

Możliwości zastosowania bezadapterowego systemu transportu bimodalnego typu TABOR II do przewozu naczep o powiększonej wysokości przestrzeni ładunkowej

W artykule zaprezentowano nowatorską koncepcję taboru bimodalnego zdolnego do transportu naczep bimodalnych o objętości przestrzeni ładunkowej porównywalnej ze standartowymi naczepami drogowymi. Przedstawiono analizę konstrukcyjną układu biegowego oraz bimodalnej naczepy wielkogabarytowej. Wykazano korzyści produkcyjne i eksploatacyjne systemu bezadapterowego w porównaniu z systemem adapterowym.

1. Wstęp

Kolejowe przewozy bimodalnych naczep samochodowych są realizowane w Europie na wózkach kolejowych wyposażonych w dodatkowe urządzenia zwane adapterami, które umożliwiają zamocowanie naczep na wózkach kolejowych. W latach 90-tych w Instytucie Pojazdów Szynowych w Poznaniu wdrożono, adapterowy system bimodalny, zarejestrowany pod nazwą „TABOR”, przystosowany do przewozów ekspresowych z prędkością maksymalną 160 km/h, przy nacisku na oś zestawu kołowego 18 t, oraz z prędkością 120 km/h przy nacisku na oś 22,5 t [1].

W systemie adapterowym punkty oparcia naczep na adapterach są umieszczone na końcach naczep co powoduje, że dla wytrzymania wymaganej strzałki ugięcia ramy naczepy, jej wysokość musi być odpowiednio duża.

Kosztom wymaganej wysokości ramy, ograniczona zostaje wysokość przestrzeni ładunkowej naczepy, która dla systemu adapterowego „TABOR” wynosi zaledwie 2521 mm, a po optymalizacji systemu 2600 mm [2]. W naczepach drogowych dąży się ciągle do powiększania wysokości przestrzeni ładunkowej dla osiągnięcia jej maksymalnej objętości przy ograniczonych gabarytach zewnętrznych naczep wynikających z drogowych przepisów, które stanowią, że maksymalna wysokość naczepy na drodze wynosi 4000 mm (dopuszcza się przekroczenie tej wysokości o 40 mm), maksymalna szerokość dla naczep skrzyniowych i kurtynowych 2550 mm, a max szerokość dla naczep z zabudową izometryczną może wynosić 2600 mm. Obecnie uzyskiwana wysokość przestrzeni ładunkowej dla standardowych drogowych naczep skrzyniowych i kurtynowych wynosi 2700-2800 mm, w zależności od wysokości położenia siodła ciągnika drogowego.

W ostatnich latach przemysł produkujący naczepy drogowe prowadzi intensywne prace badawczo rozwojowe nad wdrożeniem do eksploatacji tzw. mega naczep dla których uzyskuje się wysokość przestrzeni ładunkowej do 3000 mm.

Spedytorzy eksploatujących naczepy drogowe są zainteresowani transportem naczep wielkogabarytowych w systemie bimodalnym, kolejowo drogowym. Żaden ze znanych obecnie systemów bimodalnych nie jest przystosowany do transportu naczep bimodalnych wielkogabarytowych.

W artykule zaprezentowano koncepcję systemu bimodalnego, bezadapterowego zdolnego do transportu wielkogabarytowych naczep bimodalnych, który nazwano TABOR II w odróżnieniu od systemu adapterowego oznaczonego nazwą TABOR, oraz zoptymalizowanego systemu adapterowego TABOR I. W systemie bezadapterowym wyeliminowano adaptery jako urządzenia służące do mocowania naczep na wózkach, a naczepy bimodalne posadowiono bezpośrednio na ramach nośnych odpowiednio zaprojektowanych wózków kolejowych [3].

2. Naczepy drogowe standardowe i bimodalne

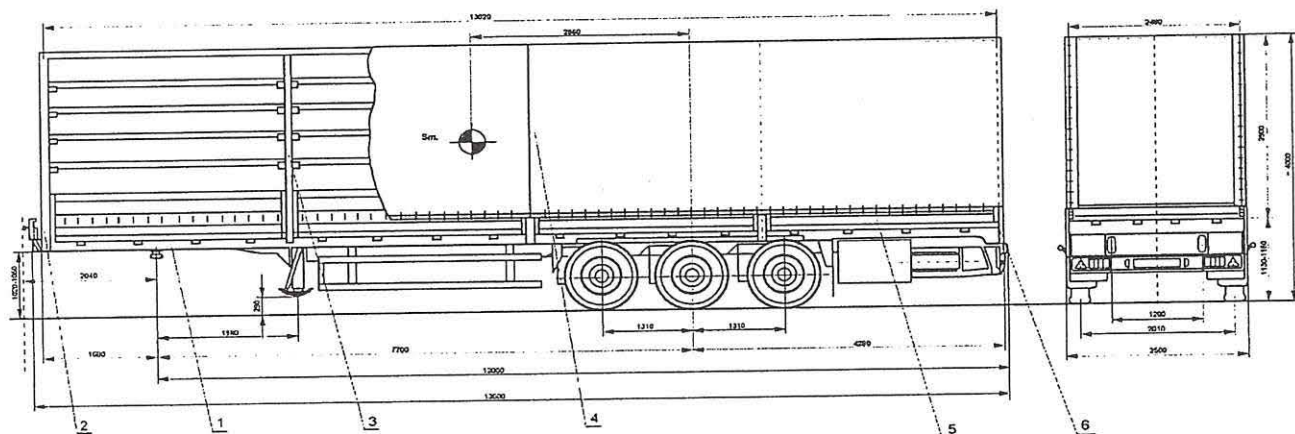
2.1. Standardowe naczepy drogowe

Naczepy drogowe są podstawowym środkiem przewozu towarów w transporcie drogowym. Konstrukcja naczep umożliwia najczęściej załadunek i wyładunek towaru z boku, z góry i z tyłu naczepy. Pojemność przestrzeni ładunkowej w granicach od ~ 85 – 100 m³ daje możliwość jednorazowego transportu dużej ilości towaru.

Wśród różnych typów naczep do najbardziej rozpowszechnionych należy zaliczyć naczepy skrzyniowe, kurtynowe oraz naczepy z zabudową izotermiczną. Często spotykane są również naczepy zbiornikowe do przewozu paliw, chemikali i materiałów sypkich takich jak cement lub mąka. Budowane są też naczepy specjalistyczne dostosowane tylko do określonych ładunków jak na przykład kontenerów, nadozwozi wymiennych i innych, do których przystosowana jest przestrzeń ładunkowa naczepy.

Poniżej przedstawiono przykłady rozwiązań konstrukcyjnych naczep produkowanych przez przemysł polski i niemiecki.

2.1.1. Naczepa skrzyniowa



Rys. 1 Naczepa skrzyniowa typu N263V

DANE TECHNICZNE:

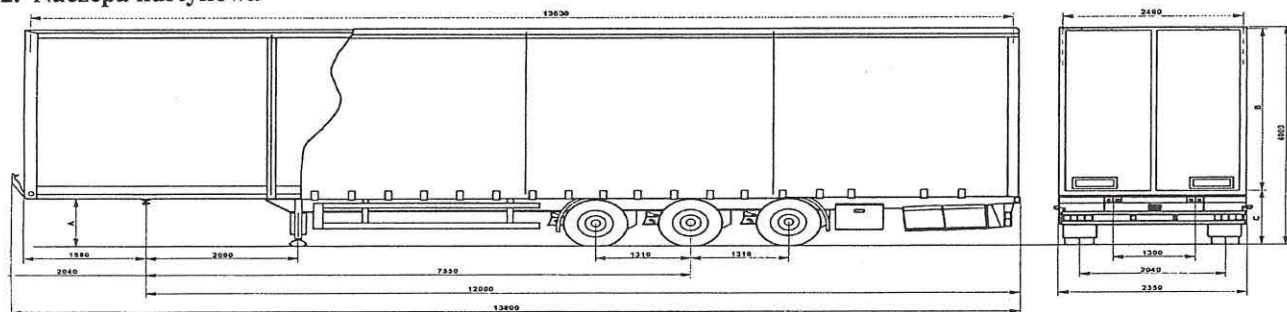
Ładowność dopuszczalna		26 200 kg	Pojemność ładunkowa	94,5 m ²
Masa własna pojazdu		7 800 kg	Wymiary ogumienia	385/65R22,5
Masa całkowita dopuszczalna		34 000 kg	Powietrzna instalacja hamulcowa	dwuprzewodowa
Masa przypadająca na siedło ciągnika		10 000 kg	Prędkość maksymalna	105 km/h
Obciążenie osi		3x8 000 kg	Ilość przewożonych palet	34 szt.
Rzeczywista długość, szerokość i wysokość przestrzeni ładunkowej		13 620 mm x 2 480 mm x 2 800 mm		
		Oś przednia podnoszona		

Na rys. 1 pokazano naczepę skrzyniową produkcji Fabryki Pojazdów Ciężarowych, Zremb – Wrocław.

Nadwozie naczepy skrzyniowej składa się z ramy nośnej 1, ściany czołowej 2, szkieletu opończy 3, opończy 4, burt bocznych 5, burty tylnej 6.

Opończa oparta na szkielecie sięga do wysokości burt i jest do nich odpowiednio mocowana.

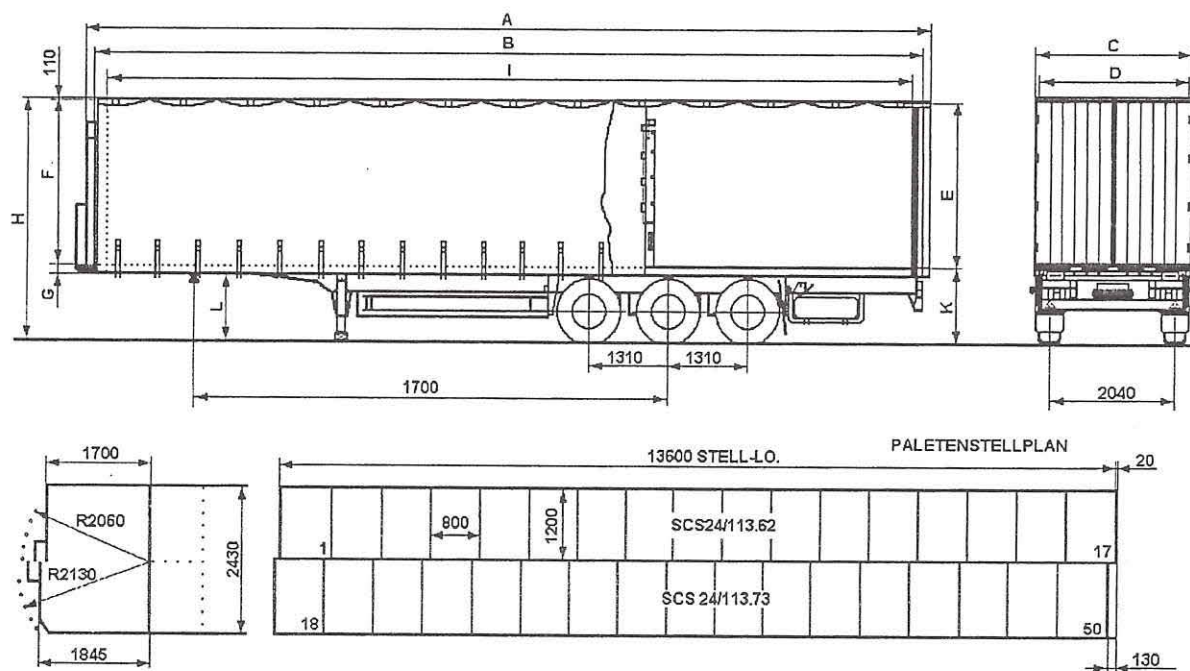
2.1.2. Naczepa kurtynowa



Rys. 2 Naczepa kurtynowa firmy ZREMB – WROCLAW

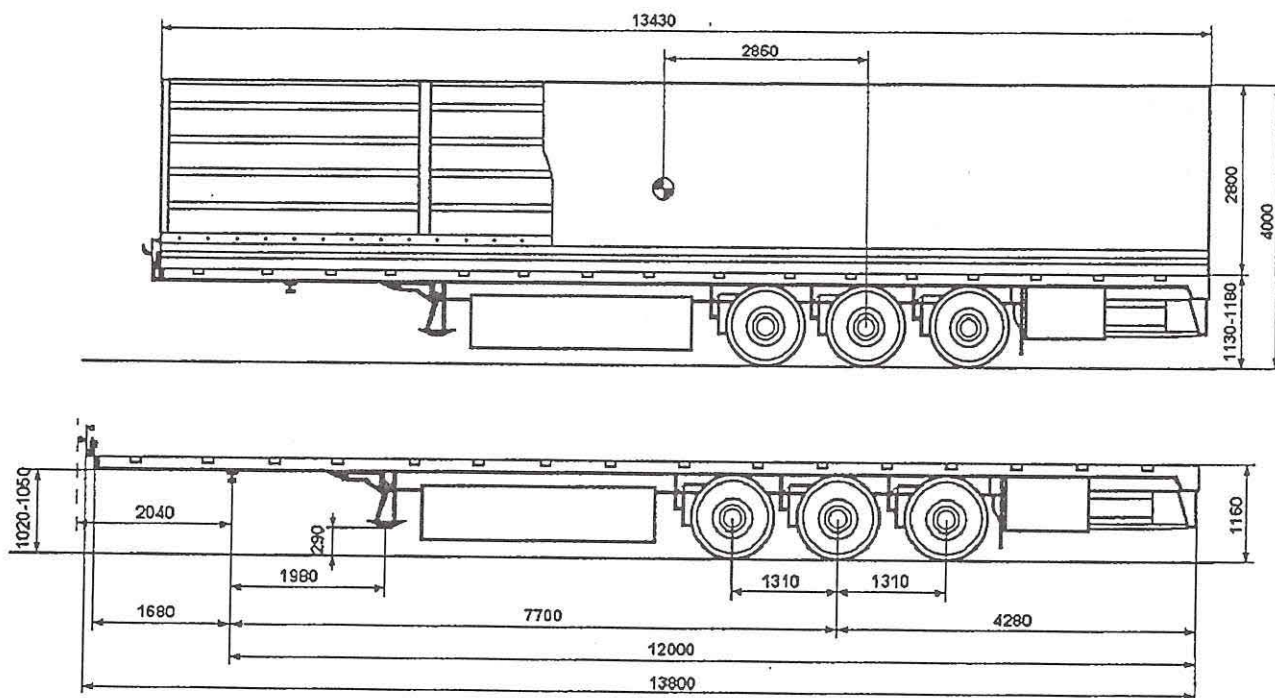
Parametry techniczne		N263 Standard		N263V		N263 Mega			
Wysokość siedła ciągnika	A [mm]	1180	1150	1105	1050	1020	985	980	945
Wysokość przestrzeni ładunkowej	B [mm]	2695	2725	2770	2825	2855	2890	2895	2930
Wysokość podłogi od gruntu	C [mm]	1270	1240	1195	1140	1110	1075	1070	1035
Objętość ładunkowa	[m ³]	91,1	92,1	93,6	95,5	96,5	97,7	97,9	99,0
Rozmiar opon		385/65 R22,5	385/65 R22,5	385/65 R22,5	385/55 R22,5	385/65 R19,5	385/65 R19,5	385/55 R19,5	385/55 R19,5
Ilość przewożonych europalet	[szt.]	34							
Całkowita masa pojazdu	[kg]	34000							
Masa własna pojazdu	[kg]	6950							
Dopuszczalna ładowność	[kg]	27050							
Obciążenie siedła ciągnika	[kN]	100							
Dopuszczalne obciążenie osi	[kN]	3x80							
Zawieszenie		pneumatyczne							
Instalacja elektryczna	[V]	24							
Prędkość maksymalna	[km/h]	105							

