, innovative design solution

**Krzysztof BIZOŃ**

Silesian University of Technology, Faculty of Transport and Aviation Engineering  
Kraśińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland

**Aleksandra CHMIELEWSKA**

WP Trading Sp. z o.o. SKA  
Wołodyjowskiego 43, 02-724 Warsaw, Poland

**Andrzej CHUDZIKIEWICZ\***

WP Radwan Sp. z o.o.  
H. Sienkiewicza 72, 90-319 Łódź, Poland

**Aleksander ŚLADKOWSKI**

Silesian University of Technology, Faculty of Transport and Aviation Engineering  
Kraśińskiego 8, 40-019 Katowice, Poland

**Anna STELMACH**

Warsaw University of Technology, Faculty of Transport  
Koszykowa 75, 00-662 Warsaw, Poland

\* *Corresponding author.* E-mail: [chudzikiewicz.andrzej@gmail.com](mailto:chudzikiewicz.andrzej@gmail.com)

## **AN INNOVATIVE, MULTI-PURPOSE STANCHION BASKET FOR TRANSPORTING TIMBER AND CONTAINERS**

**Summary.** Analyses of cargo transport in 2021 show that despite the increased volume of cargo transported by all types of transport compared to 2020, road transport is still dominant compared to rail transport. Therefore, all actions aimed at improving these unfavorable relations, rail transport vs. road transport, in transport, and in particular in the transport of cargo, should be considered purposeful and justified. One such activity is the ongoing work on the design and construction of freight wagons for specialized transport. Specialized wagons, unlike universal wagons, are characterized by a limited ability to transport a wide range of material groups. An example is the transport of timber. However, the development of new transport technologies, and above all technical and organizational progress, force the organizers of these transports to look for new solutions, both logistic and rolling stock. The aforementioned transport of timber is an example of this. The transport of wood does not constitute a large volume of transport but taking into account its transport nuisance (transport with large truck tractors, high axle loads, high risks for other road users), it is a classic example of the fact that it should not be carried out by road over long distances. Therefore, all actions aimed at reducing its nuisance and improving efficiency by using rail transport are desirable and even necessary. The article presents an innovative design solution in the form of a stanchion basket, installed on flat wagons, allowing the use of standard wagons of this type to transport both containers and timber as well as loads such as beams, pipes, etc. Such a solution will allow the use of empty runs of these wagons, after unloading wood at the destination station, for further transport of containers and vice versa. The considerations described in the article show the process of research at the construction stage and testing the prototype of the built basket and the wagon with the stanchion basket structure placed on it.

## NOWATORSKI, WIELOZADANIOWY KOSZ KŁONICOWY DO TRANSPORTU DREWNA I KONTENERÓW

**Streszczenie.** Analizy przewozów ładunków w 2021 roku pokazują, że mimo zwiększonego wolumenu wielkości przewiezionych ładunków wszystkimi rodzajami transportu, w porównaniu z 2020 rokiem, przewozy transportem drogowym nadal są dominujące w porównaniu z transportem kolejowym. Dlatego też wszystkie działania zmierzające do poprawy tych niekorzystnych relacji, transport kolejowy vs transport drogowy, w przewozach a w szczególności w przewozach ładunków należy uznać za celowe i uzasadnione. Jednym z takich działań są, ciągle prowadzone prace, w zakresie konstrukcji i budowy wagonów towarowych do przewozów specjalizowanych. Wagony specjalizowane, w odróżnieniu od uniwersalnych, charakteryzują się ograniczoną możliwością w zakresie przewozów szerokiej gamy grup materiałów. Przykładem mogą być przewozy drewna. Rozwój nowych technologii przewozowych, a przede wszystkim postęp techniczny i organizacyjny, wymusza jednak na organizatorach tych przewozów działania w zakresie poszukiwania nowych rozwiązań zarówno logistycznych jak i taborowych. Wspomniany wcześniej przewóz drewna jest tego przykładem. Transport drewna nie stanowi ilościowo dużego wolumenu przewozowego, natomiast uwzględniając jego uciążliwość transportową (transport dużymi ciągnikami siodłowymi, duże naciski na oś, duże zagrożenia dla innych użytkowników dróg) jest klasycznym przykładem tego, że na dłuższych odległościach nie powinien być realizowany transportem drogowym. Dlatego też wszelkie działania w zakresie zmniejszenia jego uciążliwości oraz poprawy efektywności, wykorzystując transport kolejowy, są pożądane i wręcz konieczne. W artykule przedstawiono innowacyjne rozwiązanie konstrukcyjne w postaci kosza kłonicowego, instalowanego na wagonach typu platforma, pozwalające na wykorzystanie standardowych wagonów tego typu, do przewozu zarówno kontenerów jak i drewna a także ładunków typu belki, rury, itp. Takie rozwiązanie pozwoli na wykorzystanie pustych przebiegów tych wagonów, po rozładunku drewna na stacji docelowej, do dalszego transportu kontenerów i odwrotnie. Opisane w artykule rozważania pokazują proces badań na etapie konstrukcji oraz badania zbudowanego prototypu zbudowanego kosza oraz wagonu z posadowioną na nim konstrukcją kosza kłonicowego.

### 1. WSTĘP

W 2021 r. wszystkimi rodzajami transportu przewieziono 2 253,4 mln ton ładunków, tj. o 2,4% więcej niż przed 2021 rokiem i wykonano pracę przewozową na poziomie 491,4 mld tonokilometrów, tj. o 3,6% większą niż w poprzednim roku [1]. Odnotowano wzrost przewozów ładunków prawie w każdym z rodzajów transportu, z wyjątkiem transportu rurociągowego. Mimo, że w omawianym okresie transportem kolejowym przewieziono ogółem o 8,9% więcej ładunków niż w 2020 r. to nadal jest to tylko prawie 11% ogólnie przewiezionego tonażu. Oczywiście dominującą rolę w tych przewozach spełnia nadal transport samochodowy wykonywujący 86,6% wszystkich przewozów w przypadku ładunków. Dlatego też wszystkie działania zmierzające do poprawy tych niekorzystnych relacji, transport kolejowy vs transport drogowy, w przewozach a w szczególności w przewozach ładunków należy uznać za celowe i uzasadnione. Jednym z takich działań są, ciągle prowadzone prace, w zakresie konstrukcji i budowy wagonów towarowych do przewozów specjalizowanych [2]. Wagony specjalizowane, w odróżnieniu od uniwersalnych, charakteryzują się ograniczoną możliwością w zakresie przewozów szerokiej gamy grup materiałów. Przykładem mogą być przewozy drewna. Konstrukcja takich wagonów jest bardziej wyrafinowana, mając na uwadze wyposażenie i oprzyrządowanie, a także mając na uwadze dostosowanie do przewozu określonych ładunków i wymagań użytkowników. Rozwój nowych technologii przewozowych, a przede wszystkim postęp techniczny i organizacyjny, wymusza jednak na organizatorach tych przewozów działania w zakresie

poszukiwania nowych rozwiązań zarówno logistycznych jak i taborowych [3]. Wspomniany wcześniej przewóz drewna jest tego przykładem [4]. Transport drewna (6 grupa towarowa w transporcie kolejowym), rozpatrując pracę przewozową w komunikacji krajowej i międzynarodowej to tylko 0,1 mld ton-km w przewozach krajowych i 0,5 mld ton-km w przewozach międzynarodowych [ 5] nie stanowi ilościowo dużego wolumenu przewozowego, natomiast uwzględniając jego uciążliwość transportową (transport dużymi ciągnikami siodłowymi, duże naciski na oś, duże zagrożenia dla innych użytkowników dróg) jest klasycznym przykładem tego, że na dłuższych odległościach nie powinien być realizowany transportem drogowym. Dlatego też wszelkie działania w zakresie zmniejszenia jego uciążliwości oraz poprawy efektywności, wykorzystując transport kolejowy, są pożądane i wręcz konieczne.

