

**Tomasz Nowaczyk**  
**Marian Medwid**  
Łukasiewicz - IPS „TABOR”  
**Małgorzata Orczyk**  
Politechnika Poznańska

## **Diagonal handling technology in the intermodal transport system**

### **Proces skośnego przeładunku w systemie transportu intermodalnego**

*An innovative solution of the new intermodal transport system used to carry standard semi-trailers is presented in this paper. The basic components of the system structure are shown. The stages of loading semi-trailers in the horizontal handling technology and benefits connected with this type of handling are described. The presented technology is able to compete with German and French solution like CargoBeamer or Modalohr due to the automation of forming the set of train and other advantages. The construction of the wagon and the loading structure have been applied for patent protection in the Polish Patent Office.*

*W pracy przedstawiono innowacyjne rozwiązanie nowego systemu transportu intermodalnego służącego do przewozu standardowych naczep drogowych. Zaprezentowano podstawowe składowe struktury systemu. Opisano etapy załadunku naczep drogowych w technologii poziomej oraz związane z tym rodzajem przeładunku zalety. W związku z automatyzacją procesu formowania składu pociągu oraz innymi zaletami prezentowana technologia jest w stanie konkurować z rozwiązaniami niemieckimi i francuskimi jak CargoBeamer czy Modalohr. Konstrukcja wagonu oraz struktury przeładunkowej zostały zgłoszone do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym RP.*

#### **1. Introduction**

Intermodal transport, depending on the type of transported loading unit, which also affects the type of the handling method used, can be divided into the transport of cargo containers, swap body containers, semi-trailers or whole vehicles. In intermodal transport, most goods are transported in cargo containers. However, the transport by standard road trailers cannot be omitted. The semi-trailer is the most frequently used cargo unit in road transport in Poland. From the presented diagram (Fig. 1) it can be concluded that the number of registered semi-trailers in Poland continues to increase, from 251000 in 2010 their number increased to around 450000 in 2019. It could be assumed that the number of trailers in 2021 is likely to reach double the value from 2010. The above situation leads to more and more road congestion, which can be counteracted by promoting the transport of road semi-trailers on railway wagons in the form of intermodal transport.

Despite the rapid growth of registered semi-trailers in Poland, it can be seen from the diagram below (Fig. 2) that the transport of road semi-trailers in Poland in intermodal transport is a small fraction of all the intermodal transport.

#### **1. Wprowadzenie**

Transport intermodalny ze względu na rodzaj przewożonej jednostki ładunkowej, co również ma wpływ na rodzaj stosowanego sposobu przeładunku, można podzielić na przewóz kontenerów, nadwozi wymiennych, naczep oraz całych zestawów drogowych. W transporcie intermodalnym najwięcej towarów przewożonych jest w jednostkach kontenerowych. Nie można jednak pomijać przewozów standardowych naczep drogowych. Najczęściej wykorzystywaną jednostką ładunkową w towarowych przewozach drogowych w Polsce jest naczepa siodłowa. Z przedstawionego wykresu (rys. 1) można wywnioskować, że ilość zarejestrowanych naczep siodłowych w Polsce ma tendencję wzrostową, z 251 tys. w 2010 r. stan ten wzrósł do około 450 tys. w 2019 r.. Możemy przypuszczać, że liczba naczep w 2021 r. podwoi się w stosunku do 2010 r. Powyższa sytuacja prowadzi do coraz większego zatłoczenia dróg kołowych, czemu można przeciwdziałać promując przewóz naczep drogowych na wagonach kolejowych w transporcie intermodalnym. Pomimo szybkiego wzrostu rejestrowanych naczep siodłowych w Polsce, można zauważyć na podstawie poniższego wykresu (rys. 2), że przewozy naczep drogowych w Polsce w transporcie intermodalnym stanowią niewielki ułamek wszystkich przewozów intermodalnych.

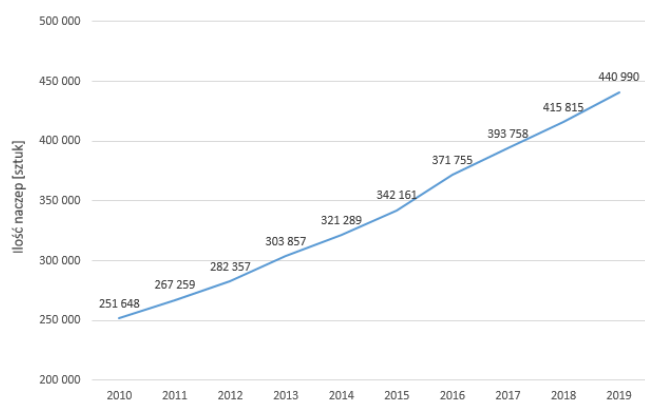


Fig. 1. Number of registered semi-trailers in Poland in the years 2010-2019.

Based on data from the Central Vehicle Register[1]

Rys. 1. Liczba zarejestrowanych naczep siodłowych w Polsce w latach 2010-2019 r.

[Opracowanie własne wg Centralnej Ewidencji Pojazdów [1]]

Container transport in the total number of units at the end of 2019 amounted to 96.4%. 20 and 40-foot units were transported the most, accounting for 45.8% and 43.1% of the total number, respectively. The share of the remaining containers was as follows: 25-foot - 0.3%, 30-foot - 1.7%, 35-foot - 1.7% and 45-foot - 3.7%. Semi-trailers and car trailers accounted for 1.6% of the units used, and swap body containers for 1.1% [2].

Container transport excels mainly because it is a universal loading unit for each mode of transport, as well as being dominant in sea transport. However, this does not mean that the transport of semi-trailers in intermodal transport is in a losing position, on the contrary, transport of semi-trailers does not have to compete with transport of cargo containers. It can complement it, contributing to the growth of intermodal (rail-road) transport compared to unimodal road transport.

