



# Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego

## Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego

01-2024.03.12

Wzorce i standardy  
rekomendowane przez  
Ministra właściwego ds. transportu

# WR-D-43-3

**WR-D-43-3**

**Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego. Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego**

Wersja: **01**

Obowiązuje od: **2024.03.12**

Rekomendował: **Minister Infrastruktury w dniu 12 marca 2024 r. (DDP-4.0600.1.2024)**

Wzorce i standardy rekomendowane przez Ministra właściwego ds. transportu:

- 1) nie stanowią przepisów techniczno-budowlanych, ale stanowią jeden ze zbiorów zasad wiedzy technicznej w rozumieniu ustawy – Prawo budowlane,
- 2) zgodnie z ustawą o drogach publicznych przeznaczone są do dobrowolnego stosowania,
- 3) nie zwalniają osób wykonujących samodzielne funkcje techniczne w budownictwie z odpowiedzialności zawodowej.

Opracował Zespół w składzie:

Joanna Bała-Żółtowska, Igor Gisterek, Sławomir Grulkowski, Zbigniew Mysza, Wojciech Oleksiewicz, Grzegorz Olizarowicz, Hubert Regulski, Janusz Rożkowski, Jacek Szmagliński, Kamila Szwackiewicz

Koordynator zamówienia: Stanisław Gaca

Jednostka odpowiedzialna:

Ministerstwo Infrastruktury, Departament Dróg Publicznych  
ul. Chałubińskiego 4/6, 00-968 Warszawa

© Skarb Państwa – Minister Infrastruktury

Zdjęcie na okładce © Jacek Szmagliński

Opracowanie sfinansowano ze środków Funduszu Spójności w ramach działania 2.1 Programu Operacyjnego Pomoc Techniczna 2014-2020



**Fundusze Europejskie**  
Pomoc Techniczna



**Rzeczpospolita  
Polska**

**Unia Europejska**  
Fundusz Spójności



# Spis treści

## 1. Przedmiot i zakres stosowania

## 2. Wykaz opracowań powołanych

- 2.1. Akty prawne
- 2.2. Normy
- 2.3. Pozostałe opracowania

## 3. Definicje i objaśnienia skrótów

- 3.1. Definicje
- 3.2. Skróty
- 3.3. Symbole

## 4. Projektowanie infrastruktury tramwajowej w procesie budowlanym

- 4.1. Wybór trybu postępowania przed organem administracji architektoniczno-budowlanej
- 4.2. Uzyskanie wymaganych warunków technicznych dla zasilania i ustalenie koniecznych przebudów infrastruktury od gestorów
- 4.3. Opracowanie i uzgodnienie projektu budowlanego wielobranżowego
  - 4.3.1. Skład projektu budowlanego trasy tramwajowej
  - 4.3.2. Opracowanie i uzgodnienie projektu stałej organizacji ruchu na drodze, wraz ze sterowaniem ruchem tramwajowym
- 4.4. Przykładowe rysunki do projektu trasy tramwajowej – projekt budowlany i wykonawczy

## 5. Wymagania ogólne do projektowania infrastruktury tramwajowej

- 5.1. Czynniki wpływające na rozwiązania konstrukcji torowisk tramwajowych
- 5.2. Kryteria doboru parametrów kinematycznych i geometrycznych
  - 5.2.1. Parametry kinematyczne
  - 5.2.2. Parametry geometryczne
- 5.3. Charakterystyki tramwajów
- 5.4. Wytyczne taborowe wynikające z przesłanek infrastrukturalnych
- 5.5. Warunki ruchu tramwajów

## 6. Projektowanie konstrukcji torowisk tramwajowych

- 6.1. Systematyka i terminologia elementów składowych konstrukcji torowisk tramwajowych i ich oznaczenia
  - 6.1.1. Grupy elementów składowych konstrukcji torowiska
  - 6.1.2. Szyny
  - 6.1.3. Złączki
  - 6.1.4. Podpory szynowe
  - 6.1.5. Podbudowa torowiska
  - 6.1.6. Zabudowa torowiska
  - 6.1.7. Odwodnienie torowiska
  - 6.1.8. Podłoże gruntowe torowiska
  - 6.1.9. Separacja torowiska
  - 6.1.10. Warstwa wibroizolacyjna
  - 6.1.11. Zalecane skrótowe określenia typów konstrukcji torowisk tramwajowych
- 6.2. Schematyczne rysunki rodzajów konstrukcji torowisk tramwajowych w torach szlakowych i w rozjazdach
- 6.3. Konstrukcja nawierzchni torowej w torach szlakowych i w rozjazdach
  - 6.3.1. Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni torowej w torach szlakowych
  - 6.3.2. Dane wejściowe do projektowania konstrukcji torowiska

- 6.3.3. Wybór rozwiązań konstrukcji torowiska tramwajowego w zależności od ustalonego planu zagospodarowania terenu i dodatkowych funkcji, które powinno spełniać torowisko tramwajowe
- 6.3.4. Podbudowa pomocnicza w podsypkowych i bezpodsypkowych konstrukcjach torowiska
- 6.3.5. Zasadnicza podbudowa torowiska w konstrukcjach podsypkowych
- 6.3.6. Zasadnicza podbudowa torowiska w konstrukcjach bezpodsypkowych
- 6.3.7. Szyny
- 6.3.8. System przytwierdzenia szyny
- 6.3.9. Złącza szynowe
- 6.3.10. Poprzeczki torowe
- 6.3.11. Podpory szynowe
- 6.3.12. Warstwa wibroizolacyjna i izolatory wibroakustyczne
- 6.4. Tor bezстыkowy
- 6.5. Konstrukcja zabudowy torowiska w torach szlakowych i w rozjazdach
- 6.6. Konstrukcja odwodnienia torowiska
- 6.7. Konstrukcja separacji torowiska
- 6.8. Warstwy podłoża gruntowego torowiska
- 6.8.1. Funkcja warstwy podłoża gruntowego torowiska i pomocniczej podbudowy torowiska
- 6.8.2. Podłoże gruntowe torowiska
- 6.9. Elementy specjalne w torowisku
- 6.9.1. Smarownice torowe
- 6.9.2. Elementy energetyki trakcyjnej
- 6.9.3. Przyrządy wyrównawcze
- 6.10. Przykłady typowych rozwiązań konstrukcji torowiska – przekroje konstrukcyjne torowisk

## **7. Projektowanie układu geometrycznego toru tramwajowego**

- 7.1. Układ geometryczny w płaszczyźnie poziomej na odcinkach szlakowych
  - 7.1.1. Długości elementów układu geometrycznego
  - 7.1.2. Promień łuku kołowego
  - 7.1.3. Przechyłka toru
  - 7.1.4. Rampa przechyłkowa
  - 7.1.5. Krzywa przejściowa
  - 7.1.6. Łączenie typowych elementów układu geometrycznego o różnej krzywiznie
- 7.2. Układ geometryczny toru w węzłach rozjazdowych
  - 7.2.1. Kształtowanie węzłów rozjazdowych
  - 7.2.2. Zwrotnice
  - 7.2.3. Krzyżownice
  - 7.2.4. Skrzyżowania torów tramwajowych
  - 7.2.5. Skrzyżowania torów tramwajowych z torami kolejowymi
  - 7.2.6. Typy węzłów tramwajowych
- 7.3. Układ geometryczny toru na krańcówkach
- 7.4. Układ geometryczny toru w płaszczyźnie pionowej
  - 7.4.1. Długości elementów układu geometrycznego toru
  - 7.4.2. Pochylenie podłużne toru
  - 7.4.3. Załomy niwelety
  - 7.4.4. Zasady łączenia elementów układu geometrycznego toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej
- 7.5. Układ geometryczny toru w przekroju poprzecznym
  - 7.5.1. Tramwajowa skrajnia taboru
  - 7.5.2. Tramwajowa skrajnia budowli
  - 7.5.3. Rozstaw torów
  - 7.5.4. Szerokość torowiska tramwajowego
  - 7.5.5. Szerokość toru



## **8. Projektowanie przystanków tramwajowych**

- 8.1. Lokalizacja przystanków
  - 8.1.1. Położenie przystanków w obrębie sieci
  - 8.1.2. Odległości międzyprzystankowe
  - 8.1.3. Położenie względem istotnych generatorów ruchu
  - 8.1.4. Przystanki na odcinkach szlakowych
  - 8.1.5. Węzły przesiadkowe
- 8.2. Rodzaje peronów
- 8.3. Przystanki tymczasowe
- 8.4. Podstawowe charakterystyki techniczne peronów
  - 8.4.1. Konstrukcja peronu
  - 8.4.2. Długość peronu
  - 8.4.3. Szerokość peronu
  - 8.4.4. Położenie peronowej krawędzi dostępu względem toru
  - 8.4.5. Układ funkcjonalny i wyposażenie przystanków
  - 8.4.6. Przystanki tramwajowo-autobusowe

## **9. Projektowanie elementów energetyki trakcyjnej**

- 9.1. Podstawowe parametry sieci
  - 9.1.1. Prowadzenie przewodów jezdnych i liny nośnej sieci trakcyjnej
  - 9.1.2. Sekcjonowanie sieci jezdnej
  - 9.1.3. Rozpiętość przęsła sieci trakcyjnej
  - 9.1.4. Słupy trakcyjne i konstrukcje wsporcze
  - 9.1.5. Połączenia wyrównawcze
  - 9.1.6. Odstępy przewodów jezdnych od części uziemionych lub uszynionych
  - 9.1.7. Ochrona przeciwporażeniowa
- 9.2. Budowle i urządzenia

### **Załącznik nr 1. Typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych w pasach drogowych ulic**

- Z.1.1. Torowisko wydzielone z jezdni usytuowane w pasie dzielącym
  - Z.1.1.1. Torowisko wydzielone z jezdni konstrukcyjnie
  - Z.1.1.2. Torowisko wydzielone z jezdni za pomocą znaków drogowych
- Z.1.2. Torowisko wydzielone z jezdni usytuowane poza pasem dzielącym
  - Z.1.2.1. Torowisko dwukierunkowe usytuowane po jednej stronie jezdni
  - Z.1.2.2. Dwa torowiska jednokierunkowe usytuowane po obu stronach jezdni
- Z.1.3. Torowisko wspólne z jezdnią
- Z.1.4. Torowisko usytuowane pod wiaduktem lub w tunelu

### **Załącznik nr 2. Typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych poza pasami drogowymi ulic (samodzielnych)**



# 1. Przedmiot i zakres stosowania

(1) Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego składają się z trzech części, obejmujących swym zakresem:

- a) planowanie infrastruktury transportu zbiorowego (WR-D-43-1),
- b) projektowanie infrastruktury transportu autobusowego i trolejbusowego (WR-D-43-2),
- c) projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego (WR-D-43-3).

(2) Niniejsze wytyczne zawierają podstawowe zalecenia dotyczące projektowania infrastruktury transportu tramwajowego.

(3) Niniejsze wytyczne nie obejmują części związanych z diagnostyką i utrzymaniem tras tramwajowych, które określone są w WR-D-84.

(4) Celem wytycznych jest:

- a) dostosowanie metod projektowania do zmieniających się warunków związanych z wprowadzeniem do ruchu wieloczlónowych, niskopodłogowych tramwajów,
- b) dostosowanie metod projektowania do współczesnych metod projektowania dróg oraz linii kolejowych, tak aby proces projektowania tras tramwajowych był spójny z przyjętymi standardami branżowymi.

(5) Przedmiotowe wytyczne stosuje się dla tras tramwajowych oraz węzłów sieci przebiegających w pasach drogowych. Zaleca się je stosować dla tras tramwajowych oraz węzłów sieci przebiegających w przestrzeni miejskiej oraz dla torowisk samodzielnych (nazywanych liniami tramwajowymi w rozumieniu ustawy [6]). Wybrane fragmenty wytycznych można stosować także dla odcinków torów na terenie zajezdni tramwajowych i innych obiektów technicznych przeznaczonych do obsługi tramwajów.

(6) Wytyczne przeznaczone są do stosowania przez jednostki zajmujące się projektowaniem infrastruktury transportu tramwajowego, zarządców torowisk, zarządców dróg oraz organy zarządzające transportem publicznym w miastach.

(7) Zaleca się, aby wytyczne były stosowane przy:

- a) wykonywaniu studiów koncepcyjnych związanych z przebudową lub rozbudową sieci tramwajowej;
- b) wykonywaniu projektów budowlanych dotyczących przebudowy lub rozbudowy sieci tramwajowej;
- c) wykonywaniu projektów budowlanych dotyczących budowy nowych sieci tramwajowych.

(8) Wytyczne nie obejmują zagadnień związanych z prowadzeniem procesu budowlanego oraz z odbiorami technicznymi.

(9) Wytyczne nie określają szczegółowych warunków projektowania układu zasilania oraz sieci trakcyjnej; ograniczają się do styku elementów infrastruktury elektroenergetycznej z infrastrukturą torową.

(10) Zakres inwestycji dotyczący budowy, przebudowy lub remontu infrastruktury transportu tramwajowego określa zamawiający. Zamawiający może stosować poniższe wytyczne w pełnym lub wybranym zakresie.

(11) Z uwagi na lokalne uwarunkowania sieci tramwajowych, dopuszcza się przyjmowanie innych wartości poszczególnych parametrów, niż to zostało opisane w wytycznych. Przyjęcie lokalnych wartości parametrów oraz zasad projektowych wymaga zgody zarządcy torowiska i operatora taboru.

(12) Ilekroć w niniejszych wytycznych jest mowa o:

- a) rowerach – rozumie się przez to także hulajnogi elektryczne i urządzenia transportu osobistego,
- b) pieszych – rozumie się przez to także osoby poruszające się przy użyciu urządzenia wspomagającego ruch.





## 2. Wykaz opracowań powołanych

### 2.1. Akty prawne

- [1] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 2 marca 2011 r. w sprawie warunków technicznych tramwajów i trolejbusów oraz zakresu ich niezbędnego wyposażenia (Dz. U. z 2011 r. poz. 344).
- [2] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 23 września 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków zarządzania ruchem na drogach oraz wykonywania nadzoru nad tym zarządzaniem (Dz. U. z 2017 r. poz. 784).
- [3] Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dnia 3 lipca 2003 r. w sprawie szczegółowych warunków technicznych dla znaków i sygnałów drogowych oraz urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego i warunków ich umieszczania na drogach (Dz. U. z 2019 r. poz. 2311, z późn. zm.).
- [4] Rozporządzenie Ministra Rozwoju i Technologii z dnia 20 grudnia 2021 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. z 2021 r. poz. 2454)
- [5] Rozporządzenie Ministra Rozwoju z dnia 11 września 2020 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy projektu budowlanego (Dz. U. z 2022 r. poz. 1679).
- [6] Ustawa z dnia 28 marca 2003 r. o transporcie kolejowym (Dz. U. z 2023 r. poz. 1786, z późn. zm.).
- [7] Ustawa z dnia 10 kwietnia 2003 r. o szczególnych zasadach przygotowania i realizacji inwestycji w zakresie dróg publicznych (Dz. U. z 2023 r. poz. 162, z późn. zm.).
- [8] Ustawa z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2023 r. poz. 1047, z późn. zm.).
- [9] Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. – Prawo ochrony środowiska (Dz. U. z 2024 r. poz. 54).
- [10] Ustawa z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2023 r. poz. 1094, z późn. zm.).
- [11] Ustawa z dnia 7 lipca 1994 r. – Prawo budowlane (Dz. U. z 2023 r. poz. 682, z późn. zm.).

### 2.2. Normy

- [12] BN-9394-01/05:1991 Elementy stalowe torów tramwajowych. Poprzeczki płaskie do szyn tramwajowych 180W/S i szyn normalnotorowych S49.
- [13] BN-9394-01/06:1994 Elementy stalowe torów tramwajowych. Poprzeczki okrągłe do szyn tramwajowych 180W/S i szyn normalnotorowych S49.
- [14] PN-EN 13285:2018-08 Mieszanki niezwiązane. Wymagania.
- [15] PN-B-02170:2016-12 Ocena szkodliwości drgań przekazywanych przez podłoże na budynki.
- [16] PN-B-02171:2017-06 Ocena wpływu drgań na ludzi w budynkach.
- [17] PN-B-06265:2022-08 Beton. Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność. Krajowe uzupełnienie PN-EN 206+A2:2021-08.
- [18] PN-E-5100-1:1998 Elektroenergetyczne linie napowietrzne. Projektowanie i budowa. Linie prądu przemiennego z przewodami roboczymi gołymi.
- [19] PN-EN 12390-3:2019-07 Badania betonu. Część 3: Wytrzymałość na ścislenie próbek do badań.

- [20] PN-EN 12390-5:2019-08 Badania betonu. Część 5: Wytrzymałość na zginanie próbek do badań.
- [21] PN-EN 12390-8:2019-08 Badania betonu. Część 8: Głębokość penetracji wody pod ciśnieniem.
- [22] PN-EN 12620+A1:2010 Kruszywa do betonu.
- [23] PN-EN 13146-9:2020-09 Kolejnictwo. Tor. Metody badań systemów przytwierdzeń. Część 9: Określenie sztywności.
- [24] PN-EN 13230-1:2016-06 Kolejnictwo. Tor. Podkłady i podrozdzielnice betonowe. Część 1: Wymagania ogólne.
- [25] PN-EN 13450:2004 Kruszywa na podsypkę kolejową.
- [26] PN-EN 13877-1:2013-08 Nawierzchnie betonowe. Część 1: Materiały.
- [27] PN-EN 13481-2:2022-12 Kolejnictwo. Tor. Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń. Część 2: Systemy przytwierdzeń do podkładów betonowych na podsypce.
- [28] PN-EN 13481-3:2022-12 Kolejnictwo. Tor. Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń. Część 3: Systemy przytwierdzeń do podkładów drewnianych i kompozytowych.
- [29] PN-EN 13481-4:2022-12 Kolejnictwo. Tor. Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń. Część 4: Systemy przytwierdzeń do podkładów stalowych na podsypce.
- [30] PN-EN 13481-5:2022-12 Kolejnictwo. Tor. Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń. Część 5: Systemy przytwierdzeń w torach o nawierzchni bezpodsypkowej.
- [31] PN-EN 13674-1+A1:2017-07 Kolejnictwo. Tor. Szyna. Część 1: Szyny kolejowe Vignole'a o masie 46 kg/m i większej.
- [32] PN-EN 14811:2019-06 Kolejnictwo. Tor. Szyny specjalne. Szyny rowkowe i związane z nimi profile konstrukcyjne.
- [33] PN-EN 17282:2021-03 Kolejnictwo. Infrastruktura. Maty podpodsypkowe.
- [34] PN-EN 17319:2020-10 Kolejnictwo. Infrastruktura. Wymagania eksploatacyjne systemów przytwierdzeń szyn dla tramwajów.
- [35] PN-EN 206+A2:2021-08 Beton. Wymagania, właściwości użytkowe, produkcja i zgodność.
- [36] PN-EN 480-11:2008 Domieszki do betonu, zaprawy i zaczynu. Metody badań. Część 11: Oznaczanie charakterystyki porów powietrznych w stwardniałym betonie.
- [37] PN-EN 50122-2:2023-06 Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacyjne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemianie i sieć powrotna. Część 2: Środki ochrony przed skutkami prądów błędnych powodowanych przez systemy trakcji prądu stałego.
- [38] PN-EN 50341-1:2013-03 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV. Część 1: Wymagania ogólne. Specyfikacje wspólne.
- [39] PN-EN 50341-2-22:2022-06 Elektroenergetyczne linie napowietrzne prądu przemiennego powyżej 1 kV. Część 2-22: Krajowe Warunki Normatywne (NNA) dla Polski (oparte na EN 50341-1:2012).
- [40] PN-EN ISO 15609-1:2020-03 Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Instrukcja technologiczna spawania. Część 1: Spawanie łukowe.
- [41] PN-EN ISO 15613:2006 Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Kwalifikowanie na podstawie przedprodukcyjnego badania spawania/zgrzewania.
- [42] PN-EN ISO 15614-1:2017-08/A1:2019-12 Specyfikacja i kwalifikowanie technologii spawania metali. Badanie technologii spawania. Część 1: Spawanie łukowe i gazowe stali oraz spawanie łukowe niklu i stopów niklu.
- [43] PN-K-92002:1997 Komunikacja miejska. Sieć jezdna tramwajowa i trolejbusowa. Wymagania.

- [44] PN-K-92016:1997 Tramwajowe zestawy kołowe, elastyczne. Obręcze obrobione. Wymagania i badania.
- [45] PN-S-02205:1998 Drogi samochodowe. Roboty ziemne. Wymagania i badania.
- [46] EN 17636:2021 Railway applications. Infrastructure. Track alignment design parameters for urban rail.
- [47] PN-EN ISO 10318-1:2015-12 Geosyntetyki. Część 1: Terminy i definicje.

### 2.3. Pozostałe opracowania

- [48] Instrukcja spawania szyn termitem Id-5. Załącznik do uchwały nr 443/2019 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 9 lipca 2019 r.
- [49] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1). Załącznik do zarządzenia nr 14 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 maja 2005 r.
- [50] Warunki techniczne wykonania i odbioru podsypki tłuczniowej naturalnej i z recyklingu stosowanej w nawierzchni kolejowej Id-110. Załącznik do uchwały nr 1237/2016 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 13 grudnia 2016 r.
- [51] WT-4 Wymagania techniczne. Mieszanki niezwiązane do dróg krajowych. Załącznik nr 3 do zarządzenia nr 102 Generalnego Dyrektora Dróg Krajowych i Autostrad z dnia 19 listopada 2010 r. w sprawie stosowania wymagań technicznych na drogach krajowych
- [52] Wytyczne architektoniczne dla kolejowych obiektów obsługi podróżnych Ipi-1. Załącznik do uchwały nr 1083/2018 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 27 grudnia 2018 r.
- [53] Warunki techniczne utrzymania nawierzchni na liniach kolejowych Id-1 (D-1). Załącznik do zarządzenia nr 14 Zarządu PKP Polskie Linie Kolejowe S.A. z dnia 18 maja 2005 r.





## 3. Definicje i objaśnienia skrótów

### 3.1. Definicje

**Długość użyteczna toru** – część toru tramwajowego, na której powinien zmieścić się tramwaj lub grupa tramwajów. Długość użyteczną toru najczęściej określa się pomiędzy dwoma ukresami rozjazdów, ukresem a kozłem oporowym lub między ukresem a początkiem następnego rozjazdu. Długość ta powinna być powiększona o dodatek na nieprecyzyjne zatrzymanie tramwaju oraz o dodatek związany z warunkami widoczności sygnalizatora, jeżeli jest to uzasadnione.

**Dojście lub dojazd do peronu** – obszar ruchu pieszych umożliwiający dostęp do peronu rozwiązany w postaci pochylni, schodów i pochylni lub dźwigu osobowego (windy), drogi dla pieszych, drogi dla pieszych i rowerów lub innych obiektów. Dojście lub dojazd do peronu nie stanowi części składowej peronu.

**Konserwacja nawierzchni tramwajowej** – usuwanie usterek i wykonywanie drobnych robót w nawierzchni.

**Konstrukcja nawierzchni torowej** – konstrukcja składająca się z szyn, podpór szynowych, złączek oraz podbudowy zasadniczej i podbudowy pomocniczej.

**Konstrukcja torowiska tramwajowego** – układ warstw i elementów, na który składają się grupy elementów stanowiących: nawierzchnię torową, zabudowę torowiska, separację torowiska, odwodnienie torowiska, podłoże gruntowe torowiska (grunt rodzimy lub nasypowy). W zależności od występowania w podbudowie torowiska podsypki tłuczniowej jako zasadniczej warstwy nośnej i kształtującej układ geometryczny toru, rozróżniane są podsypkowe lub bezpodsypkowe konstrukcje torowiska tramwajowego.

**Konstrukcja wsporcza sieci trakcyjnej** – słupy lub układ haków i rozet mocowanych na obiektach budowlanych, służące do mocowania konstrukcji nośnej sieci trakcyjnej.

**Krańcówka** – punkt końcowy trasy lub węzeł sieci umożliwiający zawracanie tramwajów: pętla tramwajowa lub pojedyncze albo podwójne połączenie torów.

**Lina nośna** – wielodrutowy przewód miedziany (lub z jej stopów) służący do przewodzenia prądu trakcyjnego i równoległego, w stosunku do torów, prowadzenia przewodu jezdnego.

**Linia tramwajowa** – marszruta tramwajów, wynikająca z potrzeb przewozowych, określana zwykle numerem i nazwami krańcowych przystanków. Na określonej trasie tramwajowej może kursować wiele linii tramwajowych.

**Międzytorze** – przestrzeń pomiędzy sąsiednimi torami tramwajowymi na wielotorowej trasie tramwajowej.

**Mijanka** – co najmniej dwutorowy układ torowy z rozjazdami występujący na jednotorowym odcinku trasy tramwajowej umożliwiający mijanie się tramwajów lub ich zawracanie.

**Nawierzchnia peronu** – warstwa lub zespół warstw służących do przenoszenia obciążeń od ruchu pasażerów na peronie, pełniące funkcje ostrzegawcze i kierujące dla osób niepełnosprawnych i odprowadzająca wodę do instalacji odwodnieniowej.

**Ocena stanu torowiska tramwajowego** – określenie, na podstawie badań, ogółu cech i symptomów pozwalających na zakwalifikowanie aktualnego stanu technicznego całego torowiska tramwajowego lub wybranych jego części składowych do stanu pełnej lub ograniczonej zdatności eksploatacyjnej, albo do stanu niezdatności eksploatacyjnej. Kryterium tej kwalifikacji jest relacja prędkości tramwajów, z jaką mogą one jechać po analizowanym torowisku ze względu na jego stan, do prędkości maksymalnej przyjętej dla tego torowiska.

**Odwodnienie torowiska** – zestaw elementów lub warstw stosowanych w celu odprowadzenia z obszaru torowiska wody, w szczególności wody opadowej. W zależności od miejsca odbioru tej wody przez system odwodnienia może być ono rozwiązane jako odwodnienie powierzchniowe albo jako odwodnienie wgłębne.

**Peron** – budowla zlokalizowana wzdłuż toru, wyposażona m.in. w peronową krawędź dostępu oraz nawierzchnię peronu, służąca do wymiany pasażerów, tj. wsiadania do i wysiadania z tramwaju. W niniejszych wytycznych pojęcie „wsiadanie” należy traktować w ujęciu ogólnym, jako skrócone określenie zarówno czynności wsiadania, jak i wysiadania, o ile nie zaznaczono inaczej. Przystanek tramwajowy może służyć również do wymiany pasażerów autobusów, trolejbusów oraz pojazdów kolejowych, przy tej samej lub przy różnych peronowych krawędziach dostępu.

**Peronowa krawędź dostępu** – element peronu graniczący z torem, zapewniający bezpieczną i sprawną wymianę pasażerów na przystankach, charakteryzujący się ustaloną wysokością względem płaszczyzny główek szyn (PGS) i odległością osi toru. Do długości peronowej krawędzi dostępu nie wlicza się pochylni zlokalizowanych pomiędzy peronem a dojściem do niego.

**Pobocze torowiska** – przestrzeń pomiędzy torem tramwajowym i zewnętrznym ograniczeniem (separacją) torowiska. W torowiskach samodzielnych o konstrukcji podsypkowej przestrzeń ta może być określana jako ława torowiska (analogicznie do terminologii kolejowej).

**Prędkość komunikacyjna** – uśredniona prędkość tramwaju na całości lub fragmencie trasy tramwajowej z uwzględnieniem jego zatrzymań.

**Prędkość do projektowania układu geometrycznego toru** – prędkość tramwaju, którą przyjmuje się do obliczania parametrów geometrycznych i kinematycznych układu geometrycznego osi toru. Jest to wartość prędkości pożądanej do osiągnięcia na danym odcinku międzywęzłowym trasy tramwajowej.

**Prędkość dozwolona** – maksymalna prędkość, którą może osiągnąć tramwaj miarodajny na wybranym fragmencie trasy tramwajowej po uwzględnieniu warunków wpływających na bezpieczeństwo ruchu tramwaju. Prędkość dozwolona może być równa lub mniejsza niż prędkość do projektowania układu geometrycznego toru.

**Prędkość rzeczywista** – chwilowa prędkość, którą może osiągnąć tramwaj miarodajny na danym fragmencie trasy tramwajowej, obliczona z uwzględnieniem rzeczywistych warunków ruchu tramwaju miarodajnego (droga hamowania, rozmieszczenie przystanków itp.). Prędkość rzeczywista może być równa lub mniejsza niż prędkość dozwolona. Zmniejszona prędkość rzeczywista może być przesłanką do zastosowania mniej restrykcyjnych parametrów projektowych, niż wynikałoby to z analizy prędkości do projektowania.

**Proces diagnostyczny** – działalność związana z: planowaniem, przygotowaniem, realizacją badań, pomiarów i kontroli, analizą techniczną elementów konstrukcyjnych nawierzchni, podbudowy i obiektów inżynierskich, oceną ich stanu technicznego oraz formułowaniem wniosków dotyczących warunków eksploatacyjnych.

**Przechyłka toru** – zamierzona różnica wysokości toków szynowych (w przekroju poprzecznym toru), występująca na łuku lub na odcinku prostym. Na łuku przechyłkę toru wprowadza się w celu przeciwdziałania przyspieszeniu poziomemu.

**Przejazd tramwajowy** – miejsce przecięcia w jednym poziomie torowiska tramwajowego z drogą przeznaczoną do ruchu innych pojazdów.

**Przewód jezdny** – przewód miedziany (lub z jej stopów) służący do przewodzenia prądu trakcyjnego i współpracy z odbierakiem prądu zamontowanym na pojeździe szynowym.

**Przęsło sieci trakcyjnej** – część sieci trakcyjnej zawarta między sąsiednimi konstrukcjami wsporczymi.

**Przystanek tramwajowy** – wyznaczone miejsce zatrzymania tramwaju w celu wymiany pasażerów, wyposażone w peron lub zespół peronów oraz dojścia do nich.

**Rozjazd tramwajowy** – połączenie torów składające z co najmniej jednej zwrotnicy, krzyżownicy i łączących je szyn, umożliwiające przejazd tramwaju z jednego toru zasadniczego na inny odgałęziający się od niego tor zwrotny lub kontynuowanie jazdy torem zasadniczym.

**Rozpiętość przęsła sieci trakcyjnej** – pozioma odległość pomiędzy osiami sąsiednich konstrukcji wsporczych.

**Ruszt torowy** – układ konstrukcyjny toru składający się z szyn przytwierdzonych do podpór szynowych w postaci podkładów.

**Sieć jezdna** – zespół przewodów i konstrukcji zawieszonych nad torem służący do doprowadzenia energii do pojazdu trakcyjnego.

**Sieć łańcuchowa** – sieć trakcyjna górna złożona z przewodu jezdnego podwieszonego do liny nośnej.

**Sieć płaska** – sieć trakcyjna górna złożona jedynie z przewodu lub przewodów jezdnych.

**Sieć powrotna** – część sieci trakcyjnej złożona z szyn i innych elementów toru tramwajowego oraz ich połączeń elektrycznych przewodzących prąd trakcyjny.

**Sieć półskompensowana** – sieć w której temperaturowa zmiana długości przewodu jezdnego kompensowana jest za pomocą specjalnych urządzeń kompensacyjnych (sprężynowych lub ciężarowych) zapewniających stałą siłę naprężenia. Lina nośna jest z dwóch stron kotwiona na stałe.

**Sieć skompensowana** – sieć, w której temperaturowa zmiana długości przewodu jezdnego i liny nośnej kompensowana jest za pomocą specjalnych urządzeń kompensacyjnych (sprężynowych lub ciężarowych) zapewniających stałą siłę naprężenia.

**Sieć sztywna** – przewód jezdny jako profil ze stopu miedzianego lub przewód jezdny mocowany w profilu ze stopu aluminium lub innych stopów mocowana zazwyczaj do stropu tunelu, hali lub obiektu inżynierskiego.

**Sieć torowa** – układ połączonych tras tramwajowych tworzony przez węzły sieci torowej i odcinki międzywęzłowe (szlakowe). Jako węzły sieci torowej należy kwalifikować takie obiekty jak: węzły rozjazdowe, krańcówki, mijanki oraz obiekty obsługi technicznej i postoju tramwajów.

**Sieć trakcyjna** – zespół przewodów i urządzeń mających za zadanie rozprowadzenie energii elektrycznej o parametrach odpowiadających danemu systemowi trakcji na ustalonej trasie, po której poruszają się tramwaje.

**Skrzyżowanie torów tramwajowych** – połączenie torów składające się z krzyżownic i łączących je szyn, umożliwiające przejazd tramwaju przez krzyżujące się tory bez możliwości zmiany toru.

**Splot torów** – wielotorowa konstrukcja składająca się z co najmniej trzech równoległych toków szynowych (w torach o różnych szerokościach) lub co najmniej czterech równoległych toków szynowych (w torach o tej samej szerokości), wyposażona dodatkowo w elementy składowe rozjazdów (krzyżownice).

**Spokojność jazdy** – cecha ruchu tramwaju miarodajnego po torze charakteryzowana wartościami przyspieszeń (poziomych i pionowych) mierzonych w ustalonych punktach tramwaju w odniesieniu do ich dopuszczalnych wartości.

**Stacja prostownikowa** – budynek, budowla lub wydzielone pomieszczenie, w którym znajdują się urządzenia do zasilania urządzeń trakcyjnych pojazdu szynowego.

**Szerokość toru** – odległość między wewnętrznymi powierzchniami główek szyn (w przekroju poprzecznym toru), mierzona 14 mm poniżej powierzchni ich tocznej (lub 9 mm w przypadku krzyżownic płytkorowkowych).

**Temperatura neutralna** – temperatura szyny toru bezстыkowego, przy której na określonym odcinku toru tramwajowego nieobciążonego ruchem nie występują w szynie siły podłużne.

**Tor tramwajowy** – element torowiska tramwajowego stanowiący zespół dwóch toków szynowych przystosowanych pod względem konstrukcji i układu geometrycznego do ruchu tramwajów.

**Torowisko tramwajowe** – droga szynowa przeznaczona do ruchu tramwajów lub innych pojazdów. W zależności od przeznaczenia do ruchu określonych pojazdów i od usytuowania względem części pasa drogowego (między innymi jezdni) są rozróżniane następujące rodzaje torowisk tramwajowych: wspólne z jezdnią, wydzielone z jezdni lub samodzielne.

**Torowisko tramwajowe samodzielne** – torowisko tramwajowe usytuowane poza pasem drogowym drogi publicznej.

**Torowisko tramwajowe wspólne z jezdnią** – torowisko tramwajowe przeznaczone do ruchu tramwajów i ruchu innych pojazdów lub pieszych wzdłuż toru. Ruch pojazdów innych niż tramwaje po torowisku wspólnym z jezdnią może być bez ograniczonego dostępu lub z dostępem ograniczonym do określonych rodzajów pojazdów – np. pojazdów uprzywilejowanych, ratunkowych, obsługi technicznej tramwajów oraz pojazdów komunikacji publicznej (np. autobusów na trasach tramwajowych typu TC).

**Torowisko tramwajowe wydzielone z jezdni** – torowisko tramwajowe przeznaczone tylko do ruchu tramwajów.

**Tramwaj** – pojazd przeznaczony do przewozu osób lub rzeczy zasilany energią elektryczną lub inaczej, poruszający się po torowiskach tramwajowych oraz po torowiskach tramwajowych samodzielnych (zwanych liniami tramwajowymi zgodnie z ustawą [8]).

**Tramwaj miarodajny** – tramwaj o określonych parametrach, przyjęty dla danej sieci tramwajowej lub określonego jej fragmentu, uwzględniany w projektowaniu układu geometrycznego toru i jego konstrukcji.

**Trasa tramwajowa** – obiekt budowlany wraz z urządzeniami oraz instalacjami zapewniającymi możliwość użytkowania obiektu zgodnie z jego przeznaczeniem (urządzenia energetyki trakcyjnej, urządzenia sterowania ruchem tramwajowym, przystanki tramwajowe oraz inne obiekty budowlane powiązane konstrukcyjnie lub funkcjonalnie z torowiskiem), wzniesiony z użyciem wyrobów budowlanych, przeznaczony do prowadzenia ruchu tramwajów. Trasę tramwajową lub jej fragmenty charakteryzuje liczba torów (np. trasa jednotorowa, trasa dwutorowa), lokalizacja słupów trakcyjnych (w międzytorzu, poza nim lub bez słupów trakcyjnych) oraz rodzaj konstrukcji torowiska (podsypkowa lub bezpodsypkowa). Trasa tramwajowa składa się z co najmniej jednego odcinka międzywęzłowego. Może być tworzona przez odcinki międzywęzłowe wraz z węzłami sieci położonymi pomiędzy tymi odcinkami. Początek i koniec oraz typ trasy tramwajowej ustala zarządca torowiska lub upoważniony przez niego przedstawiciel.

**Układ geometryczny toru** – zespół cech kształtujących położenie osi toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej oraz położenie toków szynowych w przekroju poprzecznym i podłużnym. Układ geometryczny obejmuje między innymi odcinki proste, łuki, krzywe przejściowe, przechytkę toru, rampy przechytkowe.

**Urządzenia wspomagające prowadzenie ruchu pojazdów szynowych** – urządzenia pomocnicze związane z ruchem tramwajów, takie jak: elektryczne napędy zwrotnicowe i zdalne sterowanie zwrotnic, ogrzewanie rozjazdów, pętle indukcyjne do współpracy z sygnalizacją świetlną, smarownice torowe.

**Węzeł rozjazdowy** – układ torowy składający się z co najmniej jednego rozjazdu tramwajowego lub skrzyżowania torów tramwajowych umożliwiających połączenie lub krzyżowanie się tras tramwajowych. Do węzłów rozjazdowych zalicza się także połączenia torów równoległych oraz krańcówki jeżeli zawierają rozjazd lub skrzyżowanie torów.

**Zabudowa torowiska** – występujący opcjonalnie układ elementów i warstw takich jak: zasypka tłuczniowa, warstwa betonu cementowego lub asfaltowego albo warstwa substratu i roślinności lub innych (np. płyt prefabrykowanych). Zabudowa torowiska jest zasadniczo położona powyżej poziomu stopek szyn, lub w szczególnych przypadkach częściowo również poniżej tego poziomu. Torowisko z zabudową lub bez niej określane jest odpowiednio jako torowisko zabudowane lub niezabudowane.

## 3.2. Skróty

**PŁ** – początek łuku.

**KŁ** – koniec łuku.

**PKP** – początek krzywej przejściowej.

**KKP** – koniec krzywej przejściowej.

**PGS** – płaszczyzna główek szyn.



**KKPNZ** – kontur koniecznej przestrzeni niezabudowanej.

**SBC** – tramwajowa skrajnia budowli ciągłej.

**SBP** – tramwajowa skrajnia budowli punktowej.

**SE** – skrajnia drogi ewakuacji.

**ZRID** – decyzja o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej.

**PZT** – projekt zagospodarowania terenu.

**PAB** – projekt architektoniczno-budowlany.

**BIOZ** – bezpieczeństwo i ochrona zdrowia.

**STWiORB** – specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót budowlanych.

**TS** – oznaczenie trasy tramwaju szybkiego.

**TA, TB, TC, TD, TE** – oznaczenia tras tramwaju klasycznego.

### 3.3. Symbole

(1) W tab. 3.3.1 zestawiono wykaz symboli użytych w niniejszych wytycznych wraz z odpowiednią jednostką oraz opisem.

**Tab. 3.3.1. Wykaz zastosowanych symboli**

Symbol	Jednostka	Opis
$a$	[m/s <sup>2</sup> ]	przyspieszenie niezerównoważone
$a_{dop}$	[m/s <sup>2</sup> ]	dopuszczalna wartość przyspieszenia niezerównoważonego
$a_{v\ dop}$	[m/s <sup>2</sup> ]	dopuszczalne przyspieszenie pionowe
$A$	[m <sup>2</sup> ]	parametr klotoidy
$A_t$	[m]	minimalny rozstaw torów na odcinku w łuku
$A_{min}$	[m]	minimalny rozstaw torów
$A_s$	[m <sup>2</sup> ]	pole przekroju szyny
$A_t$	[mm]	rozstaw torów
$\alpha$	[°]	kąt zwrotu toru na poziomym łuku kołowym
$\alpha_t$	[1/°C]	współczynnik rozszerzalności liniowej, dla stali szynowej $1,12 \cdot 10^{-5}$ 1/°C
$b$	[m]	szerokość obiektu stałego
$B$	[m]	obliczeniowa szerokość obiektu stałego
$C_t$	[m]	szerokość torowiska na łuku
$C_{dyn}$	[kN/mm]	szttywność dynamiczna toru lub izolatora wibroakustycznego w konstrukcji torowiska
$C_{min}$	[m]	minimalna szerokość torowiska
$C_{stat}$	[kN/mm]	szttywność statyczna toru lub izolatora wibroakustycznego w konstrukcji torowiska
$d$	[m]	aktualny pomiar przemieszczenia z uwzględnieniem znaku (kierunku przemieszczania)
$d_0$	[m]	pierwszy pomiar położenia punktu bazowego bezpośrednio po przytwierdzeniu szyny do podkładu
$d_x$	[mm]	średnica ziaren gruntu o drobniejszym uziarnieniu, które wraz z mniejszymi ziarnami stanowią x% masy gruntu
$D$	[mm]	przechyłka toru
$D_{15}$	[mm]	średnica ziaren gruntu o grubszym uziarnieniu (np. podsypki), które wraz z mniejszymi ziarnami stanowią 15% masy gruntu
$D_{CH}$	[m]	szerokość drogi dla pieszych
$D_{max}$	[mm]	maksymalna wartość przechyłki toru

Symbol	Jednostka	Opis
$D_{min}$	[mm]	minimalna wartość przechyłki toru
$D_n$	[m]	średnica płyty do próbnych obciążeń gruntu lub warstwy kruszywa
$D_R$	[m]	szerokość drogi dla rowerów
$DT1$	[m]	odległość od osi toru do krawędzi konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej
$DT4$	[m]	odległość od osi toru do krawędzi konturu tramwajowej skrajni budowli punktowej (SBP)
$DT5$	[m]	odległość od osi toru do krawędzi konturu tramwajowej skrajni budowli ciągłej (SBC)
$\left(\frac{da}{dt}\right)$	[m/s <sup>3</sup> ]	przyrost przyspieszenia niezrównoważonego w czasie
$\left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}$	[m/s <sup>3</sup> ]	dopuszczalny przyrost przyspieszenia niezrównoważonego w czasie
$\left(\frac{dD}{ds}\right)$	[mm/m]	pochylenie rampy przechyłkowej
$\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$	[mm/m]	dopuszczalne pochylenie rampy przechyłkowej
$\left(\frac{dD}{dt}\right)$	[mm/s]	przyrost przechyłki toru w czasie
$\left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$	[mm/s]	dopuszczalny przyrost przechyłki toru w czasie
$\left(\frac{de}{ds}\right)_{lim}$	[mm/m]	dopuszczalna zmiana szerokości toru na długości
$\Delta a$	[m/s <sup>2</sup> ]	różnica przyspieszeń niezrównoważonych
$\Delta b$	[m]	maksymalna dodatnia odchyłka odległości od obiektu stałego
$\Delta b_t$	[m]	pole tolerancji usytuowania nowowybudowanego obiektu stałego
$\Delta b_d$	[m]	dopuszczalna deformacja eksploatacyjna obiektu stałego po długotrwałym użytkowaniu
$\Delta c$	[m]	pole tolerancji usytuowania nowowybudowanego obiektu stałego
$\Delta d$	[m]	dopuszczalna deformacja obiektu stałego
$\Delta D$	[mm]	różnica przechyłek toru
$\Delta l$	[m]	wartość zmiany długości odcinka
$\Delta l_{pw}$	[m]	przesuw przyrzędu wyrównawczego
$\Delta t$	[°C]	wartość zmiany temperatury w szynie
$\Delta z$	[mm]	różnica wysokości toków szynowych
$\delta v$	[mm]	pionowe przemieszczenie przęsła wynikające z obrotu przęsła obiektu na podporze
$\delta_1$	[mm]	przemieszczenie podłużne przęsła występujące tylko nad łożyskami przesuwными
$\delta_2$	[mm]	przemieszczenie podłużne przęsła wynikające z obrotu przęsła oraz przemieszczenia podłużnego nad łożyskiem przesuwnym
$\varphi$	[°]	kąt obrotu przęsła na podporze
$e$	[mm]	szerokość toru
$e_R$	[mm]	szerokość toru na łuku
$E_{1,v}$	[MPa]	pierwotny moduł odkształcenia gruntu lub warstwy kruszywa
$E_{2,v}$	[MPa]	wtórny moduł odkształcenia gruntu lub warstwy kruszywa
$f_s$	[m]	zwis liny nośnej sieci trakcyjnej
$f_{max}$	[m]	dopuszczalny zwis przewodu jezdnego
$F_{\Delta t}$	[N]	siła ściskająca w szynie
$g$	[m/s <sup>2</sup> ]	przyspieszenie ziemskie, zaleca się 9,81 m/s <sup>2</sup>
$h$	[mm]	położenie wysokościowe toku szynowego
$h_k$	[m]	wysokość konstrukcyjna sieci trakcyjnej

Symbol	Jednostka	Opis
$h_p$	[m]	wysokość zawieszenia przewodu jezdni nad PGS
$h_{po}$	[m]	wysokość przęsła opartego na przyczółku obiektu inżynierskiego
$h_{pp}$	[m]	grubość warstwy podsypki tłuczniowej pod podkładem
$I_0$	[-]	wskaźnik odkształcenia gruntu lub warstwy kruszywa
$I_s$	[-]	wskaźnik zagęszczenia gruntu lub warstwy kruszywa
$I_{max}$	[%]	maksymalne pochylenie podłużne toru
$I_{maxR}$	[%]	maksymalne pochylenie podłużne toru na łuku poziomym
$k_t$	[m/s]	wskaźnik wodoprzepuszczalności (prędkość przepływu wody przez grunt) przy temperaturze $t$ i spadku hydraulicznym równym 1
$k_{10}$	[m/s]	wskaźnik wodoprzepuszczalności (prędkość przepływu wody przez grunt) przy temperaturze $10^{\circ}\text{C}$ i spadku hydraulicznym równym 1
$K$	[1/m]	krzywizna osi toru
$l$	[m]	długość odcinka mierzona wzdłuż łuku osi toru
$l_b$	[m]	długość bazy pomiarowej
$l_d$	[m]	długość dylatacyjna konstrukcji obiektu
$L$	[m]	długość krzywej przejściowej
$L_b$	[m]	długość bazy sztywnej tramwaju miarodajnego
$L_{e\ min}$	[m]	minimalna długość odcinka o zmiennej szerokości toru
$L_{pm}$	[m]	długość przestrzeni manewrowej na peronie
$L_r$	[m]	długość rampy przechyłkowej
$L_{r\ min}$	[m]	minimalna długość rampy przechyłkowej
$L_{TR}$	[m]	długość tramwaju miarodajnego
$L_{TR1}$	[m]	odległość między zewnętrznymi krawędziami skrajnych drzwi tramwaju
$L_{TR2}$	[m]	odległość między krawędzią drzwi a przeciwnym końcem tramwaju
$L_{UW\ min}$	[m]	minimalny rozsiew przyrządu w położeniu zamkniętym
$L_{UW\ max}$	[m]	maksymalny rozsiew przyrządu w położeniu otwartym
$L_{uż}$	[m]	długość użyteczna toru
$L_0$	[m]	długość elementu układu geometrycznego toru
$M$	[km]	odległość między miejscami zatrzymania czoła tramwaju na sąsiednich mijankach
$P_D$	[m]	poszerzenie rozstawu torów z uwagi na ich przechyłkę
$P_e$	[mm]	poszerzenie/zwężenie szerokości toru
$P_v$	[m]	pionowe poszerzenie konturu tramwajowej skrajni budowli
$P_w$	[m]	poszerzenie konturu tramwajowej skrajni budowli do wnętrza łuku
$P_z$	[m]	poszerzenie konturu tramwajowej skrajni budowli na zewnątrz łuku
$PB1$	[m]	szerokość pasa bezpieczeństwa wzdłuż jezdni
$PB2$	[m]	szerokość pasa bezpieczeństwa wzdłuż drogi dla pieszych
$PB3$	[m]	szerokość pasa bezpieczeństwa wzdłuż drogi dla rowerów
$PS$	[m]	szerokość pasa ruchu
$PZ$	[m]	szerokość pasa roślinności
$P_{UW}$	[m]	przesuw przyrządu wyrównawczego
$r$	[-]	współczynnik przeszywnienia dynamicznego
$R_{min}$	[m]	minimalna wartość promienia łuku poziomego
$R_v$	[m]	promień łuku pionowego

Symbol	Jednostka	Opis
$R_{Vmin}$	[m]	minimalna wartość promienia łuku pionowego
$s$	[mm]	osiowy rozstaw toków szynowych
$S_h$	[mm]	szczelina pozioma między peronową krawędzią dostępu a tramwajem
$S_{pm}$	[m]	szerokość przestrzeni manewrowej na peronie
$S_v$	[mm]	szczelina pionowa między peronową krawędzią dostępu a tramwajem
$S_0$	[mm]	odległość między osią toru a peronową krawędzią dostępu
$t_{max}$	[°C]	maksymalna temperatura konstrukcji przęsła sieci trakcyjnej (przyjmuje się +55°C)
$t_{min}$	[°C]	minimalna temperatura konstrukcji przęsła sieci trakcyjnej (przyjmuje się -25°C)
$T_h$	[s]	czas potrzebny na przejechanie drogi hamowania przez tramwaj
$T_n$	[s]	czas następstwa między tramwajami
$T_r$	[s]	dodatkowy czas jazdy wynikający z rozpędzania tramwaju
$T_w$	[s]	czas wymiany pasażerów tramwaju
$T_z$	[s]	dodatkowy czas jazdy wynikający z hamowania tramwaju
$T_0$	[min]	interwał czasowy pomiędzy dwoma tramwajami jadącymi w tym samym kierunku
$\tau$	[°]	kąt pomiędzy prostą a styczną do łuku w punkcie KKP
$U$	[-]	wskaźnik różnoziarnistości gruntu lub warstwy kruszywa
$v_{abs}$	[-]	wartość absolutna uzyskana w czasie pomiaru – wartość próbki
$v_{sr}$	[-]	wartość średnia wyznaczona dla danej próbki sygnału na podstawie pomiarów wcześniejszych i późniejszych
$v_{wz}$	[-]	wartość względna parametru
$V_{dop}$	[km/h]	prędkość dozwolona tramwaju
$V_{dp}$	[km/h]	prędkość do projektowania układu geometrycznego
$V_k$	[km/h]	prędkość komunikacyjna tramwaju
$V_r$	[km/h]	prędkość rzeczywista tramwaju
$W$	[m]	szerokość pasa wyposażenia lub pasa zabudowy
$w_L$	[%]	granica płynności gruntu
$w_n$	[%]	wilgotność naturalna gruntu
$x$	[m]	odległość wzdłuż osi toru w trójosiowym układzie odniesienia
$y$	[m]	odległość poprzeczna do osi toru w trójosiowym układzie odniesienia
$z$	[m]	wysokość w trójosiowym układzie odniesienia w stosunku do PGS



## **4. Projektowanie infrastruktury tramwajowej w procesie budowlanym**

### **4.1. Wybór trybu postępowania przed organem administracji architektoniczno-budowlanej**

(1) Usytuowanie, typ trasy tramwajowej oraz planowany zakres robót budowlanych narzuca sposób przygotowania inwestycji oraz dobór koniecznych procedur formalnych dla uzyskania wymaganych decyzji administracyjnych.