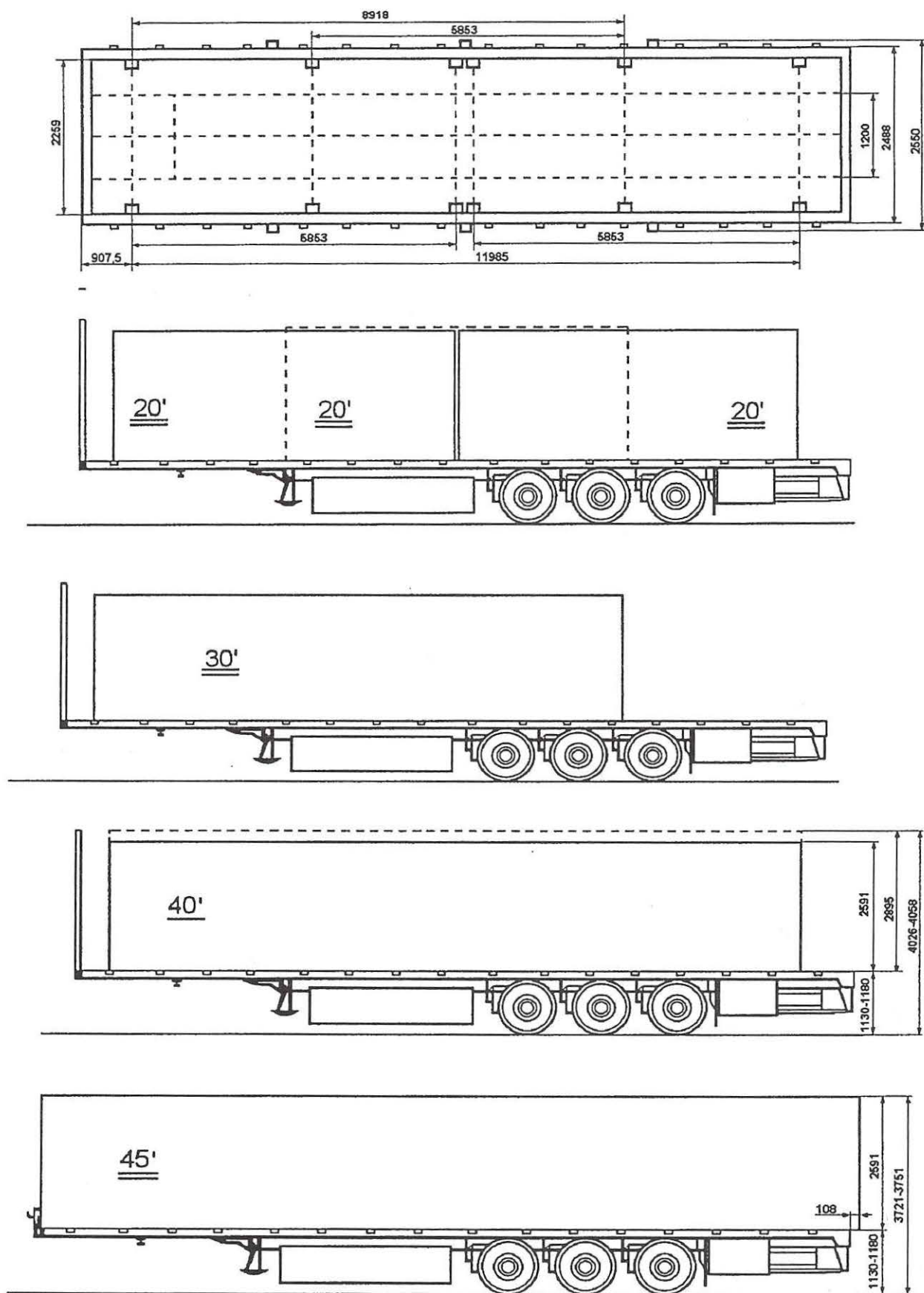
Na rys. 2 pokazano naczepę kurtynową polskiej produkcji a rys. 3 przedstawia naczepę kurtynową wykonaną w niemieckiej firmie SCHMITZ. Konstrukcja naczepy kurtynowej różni się od naczepy skrzyniowej zabudową nadwozia. Naczepa kurtynowa nie ma burt bocznych i tylnej, a oponcza sięga aż do ramy nadwozia i jest do niej mocowana. Przestrzeń ładunkowa jest od tyłu zamknięta drzwiami.



Rys. 3 Naczepa kurtynowa firmy SCHMITZ

2.1.3. Naczepa skrzyniowo kontenerowa





Rys. 4 Naczepa skrzyniowo kontenerowa firmy ZREMB – WROCLAW

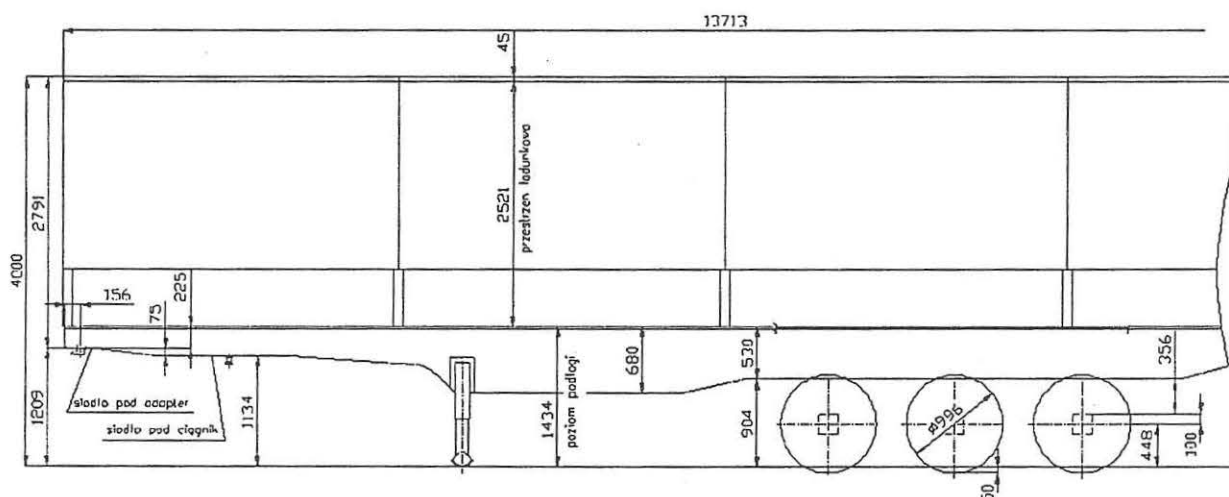
Ładowność dopuszczalna naczepy skrzyniowej
Ładowność dopuszczalna naczepy kontenerowej
Masa własna pojazdu
Masa całkowita dopuszczalna pojazdu
Masa przypadająca na siodło ciągnika siodłowego
Obciążenie dopuszczalne osi
Rzeczywista długość, szerokość i wysokość przestrzeni ładunkowej

26 200 kg
26 200 kg
7 800 kg
34 000 kg
10 000 kg
3x8 000 kg
13620 mm x 2 480 mm
x 2 800 mm
94,5 m²
385/65R22,5
dwuprzewodowa
105 km/h
34 szt.

Pojemność ładunkowa
Wymiary ogumienia
Powietrzna instalacja hamulcowa
Prędkość maksymalna
Ilość przewożonych palet

2.2. Naczepy bimodalne

W publikacji [1] opisano naczepę bimodalną, której wymiary gabarytowe pokazano na rys. 5

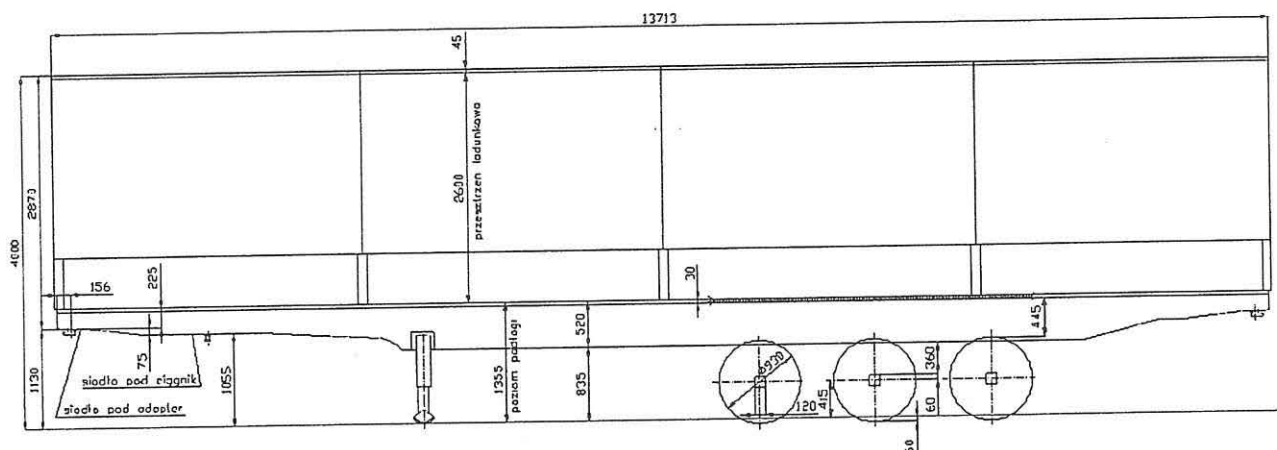


Rys. 5 Naczepa systemu adapterowego „TABOR”

Jest to naczepa przystosowana do ciągników drogowych z wysoko położonym siodłem ~ 1130 mm, które obecnie są powszechnie używane do transportu naczep drogowych. Wysokość usytuowania siodła ciągnika drogowego w ruchu drogowym jak również rozstaw podparcia naczepy na adapterach w ruchu kolejowym decydują o gabarytach ramy nośnej naczepy oraz możliwej do uzyskania wysokości przestrzeni ładunkowej. W tym przypadku przy wysokości siodła ciągnika drogowego około 1130 mm w ruchu drogowym, oraz rozstawie podparć naczepy w ruchu kolejowym (rozstaw siodła kolejowych naczepy wynosi ~ 13.600 mm), przy utrzymaniu wymaganej strzałki ugięcia ramy naczepy 3,5‰ w uformowaniu kolejowym, rama naczepy musi mieć

wysokości 530 mm w przestrzeni kół drogowych, 680 mm w strefie środkowej oraz 225 mm w części przedniej ramy. Przy takich parametrach wysokości ramy możliwe jest uzyskanie wysokości przestrzeni ładunkowej 2521 mm to jest o około 200 mm mniej niż w przypadku standardowej naczepy drogowej.

W publikacji [2] zaprezentowano naczępę bimodalną polskiego systemu adapterowego po optymalizacji, której efektem było między innymi obniżenie wysokości położenia siedła drogowego naczępy do wymiaru 1050 mm co pozwoliło zwiększyć wysokość przestrzeni ładunkowej do 2600 mm. Na rys. 6 przedstawiono wymiary gabarytowe nacępy systemu adapterowego TABOR I



Rys. 6 Naczepa zoptymalizowanego systemu adapterowego „TABOR I”

2.3. Naczepa bimodalna o powiększonej przestrzeni ładunkowej dla systemu bezadapterowego

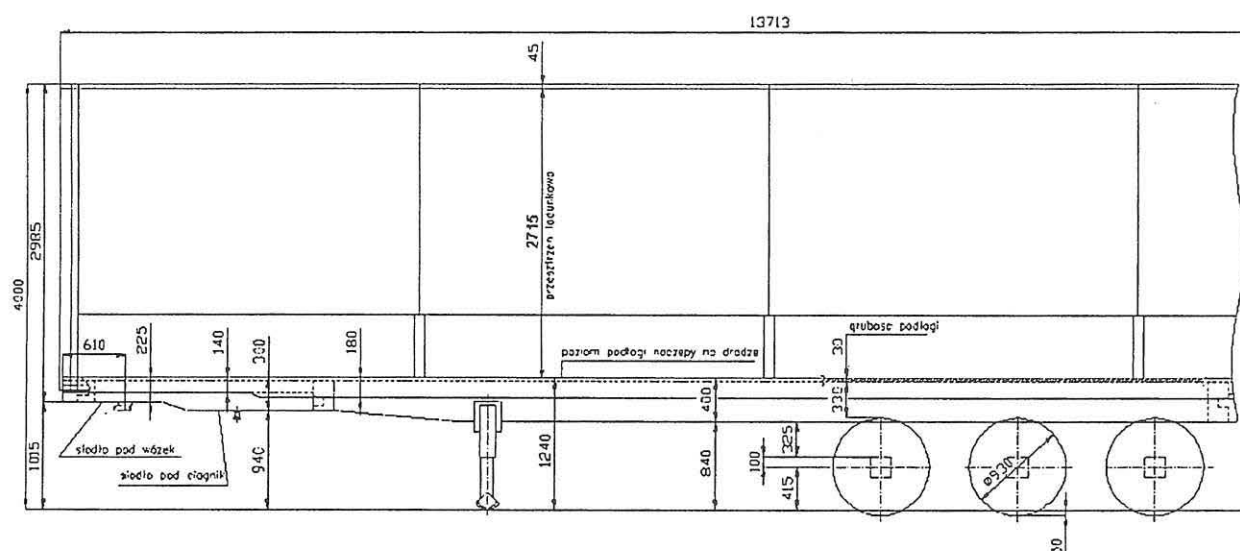
2.3.1. Analiza wymiarowa doboru gabarytów naczepy

Nowoczesne ciągniki drogowe wyposaża się w siodła umieszczone na małej wysokości od 850 do 950 mm. Stało się to możliwe dzięki wykorzystaniu nowych technologii w produkcji opon samochodowych, które przy średnicach mniejszych od dotychczas stosowanych utrzymują wymaganą nośność. Obniżenie siodła ciągnika drogowego zmniejsza przestrzeń konstrukcyjną dla zaprojektowania ramy spełniającej wymagania systemu adapterowego.