In Poland, since the 1990s, a gradual decrease in the share of rail transport in the transport of goods has been observed in favor of road transport. Freight forwarders show a continued preference for road transport. That is why the "Strategy for Responsible Development until 2020 (with a perspective until 2030)" was created, adopted by the Council of Ministers on February 14, 2017 [3]. Based on the above strategy, the Office of Rail Transport (UTK) indicates in the diagram (Fig. 3) what actions should be taken to increase the share of rail transport in the total transport of goods. One of the priorities indicated by the Council of Ministers and UTK is precisely to increase the use of road semi-trailers for transport tasks at distances of over 300 km.

In Combined Rail-Road Transport, two basic ways of reloading an intermodal switching of the cargo unit between road and rail transport means can be distinguished:

- vertical handling (lo-lo), lift on-lift off. Vertical reloading requires the use of overhead cranes and

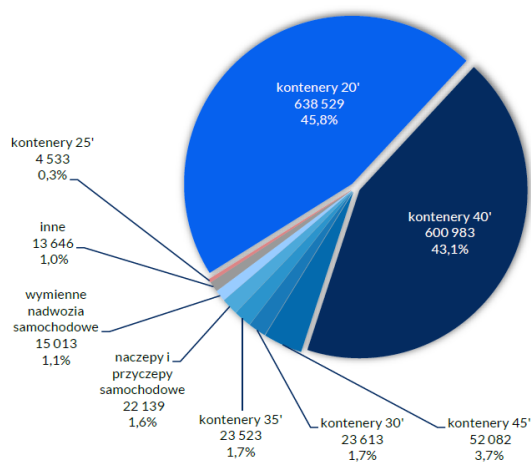


Fig. 2. The share of individual transport units in intermodal transport in Poland in 2019 [2]

(kontenery – cargo containers, inne – other, wymienne nadwozia samochodowe – swap body containers, naczepy i przyczepy samochodowe - semitrailers and car trailers)

Rys. 2. Udział poszczególnych jednostek transportowych w przewozach intermodalnych w Polsce w 2019 r. [2]

Przewóz kontenerów w ogólnej liczbie jednostek na koniec 2019 r. wyniósł 96,4%. Najwięcej przewożono jednostek 20- i 40-stopowych, które stanowiły odpowiednio 45,8% i 43,1% ogólnej liczby. Udział pozostałych kontenerów wyniósł odpowiednio: 25-stopowych – 0,3%, 30-stopowych – 1,7%, 35-stopowych – 1,7% i 45-stopowych – 3,7%. Naczepy i przyczepy samochodowe stanowiły 1,6% wykorzystywanych jednostek, a wymienne nadwozia samochodowe 1,1% [2].

Transport kontenerów przoduje przede wszystkim dlatego, że jest to uniwersalna jednostka ładunkowa dla każdej gałęzi transportu, dominująca w transporcie morskim. Jednak nie znaczy to, że przewóz naczep siodłowych w transporcie intermodalnym stoi na straconej pozycji, wręcz przeciwnie transport naczep nie musi konkurować z transportem kontenerów. Może stanowić jego uzupełnienie przyczyniając się do wzrostu przewozów intermodalnych (kolejowo-drogowych) względem przewozów unimodalnych, drogowych.

W Polsce od lat 90-tych XX wieku obserwuje się stopniowe zmniejszanie udziału kolei w transporcie towarów na rzecz transportu drogowego. Spedytorzy preferują transport drogowy, dlatego powstała „Strategia na Rzecz Odpowiedzialnego Rozwoju do roku 2020 (z perspektywą do 2030 r.)”, przyjęta przez Radę Ministrów 14 lutego 2017 roku [3]. Na podstawie powyższej strategii Urząd Transportu Kolejowego wskazuje na schemacie (rys. 3), jakie działania powinny zostać podjęte w celu zwiększenia udziału transportu kolejowego w przewozie towarów. Jednym z priorytetów wskazanych przez Radę Ministrów i UTK jest właśnie zwiększenie przewozów naczep drogowych na odległościach powyżej 300 km.

W Transporcie kombinowanym szynowo-drogowym można wyróżnić dwa podstawowe sposoby przeładunku intermodalnej jednostki ładunkowej pomiędzy

specialized machines that lift the cargo unit for loading or unloading,

- horizontal handling (ro-ro), roll on-roll off. Horizontal reloading takes place using the road wheels of the vehicle, without significantly lifting the cargo unit.

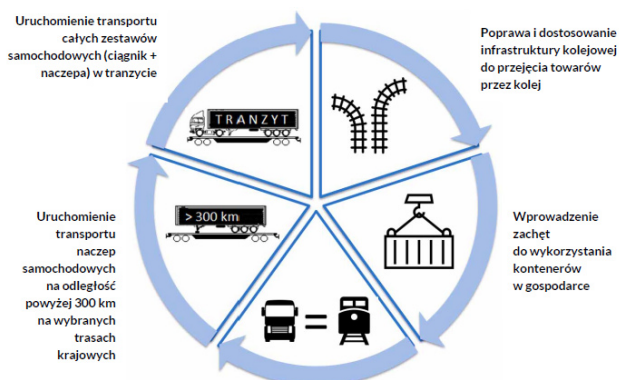


Fig. 3. Diagram showing the required challenges to balance the freight transport market in Poland[4]

(Uruchomienie transportu całych zestawów .... - Launching the transport of complete vehicle sets (tractor + trailer) in transit, Poprawa i dostosowanie infrastruktury ... - Improvement and adaptation of railway infrastructure to takeover transport of goods by rail, Wprowadzenie zachęt ... - Introducing incentives for the use of containers in the economy, Uruchomienie transportu naczep ... - Launching the transport of semi-trailers over a distance of more than 300 km on selected domestic routes)

Rys. 3. Schemat przedstawiający wymagane wyzwania w celu zrównoważenia rynku transportu towarowego w Polsce [4]

In a situation where a fast, efficient and automated method of loading is required, then the best solution is horizontal handling technology.