W artykule przedstawiono innowacyjne rozwiązanie konstrukcyjne w postaci kosza kłonicowego, pozwalające na wykorzystanie standardowych wagonów do przewozu drewna, także do przewozu kontenerów, co pozwoliłoby na wykorzystanie pustych przebiegów tych wagonów, po rozładunku drewna na stacji docelowej.

## 2. RYNEK PRZEWOZÓW DREWNA I KONTENERÓW

Na polskim rynku drzewnym działa 7,5 tys. firm, które wypracowują 11% przychodu w przetwórstwie przemysłowym, czyli prawie 30 mld zł rocznie. W sektorze tym działają firmy meblarskie, producenci płyt z drewna, kombinaty zajmujące się produkcją celulozy i papieru oraz producenci tarcicy, palet, podłóg drewnianych i domów z drewna. Polska jest największym w UE producentem podłóg drewnianych, płyt HDF/MDF i wyposażenia ogrodów, czwartym producentem mebli, drugim producentem płyt wiórowych i ósmym producentem tarcicy. Jest też 3 eksporterem mebli na świecie i największym eksporterem stolarki budowlanej w Europie [6, GUS]. Przy tak rozwiniętej produkcji zapotrzebowanie przez producentów, rozproszonych po całym kraju, na drewno jest znaczne i nie może być zrealizowane tylko transportem drogowym. Aż 95% z 7.5 tys. firm tej branży to jednostki małe i bardzo małe, przerabiające do 10 tys. m<sup>3</sup> drewna okrągłego/rok. Firmy przerabiające od 100 tys. m<sup>3</sup> w ciągu roku do kilku mln m<sup>3</sup> drewna stanowią tylko 0,48% wszystkich firm w tym tylko 8 podmiotów kupuje ponad 500 tys. m<sup>3</sup> drewna. W sumie surowiec kupowany przez te firmy, stanowiący potencjalny ładunek dla transportu kolejowego w ruchu krajowym to 14,6 mln m<sup>3</sup>, tj. około 10,95 mln ton [7].

Zmniejszenie podaży drewna na rynku krajowym i coraz trudniejsze jego pozyskiwanie spowodowane zmieniającymi się uwarunkowaniami legislacyjnymi powodują, iż dla utrzymania tempa rozwoju firm branży drzewnej w Polsce zwiększa się znaczenie ilości drewna z Importu, a więc również znaczenie transportu kolejowego w tych przewozach [8]. Szacuje się, deficyt surowca drzewnego w Polsce na około 4 mln m<sup>3</sup>. Ponad 1,5 mln m<sup>3</sup> surowca jest eksportowane i tyle samo importowane [6], co wskazuje na zapotrzebowanie na transport 7 mln m<sup>3</sup> drewna (ok 5,25 mln ton) rocznie w ruchu międzynarodowym. Zapotrzebowanie na drewno będzie wzrastać z uwagi na kwestie ekologiczne, a przede wszystkim negatywny wpływ plastiku na środowisko i tendencje do zastępowania go surowcami naturalnymi. Dane te pokazują, że wszelkie działania na rzecz lepszego, bardziej efektywnego wykorzystania transportu kolejowego w transporcie drewna są pożądane i konieczne. Jedną z możliwości jest likwidacja pustych przebiegów wagonów transportujących drewno do firm przetwarzających ten surowiec, po rozładunku i wykorzystanie ich do przewozu wyrobów finalnych tych firm. Problemem jest jednak specyficzna konstrukcja tych specjalizowanych wagonów, nie pozwalająca na bezpośredni załadunek, np. palet czy skrzyń z gotowymi wyrobami.

W pracy zaproponowano konstrukcyjne rozwiązanie w postaci specjalnego kosza bezpośrednio posadowionego na platformie specjalizowanego wagonu do przewozu drewna, umożliwiające przewóz kontenerów, zgodnie z obowiązującymi kolejowymi przepisami.

Kontenery są głównymi jednostkami ładunkowymi w transporcie intermodalnym, który jest jednym z najbardziej dynamicznie rozwijających się obszarów dostaw w Polsce. W 2020 r. w ramach realizacji przewozów intermodalnych w Polsce przewieziono 23,8 mln ton ładunków, co oznacza wzrost o 22% r/r. Istotny jest fakt, że dynamika wzrostu jest trwała. Na przestrzeni ostatniej dekady masa

przewiezionych ładunków nieustannie rosła, osiągając w 2020 r. wzrost - w porównaniu do 2010 r. - o ponad 440% [9].

Udział kontenerów w realizacji przewozów wynosi ponad 95%. Najwięcej przewieziono kontenerów 20- i 40-stopowych, które stanowią odpowiednio 37,3% i 53,2% ogólnej liczby jednostek. Naczepy i przyczepy samochodowe w przewozach intermodalnych stanowią 2,4% wykorzystywanych jednostek, a wymienne nadwozia samochodowe tylko 1%.

Wpływ na strukturę taboru kolejowego ma rosnący udział przewoźników prywatnych. Obecnie polscy przewoźnicy kolejowi dysponują 3,65 tys. lokomotywami elektrycznymi oraz spalinowymi i ponad 91,1 tys. wagonami (krytymi, węglarkami, platformami, cysternami i specjalnymi). W porównaniu do 2018 r., lokomotyw na polskim rynku przybyło, wagonów natomiast - ubyło. Średni wiek wagonów wynosi 30 lat, lokomotyw - 36 lat. Prędkość handlowa pociągów intermodalnych wynosi 31,69 km/h.

Pomimo znacznej dynamiki wzrostu przewozów kontenerami w Polsce, przewozy intermodalne koleją stanowią zaledwie 10% transportu towarów, podczas gdy w Niemczech to 29% a średnia w UE wynosi 23%.

### 3. TABOR KOLEJOWY DO TRANSPORTU DREWNA

W ostatnich latach na rynku kolejowych przewozów towarowych nastąpiły liczne zmiany, zwłaszcza w kontekście rosnącego udziału przewoźników prywatnych. To wpływa na strukturę taboru kolejowego wykorzystywanego w przewozach towarowych (Tab. 3.4). Usługi oferowane przez przedsiębiorstwa zajmujące się leasingiem czy dzierżawą taboru coraz częściej są wykorzystywane przez licencjonowanych prywatnych przewoźników, ale są również przewoźnicy operujący na rynku przewozów drewna którzy dążą do posiadania własnego taboru specjalistycznego. W takim przypadku istotnym jest, aby był to tabor wielofunkcyjny, tj. mogący przewozić nie tylko drewno ale również inne jednostki ładunkowe, np. kontenery. Struktura pojazdów trakcyjnych i wagonów polskich przewoźników towarowych w latach 2011 – 2019 została przedstawiona w Tabeli 1 [10]. Przewozy drewna mogą być realizowane wagonami towarowymi typu: wagony węglarki, wagony platformy i wagony kryte, ale w bardzo ograniczonym asortymencie towarowym. Natomiast do przewozu kontenerów mogą być wykorzystywane wagony platformy (nie każdego rodzaju) oraz wagony specjalne, które nie mogą być bezpośrednio wykorzystywane do przewozu dłuźyc.

Najliczniejszą grupą wagonów towarowych są wagony platformy przeznaczone są do przewozu ładunków skupionych, dłuźycy, pojazdów oraz ładunków sztukowych. Wagony platformy różnią się względem konstrukcji oraz liczby osi. Wagony platformy budowy normalnej na osiach i wózkach mogą posiadać burty boczne oraz kłonicie służące unieruchomieniu ładunków spoczywających na wagonie. Wybrane wagony tego rodzaju posiadają również trzpienie do mocowania kontenerów. Wagony platformy budowy specjalnej na osiach i wózkach posiadają natomiast dodatkowe wyposażenie do przewozu kontenerów, pojemników wymiennych, pojazdów czy kręgów blachy. Wśród wagonów typu platforma tylko ok. 1/3 jest dostosowana do przewozu kontenerów. Wagony te mogą być również wyposażone w przesuwane ściany boczne (podobnie jak w wagonach krytych budowy specjalnej) lub plandeki do ochrony ładunku.