(2) Budowa nowej oraz rozbudowa, przebudowa lub remont istniejącej trasy tramwajowej może być realizowana na podstawie decyzji o pozwoleniu na budowę (PB), decyzji o zezwoleniu na realizację inwestycji drogowej (ZRID) lub zgłoszenia wykonywania robót budowlanych, zgodnie z ustawami [7] i [11].

(3) W każdym przypadku możliwe jest łączenie opisanych powyżej procedur, w dostosowaniu do sytuacji formalno-prawnej terenu oraz możliwości inwestora.

(4) Odpowiednie przygotowanie dokumentacji musi umożliwiać także etapowanie inwestycji, w zależności od sytuacji ekonomicznej lub potrzeb. Należy dążyć do opracowania w dokumentacji takiego podziału inwestycji na etapy realizacyjne, aby pozwalały one na włączenie wybudowanych odcinków tras do użytkowania od razu po zakończeniu robót budowlanych.

(5) Założenie, o którym mowa w akapicie (4), może być realizowane nawet kosztem budowy obiektów tymczasowych, które trzeba będzie docelowo rozebrać lub przenieść w całości lub w częściach w inne miejsce.

### **4.2. Uzyskanie wymaganych warunków technicznych dla zasilania i ustalenie koniecznych przebudów infrastruktury od gestorów**

(1) W przypadku budowy, rozbudowy, przebudowy lub remontu tras tramwajowych konieczne jest dobre rozpoznanie stanu istniejącego uzbrojenia naziemnego, podziemnego, nadziemnego i wyposażenia technicznego w sąsiedztwie planowanych robót.

(2) Większość kolizji można wstępnie ustalić po naniesieniu planowanej trasy tramwajowej na mapę do celów projektowych. Przed przystąpieniem do prac projektowych wskazane jest ponadto wykonanie wizji w terenie oraz inwentaryzacji fotograficznej, niezależnie od zakresu inwestycji.

(3) Znajdujące się w zakresie inwestycji istniejące sieci muszą być odpowiednio zabezpieczone lub przebudowane.

(4) Należy równolegle wystąpić do gestorów sieci lub zarządcy drogi o warunki ewentualnej przebudowy tych z nich, które mogą być w kolizji z inwestycją, takich jak np. sieci: ciepłownicza, gazowa, wodociągowa, kanalizacyjna (sanitarna, deszczowa, ogólnospławna), elektroenergetyczna, telekomunikacyjna, sygnalizacyjna oraz urządzenia drogi (kanalizacja deszczowa, kanały technologiczne).

### **4.3. Opracowanie i uzgodnienie projektu budowlanego wielobranżowego**

(1) Projekt budowlany dotyczący inwestycji polegającej na budowie trasy tramwajowej wymaga opracowania wielobranżowego. Projekt budowlany musi odpowiadać wymaganiom ustaw [10] i [11], przepisów techniczno-budowlanych oraz rozporządzeń [4] i [5].

(2) Szczegółowe rozwiązania projektowe dotyczące budowy lub przebudowy urządzeń uzbrojenia terenu powinny uwzględniać wymagania wynikające m.in. z warunków technicznych wydanych przez gestorów sieci.

(3) Zawartość i skład dokumentacji dołączonej do wniosku o wydanie PB lub ZRID albo zgłoszenia robót budowlanych zależy od wybranego trybu postępowania.

#### 4.3.1. Skład projektu budowlanego trasy tramwajowej

(1) Zawartość i podstawowe wymagania dotyczące poszczególnych części projektu budowlanego określa rozporządzenie [5]. Rozporządzenie nie uszczegóławia jednak specyficznych wymagań dla projektowanych inwestycji liniowych. W częściach opisowych uwzględnia się elementy wymienione w rozporządzeniu, które mają uzasadnienie wynikające z zakresu projektu.

(2) Na rysunkach PZT, oprócz obiektów projektowanych, wskazuje się także obiekty przewidziane do rozbiórki. Projekty architektoniczno-budowlane rozbiórki opracowuje się jedynie dla obiektów, których budowa wymagała pozwolenia na budowę.

(3) Zakresy rozbiórek nawierzchni, ogrodzeń, obiektów małej architektury, czy wyłączenia z użytkowania odcinków istniejących sieci uzbrojenia nie wymagają na ogół dodatkowych opracowań, należy je jednak oznaczyć na rysunkach i opisać w legendzie, a asortyment robót oraz ich wielkości podać w części opisowej. W PZT powinno się również uwzględnić projektowane wycinki zieleni trwałej oraz projektowane nasadzenia. Zapewnia to kompleksowe przygotowanie inwestycji.

(4) Wszystkie projekty architektoniczno-budowlane (PAB) branżowe wymagają skoordynowania, zgodnie z ustawą [11].

(5) Przykład zawartości wielobranżowego projektu budowlanego trasy tramwajowej przedstawia rys. 4.3.1.1.

TOM I	PROJEKT ZAGOSPODAROWANIA TERENU
TOM II-1	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Infrastruktura tramwajowa. Branża torowa. Torowisko tramwajowe
TOM II-2	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Infrastruktura tramwajowa. Branża elektroenergetyka trakcyjna
TOM III	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża drogowa
TOM IV-1	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża elektryczna. Budowa oświetlenia
TOM IV-2	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża elektryczna. Budowa sygnalizacji
TOM IV-3	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża elektryczna. Zasilanie i przebudowy
TOM V	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża teletechniczna
TOM VI	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Branża sanitarna. Odwodnienie torowiska
TOM VII	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Geotechniczne warunki posadowienia obiektu budowlanego
TOM VIII	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Informacja dotycząca bezpieczeństwa i ochrony zdrowia
TOM IX	PROJEKT ARCHITEKTONICZNO-BUDOWLANY: Informacja BIOZ

Rys. 4.3.1.1. Przykład zawartości wielobranżowego projektu budowlanego trasy tramwajowej

(6) Projekty techniczne opracowuje się w zależności od potrzeb. Z uwagi na konieczność uzgodnienia z gestorami sieci, standard opracowania niektórych projektów branżowych

budowlanych ma szczegółowość projektu wykonawczego. W takiej sytuacji nie ma potrzeby opracowania projektów technicznych.

(7) Projekt zagospodarowania terenu powinien zawierać:

- a) część opisową wraz z wymaganymi kopiami decyzji, opinii oraz uzgodnień dotyczącymi całej inwestycji,
- b) plan orientacyjny, w skali dobranej do zakresu inwestycji, zalecane jest pokazanie z układu arkuszy PZT (jeżeli mapa jest inaczej zorientowana należy wskazać kierunek północy),
- c) arkusze rysunkowe pt. „Projekt zagospodarowania terenu” pokazujące zakresy projektowanych robót budowlanych, rozbiórek oraz innych elementów zagospodarowania przewidzianych w ramach inwestycji, wraz z legendą oznaczeń.

(8) Projekt architektoniczno-budowlany branży torowej powinien zawierać:

- a) część opisową wraz z warunkami oraz uzgodnieniami dotyczącymi branży torowej,
- b) plan orientacyjny w skali dobranej do zakresu inwestycji, wraz z układem arkuszy planu sytuacyjnego,
- c) plan sytuacyjny z opisanymi parametrami technicznymi trasy tramwajowej oraz dróg (typ trasy, klasa drogi, prędkości do projektowania, szerokość toru, rodzaj taboru), dane o geometrii osi torów z opisem charakterystycznych punktów inwestycji, w tym współrzędne co najmniej punktu początkowego i końcowego osi trasy, hektometraż, kilometraż skrzyżowań i punktów charakterystycznych, wymiary w przekroju poprzecznym,
- d) przekroje poprzeczne typowe torowiska wraz z przekrojem ulicy, jeżeli są projektowane jako wspólna inwestycja; charakterystyczne dla inwestycji, wraz z opisaniem skrajni i podstawowych danych technicznych (jw.); rysunki w tej części powinny zawierać istotne elementy rozwiązań projektowania uniwersalnego, zastosowane pod kątem osób ze szczególnymi potrzebami (system fakturowych oznaczeń nawierzchni, wysokości krawężników itp.).

(9) Projekt techniczny branży torowej powinien zawierać:

- a) przekroje podłużne torowiska z opisem danych technicznych (jw.) wraz z elementami geologii,
- b) przekroje poprzeczne typowe, konstrukcyjne zawierające szczegółowe rozwiązania materiałowe oraz elementy odwodnienia, lokalizację wiat przystankowych, ogrodzenia, lokalizację w przekroju elementów trakcji,
- c) analizę oddziaływań ruchu tramwajów na istniejące budowle i na ludzi w ustalonej strefie (zwykle w pasie 20-40 m od osi trasy) i na tej podstawie opis przyjętych rozwiązań konstrukcji torowiska w zakresie wibroizolacji (tzw. analizę wibroizolacyjną),
- d) specyfikację układu geometrycznego osi toru,
- e) specyfikację układu geometrycznego toków szynowych, w szczególności rozwiązania szczegółów konstrukcji i układu geometrycznego rozjazdów.

(10) Projekt wykonawczy branży torowej powinien zawierać:

- a) część opisową, z elementami opisu technologii i kolejności robót oraz z warunkami i uzgodnieniami,
- b) plan sytuacyjny projektowanych rozwiązań wraz z uszczegółowieniem w zakresie opisów i wymiarów projektowanych obiektów,
- c) uszczegółowione profile podłużne wraz z elementami geologii (jw.) oraz odwodnienia,
- d) przekroje poprzeczne konstrukcyjne typowe; uzupełnione o szczegóły rozwiązań, których nie zamieszczono w projekcie technicznym, w tym uzupełnione o szczegóły konkretnych rozwiązań przyjętych do wbudowania,
- e) charakterystyczne przekroje poprzeczne (min. co 25 m); zaleca się przekroje poprzeczne w stałych odległościach, dodatkowo uzupełnione o miejsca charakterystyczne; (jeżeli torowisko tramwajowe znajduje się w pasie drogowym ulicy, to przekroje powinny obejmować również jezdnie drogowe; mogą być opracowaniem wspólnym dla branży drogowej i torowej),

- f) wykaz współrzędnych punktów głównych osi torów oraz innych niezbędnych elementów projektu, w tym niezbędne rozwiązania warstwiczne oraz elementy odwodnienia,
  - g) szczegóły rozwiązań technicznych rozjazdów i innych elementów (m.in. odwodnienia),
  - h) przedmiar, zestawienia ilościowe dla wszystkich robót (np. tabela elementów rozliczeniowych),
  - i) kosztorys inwestorski dla zamawiającego,
  - j) specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót (STWiORB).
- (11) Projekt architektoniczno-budowlany elektroenergetyki trakcyjnej powinien zawierać:
- a) część opisową wraz z warunkami oraz uzgodnieniami, w tym opisy zabezpieczenia przed prądami błędzącymi, ochrony przeciwporażeniowej i przeciwprzepięciowej,
  - b) plan orientacyjny w skali dobranej do zakresu inwestycji, wraz z układem arkuszy planu sytuacyjnego,
  - c) plan sytuacyjny projektowanej sieci trakcyjnej i kabli zasilających, wraz z zakresem demontażu,
  - d) plan sytuacyjny projektowanej instalacji sterowania i ogrzewania zwrotnic, wraz z zakresem demontażu,
  - e) rysunki podstawowych elementów konstrukcyjnych trakcji – konstrukcje wsporcze fundamenty słupów trakcyjnych ewentualnie inne rozwiązania konstrukcyjne mocowania trakcji.
- (12) Projekt techniczny elektroenergetyki trakcyjnej powinien zawierać:
- a) część opisową,
  - b) obliczenia parametrów mechanicznych sieci trakcyjnej górnej i elektrycznych układu zasilania sieci trakcyjnej,
  - c) parametry konstrukcji wsporczych sieci trakcyjnej górnej,
  - d) opis zabezpieczenia przed prądami błędzącymi, ochrony przeciwporażeniowej i przeciwprzepięciowej,
  - e) schemat zasilania sieci trakcyjnej,
  - f) plan sytuacyjny projektowanej sieci trakcyjnej, wraz z powiązaniem z siecią trakcyjną istniejącą,
  - g) profil podłużny sieci górnej na odcinkach w których występuje nienormatywna wysokość zawieszenia sieci,
  - h) przekroje poprzeczne sieci jezdnej w miejscach prowadzenia sieci pod i w obiektach inżynierskich,
  - i) plan sytuacyjny projektowanej instalacji sterowania i ogrzewania zwrotnic.
- (13) Projekt wykonawczy elektroenergetyki trakcyjnej powinien zawierać:
- a) część opisową wraz z warunkami i uzgodnieniami,
  - b) plan sytuacyjny projektowanych rozwiązań wraz z uszczegółowieniem w zakresie opisów,
  - c) rysunki konstrukcyjne; szczegóły rozwiązań,
  - d) tyczenie niezbędnych elementów projektu,
  - e) szczegóły rozwiązań technicznych i schematy,
  - f) tabele naciągu sieci trakcyjnej jezdnej,
  - g) tabele wieszaków sieci łańcuchowej,
  - h) profile podłużne układania kabli trakcyjnych metodą bezwykopową,
  - i) zestawienia montażowe i ilościowe dla wszystkich robót,
  - j) przedmiar (np. tabela elementów rozliczeniowych),
  - k) kosztorys inwestorski,
  - l) specyfikacje techniczne wykonania i odbioru robót (STWiORB)
- (14) Przebudowa i remont tras tramwajowych wymagają opracowania i uzgodnienia dokumentacji dostosowanej do zakresu robót wykonywanych na podstawie zgłoszenia robót budowlanych oraz opisanych w ustawie [11]. Projekt dla robót wykonywanych na zamówienie publiczne powinien także w zakresie dla zgłoszenia zawierać standardowe elementy opisanej powyżej dokumentacji.

#### **4.3.2. Opracowanie i uzgodnienie projektu stałej organizacji ruchu na drodze, wraz ze sterowaniem ruchem tramwajowym**

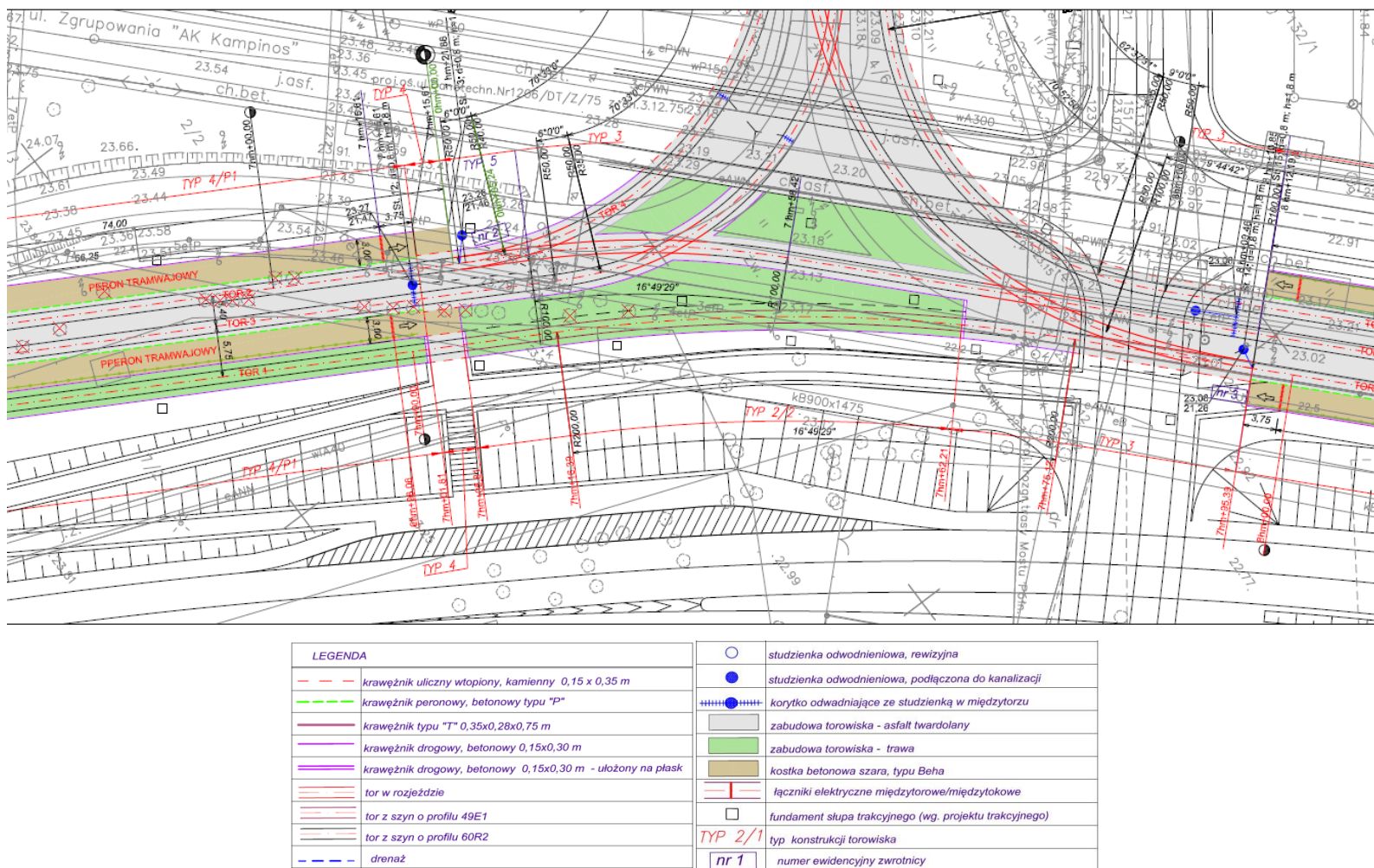
(1) Projekt organizacji ruchu wykonuje się zgodnie z ustawą [8] i rozporządzeniami [2] i [3].

(2) W przypadku zastosowania sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniach stosuje się taki sposób sterowania, aby w miarę możliwości uzyskać priorytet dla tramwaju lub współużytkujących przestrzeń wszystkich środków transportu zbiorowego.



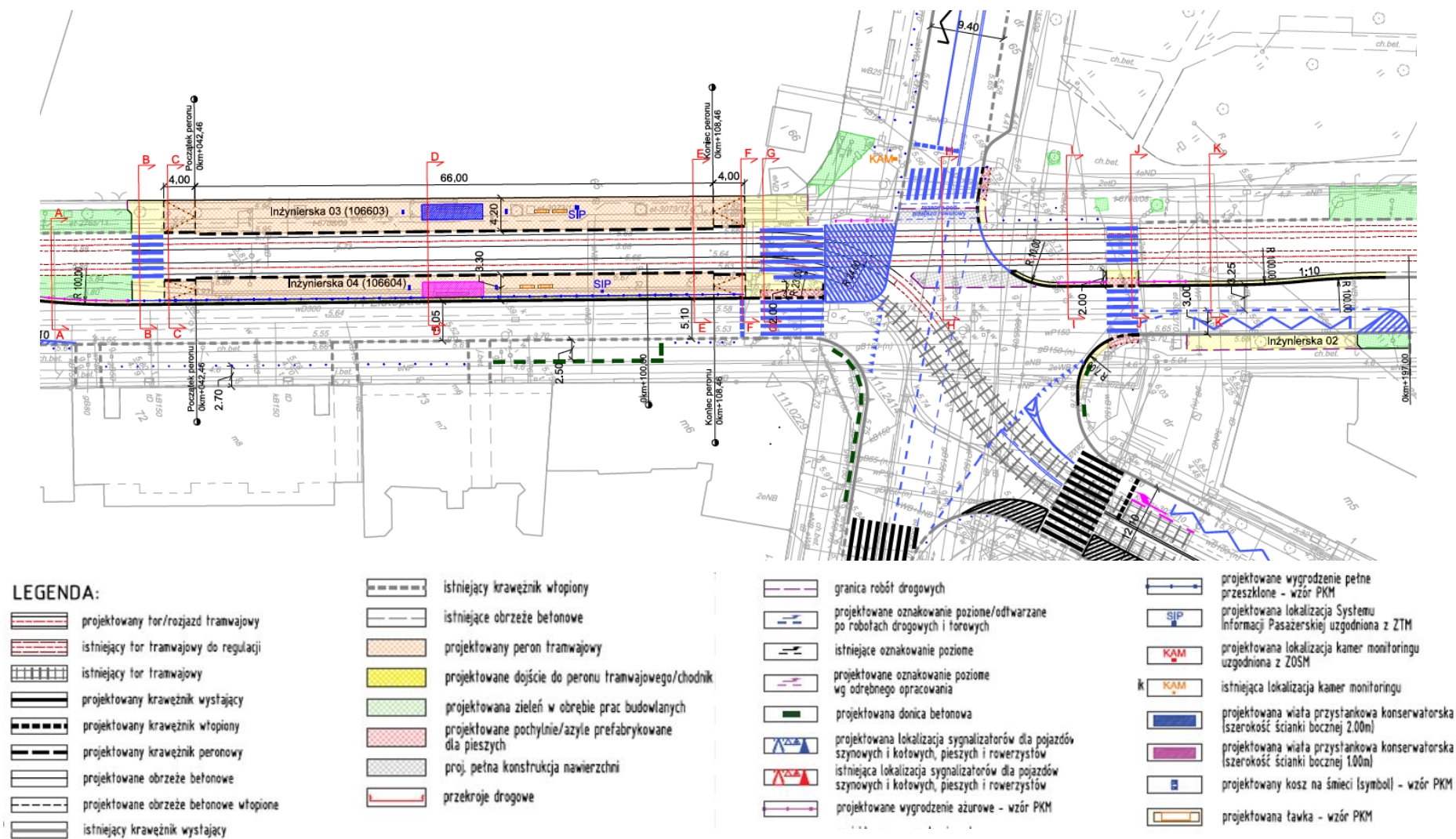
## 4.4. Przykładowe rysunki do projektu trasy tramwajowej – projekt budowlany i wykonawczy

(1) Projektowane obiekty i elementy na PZT oraz na planie sytuacyjnym muszą być czytelne, opisane lub oznaczone odpowiednio dobraną symboliką, przedstawioną na legendzie (rys. 4.4.1). Rysunek powinien zawierać podstawowe dane dotyczące projektu układu geometrycznego torów.



Rys. 4.4.1. Fragment przykładowego planu sytuacyjnego wraz z legendą oznaczeń

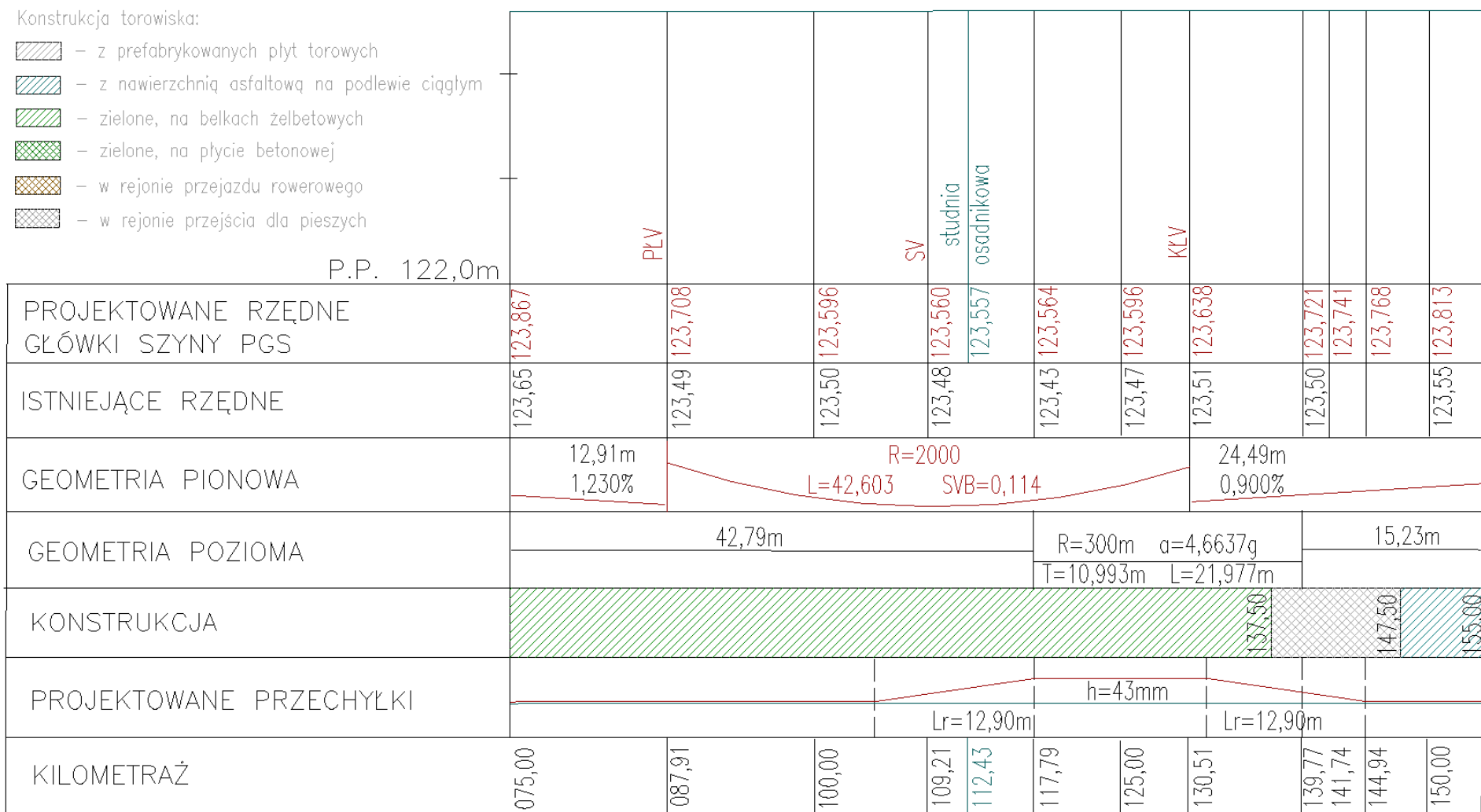
(2) W zależności od zakresu opracowania, projekt przebudowy torowiska może zawierać inne istotne elementy zmian zagospodarowania w przekroju przyległej ulicy. Przykładowe oznaczenia stosowane w projekcie przedstawiono na rys. 4.4.2.



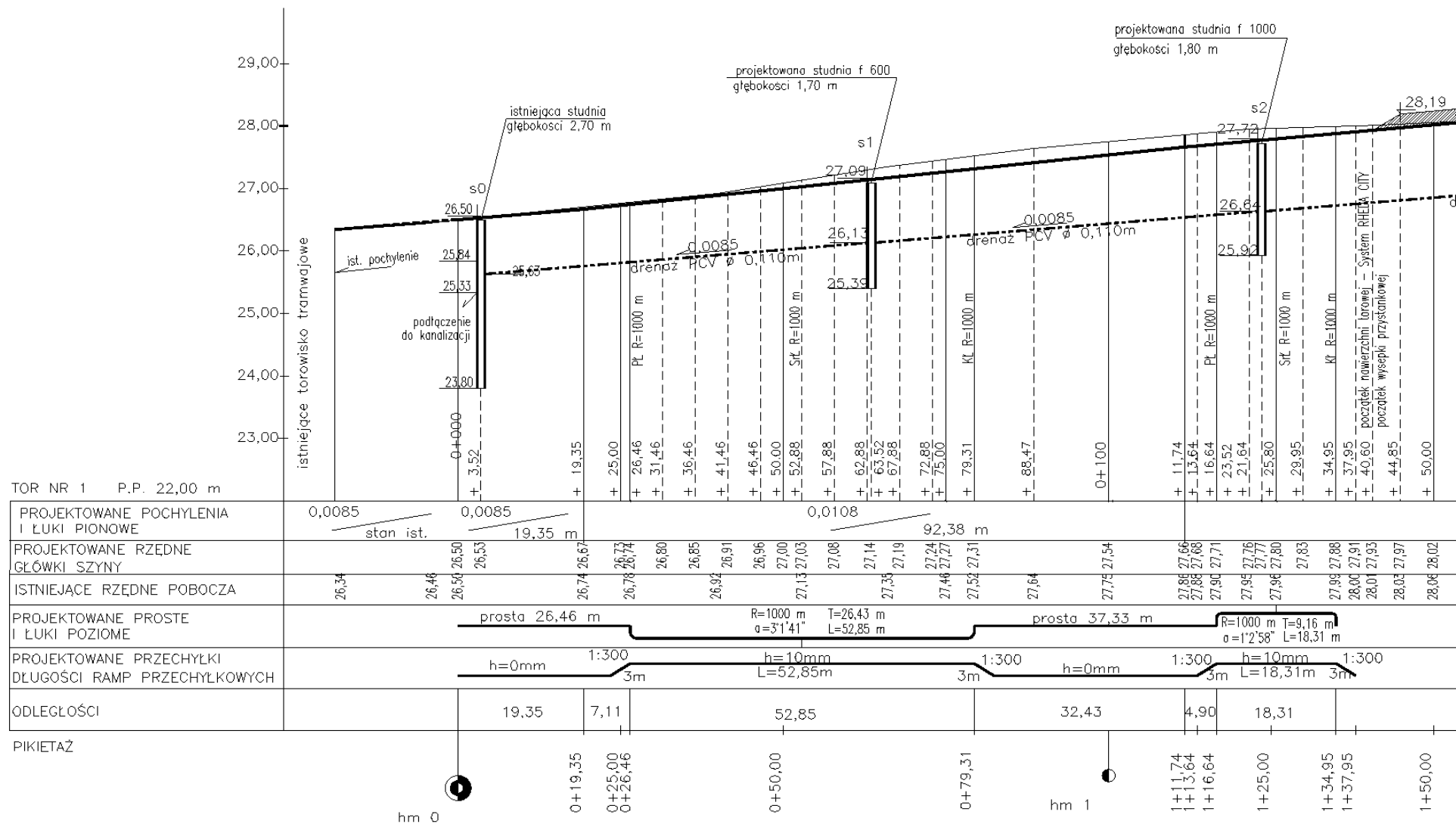
Rys. 4.4.2. Fragment przykładowego planu sytuacyjnego wraz z legendą oznaczeń



(3) Przykłady zobrazowania przekroju podłużnego projektowanego toru tramwajowego w PZT przedstawiają rys. 4.4.3 i 4.4.4.

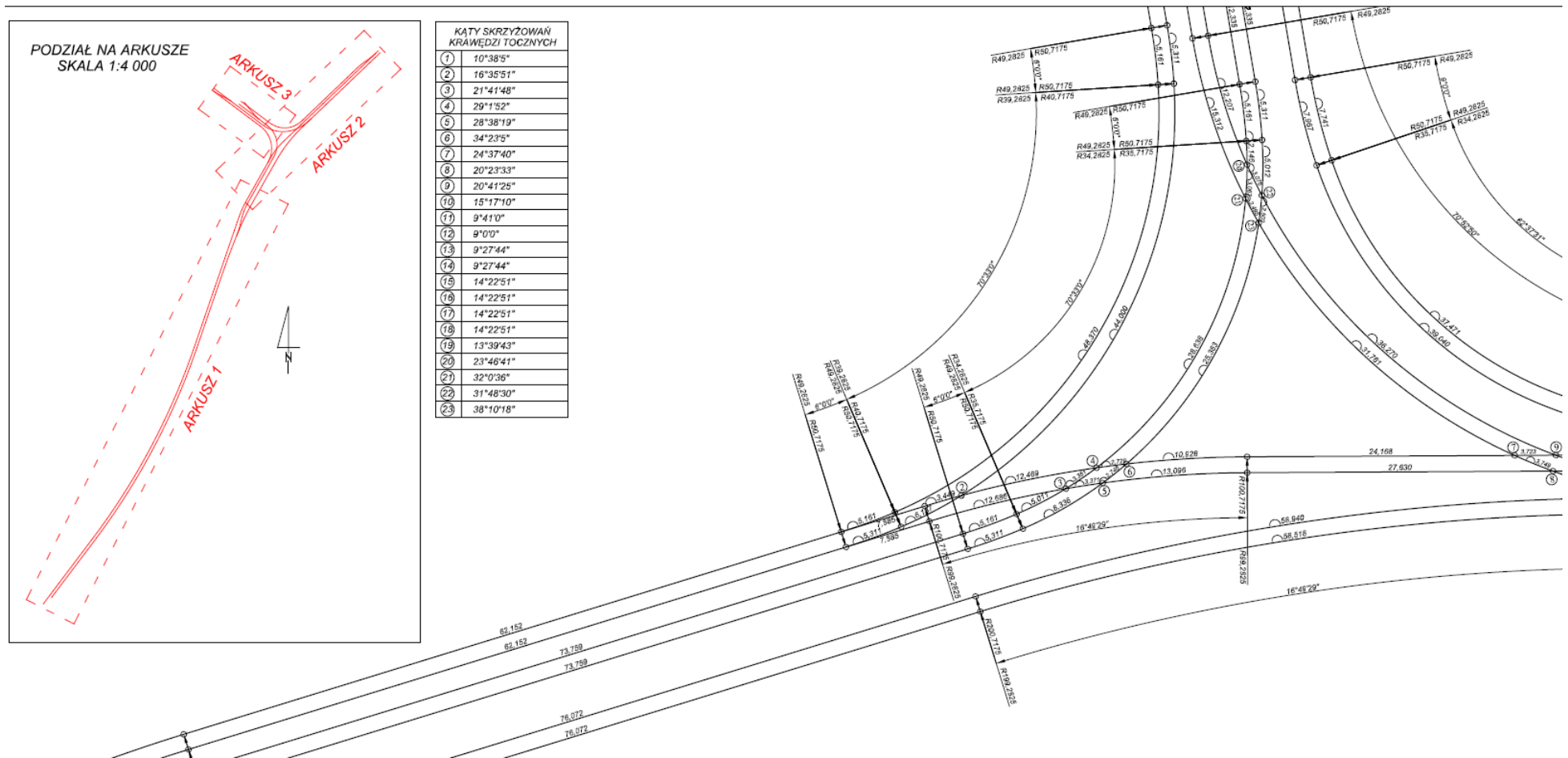


Rys. 4.4.3. Przykład opisu przekroju podłużnego toru wzdłuż osi – fragment

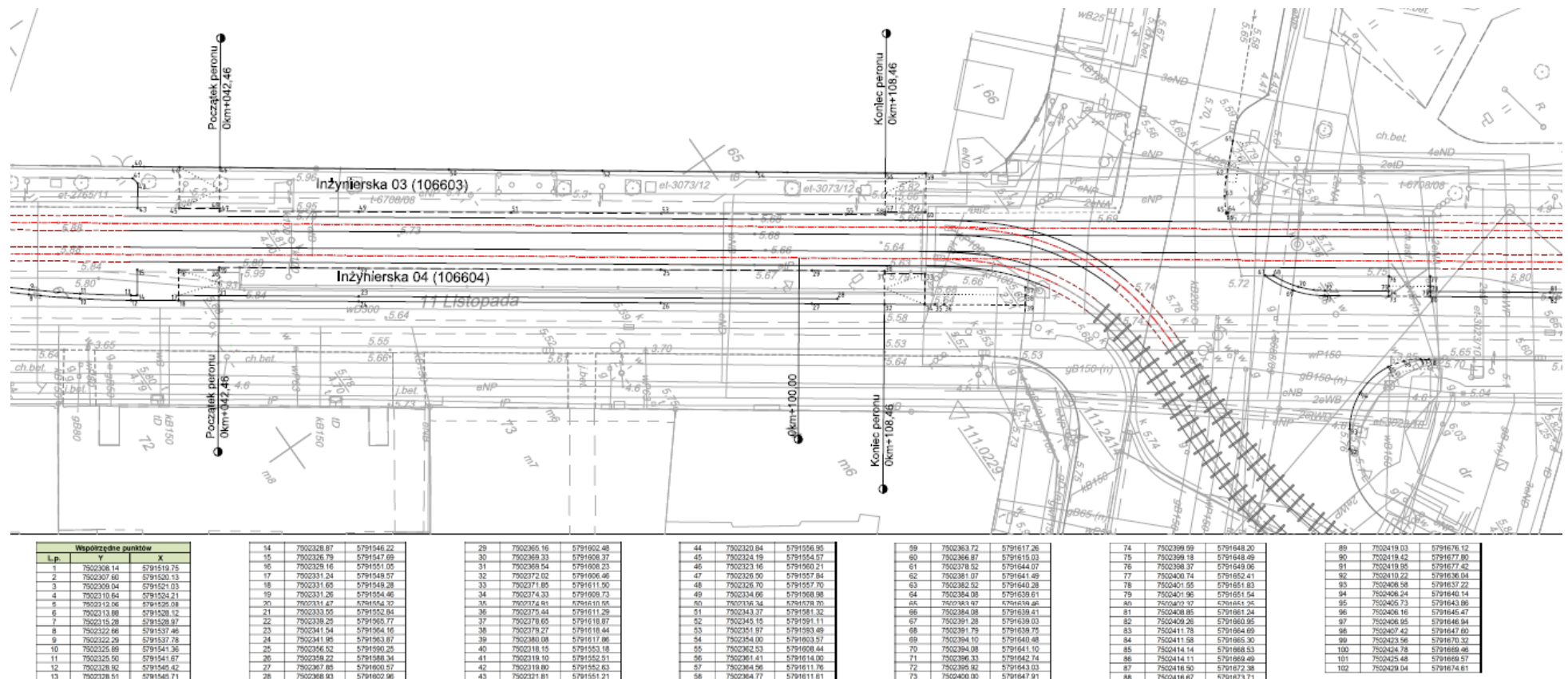


Rys. 4.4.4. Przykład rysunku przekroju podłużnego toru

(4) Przykłady specyfikacji układu geometrycznego toków szynowych w projekcie wykonawczym przedstawiają rys. 4.4.5 i 4.4.6.



**Rys. 4.4.5. Przykład specyfikacji układu geometrycznego toków szynowych w projekcie wykonawczym (tyczenie)**



Rys. 4.4.6. Przykład specyfikacji układu geometrycznego toków szynowych w projekcie wykonawczym

(5) Rysunki pełnią rolę pomocniczą – nie zawierają wszystkich niezbędnych danych do budowy torów. Przykładowo, pełne dane do geodezyjnego wyniesienia toków szynowych oraz innych projektowanych obiektów przekazuje się zamawiającemu w formie elektronicznej.



## 5. Wymagania ogólne do projektowania infrastruktury tramwajowej

### 5.1. Czynniki wpływające na rozwiązania konstrukcji torowisk tramwajowych

(1) Wybór rodzaju konstrukcji torowiska tramwajowego opiera się na równoczesnej ocenie uwarunkowań określonych w tab. 5.1.1.

Tab. 5.1.1. Czynniki wpływające na rozwiązania konstrukcji torowisk tramwajowych

Uwarunkowania	Charakterystyka
funkcjonalne	wynikają z podstawowych charakterystyk: <ul style="list-style-type: none"><li>• tramwajów i warunków ruchu planowanych dla projektowanej trasy (m.in. prędkość do projektowania, maksymalny nacisk osi, rodzaj wózków, natężenie ruchu tramwajów i ruchu innych pojazdów); czynniki te wpływają na trwałość eksploatacyjną elementów konstrukcji – głównie na zużycie szyn i powiązany z tym wybór gatunku lub stali szynowej</li><li>• organizacji ruchu dotyczącej jego ciągłości całodobowej lub z ustalonymi przerwami w ruchu (głównie przerwami nocnymi lub ograniczeniami weekendowymi); czynniki te wpływają na możliwości prowadzenia robót utrzymaniowych w torach szlakowych (w tym na przejazdach), więc rozwiązania konstrukcyjne torowiska powinny umożliwiać realizację takich robót wymagających czasowego demontażu niektórych części składowych konstrukcji torowiska w krótkim czasie nocnego zamknięcia toru</li><li>• struktury i powiązania ruchu tramwajów z ruchem drogowym w obszarze torowiska, co skutkuje koniecznością dostosowania konstrukcji torowiska wspólnego z jezdnią (np. torowiska tramwajowo-autobusowego) i przekłada się na sposób rozwiązania konstrukcji zabudowy torowiska wspólnego z jezdnią</li><li>• obsługi pasażerów na przystankach tramwajowych lub tramwajowo-autobusowych z uwzględnieniem ich wskaźników ilościowych (liczba obsługiwanych pasażerów w przyjętej jednostce czasu) wpływających na warunki utrzymania czystości na obszarze platformy przystankowej i przyległego torowiska; warunki te obejmują m.in. możliwości dojazdu samochodów technicznych związanych z utrzymaniem czystości, co przekłada się na konieczność lokalnego stosowania sztywnej zabudowy torowiska</li></ul>
lokalizacyjne	związane z układem geometrycznym trasy w planie i w profilu, a w szczególności promieniami łuków kołowych i z przechyłką toru oraz możliwością powierzchniowego odprowadzenia wody opadowej z obszaru torowiska
środowiskowe	związane z kompleksowym oddziaływaniem trasy tramwajowej na środowisko; analiza czynników środowiskowych powinna opierać się np. na dostępnej dokumentacji środowiskowej, pomiarach oddziaływań, obliczeniach oddziaływań, inwentaryzacjach i badaniach terenowych, ocenie oczekiwań społecznych i potencjalnych konfliktów
lokalne	np. ogólne wymagania środowiskowe dotyczące m.in. wrażliwości akustycznej i wibracyjnej terenów sąsiednich, zwiększenia udziału powierzchni czynnej biologicznie i poprawy estetyki miasta przez zastosowanie tzw. „zielonej zabudowy torowiska”, albo konieczność ograniczenia wysokości konstrukcyjnej nawierzchni torowej na obiekcie mostowym lub odległości najniższej położonej warstwy konstrukcji torowiska do urządzeń infrastruktury podziemnej
inne	wymagania techniczne o charakterze ogólnym w całym zakresie sieci tramwajowej, jak np. stosowanie jako zasady konstrukcyjnej złączy szynowych spawanych lub zgrzewanych, czyli toru bezстыkowego, oraz ochrony otoczenia obiektów w otoczeniu trasy tramwajowej przed prądami błądzącymi i stosowania izolacji elektrycznej szyn od ich zabudowy oraz podpór szynowych (podkładów)

### 5.2. Kryteria doboru parametrów kinematycznych i geometrycznych

(1) Graniczne parametry układu geometrycznego osi toru powinny być dostosowane do możliwości technicznych wagonów tramwajowych poruszających się danym odcinkiem toru, umożliwiać jazdę tramwajów z maksymalnie wysokimi prędkościami, przy zapewnieniu komfortu podróży dla pasażerów, ze szczególnym uwzględnieniem pasażerów stojących.

(2) Parametry kinematyczne opisują warunki ruchu tramwajów po elementach układu geometrycznego toru bez uwzględniania wszystkich charakterystyk samego pojazdu. Tramwaj o przyjętych do projektowania charakterystykach nazywamy tramwajem miarodajnym.

### 5.2.1. Parametry kinematyczne

(1) Wyróżnia się następujące parametry kinematyczne niezbędne do projektowania układu geometrycznego:

- a) prędkość tramwaju (do projektowania, dozwolona, rzeczywista) [km/h],
- b) przyspieszenie niezrównoważone (występujące w czasie ruchu tramwaju po krzywiźnie lub podczas poruszania się po odcinku prostym z przechyłką) [ $\text{m/s}^2$ ],
- c) zmiana przyspieszenia niezrównoważonego w czasie (występująca na długości krzywej przejściowej lub na długości bazy sztywnej wagonu) [ $\text{m/s}^3$ ],
- d) zmiana przechyłki toru w czasie (występująca na długości rampy przechyłkowej) [mm/s].

(2) W przypadku projektowania układu geometrycznego tras tramwajowych, dopuszcza się stosowanie metod projektowania opisanych w projekcie normy [46].

### 5.2.2. Parametry geometryczne

(1) Parametry geometryczne niezbędne do projektowania układu geometrycznego torowiska tramwajowego przyjmuje się zgodnie z tab. 5.2.2.1.

**Tab. 5.2.2.1. Parametry geometryczne niezbędne do projektowania układu geometrycznego torowiska tramwajowego**

Grupa parametrów geometrycznych	Rodzaj parametru geometrycznego	Jednostka
układ geometryczny toru w płaszczyźnie poziomej	długość odcinka prostego	[m]
	długość łuku kołowego	[m]
	długość krzywej przejściowej lub łuku przejściowego	[m]
	długość rampy przechyłkowej	[m]
	promień łuku kołowego lub łuku przejściowego	[m]
	promień łuku kołowego	[m]
	przechyłka	[mm]
	zmiana przechyłki toru na długości (pochylenie rampy przechyłkowej)	[mm/m]
układ geometryczny toru w płaszczyźnie pionowej	długość odcinka o jednostajnym pochyleniu podłużnym	[m]
	wartość pochylenia podłużnego odcinka o jednostajnym pochyleniu podłużnym	[%]
	algebraiczna różnica sąsiednich pochyłeń podłużnych w załomie niwelety	[%]
	promień łuku pionowego zaokrąglającego załom niwelety	[m]
opisujące tramwaj	długość bazy sztywnej	[m]
	szerokość	[m]
	wysokość	[m]
	szerokość toru	[mm]
	szerokość obręczy	[mm]



### 5.3. Charakterystyki tramwajów

(1) Zarządca torowiska określa tramwaj miarodajny o takich parametrach, aby umożliwić eksploatację wszystkich przewidywanych tramwajów na projektowanym odcinku toru.

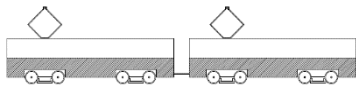
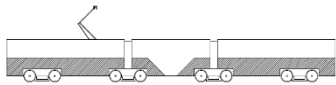
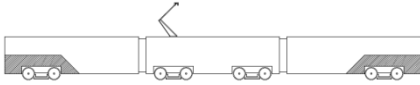

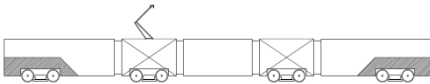
(2) W przypadku eksploatacji na sieci tramwajowej pojazdów o różniących się od siebie charakterystykach, zarządca torowiska może dobrać jeden z pojazdów i przyjąć go jako miarodajny lub wybrać najbardziej niekorzystne cechy eksploatowanych pojazdów i na tej podstawie opisać tramwaj miarodajny.

(3) Tramwaj miarodajny opisuje się co najmniej następującymi parametrami:

- a) długość bazy sztywnej,
- b) szerokość (ze złożonymi lusterkami),
- c) wysokość (ze złożonym odbierakiem prądu),
- d) szerokość toru,
- e) szerokość obręczy,
- f) szerokość (grubość) obrzeża,
- g) profil koła,
- h) prędkość maksymalna,
- i) masa,
- j) maksymalny nacisk osi,
- k) kąt skrętu wózka (zamiennie wózek obrotowy, wózek bez możliwości swobodnego obrotu),
- l) parametry związane z możliwością pokonywania elementów układu geometrycznego w płaszczyźnie poziomej (minimalny promień łuku),
- m) parametry związane z możliwością pokonywania elementów układu geometrycznego w płaszczyźnie pionowej (maksymalne dopuszczalne pochylenie podłużne, minimalny promień łuku pionowego),
- n) przyspieszenie rozruchu i opóźnienie hamowania,
- o) odległość od czoła wagonu do osi pierwszego (najbliższego) zestawu kołowego,
- p) odległość drzwi dostępnych oraz pozostałych od czoła wagonu, odległość między krawędziami drzwi leżącymi najbliżej czoła i tyłu tramwaju.