It is particularly difficult for intermodal transport to compete with road transport on land. Figure 4 shows a diagram of the transport process between the sender and the recipient in the case of road transport and the intermodal, road-rail system.

The diagram shows that the time savings of the intermodal system can be obtained when the average speed of rail transport is greater than the average speed of transport by car and when the time of reloading between the means of intermodal transport is as short as possible. The time competitiveness also results from the length of the transport route. The longer the rail travel distance, the easier it is to make up for the time lost for reloading. Currently, transport companies in Poland resign from intermodal transport due to less time-consuming nature of the unimodal road transport. This is especially true for short distance transport of up to 300 km.

## 2. System structure

The comprehensive structure of the new intermodal transport system for the transport of standard road semi-trailers consists of a wagon with loading infrastructure. The structure of the wagon and the loading mechanism have been submitted for patent protection

środkiem transportu drogowego i kolejowego:

- przeładunek pionowy (lo-lo), z ang. *lift on-lift off*. Przeładunek pionowy wymaga wykorzystania suwnic oraz specjalistycznych wozów, które unoszą jednostkę ładunkową w celu za- lub wyładunku, stąd nazwa pionowy,
- przeładunek poziomy (ro-ro) - z ang. *roll on-roll off*). Przeładunek poziomy odbywa się przy wykorzystaniu kół drogowych pojazdu, bez znacznego unoszenia jednostki ładunkowej.

W sytuacji kiedy wymaga się szybkiego, sprawnego oraz zautomatyzowanego sposobu załadunku wtedy najlepszym rozwiązaniem jest przeładunek w technologii poziomej.

Na lądzie przewozom intermodalnym szczególnie trudno jest konkurować z transportem drogowym. Na rysunku 4 przedstawiono schemat procesu transportowego między nadawcą a odbiorcą w przypadku realizacji transportu drogowego oraz systemem intermodalnym, drogowo-kolejowym.

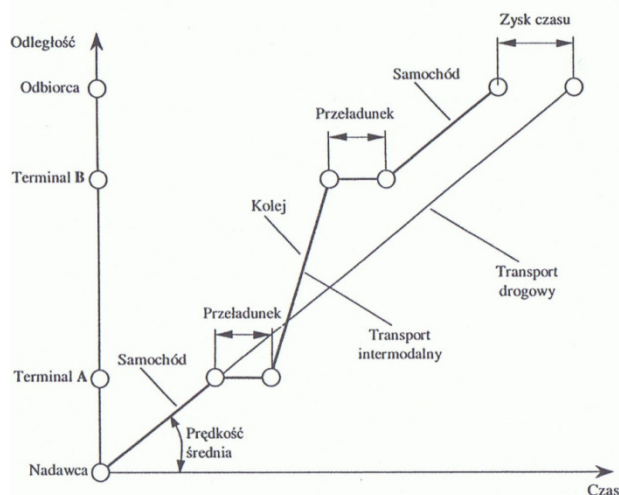


Fig. 4. Transport time in the road system and in the intermodal, rail-road system [5]

(Odległość – Distance, Odbiorca – Recipient, Nadawca – Sender, Czas – Time, Samochód – road vehicle, Kolej – rail vehicle, Przeładunek – loading/unloading, Zysk czasu – Time savings, Prędkość średnia – average speed, Transport intermodalny – Intermodal transport, Transport drogowy – Road transport)

Rys. 4. Czas transportu w systemie drogowym i w systemie intermodalnym, kolejowo-drogowym [5]

Z schematu wynika, że przewaga czasowa systemu intermodalnego może być uzyskana w przypadku, gdy średnia prędkość przewozu koleją jest większa niż średnia prędkość przewozu samochodem oraz kiedy czas przeładunku między środkami transportu intermodalnego jest możliwie krótki. Również konkurencyjność czasowa wynika z długości trasy przewozu. Im dłuższy odcinek przewozu koleją tym łatwiej można odrobić straty czasu wykorzystanego na przeładunek. Obecnie firmy transportowe w Polsce rezygnują z transportu intermodalnego z powodu mniej czasochłonnych przewozów transportem unimodalnym, drogowym. Szczególnie dotyczy to krótkich odcinków w zakresie do 300 km.

at the Patent Office of the Republic of Poland [6, 7]. The wagon (fig. 5a - side view of the wagon with a loaded semi-trailer, fig. 5b - top view of the wagon) consists of two identical Y25 two-axle bogies (item 1, fig. 5a). Above there are the truck frames (item 2, fig. 5a), permanently articulated with a longitudinal beam (item 3, fig. 5b) and a removable platform-basket (item 4, fig. 5b). The basket is the place where the semi-trailer is placed (item 5, fig. 5a). On the sides of the truck side frames, two appropriately spaced flange pins (item 6, Fig. 5a) are provided on the longitudinal beams to support the platform. There is also a variant of the basket mounting method, where the car body frame is equipped with one flange pin on each side of the frame. Along the axis of bogie symmetry, also on the wagon body frames, there are sliding devices for locking the basket on the wagon frame (item 7, fig. 5b). These devices are driven by pneumatic actuators. A saddle (item 8, fig. 5b) is located on the central crossbeam of the wagon frame to support the front of the trailer in the place of the king pin. Standard pull-buffers (item 9, fig. 5b) are installed on the ends of the wagon's bogie frames.