Choć wagony platformy były powszechnie wykorzystywanymi wagonami w przewozach towarowych, konteneryzacja transportu pozwoliła wzmocnić ich rolę w przewozach kolejowych. Wzrost inwestycji w transporcie intermodalnym wpłynął w ostatnich latach na wzrost taboru, w tym liczby wagonów platform znajdujących się w dyspozycji przewoźników kolejowych oraz wagonów dostosowanych do przewozów intermodalnych (Rys. 1) [11].

Liczba wszystkich wagonów platform w dyspozycji przewoźników na koniec 2019 r. była wyższa o prawie 2 tys. niż w 2011 r. W 2019 r. do eksploatacji na polskiej sieci kolejowej wprowadzono 70 nowych wagonów platform przystosowanych do przewozu kontenerów oraz 83 wagony do przewozu pojazdów wojskowych. Należy mieć na uwadze, że w obecnej perspektywie finansowej UE w ramach realizacji projektów inwestycyjnych w zakresie przewozów intermodalnych rynek do roku 2023 zostanie doposażony o ok. 3 400 nowych wagonów platform, co wpłynie na średnią wieku wagonów

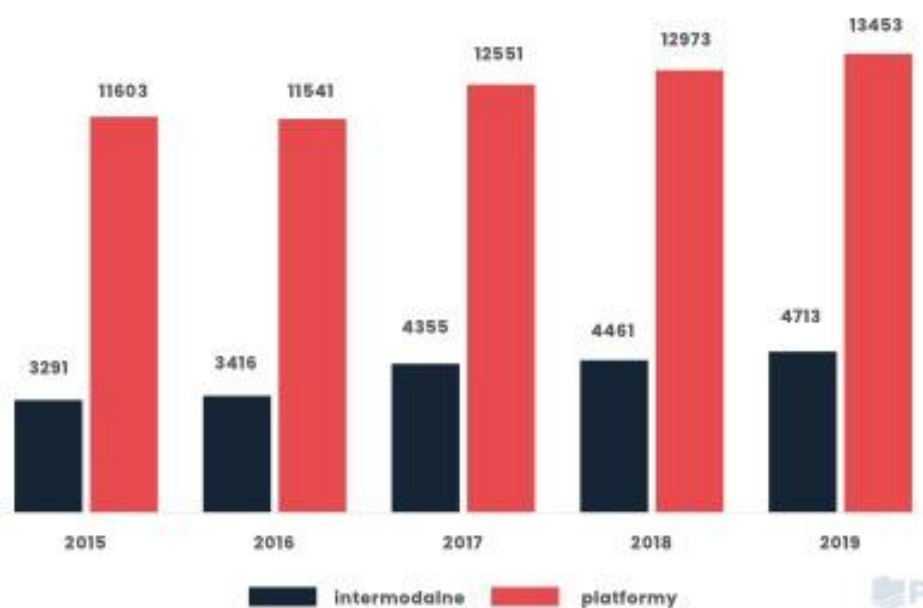


platform w dyspozycji przewoźników kolejowych, ale nie zmieni jednak niekorzystnych w tym przypadku tendencji. Na rys. 2 pokazano średnią wieku wagonów platform w 2019 i 2018 roku.

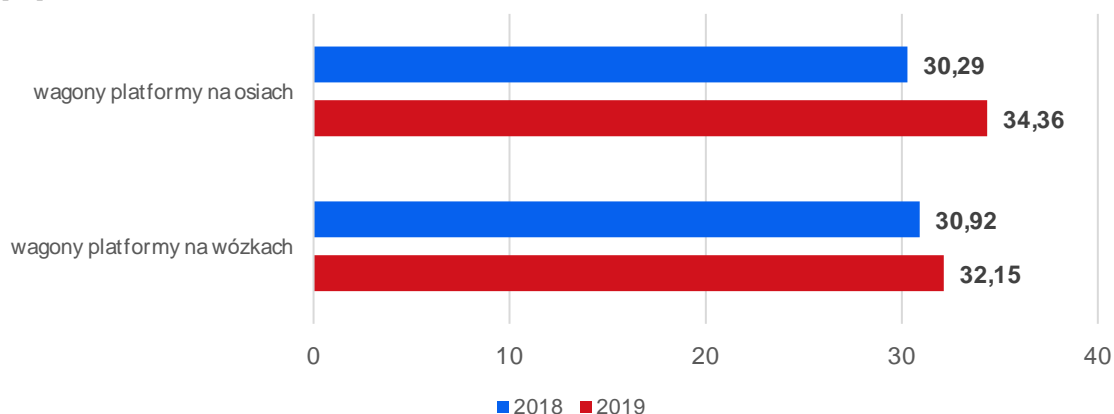
Tab. 1  
Struktura pojazdów trakcyjnych i wagonów polskich przewoźników towarowych w latach 2011 – 2019 [10]

	2011	2015	2016	2017	2018	2019
 Lokomotywy elektryczne	1456	1475	1502	1419	1445	1509
 Lokomotywy spalinowe	2226	2121	2130	2032	2061	2146
<b>Lokomotywy ogółem</b>	<b>3682</b>	<b>3596</b>	<b>3632</b>	<b>3451</b>	<b>3506</b>	<b>3655</b>
	2011	2015	2016	2017	2018	2019
 Wagony towarowe kryte	4927	4100	3976	3897	2075	2065
 Wagony towarowe węglarki	62444	59641	61919	59432	61677	61477
 Wagony towarowe platformy	11588	11603	11541	12551	12973	13453
 Wagony towarowe cysterny	13224	7602	6768	7068	7086	7232
 Wagony towarowe specjalne	6339	6124	6291	6347	5393	4348
<b>Wagony towarowe ogółem</b>	<b>101117</b>	<b>90906</b>	<b>92338</b>	<b>91129</b>	<b>91349</b>	<b>91154</b>

Drugą, pod względem liczności, grupą wagonów do przewozu są ładunków **wagony węglarki**. Przeznaczone są przeważnie do przewozu materiałów sypkich, niewrażliwych na warunki atmosferyczne, ale mogą i są również wykorzystywane do przewozów drewna średniowymiarowego, tzw. wałków o wymiarach od 0,5 m do 2,6 m. W ostatnich latach maleje liczba przewozów kruszywa, natomiast liczba tych wagonów w dyspozycji przewoźników towarowych pozostaje na podobnym poziomie od kilku lat. Spadek przewozów surowców energetycznych odnotowany w 2019 roku wpłynął na dalsze decyzje w zakresie planów inwestycyjnych. Wagony, używane do przewozu drobnicy, ładunków sztukowych i przesyłek pocztowych, wykorzystuje się coraz rzadziej. Ich liczba spadła prawie o 60% [11].



Rys. 1. Liczba wagonów platform, w tym przystosowanych do przewozów kontenerów, w latach 2015-2019 w szt. [11]



Rys. 2. Średni wiek wagonów platform przewoźników towarowych w latach 2018-2019

Trzecią grupą wagonów, które mogą być wykorzystywane bezpośrednio do przewozów kontenerów to wagony platformy na wózkach budowy specjalnej – rodzaj S, których ilości są znaczne (4348 szt. w 2019 roku) i większość z nich mogłaby być wykorzystana również do przewozu drewna, po odpowiedniej modernizacji.

Powyższe analizy pokazują, że dynamika wzrostu przewozów intermodalnych w których kontener jest podstawową jednostką ładunkową nie nadąża za dynamiką przyrostu wagonów platform dostosowanych do przewozów kontenerów. Natomiast w przypadku wagonów platforma na wózkach budowy specjalnej przeznaczonych do przewozów kontenerów, np. serii Sgs, nie ma możliwości wykorzystania ich do przewozu dłużej co uniemożliwia wykorzystanie ich do redukcji tzw. pustych przebiegów i poprawy tym samym ekonomicznej efektywności transportu drewna.