(4) Jeżeli tramwaj miarodajny nie został określony przez zarządcę torowiska, do projektowania układu geometrycznego toru przyjmuje się parametry w zależności od typowych konstrukcji tramwaju na podstawie tab. 5.3.1 (zakresowany fragment wagonu oznacza część wysokopodłogową lub z poziomą podłogą wyższą niż 350 mm ponad powierzchnię główek szyn; człon przekreślony oznacza oparcie na wózku bez możliwości swobodnego obrotu).

Tab. 5.3.1. Zestawienie typowych konstrukcji tramwajów

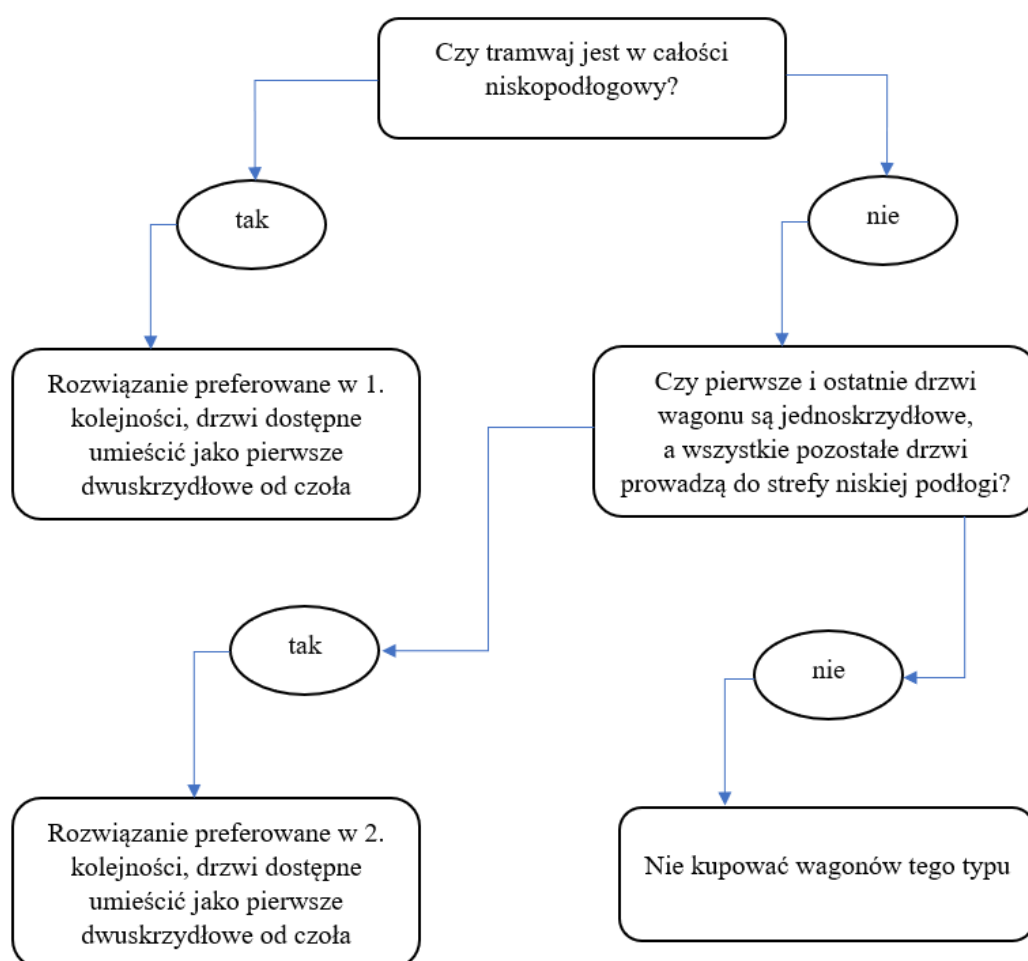
Model referencyjny	Schemat tramwaju	Długość tramwaju [m]	Długość bazy sztywnej [m]	Odległość od czoła do osi wózka [m]	Szerokość wagonu [m]	Masa wagonu [t]	Liczba pasażerów [szt.]	Nacisk osi [kN]	Moc ciąгла [kW]	Przyspieszenie rozruchu [m/s <sup>2</sup> ]	Opóźnienie hamowania roboczego [m/s <sup>2</sup> ]
105N		2 × 13,0	6,0	4,0	2,4	34	250	64	330	0,8	1,0
MF 09 AC		15,0	6,0	4,0	2,4	22	99	71	200	1,0	1,2
GT8		26,0	6,0	3,9	2,4	26	260	54	300	1,0	1,2
NGT8		32,0	5,0	3,9	2,4	42	225	71	420	1,2	1,3
NGT6		26,0	4,0	3,9	2,4	30	178	69	500	1,2	1,3
121N		20,0	3,0	4,3	2,4	25	122	81	420	1,2	1,3
120N		32,0	3,0	4,3	2,4	43	211	94	420	1,2	1,3
2014N		43,0	5,0	4,3	2,4	59	300	77	630	1,2	1,3
S1110		29,0	3,0	5,2	2,5	43	216	94	480	1,2	1,3
140N		33,0	3,0	2,8	2,5	50	240	89	480	1,2	1,4

## 5.4. Wytyczne taborowe wynikające z przesłanek infrastrukturalnych

(1) Szerokość pojazdu powinna być ustandaryzowana wewnątrz sieci. W szczególności dotyczy to odległości pomiędzy osią podłużną wagonu a progiem drzwi. Zalecane do stosowania szerokości wagonów wynoszą 2,40 i 2,65 m. Przy odpowiednio dostosowanej infrastrukturze przytorowej, możliwa jest eksploatacja wagonów o szerokości 2,40 m do wysokości peronów i 2,65 m powyżej. Różnica szerokości wyrównywana jest za pomocą odpowiednich skosów lub zaokrągleń.

(2) Wagony tramwajowe powinny być niskopodłogowe. Preferowane jest rozwiązanie, w którym wszystkie drzwi pojazdu mają próg na jednolitej wysokości, zawartej w przedziale od 20 do 35 cm ponad PGS.

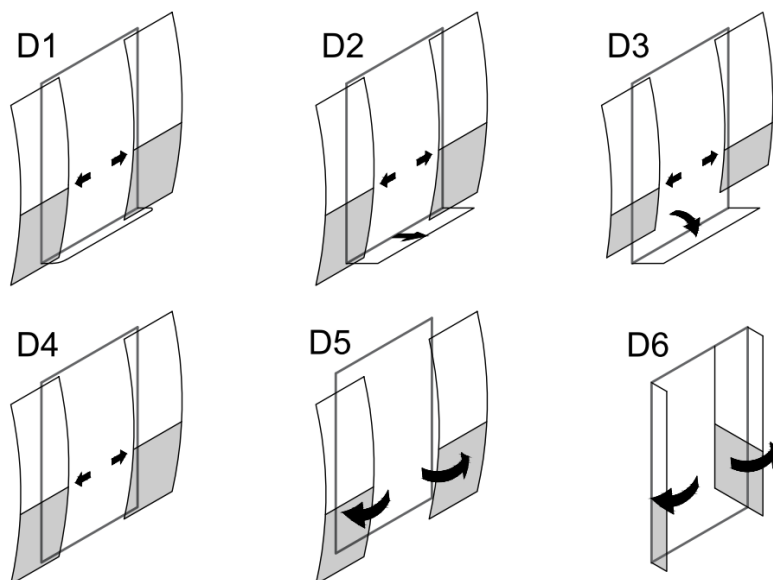
(3) Poszczególne typy taboru dobiera się według zasad przedstawionych na rys. 5.4.1.



Rys. 5.4.1. Zasady doboru typów taboru tramwajowego, wynikające z przesłanek infrastrukturalnych

(4) Ze względu na możliwość kolizji skrzydła drzwi z blisko dosuniętą peronową krawędzią dostępu, w ścisły i jednolity w skali sieci sposób ustala się zasadę otwierania drzwi w taborze. Preferowane są rozwiązania z jak najniższym numerem porządkowym, przedstawione na rys. 5.4.2.

(5) Zaleca się stosowanie regulowanego zawieszenia wagonów, umożliwiającego kompensację zużycia kół, szyn oraz ugięcia zawieszenia od obciążenia pasażerami, w celu utrzymania optymalnych wielkości szczelin poziomej  $S_h$  i pionowej  $S_v$  między progiem wagonu a peronową krawędzią dostępu.



**Rys. 5.4.2. Zasady otwierania drzwi w taborze, wynikające z przesłanek infrastrukturalnych: D1 – drzwi odskokowo-przesuwne, próg stały o głębokości nie mniejszej niż wysięg drzwi; D2 – drzwi odskokowo-przesuwne, próg ruchomy o głębokości nie mniejszej niż wysięg drzwi; D3 – drzwi odskokowo-przesuwne lub odskokowe, próg zawieszony zawiasowo; D4 – drzwi odskokowo-przesuwne, brak wystającego progu; D5 – drzwi odskokowe; D6 – drzwi otwierane w inny sposób niż w przypadkach D1-D5**

(6) Ze względów bezpieczeństwa zaleca się wykonywanie progów stałych w postaci elementów z tworzywa sztucznego lub twardej gumy, zamocowanych w listwie metalowej, albo deformowalnych ażurowych elementów metalowych. Dzięki takiemu rozwiązaniu nawet otarcie lub uderzenie w krawędź peronową nie spowoduje uszkodzeń wagonu i peronu, wymagających kosztownej naprawy, a jedynie prostą wymianę niedużej części. Próg stały powinien być najbardziej wystającym elementem wagonu w bok od osi toru, nie licząc lusterek.

(7) Do urządzeń ułatwiających poruszanie się, dedykowanych osobom z niepełnosprawnościami, wziętych pod uwagę w wytycznych zalicza się: laski, kule, balkoniki bez kół, balkoniki z parą lub dwiema parami kół, wózki inwalidzkie z napędem ręcznym, elektrycznym, holowniki do wózków inwalidzkich oraz skutery inwalidzkie. Rozmiary tych urządzeń brane są pod uwagę przy zagospodarowaniu przestrzeni przystanku, natomiast ich zdolność pokonywania przeszkód – do określania maksymalnej wielkości szczelin poziomej i pionowej między wagonem a peronową krawędzią dostępu.

## 5.5. Warunki ruchu tramwajów

(1) Ze względu na warunki ruchu trasy tramwajowe dzieli się na trasy tramwaju klasycznego (oznaczone jako TA-TE) oraz trasy tramwaju szybkiego (oznaczane jako TS).

(2) Ze względu na lokalizację, trasy tramwaju klasycznego dzieli się na:

- a) typu TA – trasa tramwajowa wydzielona z jezdni, usytuowana niezależnie od jezdni,
- b) typu TB – trasa tramwajowa wydzielona z jezdni, usytuowana wzdłuż jezdni,
- c) typu TC – trasa tramwajowa wspólna z jezdnią, o ograniczonej dostępności wyłącznie do ruchu autobusów lub pojazdów uprzywilejowanych,
- d) typu TD – trasa tramwajowa wspólna z jezdnią, o nieograniczonej dostępności do ruchu pojazdów samochodowych,
- e) typu TE – trasa tramwajowa wspólna z jezdnią, z dopuszczeniem ruchu pieszych lub rowerów.

(3) Trasy typu TS projektuje się jako wydzielone z jezdni, usytuowane niezależnie lub wzdłuż jezdni.

(4) Tory szlakowe projektuje się w taki sposób, aby tramwaje mogły się po nich poruszać z prędkością do projektowania.

- (5) Tory szlakowe projektuje się w miarę możliwości z zachowaniem jednorodności projektowej.
- (6) Prędkości do projektowania na torach szlakowych przyjmuje się zgodnie z tab. 5.5.1.

**Tab. 5.5.1. Standardowe i dopuszczalne prędkości do projektowania na torach szlakowych**

Typ trasy	Prędkość do projektowania [km/h]		Uwagi
	Standardowa	Dopuszczalna w trudnych warunkach	
TS	≥70	≥50	określa się indywidualnie
TA, TB	70	50-70	jeżeli odległości pomiędzy skrzyżowaniami lub przystankami wynoszą ≥500 m
	50	30-50	jeżeli odległości pomiędzy skrzyżowaniami lub przystankami wynoszą <500 m
TC, TD	50	30-50	-
TE	30	10-30	-

(7) Należy zakładać, że w rejonie przystanków (z wyjątkiem przystanków na żądanie) każdy tramwaj będzie się zatrzymywał.

(8) Węzły rozjazdowe projektuje się jako:

- umożliwiające bezpieczny przejazd tramwaju w dowolnym dozwolonym kierunku na danym węźle,
- umożliwiające przejazd tramwajów bez zatrzymania się bez względu na kolejność pojawiania się na wlocie węzła, za wyjątkiem sytuacji wynikających z warunków ruchu.

(9) Węzły rozjazdowe na trasach typu TS projektuje się, a na trasach TA zaleca się projektować jako:

- umożliwiające przejazd tramwajów w kierunku zasadniczym z prędkością nie mniejszą niż prędkość do projektowania na sąsiednich torach szlakowych; (w trudnych warunkach dopuszcza się redukcję prędkości do projektowania na kierunku zasadniczym w obrębie węzła o nie więcej niż 30 km/h w stosunku do odcinka poprzedzającego),
- umożliwiające przejazd tramwajów w kierunku zwrotnym z prędkością nie mniejszą niż 50% prędkości do projektowania na kierunku zasadniczym.

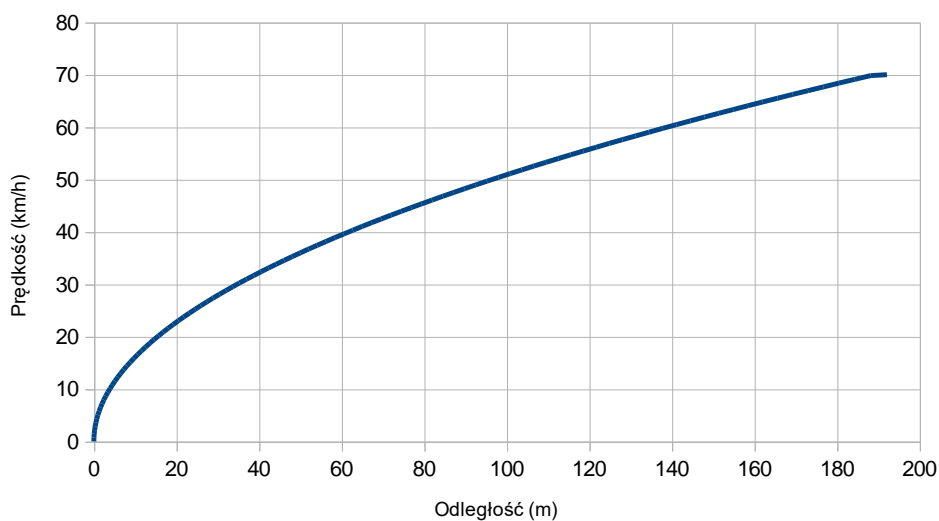
(10) Węzły rozjazdowe na trasach pozostałych typów projektuje się jako umożliwiające osiągnięcie jak największej prędkości przejazdu przez węzeł rozjazdowy (w trudnych warunkach dopuszcza się redukcję prędkości dozwolonej w obrębie węzła do wartości nie mniejszej niż 10 km/h).

(11) W trudnych warunkach dopuszcza się przyjmowanie innych warunków ruchu tramwajów za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

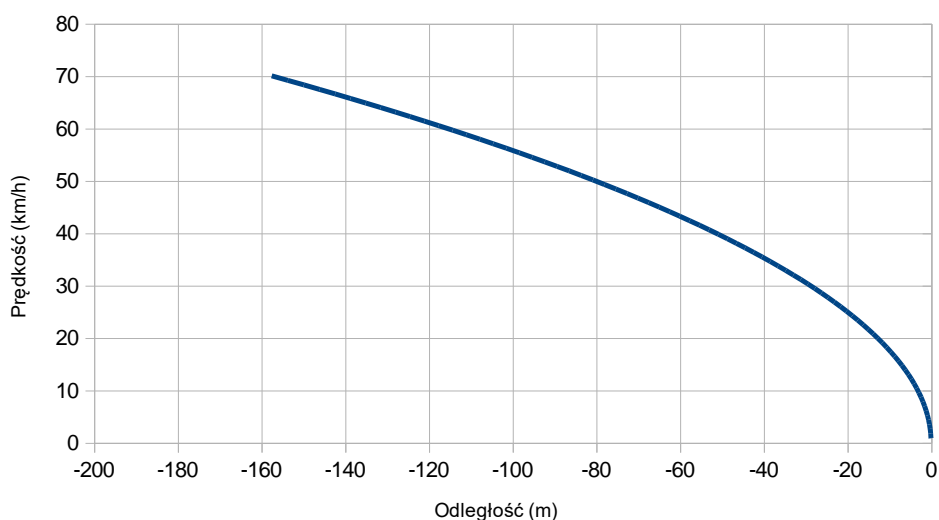
(12) Prędkość rzeczywistą tramwajów ustala się na podstawie parametrów kinematycznych oraz geometrycznych tramwaju miarodajnego dla początku (w przypadku hamowania) lub końca tramwaju (w przypadku rozpędzania). Jeżeli wartości przyspieszeń rozruchu i opóźnień hamowania dla tramwaju miarodajnego nie zostały określone przez zarządcę torowiska, przyjmuje się typowe zależności prędkości od odległości od punktu zatrzymania według rys. 5.5.1 i 5.5.2.

(13) W przypadku znacznych pochyłeń podłużnych toru (opisanych w podrozdziale 7.4.2), odpowiednio wydłuża się drogi hamowania dla kierunku jazdy w dół oraz drogi rozpędzania się dla kierunku jazdy pod górę. Należy wykonać analizy dróg hamowania w różnych warunkach przyczepności oraz na różnych pochyleniach w ramach analiz bezpieczeństwa ruchu tramwajów. Do wstępnych analiz możliwe jest przyjmowanie dwukrotnego wydłużania drogi hamowania dla pochylenia 6%.

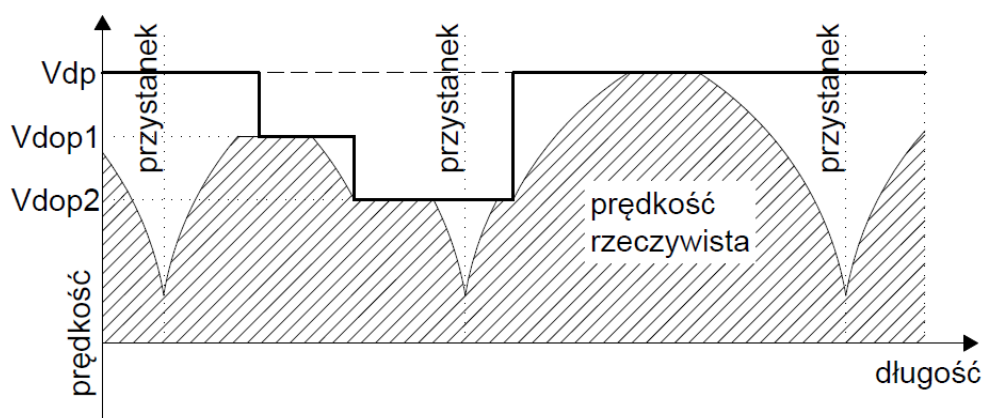
(14) Zależności pomiędzy prędkościami do projektowania, dopuszczalną oraz rzeczywistą, przedstawia rys. 5.5.3. W osi przystanków prędkość rzeczywistą przyjmuje się jako większą od zera, z uwagi na długość tramwaju.



Rys. 5.5.1. Zależność prędkości od drogi dla rozpędzania tramwaju



Rys. 5.5.2. Zależność prędkości od drogi dla hamowania tramwaju



Rys. 5.5.3. Graficzna interpretacja pojęć prędkości do projektowania  $V_{dp}$ , dozwolonej  $V_{dop}$  i rzeczywistej  $V_r$

## 6. Projektowanie konstrukcji torowisk tramwajowych

### 6.1. Systematyka i terminologia elementów składowych konstrukcji torowisk tramwajowych i ich oznaczenia

#### 6.1.1. Grupy elementów składowych konstrukcji torowiska

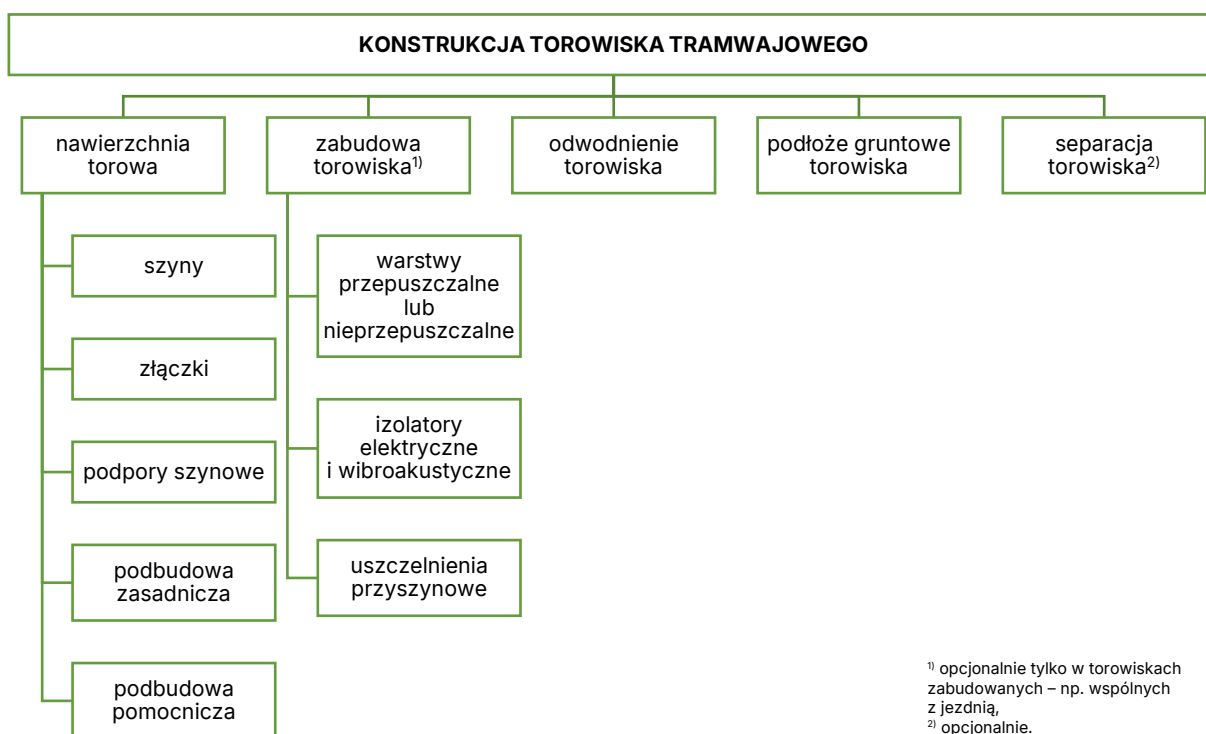
(1) Podstawowy podział konstrukcji torowisk tramwajowych opiera się na kryterium zastosowania podsypki jako głównej warstwy nośnej i kształtującej układ geometryczny toru. Jeżeli w konstrukcji torowiska tramwajowego tak określoną funkcję spełnia podsypka, to wówczas konstrukcja taka jest konstrukcją podsypkową, a jeżeli tę funkcję spełnia warstwa wykonana bez zastosowania podsypki (np. element betonowy, stalowy lub wykonany z innego materiału), to jest to wówczas konstrukcja bezpodsypkowa.

(2) Zasadę podsypkowej i bezpodsypkowej konstrukcji torowiska tramwajowego oraz nazwy warstw i elementów składowych tych konstrukcji przedstawiają rys. 6.2.1, 6.2.2 i 6.2.3. Rysunki te mają charakter schematyczny i przedstawiają ogólną zasadę konstrukcji. Szczegółowe rozwiązania techniczne powinny być przedmiotem dokumentacji projektowej opartej na założeniach projektowych określonych przez inwestora, zarządcę torowiska lub projektanta przy uwzględnieniu czynników przedstawionych w podrozdziale 5.1.

(3) Na rys. 6.2.1, 6.2.2 i 6.2.3 nie pokazano położenia warstwy ulepszanego podłoża i warstwy wibroizolacyjnej, które mają charakter opcjonalny i nie zawsze występują w konstrukcji torowiska. Nie pokazano także warstwy odsączającej, z tego powodu, że rolę tej warstwy może pełnić warstwa podbudowy pomocniczej lub warstwa ulepszanego gruntu podłoża.

(4) Nie wszystkie warstwy i elementy pokazane na rys. 6.2.1, 6.2.2 i 6.2.3 muszą występować w konkretnym projekcie. Liczba i rodzaj warstw występujących w danej konstrukcji torowiska zależy od warunków gruntowo-wodnych, odległości torowiska od zabudowy mieszkaniowej uwzględnionej w tzw. analizie wibroizolacyjnej, od materiałów użytych do wykonania warstw konstrukcji nawierzchni torowej i od innych czynników opisanych w podrozdziale 5.1.

(5) W skład konstrukcji torowiska tramwajowego wchodzi warstwy i elementy składowe przedstawione na schemacie blokowym na rys. 6.1.1.1.



Rys. 6.1.1.1. Warstwy i elementy składowe konstrukcji torowiska tramwajowego



(6) W odniesieniu do torowisk tramwajowych stosowanie określenia „nawierzchnia tramwajowa” jest niejednoznaczne i tym samym niewłaściwe, bowiem w nawierzchni tak nazywanej mogą występować dwa rodzaje nawierzchni:

- a) nawierzchnia torowa (w torowiskach wydzielonych i w torowiskach wspólnych z jezdnią),
- b) nawierzchnia drogowa (w torowiskach wspólnych z jezdnią), będąca jednym z możliwych rozwiązań nieprzepuszczalnej zabudowy torowiska.

(7) Każdy z tych rodzajów nawierzchni określa się jednoznacznie jedną z powyższych nazw (tj. nawierzchnia torowa lub nawierzchnia drogowa) odpowiednio do przedmiotu opisu.

### 6.1.2. Szyny

(1) W torowiskach tramwajowych stosuje się trzy zasadnicze rodzaje szyn, a w każdym z tych rodzajów mogą występować profile szyn określone oznaczeniami literowo-liczbowymi (rys. 6.2.4):

- a) szyny Vignole’a (dawniej nazywane szynami kolejowymi),
- b) szyny rowkowe (dawniej nazywane szynami tramwajowymi) – w tym szyny powstałe przez obróbkę profili konstrukcyjnych np.: 105C1, 310C1 stosowanych w rozjazdach,
- c) szyny specjalne, stosowane głównie w rozjazdach, w których są dodatkowo charakteryzowane określeniami wynikającymi z ich ukształtowania i funkcji jaką spełniają w rozjeździe (np. iglice, opornice).

(2) Szczegółowe wymagania i dane charakteryzujące określone rodzaje i profile szyn są zawarte w podrozdziale 6.3.7. Wymiary najczęściej stosowanych profili szyn w torowiskach tramwajowych w Polsce są przedstawione na rys. 6.2.5.

### 6.1.3. Złączki

(1) Złączki, w zależności od spełnianej przez nie funkcji, dzielą się na:

- a) złącza szynowe łączące wzdłuż toru końce szyn w toki szynowe,
- b) poprzeczki torowe łączące toki szynowe poprzecznie do osi toru i tworzące w ten sposób ramę toru – zasada konstrukcji poprzeczek torowych jest przedstawiona na rys. 6.2.7,
- c) systemy przytwierdzenia szyny – dwa zespoły elementów, które stanowią sprężyste podparcie szyny i sprężyste mocowanie szyny do podpory szynowej, utrzymując ją w wymaganym położeniu, pozwalając jednocześnie na niezbędne pionowe, poprzeczne i podłużne sprężyste przemieszczenia szyny.

(2) Złącza szynowe w zależności od przyjętego kryterium klasyfikacji dzielą się na:

- a) złącza szynowe podparte, w których podpory szynowe stykają się ze sobą pod końcami szyn (pod stykiem szyn) oraz złącza szynowe wiszące, w których podpory szynowe nie stykają się ze sobą pod końcami szyn, lecz są oddalone od siebie wzdłuż toru w ustalonej odległości (kryterium klasyfikacji jest tu sposób podparcia końców szyn),
- b) złącza szynowe spawane, zgrzewane lub złącza szynowe klasyczne, wykonane za pomocą pary łubków (kryterium klasyfikacji jest tu sposób łączenia końców szyn wzdłuż toru),
- c) złącza izolowane i nieizolowane (kryterium klasyfikacji jest tu możliwość przepływu przez złącze szynowe prądu powrotnego),
- d) złącza szynowe przejściowe (kryterium klasyfikacji jest tu łączenie szyn różnych rodzajów, np. szyn Vignole’a z szynami rowkowymi, i szyn o różnych profilach, np. 60E1 z 49E1).

(3) W miejscach zmiany rodzaju lub profilu szyny stosuje się złącza szynowe przejściowe. Zasada wykonania spawanego lub zgrzewanego złącza szynowego szyn o dwóch różnych profilach (jako przykład jednego z kilku możliwych wariantów technologicznych wykonania przejściowego złącza szynowego) jest przedstawiona na rys. 6.2.6; jest to przykład złącza przejściowego szyny rowkowej i szyny Vignole’a.

(4) W zależności od rozwiązań konstrukcji torowiska (m.in. podsypkowa/bezpodsykowa) w skład systemu przytwierdzenia szyny wchodzi różne elementy składowe. System przytwierdzenia szyny w uproszczeniu nazywany jest także przytwierdzeniem szyny. Podział systemów przytwierdzenia szyny jest przedstawiony na rys. 6.1.3.1.

(5) System przytwierdzenia szyny spełnia dwie podstawowe funkcje:

- a) sprężystego podparcia szyny,
- b) sprężystego mocowania szyny.

(6) Funkcja podparcia szyny polega na przeniesieniu obciążeń pionowych i poziomych (bocznych) na podporę szynową lub podbudowę torowiska oraz na izolacji elektrycznej szyny względem podpory szynowej lub względem podbudowy torowiska. W podparciu szyny wektor siły (oporu sprężystego) działa od dołu do góry. Elementami składowymi podparcia szyny występującymi w wersji ciągłej lub nieciągłej (punktowej) są: przekładki podszynowe, profile nakładane na stopkę szyny, podlewy z trwale sprężystych mas żywicznych oraz opcjonalnie zestawy podkładek np. podkładka żebrowa i podkładka wibroizolacyjna, podkładka regulacyjna itp.

(7) Funkcja mocowania szyny polega na:

- a) wywieraniu siły nacisku działającej na stopkę szyny (docisku stopki szyny do podpory szynowej lub do podbudowy torowiska), a wektor tej siły działa od góry do dołu,
- b) stawianiu oporu podłużnego przeciw przemieszczeniom szyny wzdłuż toru (przeciw tzw. pełzaniu szyny),
- c) stawianiu oporu poprzecznego przeciw bocznemu przesunięciu i obrotowi szyny (zwykle na zewnątrz toru).

(8) W zależności od zastosowanych w systemie przytwierdzenia szyny sposobów podparcia i mocowania są rozróżniane następujące rodzaje systemów przytwierdzenia szyny (rys. 6.1.3.1):

- a) ciągłe systemy przytwierdzenia z ciągłym podparciem szyny i ciągłym jej mocowaniem, np. systemy szyny w otulinie z masy żywicznej,
- b) punktowe systemy przytwierdzenia (nieciągłe) z punktowym podparciem szyny i punktowym jej mocowaniem, np. szyny na podkładach lub na podporach blokowych,
- c) mieszane systemy przytwierdzenia z ciągłym podparciem szyny i punktowym jej mocowaniem, np. system węzłów kotwiących z ciągłym podparciem szyny.

(9) Szyny przytwierdzone do podpór szynowych w postaci podkładów tworzą ruszt torowy, który może być powiązany konstrukcyjnie z różnymi rozwiązaniami podbudowy zasadniczej torowiska tramwajowego.

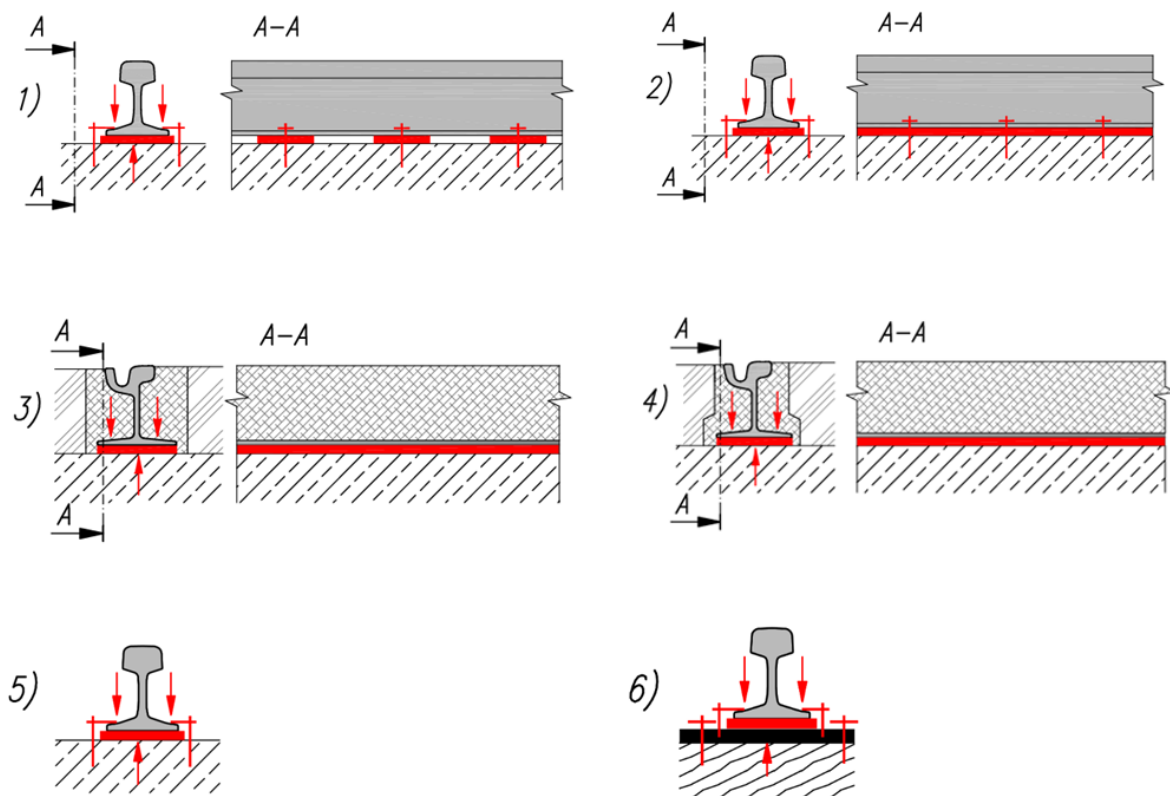
(10) Ciągłe, punktowe i mieszane systemy przytwierdzenia szyny można dodatkowo podzielić, z uwagi na sposób przenoszenia siły docisku szyny na podporę szynową lub podbudowę torowiska, na pośrednie i bezpośrednie przytwierdzenia szyny. W pośrednich systemach przytwierdzenia siła docisku szyny jest przenoszona na element pośredni występujący między szyną a podporą szynową lub podbudową torowiska. Element pośredni jest mocowany do podpory szynowej lub do podbudowy torowiska niezależnie. W bezpośrednich systemach przytwierdzenia siła docisku szyny (siła mocowania) jest przenoszona od razu na podporę szynową lub podbudowę torowiska przez element sprężystego podparcia stopki szyny w postaci przekładki podszynowej lub sprężystego podlewu z żywicy. Zasadę konstrukcji pośrednich i bezpośrednich systemów przytwierdzenia szyny przedstawia rys. 6.1.3.1 (odpowiednio przykłady nr 5 i 6).

(11) Elementami mocowania szyny występującymi w wersji nieciągłej (punktowej) są łapki (sztywne lub sprężyste), śruby stopowe i wkręty. Łapki zapewniają aktywną siłę docisku stopki szyny wynikającą ze sprężenia łapki, np. za pomocą jej dociśnięcia śrubą albo wkrętem. Mocowania w tej wersji są określane jako mocowania mechaniczne.







(12) Elementami mocowania szyny występującymi zwykle w wersji ciągłej są masy zalewowe lub profile przyszynowe wypełniające komory łukowe szyny lub otaczające stopkę szyny, zapewniające sprężysty opór przeciwdziałający jej pionowym przemieszczeniom. Opór ten jest zapewniany przez odpowiednio ukształtowane elementy (tzw. wkładki komorowe) dociśnięte

i zablokowane od góry elementami zabudowy torowiska (np. betonem cementowym). Mocowania szyny w tej wersji są określane jako mocowania kształtowe.

(13) Jeżeli opór mocowania jest zapewniany przez sprężyste masy zalewowe łączące szynę z powierzchniami kanału szynowego na zasadzie sklejenia, to mocowania takie są określane jako mocowania klejone.



Legenda:

-  – mechaniczne mocowanie szyny (np. śruba stopowa, łapka sprężysta, wkręt)
-  – podparcie szyny (np. przekładka podszynowa, profil gumowy, sprężysta masa podlewowa)
-  – pośrednie podparcie szyny (np. podkładka żebrowa)
-  – zasadnicza podbudowa torowiska
-  – wektor siły mocowania
-  – wektor siły podparcia

**Rys. 6.1.3.1. Podział systemów przytwierdzenia szyny: 1 – punktowe (punktowe podparcie, mocowanie punktowe); 2 – mieszane (podparcie ciągłe, mocowanie punktowe); 3 – ciągłe z mocowaniem klejonym (podparcie i mocowanie ciągłe); 4 – ciągłe z mocowaniem kształtowym (podparcie i mocowanie ciągłe); 5 – bezpośredni system przytwierdzenia szyny; 6 – pośredni system przytwierdzenia szyny**

## 6.1.4. Podpory szynowe

(1) W zależności od konstrukcji, materiału i miejsca zastosowania podpory szynowe dzielą się na:  
a) podkłady belkowe (np. drewniane, kompozytowe, betonowe lub rzadziej stalowe)  
oznaczane symbolami literowo-liczbowymi przypisywanymi do poszczególnych

- typów zróżnicowanych m.in. kształtem przekroju podkładu, cechami materiałowymi i wytrzymałościowymi,
- b) podkłady dwublokowe w postaci dwóch bloków betonowych występujących pod każdym z toków szynowych, połączonych poprzecznie stalowym łącznikiem,
  - c) bloki podporowe w postaci dwóch bloków betonowych występujących oddzielnie pod każdym z toków szynowych bez stalowego łącznika, wbudowanych w betonową płytę podbudowy zasadniczej (tzw. płytę torową),
  - d) podrozdajnice (np. drewniane, betonowe lub kompozytowe) stosowane w rozjazdach,
  - e) mostownice (np. drewniane, kompozytowe lub stalowe) stosowane w torze na obiektach inżynierskich.

### 6.1.5. Podbudowa torowiska

(1) Podbudowa zasadnicza stanowi główną warstwę nośną i kształtującą układ geometryczny toru wykonywaną jako podsypka (tłuczniowa) lub płyta (np. betonowa płyta podbudowy zasadniczej) albo ława (np. betonowa ława podbudowy zasadniczej).

(2) Podbudowa pomocnicza (warstwa ochronna lub układ kilku warstw) pełni funkcję wzmacniającą, mrozoochronną i wodoprzepuszczalną. Wykonywana jest zwykle z kruszywa naturalnego, stosowana w konstrukcjach podsypkowych i bezpodsypkowych.

### 6.1.6. Zabudowa torowiska

(1) Zabudowa torowiska to położony zwykle powyżej poziomu stopek szyn układ elementów i warstw stosowany w celu spełnienia przez torowisko dodatkowej funkcji (oprócz ruchu tramwajów). Na zabudowę torowiska składają się elementy określone w tab. 6.1.6.1.

**Tab. 6.1.6.1. Charakterystyka elementów zabudowy torowiska**

Element zabudowy torowiska	Charakterystyka i przykłady
warstwa przepuszczalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>np. warstwa z kruszywa, warstwa substratu i roślinności, zwykle trawy (tzw. zabudowa trawiasta)</li> <li>torowisko zabudowane substratem i roślinnością określa się ogólnie jako torowisko zielone, a w przypadku występowania nazwy danej rośliny określane dodatkowo od tej nazwy lub rodziny roślin, do której ona należy, np. dla trawy lub rozchodnika, jako torowisko trawiaste lub rozchodnikowe</li> </ul>
warstwa nieprzepuszczalna	<ul style="list-style-type: none"> <li>odpowiednio przystosowane do ruchu pojazdów (np. samochodów, rowerów) lub pieszych poruszających się po tej warstwie</li> <li>warstwy nieprzepuszczalne mogą być wykonane np. z betonu cementowego (wylewanego na mokro lub dostarczanego jako prefabrykat), z mieszanek mineralno-asfaltowych (MMA), z kostki betonowej lub kamiennej, z tworzyw sztucznych lub z gumy i innych materiałów</li> </ul>
izolator elektryczny	<ul style="list-style-type: none"> <li>służące do izolacji elektrycznej szyn stosowanej w celu ochrony określonych obiektów przed upływnością prądu, czyli przed tzw. prądami błądzącymi</li> <li>są to profile przyszynowe (tj. wkładki do komór łukowych szyny albo otulina stopki szyny) lub odpowiednia powłoka dielektryczna nanoszona na szynę (poza powierzchnią toczną główki szyny)</li> <li>izolatory elektryczne o odpowiedniej rezystancji skośnej wykonane z elastomerów mogą jednocześnie pełnić funkcję izolatorów wibroakustycznych</li> <li>powinny one wypełniać przestrzeń bezpośrednio przylegającą do ustalonej powierzchni szyny redukując poziom hałasu i wibracji (drgań materiałowych) emitowanych do otoczenia podczas ruchu tramwajów</li> </ul>
uszczelnienie przyszynowe	<ul style="list-style-type: none"> <li>stosowane w celu zapobiegania penetracji (wnikania) wody w konstrukcję torowiska na styku szyny i nieprzepuszczalnej zabudowy torowiska</li> <li>sprężyste uszczelnienie przyszynowe może być zapewniane przez izolatory elektryczne lub masy zalewowe zapewniające szczepność z główką szyny oraz z przyległym do niej materiałem zabudowy torowiska</li> </ul>

(2) Roślinną zabudowę torowiska może też stanowić warstwa położona zarówno powyżej jak i częściowo poniżej poziomu stopek szyn. Może być to wypełnienie górnego obszaru pomiędzy

elementami nośnymi konstrukcji torowiska (np. pomiędzy podbudową zasadniczą w postaci ław betonowych wykonanych pod każdym z toków szynowych) stanowiące wówczas podłoże gruntowe dla zabudowy roślinnej torowiska.

(3) Zabudowa torowiska może występować opcjonalnie. Jeżeli jest ona elementem składowym konstrukcji torowiska, to wówczas torowisko takie określa się jako torowisko zabudowane, a jeżeli zabudowa torowiska nie występuje, to jest to torowisko niezabudowane. W niektórych opracowaniach z branży energetyki trakcyjnej spotykane są także określenia „torowiska otwarte i zamknięte”, które ze względu na dwuznaczność tych określeń nie są stosowane w polskiej terminologii branży torowej.

### 6.1.7. Odwodnienie torowiska

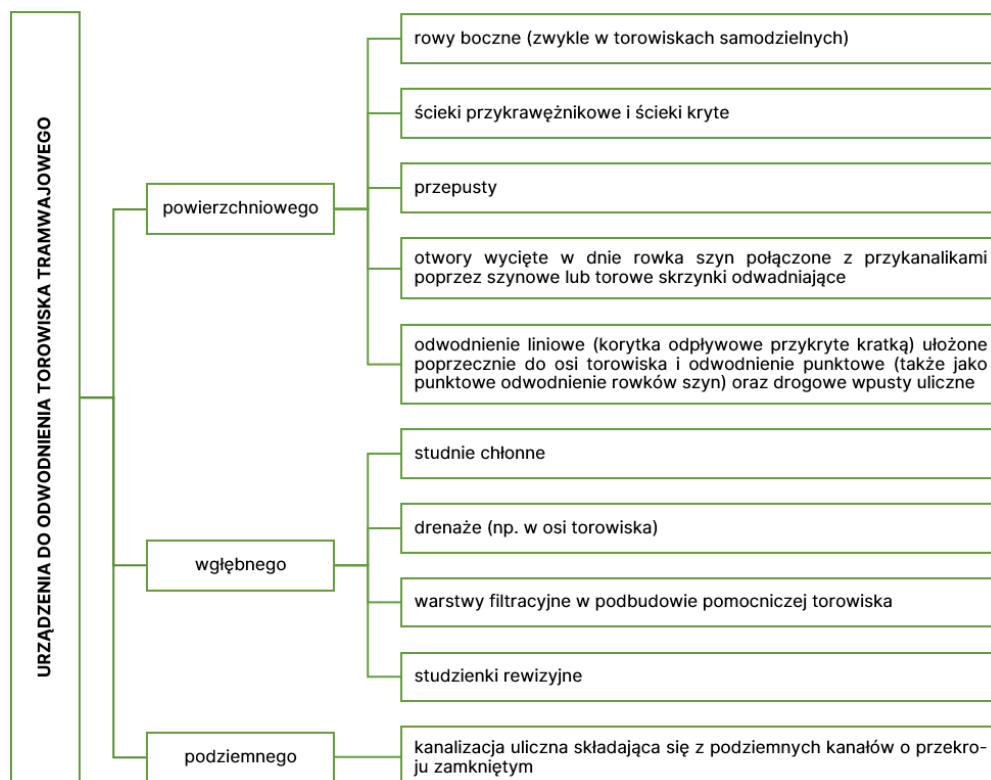
(1) Odwodnienie torowiska jest to system urządzeń przeznaczony do:

- o sprawnego, skutecznego ujęcia wody opadowej z obszaru torowiska w celu zmniejszenia jej wpływu na degradację konstrukcji torowiska i na bezpieczeństwo użytkowników drogi (np. pieszych na przejściach dla pieszych przez torowisko tramwajowe),
- o sprawnego, skutecznego ujęcia i odprowadzenia wód przenikających do spodu konstrukcji torowiska (do podbudowy pomocniczej),
- o obniżenia zwierciadła wód gruntowych do poziomu wymaganego,
- o drenażu ochronnego na terenach osuwiskowych,
- o oczyszczania wód ze szkodliwych zanieczyszczeń pochodzących z użytkowania torowiska oraz wprowadzania wody do środowiska.

(2) System odwodnienia torowiska dzieli się na:

- o odwodnienie powierzchniowe (odprowadza z powierzchni torowiska wodę opadową i napływającą z przyległych terenów),
- o odwodnienie wgłębne (filtracyjne, odprowadza wodę przenikającą w głąb konstrukcji torowiska),
- o odwodnienie podziemne (szczelne, kanalizacyjne).

(3) Systematykę urządzeń do odwodnienia torowiska tramwajowego przedstawia schemat blokowy na rys. 6.1.7.1.



Rys. 6.1.7.1. Urządzenia do odwodnienia torowiska tramwajowego



(4) Schemat działania wody na konstrukcję torowiska jest przedstawiony na rys. 6.6.1. Spotykane są też inne ukształtowania spadków zabudowy torowiska niż na rys. 6.6.1, przy czym woda zawsze musi być odprowadzona z obszaru torowiska.

### 6.1.8. Podłoże gruntowe torowiska

(1) Podłoże gruntowe torowiska to warstwy materiału gruntowego stanowiącego grunt rodzimy lub nasypowy o odpowiednim ukształtowaniu (nasyp, przekop) i zagęszczeniu.

(2) W przypadku niewystarczającej nośności podłoża gruntowego torowiska stosuje się zwykle jego wzmacnianie m.in. przez stabilizację spoiwami hydraulicznymi, doziarnienie, wymianę gruntu do ustalonej głębokości, albo inne metody wzmacniania gruntu.

### 6.1.9. Separacja torowiska

(1) Separacja torowiska to zestaw elementów (zwykle krawężników) oddzielających torowisko od przyległych części lub warstw konstrukcyjnych pasa drogowego (np. jezdni, peronu, zieleńca, itp.).

(2) Elementy separacyjne mogą być, w zależności od rozwiązań funkcjonalnych torowiska, wyniesione ponad płaszczyznę główek szyn (PGS) lub umieszczone w płaszczyźnie główek szyn albo poniżej tej płaszczyzny (tzw. krawężniki wtopione).

(3) Możliwy jest także brak zastosowania separacji torowiska, np. w torowiskach samodzielnych o konstrukcji podsypkowej (jak w kolejnictwie przy zastosowaniu tzw. pryzmy podsypki) lub w torowiskach odseparowanych od jezdni namalowaną na niej linią ciągłą.