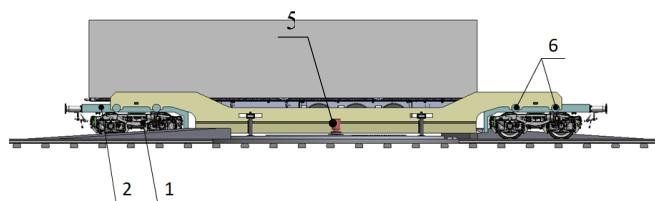


Fig. 5a. Model of an intermodal transport system for transporting standard semi-trailers, side view of a wagon with a loaded semi-trailer

Rys. 5a. Model systemu transportu intermodalnego do przewozu standardowych naczep, widok z boku wagonu wraz z załadowaną naczepą [opracowanie własne]

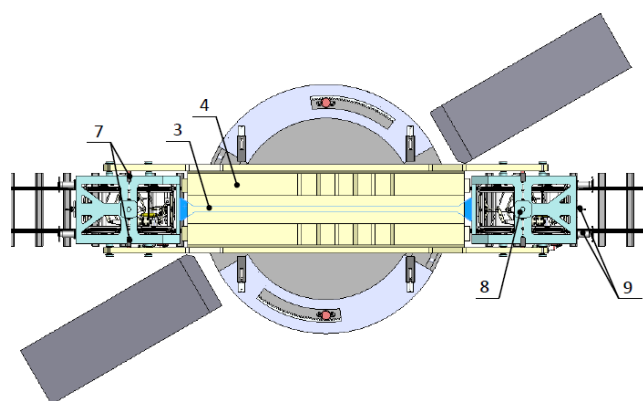


Fig. 5b. Model of an intermodal transport system for transporting standard semi-trailers, top view of the wagon, without a semi-trailer

Rys. 5b. Model systemu transportu intermodalnego do przewozu standardowych naczep (widok z góry wagonu, bez naczepy siodłowej) [opracowanie własne]

## 2. Struktura systemu

Kompleksową strukturę nowego systemu transportu intermodalnego do przewozu standardowych naczep drogowych stanowi wagon wraz z infrastrukturą przeładunkową. Konstrukcja wagonu oraz mechanizmu przeładunkowego zostały zgłoszone do ochrony patentowej w Urzędzie Patentowym RP [6, 7]. Wagon (rys. 5a – widok z boku na wagon z załadowaną naczepą, rys. 5b – widok z góry na wagon) składa się z dwóch identycznych wózków dwuosiowych typu Y25 (poz. 1, rys. 5a). Powyżej znajdują się ramy nadwózkowe (poz. 2, rys. 5a), połączone przegubowo na stałe belką podłużną (poz. 3, rys. 5b) oraz odejmowalną platformą-koszem (poz. 4, rys. 5b). Kosz stanowi miejsce, w którym ulokowana jest naczepa siodłowa (poz. 5, rys. 5a). Po bocznych stronach ram nadwózkowych na belkach podłużnych przewidziano po dwa odpowiednio rozstawione czopy kołnierzowe (poz. 6, rys. 5a) służące do oparcia platformy. Przewidziano również odmianę sposobu zamocowania kosza gdzie ramę nadwózkową wyposażono w jeden czop kołnierzowy po każdej stronie ramy. Wzdłuż osi symetrii wózków również na ramach nadwózkowych znajdują się prowadzone w obudowie suwliwe urządzenia ryglujące kosz na wagonie (poz. 7, rys. 5b). Urządzenia te są napędzane siłownikami pneumatycznymi. Na centralnej belce poprzecznej ramy umiejscowiono siodło (poz. 8, rys. 5b) do oparcia przodu naczepy w miejscu sworznia królewskiego. Na czołownicach wagonu zabudowano standardowe urządzenia pociągowozderzne (poz. 9, rys. 5b).

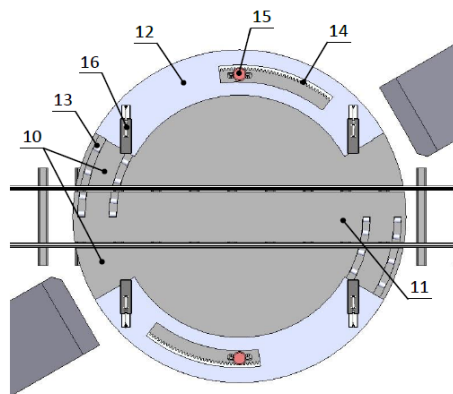


Fig. 6. Rotational mechanism as viewed from above

Rys. 6. Mechanizm obrotu w rzucie z góry [opracowanie własne]

Na rysunku 6 przedstawiono mechanizm obrotu w rzucie z góry, który składa się z dwóch płyt dolnych zewnętrznych (poz. 10) oraz jednej płyty dolnej wewnętrznej (poz. 11) umieszczonej między szynami toru. Na płytach dolnych oparto dwie płyty górne (poz. 12) za pośrednictwem promieniowych łożysk tocznych (poz. 13). Płyty górne wyposażono w promieniowe zębatki (poz. 14), z którymi ząbione są koła zębate silników hydraulicznych (poz. 15) zamocowanych do płyt dolnych. Na płytach górnych ustawiono cztery podnośniki hydrauliczne (poz. 16),

Figure 6 shows the top-down view of the rotation mechanism, which consists of two outer bottom plates (item 10) and one inner bottom plate (item 11) located between the track rails. Two top plates (item 12) rest on the bottom plates via radial rolling bearings (item 13). The top plates are equipped with radial racks (item 14) with which the gears of the hydraulic motors (item 15) are meshed on the lower plates. Four hydraulic jacks (item 16) are placed on the top plates, two on each plate [8].

The presented new concept of the intermodal system for the transport of road semi-trailers is characterized by a low weight of the rolling stock (no handling equipment is mounted on the wagon, simple structure made of durable modern steel), the versatility of the system and traffic safety (standard Y25 bogies with a wheel tread diameter of 920) and horizontal loading (reduced service time at terminals). The presented loading mechanism allows for the process of loading and unloading of semi-trailers to be largely automated.