Podejmowane są więc różne działania mające na celu poprawę tych relacji. Jedną z możliwości jest dostosowanie wagonu platformy typu specjalnego, do przewozu kontenerów poprzez posadowienie na nim wymiennej konstrukcji kosza co umożliwiłoby również likwidację pustych przebiegów takich wagonów, wykorzystując platformę do przewozów drewna w koszu. Będzie to przedmiotem rozważań w następnym rozdziale.

#### 4. PROTOTYP KOSZA KLONICOWEGO JAKO ROZWIĄZANIE INNOWACYJNE I UNIWERSALNE

Mając na uwadze, między innymi, poprawę wskaźników charakteryzujących opłacalność transportu drewna, w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój 1014-2020, przygotowano wniosek na realizację projektu, którego celem było opracowanie innowacyjnej usługi przewozu drewna w oparciu w wielozadaniowy kosz kłonicowy [4]. Przystępując do wykonania projektu kosza, przyjęto następujące podstawowe założenia:

1. Przeznaczeniem modułowego kosza kłonicowego będzie transport zarówno drewna dłużycowego, produktów dłużycowych (np. rur, prętów) jak również kontenerów i wyrobów paletyzowanych w różnych konfiguracjach.
2. Kosz kłonicowy przystosowany będzie do posadowienia bezpośrednio na istniejących platformach wagonowych wyposażonych w trzpienie do mocowania kontenerów, a więc nie wymaga specjalnego montażu. Przykłady wagonów kolejowych z którymi kosz kłonicowy powinien współpracować:
  - wagon platforma o typie konstrukcyjnym przeznaczonym do przewozu kontenerów o łącznej długości 40 stóp,
  - wagon platforma o typie konstrukcyjnym przeznaczonym do przewozu kontenerów o łącznej długości 80 stóp,
  - wagon platforma o typie konstrukcyjnym przeznaczonym do przewozu kontenerów o łącznej długości 90 stóp.
3. W podstawowej wersji kosz kłonicowy składać się będzie z trzech modułów: środkowego i dwóch bocznych. Moduły boczne będą swoim lustrzanym odbiciem.
4. Przewóz ładunków może odbywać się w różnych konfiguracjach:
  - trzy kontenery dwudziestostopowe 3x20',
  - dwa kontenery w konfiguracji 40'+20' lub 20'+40',
  - jednocześnie kontener 20' + drewno luzem,
  - jednocześnie kontener 40' + drewno luzem,
  - jednocześnie dwa kontenery 2x20' + drewno luzem.

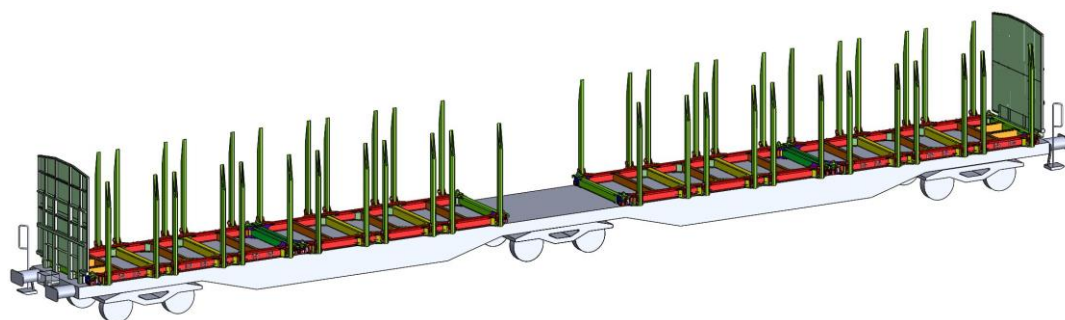
Zmiana konfiguracji ustawienia kontenerów powinna być prosta i możliwa bez konieczności demontażu kłonic lub całego kosza oraz z wykorzystaniem typowych narzędzi.

5. Ze względu na wytrzymałość konstrukcji kosz kłonicowy musi spełniać wymagania normy PN-EN 12663 oraz przepisów dotyczących wytrzymałości kontenerów. Geometria punktów mocowania kosza kłonicowego do platformy wagonu jest kompatybilna z wagonami do przewozu kontenerów 20' i 40', zgodnie z normą ISO-668, ISO-3874, ISO-1161. Kosz kłonicowy wraz z wagonem kolejowym na którym kosz jest zainstalowany muszą spełniać normę PN-EN 15273 ze względu na nieprzekraczanie dopuszczalnych wymiarów geometrycznych skrajni kolejowej. Założony profil skrajni kolejowej to GB1.

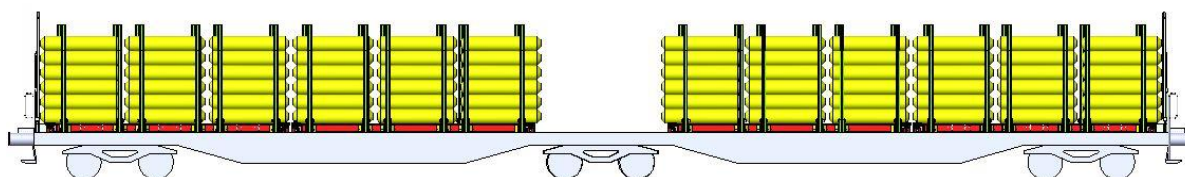
#### 5. ANALIZY SYMULACYJNE MODELU KOSZA

Biorąc pod uwagę przyjęte założenia oraz uwzględniając istniejące w eksploatacji wagony platformy do przewozów kontenerów, przyjęto do analiz następujące typy wagonów: Sgmmns 40', Sgns(s) 60' i Sggrs(s) 80', Sggrmrs 90', mając na uwadze możliwość posadowienia kosza.

Analiza obejmowała możliwość uzyskania odpowiedniej długości ładunkowej, w przypadku różnego układu koszy oraz ładunku w postaci kłód o różnych długościach. Analiza prowadzona była na modelach CAD. Przykładowo na rys. 3 a i b został pokazany wagon typu Sggrmrs z posadowionymi koszami bocznymi i środkowymi.

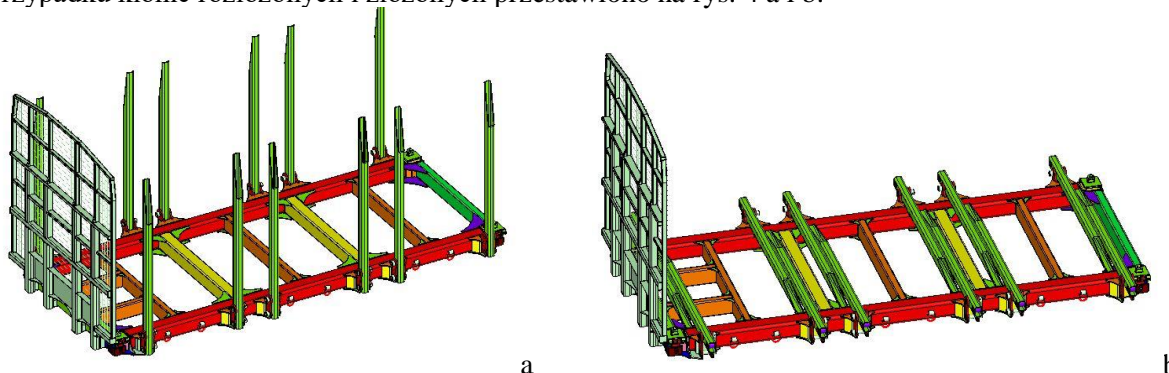


Rys. 3a. Model wagonu typu Sgmrss 90' z koszami



Rys. 3b. Wagon typu Sgmrss z koszami i ładunkiem w postaci kłód 2 m

Proces projektowania oraz budowy prototypu kosza przebiegał zgodnie z przyjętymi ogólnie zasadami budowy czy modernizacji pojazdów szynowych lub ich podzespołów [12]. Model 3D kosza wykonano z wykorzystaniem programu Autodesk Inventor 2019. Przykładowy moduł skrajny kosza w przypadku kłonic rozłożonych i złożonych przestawiono na rys. 4 a i b.