W systemie bezadapterowym, wózek kolejowy jest umieszczony głęboko pod naczą, dzięki czemu punkty podparcia naczy na wózkach bezadapterowych są bliżej rozstawione w porównaniu z systemem adapterowym, gdzie oparcie naczy na adapterach jest na jej końcach. Zbliżenie punktów podparcia naczy na wózkach kolejowych w sys-

temie bezadapterowym umożliwia utrzymanie wymaganej strzałki ugięcia ramy naczepty $\sim 3,5\%$ przy max wysokości ramy 400 mm. Dzięki głębokiemu wprowadzeniu wózków bezadapterowych pod końce naczept, ograniczona zostaje wysokość ramy naczepty przez co można powiększyć wysokość przestrzeni ładunkowej dla naczepty bimodalnej o około 200 mm w stosunku do naczept bimodalnych stosowanych w systemie adapterowym. Wykonane wstępne obliczenia wytrzymałościowe ramy naczepty narzucają następujące gabaryty ramy: – rys. 7

- w części przedniej i tylnej nad siódlami kolejowymi naczepy minimalna wysokość ramy wynosi 225 mm,
- w części przedniej nad siodeł drogowym naczepy wysokość ramy wynosi 300 mm,
- w części środkowej i w strefie kół drogowych minimalna wysokość ramy wynosi 400 mm.



Rys. 7 Naczepa dla systemu bezadapterowego

Wymiary wysokości ramy naczepy oraz przestrzeni ładunkowej należy analizować uwzględniając następujące kryteria:

- łatwość kojarzenia naczepy z wózkiem kolejowym (wysokość siodeł kolejowych naczepy),
- ograniczenie max wysokości naczepy na drodze do 4 m,
- ograniczenie skrajni kolejowej w uformowaniu kolejowym w szczególności gabaryt skrajni kół drogowych,
- wytrzymałość ramy naczepy a szczególnie ograniczenie max strzałki ugięcia ramy do 3,5‰, naczepy obciążonej w uformowaniu kolejowym.

Dla ustalenia wysokości przestrzeni ładunkowej naczepy poddajemy analizie łańcuch wymiarów wysokościowych naczepy w uformowaniu drogowym (przód naczepy).

Przy założeniu, że nowoczesne ciągniki drogowe mają siodło usytuowane na wysokości 940 mm oraz przy wymaganej wysokości belki ramy 300 mm nad siodłem ciągnika, osiągamy poziom podłogi naczepy na drodze na wysokości 1240 mm, a maksymalna do uzyskania wysokość przestrzeni ładunkowej wynosi 2715 mm przy zachowaniu dopuszczalnej wysokości dachu naczepy na drodze 4000 mm.

Poziom siodła kolejowego (do oparcia naczepy na wózkach kolejowych) wynosi 1015 mm, a różnica między poziomem siodła ciągnika drogowego i siodła kolejowego wynosi 75 mm. W tej przestrzeni należy zmieścić kolejowe czopy sprzęgowe ponieważ nie mogą one wystawać z naczepy poniżej poziomu siodła drogowego ze względu na możliwość występowania kolizji czopów kolejowych z siodłem ciągnika w czasie łączenia ciągnika z naczepą.

Dla sprawnego prowadzenia procesu łączenia naczepy z wózkiem kolejowym, siodło wózka kolejowego winno być usytuowane na poziomie 1015 mm. Przy takim założeniu nie jest konieczne unoszenie lub opuszczanie przodu i tyłu naczepy w procesie łączenia naczepy z adapterem. Jednak ten idealny stan jest w praktyce nieosiągalny z powodu niemożności zachowania warunku utrzymania kół drogowych naczepy w skrajni kolejowej po połączeniu naczepy z wózkami. Aby to udowodnić przeanalizujemy strefę ramy naczepy, w której są usytuowane koła drogowie naczepy. Przy średnicy kół drogowych 930 mm odległość górnej powierzchni opony od podłogi wynosi 330 mm, a odległość osi drogowej od dolnego pasa ramy nośnej wynosi 325 mm.

Przeprowadzone obliczenia usytuowania kół drogowych naczepy w skrajni kolejowej w uformowaniu kolejowym [4] wykazały, że aby uniknąć kolizji kół drogowych ze zwężonym i podniesionym gabarytem dolnej części skrajni kinematycznej, należy koła drogowe unieść na wysokość ~ 280 mm, co umożliwi zarówno wyliczony luz 330 mm między oponą a podłogą jak również odległość 325 między osią drogową a dolnym pasem ramy przy położeniu siodeł kolejowych naczepy oraz siodła wózka kolejowego na wysokości 1015 mm.

Jednakże po oparciu naczep (próżnych) na wózkach kolejowych siodła wózków jak również naczepa obniża się o ~ 40 mm wskutek ugięcia usprężynowania wózków kolejowych.

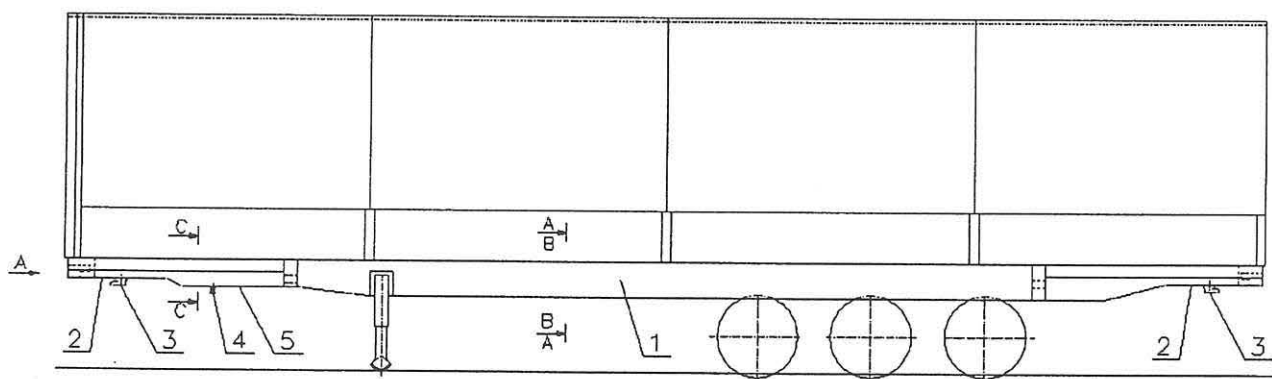
Aby skompensować obniżenie poziomu naczepy wskutek ugięcia usprężynowania wózków i doprowadzić do podobnych wymiarów wysokości położenia naczepy na wózkach kolejowych jak na drodze kołowej, siodła wózków kolejowych w stanie swobodnym wózków muszą być podwyższone o wielkość ugięcia usprężynowania pod wagonem próżnym, to znaczy muszą być usytuowane na wysokości $1015 + 40 = 1055$ mm. Chcąc zachować ~ 10 mm luzu pomiędzy uniesionymi kołami naczepy a podłogą przyjmuje się wysokość siodeł na wózkach kolejowych na poziomie 1065 mm (w stanie swobodnym wózka tzn. przed połączeniem wózków z naczepą). Przy uniesieniu kół drogowych na wysokość 280 mm od główki szyny odległość górnej części opon od podłogi wynosi 10 mm a luz między osiami drogowymi i dolnym pasem ramy wynosi 5 mm przy założeniu, że wysokość przekroju osi drogowych naczepy wynosi 200 mm.

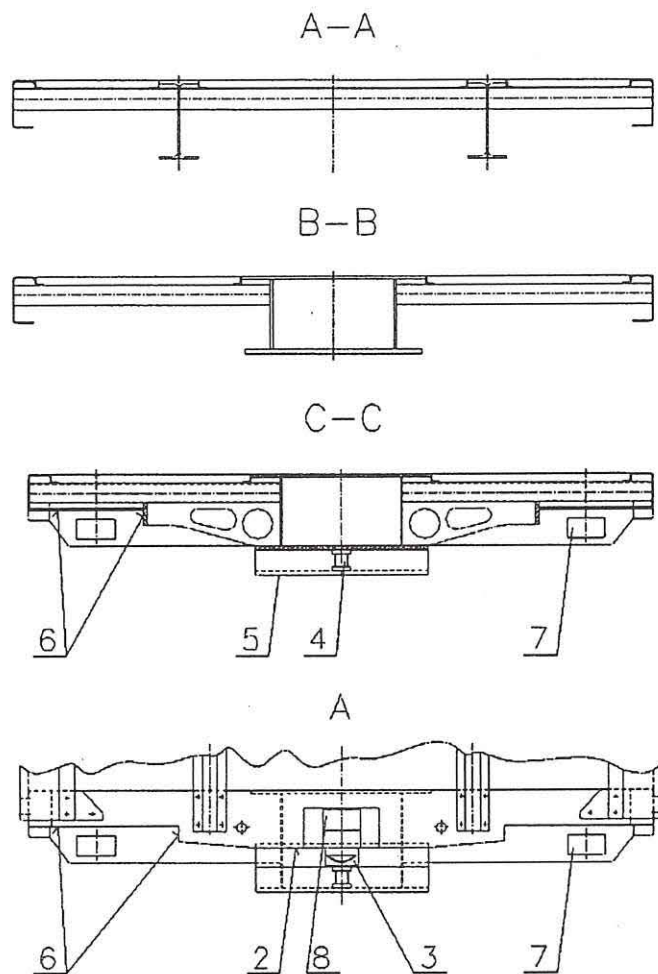
Z powyżej przeprowadzonej analizy wynika, że wymiary gabarytowe wysokości ramy dobrano w sposób optymalny, a przy obranej koncepcji bezadapterowego taboru bimodalnego można uzyskać maksymalną wysokość przestrzeni ładunkowej naczepy bimodalnej do ~ 2715 mm, to jest o około 200 mm więcej w porównaniu do naczep stosowanych w systemach adapterowych.

2.3.2. Opis konstrukcji naczepy

Skrzyniową naczepę bimodalną o powiększonej przestrzeni ładunkowej przystosowaną do systemu bezadapterowego pokazano na rys. 8.

Rama 1 naczepy może być wykonana jako rama dwubelkowa, przekrój A-A lub z belką centralną, przekrój B-B.





Rys. 8 Rama naczepy bimodalnej o powiększonej wysokości przestrzeni ładunkowej

Przód i tył ramy ukształtowano w sposób umożliwiający połączenie ramy naczepy z ramami półwózków, (przekrój C-C oraz widok A), dla ramy z belką centralną. Belka centralna ramy ma na swych końcach siodła kolejowe 2, do których zamontowano kolejowe czopy sprzęgowe 3. Czop drogowy naczepy 4 (Jost) zamocowano na siodle drogowym 5 naczepy obniżonym w stosunku do poziomu siodła kolejowego 2. Po obu stronach belki centralnej ramy 1 wykonano odpowiednie wnęki prowadzące 6 a na końcach wnęk w ścianach pionowych zamykających wnękę przewidziano dwa otwory centrujące 7. Trzeci otwór centrujący 8 wykonano w ścianie czołowej belki centralnej ramy.

Założone parametry konstrukcyjne:

Ładowność dopuszczalna 27000 kg

Masa własna naczepy 9000 kg

Masa całkowita dopuszczalna 36000 kg

Masa przypadająca na siodło ciągnika 10000 kg

Obciążenie osi 3 x 9000 kg

Długość, szerokość i wysokość przestrzeni ładunkowej 13620 mm x 2480 mm x 2715 mm

Pojemność ładunkowa 92 m³

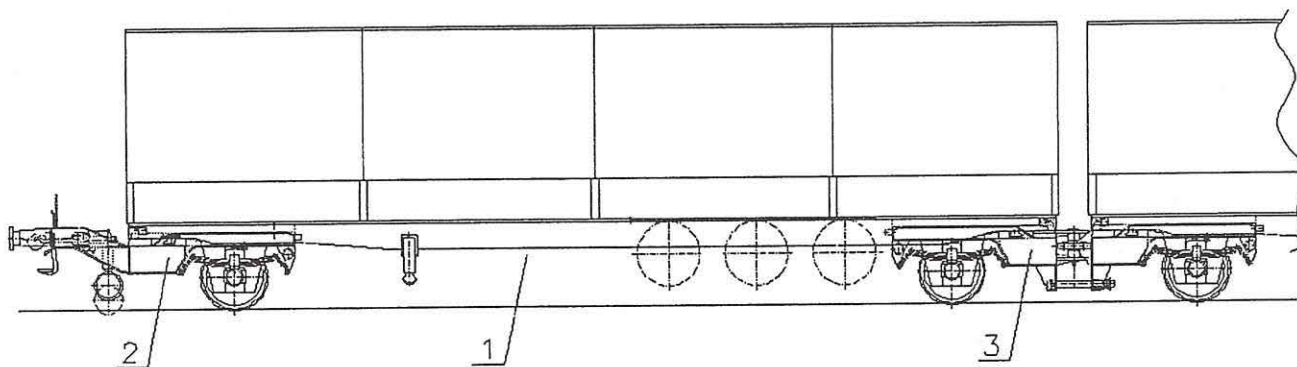
Wymiar ogumienia 385/55R 19,5

Ilość przewożonych na podłodze naczepy europalet 34 szt.