### 6.1.10. Warstwa wibroizolacyjna

(1) Warstwa wibroizolacyjna występuje opcjonalnie, w zależności od potrzeby stosowania dodatkowych rozwiązań redukujących emisję wibracji i hałasu wtórnego od ruchu tramwajów do określonych budynków w otoczeniu trasy, a także w celu ograniczenia rozkruszania tłucznia wskutek jego dynamicznych obciążeń od ruchu tramwajów. Wykonywana jest zwykle w postaci sprężystej maty wibroizolacyjnej (UBM) układanej na spodzie podbudowy zasadniczej torowiska, albo w postaci sprężystych podkładek podpokładowych (USP) mocowanych do spodu podkładu.

(2) Szczegółowe rozwiązania warstwy wibroizolacyjnej, a w szczególności przyjęcie sprężystych charakterystyk elementów zastosowanych do wykonania tej warstwy powinno następować na podstawie wyników analizy wibroizolacyjnej opracowanej przez certyfikowaną jednostkę badawczą z uwzględnieniem miarodajnych danych charakteryzujących jazdę po torze określonego typu tramwaju przyjętego jako najbardziej niekorzystne źródło wzbudzenia wibracji i hałasu wtórnego. Podstawą takiej analizy powinny być m.in. przetworzone do postaci tzw. widma częstotliwościowego oddziaływań (zwykle wartości przyspieszeń) pomierzonych w ustalonych miejscach chronionego obiektu i analiza modelu strukturalnego tego obiektu dokonana z uwagi na skuteczność elementów wibroizolacyjnych zastosowanych w zamodelowanej konstrukcji torowiska lub w konstrukcji tego obiektu (np. budynku).

(3) Oceny wyników analiz dokonuje się zgodnie z normami, np. [15] i [16].

### 6.1.11. Zalecane skrótowe określenia typów konstrukcji torowisk tramwajowych

(1) Opis typu konstrukcji torowiska powinien zawierać podstawowe dane techniczne wyróżniające ten konkretny typ od innych typów, tak aby możliwe było określenie rozwiązania projektowego bez wskazywania nazwy własnej (handlowej) producenta elementów przyjętego systemu konstrukcji torowiska. Zaleca się także, aby nazwa typu zawierała oznaczenia literowo-liczbowe powiązane z opisem tego typu, m.in. tak, aby wprowadzając nazwę typu, np. na planie sytuacyjnym, znane były podstawowe dane techniczne tego typu bez konieczności sprawdzania opisu technicznego lub rysunków przekrojów konstrukcyjnych. Dopuszcza się stosowanie innego opisu typu konstrukcji torowiska spełniającego zasadnicze założenia niniejszych zaleceń.

(2) Do podstawowych danych technicznych w opisowym określeniu typu konstrukcji torowiska zalicza się:

- a) rodzaj konstrukcji torowiska tramwajowego z dalszym oznaczeniem identyfikującym podbudowę torowiska i opcjonalnie podpory szynowe (np. dla konstrukcji podsypkowej w przypadku potrzeby rozróżnienia podkładów drewnianych od betonowych),
- b) system przytwierdzenia szyny,
- c) profil szyny,
- d) rodzaj zabudowy torowiska.

(3) W zalecanej nazwie typu konstrukcji torowiska tramwajowego stosuje się ukośniki pomiędzy poszczególnymi symbolami informacyjnymi, np. „Bp/p/49E1/t”. Kolejność podawanych informacji w nazwie powinna być zawsze taka sama, tj. w kolejności od lit. a do d w akapicie (2). Brak informacji o zabudowie torowiska oznacza, że torowisko jest niezabudowane. W przypadku dopuszczenia różnych rozwiązań zabudowy torowiska, ale przy zachowaniu jednakowej jego konstrukcji, dopuszczalne warianty zabudowy wymienia się w nawiasie oddzielając je ukośnikami np. „(ba/pg)”.

(4) Zaleca się stosowanie jednolitego systemu skrótów do tworzenia nazw typów konstrukcji torowiska, określonego w tab. 6.1.11.1.

(5) W uzasadnionych przypadkach, nieznanym zastosowaniu w poniższych przykładach oznaczeń, możliwe jest ich uzupełnianie o oznaczenia dodatkowe odpowiednie do specyficznych potrzeb opracowywanej dokumentacji projektowej. W dokumentacji przetargowej inwestor może określić jedynie wybrane dane techniczne opisujące oczekiwany typ konstrukcji torowiska (np. tylko określić rodzaj konstrukcji torowiska jako: torowisko o podsypkowej podbudowie zasadniczej lub torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej). Pozostałe parametry powinny być wówczas uszczegółowione przez projektanta w dokumentacji projektowej.

(6) Przykłady nazwy i opisu typu konstrukcji torowiska z zastosowaniem systemu skrótów według tab. 6.1.11.1:

- a) Bp/psp/(49E1/60R2 dla  $R < 150$ )/t – torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej z punktowym systemem przytwierdzenia szyny o profilu 49E1 (zamiennie w łukach o  $R < 150$  m – o profilu 60R2) oraz o zabudowie torowiska z warstwy substratu i trawy,
- b) P/pb/psp(49E1/60R2 dla  $R < 150$ ) – torowisko o podsypkowej podbudowie zasadniczej na podkładach betonowych z punktowym systemem przytwierdzenia szyny o profilu 49E1 (zamiennie w łukach o  $R < 150$  m – o profilu 60R2), niezabudowane.

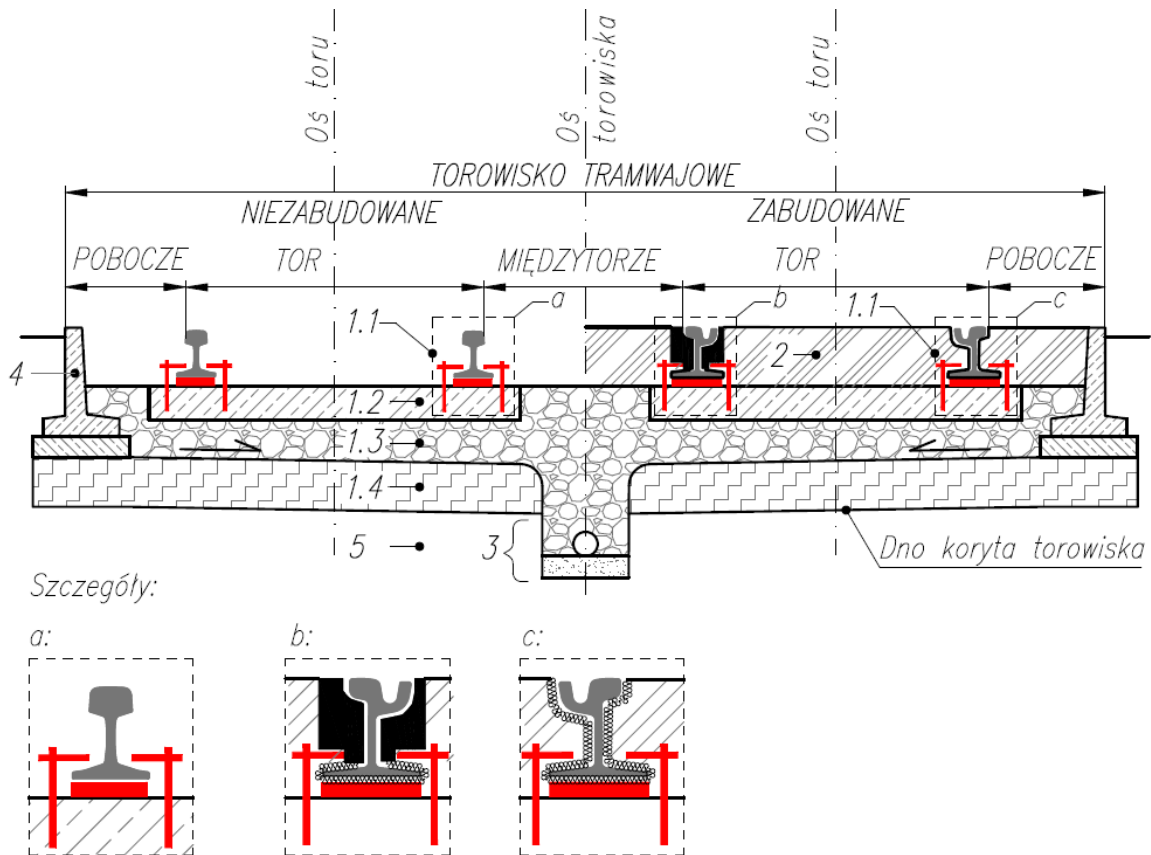


**Tab. 6.1.11.1. Jednolity system skrótów do tworzenia nazw typów konstrukcji torowiska**

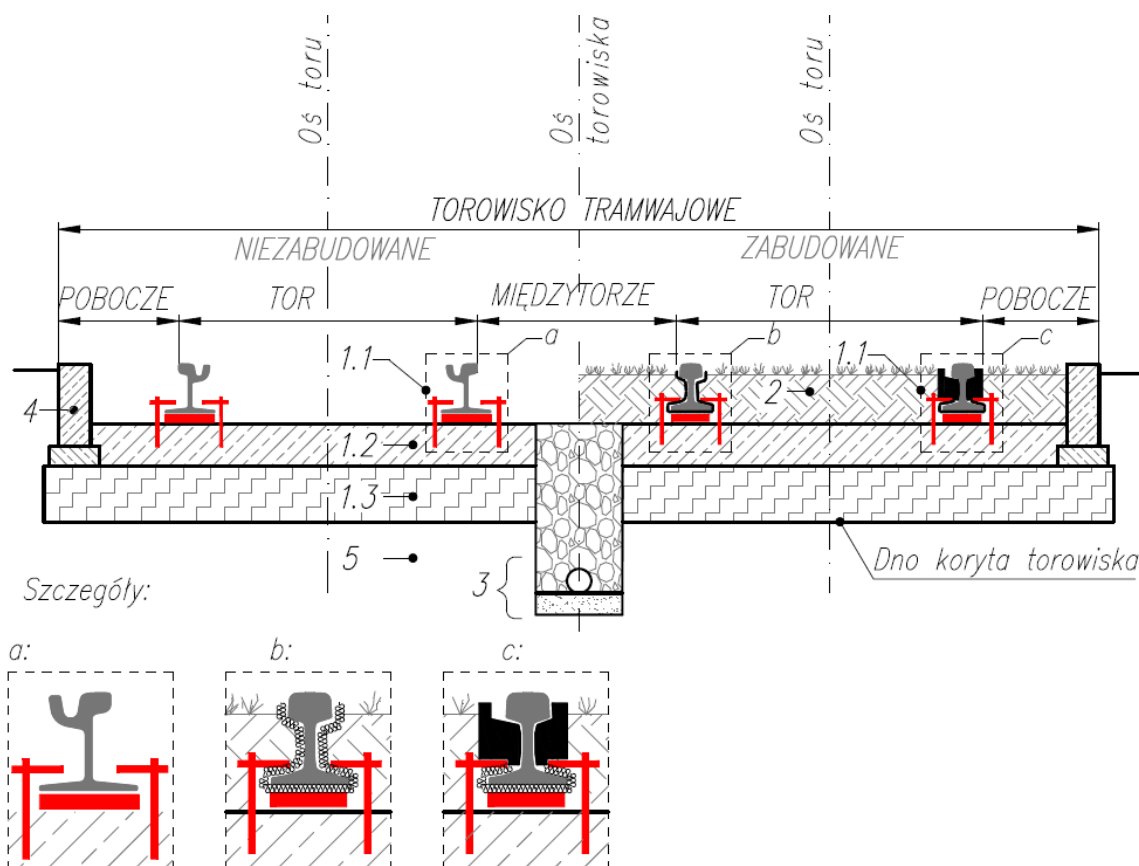
Element opisywany	Skrót	Opis
rodzaj konstrukcji torowiska i ustroju nośnego	<b>P</b>	torowisko o podsypkowej podbudowie zasadniczej
	<b>Bp</b>	torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej
	<b>Bł</b>	torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci podłużnych ław betonowych
	<b>Bpz</b>	torowisko o bezpodsypkowej podbudowie betonowej w postaci płyty zintegrowanej z zabudową torowiska
rodzaj systemu przytwierdzenia szyny <sup>1)</sup>	<b>csp</b>	ciągły system przytwierdzenia szyny
	<b>psp</b>	punktowy system przytwierdzenia szyny
	<b>msp</b>	mieszany system przytwierdzenia szyny
rodzaj zabudowy torowiska	<b>t</b>	zabudowa torowiska warstwą substratu i trawy
	<b>r</b>	zabudowa torowiska warstwą substratu i rozchodnika
	<b>ba</b>	zabudowa torowiska betonem asfaltowym
	<b>bc</b>	zabudowa torowiska betonem cementowym
	<b>bc+at</b>	dwuwarstwowa zabudowa torowiska częściowo betonem cementowym i asfaltem twardolanym
	<b>kb</b>	zabudowa torowiska kostką betonową
	<b>kk</b>	zabudowa torowiska kostką kamienną
	<b>pk</b>	zabudowa torowiska płytami kamiennymi
	<b>pg</b>	zabudowa torowiska płytami gumowymi lub materiałem o cechach zbliżonych do gumy
	<b>mu</b>	zabudowa torowiska z prefabrykowanych płyt betonowych opartych na stopkach szyn (np. typu Mirosław Ujski lub równoważnych)
	<b>ept</b>	zabudowa torowiska z prefabrykowanych płyt betonowych typu EPT lub równoważnych
	<b>tł</b>	zabudowa torowiska tłuczniami
rodzaj podpór szynowych	<b>pd</b>	podkłady drewniane
	<b>prd</b>	podrozdźnice drewniane
	<b>pb</b>	podkłady betonowe
	<b>prb</b>	podrozdźnice betonowe
	<b>pk</b>	podkłady kompozytowe
	<b>prk</b>	podrozdźnice kompozytowe
	<b>md</b>	mostownice drewniane
	<b>mk</b>	mostownice kompozytowe
	<b>pbb</b>	podpory szynowe blokowe betonowe

<sup>1)</sup> wyjaśnienia nazw systemów przytwierdzenia szyny są zawarte w podrozdziale 6.1.3 akapit (8) i na rys. 6.1.3.1.

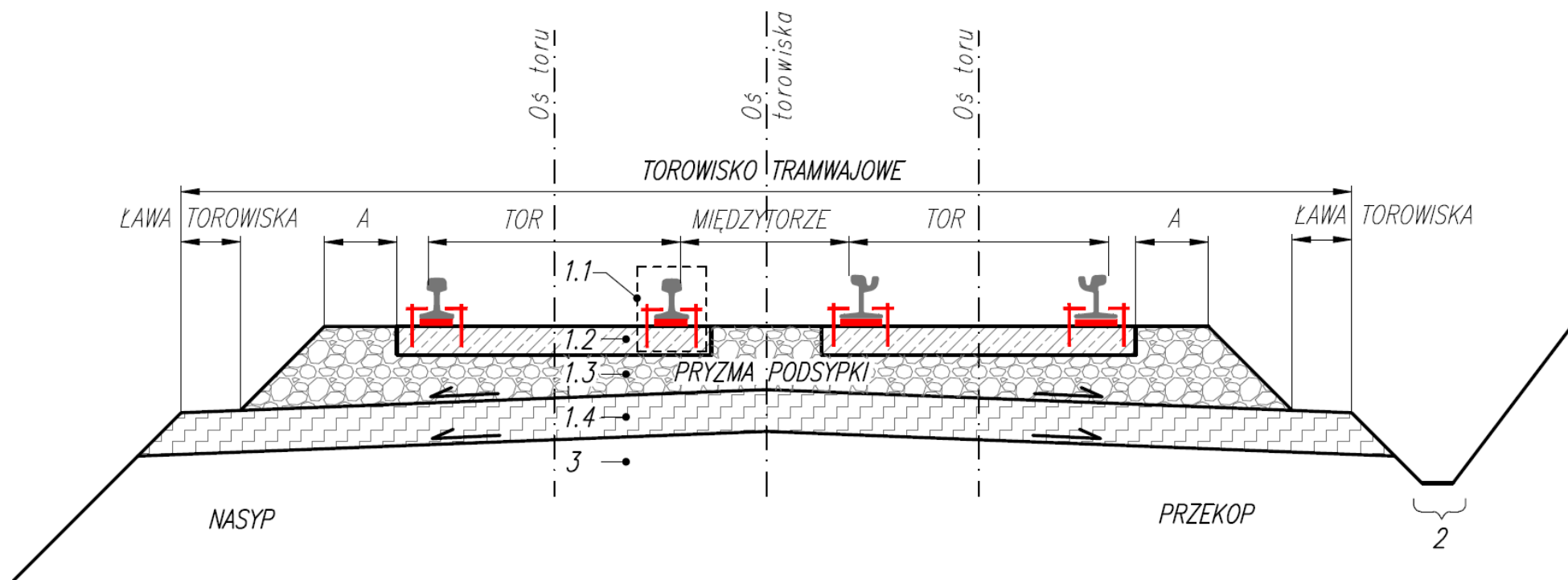
## 6.2. Schematyczne rysunki rodzajów konstrukcji torowisk tramwajowych w torach szlakowych i w rozjazdach



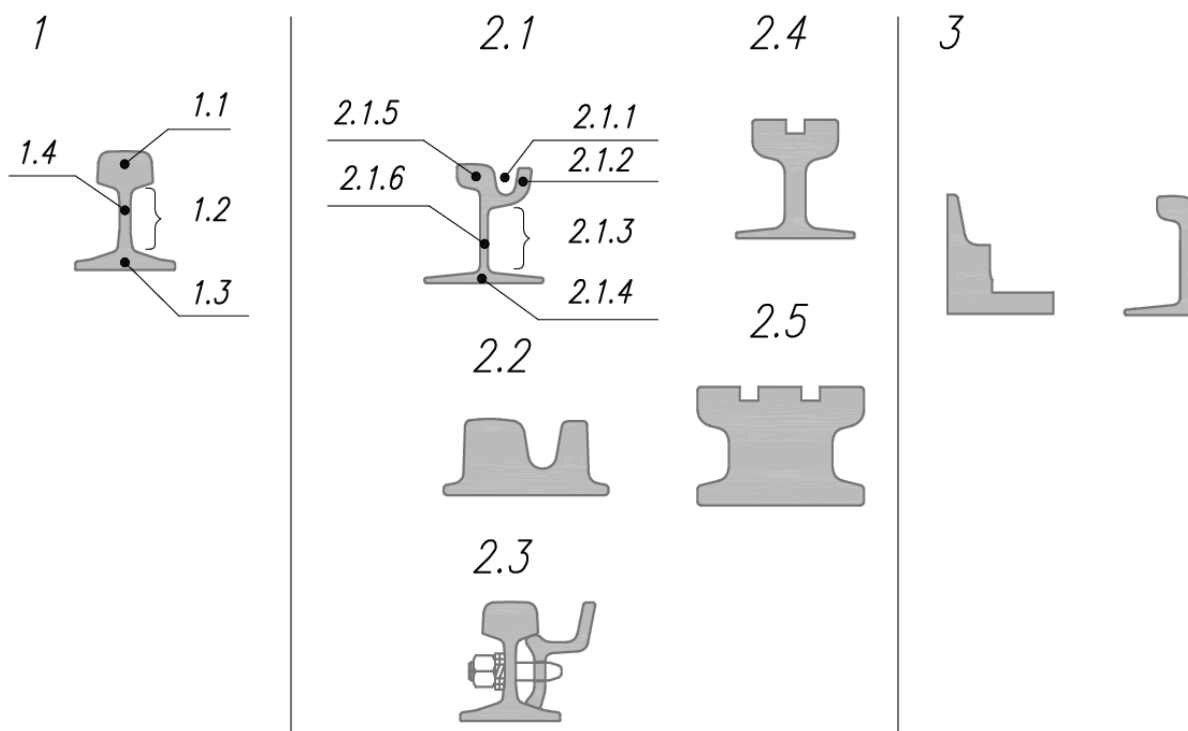
Rys. 6.2.1. Zasada podsypkowej konstrukcji torowiska tramwajowego wydzielonego z jezdni: 1 – nawierzchnia torowa; 1.1 – szyny z izolacją elektryczną oraz system przytwierdzenia szyny (izolacja elektryczna dotyczy torowiska zabudowanego), 1.2 – podpory szynowe, 1.3 – podbudowa zasadnicza, 1.4 – podbudowa pomocnicza; 2 – zabudowa torowiska; 3 – odwodnienie torowiska; 4 – separacja torowiska; 5 – podłoże gruntowe torowiska. Na szczegółach nawierzchni torowej torowiska zabudowanego przedstawiono możliwe sposoby rozwiązania izolacji elektrycznej szyn w postaci wkładek do komór łukowych szyn (szczegół „b”) i profili przyszynowych (szczegół „c”). Możliwe jest także zastosowanie powłoki dielektrycznej



Rys. 6.2.2. Zasada bezpodsypkowej konstrukcji torowiska tramwajowego wydzielonego z jezdni: 1 – nawierzchnia torowa: 1.1– szyny z izolacją elektryczną oraz system przytwierdzenia szyny (izolacja elektryczna dotyczy torowiska zabudowanego), 1.2 – podbudowa zasadnicza, 1.3 – podbudowa pomocnicza; 2 – zabudowa torowiska; 3 – odwodnienie torowiska; 4 – separacja torowiska; 5 – podłoże gruntowe torowiska. Na szczegółach nawierzchni torowej torowiska zabudowanego przedstawiono możliwe sposoby rozwiązania izolacji elektrycznej szyn w postaci profili przyszynowych (szczegół „b”) i wkładek do komór łukowych szyn (szczegół „c”). Możliwe jest także zastosowanie powłoki dielektrycznej



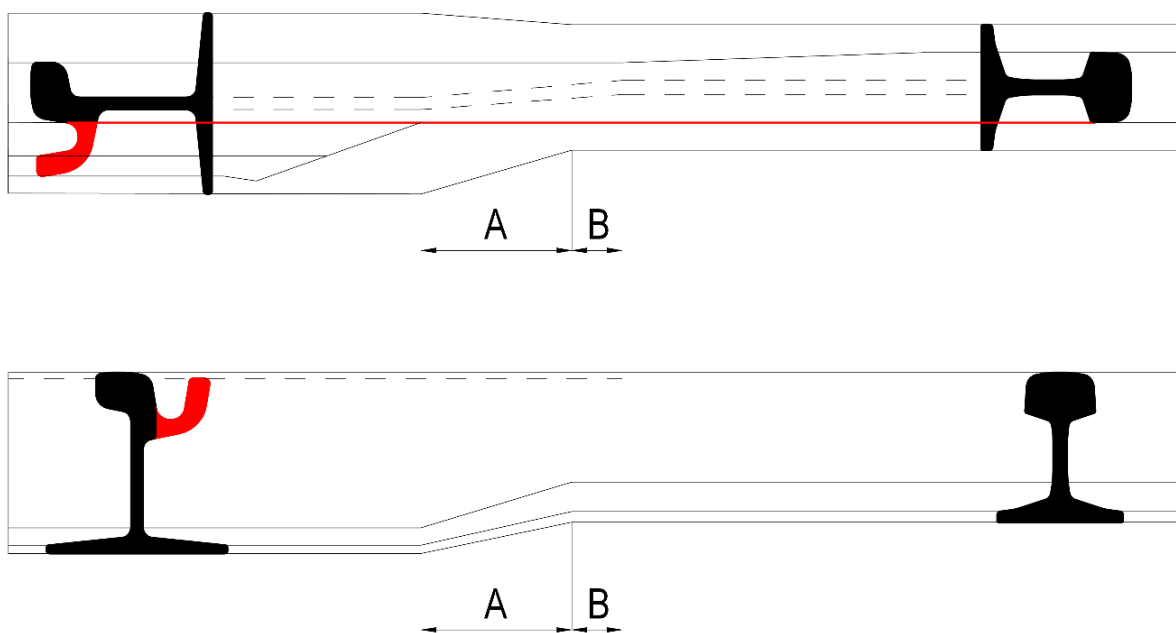
Rys. 6.2.3. Zasada podsypkowej konstrukcji samodzielnego torowiska tramwajowego (typ „kolejowy” bez separacji torowiska): 1 – nawierzchnia torowa: 1.1 – szyny wraz z systemem przytwierdzenia szyn, 1.2 – podpory szynowe, 1.3 – podbudowa zasadnicza, 1.4 – podbudowa pomocnicza; 2 – odwodnienie torowiska; 3 – podłoże gruntowe torowiska; A – szerokość pryzmy podsypki od czoła podkładu



Rys. 6.2.4. Wybrane rodzaje i profile szyn oraz nazwy ich głównych elementów składowych: 1 – szyna Vignole’a (np. o profilu 49E1): 1.1 – główka szyny, 1.2 – komora łukowa szyny, 1.3 – stopka szyny, 1.4 – szyjka szyny; 2 – szyny rowkowe: 2.1 – szyna rowkowa (np. o profilu 60R2): 2.1.1 – rowek szyny, 2.1.2 – prowadnica szyny, 2.1.3 – komora łukowa szyny, 2.1.4 – stopka szyny, 2.1.5 – główka szyny, 2.1.6 – szyjka szyny, 2.2 – szyna o profilu LK1 (blokowa), 2.3 – szyna Vignole’a z przykręconą prowadnicą szyny, 2.4 – szyna ze specjalnego profilu konstrukcyjnego 105C1 (na rampy najazdowe), 2.5 – szyna ze specjalnego profilu konstrukcyjnego 310C1 (na bloki krzyżownic); 3 – profile szyn specjalnych (iglice, opornice)

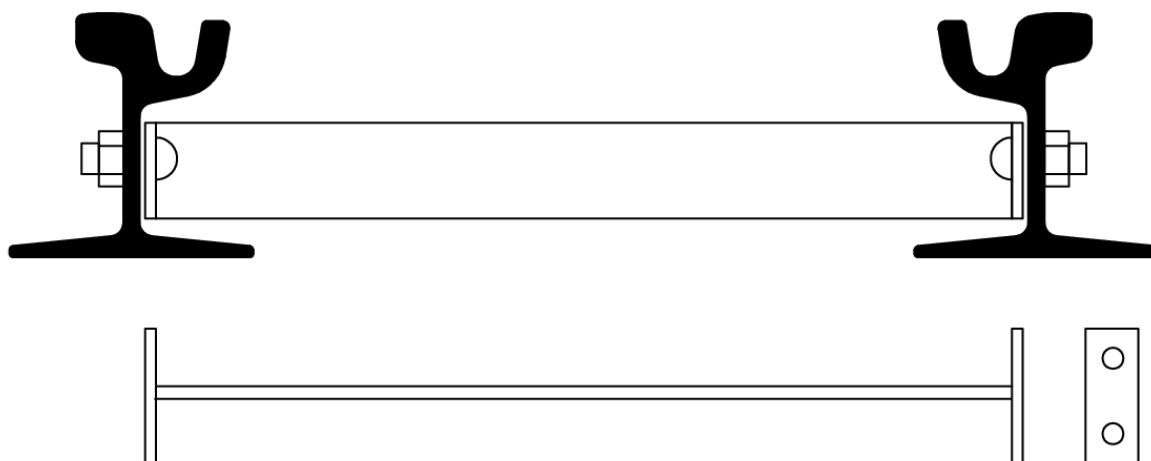






Rys. 6.2.6. Przykładowa zasada konstrukcji szyny przejściowej o profilach (60R2/60R1)/49E1. Przykładowe wartości  $A = 150 \text{ mm}$ ,  $B = 50 \text{ mm}$ . Czerwoną linią wrysowano wspólną krawędź toczną łączonych profili szyn

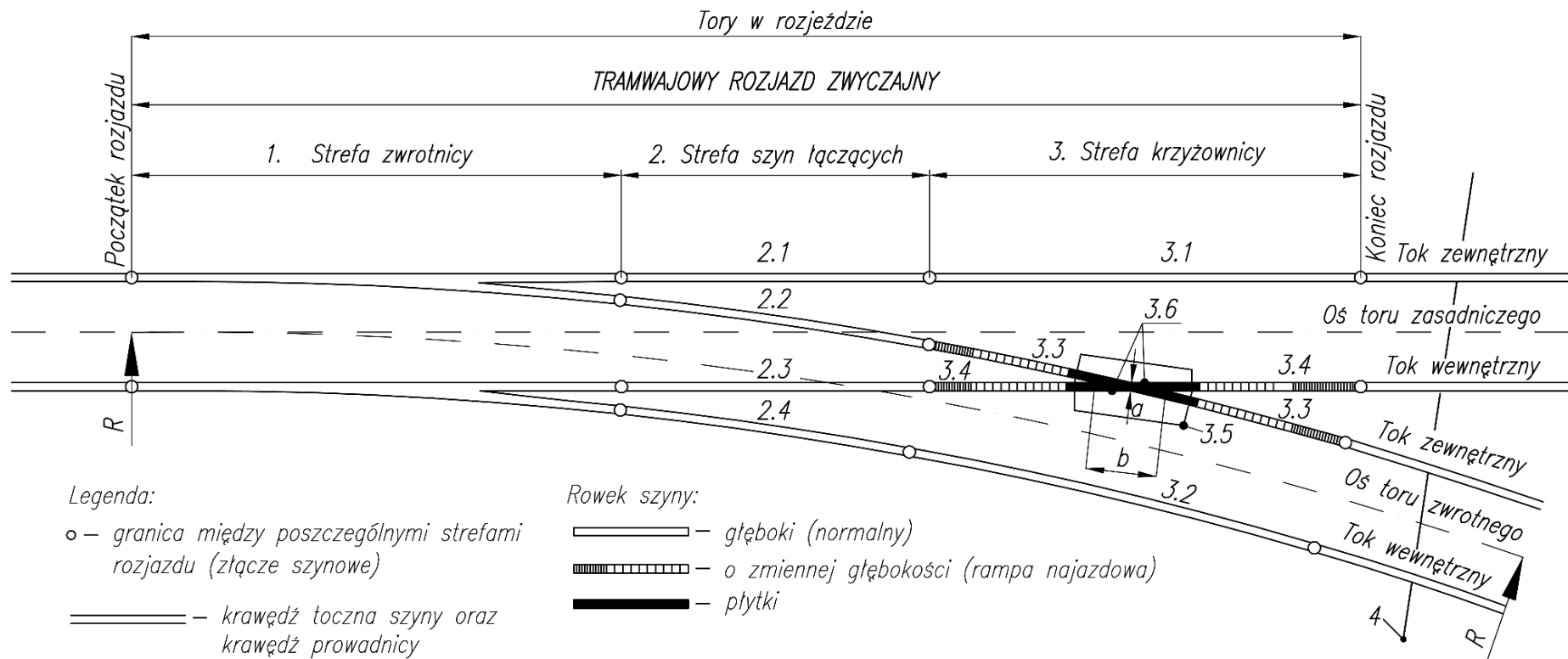
a)



b)



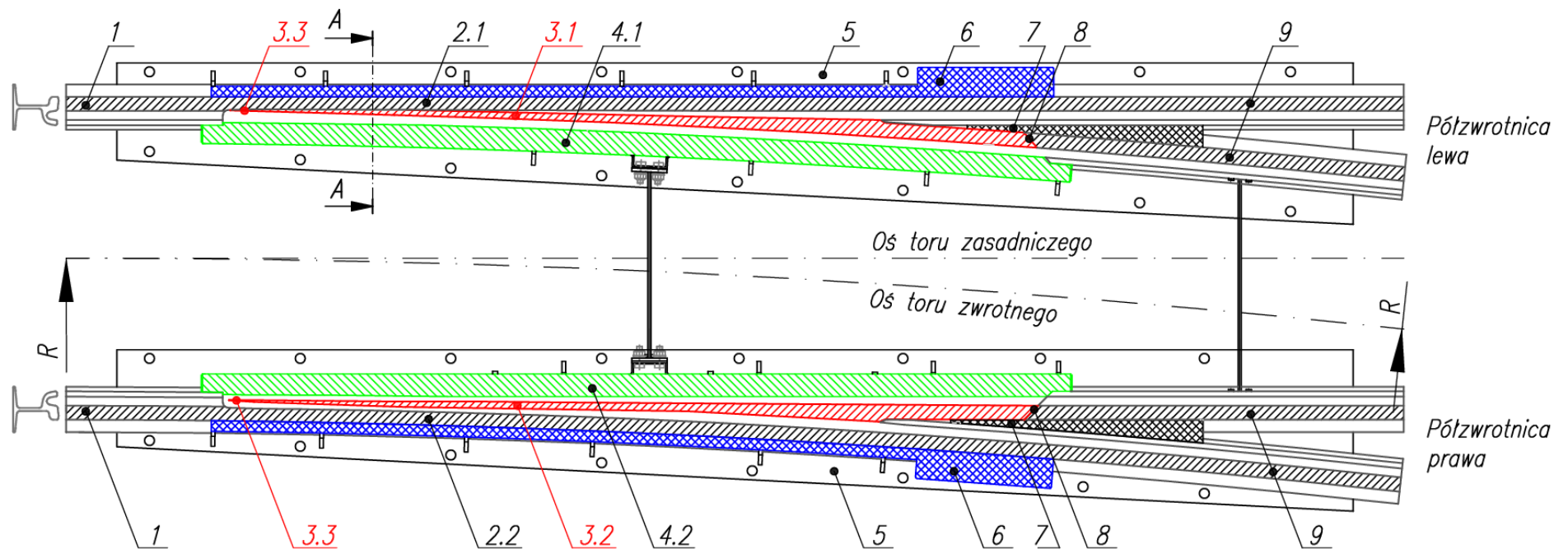
Rys. 6.2.7. Zasada konstrukcji poprzeczek torowych: a) poprzeczka z płaskownika; b) poprzeczka okrągła



**Rys. 6.2.8. Główne strefy i elementy składowe tramwajowego rozjazdu zwyczajnego z krzyżownicą płytkorowkową:** 1 – strefa zwrotnicy (nazwy głównych elementów składowych zwrotnicy są przedstawione na rys. 6.2.9); 2.1 – szyna łącząca zewnętrzną toru zasadniczego, 2.2 – szyna łącząca zewnętrzną toru zwrotnego, 2.3 – szyna łącząca wewnętrzną toru zasadniczego, 2.4 – szyna łącząca wewnętrzną toru zwrotnego; 3.1 – szyna toru zasadniczego naprzeciw bloku krzyżownicy (w szynie wykonywane jest zwężenie rowka dla zapewnienia lepszego prowadzenia zestawu kołowego w celu uniknięcia uderzenia obręczy koła w dziób krzyżownicy; zwężony rowek pełni analogiczną funkcję do kierownicy rozjazdu kolejowego), 3.2 – szyna toru zwrotnego naprzeciw bloku krzyżownicy (w szynie wykonywane jest zwężenie rowka dla zapewnienia lepszego prowadzenia zestawu kołowego w celu uniknięcia uderzenia obręczy koła w dziób krzyżownicy; zwężony rowek pełni analogiczną funkcję do kierownicy rozjazdu kolejowego), 3.3 – szyna z rampą najazdową toru zwrotnego, 3.4 – szyna z rampą najazdową toru zasadniczego, 3.5 – blok krzyżownicy (krzyżownica), 3.6 – krawędzie skrzydłowe bloku krzyżownicy: a – szerokość gardzieli krzyżownicy, b – długość gardzieli krzyżownicy; 4 – ostatnia podrozdajdnica rozjazdu

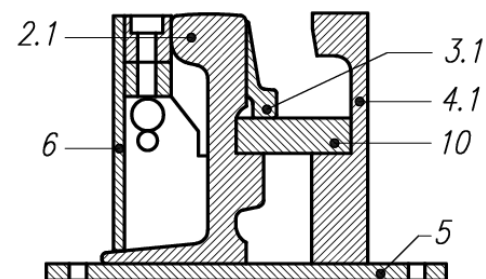
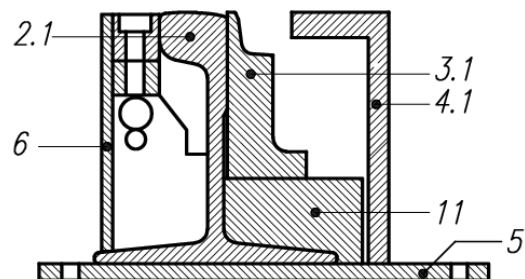
Wymiary rowków szyn określa się na rysunkach warsztatowych rozjazdu. Przykładowe wymiarowanie rowków szyn określone na rysunkach:

- K 32/35 – kierownica wykonana z szyny o profilu 105C1 o szerokości 32 mm i głębokości 35 mm,
- K 30/12 – kierownica wykonana z szyny o profilu 105C1 o szerokości 30 mm i głębokości 12 mm,
- aRa X – rampa najazdowa wykonana z szyny o profilu 105C1 o szerokości rowka „X” mm i długości „a” mm, np.: a 1500 Ra37,
- rowek w szynach łączących bloki krzyżownic o głębokości 12 mm i szerokości wg rysunku; przykładowe oznaczenia: 25/12, 30/12.

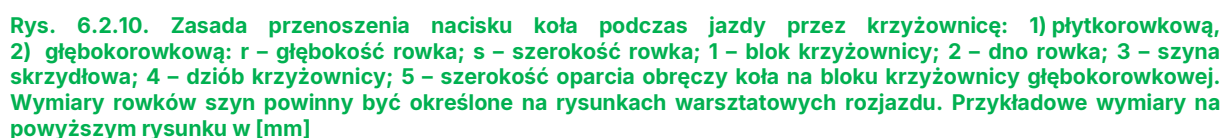
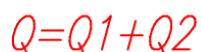
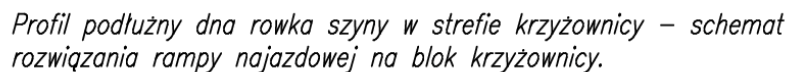


A-A Przekrój półzwrotnicy z iglicą wysoką (głęboko posadowioną)

A-A Przekrój półzwrotnicy z iglicą niską (płytko posadowioną)



Rys. 6.2.9. Nazwy głównych elementów składowych zwrotnicy: 1 – szyny początkowe; 2.1 – opornica prosta, 2.2 – opornica łukowa; 3.1 – iglica łukowa, 3.2 – iglica prosta, 3.3 – ostrze iglicy; 4.1 – prowadnica łukowa, 4.2 – prowadnica prosta; 5 – płyta podstawy półzwrotnicy; 6 – skrzynka ochronna grzałki; 7 – osada iglicy; 8 – ukośny styk końca iglicy z szyną końcową zwrotnicy; 9 – szyny końcowe zwrotnicy; 10 – płyta podiglicowa; 11 – siodełko podiglicowe



## 6.3. Konstrukcja nawierzchni torowej w torach szlakowych i w rozjazdach

### 6.3.1. Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni torowej w torach szlakowych

(1) Procedura projektowania konstrukcji nawierzchni torowej i warstwy ulepszanego podłoża gruntowego składa się z następujących kroków:

- a) zebranie danych wejściowych do projektowania konstrukcji, dotyczących warunków geotechnicznych, warunków środowiskowych i nacisków osi,
- b) ustalenie planu zagospodarowania terenu i dodatkowych funkcji, które powinno spełniać torowisko tramwajowe (np. zwiększenie powierzchni biologicznie czynnej miasta, zachowanie historycznego wyglądu w postaci bruku, jako zabudowy torowiska, prowadzenie ruchu autobusowego po trasie tramwajowej typu TC),
- c) wybór typu konstrukcji torowiska tramwajowego uzgodniony z zamawiającym,
- d) przyjęcie długości okresu projektowego (trwałości eksploatacyjnej) konstrukcji nawierzchni torowej w zależności od rodzaju konstrukcji torowiska (podsypkowa lub bezpodsypkowa),
- e) ustalenie warunków gruntowo-wodnych i nośności podłoża gruntowego torowiska,
- f) zaprojektowanie warstwy ulepszanego podłoża gruntowego torowiska (opcjonalnie, w razie potrzeby),
- g) zaprojektowanie warstwy podbudowy pomocniczej i zasadniczej,
- h) określenie podstawowych wymagań materiałowych dotyczących wykonania poszczególnych warstw konstrukcji nawierzchni,
- i) opracowanie STWiORB dla ustalonej konstrukcji torowiska.

(2) Wytyczne projektowania nawierzchni torowej nie zawierają warunków technicznych utrzymania tej nawierzchni. Warunki techniczne utrzymania nawierzchni torowej są zawarte w WR-D-84.

### 6.3.2. Dane wejściowe do projektowania konstrukcji torowiska

#### Dopuszczalne naciski osi

(1) Konstrukcja nawierzchni torowej powinna być tak zaprojektowana, aby zapewniała trwałe i bezpieczne przeniesienie następujących obciążeń eksploatacyjnych:

- a) pionowych:
  - statycznej siły pionowej nacisku osi  $P \leq 100$  kN; przed przystąpieniem do projektowania weryfikuje się zgodność dopuszczalnego nacisku osi tramwaju z wymaganiami określonymi w rozporządzeniu [1],
  - statycznej siły pionowej od ruchu pojazdów drogowych w torowiskach wspólnych z jezdnią, wynoszącej 115 kN,
- b) poprzecznych, niezrównoważonych sił podczas jazdy tramwaju po łuku,
- c) sił podłużnych:
  - siły powstającej wskutek przyspieszania oraz hamowania,
  - siły termicznej powstającej wskutek maks. zmiany temperatury szyny względem założonej dla danego odcinka temperatury neutralnej o zalecanej dla konstrukcji podsypkowej wartości z przedziału od +15 do +30°C,
  - siły powstającej podczas hamowania awaryjnego,
  - sumarycznej siły podłużnej uwzględniającej siły powstające na skutek zmiany temperatury oraz podczas przyspieszania i hamowania.

(2) Do projektowania konstrukcji specjalnych (np. toru na kanale przeglądowym, toru na obiekcie inżynierskim) przyjęcie najniekorzystniejszego układu obciążeń od osi tramwaju (kombinacji obciążeń statycznych przyjętego tramwaju miarodajnego) należy do obowiązków projektanta.

## **Natężenie ruchu tramwajów**

(3) Z uwagi na dążenie do wysokiej niezawodności tramwajowego transportu zbiorowego i występujące zwykle na obszarze sieci tramwajowej danego miasta lub aglomeracji jednolite charakterystyki taboru (zwłaszcza w odniesieniu do nacisków osi), przy projektowaniu konstrukcji torowiska dla poszczególnych tras tramwajowych nie przyjmuje się ilościowego obciążenia przewozami konkretnej trasy tramwajowej jako wymiernego kryterium decyzyjnego dla ustalania konstrukcji torowiska. Na podejście takie wpływa też fakt, że obciążenie przewozami może być okresowo zmienne, np. w związku z wprowadzanymi objazdami na czas remontów określonych tras, a także brak udokumentowanych miarodajnymi badaniami konkretnych relacji pomiędzy wskaźnikami natężenia ruchu i trwałością określonych elementów składowych lub całościowych rozwiązań konstrukcji nawierzchni tramwajowej. Obciążenie przewozami konkretnej trasy tramwajowej powinno być natomiast uwzględniane przy ocenie stanu technicznego torowiska w okresie jego eksploatacji i powinno stanowić jedno z kryteriów podejmowania decyzji o okresach między remontowych oraz o zakresie remontu. Nie stosuje się więc ścisłych metod i wskaźników analitycznych określających standardy konstrukcyjne nawierzchni torowej w zależności od obciążenia przewozami poszczególnych odcinków tras tramwajowych.

(4) Konstrukcja nawierzchni torowej powinna być projektowana na podstawie założeń projektowych przyjmowanych przez zarządcę torowiska i weryfikowanych przez projektanta, wynikających z doświadczeń eksploatacyjnych danej sieci tramwajowej, dla maksymalnych obciążeń przewozami tras tramwajowych, przyjmowanych jako nie mniejsze niż 60 tramwajów na godzinę.

## **Trwałość eksploatacyjna torowiska**

(5) Trwałość eksploatacyjna torowiska tramwajowego jest określana ogólnie (zgodnie z teorią niezawodności obiektów technicznych) jako zdolność do zachowania jego istotnych własności w ustalonych granicach ich zmian i w określonych warunkach eksploatacji. Trwałość eksploatacyjna, nazywana także okresem użytkowania, jest w drogach szynowych wyrażana jako czas lub wielkość przewiezioną masę. W odniesieniu do torowisk tramwajowych, dla których przewieziona masa nie jest w praktyce określana, właściwym wskaźnikiem jest okres czasu eksploatacji.

(6) Trwałość eksploatacyjna torowiska tramwajowego jest rozumiana jako okres czasu pomiędzy stanem pełnej zdatności eksploatacyjnej i stanem niezdatności eksploatacyjnej ustalonym na podstawie przyjętych procesów diagnostycznych. Występujące w tym okresie stany ograniczonej zdatności eksploatacyjnej są usuwane w uzasadnionym ekonomicznie zakresie przez czynności konserwacyjne i naprawy (procesy utrzymaniowe), aż do osiągnięcia stanu krytycznego, w którym konieczne jest wykonanie naprawy głównej, tj. wymiany wszystkich elementów składowych konstrukcji torowiska jako całości.

(7) Przyjmuje się, z określoną tolerancją uwzględniającą czynniki bezpieczeństwa i czynniki ekonomiczne, że trwałość eksploatacyjna wynosi:

- a) nie mniej niż 30 lat – w przypadku konstrukcji bezpodsypkowej,
- b) nie mniej niż 20 lat – w przypadku konstrukcji podsypkowej.

(8) W okresie trwałości eksploatacyjnej prowadzi się prace utrzymaniowe, wynikające z rodzaju zastosowanych materiałów i warunków użytkowania. W ramach prac utrzymaniowych przewiduje się wymianę np.: szyn, rozjazdów, pojedynczych podpór szynowych, elementów systemu przytwierdzenia szyn oraz zabudowy torowiska, uszczelnienia przyszynowego w związku z wymianą szyn. Nie przewiduje się wymiany zasadniczej i pomocniczej podbudowy torowiska, niezależnie od zastosowanego rodzaju konstrukcji torowiska tramwajowego.

(9) Decyzję o ewentualnej zmianie (wydłużeniu lub skróceniu) powyższych okresów trwałości eksploatacyjnej podejmuje zarządca torowiska, uwzględniając m.in. uwarunkowania organizacyjne systemu komunikacji zbiorowej danego obszaru miasta lub fragmentu sieci tramwajowej.



### 6.3.3. Wybór rozwiązań konstrukcji torowiska tramwajowego w zależności od ustalonego planu zagospodarowania terenu i dodatkowych funkcji, które powinno spełniać torowisko tramwajowe

(1) Typowe rozwiązania konstrukcji torowiska tramwajowego podane w niniejszych wytycznych zostały przyjęte na podstawie:

- a) stanu wiedzy o dotychczasowych doświadczeniach krajowych i zagranicznych,
- b) planowanych zakresach, technologiach i organizacji czynności utrzymaniowych, specyficznych dla całej sieci lub jej fragmentu na obszarze danego miasta.

(2) Przy projektowaniu torowisk tramwajowych zaleca się stosowanie typów konstrukcji torowisk tramwajowych określonych w tab. 6.3.3.1. Dopuszcza się uzasadnione w opisie technicznym projektu branży torowej stosowanie typów konstrukcji torowisk tramwajowych innych niż wymienione w tab. 6.3.3.1.

**Tab. 6.3.3.1. Typowe konstrukcje torowisk tramwajowych**

Typ konstrukcji torowiska	Opis typu konstrukcji torowiska	Zalecenia stosowania
Bpz/csp/60R2/bc	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej z betonowych płyt prefabrykowanych z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2. Betonowa zabudowa torowiska powinna być w tym typie zintegrowana z podbudową zasadniczą torowiska.	Ze względu na jego długą trwałość eksploatacyjną i możliwość skrócenia czasu utrudnień w ruchu drogowym podczas budowy, wskazany typ konstrukcji torowiska zaleca się stosować na: <ul style="list-style-type: none"> <li>• przejazdach tramwajowych,</li> <li>• przejściach dla pieszych,</li> <li>• przejściach sugerowanych,</li> <li>• przejazdach dla rowerów,</li> <li>• trasach tramwajowych typu TC.</li> </ul> W torowiskach zabudowanych betonem cementowym zaleca się stosowanie systemu przytwierdzenia szyny zapewniającego wymianę szyny bez ingerencji w betonową zabudowę torowiska.
Bpz/csp/60R2/bc	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej w postaci płyty zintegrowanej z betonową zabudową torowiska z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2 (w rozjazdach dodatkowo profile specjalne).	Ze względu na trwałość eksploatacyjną betonowej zabudowy torowiska zaleca się stosować: <ul style="list-style-type: none"> <li>• w torach przylegających do peronów,</li> <li>• na trasach tramwajowych typu TC,</li> <li>• w węzłach rozjazdowych,</li> <li>• w torowiskach wspólnych z jezdnią.</li> </ul> W torowiskach zabudowanych betonem cementowym zaleca się stosowanie systemu przytwierdzenia szyny zapewniającego wymianę szyny bez ingerencji w betonową zabudowę torowiska.
Bp/msp/60R2/(ba/at)	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej w postaci płyty, z zabudową torowiska z betonu asfaltowego lub asfaltu twardolanego z mieszanym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2.	Ze względu na jego korzystne przystosowanie do ruchu drogowego, zaleca się stosować w torowiskach wspólnych z jezdnią, z wyłączeniem tras tramwajowych typu TC.
Bp/psp/60R2	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej z punktowym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2, bez zabudowy (torowisko niezabudowane).	Ze względu na zapewnienie stabilnego i trwałego układu geometrycznego toru oraz łatwy dostęp do szyn i systemów ich przytwierdzeń, w celu oceny ich stanu i ewentualnej wymiany, zaleca się stosować w torach objazdowych krańcówek (pętli tramwajowych), narażonych na częste wymiany szyn w łukach o małym promieniu.  Ze względu na potrzebę zwiększania powierzchni biologicznie czynnej w torach objazdowych zalecane jest także stosowanie zabudowy roślinnej torowiska.