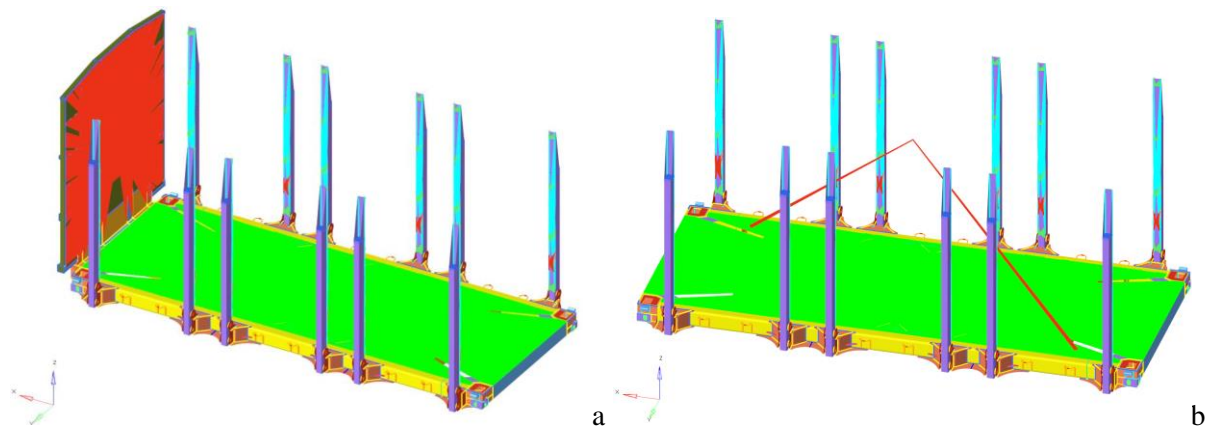
Rys. 4. Moduł kosza skrajnego, a) kłonic rozłożone, b) kłonic złożone

Dla przyjętych założeń wykonano projekt konstrukcyjny kosza kłonicowego, który został zweryfikowany obliczeniami wytrzymałościowymi. Obliczenia przeprowadzone dla warunków wytrzymałości statycznej i zmęczeniowej w punktach charakterystycznych węzłów i miejscach mocowania kłonic do szkieletu kosza i punktów podparcia ładunku wykazały, że konstrukcje koszy kłonicowych spełniają przyjęte kryteria wytrzymałościowe dla rozpatrywanych przypadków obciążeń. W obliczeniach użyto liniowy model elementów skończonych. Procedura obliczeń była zgodna z normami PN-EN 12663-1+A1:2015-1 i PN-EN 12663-2:2010 „Kolejnictwo – Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł pojazdów szynowych, cz. 1 i cz. 2”.

Dla potrzeb obliczeń symulacyjnych zdefiniowano 11 przypadków obciążeń nadzwyczajnych oraz 10 scenariuszy obciążeń zmęczeniowych. W przypadku analiz zmęczeniowych zastosowano kryterium nieprzekroczenia wartości naprężeń zredukowanych Huber – von Mises o wartości 143 MPa i współczynnikiem bezpieczeństwa równym 1.1 (stal S355).

Modele obliczeniowe wykonano w programie Altair HyperMesh 2017 a obliczenia przeprowadzono w środowisku Altair OptiStruct Analysis 2017, wykorzystując algorytm obliczeń quasi-statycznych. Analizę i prezentację wyników obliczeń wykonano w programie Altair Hyper View 2017. Modele MES skrajnego i środkowego kosza zostały opracowane przy założeniu liniowo-sprężystego materiału a do analizy przyjęto teorię małych przemieszczeń. Struktura została zamodelowana za pomocą elementów

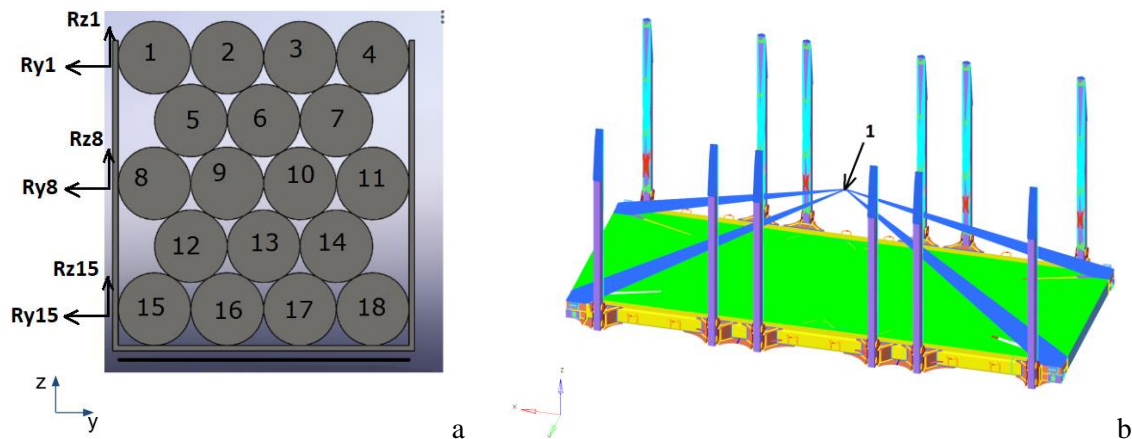
powłokowych o średnim wymiarze 12 mm. Przykładowy model MES skrajnego i środkowego kosza pokazano na rys. 5 a i b.



Rys. 5. Modele MES kosza: a) skrajnego, b) środkowego

Analizy symulacyjne obciążeń zmęczeniowych konstrukcji koszy i zamocowań wykonywane były dla przypadków obciążenia kontenerem oraz ładunkiem drewnianych bali.

W przypadku analizy oddziaływań kłód na kłonicie kosza czy też na ścianę skrajną oraz w przypadku obciążenia kontenerem, przyjęte zostały modele obciążeń pokazane na rys. 6.