### 3. Cargo container handling procedure

For loading and unloading of semi-trailers in the modeled intermodal transport system, the reloading terminal should be equipped with turning mechanisms located in the track axis and with ramps in the axis of the rotated platform. The loading process consists of eight consecutive stages as follows:

- STAGE I (fig.7): arranging the train set so that the rectangular openings in the side walls of the platform are opposite the hydraulic lifts,
- STAGE II (fig.8): unlocking the clamping mechanism of the basket on the wagon and inserting the rectangular arms of the lifts into the openings in the side walls,
- STAGE III (fig.9): lifting the basket to the appropriate height and its rotation by means of hydraulic motors,
- STAGE IV (fig.10): supporting the tilted platform on the access ramps,
- STAGE V (fig.11): putting the semi-trailer into the basket by means of a tractor unit,
- STAGE VI (fig.12): placing the wheels of the semi-trailer in the recesses of the platform, extending the supporting legs of the semi-trailer, removing the king pin and then driving the tractor down the access ramp,
- STAGE VII (fig.13): lifting and rotation of the basket with the loaded semi-trailer to align the longitudinal axis of the basket with the track axis,
- STAGE VIII (fig.14): lowering the basket to the position of supporting the arms of the basket's side walls on the cylindrical pivots of the wagon body frame and at the same time supporting the front of the semi-trailer in the place of the king pin on the saddle of the body frame. Then locking the connected wagon and withdrawing the rectangular wedges of the lifters from the openings in the side

po dwa na każdej płycie [8].

Zaprezentowana nowa koncepcja systemu intermodalnego, do przewozu naczep drogowych charakteryzuje się niską masą taboru (brak urządzeń przeładunkowych na wagonie, prosta konstrukcja z wytrzymałych nowoczesnych stali), uniwersalnością systemu i bezpieczeństwem ruchu (standardowe wózki Y25 o średnicy okręgu tocznego kół 920) załadunkiem poziomym (skrócony czas obsługi na terminalach). Prezentowany mechanizm przeładunkowy pozwala na zautomatyzowany proces przeładunku naczep.

### 3. Proces przeładunku

Do załadunku i wyładunku naczep w zamodelowanym systemie transportu intermodalnego należy terminal przeładunkowy wyposażać w usytuowane w osi toru mechanizmy obrotu oraz w osi obróconej platformy pomosty najazdowe. Proces załadunku składa się z ośmiu przedstawionych poniżej następujących po sobie etapów:

- ETAP I (rys. 7): ustawienie składu pociągu tak aby prostokątne otwory w ścianach bocznych platformy znajdowały się naprzeciw podnośników hydraulicznych
- ETAP II (rys. 8): odryglowanie zabezpieczenia kosza na wagonie oraz wsunięcie prostokątnych klinów podnośników w otwory w ścianach bocznych
- ETAP III (rys. 9): uniesienie kosza na odpowiednią wysokość oraz jego obrót za pomocą silników hydraulicznych
- ETAP IV (rys. 10): oparcie odchylonej platformy na pomostach najazdowych
- ETAP V (rys. 11): wprowadzenie naczepy do kosza za pomocą ciągnika siodłowego
- ETAP VI (rys. 12): osadzenie kół naczepy w zagłębieniach platformy, wysunięcie nóg podporowych naczepy, wypięcie sworznia królewskiego i następnie zjazd ciągnika po klinie najazdowym
- ETAP VII (rys. 13): uniesienie oraz obrót kosza z załadowaną naczepą do pokrycia osi wzdłużnej kosza z osią toru
- ETAP VIII (rys. 14): opuszczenie kosza do pozycji oparcia ramion ścian bocznych kosza na walcowych czopach ramy nadwózkowej oraz równoczesnego oparcia przodu naczepy w miejscu sworznia królewskiego na siodle ramy nadwózkowej, zaryglowanie połączonego wagonu oraz wycofanie prostokątnych klinów podnośników z otworów w ścianach bocznych kosza.

Przebieg wyładunku odbywa się w odwrotnej kolejności przedstawionych powyżej, następujących po sobie kolejno etapów załadunku. Równocześnie podczas cyklu wyładunku może odbywać się załadunek. Proces przeładunku odbywa się całkowicie w sposób zautomatyzowany. Do obsługi wymagany jest jedynie kierowca ciągnika siodłowego oraz odpowiednio przeszkolona osoba obsługująca mechanizm podnoszenia i

walls of the basket.

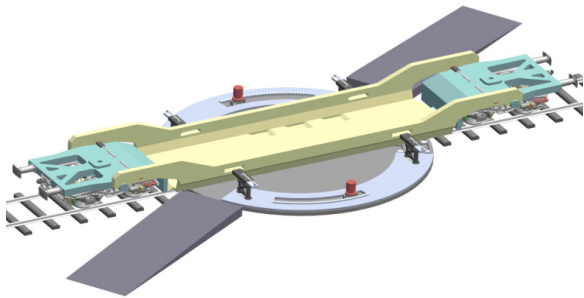


Fig. 7. Setting up the train set, the wagon at the reloading station - Stage I

Rys. 7. Ustawienie składu pociągu, wagon na stanowisku przeładunkowym – Etap I [opracowanie własne]

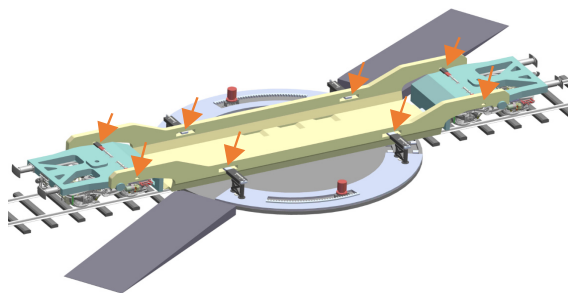


Fig. 8. Unlocking the clamping mechanism of the wagon basket, inserting the rectangular arms of the lifts (the arrows indicate the places of locking and insertion of the wedges of the lifters) - Stage II