Typ konstrukcji torowiska	Opis typu konstrukcji torowiska	Zalecenia stosowania
(Bp/Bt)/psp/(49E1/60R2 dla R < 150)/(t/r)	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej łub ław podłużnych z punktowym systemem przytwierdzenia szyn Vignole'a o profilu 49E1 (zamiennie w łukach o R<150 m 60R2) oraz o zabudowie torowiska z warstwy substratu i trawy lub rozchodnika.	Ze względu na długą trwałość eksploatacyjną, trwały układ geometryczny toru, korzystny wpływ na estetykę przestrzeni miejskiej oraz zwiększenie biologicznie czynnej powierzchni miasta, zaleca się stosować: <ul style="list-style-type: none"> <li>• na odcinkach szlakowych,</li> <li>• w rozjazdach (w strefie szyn łączących i krzyżownic),</li> <li>• w lokalizacjach, w których dopuszczalny poziom hałasu od ruchu tramwajów, mierzony i oceniany zgodnie z ustawą [9], jest zbliżony do granicznego lub go przekracza.</li> </ul> W wersji tego typu konstrukcyjnego z zastosowaniem ław podłużnych jako zasadniczej warstwy nośnej kształtującej układ geometryczny toru, zabudowa roślinna może być także wykonana do poziomu górnej krawędzi ławy betonowej tak, aby torowisko było zielone, ale bez konieczności wykonywania izolacji elektrycznej szyn. Takie rozwiązanie zaleca się stosować na odcinkach wybiegowych tras tramwajowych jako rozwiązanie alternatywne do torowiska o konstrukcji podsypkowej.
(Bp/Bt)/csp/60R2/(kk/pk)	Bezpodsypkowa konstrukcja torowiska o podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej łub ław podłużnych z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2 oraz zabudowie torowiska z kostki kamiennej lub płyt kamiennych.	Ten typ konstrukcji torowiska może być stosowany w celu nawiązania do historycznie występujących nawierzchni kamiennych w zabudowie torowiska i w przyległej jezdni lub w nawierzchni drogi dla pieszych. <p>W rozwiązaniu tym zaleca się odseparować system przytwierdzenia szyn od kamiennej zabudowy torowiska celem zwiększenia trwałości eksploatacyjnej tej konstrukcji. Szyny zaleca się mocować w betonowym lub stalowym kanale szynowym. Zabudowa torowiska powinna być układana do odpowiednio ukształtowanego betonowego lub stalowego kanału szynowego celem wyeliminowania przemieszczania się szyny względem kamiennej zabudowy torowiska. Stalowy kanał szynowy może posiadać jedynie pionowe kształtowniki (bez poziomego dna) separujące mocowanie szyny od zabudowy kamiennej. Pionowe kształtowniki powinny zapewniać opór poprzeczny nawet po demontażu zabudowy kamiennej. Elementy konstrukcji torowiska (np. podbudowa zasadnicza zintegrowana z kanałem szynowym) mogą być wykonywane na budowie lub dostarczane jako prefabrykat.</p>
P/pb/psp/(49E1/60R2 dla R < 150)	Podsypkowa konstrukcja torowiska z rusztem torowym na podkładach betonowych, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 49E1 (zamiennie w łukach o R < 150 m – o profilu 60R2), torowisko niezabudowane.	Typ konstrukcji torowiska zaleca się stosować: <ul style="list-style-type: none"> <li>• na odcinkach szlakowych, na których nie ma potrzeby stosowania rozwiązań o szczególnych walorach estetycznych,</li> <li>• w torach gospodarczych,</li> <li>• w torach na terenie zajezdni i na krańcówkach (pętlach technicznych).</li> </ul> W przypadku odosobnionych przejść dla pieszych (występujących poza tarczą skrzyżowania jezdni i torowiska w konstrukcji podsypkowej) zaleca się stosować zabudowę torowiska z kostki betonowej, którą okresowo można regulować bez potrzeby wymiany całej nawierzchni jezdni.
P/pd/psp/60R2/(ba/kb)	Podsypkowa konstrukcja torowiska z rusztem torowym na podkładach drewnianych lub w rozjazdach na podrozjazdnicach drewnianych, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn o profilu 60R2 (w rozjazdach profile indywidualne, zabudowane betonem asfaltowym, kostką betonową).	Typ konstrukcji torowiska można stosować zwłaszcza na terenach zajezdni. <p>W wersji niezabudowanej można stosować w torach gospodarczych i na pętlach technicznych w torach o R &lt; 25 m (w celu uzyskania wymaganej szerokości toru).</p>

(3) Układy warstw typowej konstrukcji torowiska tramwajowego, tj. schemat układu warstw konstrukcji torowiska (w tym podłoża gruntowego oraz podbudowy pomocniczej), przedstawiają rys. 6.2.1, 6.2.2 i 6.2.3.

(4) Zadaniem projektanta jest zidentyfikowanie szczególnych potrzeb konstrukcyjnych, w tym m.in.:

- a) określenie i uzasadnienie potrzeby zastosowania dodatkowych warstw w istniejących warunkach lokalnych, w szczególności dodatkowej warstwy wibroizolacyjnej,
- b) dobór szczególnych parametrów technicznych materiałów stosowanych w poszczególnych typach konstrukcji torowiska tramwajowego na podstawie zapisów niniejszych wytycznych oraz innych dokumentów branżowych i wymagań inwestora.

#### 6.3.4. Podbudowa pomocnicza w podsypkowych i bezpodsypkowych konstrukcjach torowiska

(1) Nośność górnej powierzchni podbudowy pomocniczej powinna być taka, aby:

- a) moduł odkształcenia określony dla konstrukcji bez warstwy wibroizolacyjnej przy drugim obciążeniu płytą – tj. wtórny moduł odkształcenia  $E_2 \geq 120 \text{ MPa}$  – oraz wskaźnik odkształcenia stanowiący stosunek  $E_2/E_1$  był nie większy niż  $I_0 = 2,2$ ,
- b) w żadnym punkcie przekroju poprzecznego podbudowy pomocniczej nie wystąpiły podczas eksploatacji naprężenia przekraczające wartości dopuszczalne dla gruntów rodzimych lub wbudowanych.

(2) Warstwa podbudowy pomocniczej torowiska tramwajowego spełnia analogiczną funkcję jak warstwa ochronna torowiska w podtorzu kolejowym oraz jak dolne warstwy konstrukcji nawierzchni drogi (podbudowa pomocnicza i warstwa mrozoochronna). W związku z tym, że torowisko jest zwykle częścią pasa drogowego, zaleca się projektowanie podbudowy pomocniczej i podłoża gruntowego torowiska zgodnie z procedurą określoną w WR-D-63 dla warstw dolnych konstrukcji nawierzchni drogi oraz podłoża gruntowego nawierzchni drogi. Dopuszcza się także stosowanie innych metod projektowania, np. metod numerycznych (metoda elementów skończonych lub metoda elementów dyskretnych). Procedura projektowania podbudowy pomocniczej torowiska i warstwy ulepszanego podłoża (w przypadku potrzeby) z użyciem WR-D-63 nie wymaga określenia kategorii ruchu (KR), ponieważ wymagana wartość  $E_2$  jest już określona w podpunkcie 6.3.4 akapit (1) i jednocześnie jest właściwa dla najwyższej kategorii ruchu (KR7). W niniejszym opracowaniu nie przywołuje się procedury projektowania według WR-D-63 ze względu na jego powszechne stosowanie w drogownictwie.

(3) W przypadku konstrukcji podsypkowych, poza wymaganiami określonymi w WR-D-63, warstwa podbudowy pomocniczej powinna spełnić warunek wodoprzepuszczalności określony w podpunkcie 6.3.4 akapit (7) z powodu możliwości przesączania się wody w konstrukcję torowiska tramwajowego oraz warunek nieprzenikania drobnych cząstek gruntu określony w podrozdziale 6.3.4 akapity (5) i (6) w celu minimalizacji możliwości powstawania wychłapek.

(4) Podbudowa pomocnicza powinna być zabezpieczona przed migracją drobnych cząstek gruntów podłoża w podsypkę. W tym celu pomiędzy podbudową pomocniczą, a podbudową zasadniczą w postaci podsypki stosuje się geowłókninę separacyjną. Dopuszcza się uzasadnioną rezygnację ze stosowania geowłókniny separacyjnej za zgodą zarządcy torowiska w razie wykazania korzystnych warunków podłoża gruntowego torowiska.

(5) Podbudowa pomocnicza powinna być stabilna mechanicznie na stykach poszczególnych warstw, tzn. nie powinna mieszać się z innymi przylegającymi materiałami. Stabilność styku gruntów o odmiennych uziarnieniach określa się za pomocą kryterium Terzaghiego, wyrażonego zależnością (6.3.4.1) (zasadniczo warunek ten dotyczy gruntów niespoistych):

$$4d_{15} \leq D_{15} \leq 4d_{85} \quad (6.3.4.1)$$

gdzie:

$d_{15}$  – średnica ziaren gruntu o drobniejszym uziarnieniu, które wraz z mniejszymi ziarnami stanowią 15% masy gruntu [mm],

$d_{85}$  – średnica ziaren gruntu o drobniejszym uziarnieniu, które wraz z mniejszymi ziarnami stanowią 85% masy gruntu [mm],

$D_{15}$  – średnica ziaren gruntu o grubszy uziarnieniu (np. podsypki), które wraz z mniejszymi ziarnami stanowią 15% masy gruntu [mm].

(6) Nie wymaga się spełnienia kryterium Terzagiego dla styków warstw gruntów z materiałami o trwałej strukturze, które nie ulegają sufozji, np. grunt stabilizowany. Jeżeli warunek (6.3.4.1) nie jest spełniony, to stosuje się dodatkową warstwę kruszywa lub włókninę separacyjną, która zapewni spełnienie tego wymagania.

(7) Podbudowa pomocnicza w konstrukcjach podsypkowych powinna być odpowiednio wodoprzepuszczalna. Wskaźnik wodoprzepuszczalności  $k_{10}$  dla tej warstwy powinien wynosić  $k_{10} \geq 1 \cdot 10^{-4}$  m/s. Jeżeli wyniki badania wskaźnika wodoprzepuszczalności różnymi metodami są rozbieżne, to przyjmuje się wynik najmniej korzystny.

(8) W celu spełnienia wymagania dotyczącego nośności, określonego w podrozdziale 6.4.1 akapit (1), stosuje się kruszywa dobrze zagęszczające się. Zaleca się, aby na podbudowę pomocniczą stosować kruszywa spełniające wymagania normy [14].

(9) W związku z tym, że norma [14] jest normą klasyfikacyjną, w której brak jest wymagań wobec mieszanek niezwiązanych do konkretnych zastosowań, ale zawiera ona jedynie wykaz właściwości tych mieszanek i podział na kategorie umożliwiające jednolite postępowanie się nimi, przy ustalaniu wymagań w krajowych przepisach technicznych oraz późniejszą ocenę zgodności wytwarzanych mieszanek z wymaganiami zawartymi w tych przepisach. Brak jest także normowego, krajowego dokumentu aplikacyjnego dla normy [14]. Dokumentem technicznym, aplikującym postanowienia normy [14] do praktycznego stosowania są [51].

(10) Na pomocniczą podbudowę torowiska stosuje się kruszywo naturalne o frakcji 0/31,5 mm spełniające wymagania jak dla mieszanki niezwiązanej 0/31,5 mm do warstw podbudowy zasadniczej lub pomocniczej, zgodnie z [51]. Dopuszcza się także indywidualne określanie wymagań dla kruszywa na podbudowę pomocniczą przez wskazanie wymaganych kategorii dla wybranych właściwości kruszywa (wskazanie kategorii lub zbioru właściwości innej niż w [51]).

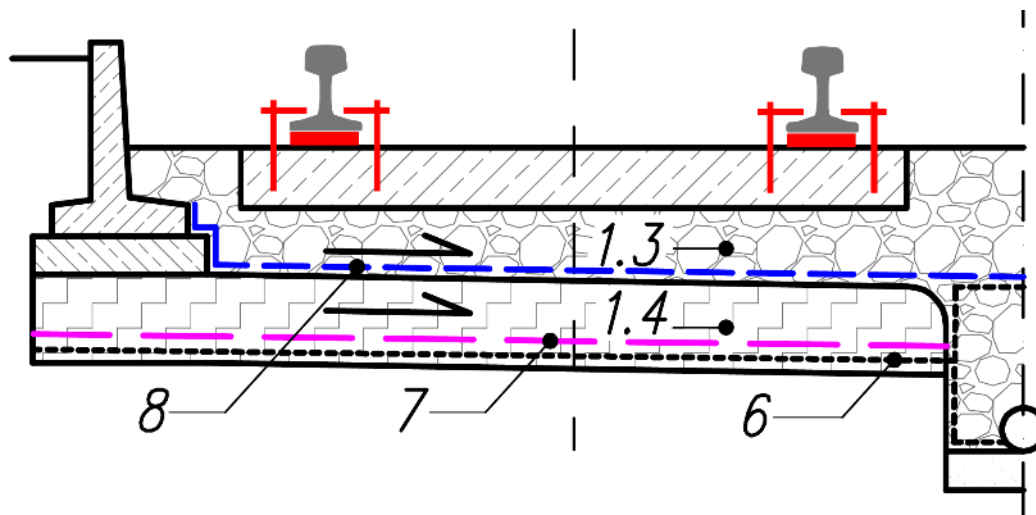
(11) Dopuszcza się stosowanie innych materiałów na podbudowę pomocniczą torowiska spełniających wymagania określone w akapitach (1) oraz od (4) do (7). W przypadku torowiska z nawierzchnią z ławami betonowymi dopuszcza się stosowanie kruszywa o innym uziarnieniu w zależności od przyjętego sposobu odwodnienia torowiska.

(12) Górna powierzchnia podbudowy pomocniczej powinna być układana:

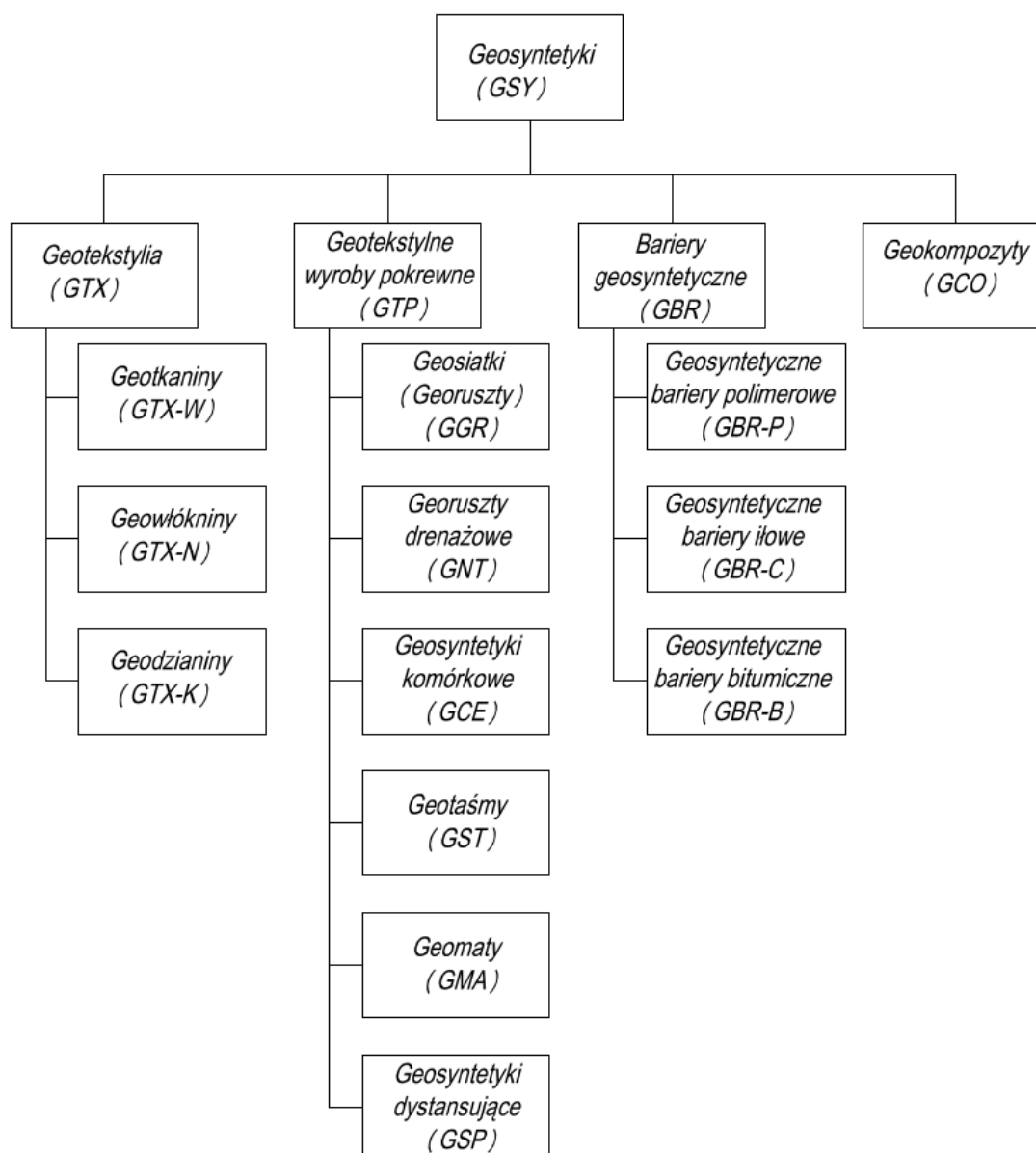
- a) w konstrukcjach bezpodsypkowych – w poziomie (bez pochylenia poprzecznego),
- b) w konstrukcjach podsypkowych – z pochyleniem poprzecznym o wartości od 3 do 5% w kierunku drenażu.

(13) Przy projektowaniu podbudowy pomocniczej i podłoża gruntowego torowiska zaleca się stosowanie geosyntetyków.

(14) Parametry geosyntetyków do poszczególnych zastosowań dobiera się na podstawie dokumentów określających parametry techniczne wyrobu wystawiane przez producenta lub dostawcę, odpowiednio do spełnianych przez nie funkcji. Przykład zastosowania geosyntetyków w torowisku jest przedstawiony na rys. 6.3.4.1. Terminologię związaną z funkcjami, wyrobami, właściwościami określono w normie [47]. Podział geosyntetyków na podstawie normy [47] jest przedstawiony na rys. 6.3.4.2.



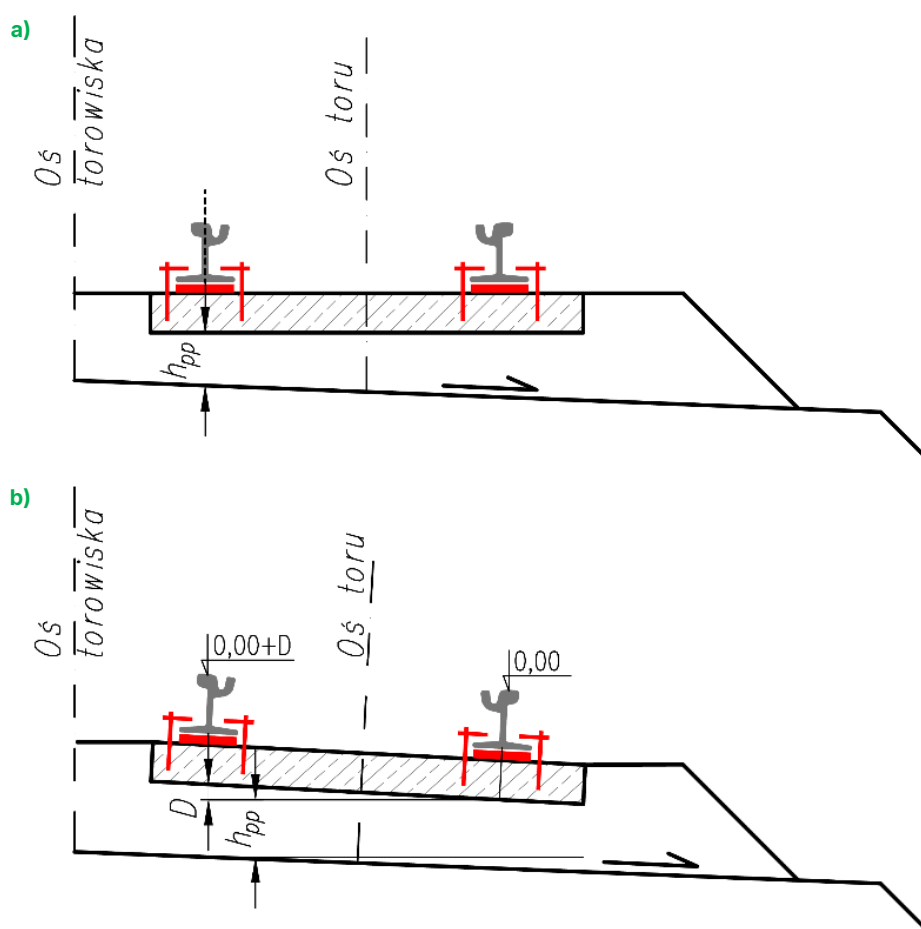
Rys. 6.3.4.1. Przykład wzmocnienia konstrukcji nawierzchni torowiska tramwajowego za pomocą geosyntetyków: 1.3 – podbudowa zasadnicza, 1.4 – podbudowa pomocnicza; 6 – geowłóknina separacyjno-filtracyjna; 7 – geosiatka wzmacniająca; 8 – geowłóknina separacyjna



Rysunek 6.3.4.2. Podział geosyntetyków zgodnie z normą [47]

### 6.3.5. Zasadnicza podbudowa torowiska w konstrukcjach podsypkowych

- (1) Przyjmuje się minimalną grubość warstwy podsypki pod podkładem/podrozdajdnicą:
  - a) drewnianą – nie mniejszą niż 0,20 m,
  - b) betonową – nie mniejsza niż 0,25 m.
- (2) Grubość warstwy podsypki pod podkładem  $h_{pp}$  określa się jako najmniejszą odległość pionową pomiędzy górną powierzchnią podbudowy pomocniczej, a dolną powierzchnią podkładu/podrozdajdnicy w przekroju pod tym z toków szynowych, pod którym górna powierzchnia podbudowy pomocniczej jest położona wyżej (rys. 6.3.5.1).
- (3) Jeżeli położenie wysokościowe toku szynowego jest większe z powodu zastosowania przechyłki toru, to całkowita grubość warstwy podsypki pod tym tokiem jest powiększona o wartość przechyłki. Dopuszcza się także inny sposób kształtowania przechyłki toru, tj. przez zmianę położenia wysokościowego obu toków szynowych, przy czym rozwiązanie takie stosuje się w konstrukcjach bezpodsypkowych zwykle w tunelach, z uwagi na ograniczoną przestrzeń dla ruchu tramwaju.



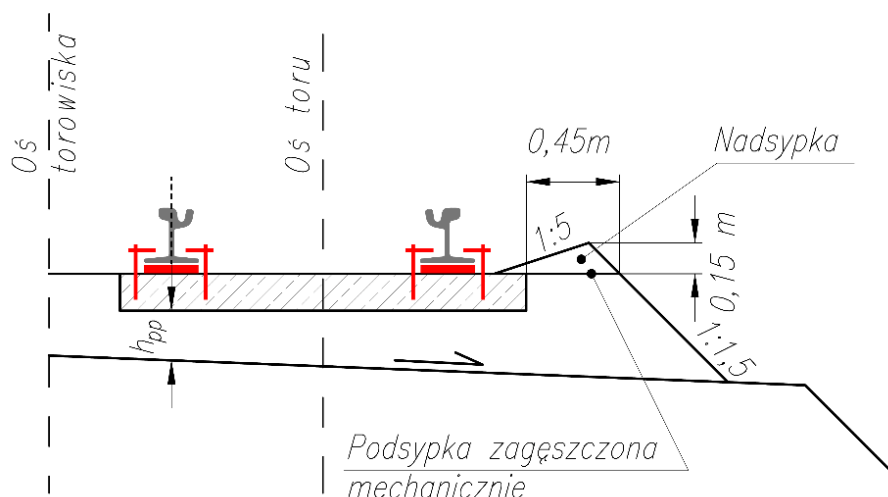
Rys. 6.3.5.1. Zasada pomiaru grubości warstwy podsypki pod podkładem ( $h_{pp}$ ): a) w torze bez przechyłki; b) w torze z przechyłką wykonaną przez zmianę położenia wysokościowego jednego toku szynowego

- (4) Szerokość pryzmy podsypki samodzielnego torowiska tramwajowego (typ „kolejowy bez separacji torowiska” – rys. 6.2.3) mierzona od czoła podkładu do krawędzi stoku podsypki, standardowo powinna wynosić 0,45 m. W lokalizacjach, w których występują elementy ograniczające możliwość przemieszczania się podsypki w kierunku poprzecznym do osi toru (np. krawężniki peronowe/ścianki peronowe, elementy obiektów inżynierskich) dopuszcza się zmniejszenie wymiaru do 0,10 m. Nominalne pochylenie stoku podsypki przyjmuje się jako 1:1,5.
- (5) Dopuszcza się indywidualne projektowanie wymiarów pryzmy podsypki za zgodą zarządcy torowiska.

(6) Górna powierzchnia podsypki w tzw. okienkach między podkładami/podrozjazdnicami powinna być profilowana do wysokości 0,02 m poniżej górnej krawędzi części środkowej podkładów.

(7) Zaleca się wbudowanie podsypki z wykonaniem sub-warstwy. Pierwszą od dołu warstwę (sub-warstwę) o grubości nie większej niż  $\frac{2}{3}$  docelowej grubości podsypki (zwykle od 0,10 do 0,15 m) zagęszcza się płytami wibracyjnymi lub walcami o ciężarze minimum 200 kg. Warstwa ta powinna być równa, umożliwiającą montaż rusztu torowego. Ostateczne zagęszczenie podsypki powinno nastąpić po uzupełnieniu tłucznia i jego podbiciu za pomocą podbijarki torowej do wymaganej niwelety. Wymaganie powierzchniowego zagęszczenia podsypki płytami wibracyjnymi dotyczy również obszaru międzytorza, na którym brak powierzchniowego zagęszczenia jest istotnym czynnikiem sprzyjającym wybočeniom toru.

(8) Nie zaleca się projektowania podsypki powyżej górnej powierzchni podkładów oraz zabudowy torowiska warstwą tłucznia kamiennego (podsypki). Zalecenie to nie dotyczy nadsypki, którą można zastosować na poboczu torowiska (od strony czoła podkładu) w celu zwiększenia stateczności toru z uwagi na wyboczenie oraz zabudowy torowiska tłucznem, np. w strefie przejściowej między torowiskiem zabudowanym nawierzchnią nieprzepuszczalną, a torowiskiem z zabudową roślinną.



Rys. 6.3.5.2. Ukształtowanie przyzmy podsypki w torze bezстыkowym w torowisku samodzielnym

(9) Ze względu na dopuszczalną minimalną grubość podsypki pod podkładem/podrozjazdnicą 0,20 m/0,25 m zaleca się projektowanie podsypki z kruszywa o wymiarze 31,5/50 mm (tłuczeń kamienny). Należy stosować na podsypkę kruszywa naturalne ze skał twardych. Podsypka powinna spełniać wymagania normy [25]. W związku z tym, że norma ta jest normą klasyfikacyjną, w której brak jest wymagań wobec kruszywa na podsypkę kolejową, ale zawiera jedynie wykaz właściwości kruszywa na podsypkę i podział na kategorie umożliwiające jednolite posługiwanie się nimi, przy ustalaniu wymagań w krajowych przepisach technicznych oraz późniejszą ocenę zgodności wytworzonej podsypki z wymaganiami zawartymi w tych przepisach. Brak jest także normowego, krajowego dokumentu aplikacyjnego dla normy [25]. Dokumentem technicznym, aplikującym postanowienia normy [25] do praktycznego stosowania są [50], które należy stosować także w odniesieniu do torowisk tramwajowych.

(10) Na podsypkę w torowiskach tramwajowych zaleca się stosować I klasę i gatunek 1 podsypki, zdefiniowane w [53]. Dopuszcza się także uzasadnione w opisie technicznym indywidualne określanie wymagań dla kruszywa na podsypkę przez wskazanie wymaganych kategorii dla wybranych właściwości kruszywa (wskazanie innej kategorii lub zbioru właściwości niż określone w [53]).



### 6.3.6. Zasadnicza podbudowa torowiska w konstrukcjach bezpodsypkowych

(1) Bepodsypkową konstrukcję nawierzchni torowiska z prefabrykowaną, betonową podbudową zasadniczą stosuje się zgodnie z zaleceniami producenta określonych elementów prefabrykowanych lub zgodnie z wydanymi krajowymi ocenami technicznymi dla danej konstrukcji albo projektuje się indywidualnie z uzasadnieniem w opisie technicznym celowości takiego rozwiązania.

(2) Dla konstrukcji wylewanych w miejscu wbudowania (nie prefabrykowanych) wymagania dotyczące betonu określa się zgodnie z normą [26], [35] lub [17].

(3) Beton powinien być wyspecyfikowany jako beton recepturowy lub jako beton projektowany. Beton projektowany powinien być wyspecyfikowany zgodnie z wymaganiami norm wskazanych w akapicie (2) za pomocą wymagań podstawowych (podawanych w każdym przypadku) oraz wymagań dodatkowych (określanych w odpowiednich przypadkach).

(4) Przykład specyfikacji betonu projektowanego (nawierzchniowego) do zastosowania np. w konstrukcji typu Bp/csp/60R2/bc jest następujący:

- a) wymagania podstawowe:
  - beton zgodny z normami [35] i [36],
  - klasa wytrzymałości na ściskanie: C35/45,
  - klasy ekspozycji: XC4, XF4, XA1, XD3, XM2,
  - konsystencja max S3 (oczekiwany opad stożka w chwili zabudowy 100-120 mm),
  - $D_{\min} = 2 \text{ mm}$  i  $D_{\max} = 16 \text{ mm}$ ,
  - klasa zawartości chlorków Cl: 0,20,
- b) wymagania dodatkowe dla cementu: cement CEM I 42,5 R lub CEM I 52,5 R lub CEM I 52,5 N, preferowany cement o zawartości alkaliów do 0,8%,
- c) wymagania dodatkowe dla kruszywa 2/8 i 8/16 mm według normy [22]:
  - uziarnienie kruszywa: G<sub>c</sub>85/20;
  - wskaźnik płaskości: F<sub>15</sub>,
  - zawartość pyłów: f<sub>1,5</sub>,
  - odporność na rozdrobnienie LA (dla odpowiedniej frakcji): max LA<sub>30</sub>,
  - odporność na polerowanie PSV: min PSV<sub>53</sub>,
  - odporność na ścieranie M<sub>DE</sub>: max M<sub>DE</sub>20,
  - odporność na ścieranie powierzchniowe AAV: AAV 10,
  - nasiąkliwość: WA<sub>24</sub> 1,
  - mrozoodporność F [%]: F1,
  - mrozoodporność w 1% NaCl F [%]: F2,
  - grube zanieczyszczenia lekkie, m<sub>LPC</sub> [%]: m<sub>LPC</sub>0,1,
  - zawartość siarki: max S1,
  - zawartość siarczanów AS [%]: AS<sub>0,2</sub>,
  - reaktywność alkaliczna [%]: 0 lub max 0,5% (niereaktywne),
  - zawartość chlorków rozpuszczalnych w wodzie: <0,01%,
  - procentowa wartość ziaren całkowicie przekruszonych w [%]: 100%, C<sub>100/0</sub>,
  - proponowane kruszywo 2/8 i 8/16 przekruszone granitowe lub kruszywo gąbro,
- d) rozwój wytrzymałości:
  - wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie po 28 dniach twardnienia według normy [19]: min. 45,0 MPa dla odpowiedniej metody uzyskania,
  - wytrzymałość charakterystyczna na ściskanie po 7 dniach twardnienia według normy [19]: min. 37,0 MPa dla odpowiedniej metody uzyskania,
  - wytrzymałość charakterystyczna na zginanie po 28 dniach twardnienia według normy [20]: min. 5,5 MPa (4 punktowy schemat podparcia (150 mm/450 mm) na belce 150 × 150 × 600 mm),
- e) głębokość penetracji wody pod ciśnieniem 0,5 MPa po 72 godzinach według normy [21]: max 50 mm,
- f) inne wymagania techniczne:
  - współczynnik w/c: max 0,42,
  - punkt piaskowy mieszanki: 38,5-39,5,

- ilość zaczynu: 337-342 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>,
  - ilość zaprawy: 595-600 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>,
  - objętość cementu i kruszywa <0,125: 341-343 dm<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>,
  - zawartość cementu i kruszywa <0,125: 394-396 kg/m<sup>3</sup>,
  - zawartość cementu i kruszywa <0,250: 482-486 kg/m<sup>3</sup>,
  - oczekiwana ilość cementu: 385-390 kg/1 m<sup>3</sup> mieszanki betonowej,
  - zawartość powietrza w mieszance betonowej wytworzonego za pomocą domieszki napowietrzającej od 4,5 do 6,5% (oczekiwany wskaźnik napowietrzenia według normy [34]; A300 min. 1,5%, L<sub>sr</sub> max 0,22 mm),
  - sumaryczna zawartość alkaliów w betonie: max 3,0 kg/m<sup>3</sup>,
- g) wymagania dla stwardniałego betonu:
- odporność betonu na działanie mrozu według normy [17],
  - stopień mrozoodporności: F200 lub wyższy,
  - odporność betonu na zamrażanie/rozmarzanie w 3% roztworze NaCl według normy [17]: średni ubytek masy po 56 cyklach – max 1,0 kg/m<sup>2</sup>, średni ubytek masy po 28 cyklach – max 0,5 kg/m<sup>2</sup>, kategoria FT2.

(5) Dla konstrukcji wylewanych w miejscu wbudowania (nie prefabrykowanych) wykonuje się obliczenia konstrukcji betonowej wykazujące potrzebę lub brak stosowania zbrojenia prętami stalowymi lub zbrojenia rozproszonego. W konstrukcji zasadniczej podbudowy betonowej należy zaprojektować odpowiednio szczeliny przeciwskurczowe. W przypadku potrzeby stosowania zbrojenia, należy określić specyfikację zbrojenia (m.in. średnicę i rozstaw prętów, gatunek stali).

(6) Przy projektowaniu betonowej zabudowy torowiska w pierwszej kolejności należy rozpatrywać rozwiązania nie wymagające zbrojenia betonowej zabudowy torowiska prętami stalowymi lub kompozytowymi, w celu zapewnienia możliwości sfrezowania zabudowy torowiska (po demontażu szyn) na potrzeby remontu lub przebudowy (ponowne wykorzystanie betonowej podbudowy torowiska).

(7) W przypadku konstrukcji podbudowy zasadniczej w postaci ław podłużnych i roślinną zabudowę torowiska zaleca się zastosowanie na pomocniczą podbudowę torowiska kruszywa o uziarnieniu 4/31,5 mm, zapewniającego wymagany wysoki współczynnik filtracji.

### 6.3.7. Szyny

(1) Pochylenie poprzeczne szyn w płaszczyźnie pionowej, skierowane do osi toru, przyjmuje się zgodnie z tab. 6.3.7.1

**Tab. 6.3.7.1. Pochylenie poprzeczne szyn w płaszczyźnie pionowej w zależności od rodzaju toru**

Pochylenie poprzeczne szyn	Charakterystyka konstrukcji nawierzchni torowej
1:40	w torach z szynami o profilu 49E1 na podkładach betonowych lub w konstrukcji bezpodsypkowej
1:20 lub 1:40	w torach z szynami o profilu 49E1 na podkładach drewnianych lub z materiału stosowanego zamiennie za podkłady drewniane (np. kompozyt)
1:∞	w torach z szynami o profilu 60R2, która ma już wwalcowane pochylenie 1:40, przy założeniu, że stopka szyny jest zamontowana w płaszczyźnie poziomej w torach szlakowych oraz w rozjazdach

(2) Dopuszcza się projektowanie szyn bez pochylenia poprzecznego na terenie zajezdni, np. w torach na kanałach.

(3) Zmiana pochylenia poprzecznego szyn nie wymaga stosowania przekładek podszytowych o pochyleniu pośrednim. Zmiana pochylenia szyn może następować skokowo pomiędzy kolejnymi punktami podparcia lub w miejscu łączenia szyn w ciągłe toki szynowe (przy ciągłym podparciu szyn).

(4) Profil szyny dostosowuje się do profilu koła. Jako podstawowe rozwiązania stosuje się szyny o profilach określonych w tab. 6.3.7.2.

**Tab. 6.3.7.2. Podstawowe profile szyn i ich zastosowanie**

Profil szyny	Zastosowanie
49E1	tory położone w łukach poziomych o $R \geq 150$ m i na odcinkach prostych w torowiskach niezabudowanych lub zabudowanych (pod warunkiem, że rodzaj lub wysokość ułożenia zabudowy torowiska umożliwia swobodne prowadzenie obrzeża koła tramwajowego, np. zabudowa roślinna); stosowanie szyn Vignole'a ma na celu m.in. minimalizację liczby złączy szynowych (szyny Vignole'a produkowane i dostarczane są w dłuższych odcinkach niż szyny rowkowe) oraz ograniczanie emisji hałasu w torowiskach niezabudowanych (szyny rowkowe o wyższej szycie szyny mają niekorzystny wpływ na emisję hałasu)
60R2	tory położone w łukach poziomych o $R < 150$ m
specjalny	do budowy rozjazdów, przyrządów wyrównawczych oraz konstrukcji specjalnych

(5) W torowiskach wspólnych z jezdnią oraz w torowiskach wydzielonych i zabudowanych należy stosować szyny rowkowe. Szyny rowkowe należy stosować, niezależnie od ich zabudowy, w torach na łukach o promieniu do 150 m włącznie. Wymaganie to może być zmienione za zgodą zarządcy torowiska na podstawie opracowanej analizy warunków wykolejenia uwzględniającej lokalne charakterystyki: taboru, zastosowanego profilu kół i rodzaju wózków (obrotowe lub nieobrotowe).

(6) Dopuszcza się stosowanie innych profili szyn, niż określone w tab. 6.3.7.2. Decyzję o dopuszczeniu stosowania innych profili szyn podejmuje zarządca torowiska.

(7) Zamiennie za profile szyn określone w tab. 6.3.7.2 dopuszcza się stosowanie szyn o innej wysokości konstrukcyjnej, zachowując profil główki szyny (krawędzi i powierzchni tocznej), np. w celu:

- zmniejszenia grubości warstw posadzki w hali (możliwy do zastosowania np. profil 53R1 zamiennie za profil 60R2),
- zwiększenia rozstawu podpór szynowych w kanałach przeglądowych (możliwy do zastosowania np. profil szyny 60E1 zamiennie za 49E1),
- zmniejszenie łącznej grubości konstrukcyjnej torowiska (możliwy do zastosowania profil szyny np. 53R1 lub LK1 (z klejonym systemem przytwierdzenia – tzw. system szyny w otulinie np. na obiektach inżynierskich)).

(8) W projekcie określa się gatunek stali szynowej, z której powinny być wykonane szyny. Dobór gatunku stali szynowej ustala się na podstawie przyjętych lokalnych założeń utrzymaniowych przez zarządcę torowiska, dotyczących m.in. napawania regeneracyjnego i możliwości wymiany zużytych bocznie szyn. Jeżeli nie ustalono inaczej, zaleca się przyjmowanie gatunków stali szynowej zgodnie z tab. 6.3.7.3.

**Tab. 6.3.7.3. Zalecane gatunki stali szynowej dla wybranych lokalizacji w torach na odcinkach szlakowych**

Ogólna charakterystyka konstrukcji i lokalizacji torowiska	Zalecane gatunki stali
torowisko na odcinkach prostych oraz w łukach o promieniu $R \geq 150$ m, niezależnie od rodzaju zabudowy	R260
torowisko na odcinkach prostych oraz w łukach o promieniu $150 \leq R \leq 1\,000$ m, w strefach zwiększonego zużycia pionowego szyn, tj. wzdłuż peronów przystankowych	R290GHT
torowisko na odcinkach prostych oraz w łukach o promieniu $R \geq 1\,000$ m w strefach zwiększonego zużycia pionowego szyn, tj. wzdłuż peronów przystankowych	R340GHT
torowisko w łukach o promieniu $R < 150$ m, w miejscach umożliwiających łatwą wymianę szyn, np. torowisko o konstrukcji podsypkowej niezabudowane oraz o konstrukcji bezpodsypkowej zabudowane roślinnością	R340GHT
torowisko w łukach o promieniu $R < 150$ m zabudowane nawierzchnią nieprzepuszczalną (przejazdy tramwajowe, przejścia dla pieszych, przejazdy dla rowerów)	R290GHT <sup>1)</sup>
<p>Oznaczenia:  R – gatunek stali szynowej  290 – minimalna twardość oznaczona metodą Brinella (HBW)  G – inne cechy  HT – stal obrabiana cieplnie</p> <p><sup>1)</sup> z gatunków stali dedykowanych do regeneracji.</p>	

(9) Do stali szynowych trudno napawalnych zalicza się stale: R340GHT i twardsze, B1000. Nie wyklucza się możliwości stosowania napawania regeneracyjnego szyn ze stali trudno napawalnych, przy czym należy zastosować odpowiednią technologię napawania, dostosowaną do wybranego gatunku stali szynowej.

(10) Zmiana twardości szyn powinna wystąpić poza krzywą przejściową/rampą przechyłkową – na prostej, a w przypadku łuków kosztowych – na łuku o większym promieniu (stal dobrana odpowiednio dla łuku o większym promieniu) lub na prostej (poza łukiem).

(11) W przypadku łuków poziomych o  $R < 150$  m na długości, których projektuje się różną zabudowę torowiska, np. 2/3 długości zabudowane roślinnością i 1/3 nawierzchnią nieprzepuszczalną, na całej długości łuku należy stosować jeden gatunek stali, właściwy dla zabudowy nawierzchnią nieprzepuszczalną (tj. umożliwiającą napawanie szyn).

(12) Zabudowę innych gatunków stali niż podane w tab. 6.3.7.3, dopuszcza się po uzgodnieniu z zarządcą torowiska.

(13) Należy projektować zastosowanie nowych szyn o zalecanych długościach nie mniejszych niż 30 m dla szyn Vignole’a (jeżeli są zapewnione warunki do ich transportu do miejsca wbudowania) i 18 m dla szyn rowkowych.

(14) W obrębie połączeń torów (rozjazdy, odcinki łączące/pośrednie) oraz odcinki przylegające do rozjazdów i skrzyżowań torów, a także na odcinkach przylegających do obszaru o zakresie objętym projektem, dopuszcza się stosowanie szyn o długościach innych niż wskazano w akapicie (13).

(15) W przypadku zaprojektowania szyn Vignole’a (np. o profilu 49E1) w łukach poziomych, w torowiskach niezabudowanych, wydzielonych z jezdni, o pochyleniach podłużnych toru, należy stosować przy szynach wewnętrznych łuku odbojnice (dodatkowe szyny odbojnicowe) zabezpieczające przed skutkami wykołowania tramwaju. Odbojnice stosuje się w następujących przypadkach:

- a) w łukach o promieniu  $R < 300$  m, na pochyleniach podłużnych toru od 1 do 2%,
- b) w łukach o promieniu  $R < 500$  m, na pochyleniach podłużnych toru od 2 do 3%.

(16) W łukach o promieniu  $R < 500$  m, na pochyleniach podłużnych toru ponad 3% należy stosować szyny rowkowe.

(17) Szczegółowe wymagania i dane wymiarowe charakteryzujące określone profile szyn określają normy [29], [30] i [31].

### 6.3.8. System przytwierdzenia szyny

(1) System przytwierdzenia szyny do podpór szynowych powinien zapewniać:

- a) możliwość regulacji szerokości toru w granicach określonych w podrozdziale 7.5.5,
- b) zastosowanie wymaganego pochylenia poprzecznego szyn określonego w podrozdziale 6.3.7 akapit (1),
- c) redukcję emisji drgań materiałowych i powietrznych (wibracji i hałasu) od ruchu tramwajów,
- d) ograniczenie upływności prądów powrotnych (tzw. prądów błędzących),
- e) ograniczenie pełzania szyn przez zapewnienie odpowiedniego oporu podłużnego związanego z jednorodnością rozkładu naprężeń termicznych w tokach szynowych i tym samym ze statecznością toru bezстыkowego z uwagi na jego wyboczenie,
- f) wymagane wartości sztywności ramowej toru charakteryzowanej m.in. oporem na skręcanie systemu przytwierdzenia szyny wpływającym na stateczność toru bezстыkowego z uwagi na jego wyboczenie,
- g) ochronę elementów mocowania szyny przed zabrudzeniem materiałem zabudowy torowiska w celu ułatwienia demontażu zużytej lub uszkodzonej szyny (w szczególności dotyczy to zabudowy z betonu cementowego).

(2) Wymagania eksploatacyjne dla systemów przytwierdzeń szyn określają normy: [27], [28], [29], [30] i [34]. Wymagania te są ustalone dla warunków kolejowych, co nie wyklucza

możliwości ich stosowania w odniesieniu do torowisk tramwajowych przy uwzględnieniu ich specyfiki i różnic eksploatacyjnych w porównaniu do warunków eksploatacyjnych infrastruktury kolejowej.

(3) Ograniczenie wibracji i hałasu wtórnego od ruchu tramwajów przez wykorzystanie tłumiących właściwości systemu przytwierdzenia szyn polega głównie na zastosowaniu elementów sprężystych w konstrukcji systemu przytwierdzenia szyny. Sztywność elementów sprężystych powinna być dostosowana do rodzaju podparcia i mocowania szyn w systemie przytwierdzenia, tak aby ugięcie szyny zawierało się w określonym przedziale. Zalecane wartości ugięcia szyny wynoszą od 0,8 do 1,5 mm. Im większe ugięcie szyny, tym lepsze powinno być tłumienie wibracji, ale jednocześnie zwiększa się wówczas ryzyko wzbudzenia drgań tramwaju i elementów nawierzchni torowej, a tym samym powstawania i szybszego narastania zużycia falistego szyn lub odkształceń zabudowy torowiska w postaci nieprzepuszczalnej nawierzchni drogowej, a w szczególności zwiększenia naprężeń w sprężystym materiale uszczelnień przyszynowych.

(4) Normy wyszczególnione w akapicie (3) dotyczą kompletnych systemów przytwierdzeń szyn i nie określają zalecanych wartości sztywności elementów sprężystych, lecz opisują metody badania tego parametru.

(5) Przykładowe sztywności elementów sprężystych określa tab. 6.3.8.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości sztywności w uzgodnieniu z zarządcą torowiska na podstawie odpowiedniego uzasadnienia, opracowanego np. w postaci analizy wibroizolacyjnej lub opinii / ekspertyzy wibroizolacyjnej.

**Tab. 6.3.8.1. Przykładowe sztywności elementów sprężystych**

Profil szyny	Sztywność statyczna $C_{stat}$	Sztywność dynamiczna $C_{dyn}$
przekładki podszynowe stosowane w bezpodsypkowej konstrukcji torowiska z punktowym podparciem szyn	50-70 kN/mm (dla podparcia szyn 0,75 m)	-
kompletny system przytwierdzenia szyn z podparciem punktowym	-	100-200 kN/mm
ciągły profil podszynowy stosowany na stopce szyny (podparcie ciągłe) w bezpodsypkowej konstrukcji torowiska	10-30 kN/mm/m	-
kompletny system przytwierdzenia szyn z ciągłym podparciem	-	50-150 kN/mm/m
przekładki podszynowe w podsypkowej konstrukcji torowiska o punktowym podparciu szyn na podkładach betonowych	90-160 kN/mm	-

(6) W celu zapewnienia porównywalności deklarowanych wartości sztywności statycznych i dynamicznych, trwałości materiałów wibroizolacyjnych, materiały te powinny być badane według tych samych metod. Metody badań zostały określone w normach wymienionych w akapicie (2). Sztywność statyczna i dynamiczna powinna być określona według procedury określonej w normie [23]. System przytwierdzenia szyny powinien być sklasyfikowany i badany według norm określonych w akapicie (2).