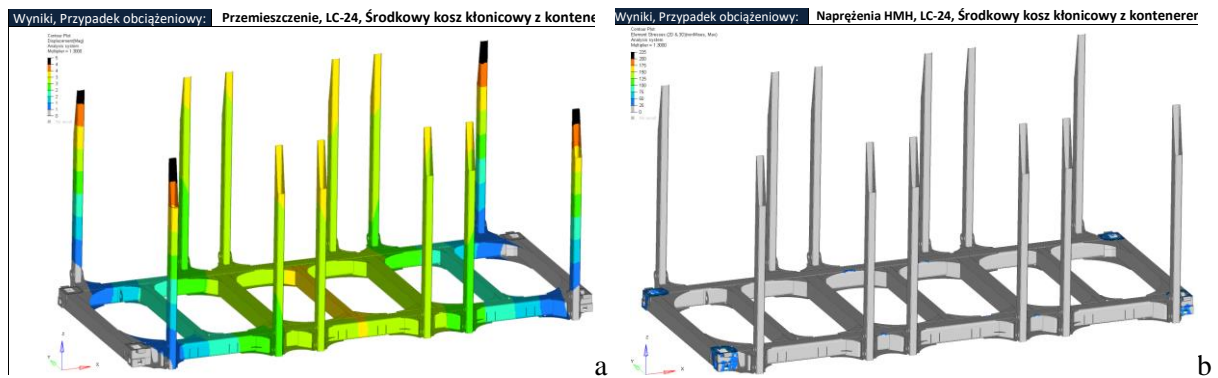


Rys. 6. Modele obciążeń kosza; a) obciążenie balami, b) obciążenie kontenerem

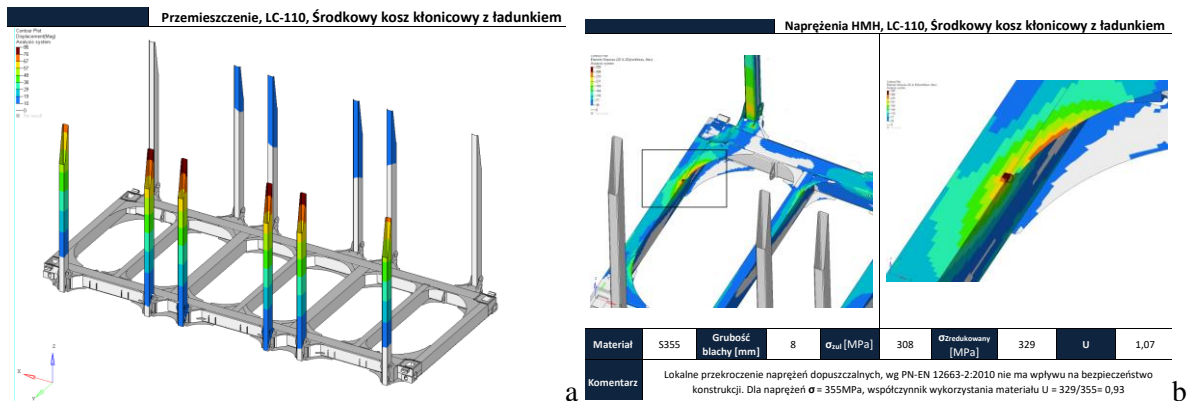
Przeprowadzono symulacje dla 24 scenariuszy uwzględniających następujące przypadki: kosz skrajny, kosz środkowy, obciążenie kontenerem, obciążenie ładunkiem oraz odpowiednio obciążenie silami skupionymi, rozłożonymi stałymi lub zmiennymi będącymi efektem działania pola przyspieszeń.

Na rysunkach pokazano przykładowe wyniki symulacji dla obciążenia kontenerem – rys. 7 oraz dla obciążenia ładunkiem – rys. 8.

Otrzymane wyniki obliczeń symulacyjnych naprężeń i przemieszczeń dla przypadku obciążeń ustalonych wykazały, że otrzymane naprężenia nie przekroczyły naprężeń dopuszczalnych dla założonego współczynnika bezpieczeństwa  $1.15$ ,  $329 \text{ MPa} < R_e = 355 \text{ MPa}$ , natomiast w przypadku obciążeń doraźnych dla niektórych scenariuszy i punktów w modelu kosza wystąpiło nieznaczne przekroczenie tej wartości ale nie przekraczające granicy plastyczności materiału osiągając wartość współczynnika wykorzystania  $U$  na poziomie  $1,07$  ( $U = \delta_c / \delta_{dop}$ ).



Rys. 7. Wynik symulacji obciążenia kosza kontenerem, a) przemieszczenia, b) naprężenia



Rys. 8. Wynik symulacji kosza z ładunkiem, a) przemieszczenia pod wpływem sił poprzecznych, b) naprężenia z zaznaczeniem lokalnego przekroczenia wartości krytycznych

Dla wszystkich przypadków obciążeń zmęczeniowych, wyznaczone wskaźniki wykorzystania  $U$  przyjmują wartości mniejsze od 1.

Wykorzystując otrzymane wyniki oddziaływanie ładunku na konstrukcję kosza oceniano w sposób zachowawczy, bo trudno jest ocenić zachowanie się ładunku w warunkach rzeczywistej eksploatacji, mając na uwadze zakres generowanych obciążeń oraz ich zależność od rzeczywistych współczynników tarcia. Ponieważ konstrukcja prototypowa będzie poddana badaniom eksperymentalnym, wartości te będą weryfikowane w rzeczywistych stanach obciążenia.

W zakresie przebadanych obciążeń doraźnych i zmęczeniowych konstrukcja koszy w konfiguracji skrajnej i środkowej spełnia wymogi norm [13-15].

## 6. BADANIA PROTOTYPU KOSZA KLONICOWEGO

Badania prototypu zostały przeprowadzone na stanowiskach badawczych Instytutu Kolejnictwa a wyniki zamieszczone w raporcie [16]. Prototyp kosza został umieszczony na wagonie serii Rgmms o numerze 31 51 3966 – 1 którego operatorem jest PKP CARGO. Badania wykonywano dla kosza załadowanego drewnem oraz kontenerem typu 40'. Zgodnie z opracowanym scenariuszem badań wykonano:

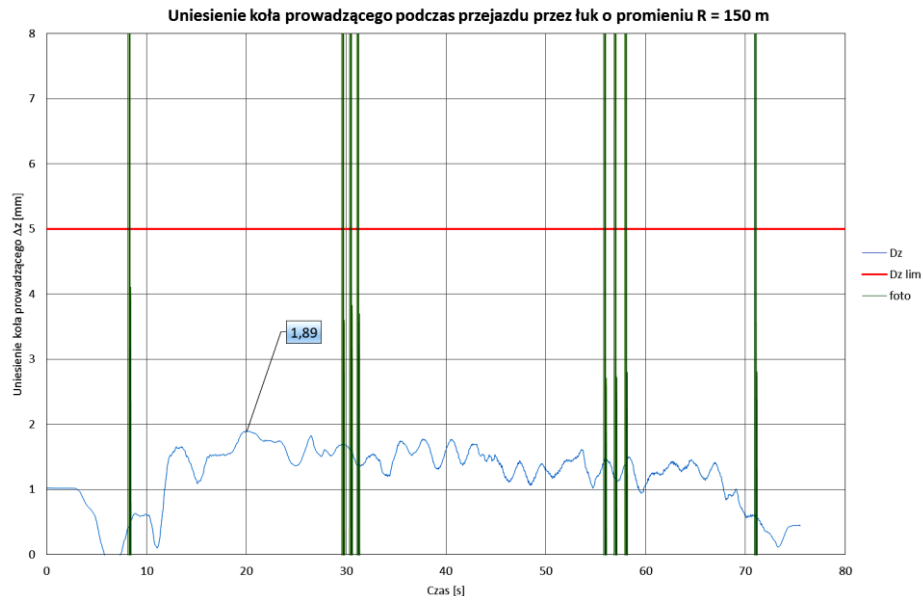
1. *Pomiary sztywności skrętnej nadwozia  $C_t^*$  wagonu obciążonego koszem kłonicowym i bez kosza.*

Zgodnie z kartą UIC 530-2 wartość sztywności skrętnej nadwozia  $C_t^*$  powinna zawierać się w przedziale: (od 0,2 do 25,0)  $\times 10^{10}$  [kNmm<sup>2</sup>/rad].

Wyznaczona podczas pomiarów sztywność skrętna nadwozia wagonu platformy serii Rgmms wyposażonego w kosze kłonicowe wyniosła:  $C_{t\text{wk}}^* = 2,336 \times 10^{10}$  [kNmm<sup>2</sup>/rad], w przypadku bez koszy kłonicowych wyniosła:  $C_{t\text{w}}^* = 1,607 \times 10^{10}$  [kNmm<sup>2</sup>/rad].

## 2. Badania bezpieczeństwa jazdy po zwichrowanym torze.

Badania przeprowadzono zgodnie z metodą nr 1 opisaną w normie PN-EN 14363 -punkt 6.1.5.1 dla przejazdu wagonu platformy serii Rgmms przez łuk o promieniu 150 m z prędkością mniejszą niż 10 km/h, rejestrując uniesienie koła  $\Delta z_{\max}$  na 10-ciu odcinkach pomiarowych. Maksymalna wartość uniesienia nie powinna przekraczać;  $\Delta z_{\max} \leq \Delta z_{\lim} = 5\text{mm}$ . Przykładowy przebieg uniesienia koła dla jednego z przejazdów przedstawiono na rys. 9.