Rys. 8. Odryglowanie zabezpieczenia kosza na wagonie, wsunięcie prostokątnych klinów podnośników (strzałkami wskazano miejsca rygłowania i wprowadzania klinów podnośników). Etap II [opracowanie własne]

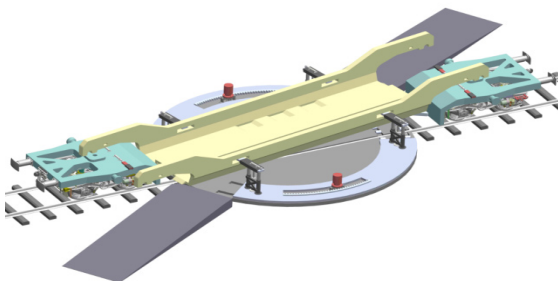


Fig. 9. Raising the basket to the appropriate height and rotating it - Stage III

Rys. 9. Uniesienie kosza na odpowiednią wysokość oraz jego obrót. Etap III [opracowanie własne]

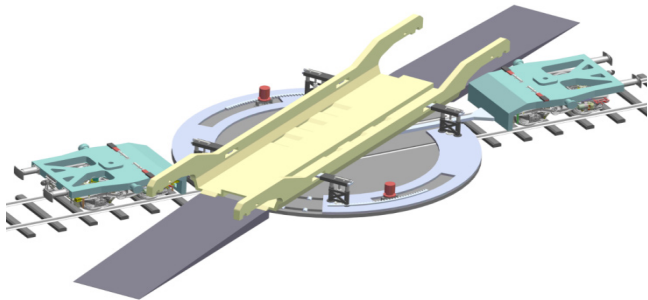


Fig. 10. Supporting the tilted platform on the access ramps - Stage IV

Rys. 10. Oparcie odchyłonej platformy na pomostach najazdowych. Etap IV [opracowanie własne]

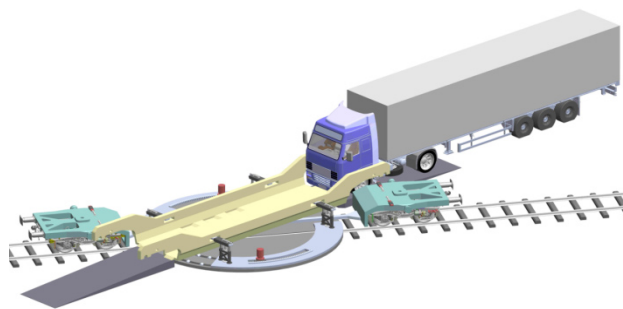


Fig. 11. Driving the semi-trailer onto the basket with a tractor unit - Stage V

Rys. 11. Wprowadzenie naczepy do kosza za pomocą ciągnika siodłowego. Etap V [opracowanie własne]

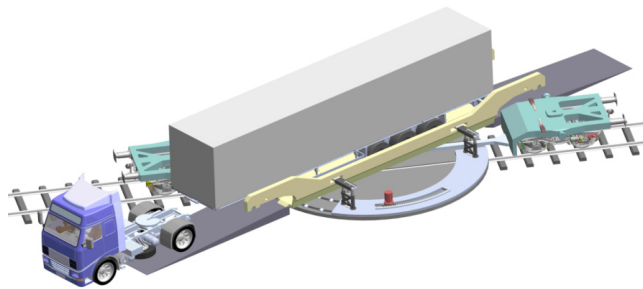


Fig. 12. Placing the wheels of the semi-trailer in the designated pits in the platform, disconnecting and exiting with the tractor unit on the access ramp - Stage VI

Rys. 12. Osadzenie kół naczepy w zagłębieniach platformy, wypięcie oraz zjazd ciągnika po klinie najazdowym. Etap VI [opracowanie własne]

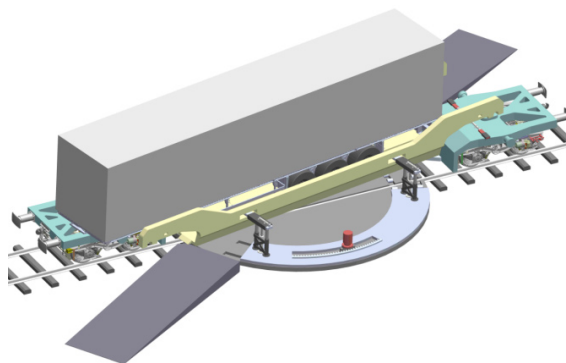


Fig. 13. Lifting and rotating of the basket with a semi-trailer to align with the longitudinal axis of the basket with the track axis - Stage VII

Rys. 13. Uniesienie oraz obrót kosza z naczepą do pokrycia osi wzłużnej kosza z osią toru. Etap VII [opracowanie własne]

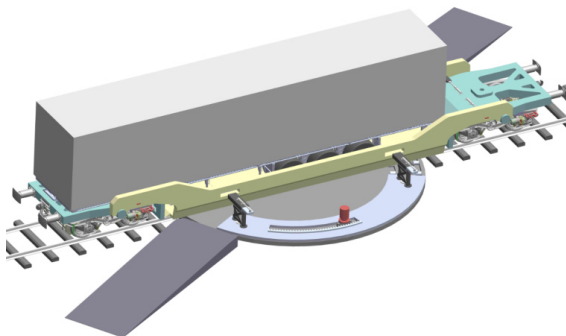


Fig. 14. Placing the basket in the wagon and locking it in place, then withdrawing the lift arms from the basket holes - Stage VIII

Rys. 14. Osadzenie i zaryglowanie kosza w wagonie oraz wycofanie klinów podnośników. Etap VIII [opracowanie własne]

The unloading process takes place in the same sequence of events but in reverse order of the loading steps described above. Loading can also take place simultaneously during the unloading cycle, replacing one cargo container on the wagon with another. The reloading process itself is completely automated. Only the driver of the tractor unit and a properly trained person operating the lifting and turning mechanism with the control panel are required for operation. In smaller transshipment terminals, the transshipment process can be carried out entirely by one person. The control panel may be located at each workstation and/or one panel serving collectively all or selected workstations. The system, depending on the appropriate terminal equipment, allows for the simultaneous loading of all wagons included in the train-set. It is also possible to build a terminal with a smaller number of reloading stations, in which case the entire train can be loaded/unloaded provided additional shunting of the wagons is performed. The wagon itself is a simple structure without container handling devices or mechanisms. The terminal equipment allows for horizontal reloading without the use of additional non-stationary reloading devices. However, it is also possible to design the frame of the wagon for vertical handling by means of a forklift or a crane, so that the proposed wagons can also be used on terminals not equipped with the designed technology of horizontal handling.