(7) Zaleca się, aby trwałość eksploatacyjną elementów sprężystych w systemach przytwierdzenia szyny osiągać i potwierdzać przez spełnienie następujących wymagań:

- zmiana statycznej sztywności pionowej kompletnego systemu przytwierdzenia szyn lub przekładki podszynowej dla punkowego lub ciągłego podparcia szyny po normalnym badaniu zmęczeniowym nie powinna zwiększyć się więcej niż o 25%,
- współczynnik przeszywnienia dynamicznego  $r = C_{dyn}/C_{stat}$  powinien być nie większy niż 1,5, a ewentualne odstępstwo od tego wymagania (np.  $r \leq 2,0$ ) powinno być uzasadnione np. w postaci analizy / opinii / ekspertyzy wibroizolacyjnej i uzgodnione przez zarządcę torowiska.



(8) System przytwierdzenia szyny powinien zapewniać możliwość regulacji szerokości toru na etapie budowy i wymiany szyny przez zmianę poprzecznego położenia stopki każdego toku szynowego od położenia nominalnego  $\pm 4$  mm (dla szyny rowkowej) i  $\pm 2$  mm (dla szyny Vignole'a) lub odpowiednio  $\pm 8$  mm i  $\pm 4$  mm tylko dla jednego toku szynowego w stosunku do położenia nominalnego. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości dla poprzecznego przesuwu stopki szyny za zgodą zarządcy torowiska.

### 6.3.9. Złącza szynowe

(1) Tory tramwajowe, zarówno na odcinkach szlakowych jak i w rozjazdach, należy projektować jako bezстыkowe, tj. o złączach spawanych lub zgrzewanych. Złącza klasyczne, z zastosowaniem pary łubków skręcanych śrubami łubkowymi, mogą być stosowane jako rozwiązania tymczasowe w sytuacjach awaryjnych, np. jako tymczasowe zabezpieczenie pęknięcia szyn lub jako rozwiązanie docelowe w torowiskach położonych na obszarach szkód górniczych i na odcinkach, na których występują narastające osiadania budowli ziemnych (podłoża gruntowego torowiska).

(2) Zalecana minimalna odległość między złączami szynowymi dopuszczona do stosowania w obrębie połączeń torów wynosi 6 m. Dopuszcza się stosowanie złączy szynowych w odległościach mniejszych niż 6 m za uzasadnioną zgodą zarządcy torowiska. Przy pracach utrzymaniowych minimalną odległość między złączami szynowymi ustala zarządca torowiska.

(3) W projekcie konstrukcji nawierzchni torowej należy minimalizować liczbę złączy szynowych występujących w torze, dlatego zaleca się stosowanie szyn o maksymalnych długościach uzależnionych od możliwości ich transportu w obszarze danej sieci tramwajowej.

(4) Łączenie szyn w ciągłe toki szynowe należy projektować jako złącza spawane (spoiny) lub w miarę możliwości sprzętowych jako złącza zgrzewane elektrooporowo (zgrzeiny).

(5) Na odcinkach szlakowych, a w miarę możliwości również w węzłach rozjazdowych, złącza szynowe powinny występować w tym samym przekroju poprzecznym prostopadłym do osi toru w celu zapewnienia równoczesnego najazdu zestawu kołowego na złącza w obu tokach szynowych. Nie dotyczy to prac utrzymaniowych (napraw awaryjnych) dokonywanych w jednym toku szynowym, w którym wystąpiła potrzeba wykonania złączy szynowych.

(6) Złącza szynowe powinny znajdować się poza szerokością nawierzchni drogowej (jezdni) w obszarze przejazdu tramwajowego. Położenie złączy szynowych w torach szlakowych, a w szczególności w węzłach rozjazdowych, należy określać graficznie w dokumentacji projektowej w postaci rysunku stanowiącego tzw. specyfikację układu geometrycznego toków szynowych.

(7) Spawanie powinno odbywać się na podstawie opisu warunków spawania zawartego w STWiORB, które powinny być opracowane przez projektanta oddzielnie dla złączy spawanych z szyn Vignole'a i oddzielnie dla złączy spawanych dla szyn rowkowych, które należy wykonywać w przypadku spawania termitowego na podstawie instrukcji producenta stosowanej mieszanki termitowej (np. instrukcji SRZ lub SRE dla szyn rowkowych), oraz norm i instrukcji, jak np.:

- a) instrukcja technologiczna spawania (WPS) opracowana według normy [40], oraz kwalifikowana technologia spawania, którą należy stosować na podstawie norm [41] lub [42] dla spawania łukowego,
- b) [48], która nie dotyczy spawania szyn rowkowych.

### 6.3.10. Poprzeczki torowe

(1) Poprzeczki okrągłe i płaskie do łączenia szyn rowkowych i Vignole'a są stosowane w celu zapewnienia właściwej szerokości toru. Z uwagi na rozwój systemów przytwierdzenia szyny, stosowanie poprzeczek torowych nie jest zalecane, bowiem ich funkcje w wystarczającym stopniu spełniają współczesne rozwiązania systemów przytwierdzenia szyny.

(2) Nie zaleca się stosowania poprzeczek torowych także w torowiskach zabudowanych, po których odbywa się ruch pojazdów samochodowych, z uwagi na możliwość powstawania spękań w nawierzchni jezdni wywołanych różnym osiadaniem rusztu torowego i zabudowy torowiska, w której są osadzone poprzeczki torowe.



(3) Szczegółowe wymagania dotyczące poprzeczek okrągłych określa norma [13], a poprzeczek płaskich – norma [12].

(4) Dopuszcza się stosowanie poprzeczek torowych, jeżeli ich zastosowanie wynika z karty technicznej systemu przytwierdzenia szyny. Dopuszcza się także stosowanie poprzeczek torowych przy pracach utrzymaniowych.

(5) Stosowanie poprzeczek torowych jest uzasadnione w systemach przytwierdzenia szyn niezapewniających regulacji szerokości toru, jak np. zwrotnicach rozjazdów, w których stosuje się poprzeczki torowe łączące obie półzwrotnice.

### 6.3.11. Podpory szynowe

(1) W konstrukcjach podsypkowych powszechnie stosuje się podpory szynowe w postaci podkładów i podrozjazdnic drewnianych lub betonowych. Dopuszcza się stosowanie podpór szynowych z innych materiałów, np. kompozytowych (z tworzyw sztucznych) lub stalowych, o ile wyroby te zostały dopuszczone do stosowania w budownictwie zgodnie z ich przeznaczeniem.

(2) Nie zaleca się stosowania podkładów i podrozjazdnic drewnianych, do których zabezpieczenia wykorzystuje się olej kreozotowy z uwagi na jego właściwości toksyczne (rakotwórcze). Za zgodą zarządcy torowiska dopuszcza się stosowanie podkładów i podrozjazdnic drewnianych dopuszczonych do obrotu na rynku wyrobów budowlanych.

(3) Rozstaw podkładów betonowych i drewnianych w konstrukcji podsypkowej w torowiskach niezabudowanych powinien wynosić 0,75 m, a w torowiskach zabudowanych powinien być dostosowany do materiału zabudowy torowiska (np. na przejazdach tramwajowych lub w torowiskach wspólnych z jezdnią – do prefabrykowanych płyt małogabarytowych). W przypadku rozjazdów stosowanych w konstrukcjach podsypkowych należy projektować podrozjazdnice o indywidualnie ustalonym rozstawie i długościach (tzw. dobór podrozjazdnic). Rozstaw podkładów wynoszący 0,75 m należy zmniejszyć w konstrukcji podsypkowej na granicy z konstrukcją bezpodsypkową do wartości nie mniejszej 0,60 m na długości nie mniejszej niż 10 m (dopuszcza się zmniejszenie tej długości, jeżeli w terenie brak jest toru o konstrukcji podsypkowej o takiej długości). Zmianę rozstawu podkładów należy wykonywać ze skokiem 0,05 m.

(4) W konstrukcjach bezpodsypkowych rozstaw podpór szynowych powinien wynikać z karty technicznej systemu konstrukcji torowiska lub krajowej oceny technicznej lub zaleceń producenta systemu konstrukcji torowiska.

(5) Wymagania ogólne dla podkładów i podrozjazdnic betonowych określa norma [24].

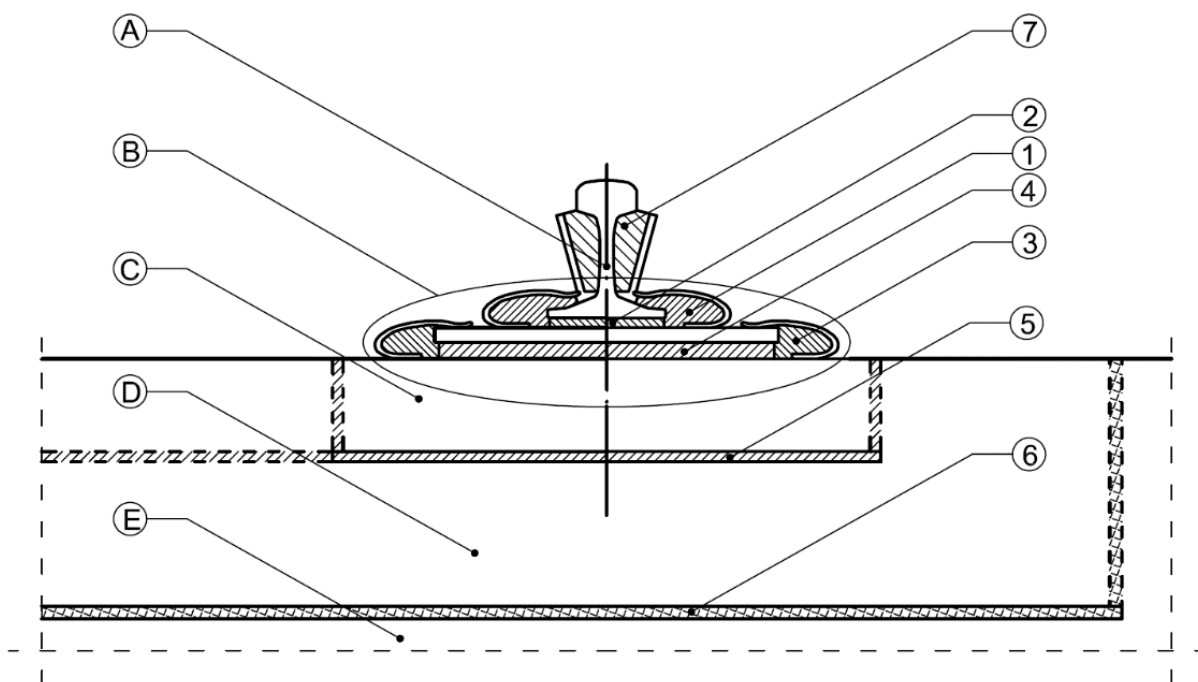
### 6.3.12. Warstwa wibroizolacyjna i izolatory wibroakustyczne

(1) Na nowo projektowanych lub na istniejących i przebudowywanych trasach tramwajowych i w innych uzasadnionych przypadkach (np. wskutek skarg na wibracje lub hałas), poza podstawowym rozwiązaniem wibroizolacyjnym ograniczającym drgania i hałas od ruchu tramwajów, tj. sprężystym podparciem stopki szyny w postaci sprężystej przekładki podszynowej lub żywicznej masy zalewowej, stosuje się indywidualne rozwiązania wibroizolacyjne. Rozwiązania te powinny wynikać z ekspertyzy wibroizolacyjnej opracowanej przez certyfikowaną jednostkę badawczą i zawierać uzasadnione odpowiednią analizą rozwiązania polegające na wyborze jednej lub kilku wskazanych stref stosowania izolatorów wibroakustycznych w konstrukcji torowiska. Schematyczne przedstawienie stref możliwego stosowania izolatorów wibroakustycznych w konstrukcji torowiska przedstawia rys. 6.3.12.1.

(2) Nad obiektami inżynierskimi z prowadzonymi w nich usługami podziemnymi, takimi jak np. podziemne przejście dla pieszych lub część handlowo-usługowa, w tunelu pomiędzy podbudową torowiska a podłożem gruntowym lub na stropie tunelu należy projektować maty wibroizolacyjne (podtłuczniowe lub podpłytkowe). Dopuszcza się odstępstwo od tego wymagania na podstawie uzasadnienia zawartego w treści analizy wibroizolacyjnej.

(3) Rozwiązania wibroizolacyjne w sąsiedztwie budynków mieszkalnych i budynków użyteczności publicznej, na istniejących obiektach mostowych projektuje się indywidualnie na podstawie analizy wibroizolacyjnej.

(4) Należy stosować kryteria oceny wpływu drgań (wibracji) na konstrukcję budynków i na ludzi w nich przebywających określone w normach [15] i [16].



Rys. 6.3.12.1. Strefy stosowania izolatorów wibroakustycznych w konstrukcji niezabudowanego torowiska tramwajowego z szynami Vignole'a (przedstawienie schematyczne). Oznaczenia grup elementów składowych konstrukcji torowiska: A – szyna; B – system przytwierdzenia szyny; C – podpora szynowa (podkład belkowy w nawierzchni podsypkowej albo blok podporowy lub podbudowa zasadnicza torowiska o konstrukcji bezpodsypkowej); D – podsypka w nawierzchni o konstrukcji podsypkowej lub betonowa płyta podbudowy w nawierzchni torowej o konstrukcji bezpodsypkowej; E – podłoże gruntowe. Oznaczenia poszczególnych elementów: 2, 4 – elementy podparcia szyny (2 – sprężysta przekładka podszynowa ciągła lub punktowa, 4 – podkładka żebrowa na podkładce wibroizolacyjnej lub na podlewie żywicznym w przytwierdzeniu pośrednim); 1, 3 – elementy mocujące szynę (łapki sprężyste lub żywiczne masy zalewowe); 5 – sprężyste podkładki podpodkładowe (USP) lub podblokowe; 6 – warstwa wibroizolacyjna (mata podpodsypkowa lub podpłytkowa); 7 – profile przyszynowe/tłumiki przyszynowe jako izolatory akustyczne

(5) W celu zapewnienia porównywalności deklarowanych charakterystyk materiałów wibroizolacyjnych i izolatorów wibroakustycznych, wyroby te powinny być specyfikowane i badane według tych samych metod określonych w odpowiednich normach zharmonizowanych. W pierwszej kolejności należy korzystać z aktualnych, zharmonizowanych norm europejskich, a w przypadku braku takich norm z indywidualnych dokumentów odniesienia, takich jak KOT zamawiane przez producentów w jednostkach badawczych upoważnionych do ich wystawiania w odpowiednim zakresie. Przykładowo dla mat wibroizolacyjnych dla konstrukcji podsypkowej (tj. dla mat podtłuczniowych) należy stosować normę [33]. Producent/dostawca deklarujący właściwości użytkowe swojego wyrobu (dopuszczonego do stosowania na rynku wyrobów budowlanych) w odniesieniu do innego dokumentu niż wskazany w dokumentacji projektowej, powinien wykazać równoważność metod badawczych, tak aby możliwe było jednoznaczne zinterpretowanie wyników ich badania.

## 6.4. Tor bezстыkowy

(1) Jako tor bezстыkowy określa się tor o długości co najmniej 180 m, zbudowany z szyn łączonych w ciągłe toki szynowe przez spawanie lub zgrzewanie elektrooporowe. W torze bezстыkowym nie powinny występować klasyczne złącza szynowe, w których szyny łączone są na łubki.

(2) Ze względu na rozszerzalność termiczną stali w tokach szynowych, które mają ograniczoną lub uniemożliwioną zmianę długości powodowaną zjawiskiem rozszerzalności termicznej i przeciwdziałającym zmianie długości oporom podłużnym rusztu torowego osadzonego w podsypce, powstają siły termiczne. Są one wywołane zmianą temperatury szyn w odniesieniu do temperatury, w jakiej zostały one przytwierdzone do podpór szynowych (podkładów) podczas montażu toru. Temperatura szyny w stanie, w którym nie występują naprężenia termiczne, tj. występującym bezpośrednio przed przytwierdzeniem szyn do podpór szynowych jest określana jako temperatura neutralna.

(3) Po przytwierdzeniu szyn do podkładów posadowionych w podsypce uniemożliwiona zostaje swobodna rozszerzalność termiczna szyn i tym samym wywołane zostają siły (naprężenia) termiczne w tokach szynowych.

(4) Negatywnym skutkiem zmiany temperatury szyny może być wyboczenie toru lub pęknięcie szyny. W [49] przyjęto, że w warunkach klimatycznych Polski, w ciągu roku temperatura szyn może zmieniać się w przedziale od  $-30$  do  $+60^{\circ}\text{C}$ , czyli tzw. maksymalne obciążenie termiczne szyny wynosi  $90^{\circ}\text{C}$ , a średnia temperatura szyny wynosi  $(+60^{\circ}\text{C} + (-30^{\circ}\text{C})) / 2 = +15^{\circ}\text{C}$ . Wartość bezwzględna naprężeń ściskających i rozciągających będzie równa w przypadku przytwierdzenia szyn do podpór szynowych w temperaturze średniej wynoszącej  $+15^{\circ}\text{C}$  (obciążenie termiczne wynosi wówczas  $\pm 45^{\circ}\text{C}$ ). W celu zmniejszenia sił ściskających przyjęto w [49], że przytwierdzenie szyn toru bezстыkowego należy wykonywać w przedziale temperatur szyny od  $+15$  do  $+30^{\circ}\text{C}$ .

(5) Wartości rzeczywistej temperatury neutralnej dla konkretnych odcinków montowanego toru należy wpisywać do tzw. metryki toru bezстыkowego, w której powinny być w trakcie jego eksploatacji wpisywane wszelkie zdarzenia związane temperaturą szyn podczas robót utrzymaniowych, które mogą wpłynąć na stateczność toru i stwarzać zagrożenie jego wyboczeniem lub pękaniem szyn przy spadku ich temperatury względem temperatury neutralnej.

(6) Na odcinkach toru bezстыkowego, szczególnie w torowiskach samodzielnych, o konstrukcji podsypkowej niezabudowanej, w sytuacji braku możliwości jego montażu w określonym powyżej przedziale temperatur neutralnych, zaleca się wykonywanie regulacji podłużnych sił termicznych (naprężeń) w tokach szynowych jedną z dwóch metod opisanych w tab. 6.4.1.

**Tab. 6.4.1. Zalecane metody wykonywania regulacji podłużnych sił termicznych (naprężeń) w tokach szynowych**

Rodzaj metody	Charakterystyka
metoda swobodnych wydłużeń szyn	Polega na tymczasowym usunięciu lub poluzowaniu elementów mocujących stopkę szyny (łapek sprężystych w systemie przytwierdzenia szyny) i umożliwieniu na regulowanym odcinku toru, przy temperaturze szyny mieszczącej się w wymaganym przedziale od $+15$ do $+30^{\circ}\text{C}$ , swobodnych wydłużeń toków szynowych, po czym powinno nastąpić odcięcie nadmiarowych odcinków i ponowne wykonanie złączy spawanych oraz przytwierdzenie szyn.
metoda wymuszonych wydłużeń szyn	Polega na tymczasowym usunięciu lub poluzowaniu elementów mocujących stopkę szyny (łapek sprężystych w systemie przytwierdzenia szyny), wycięciu krótkiego odcinka szyny w każdym toku szynowym o obliczonej długości dla przyjętej temperatury neutralnej. Następnie należy za pomocą specjalnie mocowanych na tokach szynowych siłowników hydraulicznych (tzw. naprężaczy szynowych) naciągnąć regulowane toki szynowe do zamknięcia przerwy w ciągłości przeciętych toków szynowych (z uwzględnieniem niezbędnego luzu spawalniczego). Ten proces regulacji podłużnych sił termicznych (naprężeń) w tokach szynowych może być realizowany w dowolnej temperaturze szyny, najlepiej w ramach jednego procesu montażu toru podczas jego budowy lub wymiany zużytych elementów nawierzchni torowej (głównie zużytych szyn).

(7) Wartość naprężenia termicznego w szynie oraz wartość siły termicznej w szynie nie zależą od długości szyny. Przy wzroście temperatury w szynie, w stosunku do temperatury jej montażu występuje siła  $F_{\Delta t}$  (rys. 6.4.1), której wartość oblicza się na podstawie wzoru (6.4.1):

$$F_{\Delta t} = E \cdot A_s \cdot \alpha_t \cdot \Delta_t \quad (6.4.1)$$

gdzie:

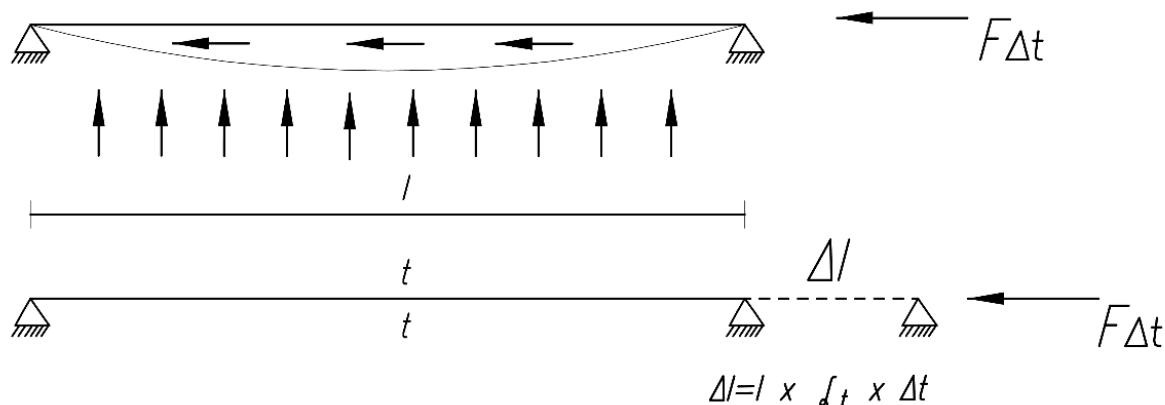
$F_{\Delta t}$  – siła termiczna w szynie [N],

$\alpha_t$  – współczynnik rozszerzalności stali [ $1/^\circ\text{C}$ ],

$\Delta_t$  – zmiana temperatury neutralnej w szynie (między temperaturą jej przytwierdzenia, a temperaturą aktualnie zmierzoną) [ $^\circ\text{C}$ ],

$E$  – moduł Younga [Pa],

$A_s$  – pole przekroju poprzecznego szyny [ $\text{m}^2$ ].



Rys. 6.4.1. Powstawanie siły termicznej w toku szynowym  $F_{\Delta t}$  przy wzroście temperatury w szynie, w stosunku do neutralnej temperatury jej montażu o  $\Delta t$

(8) W celu zwiększenia stateczności toru bezстыkowego w konstrukcji podsypkowej (zmniejszenia podatności na wyboczenie toru):

- powierzchniowo zagęszcza się podsypkę płytą wibracyjną na poboczach torowiska, na międzytorzu oraz w okienkach między podkładami,
- możliwe jest stosowanie specjalnych profili stalowych (tzw. tarcz podkładowych np. typu SN) mocowanych do podkładów lub podrojazdnic w ich środkowej lub czołowej części (rys. 6.4.2), których zadaniem jest zwiększenie oporu poprzecznego toru.



Rys. 6.4.2. Przykład profilu stalowego mocowanego do podkładów lub podrojazdnic, których zadaniem jest zwiększenie oporu poprzecznego toru w konstrukcji podsypkowej

## 6.5. Konstrukcja zabudowy torowiska w torach szlakowych i w rozjazdach

(1) Stosowanie zabudowy torowiska powoduje utrudniony dostęp do systemu przytwierdzenia szyn i samych szyn w celu ich wymiany. Z tego powodu zabudowa torowiska powinna być stosowana w celu spełnienia dodatkowych funkcji przez torowisko (poza prowadzeniem ruchu tramwajów).

(2) Na odcinkach, na których planuje się zastosowanie zabudowy torowiska zaleca się w pierwszej kolejności planowanie bezpodсыpkowej konstrukcji torowiska, z uwagi na zapewnienie przez ten typ konstrukcji trwałego układu geometrycznego torów bez potrzeby prowadzenia prac utrzymaniowych w zakresie układu geometrycznego toru. Dopuszcza się także stosowanie zabudowy torowiska w podсыpkowej konstrukcji torowiska.

(3) Zaleca się stosowanie nieprzepuszczalnej zabudowy torowiska w torach przylegających do peronów przystankowych w celu ułatwienia utrzymania czystości przez zmiatanie. W torach równoległych do torów przylegających bezpośrednio do peronów zaleca się stosowanie zabudowy jak na pozostałym odcinku szlakowym. Dopuszcza się rezygnację z zabudowy torowiska przy peronach w uzgodnieniu z zarządcą torowiska.

(4) Zabudowę torowiska w strefie przyszynowej po stronie główki szyny projektuje się w taki sposób, aby maksymalnie zużyta obręcz, tocząca się po maksymalnie zużytej szynie, nie powodowała uszkodzenia sztywnej zabudowy torowiska (zwykle nawierzchni drogowej) – nie dotyczy to zabudowy podсыpkowych konstrukcji torowiska bez uszczelnienia w strefie przyszynowej oraz systemów przytwierdzenia szyn z profilami na powierzchnię boczną szyn. Sprężyste elementy występujące w strefie przyszynowej po stronie główki szyny będą zużywane przez toczące się koło stopniowo, tj. wraz z pionowym i bocznym zużyciem główki szyny.

(5) Na przejazdach drogowych, przejściach dla pieszych, przejściach sugerowanych i przejazdach dla rowerów szyna nie powinna wystawać więcej niż 5 mm powyżej zabudowy torowiska.

(6) W przypadku stosowania zabudowy torowiska z betonu cementowego zaleca się projektowanie systemu przytwierdzenia szyn zapewniającego możliwość wymiany szyn bez niszczenia betonowej zabudowy torowiska.

(7) W przypadku użycia mocowań punktowych w torowisku zabudowanym zapewnia się możliwość realizacji zaprojektowanego swobodnego ruchu ich elementów sprężystych. Mocowania osłania się systemowymi osłonami.

(8) W konstrukcjach podсыpkowych, w których odmienny sposób przenoszenia obciążeń od ruchu tramwajów (przez ruszt torowy) i pojazdów samochodowych (przez warstwy zabudowy torowiska) na podbudowę zasadniczą powoduje różnice w pionowych ugięciach szyn i zabudowy torowiska, zaleca się stosowanie materiałów nadających się do ponownego montażu lub do regulacji, np. kostki betonowej na przejściach dla pieszych, przejściach sugerowanych i przejazdach dla rowerów. Dopuszcza się także stosowanie innych materiałów.

(9) W strefie zwrotnicy rozjazdu zaleca się stosować twardą zabudowę torowiska w celu ułatwienia prac związanych z konserwacją i czyszczeniem zwrotnic. W celu minimalizacji powierzchni zabudowy zaleca się, aby zabudowa kończyła się na wysokości klina stalowego, stanowiącego wypełnienie przestrzeni między szyną toru zasadniczego i zwrotnego. Dopuszcza się rezygnację ze stosowania zabudowy strefy zwrotnicy rozjazdu.

(10) Zaleca się zapewnienie twardego dojazdu do każdej zwrotnicy rozjazdu usprawniającego wykonanie przeglądu eksploatacyjnego zwrotnicy oraz wymianę jej zużytych elementów. Zaleca się projektowanie drogi technicznej o szerokości 4,00 m. Dopuszcza się projektowanie dróg technicznych o innych szerokościach za zgodą zarządcy torowiska. Dla zwrotnic usytuowanych bezpośrednio przy jezdni wystarczające może być wykonanie pola postojowego przy zwrotnicy.

(11) Zaleca się wykonanie twardego dościa do każdej zwrotnicy rozjazdu najeżdżanej od strony ostrza iglicy w celu ułatwienia motorniczemu ręcznego przestawienia iglic (na wypadek awarii systemu sterowania zwrotnic). Twarde doście zaleca się wykonać na długości ok. 4,00 m od



początku rozjazdu (styku przediglicowego) i o szerokości nie mniejszej niż 0,75 m (licząc od pudła wagonu).

(12) W zależności od przyjętego sposobu odprowadzenia wody z powierzchni torowiska należy stosować poprzeczne pochylenia zabudowy torowiska w kierunku rowków szyn lub w kierunku wpustów ulicznych. Wodę z pobocza torowiska, o ile to możliwe, należy odprowadzać poza torowisko tramwajowe.

(13) Roślinną zabudowę torowiska zaleca się stosować w torowiskach o konstrukcji bezpodsypkowej z uwagi na niezmienny układ geometryczny torów (brak potrzeby okresowej regulacji np. przez pobijanie). Dopuszcza się także stosowanie roślinnej zabudowy torowiska w torowiskach o konstrukcji podsypkowej za zgodą zarządcy torowiska.

(14) Zaleca się stosowanie w torowiskach roślin o niskich wymaganiach utrzymaniowych, w szczególności odpornych na suszę (nie wymagających podlewania) i niewymagających koszenia. Przykładem takiej rośliny jest rozchodnik (*Sedum*).

(15) Układ warstw roślinnej zabudowy torowiska powinien być dostosowany do konstrukcji torowiska i wymagań roślinności. Przykładowo dla roślinności rozchodnikowej układanej na płycie betonowej zaleca się stosować następujące warstwy w kolejności od góry do dołu, zwykle o grubości odpowiadającej wysokości szyny:

- a) warstwa roślinności w postaci rozchodników,
- b) substrat rozchodnikowy,
- c) mata drenażowo-magazynująca:
  - włóknina filtracyjna (wierzchnia warstwa),
  - mata drenażowo-magazynująca (warstwa środkowa),
  - włóknina separacyjno-ochronna (warstwa dolna).

## 6.6. Konstrukcja odwodnienia torowiska

(1) Konstrukcja torowiska tramwajowego powinna być skutecznie odwodniona, tj. w sposób uniemożliwiający jej uszkodzenie, np. przemarzanie i deformacje wysadzinowe w trakcie mroźnej zimy.

(2) W zależności od typu konstrukcji torowiska tramwajowego stosuje się powierzchniowe lub wgłębne odwodnienie torowiska przez odprowadzanie wody opadowej do kanalizacji deszczowej lub do studni chłonnych.

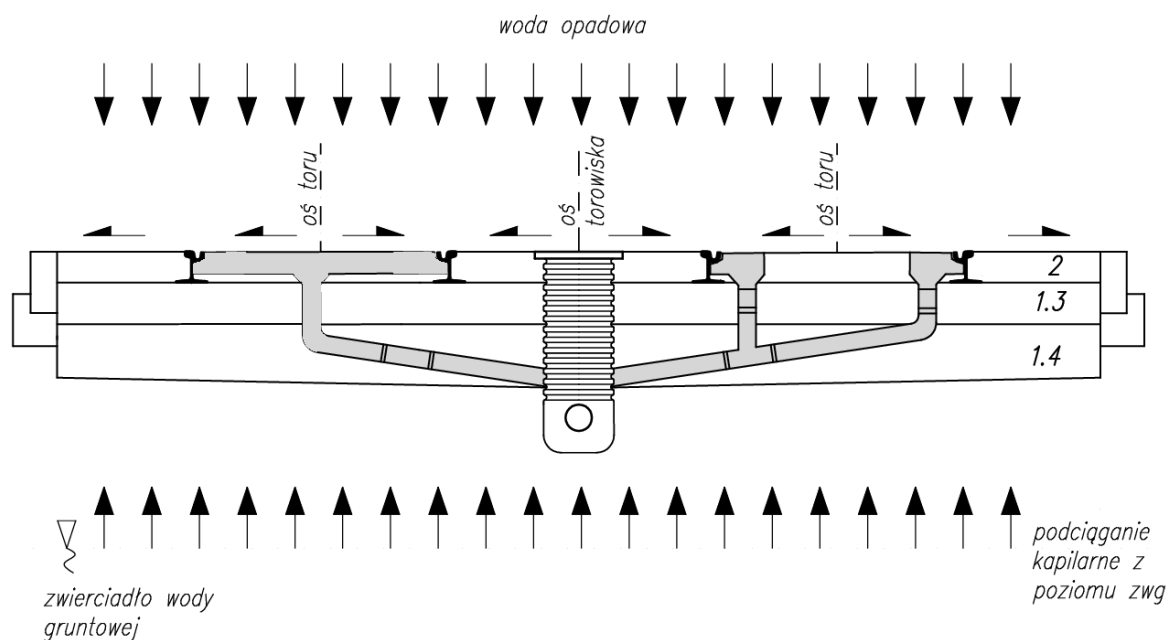
(3) W torowiskach bezpodsypkowych z zabudową w postaci nawierzchni drogowej (szczelne zabudowy torowiska) zaleca się, aby zabudowę torowiska ukształtować ze spadkami tak, aby najwyższy punkt znajdował się w osi torowiska (na międzytorzu) lub w osi każdego z torów (rys. 6.6.1). Wówczas woda powinna być odprowadzana do rowków szyn i dalej rowkami szyn do szynowych skrzynek odwadniających. Dopuszcza się, za zgodą zarządcy torowiska, kształtowanie zabudowy torowiska w inny sposób, np. tak aby woda odpływała od szyn w kierunku pobocza torowiska.

(4) Jeżeli niweleta torowiska wspólnego z jezdnią ma niewielkie pochylenie podłużne (poniżej 1%), niezapewniające skutecznego odpływu wody, dopuszcza się stosowanie przechytki toru na prostych odcinkach torów do wartości 20 mm w celu poprzecznego odprowadzenia wody z torowiska.

(5) W torowiskach, na których nie występuje ruch pojazdów samochodowych (np. między przystankiem a przejściem dla pieszych) dopuszcza się stosowanie skrzynek odwadniających na całej szerokości torowiska (tzw. skrzynek torowych między tokami szynowymi).

(6) W torowiskach wspólnych z jezdnią, na których występuje regularny ruch samochodów wzdłuż torowiska (w tym na trasach typu TC) nie zaleca się stosowania skrzynek odwadniających na całej szerokości torowiska z uwagi na trudności w wyeliminowaniu każdorazowego obciążania skrzynki odwadniającej kołami pojazdów (autobusów).

(7) Projektuje się odwodnienie każdej skrzyni napędu zwrotnicowego (mechanizmu nastawczego).



**Rys. 6.6.1. Zasada odprowadzania wody opadowej działającej na torowisko tramwajowe. Spotykane są też inne ukształtowania pochyłości zabudowy torowiska niż na niniejszym rysunku (np. do osi torowiska i do osi każdego z torów), przy czym woda zawsze musi być odprowadzona z obszaru torowiska do odbiornika. W podsypkowej konstrukcji torowiska bez zabudowy, woda przesącza się do podbudowy pomocniczej i spływa do drenażu torowiska**

(8) Projektuje się odwodnienie zwrotnic. Przyjmuje się, że odwodnienie skrzyni napędu zwrotnicy nie stanowi odwodnienia zwrotnicowego, a jedynie skrzyni napędu. Projektuje się więc dodatkowe odwodnienie każdej półzwrotnicy. Rurę odprowadzającą wodę (przykanalik) doprowadza się do odpowiednio przygotowanych otworów odwodnieniowych w płycie podstawy półzwrotnicy. Otwory odwodnieniowe projektuje się po stronie ostrza iglicy lub osady iglicy w zależności od kierunku przepływu wody (zgodnie z pochyleniem podłużnym niwelety toru). Otwory odwodnieniowe powinny być wykonane przez producenta zwrotnicy.

(9) Stosuje się urządzenia podczyszczające ścieki odprowadzane z torowiska lub z platform przystankowych zgodnie z lokalnymi wymaganiami zarządców drogi i torowiska.

(10) W konstrukcjach bezpodsypkowych o podbudowie zasadniczej w postaci płyty, z roślinną zabudową torowiska, woda opadowa powinna być odprowadzana poprzecznie pod stopkami szyn do drenażu torowiska tramwajowego bez konieczności jej przesączania przez warstwę podbudowy pomocniczej, co wyeliminuje jej nawodnienie. Woda z peronu z odwodnieniem powierzchniowym powinna być odprowadzana do kanalizacji opadowej lub na jezdnię, ale nie na torowisko.

(11) W torowiskach o podbudowie betonowej w postaci podłużnych ław odwodnienie projektuje się indywidualnie odpowiednio do warunków występujących na poszczególnych odcinkach trasy.

(12) W torowiskach bezpodsypkowych ze szczelną zabudową torowiska (np. wspólnych z jezdnią) przed przejściem dla pieszych, przejściem sugerowanym lub przejazdem dla rowerów, od strony spływu wody (zgodnie pochyleniem podłużnym niwelety toru) przewiduje się odwodnienie poprzeczne (zwykle liniowe), aby uniknąć zalewania nawierzchni przejścia lub przejazdu. Odwodnienie powinno znajdować się poza oznakowaniem poziomym przejścia dla pieszych lub przejazdu dla rowerów.

(13) Na przejazdach tramwajowych z płyt prefabrykowanych, na styku konstrukcji podsypkowej i bezpodsypkowej projektuje się odwodnienie liniowe od strony spływu wody (zgodnie z pochyleniem podłużnym niwelety toru), aby uniknąć przyspieszonej degradacji torowiska przez powstawanie zakrytych zastoisk wody tzw. wychłapek. Odwodnienie liniowe projektuje się poza pasem ruchu pojazdów samochodowych.

(14) Urządzenia do powierzchniowego odprowadzania wody opadowej (np. skrzynki przyszynowe, skrzynki torowe) nie powinny być podłączane do drenażu torowiska. Dopuszcza



się podłączanie tych urządzeń do drenażu torowiska za zgodą zarządcy torowiska (np. gdy drenaż torowiska pełni funkcję drenokolektora).

## 6.7. Konstrukcja separacji torowiska

(1) Torowisko tramwajowe może być ograniczone konstrukcjami separującymi, np. krawężnikiem drogowym albo ścianką oporową, na której oparte są płyty peronowe na długości peronowej krawędzi dostępu. Konstrukcje te stanowią część torowiska.

(2) Decyzję o zastosowaniu konstrukcji separujących torowisko oraz o rodzaju tych konstrukcji podejmuje zarządca torowiska, przy uwzględnieniu m.in.:

- a) warunków bezpieczeństwa wynikających z organizacji ruchu,
- b) położenia torowiska względem jezdni,
- c) rodzaju konstrukcji torowiska.

(3) Separacja torowiska może także służyć jako granica podziału kompetencyjnego przy utrzymaniu drogi i torowiska tramwajowego.

(4) Odległość wewnętrznej krawędzi konstrukcji separującej torowisko określa zarządca torowiska lub projektant. Jeżeli zarządca torowiska lub projektant nie określi inaczej, zaleca się, aby wewnętrzną krawędź konstrukcji separującej torowisko (od strony osi toru) projektować w odległości nie mniejszej niż linia wyznaczająca kontur tramwajowej skrajni budowli na szlaku i w rejonie peronowej krawędzi dostępu. Dla półszerokości tramwajowej skrajni budowli równej 1,45 m i nominalnej szerokości toru 1435 mm, zaleca się projektowanie wewnętrznej krawędzi konstrukcji separującej w odległości 1,50 m od osi toru (nie dotyczy to konstrukcji separacji przystankowej krawędzi dostępu). Dopuszcza się projektowanie konstrukcji separacyjnych na odcinkach położonych w łukach bez potrzeby uwzględniania poszerzenia tramwajowej skrajni budowli, przy czym nie dotyczy to konstrukcji separacyjnych projektowanych powyżej płaszczyzny główek szyn oraz w azylach przejść dla pieszych, przejść sugerowanych i przejazdów dla rowerów.

(5) Za zgodą zarządcy torowiska (na podstawie uzasadnienia projektanta) dopuszcza się brak stosowania poszerzenia tramwajowej skrajni budowli w azylach przejść dla pieszych, przejść sugerowanych i przejazdów dla rowerów. Przykładowo możliwe jest zastosowanie szerokiego krawężnika separacyjnego w azylach, tak aby zewnętrzna krawędź krawężnika separacyjnego znajdowała się poza rzutem pionowym tramwajowej skrajni budowli.

(6) Ustalone tolerancje ułożenia elementów separacyjnych nie powinny zmniejszać ich odległości projektowanych względem osi toru.

## 6.8. Warstwy podłoża gruntowego torowiska

### 6.8.1. Funkcja warstwy podłoża gruntowego torowiska i pomocniczej podbudowy torowiska

(1) Dolne warstwy konstrukcji nawierzchni torowiska (warstwa podbudowy pomocniczej i dodatkowe warstwy, jeżeli będą wymagane) oraz warstwa podłoża gruntowego torowiska zapewniają wymaganą nośność na poziomie spodu podbudowy zasadniczej torowiska, odporność konstrukcji nawierzchni torowiska na powstawanie wysadzin oraz odwodnienie wgłębne. Wymagany poziom nośności zapewnia się w czasie budowy torowiska oraz w całym okresie jego eksploatacji.

(2) Podłoże gruntowe torowiska i pomocnicza podbudowa torowiska rozkładają obciążenia od ruchu pojazdów (tramwajów, a w torowiskach wspólnych z jezdnią także samochodów) oraz chronią nawierzchnię torowiska przed negatywnymi skutkami działania wody i przed wysadzinami powodowanymi przez szkodliwe działanie mrozu.

(3) Właściwe pełnienie funkcji przez warstwę podłoża gruntowego torowiska podbudowy pomocniczej zależy od prawidłowego zaprojektowania i wykonania robót ziemnych oraz związanych z nimi elementów odwodnienia wgłębego i powierzchniowego.

## 6.8.2. Podłoże gruntowe torowiska

(1) Podłoże gruntowe torowiska stanowi grunt rodzimy lub ulepszony, jeżeli grunt rodzimy nie stanowi dostatecznie trwałego podparcia dla podbudowy pomocniczej.

(2) Wtórny moduł odkształcenia podłoża, badany na poziomie spodu warstwy ochronnej podbudowy torowiska nie może być mniejszy niż  $E_2 = 45$  MPa. Wskaźnik odkształcenia stanowiący stosunek  $E_2/E_1$  powinien być nie większy niż określony w normie [45] (w zależności od rodzaju gruntu). Dla gruntów niespoistych oraz wymaganego  $I_s \geq 1,0$  maksymalna wartość wskaźnika odkształcenia nie powinna być większa niż  $I_0 = 2,2$ .

(3) Dopuszcza się pozostawienie podłoża gruntowego o mniejszej wartości wtórnego modułu odkształcenia, przy czym wówczas projektuje się odpowiednią grubość podbudowy pomocniczej.

(4) Podłoże torowiska powinno być wyprofilowane pochyleniami poprzecznymi o wartości od 3 do 5% w kierunku drenażu. Dopuszcza się rezygnację z profilowania podłoża torowiska w przypadku konstrukcji bezpodsykowych.

(5) W związku z tym, że torowisko tramwajowe (jako droga szynowa) usytuowane w pasie drogowym stanowi część drogi, zaleca się projektowanie podłoża gruntowego torowiska i pomocniczej podbudowy torowiska zgodnie z procedurą określoną w WR-D-63 dla warstw dolnych konstrukcji nawierzchni drogi oraz podłoża gruntowego nawierzchni drogi. Dopuszcza się także stosowanie innych metod projektowania, np. metod numerycznych (metoda elementów skończonych lub metoda elementów dyskretnych). W niniejszym opracowaniu nie przywołuje się i szczegółowo nie omawia się procedury projektowania według WR-D-63 ze względu na jego powszechną dostępność i stosowanie w drogownictwie.

## 6.9. Elementy specjalne w torowisku

### 6.9.1. Smarownice torowe

(1) Smarownice torowe są to kompletne urządzenia służące do smarowania szyn (tj. aplikacji środka stosowanego w smarownicy) w celach:

- a) spowolnienia przyrostu zużycia bocznego szyn (także szyn w rozjazdach),
- b) zmniejszenia hałasu wysokoczęstotliwościowego (tzw. pisków) mogącego powstawać podczas ruchu tramwaju po torze położonym w łuku,
- c) zmniejszenia zużycia obręczy i obrzeży kół w zestawach kołowych tramwaju.

(2) W zależności od potrzeb, cele wymienione w akapicie (1) mogą być osiągané łącznie lub rozdzielnie (np. smarownica może być zastosowana wyłącznie w celu spowolnienia przyrostu zużycia bocznego szyn, jeżeli hałas powodowany jazdą tramwaju po łuku nie jest uciążliwy, tj. nie powoduje tzw. pisków).

(3) Analogiczną funkcję, jaką spełniają smarownice torowe mogą spełniać smarownice zainstalowane w tramwajach (smarownice pokładowe) pod warunkiem, że smarownice podkładowe będą wyposażone w odpowiedni system sterowania zapewniający dawkowanie środka smarującego w łukach, a dysze smarownicy będą aplikowały smar na odpowiednią część obręczy koła. Ze względu na precyzję aplikacji środka smarującego smarownice pokładowe stanowią zwykle uzupełnienie smarowania stacjonarnego szyn w torze.

(4) Smarownice składają się zwykle z następujących głównych elementów:

- a) pompy, sterownika, zbiornika na środek smarujący (środek smarujący jest nazywany także – również w niniejszym dokumencie – jako modyfikator tarcia), które są zamknięte w skrzyni ochronnej naziemnej, nadziemnej lub podziemnej,
- b) rozdzielacza środka smarującego, zwykle instalowanego w torze, rozdzielającego środek smarujący do poszczególnych miejsc aplikacji na szynach; w torowiskach zabudowanych z przewodami doprowadzającymi środek smarujący do miejsca aplikacji na szynie, elementy te mogą być zamknięte w skrzynkach przyszynowych w celu ich serwisowania,
- c) głównego przewodu smarującego, łączącego pompę z rozdzielaczem środka smarującego.

(5) W zależności od stosowanych sterowników, elementów dodatkowych wyposażenia (np. czujnik opadów) oraz pomp, smarownice mogą być zasilane z odnawialnych źródeł energii (np. z paneli fotowoltaicznych) lub z sieci operatora systemu dystrybucyjnego albo z sieci trakcyjnej przez zastosowanie przetwornicy. Rodzaj zasilania dostosowuje się przede wszystkim do wymaganej ilości pobieranej energii elektrycznej przez smarownicę, przy uwzględnieniu warunków lokalnych (terenowych), np. związanych z nasłonecznieniem w przypadku zamiaru zastosowania paneli fotowoltaicznych.

(6) Zaleca się stosowanie (aplikację) środków smarujących szyny w torach położonych w łukach o  $R \leq 150$  m. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości promieni łuków lub rezygnację ze stosowania smarownic przez zarządcę torowiska na podstawie doświadczeń z eksploatacji, dotyczących m.in. częstotliwości wymiany szyn, braku skarg na hałas lub z powodu aplikacji środków smarujących przez urządzenia zainstalowane w tramwajach.

(7) Przy projektowaniu elementów smarownicy w torze uwzględnia się wpływ elementów smarownicy na zastosowany system sterowania zwrotnicami. Zastosowanie elementów smarownicy może negatywnie wpływać na działanie obwodów torowych układu sterowania zwrotnicy (w szczególności dotyczy to obwodów opartych o detekcję toków szynowych – tzw. zwarcia osiowego).

(8) Liczba stosowanych smarownic (kompletnych urządzeń) w torach położonych w łukach może być różna w zależności od skuteczności stosowanych środków smarujących, tj. w zależności od tego, jak daleko są one roznoszone przez toczące się koła tramwaju poza miejsce aplikacji.

(9) Smarownice powinny zapewniać dozowanie środka smarującego na wszystkie niezbędne powierzchnie szyn w taki sposób, by zapewnić spełnienie celów określonych w akapicie (1) (jednego lub kilku łącznie), oczekiwanych przez zarządcę torowiska i projektanta.

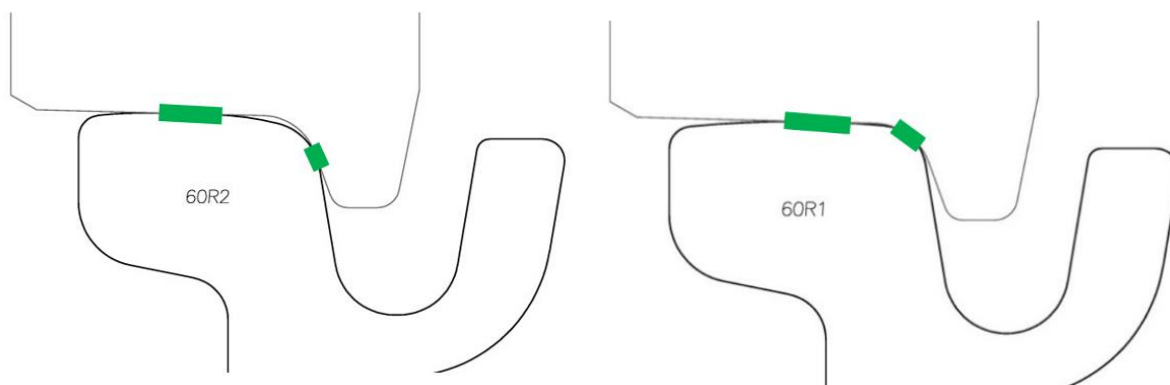
(10) Zaleca się przyjąć założenie, że na zamontowanie elementów smarownicy w torowisku przewiduje się rezerwę wynoszącą nie mniej niż 2,0 m. Rezerwa ta uwzględnia miejsce na otwory smarujące, rozdzielacz, skrzynki przyszynowe (połączone przewodami z rozdzielaczem), czujnik aktywujący smarownicę do działania (czujnik wykrywający przejazd tramwaju). Rezerwę projektuje się po 1,0 m od styku prosta/łuk w każdą stronę (1,0 m rezerwę w odcinku łukowym i 1,0 m rezerwy w odcinku prostym). Dopuszcza się przyjmowanie innej rezerwy w torowisku na zamontowanie smarownicy (dostosowanej do konkretnego typu smarownicy).