3. Konstrukcja układu biegowego dla bezadapterowego transportu naczep bimodalnych

3.1. Bezadapterowy pociąg bimodalny

Koncepcję bezadapterowego systemu do transportu bimodalnego naczep przedstawiono na rys. 9. System składa się z naczep bimodalnych 1, wózków skrajnych 2 oraz wózków środkowych 3.



Rys. 9 Pociąg bimodalny złożony z naczep wielkogabarytowych

Układ biegowy do transportu naczep bimodalnych stanowią wózki środkowe oraz wózki skrajne.

Wózki środkowe składają się z dwóch półwózków jednoosiowych odpowiednio ze sobą połączonych, a po zamontowaniu ich pod naczepami, naczepy tworzą wagony dwuosiowe krótkosprzęgnięte. Wózki skrajne to wózki jednoosiowe wyposażone w technologiczne koła podporowe.

Istotą rozwiązania jest wykorzystanie ramy wózka jako elementu konstrukcyjnego spełniającego również funkcję oparcia i mocowania naczepy, zdolnego do przeniesienia wszystkich sił działających na skład pociągu bimodalnego. Przez eliminację adaptera jest możliwe niższe posadowienie naczepy na wózkach kolejowych co mimo zwiększenia wysokości przestrzeni ładunkowej pozwala spełnić wymagania górnej części skrajni kinematycznej na liniach kolejowych przeznaczonych do transportu kombinowanego.

Założone parametry konstrukcyjne pociągu bimodalnego:

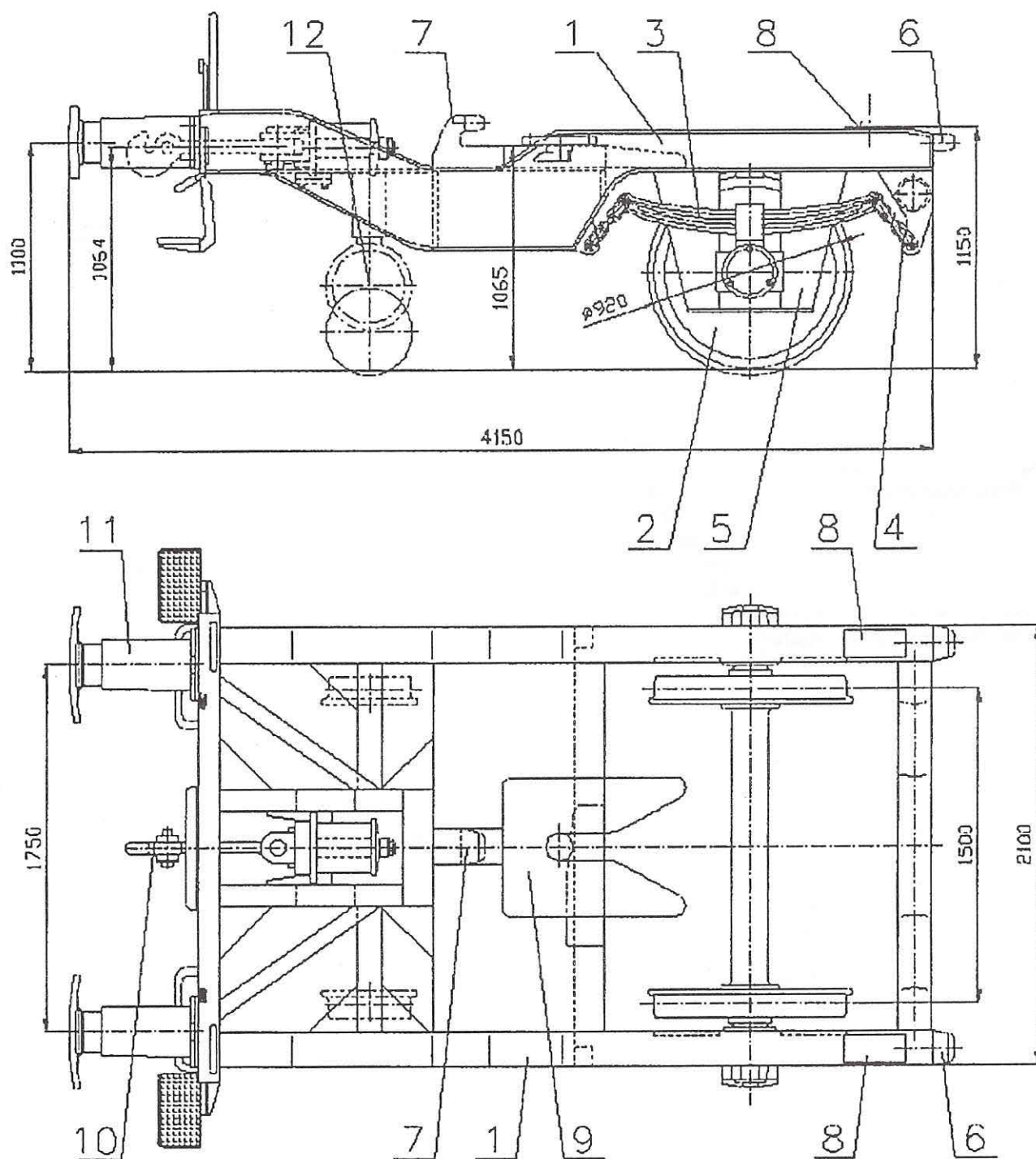
- Maksymalna prędkość ruchu $V = 120 \text{ km/h}$ przy nacisku na oś zestawu kołowego $22,5 \text{ t}$,
- Średnica kręgu tocznego koła wózka kolejowego 920 mm ,
- Usprężynowanie przy pomocy standardowego rozwiązania wg Karty UIC 517 z zastosowaniem resoru piórowego dla obciążenia $22,5 \text{ t/oś}$,
- Masa naczepy próżnej $\sim 9 \text{ t}$,
- Masa ramy półwózka $\sim 1 \text{ t}$,
- Masa ładunku naczepy 27 t ,
- Maksymalna masa ładunku uwzględniająca przeładowanie naczepy $28,5 \text{ t}$,

- Rozstaw osi zestawów kołowych zamontowanych pod naczepą 10590 mm ,
- Rozstaw osi zestawów kołowych wózka środkowego 3560 mm ,

3.1.1. Wózek skrajny

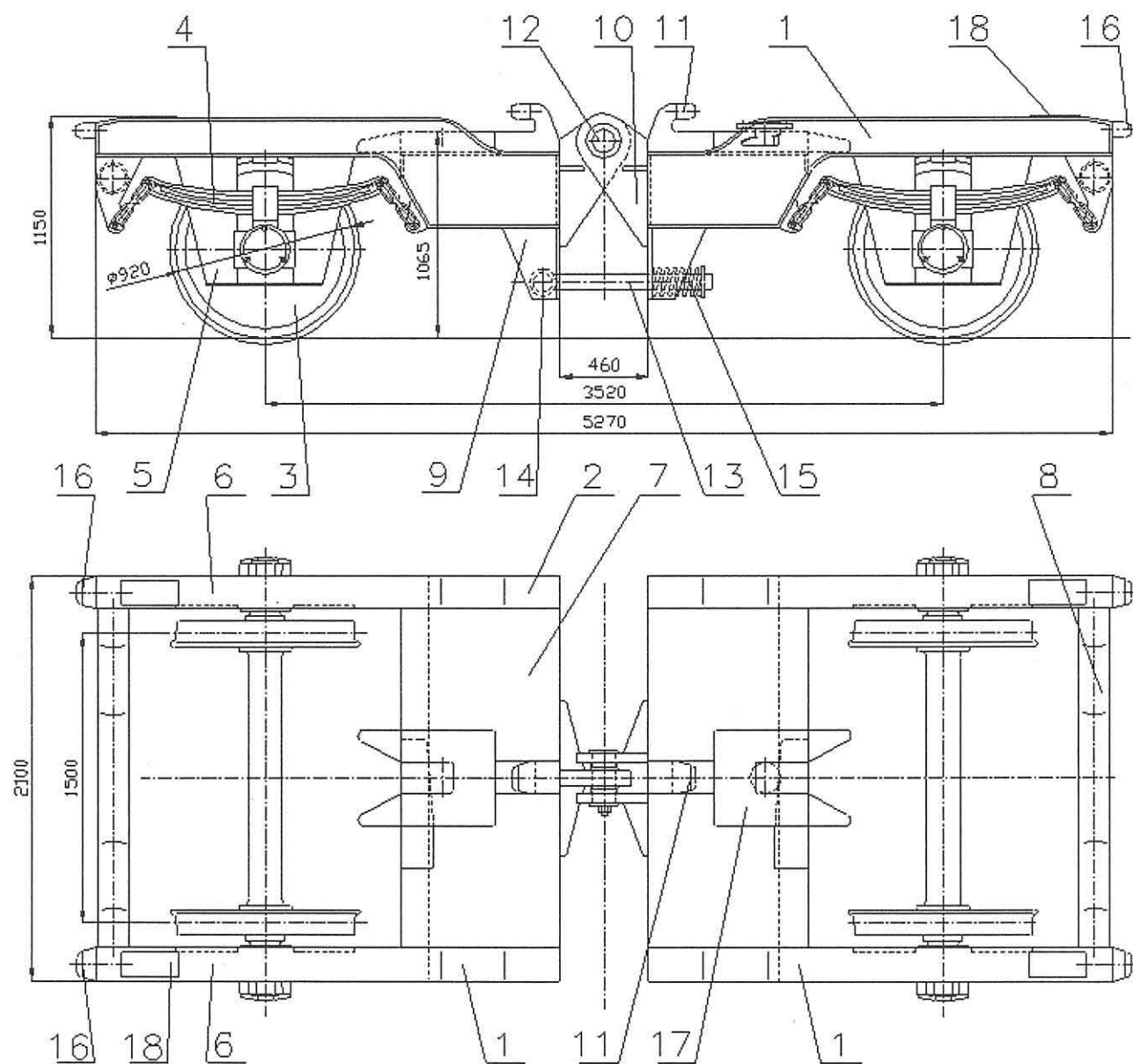
Skrajny wózek kolejowy rys. 10 do transportu naczep bimodalnych to wózek jednoosiowy złożony z ramy **1**, w której jest zamontowany zestaw kołowy **2** usprężynowany przy pomocy resora piórowego **3** mocowanego do wsporników ramy przy pomocy wieszaków ogniowych **4**. Prowadzenie zestawu w ramie wózka zapewniają widły **5**. Możliwe jest zastosowanie innego typu usprężynowania spełniającego odpowiednie warunki bezpieczeństwa ruchu.

Rama **1** jest wyposażona w trzy czopy ustalające położenie wózka w naczepie, dwa czopy **6** umiejscowione na końcach podłużnic ramy oraz jeden czop **7** umieszczony na belce poprzecznej w osi podłużnej wózka. Miejsca oparcia naczepy na ramie wózka to dwie podpory **8** usytuowane na końcach podłużnic ramy oraz trzecia podpora to siodło **9**, w którym jest zamontowane urządzenie ryglujące naczepę w ramie wózka. W ramie wózka **1** zamontowano urządzenia pociągowozderzne służące do połączenia wózka z lokomotywą lub składem wagonów. Urządzenia pociągowozderzne stanowią hak ciągowy **10** z amortyzatorem oraz zderzaki **11**. Wózek wyposażono w technologiczne koła podporowe **12** służące do podparcia wózka w stanie swobodnym, przed zamontowaniem go pod naczepą.



Rys. 10 Wózek skrajny

3.1.2. Wózek środkowy



Rys. 11 Wózek środkowy

Środkowy wózek rys. 11 jest zbudowany z dwóch jednoosiowych półwózków 1. Każdy z półwózków składa się z ramy 2, zestawu kołowego 3, usprężynowania 4 z prowadzeniem zestawu kołowego 5. Rama półwózka jest złożona z dwóch podłużnic 6, belki poprzecznej 7 oraz łącznika 8. Belka poprzeczna 7 jest od dołu wyposażona w wspornik 9, a do ściany czołowej belki poprzecznej 7 jest utwierdzony wspornik 10 zakończony hakiem mocującym 11. Półwózki są w tym przykładzie połączone między sobą przegubem kulistym 12 zamocowanym w wspornikach 10, oraz cięgłem 13 zamontowanym do wsporników 9. Cięgło 13 jest połączone z jednym wspornikiem przy pomocy przegubu kulistego 14, a z drugim przy pomocy sprężyny napinającej 15. Na końcach przedłużnic 6 usytuowano czopy ustalające 16 a na belce poprzecznej 7 haki 11 dla ustalenia ramy półwózka w ramie naczepy.

Na belce poprzecznej 7 umieszczono siedło 17 z urządzeniem ryglującym, a na końcach podłużnic 6 przewidziano płyty podporowe 18 do oparcia naczepy na ramie półwózka.

Sposób mocowania półwózków wózka środkowego do naczepy jest identyczny jak dla wózka skrajnego.

3.2. Analiza rozwiązań konstrukcyjnych połączenia ram półwózków wózka środkowego

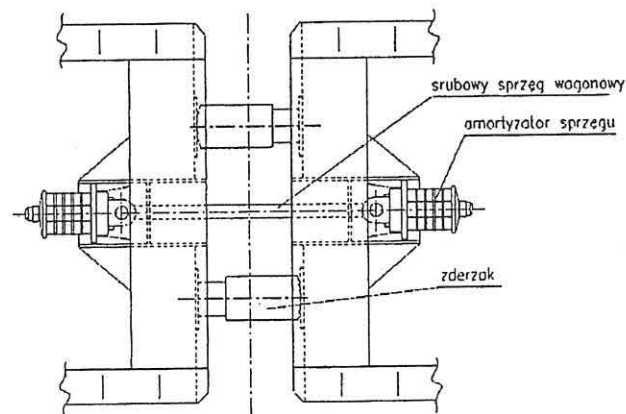
Połączenie ram półwózków winno spełniać następujące warunki:

- przenieść siły wzdłużne występujące w połączeniu półwózków wózka środkowego,
- umożliwić niezależne pionowe przemieszczenia ram półwózków wynikające z różnych obciążeń półwózków (naczepa próżna posadowiona na jednym półwózku, naczepa ładowna posadowiona na drugim półwózku),
- umożliwić niezależne poziome przemieszczenia ram półwózków w celu spełnienia warunków kinematycznych wymaganych dla przejazdu przez łuk S,
- zapewnić wymagane warunki bezpieczeństwa na prostej i w łukach torów przy działających na skład bimodalny siłach wzdłużnych występujących w eksploatacji.