#### 4. Conclusion

In Poland, in contrast to the countries of Western Europe, there is no intermodal system for transporting standard trailers that would employ a fully automated horizontal handling system. It is more advantageous when the horizontal handling infrastructure is located at the terminal and not on the wagon. A wagon with additional devices is more expensive to produce and has increased mass. Moreover, carrying the handling devices that are not used during transport means they constitute frozen capital at that time, while the devices at the terminal can be used for many train sets. The horizontal reloading infrastructure located at the terminal is perfect for shuttle trains. An example is the French Modalohr system [9,10], with two terminals for horizontal handling of road semi-trailers in France, one in Luxembourg and one in Italy. Wagons with hydraulic devices, on the other hand, work well as single units attached to other freight or even passenger cars. An example is the Flexiwaggon system [10, 11], which is currently used in this way in Sweden for the transport of whole road sets (tractor unit with road semitrailer) as well as buses.

Due to the automation of the train-set formation process, the presented system enables quick loading/unloading for rail transport. The presented technology is able to compete with German and French solutions such as CargoBeamer or Modalohr. At the

obrotu za pomocą pulpitu sterowniczego. Na mniejszych terminalach przeładunkowych proces przeładunku może być przeprowadzony w całości przez jedną osobę. Pulpit sterowniczy może znajdować się przy każdym stanowisku lub/i jeden pulpit obsługujący zbiorczo wszystkie lub wybrane stanowiska. System w zależności od odpowiedniego wyposażenia terminalu pozwala na równoczesny załadunek wszystkich wagonów wchodzących w skład pociągu. Możliwa jest również budowa terminalu z mniejszą liczbą stanowisk przeładunkowych, wówczas przeładunek całego składu odbywa się z dodatkowym przetaczaniem wagonów. Wagon jest prostą konstrukcją nie posiadającą urządzeń przeładunkowych. Wyposażenie terminalu daje możliwość przeładunku poziomego bez używania dodatkowych niestacjonarnych urządzeń przeładunkowych. Jednak istnieje również możliwość konstrukcyjnego dostosowania ramy wagonu do przeładunku pionowego za pomocą wozu widłowego bądź suwnicy, tak aby proponowane wagony mogły być stosowane również na terminalach niewyposażonych w zaprojektowaną technologię przeładunku poziomego.

#### 4. Podsumowanie

W Polsce, w przeciwieństwie do krajów zachodniej Europy brakuje systemu intermodalnego do przewożenia standardowych naczep, który wykorzystywałby w pełni zautomatyzowany system przeładunku poziomego. Korzystniej jest gdy infrastruktura przeładunku poziomego znajduje się na terminalu a nie na wagonie. Wagon z dodatkowymi urządzeniami jest droższy i bardziej obciążony. Ponadto przewożenie urządzeń przeładunkowych sprawia, że podczas transportu nie są one używane (stanowią w tym czasie zamrożony kapitał), natomiast urządzenia przebywające na terminalu mogą być używane dla wielu składów pociągów. Infrastruktura przeładunku poziomego znajdująca się na terminalu doskonale sprawdza się dla pociągów wahałowych. Przykładem jest francuski system Modalohr [9,10], którego dwa terminale przeładunku poziomego naczep drogowych znajdują się na terenie Francji, jeden w Luxemburgu oraz jeden we Włoszech. Wagony z urządzeniami hydraulicznymi sprawdzają się natomiast jako pojedyncze jednostki doczepiane do pozostałych wagonów towarowych czy nawet pasażerskich. Przykładem jest system Flexiwaggon [10, 11], który obecnie w taki sposób wykorzystywany jest w Szwecji do przewozu całych zestawów drogowych (ciągnik siodłowy z naczepą drogową) a także autobusów.

W związku z automatyzacją procesu formowania składu pociągu prezentowany system umożliwi szybki przeładunek. Prezentowana technologia jest w stanie konkurować z rozwiązaniami niemieckimi i francuskimi jak CargoBeamer czy Modalohr. Przy czym proponowane polskie rozwiązanie charakteryzuje się mniejszym poziomem komplikacji konstrukcji, w

same time, the proposed Polish solution is characterized by a lower level of construction complexity, therefore the costs of building a wagon and the reloading infrastructure should be lower. A positive feature of the system is the ability to easily dismantle the anchored loading bay and move it to another location at the same or a different loading terminal. The advantage of the system is also the possibility of reloading under the catenary. There is no need to move the network away or replace the electric locomotive with a diesel one. As a result, the number of reloading operations is reduced, which also means additional time savings. The introduction of the developed technology would certainly help to transfer a significant part of road semi-trailers from road to rail, also on short transport distances thanks to efficient and quick handling.