(11) Do celów projektowania zaleca się przyjąć założenie, że główny przewód smarujący, łączący rozdzielacz środka smarującego ze skrzynią smarownicy, powinien być nie dłuższy niż 15,0 m. Maksymalne długości przewodów smarujących w konkretnych smarownicach mogą być większe (są zależne od rodzaju pomp stosowanych w smarownicach oraz konsystencji środka smarującego).

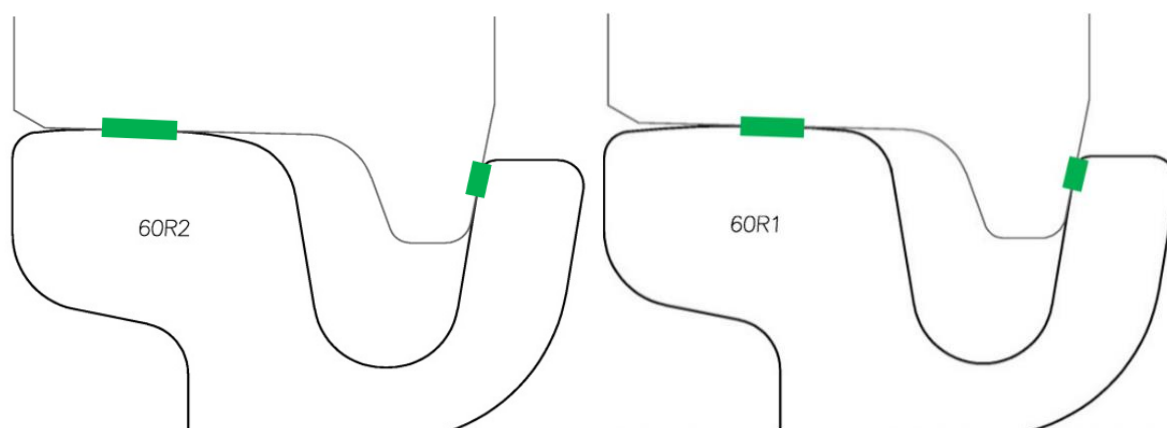
(12) Podstawowym rozwiązaniem jest stosowanie środka smarującego w miejscach kontaktu koła i szyny, tj.:

- a) na powierzchni tocznej główek w celu zmniejszenia hałasu wysokoczęstotliwościowego (pisków od przejeżdżających tramwajów),
- b) na wewnętrznej powierzchni bocznej główek szyn, a dla szyn rowkowych także na powierzchni bocznej prowadnic szyn w celu spowolnienia przyrostu zużycia bocznej główek i prowadnic szyn.

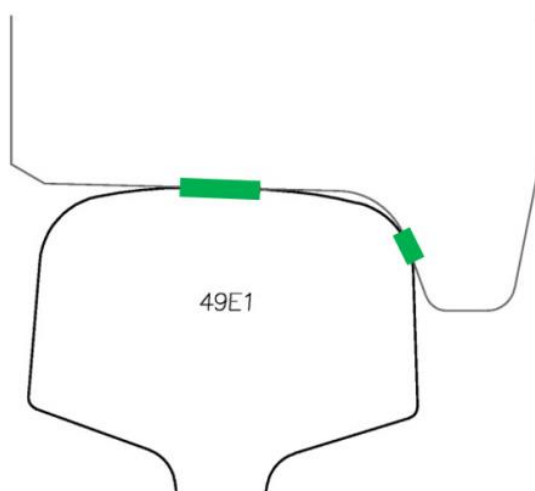
(13) Teoretyczne miejsca kontaktu koła i szyny przedstawiają rys. 6.9.1.1, 6.9.1.2 i 6.9.1.3. Rysunki nie odzwierciedlają wszystkich możliwych rodzajów i kombinacji kontaktu koło-szyna, ponieważ nie jest możliwe odtworzenie rzeczywistych kątów nabiegania kół na szyny oraz wszystkich możliwych ustawień wózków tramwajowych w łukach torów. Dlatego też dokładne miejsca dozowania środka smarującego na szyny (miejsca otworów lub miejsca dozowania środka smarującego z listwy) określa się empirycznie przez dostawcę smarownicy na podstawie właściwości stosowanego środka smarującego oraz analizy możliwych punktów kontaktu kół tramwajów (eksploatowanych przez zarządcę torowiska) na szynach.



Rys. 6.9.1.1. Kontakt teoretyczny koło-szyna (kolor zielony) dla szyn o nominalnym profilu 60R2 i 60R1 oraz koła z obręczą o „modyfikowanym profilu T”, w położeniu skrajnym w łuku toru na szynie zewnętrznej (przez określenie „nominalny profil szyny 60R2” oraz „nominalny profil szyny 60R1” rozumie się profile szyn 60R2 i 60R1 zdefiniowane w normie [32], a przez określenie „zmodyfikowany profil T” rozumie się profil koła T zgodny z rys. nr 2 normy [44] ze zmienionym promieniem wyokrąglenia pachwiny koła)



Rys. 6.9.1.2. Kontakt teoretyczny koło-szyna (kolor zielony) dla szyn o nominalnym profilu 60R2 i 60R1 oraz koła z obręczą o „zmodyfikowanym profilu T” w położeniu skrajnym w łuku toru na szynie wewnętrznej (przez określenie „nominalny profil szyny 60R2” oraz „nominalny profil szyny 60R1” rozumie się profile szyn 60R2 i 60R1 zdefiniowane w normie [32], a przez określenie „zmodyfikowany profil T” rozumie się profil koła T zgodny z rys. nr 2 normy [44] ze zmienionym promieniem wyokrąglenia pachwiny koła)



Rys. 6.9.1.3. Kontakt teoretyczny koło-szyna (kolor zielony) dla szyn o nominalnym profilu 49E1 oraz koła z obręczą o „zmodyfikowanym profilu T” w położeniu skrajnym w łuku toru na szynie zewnętrznej (przez określenie „nominalny profil szyny 49E1” rozumie się profil szyny 49E1 zdefiniowany w normie [31], a przez określenie „zmodyfikowany profil T” rozumie się profil koła T zgodny z rys. nr 2 normy [44] ze zmienionym promieniem wyokrąglenia pachwiny koła)

(14) Ze względu na możliwość wpływania środka smarującego, stosowanego na powierzchni tocznej główek szyn, na drogę hamowania tramwaju, przed zastosowaniem smarownicy w terenie, zaleca się wdrożenie (przetestowanie) jednego z następujących działań (lub obu łącznie):

- a) na powierzchnię toczną główek szyn, jako środek smarujący, należy stosować modyfikator tarcia, który obniża poziom hałasu i jednocześnie jest zapewniona skuteczność hamowania,
- b) na powierzchnię toczną główek szyn, jako środek smarujący, należy stosować modyfikator tarcia, który obniża poziom hałasu i jednocześnie zmniejsza skuteczność hamowania tramwajów o nie więcej niż 20%, przy czym wówczas wymagane jest oznakowanie miejsca smarowania w terenie dla motorniczych oraz wprowadzenie informacji o obniżeniu skuteczności hamowania w wewnętrznej instrukcji ruchu (motorniczy musi być poinformowany o wpływie zastosowania smarownicy na skuteczność hamowania).

(15) Wzór znaku informacyjnego ustala zarządca torowiska. Wzór znaku umieszcza się w wewnętrznej instrukcji ruchu.

(16) Warunek skuteczności hamowania, o którym mowa w akapicie (14) lit. a, uważa się za spełniony, jeżeli długość drogi hamowania tramwaju jadącego z określoną prędkością do zatrzymania, na prostym, poziomym i mokrym odcinku toru, nie przekracza wartości długości dróg hamowania wymienionych w załączniku 3 do rozporządzenia [1] (wprowadzenie nowej smarownicy powinno odbywać się w oparciu o aktualną wersję rozporządzenia). Prędkość tramwaju powinna być taka, jak określona w załączniku 3 do ww. rozporządzenia.

(17) Warunek skuteczności hamowania, o którym mowa w akapicie (14) lit. b, uważa się za spełniony, jeżeli długość drogi hamowania tramwaju jadącego z określoną prędkością do zatrzymania, na prostym, poziomym i mokrym odcinku toru, przekracza wartości długości dróg hamowania wymienionych w załączniku 3 do rozporządzenia [1] o nie więcej niż 20%. Prędkość tramwaju powinna być taka, jak określona w załączniku 3 do ww. rozporządzenia.

(18) W przypadku niespełnienia warunku skuteczności hamowania tramwajów zaleca się rezygnację ze smarowania powierzchni tocznej główki szyny.

(19) Ocenę (test) skuteczności hamowania przeprowadza się komisyjnie (podczas testu), zgodnie z warunkami określonymi w rozporządzeniu [1], przy czym najpierw na torze suchym, następnie na torze suchym i posmarowanym, a następnie na torze posmarowanym i mokrym (rozszerzenie warunku o tor mokry) dla eksploatowanych tramwajów (co najmniej po jednym tramwaju z każdego typu eksploatowanego na danej sieci). Dla każdego tramwaju wykonuje się jedną próbę na torze suchym i co najmniej po pięć prób na torze suchym i posmarowanym oraz po pięć prób na torze posmarowanym i mokrym dla każdego rodzaju hamowania wyszczególnionego w rozporządzeniu [1].

(20) W skład komisji powinni wchodzić przedstawiciele zarządcy torowiska, przedstawiciele dostawcy/producenta smarownicy oraz operator taboru tramwajowego odpowiadający za weryfikację skuteczności hamulców w tramwajach.

(21) Tramwaje wytypowane do oceny skuteczności hamowania powinny mieć sprawne hamulce, co należy potwierdzić aktualnymi protokołami z przeglądów stanu technicznego.

(22) Z prac komisji sporządza się protokół, który jest podstawą do dopuszczenia do stosowania modyfikatora tarcia w terenie w torze na łuku. Modyfikator tarcia może być dopuszczony do stosowania, jeżeli wszystkie próby na torze posmarowanym i mokrym (pięć na pięć) dla wszystkich testowanych typów tramwajów i dla każdego rodzaju hamowania dadzą wynik pozytywny (dopuszczalna maksymalna długość drogi hamowania nie zostanie przekroczona).

(23) Tor posmarowany, do oceny skuteczności hamowania powinien spełniać następujące wymagania:

- a) w torze powinien być naniesiony na powierzchnię toczną modyfikator tarcia na całej przewidywanej długości drogi hamowania, tj. na długości określonej jako maksymalna w rozporządzeniu [1] i dodatkowo zwiększonej minimum o 20%; w chwili uruchomienia hamulców cały tramwaj powinien znajdować się na torze posmarowanym,



- b) przed każdą próbą hamowania (przed każdym przejazdem tramwaju) dla każdego tramwaju należy zaaplikować modyfikator tarcia zgodnie z algorytmem, który będzie wdrożony w miejscu wbudowania smarownicy lub w sposób ustalony pomiędzy zarządcą torowiska a dostawcą smarownicy, np. na długości 4,0 m (długość odcinka na każdej z szyn powinna być nie krótsza niż odległość pomiędzy punktami dozowania modyfikatora tarcia na główce tej szyny) w maksymalnej dawce możliwej do podania przez pompę smarownicy przy jednym przejeździe tramwaju; dla każdego następnego tramwaju nie należy wycierać toru do sucha.

(24) Hamowanie należy rozpocząć, gdy ostatni wózek tramwaju zjedzie z odcinka toru, na długości którego aplikuje się modyfikator tarcia, co ma symulować rozpoczęcie hamowania tramwaju po zjeździe z odcinka toru, na którym następuje dozowanie modyfikatora tarcia.

(25) Smarownice powinny być przystosowane do pracy w torze z szyn występujących w lokalizacji, w której ma być montowana smarownica, także na szynach o częściowym zużyciu oraz regenerowanych przez napawanie zużytych powierzchni.

(26) Smarownice i stosowany w nich środek smarujący powinny być przystosowane do warunków klimatycznych panujących w miejscu ich montażu przez cały okres eksploatacji, m.in. środek smarny nie powinien ulegać rozwarstwieniu (przez stosowanie łopatek mieszających środek smarny w zbiorniku), główny przewód smarujący powinien być zabezpieczony przed rozerwaniem (np. przez stosowanie przewodów dwuwarstwowych).

(27) Lokalizację otworów w szynach (punktów podających środek smarujący na szyny) projektuje się w takich przekrojach toru, które zapewnią właściwe zbieranie środka smarującego przez koła tramwajów (właściwy kontakt zaaplikowanego środka smarującego z kołami tramwajów), a następnie jego właściwe rozprowadzenie na całej długości łuku poziomego przy jednoczesnej minimalizacji jego zużycia.

(28) Po zastosowaniu nowej smarownicy w terenie, co najmniej raz w roku przeprowadza się kontrolę algorytmu dozowania modyfikatora tarcia na powierzchnię toczną główki szyny. Kontrolowany algorytm dozowania modyfikatora tarcia na powierzchnię toczną szyny nie może powodować dawkowania większej ilości modyfikatora tarcia niż w trakcie testu skuteczności hamowania.

(29) Zaleca się sformułowanie w projekcie wytycznych do funkcjonalności sterownika smarownicy, np. powinien umożliwiać zdalny monitoring smarownicy (on-line) lub umożliwiać współpracę z systemem sterowania zwrotnic, aby dobrać odpowiednią aplikację środka smarującego na szyny w rozjeździe).

(30) Dopuszcza się ustalenie innych zasad stosowania smarownic, niż zasady określone w akapitach od (14) do (29). Zasady ustala wówczas zarządca torowiska i operator taboru.

### 6.9.2. Elementy energetyki trakcyjnej

(1) Zaleca się, aby zwrotnice najeżdżane od strony ostrza iglic były wyposażone w system sterowania zwrotnicą, tak aby nie było konieczności ręcznego przestawiania iglic. Dopuszcza się pozostawienie wybranych zwrotnic (np. użytkowanych sporadycznie na torach odstawczych) bez napędów sterowanych z kabiny motorniczego za zgodą zarządcy torowiska.

(2) Zaleca się, aby dla obwodów elektrycznych, dla których wymaga się okresowej kontroli rezystancji izolacji, zapewnić możliwość odłączenia kabla od szyn bez niszczenia zabudowy torowiska. W tym celu zaleca się zapewnienie dostępu do miejsca połączenia kabla z szyną za pomocą skrzynki rewizyjnej.

(3) Konstrukcja torowiska powinna być tak projektowana, aby spełniała wymagania dotyczące konduktancji przejścia (uptywności prądu) między szyną a ziemią, w lokalizacjach o wymaganej ochronie przed prądami błędzącymi określone w normie [37]. Pomiary konduktancji między szyną a ziemią wykonuje się dla torowisk przebudowywanych lub budowanych jako nowe. Zaleca się, aby pomiary były wykonane przed metalicznym połączeniem szyn badanego odcinka torowiska z szynami torowiska istniejącego (nie poddanego przebudowie).

### 6.9.3. Przyrządy wyrównawcze

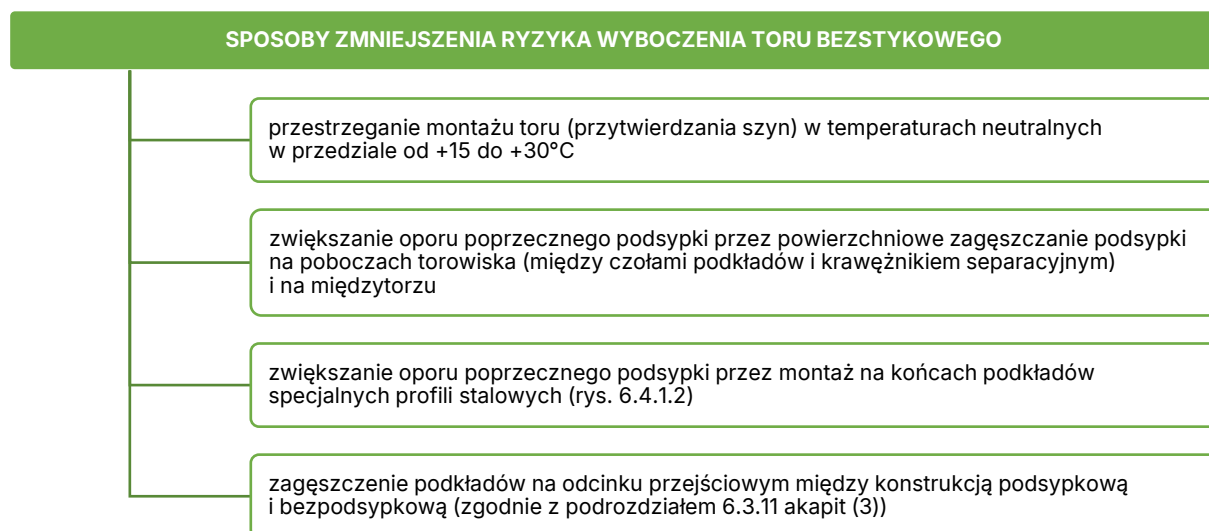
(1) Przyrząd wyrównawczy to urządzenie pozwalające na swobodne przemieszczanie się w kierunku wzdłuż jednego odcinka toru względem drugiego przez przerwanie konstrukcyjnej ciągłości toku szynowego w taki sposób, aby zachowana była ciągłość podparcia koła na powierzchni tocznej szyn. Przyrząd wyrównawczy kompensuje naprężenia w szynie przez względny przesuw odcinków końców szyn względem siebie.

(2) Przyrządy wyrównawcze stosuje się:

- a) na obiektach mostowych z ruchomymi łóżyskami, umożliwiającymi przesuwanie się przęśla obiektu względem podpory, na której są zamocowane (np. na przyczółku lub filarze); dopuszcza się rezygnację ze stosowania przyrządów wyrównawczych, jeżeli swoboda przesuwu konstrukcji torowiska względem konstrukcji obiektu jest zapewniona w inny sposób (np. przez podsypkę ułożoną w korycie obiektu),
- b) na terenach szkód górniczych.

(3) Nie zaleca się stosowania przyrządów wyrównawczych na odcinkach szlakowych toru bezстыkowego (poza obiektami mostowymi), np. jako rozwiązanie przeciw wyboczeniu toru lub pęknięciom szyn, ponieważ niekontrolowane przemieszczenia szyn w przyrządach wyrównawczych wprowadzają zmienny i nieznany stan naprężeń w tokach szynowych.

(4) Zamiast stosowania przyrządów wyrównawczych w torze bezстыkowym (co zaprzecza zasadzie stosowania toru bezстыkowego) zapewnia się efekt zmniejszenia ryzyka wyboczenia toru bezстыkowego przez stosowanie sposobów przedstawionych na schemacie blokowym na rys. 6.9.3.1.



Rys. 6.9.3.1. Sposoby zmniejszenia ryzyka wyboczenia toru bezстыkowego

(5) Przyrządy wyrównawcze dzieli się ze względu na budowę zgodnie z tab. 6.9.3.1.



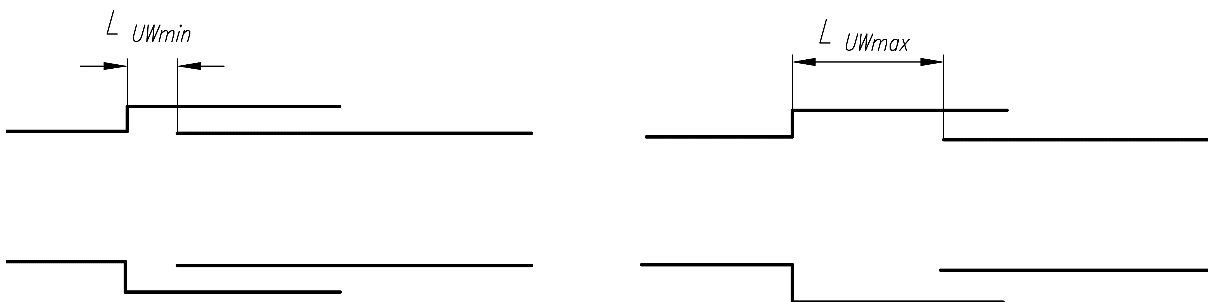
**Tab. 6.9.3.1. Podział przyrządów wyrównawczych**

Kryterium klasyfikacji ze względu na ruchomość elementów składowych przyrządów	
jednostronnie ruchome	mogą być tak skonstruowane, że: iglice ruchome ślizgają się po iglicach stałych, iglice ruchome ślizgają się po stałych opornicach, ruchome opornice ślizgają się po stałych iglicach lub iglica ruchoma przesuwa się względem szyny pomostowej i iglicy stałej; szyna pomostowa jest zawsze elementem nieruchomym
dwustronnie ruchome	mogą być tak skonstruowane, że względem opornicy podwójnej ślizgają się: dwie pary iglic jednocześnie, opornica i iglica jednocześnie lub obydwie iglice jednocześnie; opornica podwójna jest zawsze elementem nieruchomym
Kryterium klasyfikacji ze względu na ciągłość krawędzi tocznej	
z ciągłą krawędzią toczną	mogą być tak skonstruowane, że względem opornicy podwójnej ślizgają się: dwie pary iglic jednocześnie, opornica i iglica jednocześnie lub obydwie iglice jednocześnie; opornica podwójna jest zawsze elementem nieruchomym
z nieciągłą krawędzią toczną	mogą być skonstruowane przez odpowiednią obróbkę szyn do połowy przekroju (tzw. „typ bagnetowy”) lub przez zastosowanie szyny pomostowej (szyna o profilu Vignole’a, nieruchoma, znajdująca się między iglicami; powierzchnia toczna szyny pomostowej może znajdować się, w zależności od rozwiązania, wyżej lub niżej niż powierzchnie toczne iglic)
Kryterium klasyfikacji ze względu na profil szyny	
z szyn rowkowych	-
z szyn Vignole’a	-

(6) W torowiskach tramwajowych zaleca się stosować:

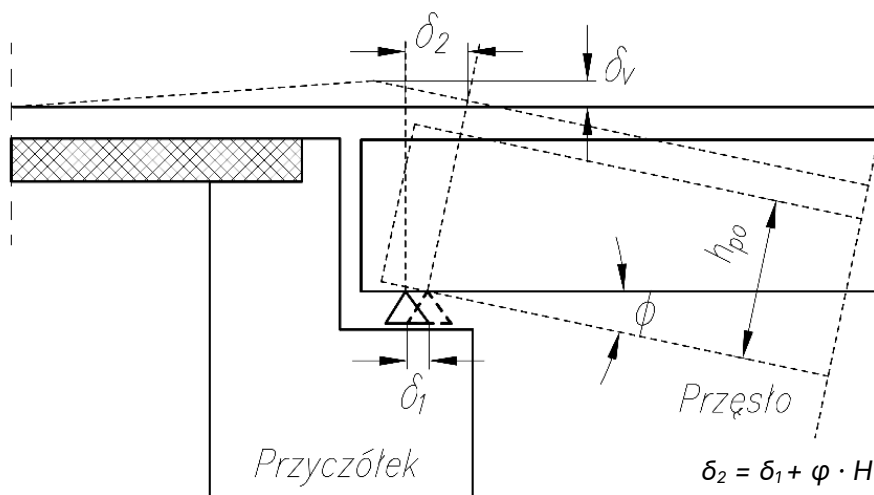
- przyrządy wyrównawcze o nieciągłej krawędzi tocznej, z szyną pomostową – zasadę działania i sposób prowadzenia kół zestawu kołowego przy przejeździe przez ten przyrząd wyrównawczy przedstawia rys. 6.9.3.4, a przykłady takiego przyrządu przedstawiają rys. 6.9.3.9 i 6.9.3.10,
- przyrządy wyrównawcze o ciągłej krawędzi tocznej z ruchomą iglicą lub opornicą – przykłady takich przyrządów przedstawiają rys. 6.9.3.5, 6.9.3.6, 6.9.3.7 i 6.9.3.8.

(7) Przesuw przyrządu to wartość, o jaką mogą przesuwać się względem siebie elementy przyrządu wyrównawczego od położenia otwartego do zamkniętego ( $P_{UW} = L_{UWmax} - L_{UWmin}$ ) (rys. 6.9.3.2).



**Rys. 6.9.3.2. Zasada przesuwu przyrządu wyrównawczego:  $L_{UWmax}$  – maksymalny rozsuw przyrządu w położeniu otwartym;  $L_{UWmin}$  – minimalny rozsuw przyrządu w położeniu zamkniętym**

(8) Przesuw przyrządu wyrównawczego powinien zapewniać możliwość przesuwania się elementów przyrządu o wartość nie mniejszą niż wartość wynikająca z przemieszczenia się przęsła obiektu mostowego względem podpory. Przy ustalaniu wartości przesuwu należy uwzględnić przemieszczenie podłużne wynikające z możliwego przesuwu przęsła wzdłuż obiektu oraz z obrotu przęsła (rys. 6.9.3.3).



**Rys. 6.9.3.3. Przesunięcie podłużne i obroty przęsła nad łożyskiem:  $\delta_1$  – przesunięcie podłużne przęsła występujące tylko nad łożyskami przesuwными;  $\delta_2$  – przesunięcie podłużne przęsła wynikające z obrotu przęsła oraz przesunięcia podłużnego nad łożyskiem przesuwным;  $\delta_v$  – pionowe przesunięcie przęsła wynikające z obrotu przęsła na podporze;  $\varphi \cdot h_{po}$  – przesunięcie podłużne przęsła wynikające z obrotu przęsła o wysokości  $h_{po}$  o kąt  $\varphi$**

(9) Zaleca się, aby przy przebudowie torowiska na obiektach mostowych dobór i lokalizację przyrządów wyrównawczych określać na podstawie analizy schematu statycznego obiektu, wykonanej przez specjalistę z dziedziny obiektów inżynierskich. Wynikiem analizy schematu statycznego obiektu powinno być określenie co najmniej wartości możliwych przesuwów przęseł obiektu mostowego oraz wskazanie lokalizacji przyrządu wyrównawczego względem podpory przęsła obiektu.

(10) Przyrządy wyrównawcze spawa lub zgrzewa się z łączącymi się z nimi odcinkami szyn.

(11) Przyrządy wyrównawcze sytuuje się wyłącznie na prostych odcinkach toru. Za zgodą zarządcy torowiska dopuszcza się stosowanie urządzeń wyrównawczych w łukach torów.

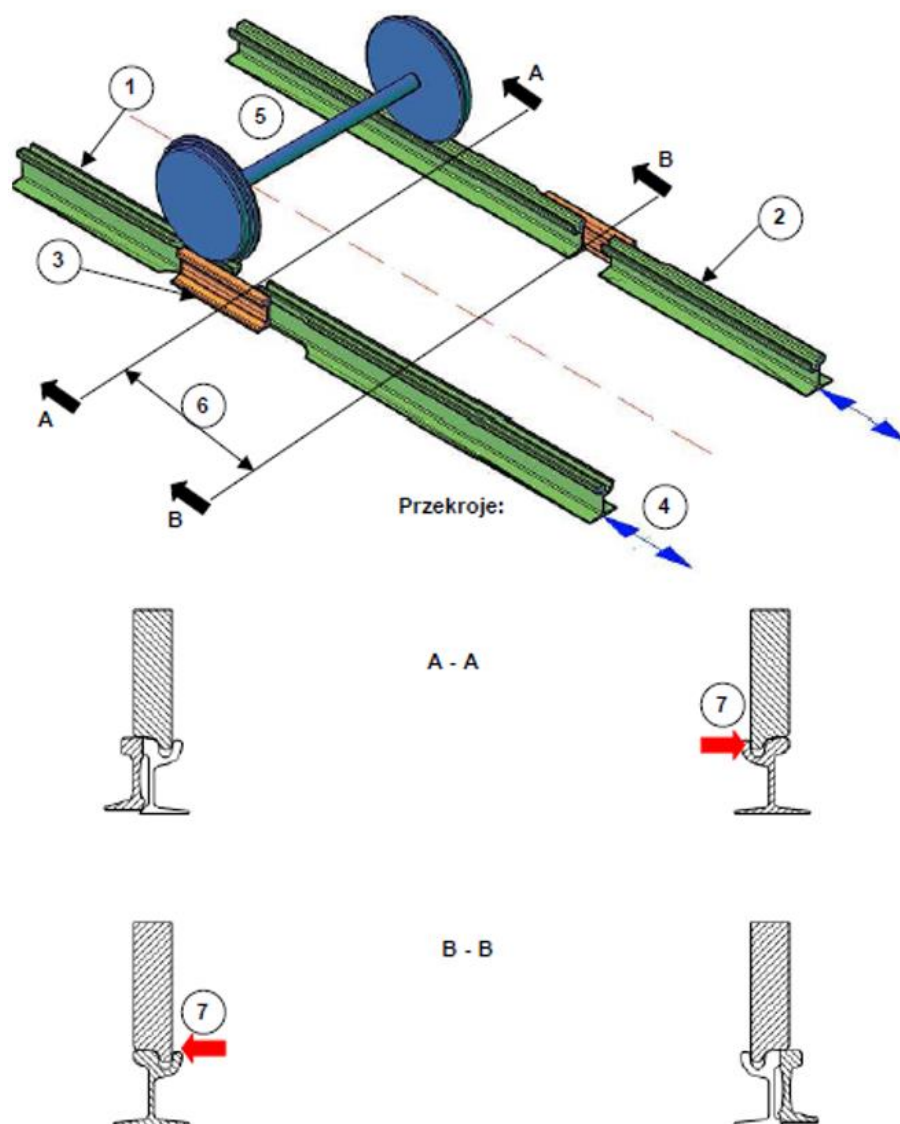
(12) Poszczególne elementy przyrządu wyrównawczego powinny zapewniać ciągłość powierzchni tocznej szyn. Ciągłość powierzchni tocznej powinna być zapewniona w całym zakresie rozsuwu przyrządu.

(13) Zaleca się, aby szerokość toru w urządzeniach wyrównawczych nie była zawężona lub poszerzona w stosunku do nominalnej szerokości toru na odcinkach szlakowych.

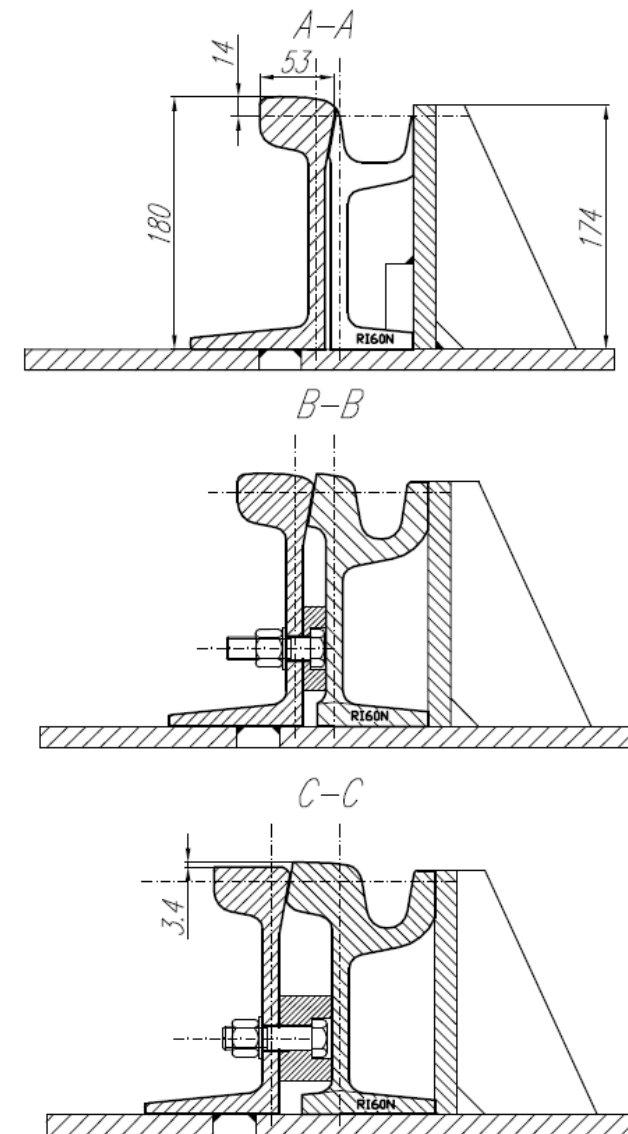
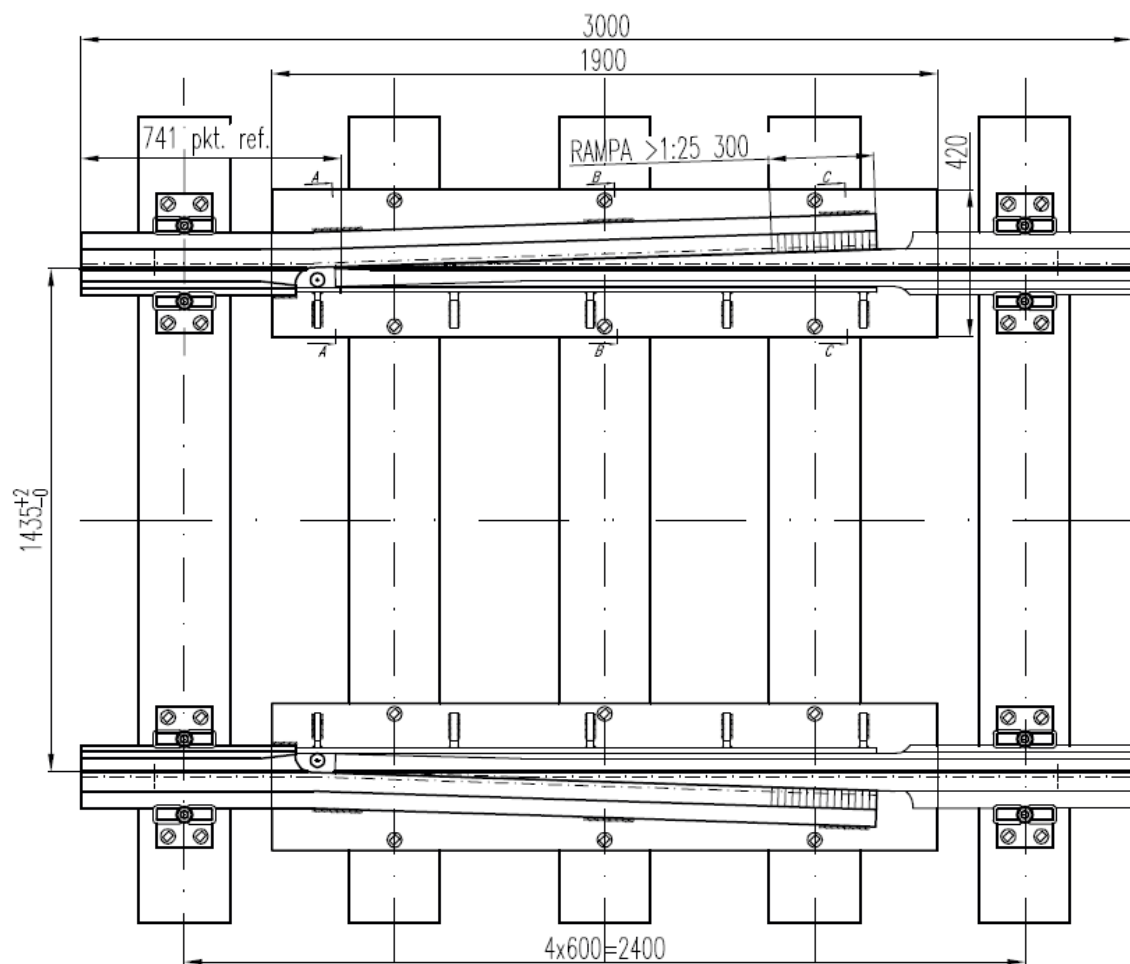
(14) Zaleca się, aby przyrządy wyrównawcze były układane w taki sposób, aby ruch tramwajów odbywał się z ostrza iglicy przyrządu wyrównawczego (tak, aby wyeliminować możliwość uderzenia koła w ostrze iglicy). Zasada ta nie dotyczy tras tramwajowych jednotorowych, po których ruch odbywa się w obu kierunkach.

(15) Przyrządy wyrównawcze odwadnia się.

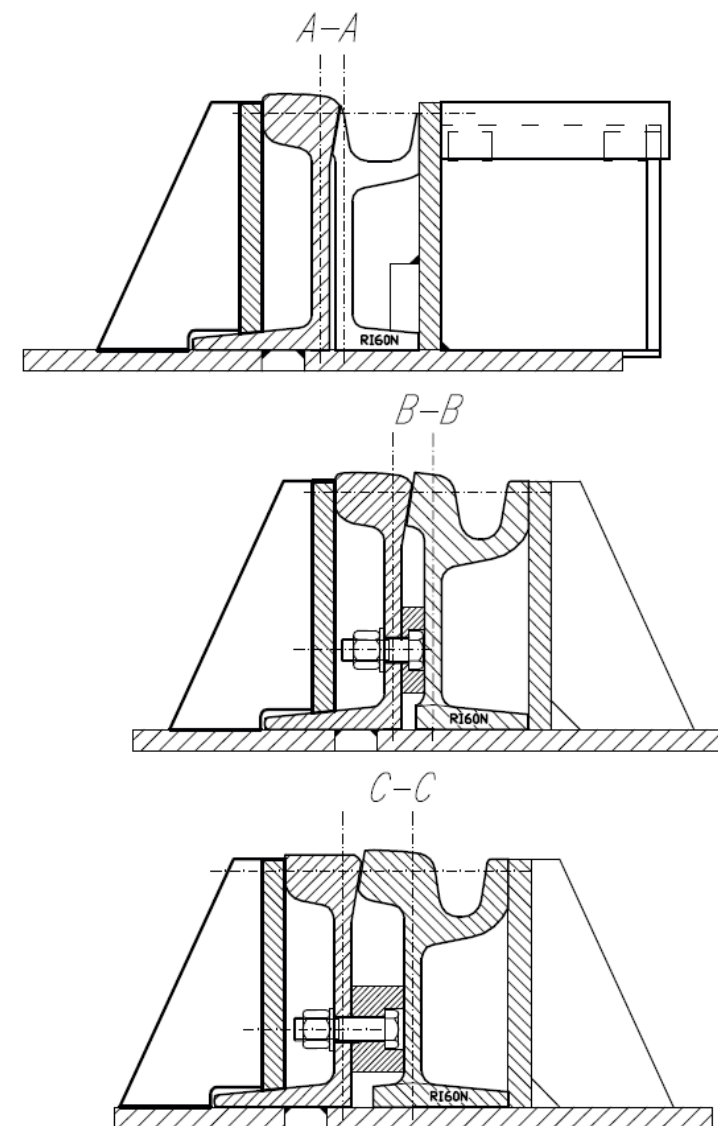
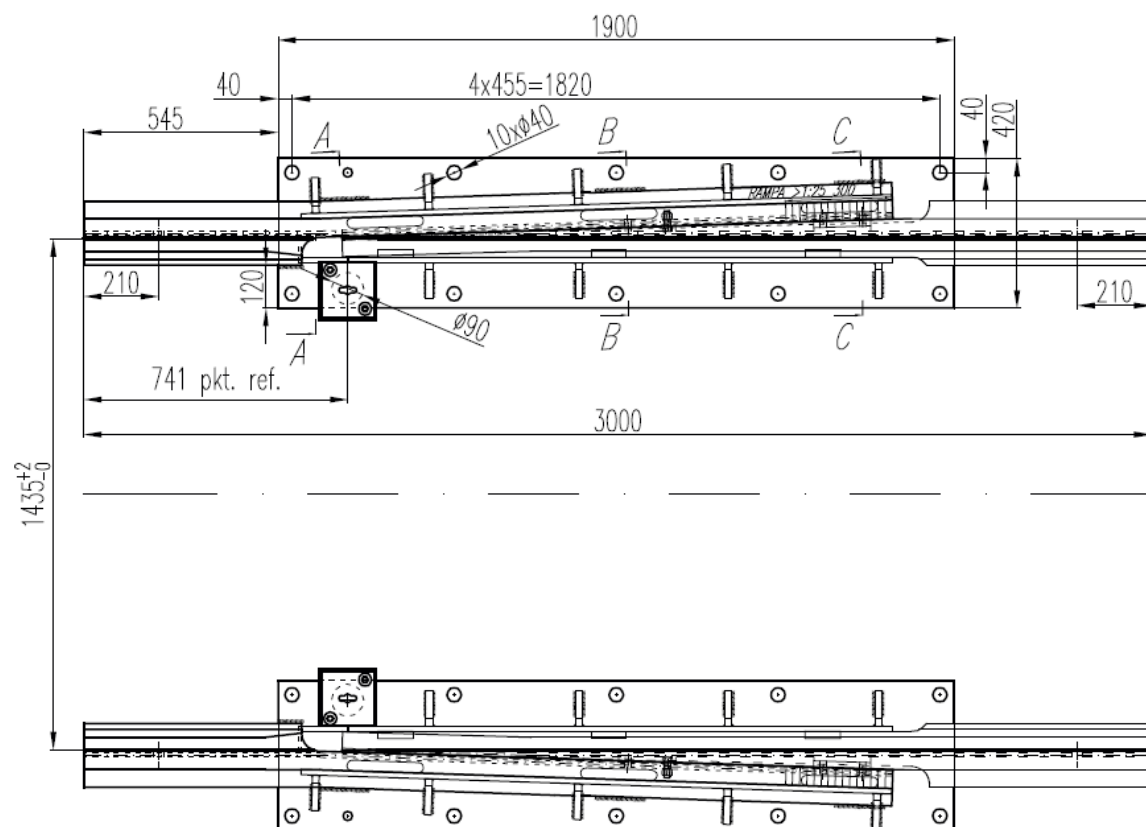
(16) Przyrządy wyrównawcze powinny mieć zapewnione połączenie kablowe w celu zapewnienia ciągłości obwodu powrotnego układu zasilania trakcji tramwajowej.



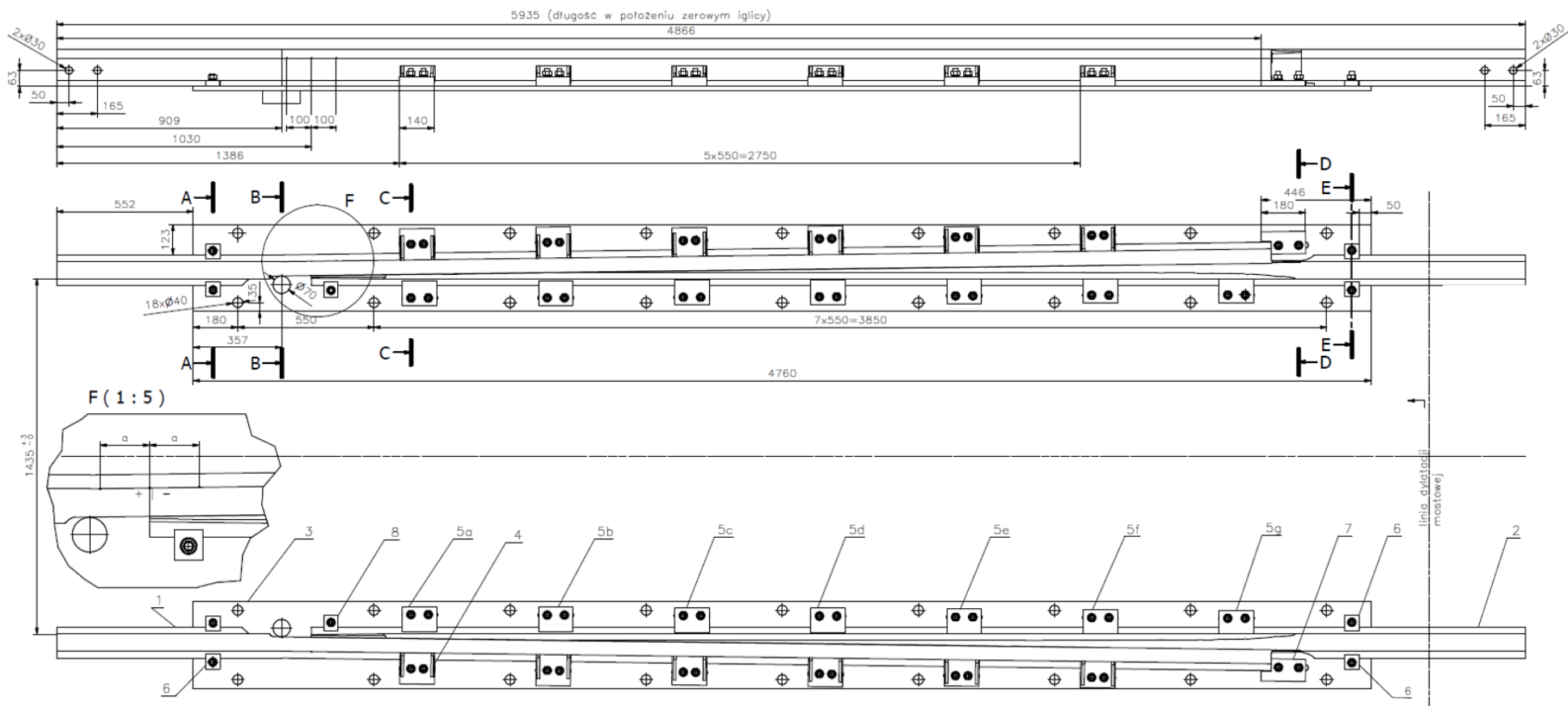
Rys. 6.9.3.4. Zasada działania i sposób prowadzenia kół zestawu kołowego przy przejeździe przez przyrząd wyrównawczy z nieciągłą krawędzią toczną z zastosowaniem szyny pomostowej: 1 – szyna (iglica) nieruchoma; 2 – szyna iglica (ruchoma); 3 – szyna pomostowa; 4 – kierunek przesuwu mechanizmu przyrządu wyrównawczego; 5 – zestaw kołowy; 6 – przesunięcie dylatacji w poszczególnych tokach szynowych; 7 – prowadzenie zestawu kołowego



Rys. 6.9.3.5. Przykład przyrządu wyrównawczego z szyn rowkowych z ciągłą krawędzią toczną z zastosowaniem nieruchomej iglicy i ruchomej opornicy do zastosowania w torze o konstrukcji podsypkowej na podkładach drewnianych

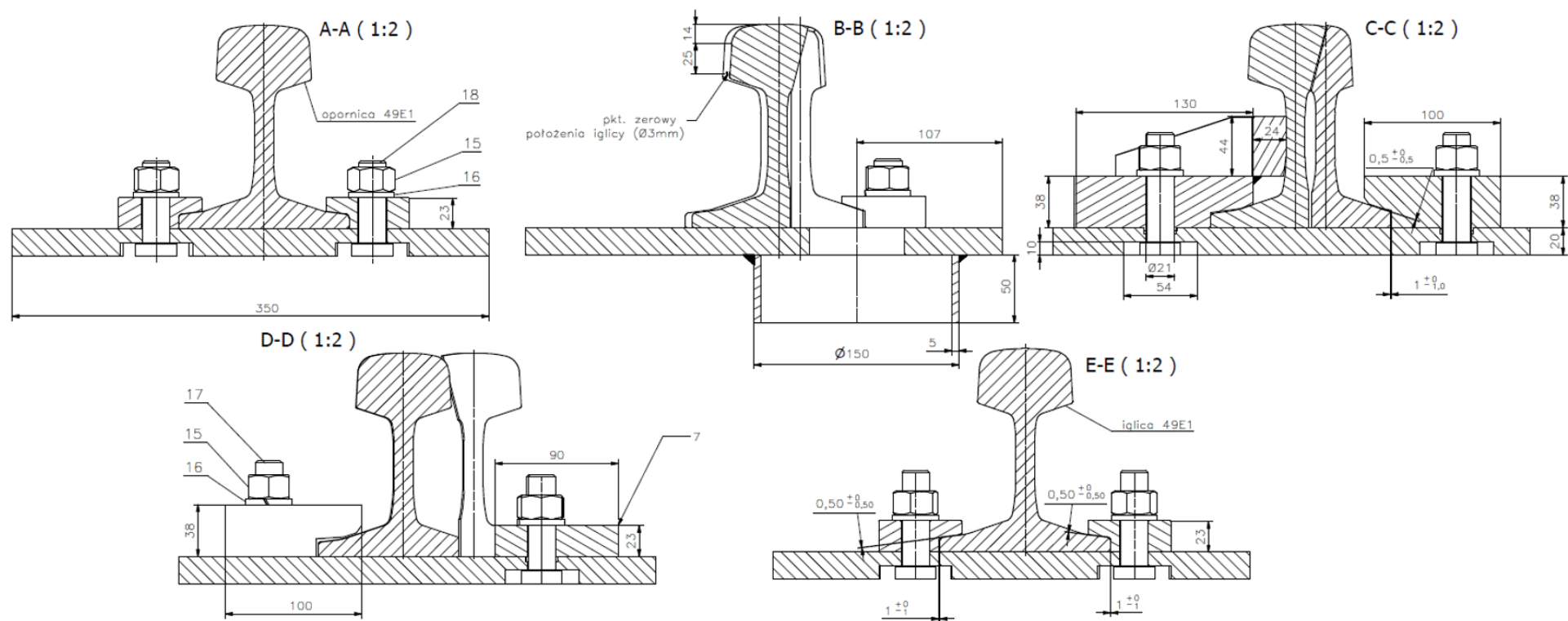


Rys. 6.9.3.6. Przykład przyrządu wyrównawczego z szyn rowkowych z ciągłą krawędzią toczną z zastosowaniem nieruchomej iglicy i ruchomej opornicy do zastosowania w torze o konstrukcji bezpodsypkowej

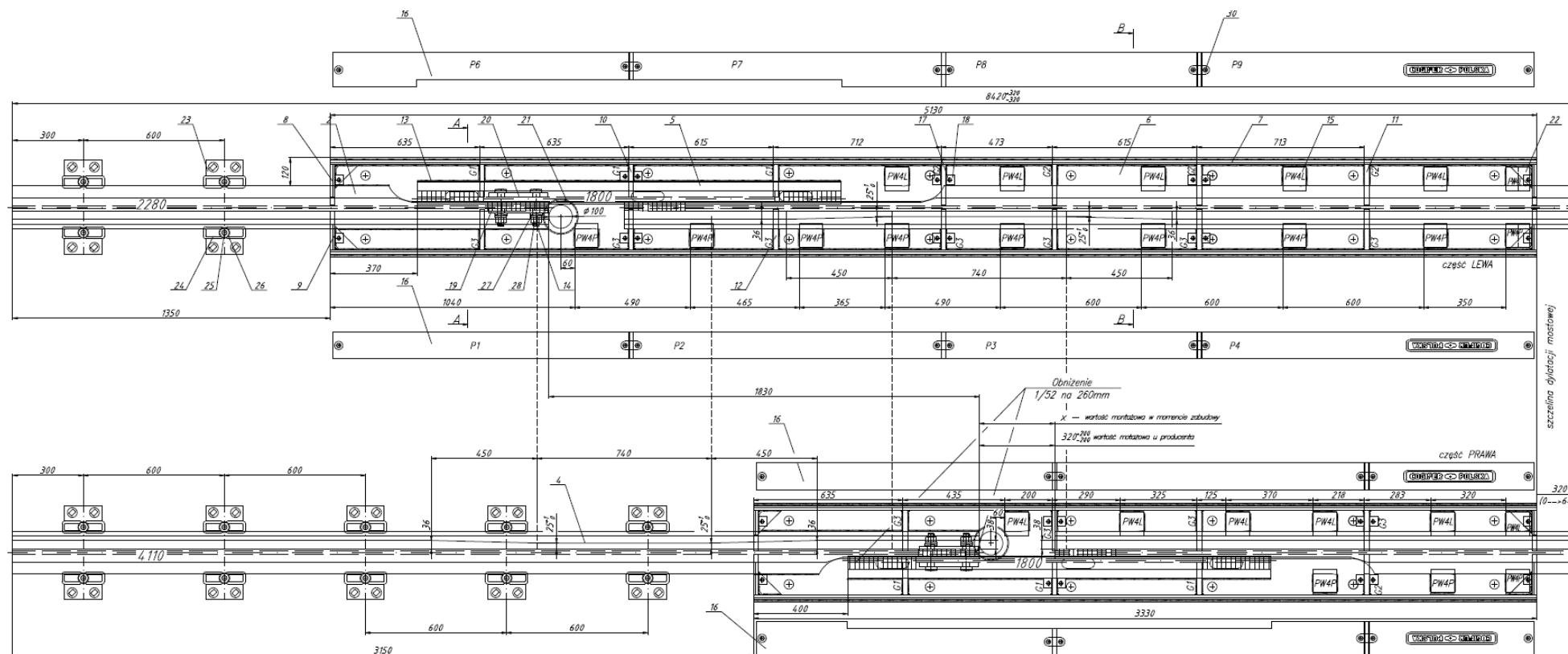


Rys. 6.9.3.7. Przykład przyrządu wyrównawczego z szyn Vignole'a z ciągłą krawędzią toczną z zastosowaniem ruchomej iglicy i ruchomej opornicy – widok ogólny (przykładowe wymiary w [mm])





Rys. 6.9.3.8. Przykład przyrządu wyrównawczego z szyn Vignole'a z ciągłą krawędzią toczną z zastosowaniem ruchomej iglicy i ruchomej opornicy: przekroje konstrukcyjne (przykładowe wymiary w [mm])



Rys. 6.9.3.9. Przykład przyrządu wyrównawczego o nieciągłej krawędzi tocznej, z szyną pomostową – widok ogólny (przykładowe wymiary w [mm])



## 6.10. Przykłady typowych rozwiązań konstrukcji torowiska – przekroje konstrukcyjne torowisk

(1) Przekroje i szczegóły typowych rozwiązań konstrukcji torowisk tramwajowych o:

- a) bezpodsypkowej podbudowie betonowej w postaci płyty zintegrowanej z betonową zabudową torowiska, z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 (Bpz/csp/60R2/bc) – przedstawiają rys. 6.10.1, 6.10.2 i 6.10.3,
- b) bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej z mieszanym systemem przytwierdzenia szyny rowkowej o profilu 60R2 oraz zabudowie torowiska z betonu cementowego (Bp/msp/60R2/bc) – przedstawiają rys. 6.10.4, 6.10.5 i 6.10.6
- c) bezpodsypkowej podbudowie betonowej w postaci płyty zintegrowanej z betonową zabudową torowiska, z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 (Bpz/csp/60R2/bc) – przedstawiają rys. 6.10.7 i 6.10.8,
- d) podsypkowej podbudowie zasadniczej, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn Vignole’a o profilu 49E1 do podkładów betonowych (P/psp/pb/49E1) – przedstawiają rys. 6.10.9 i 6.10.10,
- e) bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej z punktowym systemem przytwierdzenia szyn Vignole’a o profilu 49E1 i trawiastej zabudowie (BP/psp/49E1/t) – przedstawiają rys. 6.10.11, 6.10.12 i 6.10.13,
- f) bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci ław betonowych z punktowym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 i trawiastej zabudowie torowiska (Bł/psp/60R2/t) – przedstawiają rys. 6.10.14, 6.10.15 i 6.10.16.