Rys. 9. Uniesienie koła prowadzącego platformy podczas przejazdu nr 3 przez łuk o promieniu  $R = 150\text{ m}$

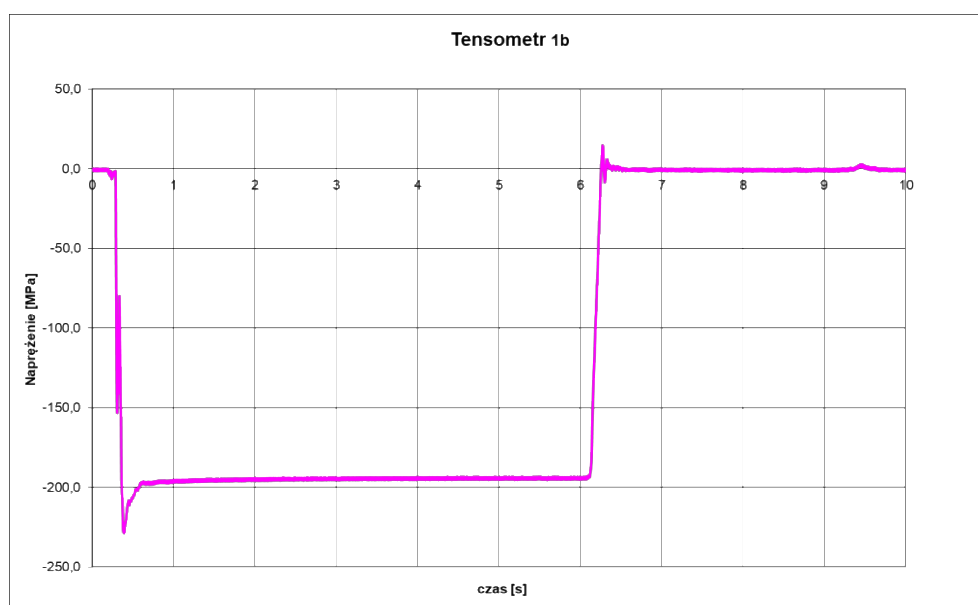
Podczas przejazdów badanego wagonu obciążonego próżnymi koszami zarejestrowane uniesienie koła nie przekroczyło dopuszczalnej wartości  $\Delta z_{\max} = 5\text{ mm}$ .

## 3. Badania wytrzymałościowe koszy kłonicowych w stanie próżnym i ładownym podczas zderzeń na Badawczej Górcie Rozbiegowej.

Stanowisko BGR umożliwia wykonanie badań związanych z zachowaniem się pojazdów szynowych w chwili zderzenia (badania wytrzymałościowe konstrukcji wagonów towarowych i osobowych oraz ich podzespołów). Jako wagon zderzeniowy (taran) jak i wagon osłonowy użyte zostały 4-osiove standardowe wagony węglarki serii Eas, odpowiadające typowi 1 wg UIC 571-2 [18]. Na badanym wagonie z koszem kłonicowym został zamontowany, w wybranych punktach kosza, układ tensometrów podłączony do układu pomiarowego. Na rys. 10 przedstawiono kosz kłonicowy na platformie Rgmms z zamontowanymi tensometrami, na stanowisku badawczym natomiast na rys. 11 pokazano przykładowy wykres z przebiegu naprężeń podczas próby zderzeniowej zarejestrowany tensometrem naklejonym na koszu kłonicowym obciążonym kłódami drewnianymi.



Rys. 10. Wagon i kosz kłonicowy na platformie Rgmms, a) zamontowana instalacja tensometrów, b) wagon z koszami na stanowisku badawczym



Rys. 11. Przebieg naprężenia zarejestrowany na tensometrze. Widoczny przebieg przed, w czasie i po zderzeniu

#### 4. Badanie wytrzymałości konstrukcji kosza. Pomiary naprężeń od ładunku.

Badania miały charakter statyczny i polegały na rejestracji naprężeń w wybranych punktach kosza podczas załadunku. Kosz załadowano drewnem w ilości 38,8 t.

Na rys. 12 pokazano załadunek koszy kłonicowych na wagonie platformy.



Rys. 12. Załadunek drewna do koszy kłonicowych na wagonie platformy

Po wykonaniu prób obciążenia statycznego od ładunku na koszach kłonicowych nie wystąpiły pęknięcia, ani zerwania elementów konstrukcji. Niestwierdzono widocznych odkształceń trwałych oraz nie zarejestrowano wartości resztkowych (odkształceń) w badanych punktach tensometrycznych. W związku z powyższym obiekt badany spełnia wymagania wg punktu 5.2.3.1 normy EN 12633-2:2010.

#### 5. Statyczne badania wytrzymałościowe kłonic i ściany czołowej.

Badania wytrzymałości kłonic polegają na przykładaniu, w wyznaczonym punkcie w kierunku poprzecznym, momentu mierząc wartości sił i naprężenia w punkcie mocowania kłownicy. W przypadku ściany czołowej postąpiono w sposób analogiczny jak w przypadku kłownicy. Na rys. 13 pokazano stanowisko pomiarowe użyte do pomiaru siły i naprężeń kłownicy.



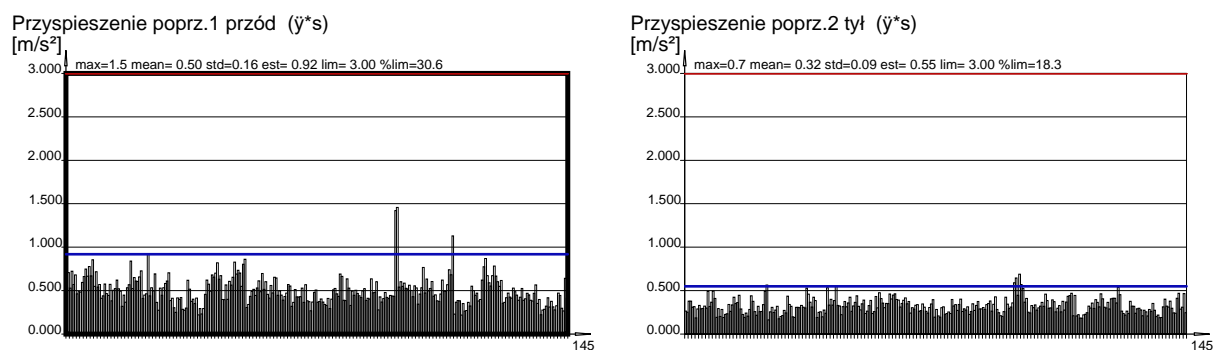


Rys. 13. Stanowisko do pomiaru siły i naprężeń kłonicy

Podczas badań, w wytypowanych miejscach pomiarowych, nie stwierdzono przekroczenia dopuszczalnej wartości naprężeń dla stali S460 użytej do produkcji kłonic oraz ściany czołowej. Zarejestrowane naprężenia szcztątkowe można uznać za pomijalne.

#### 6. *Badania wpływu oddziaływania kosza kłonicowego na dynamikę jazdy wagonu.*

Zakres badań obejmował pomiary przyspieszeń w wybranych punktach pudła i wózków wagonu z posadowionym na nim nie załadowanym koszu, na szlaku dla prędkości 120 km/h na odcinkach prostych. Metodyka badań oraz kryteria oceny parametrów decydujących o bezpieczeństwie jazdy była zgodna z procedurą opracowaną w oparciu o wymagania normy PN-EN 14363. Przykładowe przebiegi przyspieszeń poprzecznych mierzonych na pudle z koszem, na dwóch jego końcach pokazano na rys. 14. Linia niebieska to wartość graniczna przyspieszenia dla oceny bezpieczeństwo jazdy.