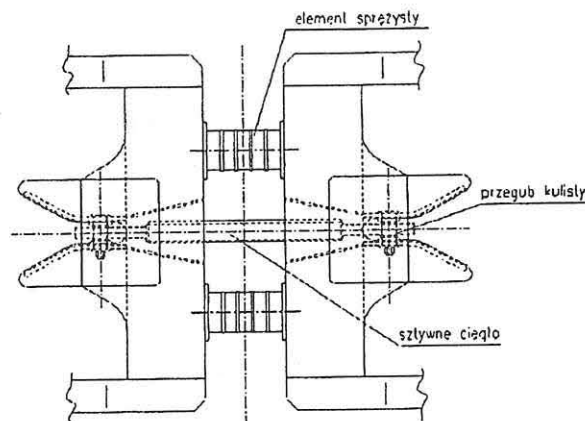
W przeprowadzonej analizie konstrukcyjnej rozważono następujące koncepcje połączenia półwózków wózka środkowego:

- połączenie stałym przegubem kulistym,
- połączenie przesuwne w pionie przegubem kulistym,
- połączenie przesuwne w pionie i poziomie przegubem kulistym,
- połączenie przy pomocy standardowego systemu stosowanego w konstrukcji wagonów krótkosprzęgniętych wg Karty UIC 572 [5],
- połączenie ram półwózków sztywnym długim cięgłem.

Jako realne do praktycznego zastosowania wybrano dwa rozwiązania konstrukcyjne połączenia ram półwózków, rozwiązanie standardowe wg Karty UIC 572 stosowane w wagonach krótkosprzęgniętych rys. 12 oraz rozwiązanie z długim sztywnym cięgłem zamocowanym przegubowo w ramach półwózków rys. 13.



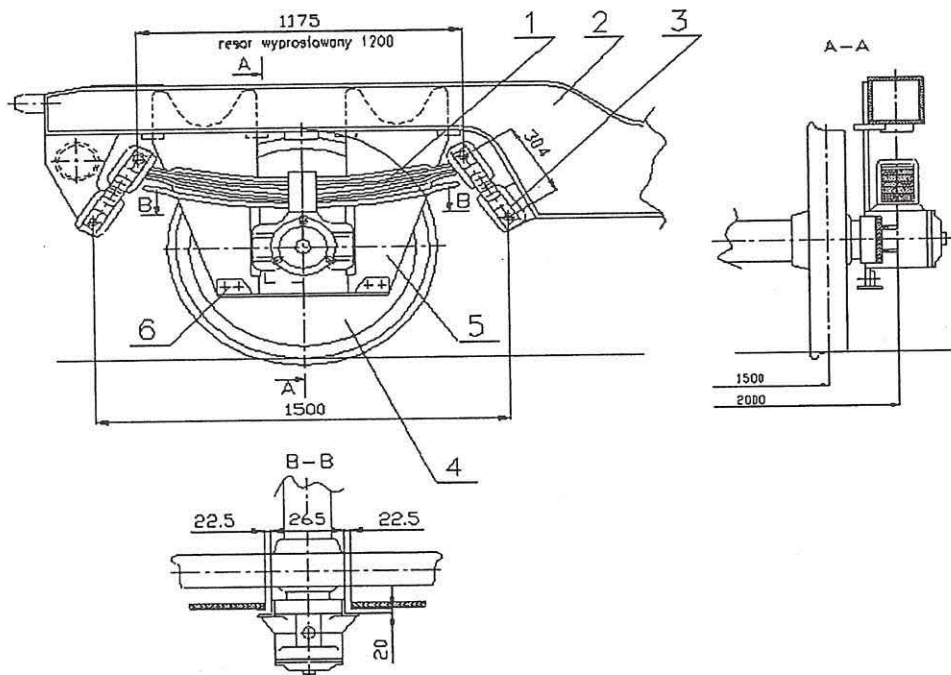
Rys. 12 Połączenie ram półwózków standardowym rozwiązaniem dla wagonów krótkosprzęgniętych



Rys. 13 Połączenie ram półwózków sztywnym długim cięgłem oraz z bocznymi stabilizującymi elementami sprężystymi

Rozwiązanie standardowe wg Karty UIC 572 jest sprawdzone w praktyce, nie spełnia ono jednak wymagań Karty UIC 597 [6], sztywnego, bezluzowego połączenia części składowych pociągu bimodalnego, które dotychczas są eksploatowane jako składy bimodalne jednorodne złożone z maksymalnej ilości do 50-ciu naczep bimodalnych, tworząc teoretycznie sztywną bryłę w sensie dynamiki wzdłużnej pociągu.

3.3. Dobór usprężynowania i prowadzenia zestawu kołowego w ramie półwózka



Rys. 14 Usprężynowanie i prowadzenie zestawu kołowego

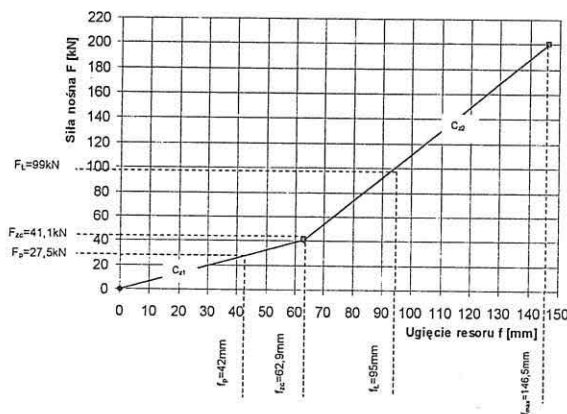
Układ biegowy pociągu bimodalnego stanowią jednoosiowe wózki skrajne oraz wózki środkowe złożone z odpowiednio połączonych jednoosiowych półwózków. Po zamocowaniu wózków pod naczepy, każda z naczep staje się wagonem dwuosiowym o rozstawie osi ~ 10600 mm. Tak duży rozstaw osi wagonu zawęża zakres poszukiwania typu, możliwego do zastosowania rozwiązania usprężynowania układu biegowego. W wyniku przeprowadzonych analiz doboru usprężynowania wybrano do zastosowania usprężynowanie z wykorzystaniem standardowego resoru piórowego 1 o progresywnej charakterystyce, zawieszonego w ramie półwózka 2 na podwójnych ogniwach 3. (rys. 14). Zestaw kołowy 4 jest prowadzony w ramie wózka 2 przy pomocy widel maźniczych 5 połączonych zworą 6.

Elementy usprężynowania i prowadzenia zestawu kołowego w ramie półwózka takie jak: resor 1, ognia 3, widły maźniczne 5 oraz zwora 6 są standardowe i zostały dobrane wg Karty UIC 517, [7]. Pokazany na rys. 14 układ prowadzenia widłowego zestawu kołowego w ramie półwózka zakłada konstrukcyjną możliwość wzdlużnych przemieszczeń $\pm 22,5$ mm zestawu kołowego względem ramy półwózka, jak również przesuw poprzeczny swobodny o wielkości ± 20 mm a po wyczerpaniu tego luzu możliwe jest jeszcze sprężyste poprzeczne odkształcenie widel prowadzenia maźnicy do 22 mm (Karta UIC 517 zał. 13.1 oraz zał. 13.2).

Luz wzdlużny zestawu kołowego w ramie wózka $\pm 22,5$ mm umożliwia obrót zestawu prowadzącego w torze względem osi pionowej, wywołany siłami tarcia wzdlużnego między kołem a tokami szyn podczas pojazdu przez łuki torowe. W wyniku tego obrotu zmniejsza się kąt nabiegania obrzeża koła na szynę prowadzącą. Przy maksymalnym wyczerpaniu luzów wzdlużnych w prowadzeniu zestawu kołowego można ograniczyć kąt nabiegania w łuku R 75m do $\alpha = 2,9^\circ$ a w łuku R= 150 m do $\alpha = 0,5^\circ$.

Usprężynowanie z resorem piórowym o progresywnej charakterystyce cechuje się małą sztywnością pionową w porównaniu np. do rozwiązania standardowego stosowanego w wózkowych wagonach towarowych. Sztywność pionowa resoru parabolicznego wagonu dwuosiowego wynosi $C_{z1} = 0,65$ kN/mm w pierwszym zakresie sztywności oraz $C_{z2} = 1,82$ kN/mm w drugim zakresie sztywności. Dla resorów progresywnych stosowanych w wózkach wagonów towarowych sztywność pionowa resoru odpowiednio wynosi $C_{z1} = 0,89$ kN/mm a $C_{z2} = 1,86$ kN/mm. Natomiast sztywność pionowa przypadająca na maźnicę dla usprężynowania standardowego wózka towarowego Y25 wynosi $C_{z1} = 1$ kN/mm, $C_{z2} = 2,66$ kN/mm.

Na rys. 15 pokazano przebieg charakterystyki resoru parabolicznego dla dwuosiowego wagonu towarowego a w tabeli 1 podano parametry resoru zawieszonego na podwójnych ogniwach.



Rys. 15 Resor paraboliczny o progresywnej charakterystyce dla wagonów dwuosiowych o nacisku zestawu kołowego na oś 22,5 t

Tabela 1

Parametry resoru w zawieszeniu podwójnych ogniw	Symbol	Jednostka	Wartość
Max. dopuszczalny nacisk zestawu kołowego w reżimie S i SS	P	t	22,5
Średnie ugięcie	pierwszego pakietu resoru C_{z1}	mm/kN	1,55
	całego resoru C_{z2}		0,55
Średnia sztywność resoru	pierwszego pakietu resoru C_{z1}	kN/mm	0,65
	całego resoru C_{z2}		1,82
Siła resoru przy zadziałaniu dodatkowego resoru (wspomagającego)	F_{zc}	kN	41,1
Ugięcie przy zadziałaniu dodatkowego resoru (wspomagającego)	f_{zc}	mm	62,9
Wysokość resoru przy obciążeniu 20 kN	H_{20z}	mm	195
Max. dopuszczalne ugięcie odpowiadające dopuszczalnemu największemu naprężeniu ($\sigma_{\max \text{ dop.}} = 1350 \text{ N/mm}^2$)	$f_{\max}$	mm	146,5

Na podstawie charakterystyki resoru obliczono ugięcie usprężynowania półwózków pod naczepą próżną i ładowną.

Zakładając masę naczepy próżnej $m_{np.} = 9 \text{ t}$ oraz masę ramy półwózka $m_r = 1 \text{ t}$, łączna masa usprężynowana dla naczepy próżnej wynosi:

$$M_p = m_{np.} + 2m_r = 9 + 2 = 11 \text{ t}$$

Obciążenie pionowe przypadające na jeden resor

$$F_p = \frac{110}{4} = 27,5 \text{ kN}$$

Ugięcie resoru pod naczepą próżną

$$f_p = \frac{F_p}{C_{z1}} = \frac{27,5 \text{ kN}}{0,65 \frac{\text{kN}}{\text{mm}}} = 42 \text{ mm}$$

Analizując wykres charakterystyki resoru można zauważyć, że zakres ugięcia resoru na miękkiej charakterystyce C_{z1} wynosi $0 \div 62,9 \text{ mm}$. Ugięcie resoru pod naczepą próżną ma wartość 42 mm, czyli ugięcie statyczne usprężynowania wagonu próżnego jest o 20,9 mm mniejsze od ugięcia, przy którym włączony jest do pracy resor wspomagający, który po ugięciu większym od 62,9 powoduje zwiększenie sztywności resoru do wielkości $C_{z2} = 1,82 \text{ kN/mm}$. Praca wagonu próżnego na miękkiej charakterystyce ma decydujący wpływ na spełnienie wymagań bezpieczeństwa ruchu pociągu bimodalnego na wchrowatym torze.

Dla naczepy załadowanej przyjęto masę naczepy:

$$M_L = m_{np} + m_L + 2m_r$$

gdzie $m_{np} = 9 \text{ t}$ – masa naczepy próżnej

$m_L = 28,5 \text{ t}$ – masa ładunku z uwzględnieniem 1,5 t na przeładunek naczepy

$m_r = 1 \text{ t}$ – masa ramy półwózka

Dla naczepy załadowanej łączna masa usprężynowana wynosi:

$$M_L = 9 + 28,5 + 2 = 39,5 \text{ t}$$

Obciążenie przypadające na jeden resor:

$$F_L = \frac{395 \text{ kN}}{4} = 99 \text{ kN}$$

Ugięcie resoru pod naczepą ładowną wynosi

$$f_L = \frac{F_L - 41,1}{C_{z2}} + 62,9 = \frac{99 - 41,1}{1,82} + 62,9 \approx 95 \text{ mm}$$

Przyjmując 30% ugięcia dynamicznego resoru, skok całkowity resoru wynosi $95 \text{ mm} + 0,3 \cdot 95 \text{ mm} = 95 + 28,5 = 123,5 \text{ mm}$.

Dopuszczalne ugięcie resoru wg charakterystyki rys. 15 wynosi 146,5 mm, istnieje więc rezerwa ugięcia wynosząca $f_{rez} = f_{\max} - f_L = 146,5 \text{ mm} - 123,5 \text{ mm} = 23 \text{ mm}$.

3.4. Wybór koncepcji do dalszego rozwoju

W punkcie 3.2 dokonano analizy konstrukcyjnej możliwych rozwiązań połączeń ram półwózków wózka środkowego.

Do dalszych analiz wytypowano dwa rozwiązania pokazane na rys. 12 i 13.

Jak wcześniej wspomniano rozwiązanie standardowe odbiega od wymagań Karty UIC 597, w której dla pociągów bimodalnych przewiduje się sztywne, bezluzowe połączenie sąsiednich naczep bimodalnych w uformowaniu kolejowym. Rozwiązanie stosowane w wagonach krótkosprężniętych jest funkcjonalnie podobne do sposobu sprzęgania normalnych wagonów towarowych, tzn. siły rozciągające przenoszone są przez hak ciągowy i amortyzatory sprzęgu a siły ściskające przenoszą, przekątnie zamocowane zderzaki (dwa zderzaki na wagonach). Rozwiązanie to jest tańsze od tradycyjnie stosowanych urządzeń pociągowozderżnych, ponieważ zmniejsza się ilość montowanych na wagonie zderzaków jak również mniejsza jest odległość między sąsiednimi wagonami.