In summary, the presented Polish system is characterized by the following features:

- simple structure (cheap to manufacture and operate, no complicated mechanisms on the wagon),
- lightweight structure (no reloading devices on the wagon),
- versatility (use of standard Y25 freight trucks),
- high level of safety (standard railway wheels with a rolling circle diameter of  $\varnothing 920$ , there is no need to reduce the diameter of the wheels as in the case of some intermodal technologies),
- automated reloading (the possibility of limiting the reloading operation crew to one person, reduced service time),
- possibility of building different terminal variants (depending on the number of reloading actions and reloading time, a different number of reloading stations can be used),
- the possibility of being used and compatible with both horizontal and vertical handling,
- rail gauge UIC 505-1, UIC GB1 (possibility of fitting in the gauge thanks to the low-slung floor of the wagon at a height of about 225 mm, lower sheet thickness and thin welded structural profiles thanks to the use of modern, durable steel),
- enables the transport of standard road semi-trailers (there is no need to modify the structure of the semi-trailer to increase the strength or avoid a collision of the semi-trailer on the wagon, there is no limitation to the container loading capacity),
- simple design of the reloading infrastructure (the use of hydraulic lifts, the possibility of moving the reloading mechanism to another location),
- possibility of reloading under the overhead catenary (for the time of reloading there is no need to move the overhead line or additional operations to replace the electric locomotive with a diesel shunting locomotive).

związku z czym powinno być tańsze w budowie wagonu i infrastruktury przeładunkowej. Pozytywną cechą systemu jest możliwość łatwego demontażu zamocowanego stanowiska przeładunkowego i przeniesienie go w inne miejsce na tym samym lub innym terminalu przeładunkowym. Zaletą systemu jest również możliwość przeładunku pod siecią trakcyjną. Nie ma potrzeby odsuwania sieci lub zamiany lokomotywy z elektrycznej na spalinową. W efekcie skraca się ilość operacji stosowanych w przeładunku, co oznacza również dodatkowy zysk czasu. Wprowadzenie opracowanej technologii z pewnością pomogłoby przenieść znaczną część naczep drogowych z dróg kołowych na kolej, również na krótkich odcinkach przewozu dzięki sprawnemu i szybkiemu przeładunkowi.

Podsumowując, prezentowany polski system charakteryzuje się następującymi cechami:

- prosta konstrukcja (niedroga w wytworzeniu i eksploatacji, brak skomplikowanych mechanizmów na wagonie)
- lekka konstrukcja (brak urządzeń przeładunkowych na wagonie)
- uniwersalność (zastosowanie standardowych wózków towarowych Y25)
- wysoki poziom bezpieczeństwa (standardowe koła kolejowe o średnicy okręgu toczonego 920, nie ma potrzeby zmniejszenia średnicy kół jak w przypadku niektórych technologii intermodalnych)
- zautomatyzowany przeładunek (możliwość ograniczenia obsługi przeładunku do jednej osoby, skrócony czas obsługi) możliwość budowy różnych wariantów terminali (w zależności od liczby przeładunku i czasu przeładunku, można zastosować różną ilość stanowisk przeładunkowych)
- możliwość zastosowania zarówno przeładunku poziomego jak i pionowego
- skrajnia kolejowa UIC 505-1, UIC GB1 (możliwość spełnienia skrajni dzięki nisko zawieszony podłodze wagonu na wysokości około 225 mm, mniejsza grubość blach oraz cienkie spawane profile konstrukcyjne dzięki zastosowaniu nowoczesnych, wytrzymałych stali)
- umożliwia przewóz standardowych naczep drogowych (nie ma potrzeby modyfikacji konstrukcji naczepy celem zwiększenia wytrzymałości czy uniknięcia kolizji naczepy na wagonie, nie ma ograniczania pojemności ładunkowej)
- prosta konstrukcja infrastruktury przeładunkowej (zastosowanie podnośników hydraulicznych, możliwość przenoszenia mechanizmu przeładunkowego w inne miejsce)
- możliwość przeładunku pod siecią trakcyjną (na czas przeładunku nie ma potrzeby odsuwania sieci trakcyjnej czy dodatkowych operacji zamiany lokomotywy elektrycznej na manewrową lokomotywę spalinową).



## Bibliography / Bibliografia

- [1] <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/transport-i-lacznosc/>.
- [2] *Przewozy intermodalne w Polsce w 2019 r. Podsumowanie prezesa UTK.*
- [3] <https://www.gov.pl/web/fundusze-regiony/informacje-o-strategii-na-rzecz-odpowiedzialnego-rozwoju>.
- [4] *Zwiększenie roli kolei w równoważeniu transportu towarów w Polsce. Wyzwania, propozycje, dobre praktyki. Urząd Transportu Kolejowego. Warszawa, grudzień 2017r.*
- [5] *Krettek O, Grejnert J.: Technika kolejowa w systemach logistycznych, Oficyna wydawnicza Politechniki Wrocławskiej, Wrocław 2001.*
- [6] *Medwid M., Nowaczyk T., Tomaszewski F., Czerwiński J.: Wagon, zwłaszcza do systemu transportu kombinowanego kolejowo-drogowego. Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”. Zgłoszenie patentowe nr P.424900, z dnia 15.03.2018r. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej.*
- [7] *Medwid M., Nowaczyk T., Tomaszewski F., Czerwiński J.: Stanowisko do załadunku i rozładunku naczep drogowych w systemie transportu kombinowanego kolejowo-drogowego oraz sposób załadunku i rozładunku naczep drogowych w systemie transportu kombinowanego kolejowo-drogowego. Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”. Zgłoszenie patentowe nr P.424899, z dnia 15.03.2018r. Urząd Patentowy Rzeczypospolitej Polskiej.*
- [8] *Tomaszewski F., Medwid M., Nowaczyk T., Czerwiński J.: System transportu standardowych naczep drogowych z poziomym, skośnym przeładunkiem naczep. Pojazdy Szynowe 2/2018.*
- [9] <https://lohr.fr/lohr-railway-system/the-lohr-uic-wagons/>.
- [10] *Medwid M., Cichy R.: Techniczne środki transportu kombinowanego kolejowo-drogowego, Instytut Pojazdów Szynowych „TABOR”, Poznań 2017.*
- [11] <https://www.flexiwaggon.se/>