Rys. 14. Przebiegi przyspieszeń poprzecznych zarejestrowanych na pudle wagonu z zainstalowanym koszem

Analiza otrzymanych wyników pozwoliła na sformułowanie wniosku, że badany wagon z koszem kłonicowym, badany w stanie próżnym obciążenia, spełnia wymagania normy w zakresie bezpieczeństwa jazdy, właściwości dynamicznych układu biegowego i oddziaływania na tor.

#### 7. *Badanie zamocowania wyposażenia kosza kłonicowego podczas nabiegów.*

Badanie polegało na ocenie mocowania trzpieni kontenerowych w które wyposażone są kosze kłonicowe a które wykorzystywane są do mocowania kontenera do kosza kłonicowego, podczas nabiegania, czyli najazdu badanego wagonu z koszami na wolnostojący załadowany wagon. Badania prowadzono na „Badawczej Górcie Rozbiegowej” w Instytucie Kolejnictwa, zgodnie z Instrukcją Ch-6 PKP CARGO.

Po kolejnych próbach nabiegania nie stwierdzono trwałych odkształceń i uszkodzeń konstrukcji wagonu, kosza kłonicowego oraz kontenera.

#### 8. *Analiza obliczeń skrajni.*

Przeprowadzono, bazując na wymaganiach normy PN-EN 15273-2, obliczenia skrajni wagonów Sggrms (90°), Sggrss (80°) i Rgmms (40°) z koszami kłonicowymi. Wyniki analiz otrzymanych wyników pozwoliły na stwierdzenia, że badane układy pojazd – kosz kłonicowy spełniają wymagania przywołanej normy odnośnie możliwości przejazdu przez zarys skrajni kinematycznej ładunkowej GB1.

Opisane wyżej pomiary i analizy otrzymanych wyników zostały przeprowadzone zgodnie z TSI WAG przy zastosowaniu metodyki podanej w normie PN-EN 14363 i w normie PN-EN 15839 oraz PN-EN 15273, jak również w raporcie ERRI B12 DT 135 oraz w karcie UIC 530-2.

Otrzymane wyniki badań prototypu pozwoliły na usunięcie zauważonych błędów i poprawę konstrukcji kosza oraz przystąpienie do przygotowania dokumentacji niezbędnej do otrzymania świadectwa dopuszczenia do eksploatacji.

### 7. WNIOSKI

Dążąc do zmniejszenia niekorzystnej dysproporcji w przewozach towarowych, pomiędzy transportem drogowym a kolejowym, zaproponowano w artykule rozwiązanie w zakresie innowacyjnej technologii przewozów ładunków typu drewno, rury, belki i kontenery jednym rodzajem wagonu, polegające na użyciu specjalnej konstrukcji, nazwanej koszem kłonicowym, posadawianej na wagonach typu platforma. Opracowany projekt kosza posłużył do zbudowania prototypu. Zarówno na etapie prac projektowo – konstrukcyjnych jak i po zbudowaniu prototypu wykonywano szereg prac badawczych, których celem było sprawdzenie przyjętych założeń, mając na uwadze parametry zmęczeniowo-wytrzymałościowe poszczególnych elementów kosza, decydujące o bezpieczeństwie przewozów oraz spełnieniu zapisów w dokumentach typu DTR i DSU. Badania te oraz uzyskane rezultaty zostały zawarte w artykule. Szczególną uwagę zwrócono na analizy wytrzymałościowe i oceny zmęczeniowe konstrukcji kosza a przypadku kosza położonego na platformie, na spełnienie wymogów związanych z zachowaniem skrajni. Przedstawione w pracy wyniki analiz i prac badawczych pozwoliły na sformułowanie wniosku o spełnieniu przez konstrukcję kosza, wymagań zawartych w normach dotyczących pojazdów kolejowych.

Prowadzono również badania, w rzeczywistych warunkach eksploatacyjnych, układu wagon platforma z zainstalowanym na nim prototypem kosza. Badania te pozwoliły na poprawę konstrukcji mając na uwadze jej użyteczność eksploatacyjną i bezpieczeństwo. Otrzymane rezultaty w postaci prototypu i dokumentacji techniczno-ruchowej i eksploatacyjnej kosza posłużyły do przygotowania wniosku o wydanie świadectwa dopuszczenia do eksploatacji.

### Finansowanie

Projekt współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego w ramach Programu Operacyjnego Inteligentny Rozwój. Projekt realizowany w ramach konkursu Narodowego Centrum Badań i Rozwoju Szybka Ścieżka.

### Bibliografia

1. *Transport – wyniki działalności w 2021 r.* GUS, Informacje statystyczne. Warszawa, Szczecin. 2022. Available at: [https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5511/9/21/1/transport\\_\\_wyniki\\_dzialalnosci\\_w\\_2021\\_r.pdf](https://stat.gov.pl/files/gfx/portalinformacyjny/pl/defaultaktualnosci/5511/9/21/1/transport__wyniki_dzialalnosci_w_2021_r.pdf).

2. Tomaszewski, T. Nowoczesne konstrukcje wagonów towarowych do przewozów specjalizowanych. *TTS*. 2004. Vol. 3.
3. Marciniak, T. & Szkoda, M. Analiza łańcucha dostaw surowca drzewnego. *Autobusy*. 2013. Vol. 3.
4. *Projekt NCBiR – WP Radwan Sp. z o.o., 01.01.01-00-0986/19 pn. „Opracowanie innowacyjnej usługi przewozu drewna w oparciu o wielozadaniowy kosz kłonicowy”*.
5. *Grupy towarowe w transporcie kolejowym*. Urząd Transportu Kolejowego. Warszawa. 2018.
6. *Rocznik statystyczny GUS*.
7. *Raport*. Lasy Państwowe. 2018.
8. *Przewóz drewna z Czech*. Available at: <https://cdcargo.pl/aktualnosc/przewoz-drewna-z-czech-do-polskich-portow-wagonami-gigawood/>.
9. *Transport intermodalny. Automatyzacja, technologia, infrastruktura i tabor*. Polski Instytut Transportu Drogowego. Warszawa. 2021.
10. *Tabor kolejowy przewoźników towarowych - stan obecny i plany do 2023 r.* Urząd Transportu Kolejowego. Warszawa. 2018.
11. *Tabor kolejowy 2019*. Urząd Transportu Kolejowego. Warszawa. 2020.
12. Chudzikiewicz, A. & Uhl, T. Metodyka modyfikacji konstrukcji na przykładzie pojazdu szynowego. In: *Konferencja Sympozjon PKM 2001*.
13. PN-EN 12663-1+A1:2015-1 *Kolejnictwo Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych – Część 1: Lokomotywy i tabor pasażerski (i metoda alternatywna dla wagonów towarowych)*.
14. PN-EN 12663-2:2010 *Kolejnictwo Wymagania konstrukcyjno-wytrzymałościowe dotyczące pudeł kolejowych pojazdów szynowych – Część 1: Lokomotywy i tabor pasażerski (i metoda alternatywna dla wagonów towarowych)*.
15. DVS-1612:2014 *Kształtowanie i ocena wytrzymałości zmęczeniowej połączeń spawanych ze stali w budowie pojazdów szynowych DVS – Niemiecki Instytut Spawalnictwa*.
16. Sprawozdanie Nr LW/56.08.20 z badań *Opracowanie innowacyjnej usługi przewozu drewna w oparciu o wielozadaniowy kosz kłonicowy*. Instytut Kolejnictwa. Warszawa. 2021.
17. PN-EN 15273-2+A1:2017-03 (EN 15273-2:2013+A1:2016 [IDT]) *Kolejnictwo – Skrajnie – Część 2: Skrajnia pojazdów szynowych*.
18. Karta UIC 571-2: *Wagony towarowe ujednolicone – Wagony towarowe typowe z 2 zestawami – Charakterystyki*. Wyd. 6 z lutego 2001.