Zastosowanie tego rozwiązania w konstrukcji pociągów bimodalnych mimo niespełnienia wymagań Karty UIC 597 może być korzystne w eksploatacji i uelastycznić spedytorom system planowania przewozów bimodalnych dzięki możliwości rozsprężniania składu bimodalnego w dowolnym miejscu pociągu i doczepiania krótkich składów bimodalnych do normalnego pociągu towarowego, na początku lub końcu składu towarowego, ponieważ dynamika wzdłużna takiego pociągu bimodalnego jest zbliżona do dynamiki wzdłużnej tradycyjnego pociągu towarowego. Obowiązująca Karta UIC 597 umożliwia eksploatację całopociągowych składów bimodalnych złożonych maksymalnie z 50 naczep. Nie zezwala natomiast eksploatacji krótkich składów bimodalnych doczepionych do pociągu towarowego. Mając na uwadze

wymienione korzyści operacyjne i eksploatacyjne rozwiązanie to winno być brane pod uwagę w dalszym rozwoju taboru do transportu bimodalnego. Rozwiązanie drugie, polegające na połączeniu ram półwózków, zamocowanym przegubowo długim cięgłem oraz elementami sprężystymi, spełnia wymaganie Karty UIC 597 bezluzowego połączenia naczep, jest również tańsze od standardowego, ponieważ nie zawiera amortyzatorów sprzęgu i zderzaków.

Ma również inną zaletę funkcjonalną, która może się sprawdzić w procesie łączenia ram półwózków z naczepami.

Krótkosprężnięte ramy półwózków są połączone z napięciem wstępnym ~ 20 kN co wywołuje odpowiednie pionowe i poziome siły tarcia na zderzakach i płytach oporowych z nimi współpracujących. Siły tarcia utrudniają zachowanie stabilizacji poziomej pozycji ram półwózków podczas procesu łączenia i rozłączania półwózków z naczepami.

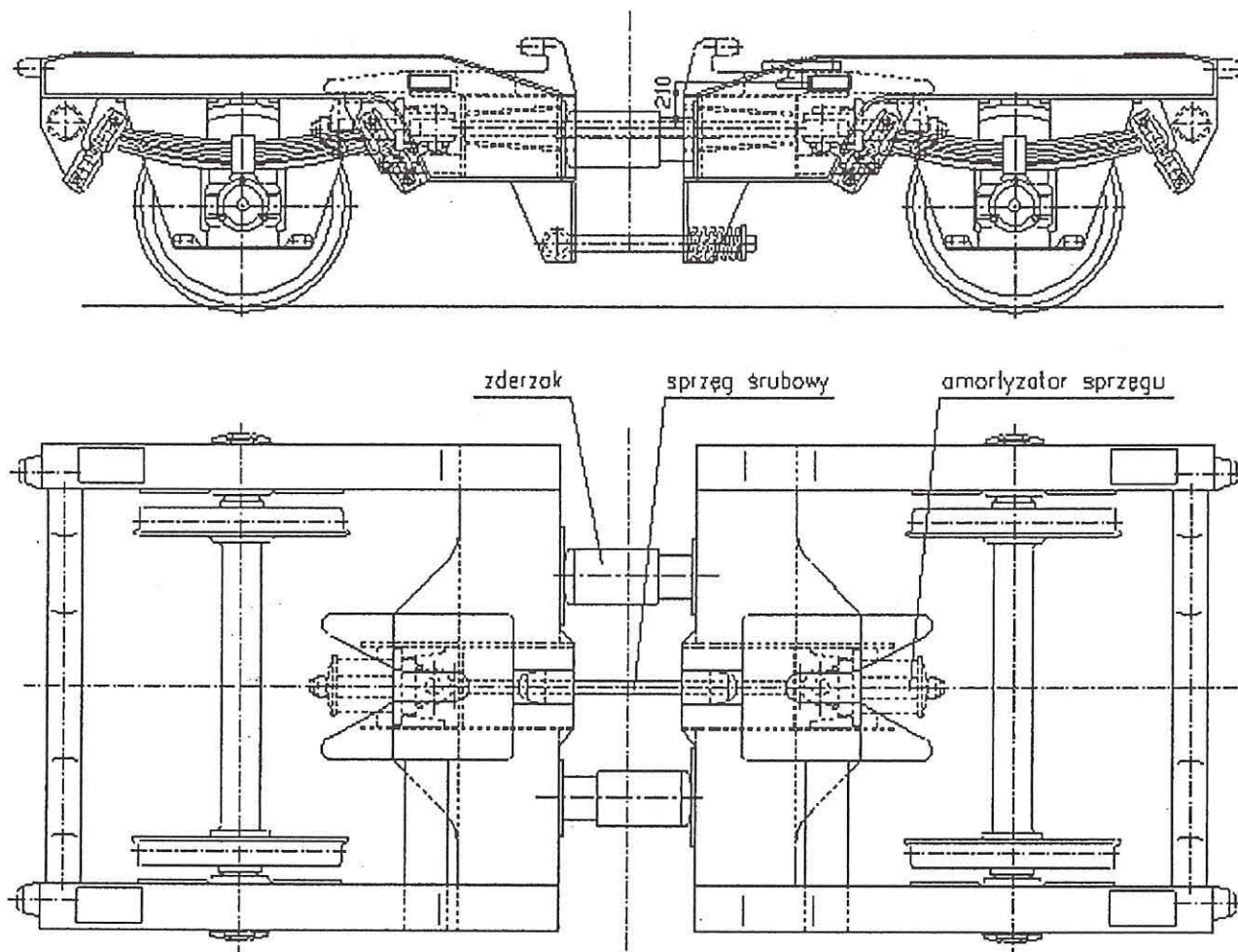
Wady tej nie ma rozwiązanie z długim cięgłem oraz stabilizującymi elementami sprężystymi zamocowanymi na stałe do czołownic ram półwózków. Tak zamocowane elementy sprężyste o odpowiednio dobranej charakterystyce winny utrzymywać ramy półwózków w pozycji poziomej w

stanie swobodnym tzn. bez obciążenia pionowego, któregośkolwiek półwózka.

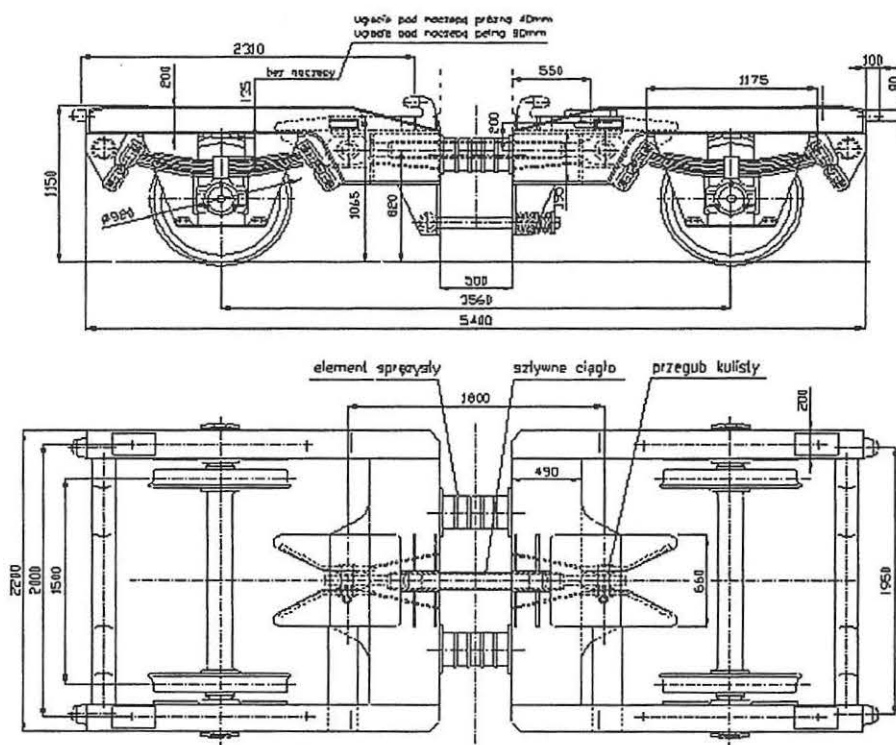
Ze względu jednak na nowatorski charakter proponowanego połączenia ram należy przeprowadzić szczegółowe analizy kinematyczne quasistatyczne i dynamiczne potwierdzające lub odrzucające możliwość zastosowania takiego rozwiązania połączenia ram półwózków w pociągu bimodalnym.

Wytypowane koncepcje taboru bimodalnego zaprezentowano na rysunkach:

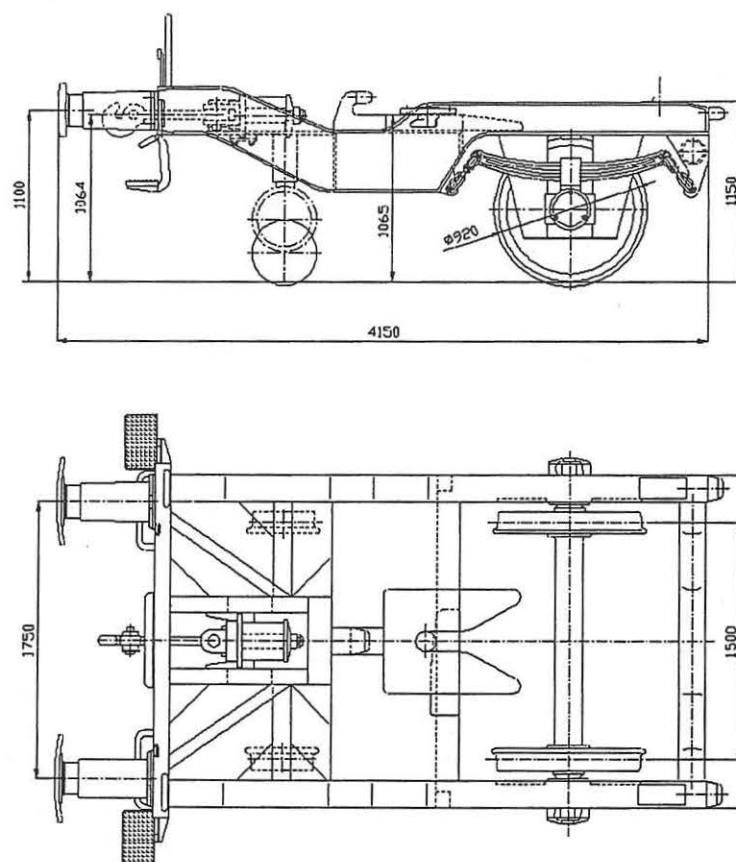
- rysunek 15 przedstawia wózek środkowy z połączeniem ram półwózków wg rozwiązania standardowego,
- rysunek 16 prezentuje wózek środkowy z połączeniem ram długim sztywnym cięgłem stabilizującymi elementami sprężystymi,
- rysunek 17 prezentuje budowę wózka skrajnego,
- na rysunkach 18 i 19 pokazano naczepę zamocowaną na adapterze skrajnym i środkowym,
- rysunek 20 przedstawia naczepę zamocowaną na dwóch wózkach skrajnych.



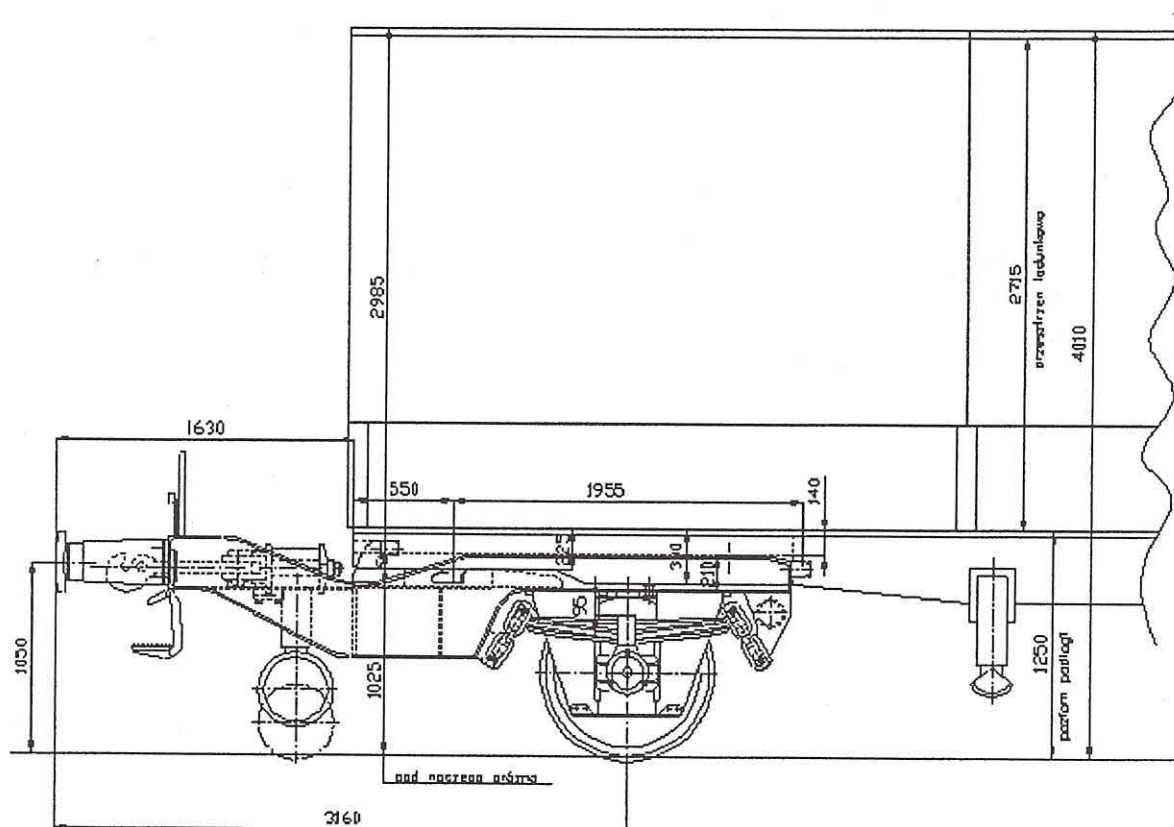
Rys. 15 Wózek środkowy ze standardowym sprężystym połączeniem ram półwózków



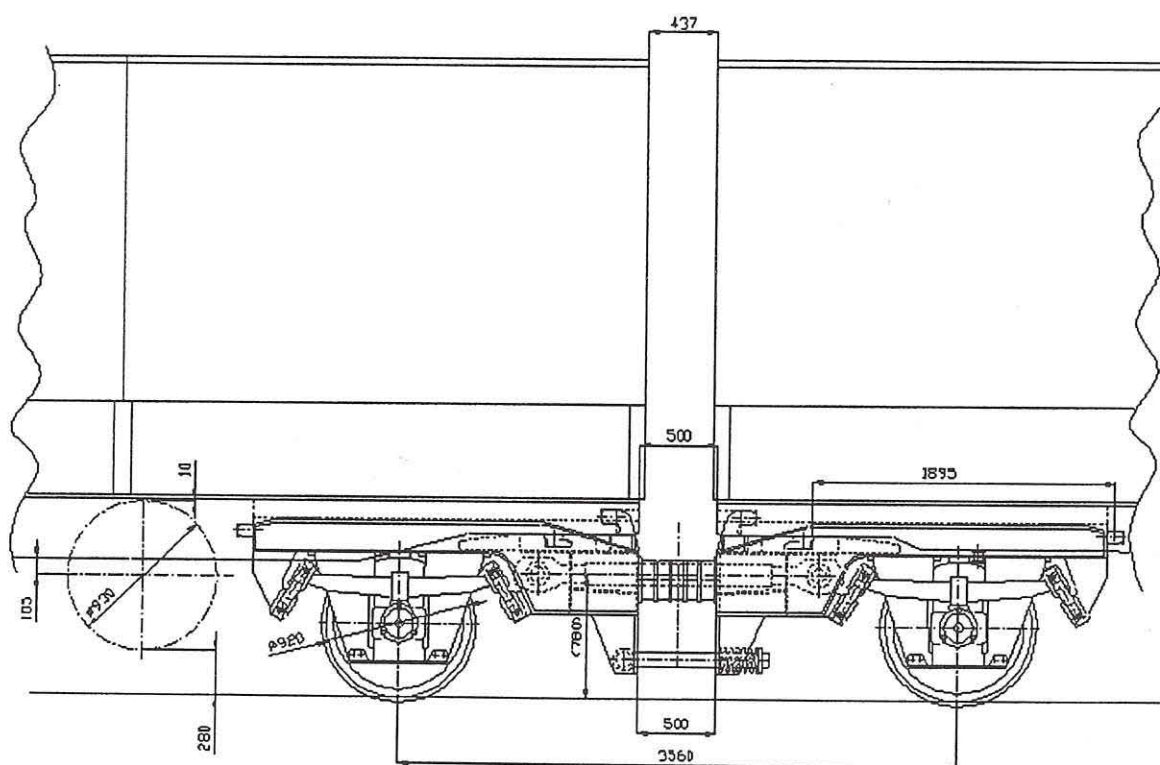
Rys. 16 Wózek środkowy z połączeniem ram półwózków długim sztywnym ciągłem



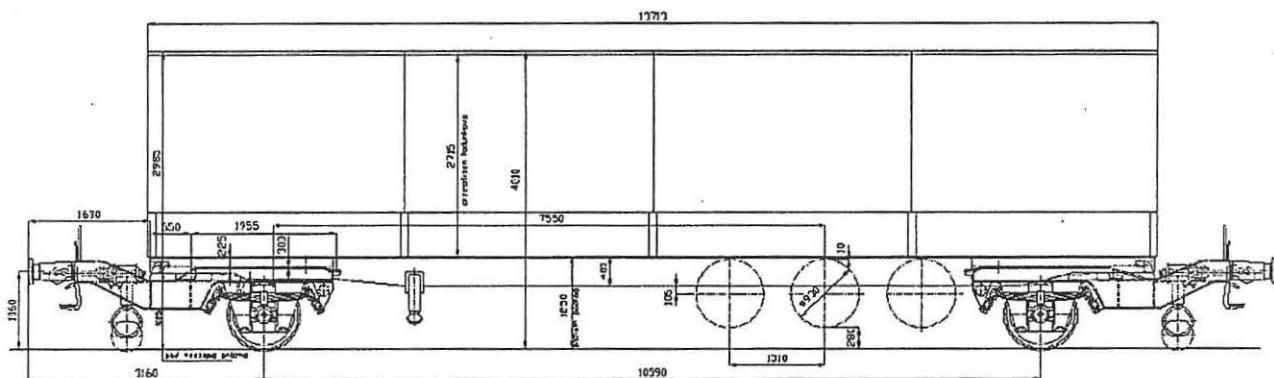
Rys. 17 Wózek skrajny



Rys. 18 Naczepa o powiększonej przestrzeni ładunkowej na wózku skrajnym



Rys. 19 Naczepa o powiększonej przestrzeni ładunkowej na wózku środkowym



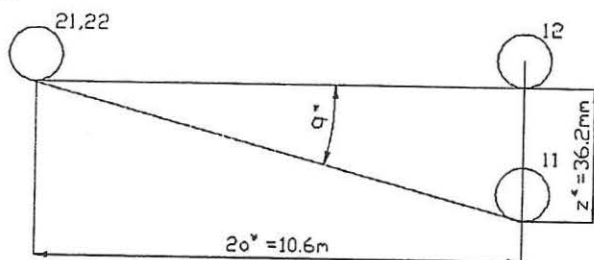
Rys. 20 Naczepa zamocowana na wózkach skrajnych

4. Analiza bezpieczeństwa na torze wchrowatym

Wg ORE B55 Rp. 8 [8] zwichrowanie toru pod długim pojazdem 2-osiowym wynosi:

$$q^* = 2 + \frac{15}{2a^*} = 2 + \frac{15}{10,6} = 3,45\text{‰}$$

gdzie: $2a^* = 10,6\text{ m}$ – rozstaw podłużny zestawów kołowych wagonu



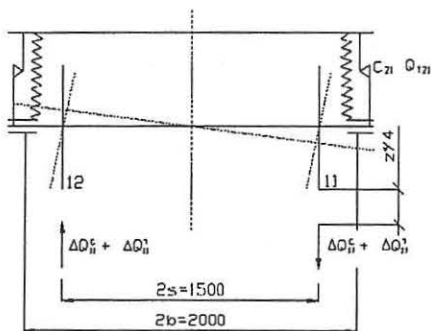
$$z^* = q^* \cdot 2a^* = 36,2\text{ mm}$$

Zwichrowanie toru powoduje odciążenie koła, które wynosi:

$$\Delta Q_{11}^C = C_q^* \cdot z^* [\text{kN}]$$

gdzie: C_q^* – sztywność skrętna wagonu na zwichrowanie

Zakładając przypadek, że nadwozie jest nieskończenie sztywne na zwichrowanie, sztywność C_q^* wynosi:



$$\Delta Q_{11}^C \cdot 2s = C_{zl} \cdot \frac{z^*}{4} \cdot \frac{2b}{2s} \cdot 2b$$

$$\Delta Q_{11}^C = \frac{1}{4} C_{zl} \left(\frac{2b}{2s} \right)^2 \cdot z^* = C_q^* [\text{kN}]$$

$$\Delta Q_{11}^T \cdot 2s = Q_{Tzl} \cdot 2b$$

$$\Delta Q_{11}^T = Q_{Tzl} \cdot \left(\frac{2b}{2s} \right) [\text{kN}]$$

Stąd:

$$C_q^* = \frac{1}{4} C_{zl} \cdot \left(\frac{2b}{2s} \right)^2$$

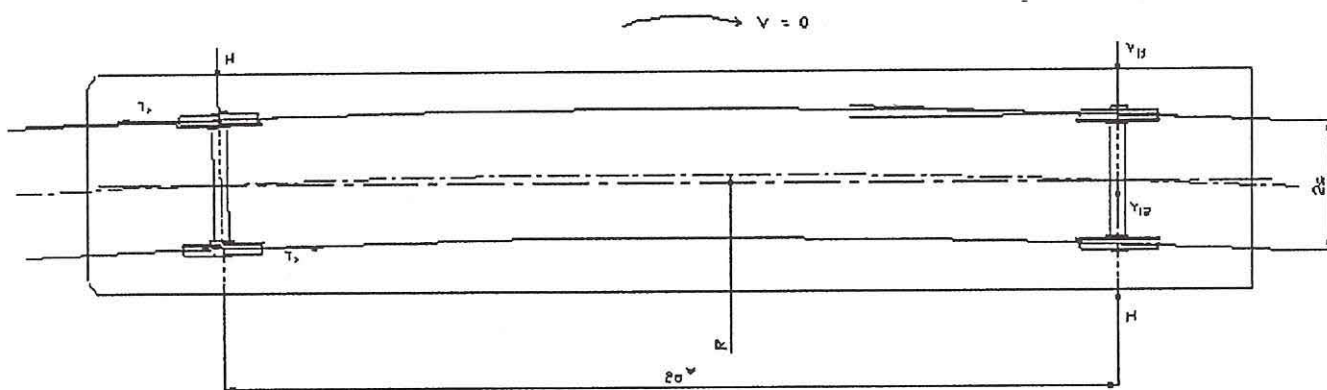
gdzie: $C_{zl} = 0,65\text{ kN/mm}$ – sztywność resoru (w pionie)
 $Q_{Tzl} = 2\text{ kN}$ – siła tarcia w resorze (w pionie)

Po podstawieniu danych otrzymujemy:

$$C_q^* = \frac{0,65}{4} \cdot \left(\frac{2000}{1500} \right)^2 = 0,29\text{ kN/mm}$$

$$\Delta Q_{11} = \Delta Q_{11}^C + \Delta Q_{11}^T = 0,29 \cdot 36,2 + 2 \cdot \left(\frac{2000}{1500} \right) = 10,46 + 2,67 = 13,1\text{ kN}$$

Na łuku o stałym promieniu $R = 150\text{ m}$ bez przechyłki układ sił poziomych jest następujący:



Dla nominalnego nacisku pionowego koła $Q_0 = 30$ kN i współczynnika tarcia kół po szynach $\mu = 0,36$ mamy:

$$T_x = \mu \cdot Q_0 = 0,36 \cdot 30 = 10,8 \text{ kN}$$

$$H = T_x \cdot \frac{2s}{2a} = 10,8 \cdot \frac{1500}{10600} = 1,53 \text{ kN}$$

Stąd naciski pionowe na kołach przedniego zestawu wynoszą:

$$Q_{11} = Q_0 - \Delta Q_{11} + H \cdot \frac{D_k}{4s} = 30 - 13,1 + 1,53 \cdot \frac{920}{2 \cdot 1500} = 17,37 \text{ kN}$$

$$Q_{12} = 2Q_0 - Q_{11} = 42,63 \text{ kN}$$

Gdzie: $D_k = 920$ mm – średnica toczna koła
Stąd:

$$Y_{12} = \mu \cdot Q_{12} = 0,36 \cdot 42,63 = 15,35 \text{ kN}$$

$$Y_{11} = H + Y_{12} = 1,53 + 15,35 = 16,88 \text{ kN}$$

$$\frac{Y_{11}}{Q_{11}} = \frac{16,88}{17,37} = 0,97 < \frac{Y}{Q} = 1,2 \text{ (wartość dopuszczalna)}$$

Z przeprowadzonej analizy wynika, że dla wagonu dwuosowego o rozstawie osi 10590 mm, z resorem parabolicznym o sztywności $C_{Z1} = 0,65$ kN/mm w drugim zakresie sztywności i tarcie wewnętrzne ok. 2 kN, jest spełniony warunek bezpieczeństwa przed zejściem koła z szyny na torze zwichrowanym.

5. Skrajnia taboru

5.1. Skrajnia części dolnych i górnych

Skrajnię pociągu bimodalnego złożonego z naczep o powiększonej przestrzeni ładunkowej analizowano w oparciu o Kartę UIC 505-1 [9], dotyczącą wymagań dla taboru eksploatowanego w ruchu międzynarodowym.

Obliczono wymaganą wysokość uniesienia kół drogowych naczepy dla uniknięcia kolizji z urządzeniami przytorowymi umieszczonymi na wysokości poniżej 400 mm od główki szyny oraz oceniono zagrożenie przekroczenia

skrajni przez górne części nadwozia naczepy, a w szczególności dachu.

Do obliczeń skrajni taboru przyjęto następujące parametry konstrukcyjne pociągu bimodalnego:

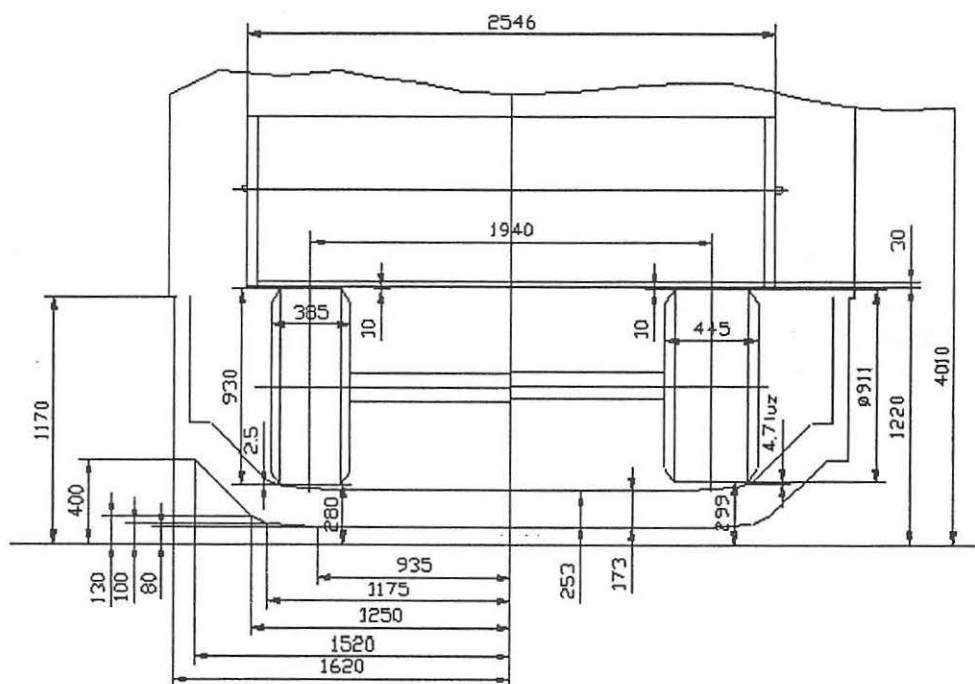
- rozstaw osi zestawów wózków jednoosiowych pod naczepą $a = 10,59$ m,
- przesuw maźnicy względem ramy wózka $q = 0,020$ m,
- wysokość środka obrotu masy odsprężynowanej ponad główką szyny:
 $h_G = 2,64$ m w stanie załadowanym,
 $h_G = 2,564$ m w stanie próżnym.
- masa nadwozia naczepy próżnej – 10000 kg,
- maksymalny nacisk zestawu kołowego na tor – 22,5 t,
- masa nieusprężynowana (zestawu kołowego) – 1493 kg,
- maksymalne zużycie kół zestawu kołowego – 30 mm,
- maksymalne zużycie elementów zawieszenia – 10 mm,
- wstępne przegięcie do góry ramy naczepy – 15 mm,
- ugięcie ramy naczepy w stanie próżnym mierzone w środku ramy – 10 mm,
- ugięcie usprężynowania w stanie próżnym – 38 mm,
- ugięcie usprężynowania w stanie ładownym – 97 mm,
- trzydziesto procentowy przyrost ugięcia usprężynowania od przeciążeń dynamicznych – 29 mm.

Dla wyżej wymienionych parametrów wykonano obliczenia zwężeń i podwyższenia skrajni odniesienia taboru, które szczegółowo zaprezentowano w pracy nr OR-8520 [4].

5.1.1. Skrajnia części dolnych

Na rys. 21 pokazano usytuowanie kół drogowych naczepy w uformowaniu kolejowym na tle podwyższonej i zwężonej skrajni taboru dla części dolnych. Rysunek przedstawia położenie kół o średnicy 930 mm i szerokości opony 385 mm oraz kół o średnicy 911 mm i szerokości opony 445 mm przy rozstawie kół 1940 mm po podniesieniu kół do wysokości 10 mm poniżej dolnego poziomu podłogi naczepy.

Z rysunku wynika, że aby uniknąć kolizji kół ze zwężeniami i podniesionym konturem skrajni, koło o średnicy 930 mm należy unieść na wysokość 280 mm a kół o średnicy 911 mm na wysokość 299 mm.



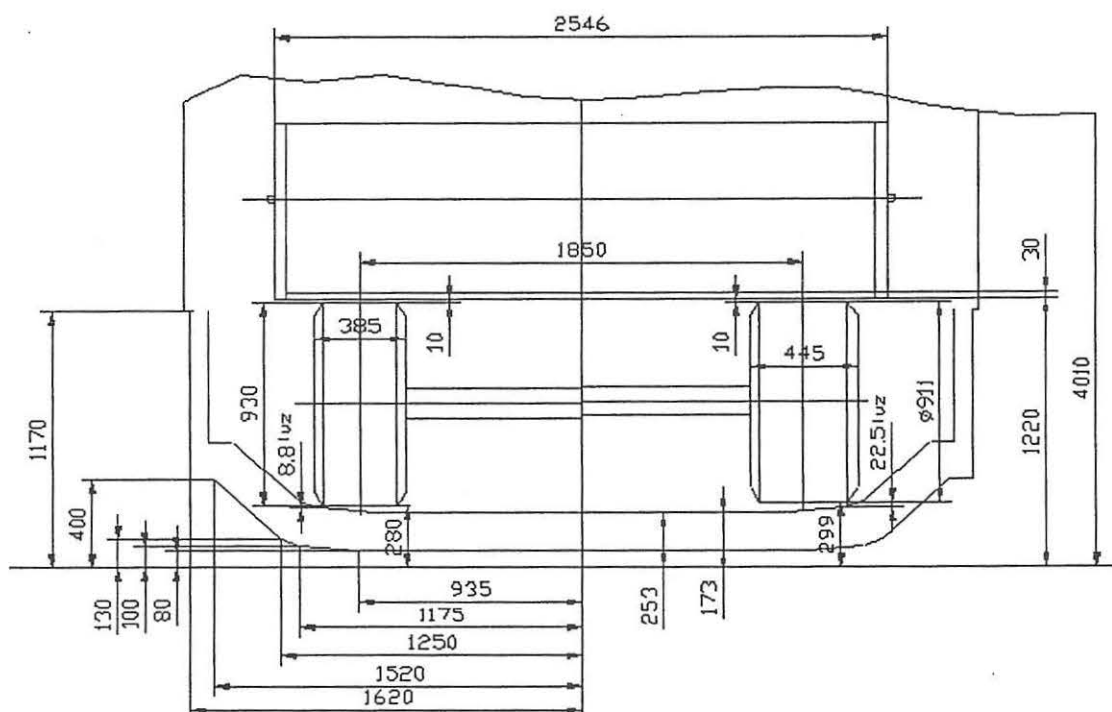
Objaśnienia:

— Zarys odniesienia skrajni kinematycznej wg UIC 505-1

--- Skrajnia zwężona i podwyższona

Rys. 21 Koła drogowe naczepy z rozstawem 1940 mm na tle skrajni części dolnych

Na rys. 22 pokazano usytuowanie w skrajni koł o średnicy 930 mm i 911 mm przy rozstawie kół 1850 mm. W tym przypadku luz dla koła 930 między konturem skrajni a zarysem koła wzrósł z 2,5 mm do 8,8 mm a dla koła o średnicy 911 mm z 4,7 mm do 22,5 mm przy odległości opony od główki szyny 299 mm.



Objaśnienia:

— Zarys odniesienia skrajni kinematycznej wg UIC 505-1

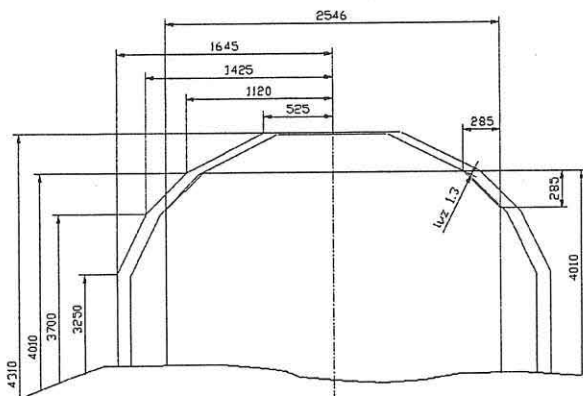
--- Skrajnia zwężona i podwyższona

Rys. 22 Koła drogowe naczepy z rozstawem 1850 mm na tle skrajni części dolnych

5.1.2. Skrajnia części górnych

Na rys. 23 przedstawiono górną część skrzyni ładunkowej naczepy wpisanej w zarys skrajni zwężonej i obniżonej. Naczepa o szerokości nadwozia 2546 mm oraz wysokości dachu na poziomie 4010 mm przekracza narożami znacznie skrajnię kinematyczną. Tak więc aby naczepa o tych gabarytach mogła być eksploatowana na wszystkich liniach międzynarodowych należałoby odpowiednio ściąć naroża naczepy.

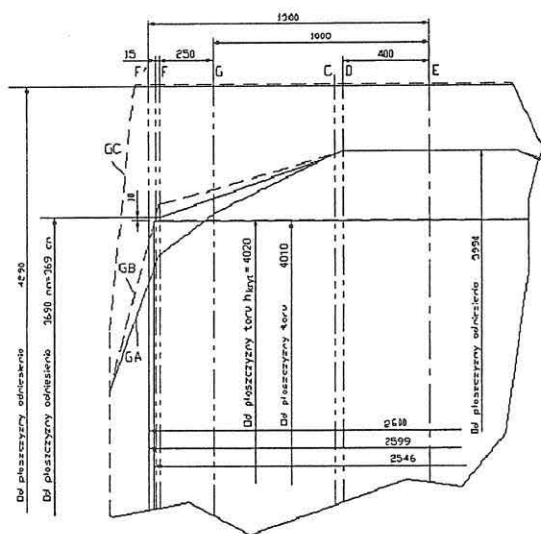
Transport ładunków i towarów na wagonach lub wózkach kolejowych realizowany w ruchu kombinowanym prowadzi zwykle do przekroczenia górnej części skrajni określonej przez Karty UIC 505-1 do 505-4. Dlatego na liniach przeznaczonych do transportu kombinowanego określonych w zał. 2 do przepisów RIV, stosuje się poszerzone zarysy w części górnej oznaczone GA, GB i GC wg Karty UIC 506 [10] rys. 24. Do jednoznacznego przypisania gabarytów naczepy do zarysu skrajni GA lub GB lub GC stosuje się kodyfikację naczep przez nadanie jej dwu lub trzy cyfrowego numeru, który oznacza spełnienie określonego zarysu skrajni. Procedura obliczenia zarysu kodowego naczepy jest przedstawiona w Karcie UIC 596-6 [11].



Objaśnienia:

—— Zarys odniesienia skrajni kinematycznej wg UIC 505-1
 --- Skrajnia zwięzła i podwyższona

Rys. 23 Górna część naczepy w skrajni kinematycznej wg UIC 505-1



Objaśnienia:

— zarys Nr 369 skrajni transportu kombinowanego
— poszerzone zarysy odniesienia GA, GB, GC wg Karty UIC 506
(statyczne) po zwężeniach i obniżeniach
2599 — maksymalna szerokość naczepy po uwzględnieniu przesuwów
bocznych
2546 — nominalna szerokość naczepy
4010 — nominalna wysokość naczepy

Rys. 24 Górna część naczepy w skrajni transportu kombinowanego dla zarysów poszerzonych GA, GB i GC

6. Wnioski

System adapterowy typu TABOR i TABOR I jest systemem bimodalnym przystosowanym do transportu nacze-
p bimodalnych z prędkościami ruchu $V_{\max} = 160$ km/h. Tak
wysoko postawione kryteria eksploatacyjne wymagają zasto-
sowania stosunkowo drogiej i skomplikowanych rozwiązań
konstrukcyjnych układu biegowego oraz systemu hamowania
składem pociągu bimodalnego.

Rozwiązanie adapterowego połączenia wózka z naczepą bimodalną ma szereg zalet, które szczegółowo opisano w pracy [1] i [2].

Bezadaptemowy system TABOR II jest z założenia przystosowany do prędkości ruchu $V_{\max} = 120 \text{ km/h}$ w związku z czym w rozwiązaniu tym można zastosować prostsze i tańsze układy mechaniczne a w szczególności prosty i tani układ biegowy i układ hamowania pociągu bimodalnego.

Bezadapterowy system, którego główną zaletą jest możliwość głębokiego wprowadzenia ram półwózków pod naczepę, zmniejsza rozstaw podparcia naczepy na torze kolejowym co umożliwia zaprojektowanie ramy naczepy o niższych profilach a zatem ramę o mniejszej masie własnej w porównaniu z naczepą systemu adapterowego.

Wstępne porównanie mas wózka oraz naczepy w systemie adapterowym i bezadapterowym pozwala ocenić, że masa wózków przypadająca na jedną naczepę w systemie bezadapterowym jest około 30% mniejsza w stosunku do systemu adapterowego, a masa naczepy stosowana w systemie bezadapterowym może być ~ 15% mniejsza od masy naczepy bimodalnej systemu adapterowego. Daje to istotne korzyści z tytułu zużytego materiału na wykonanie naczepy i półwózków w systemie bezadapterowym. Proste rozwiązania konstrukcyjne układu biegowego umożliwia stosowanie prostych i tanich technologii produkcji taboru bimodalnego.

Są to korzyści, które występują w procesie produkcji i wymagają szczegółowych wyliczeń.

Powiększenie wysokości przestrzeni ładunkowej naczepy o ~ 200 mm daje przewoźnikowi dodatkowo $\sim 8 \text{ m}^3$ przestrzeni do załadunku. Są to kolejne zalety tego systemu, które będą widoczne w eksploatacji.

Literatura:

- [1] M.Medwid: Zmodernizowany tabor do transportu bimodalnego przystosowany do prędkości 160 km/h. Pojazdy Szynowe 2/2002.
- [2] M.Medwid, R.Szerbart: Optymalizacja parametrów konstrukcyjnych zespołów pociągu bimodalnego typu TABOR. Pojazdy Szynowe 1/2004.
- [3] M.Medwid: Bezadapterowy tabor bimodalny do przewozu wielkogabarytowych naczep. Styczeń 2003 OR-8531. Archiwum IPS

- [4] J.Sobaś: Obliczenia wstępne skrajni pociągu bimodalnego 2 meganaczepy. Listopad 2002 OR-8220. Archiwum IPS.
- [5] Karta UIC 572: Jednostki wagonowe i wagony przegubowe złożone z kilku stale sprzęgniętych elementów. Normalizacja wyd. 12 01.01.90 z 4 zmianą 21.01.96.
- [6] Karta UIC 597: System transportu kombinowanego szynowo – drogowego. Naczepy wózkowe. Charakterystyki. Wyd. 1 z 01.01.91 nowy nakład z 01.07.93, z 7 zmianą z 01.07.95.
- [7] Karta UIC 517: Wagony towarowe. Części zawieszenia resorowego. Normalizacja. Wyd. 6 z 21.07.79 nowy nakład z 01.01.89, z 10 zmianą z 01.07.97.
- [8] Karta UIC ORE B55 Rp8: Zapobieganie wykolejeniu się wagonów towarowych na wichrowatym torze. Utrecht 84 r.
- [9] Karta UIC 505 – 1: Pojazdy kolejowe. Skrajnia pojazdów. Wyd. 9 z sierpnia 2002.
- [10] Karta UIC 506: Przepisy dla zastosowania skrajni powiększonych GA, GB, GC. Wyd. z 01.01.87 z 4 zmianą z 01.06.96.
- [11] Karta UIC 596 – 6: Transport pojazdów drogowych na wagonach towarowych. Organizacja techniczna. Warunki kodyfikacji jednostek ładunkowych w transporcie kombinowanym oraz linii transportu kombinowanego. Wydanie 3 z dnia 01.01.96.