(2) Typowe przekroje konstrukcyjne peronów tramwajowych przedstawiają rys. 6.10.17 i 6.10.18.

Cięgły system przytwierdzenia szyny – wg szczegółu A

Podbudowa pomocnicza, gr. 0,06 m – warstwa wyrównawcza z suchego betonu C8/10

Podbudowa pomocnicza, gr. 0,30 m (warstwa ochronna) – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31,5 mm

Geotekstyna sepracyjno-filtracyjna



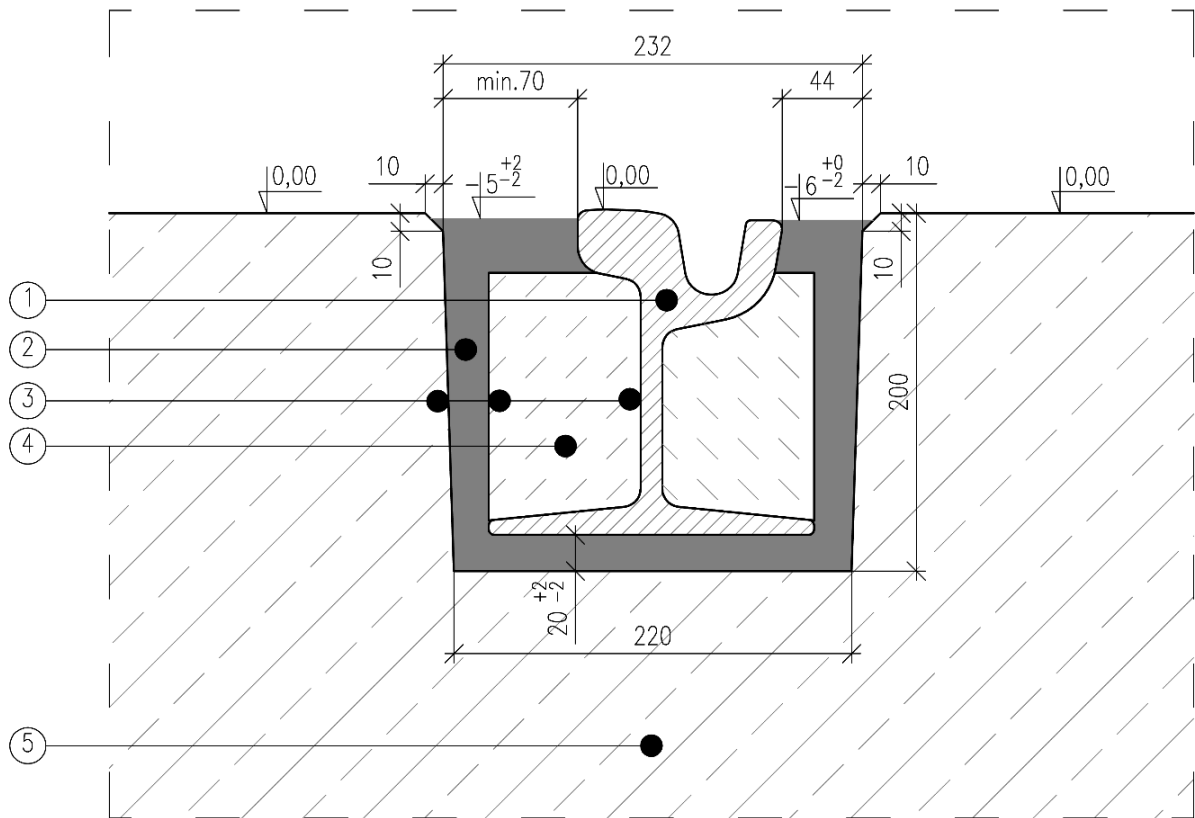
Zasyпка дренажу, gr. min 0,10 m – kruszywo 16/31,5

Rowek drenarski wyłożony geowłókniną separacyjno-filtracyjną na całym obwodzie (połączenia pasm geowłókniny na zakład min. 0,30 m)

Podsyпка rury drenarskiej, gr. min. 0,05 m- kruszywo 16/31,5 mm

**Rys. 6.10.1. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o bezpodsypankowej podbudowie betonowej w postaci płyty zintegrowanej z betonową zabudową torowiska, z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 (typ Bpz/csp/60R2/bc). Wersja bez dodatkowej separacji torowiska w postaci krawężnika. Na przejścia dla pieszych, przejściach sugerowanych i przejazdach dla rowerów zaleca się projektować krawężnik separacyjny wyznaczający granicę torowiska: szczegół A – rys. 6.10.2 (przykład zastosowania systemu przytwierdzenia szyny dla szyny o profilu 60R2) i rys. 6.10.3 (przykład zastosowania systemu przytwierdzenia szyny dla szyny o profilu 53R1)**

SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA  
(wymiary w mm)



1. Szyna rowkowa o profilu 60R2 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

CIĄGŁY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY (SYSTEM SZYNY W OTULINIE)

2. Poliuretanowa masa zalewowa, o trwałej sprężystości
3. Preparat gruntujący na ścianach kanału szynowego, na powierzchni szyny oraz na powierzchni wkładek komorowych  
UWAGA: Preparat gruntujący lub łącznie preparat gruntujący i szepny należy stosować zgodnie z kartą techniczną poliuretanowej masy zalewowej
4. Wkładka komorowa, betonowa (z betonu min. C25/30), wklejana klejem poliuretanowym

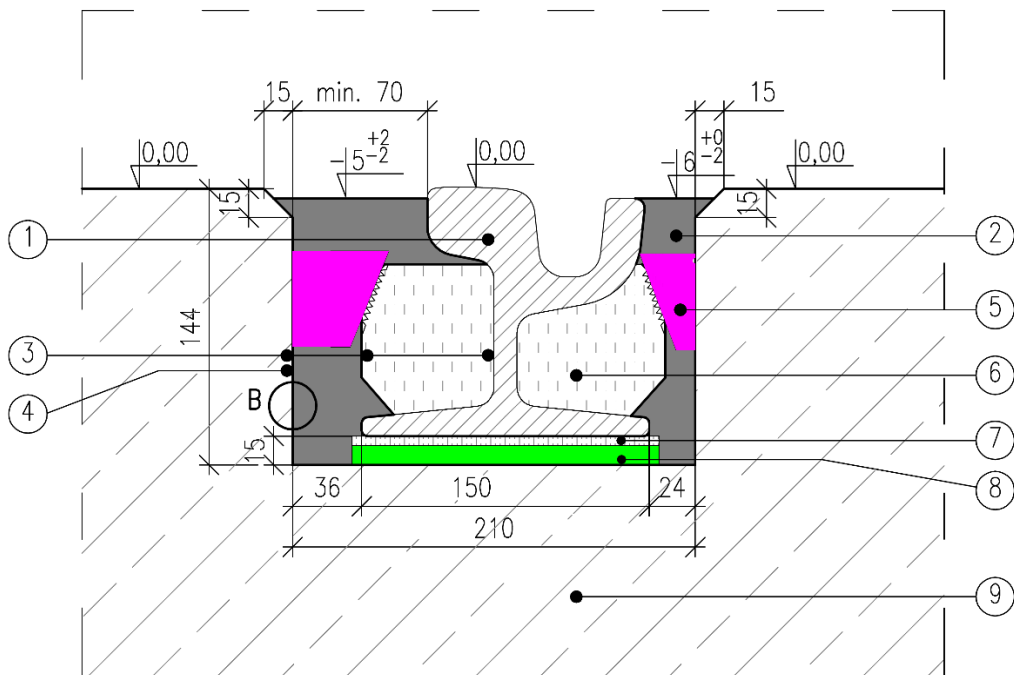
PODBUDOWA TOROWISKA

5. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa zintegrowana z zabudową torowiska, beton min. C30/37

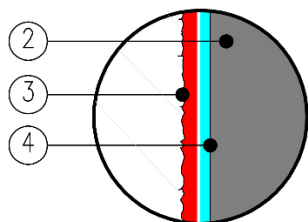
**Rys. 6.10.2. Szczegół A z rys. 6.10.1 – system przytwierdzania szyny, podbudowa i zabudowa torowiska (przykład zastosowania systemu przytwierdzenia szyny dla szyny o profilu 60R2)**



SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA  
(wymiary w mm)



## SZCZEGÓŁ B



1. Szyna rowkowa o profilu 53R1 ze stali gatunku R260 (gatunek przykładowy)

## CIĄGŁY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY (SYSTEM SZYNY W OTULINIE)

2. Poliuretanowa masa zalewowa, o trwałej sprężystości
3. Preparat gruntujący na ścianach kanału szynowego, na powierzchni szyny oraz na powierzchni wkładek komorowych
4. Preparat szczepny na ścianach kanału szynowego, na powierzchni szyny oraz na powierzchni wkładek komorowych

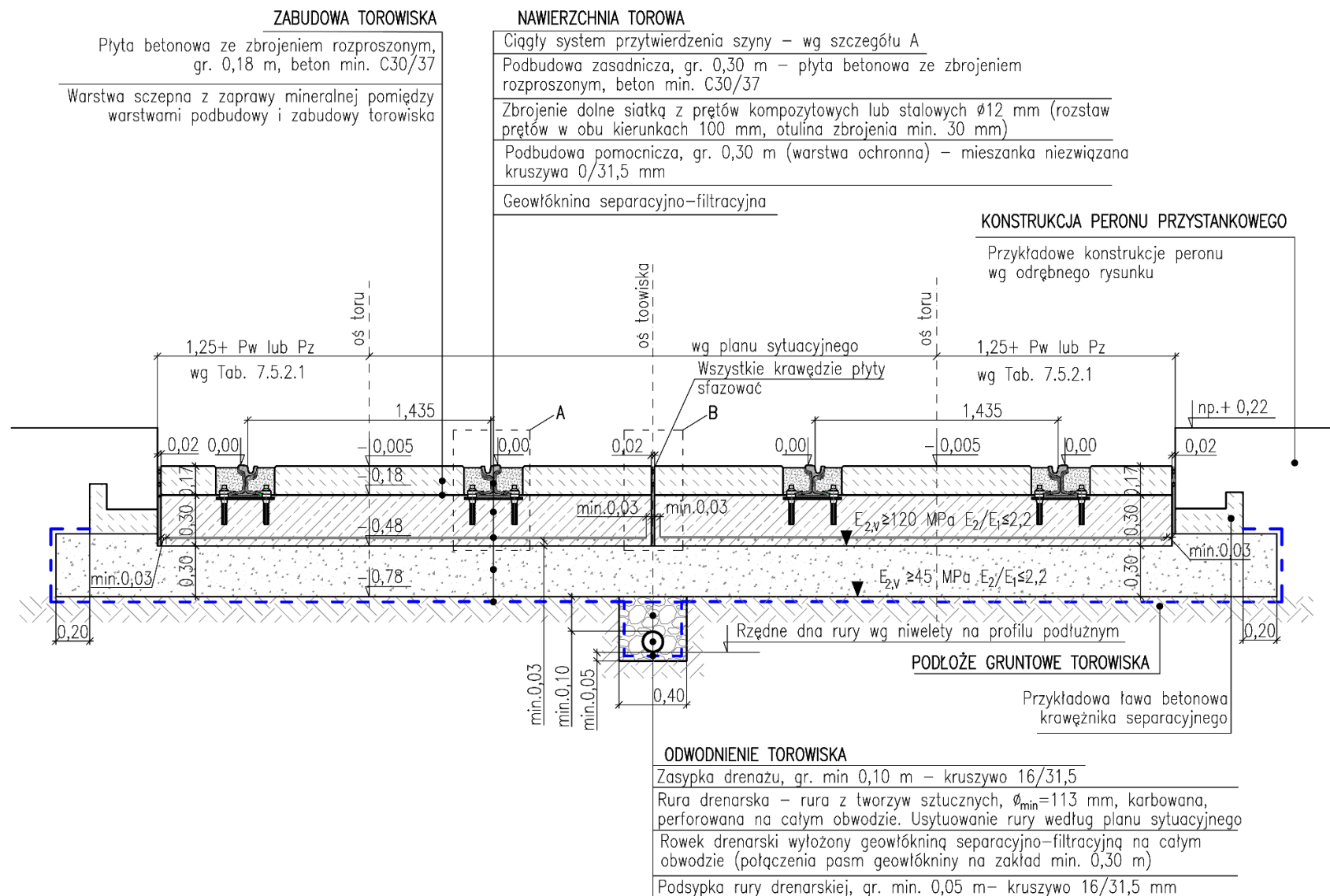
UWAGA: Preparat gruntujący lub łącznie preparat gruntujący i szepny należy stosować zgodnie z kartą techniczną poliuretanowej masy zalewowej

5. Klipy do poziomej regulacji położenia szyny
6. Wkładki komorowe, poliuretanowe, wklejane klejem poliuretanowym
7. Ciągła, sprężysta przekładka podszynowa
8. Podkładka do pionowej regulacji położenia szyny

## PODBUDOWA TOROWISKA

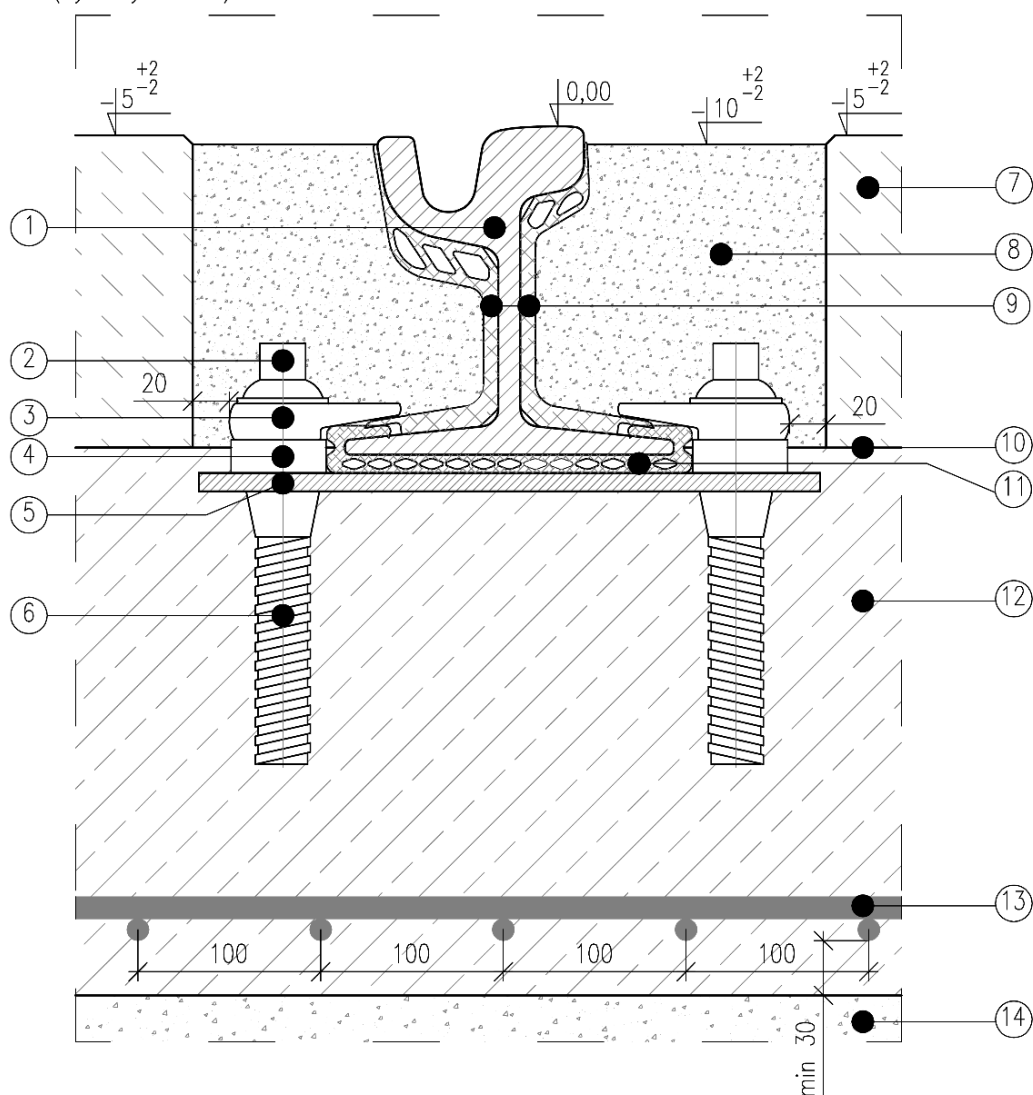
5. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa zintegrowana z zabudową torowiska, beton min. C30/37

**Rys. 6.10.3. Szczegóły A z rys. 6.10.1 – system przytwierdzenia szyny, podbudowa i zabudowa torowiska (przykład zastosowania systemu przytwierdzenia szyny dla szyny o profilu 53R1)**



**Rys. 6.10.4. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej z mieszanym systemem przytwierdzenia szyny rowkowej o profilu 60R2 oraz zabudowie torowiska z betonu cementowego (typ Bp/msp/60R2/bc): szczegół A – rys. 6.10.5; szczegół B – rys. 6.10.6**

SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY, PODBUDOWY I ZABUDOWY TOROWISKA  
(wymiary w mm)



1. Szyna rowkowa o profilu 60R2 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

MIESZANY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY

2. Wkręt mocujący łapkę dociskową (stalowy) oraz podkładka (stalowa)
3. Łapka dociskowa, stalowa
4. Podkładka dystansowa, elastomerowa
5. Podkładka podszynowa, stalowa, do wstępnego montażu systemu przytwierdzenia szyny
6. Dybel, z tworzywa sztucznego
8. Zaprawa cementowa, wypełniająca kanał szynowy
9. Profile przyszynowe, gumowe, wklejane klejem poliuretanowym
11. Profil podszynowy, gumowy, ciągły, wklejany klejem poliuretanowym

ZABUDOWA TOROWISKA

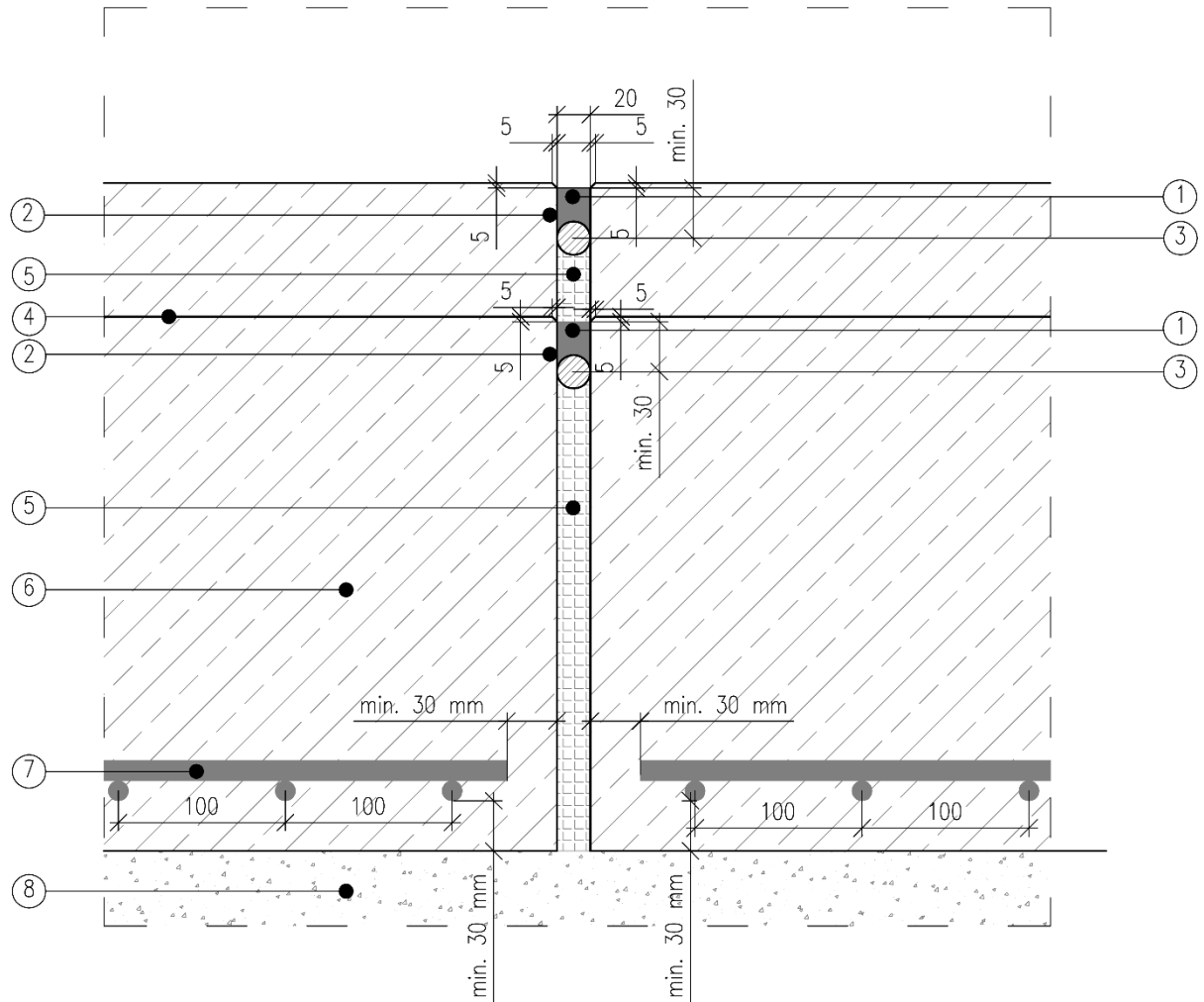
7. Płyta betonowa ze zbrojeniem rozproszonym, beton min. C30/37
10. Warstwa szepna z zaprawy mineralnej pomiędzy warstwami podbudowy i zabudowy torowiska

PODBUDOWA TOROWISKA

12. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa ze zbrojeniem rozproszonym, beton min. C30/37
13. Zbrojenie dolne siatką z prętów kompozytowych lub stalowych  $\varnothing 12$  mm (rozstaw prętów w obu kierunkach 100 mm, otulina zbrojenia min. 30 mm)
14. Podbudowa pomocnicza (warstwa ochronna) – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31,5 mm

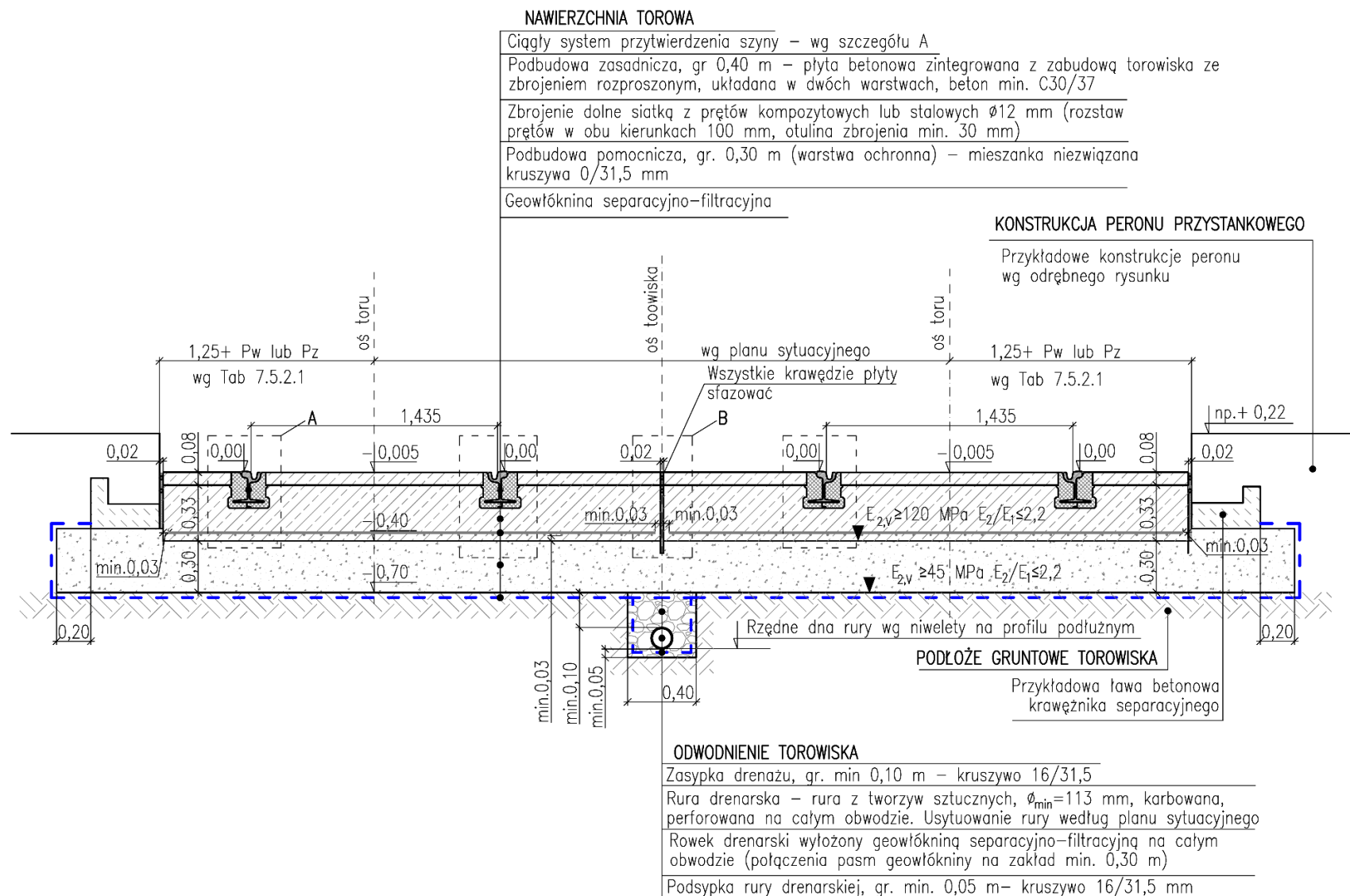
**Rys. 6.10.5. Szczegół A z rys. 6.10.4 – system przytwierdzania szyny, podbudowy i zabudowy torowiska**

SZCZEGÓŁ B – SZCZELINA DYLATACYJNA PEŁNA PODBUDOWY I ZABUDOWY TOROWISKA  
(wymiary w mm)



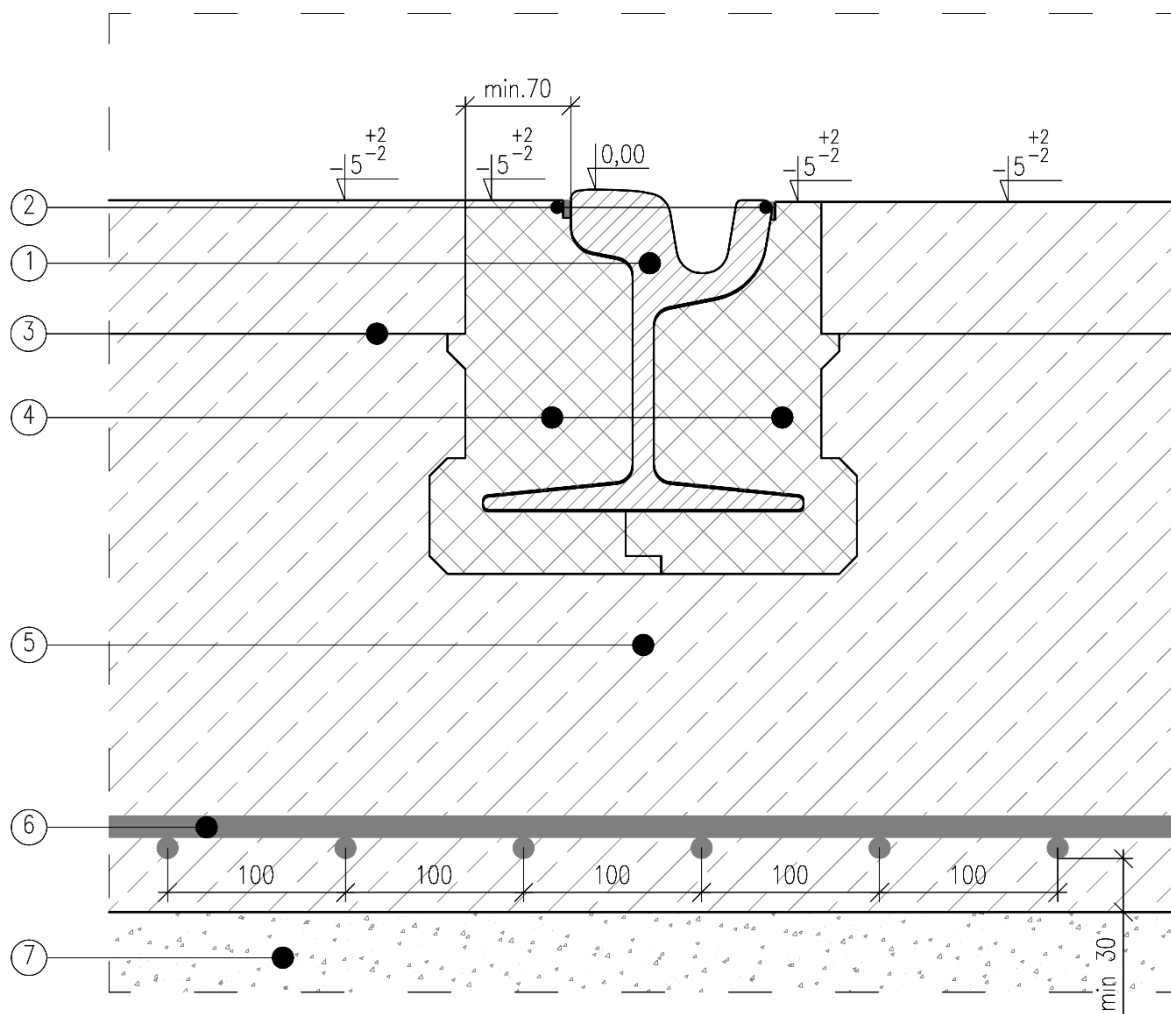
1. Poliuretanowa masa zalewowa, o trwałej sprężystości
2. Preparat gruntujący na ścianach szczeliny dylatacyjnej
3. Sznur uszczelniający
4. Warstwa szepna pomiędzy warstwami zintegrowanej podbudowy i zabudowy torowiska, z zaprawy mineralnej
5. Wypełnienie szczeliny dylatacyjnej (np.: wkładka styropianowa lub pianka poliuretanowa)
6. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa zintegrowana z zabudową torowiska ze zbrojeniem rozproszonym, układana w dwóch warstwach, beton klasy min. C30/37
7. Zbrojenie dolne siatką z prętów kompozytowych lub stalowych  $\varnothing 12$  mm (rozstaw prętów w obu kierunkach 100 mm, otulina zbrojenia min. 30 mm)
8. Podbudowa pomocnicza (warstwa ochronna) – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31,5 mm

**Rys. 6.10.6. Szczegół B z rys. 6.10.4 – szczelina dylatacyjna pełna podbudowy i zabudowy torowiska**



Rys. 6.10.7. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o bezpodsypkowej podbudowie betonowej w postaci płyty zintegrowanej z betonową zabudową torowiska, z ciągłym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 (typ Bpz/csp/60R2/bc): szczegół A – rys. 6.10.8; szczegół B – rys. 6.10.6

SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY ORAZ KONSTRUKCJA ZINTEGROWANEJ  
PODBUDOWY I ZABUDOWY TOROWISKA (wymiar w mm)



1. Szyna rowkowa o profilu 60R2 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

CIĄGŁY, KSZTAŁOWY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY

2. Uszczelnienie z poliuretanowej masy zalewowej o trwałej sprężystości
4. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, sklejana z szyną klejem poliuretanowym

ZINTEGROWANA PODBUDOWA ZASADNICZA I ZABUDOWA TOROWISKA

3. Warstwa szczepna pomiędzy warstwami zintegrowanej podbudowy i zabudowy torowiska, z zaprawy mineralnej
5. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa zintegrowana z zabudową torowiska, beton min. C30/37
6. Zbrojenie dolne siatką z prętów kompozytowych lub stalowych  $\varnothing 12$  mm (rozstaw prętów w obu kierunkach 100 mm, otulina zbrojenia min. 30 mm)
7. Podbudowa pomocnicza (warstwa ochronna) – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31,5 mm

**Rys. 6.10.8. Szczegół A z rys. 6.10.7 – system przytwierdzania szyny, podbudowy i zabudowy torowiska**



### NAWIERZCHNIA TOROWA

Punktowy system przytwierdzenia szyny – wg szczegółu A

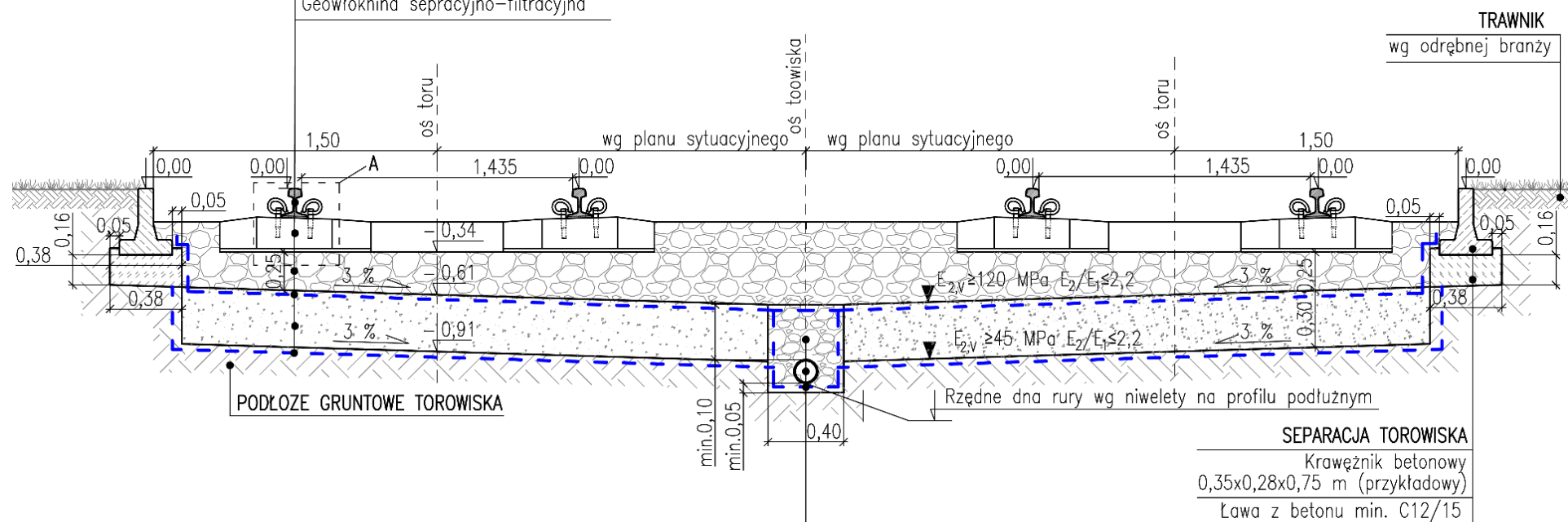
Podpory szynowe – podkłady betonowe (rozstaw podkładów 0,75 m)

Podbudowa zasadnicza, gr. 0,25 m – podsypka z kruszywa 31,5/50 mm

Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna

Podbudowa pomocnicza, gr. 0,30 m (warstwa ochronna) – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31,5 mm

Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna



### ODWODNIENIE TOROWISKA

Zасыпка дренажу, gr. min 0,10 m – kruszywo 16/31,5

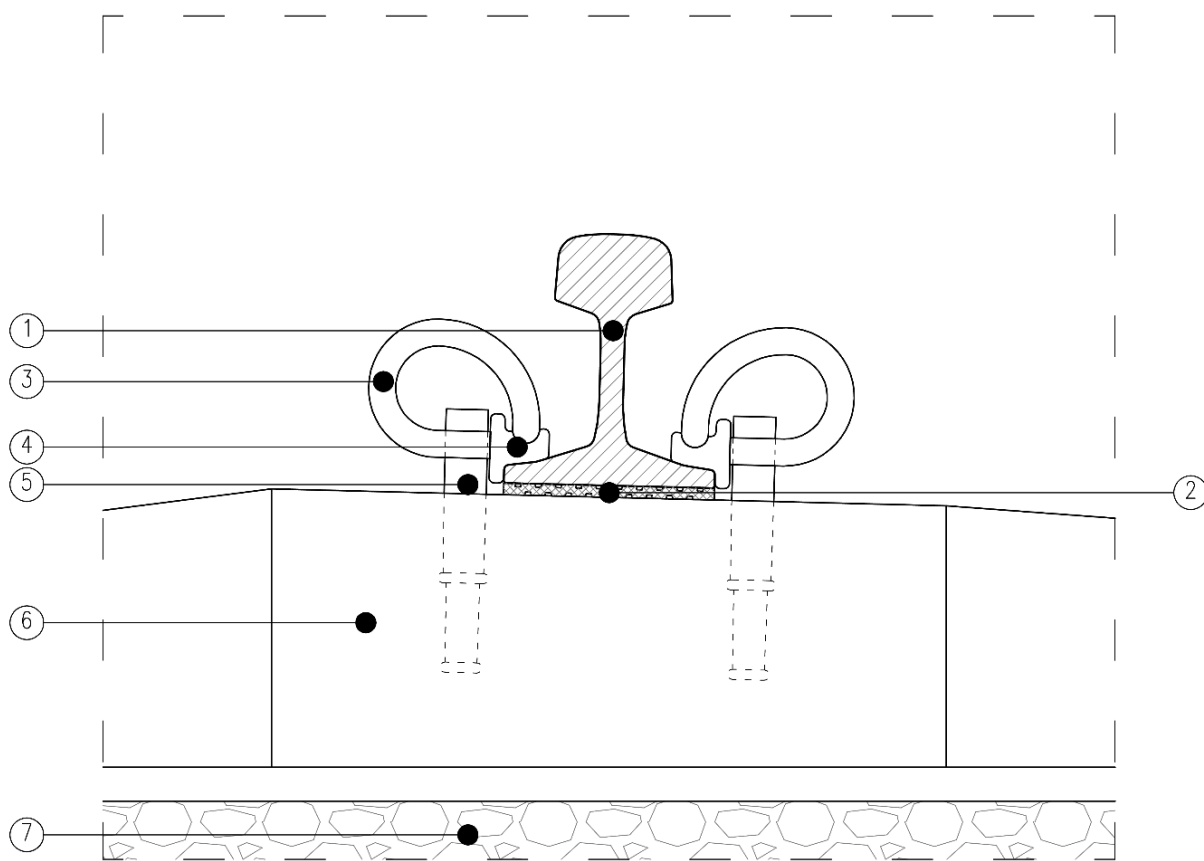
Rura drenarska – rura z tworzyw sztucznych,  $\phi_{\min}=113$  mm, karbowana, perforowana na całym obwodzie. Usytuowanie rury według planu sytuacyjnego

Rowek drenarski wyłożony geowłókniną sepracyjno-filtracyjną na całym obwodzie (połączenia pasm geowłókniny na zakład min. 0,30 m)

Podsypka rury drenarskiej, gr. min. 0,05 m – kruszywo 16/31,5 mm

Rys. 6.10.9. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o podsypkowej podbudowie zasadniczej, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn Vignole'a o profilu 49E1 do podkładów betonowych (typ P/psp/pb/49E1): szczegół A – rys. 6.10.10

# SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY I PODBUDOWY TOROWISKA



1. Szyna vignole'a o profilu 49E1 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

## PUNKTOWY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYN

2. Przekładka podszynowa, gr 7 mm, elastomerowa
3. Łapka SB, stalowa
4. Wkładka elektroizolacyjna, z tworzyw sztucznych
5. Kotwa do mocowania łapek SB

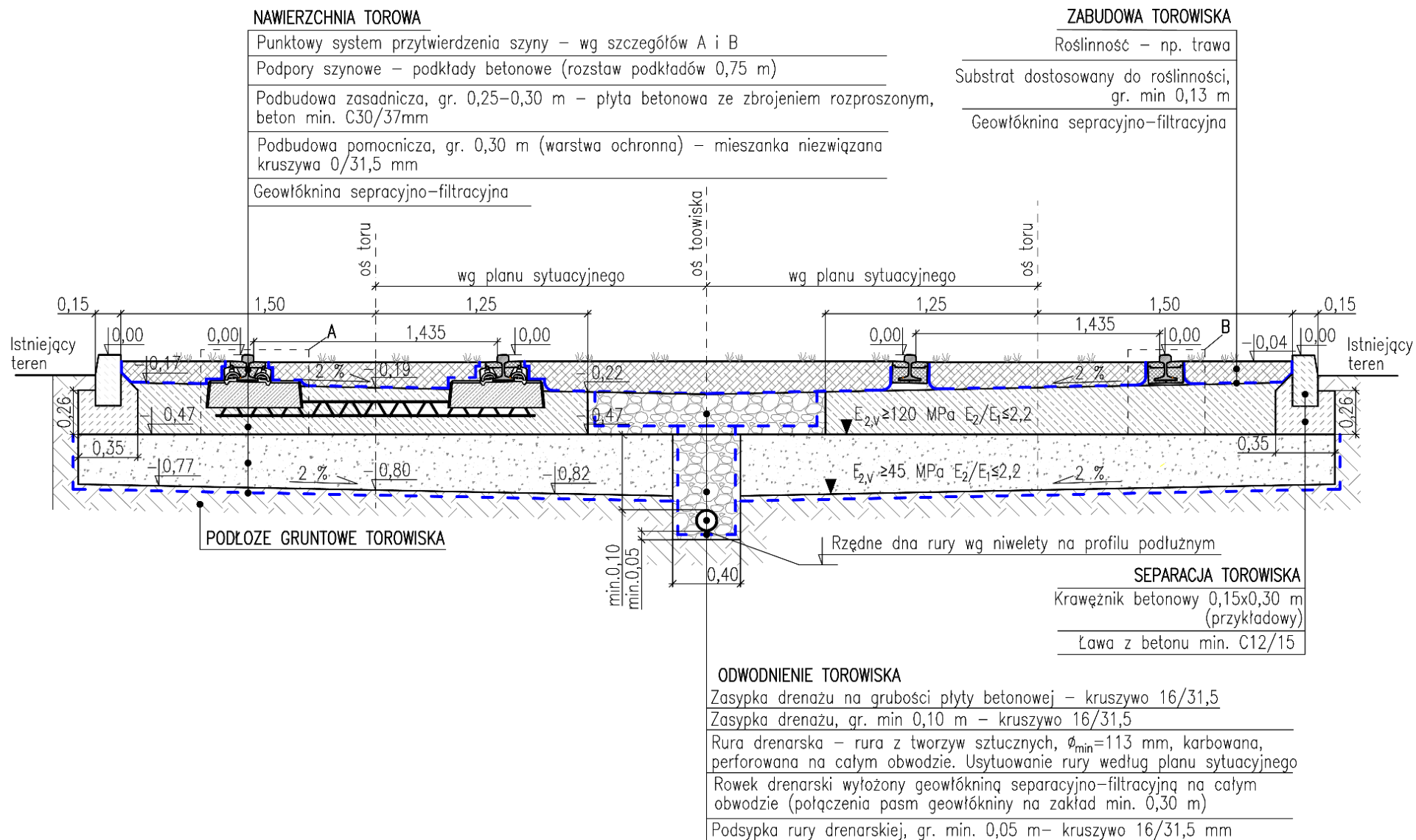
## PODPORY SZYNOWE

6. Podkłady betonowe, rozstaw podkładów 0,75 m

## PODBUDOWA TOROWISKA

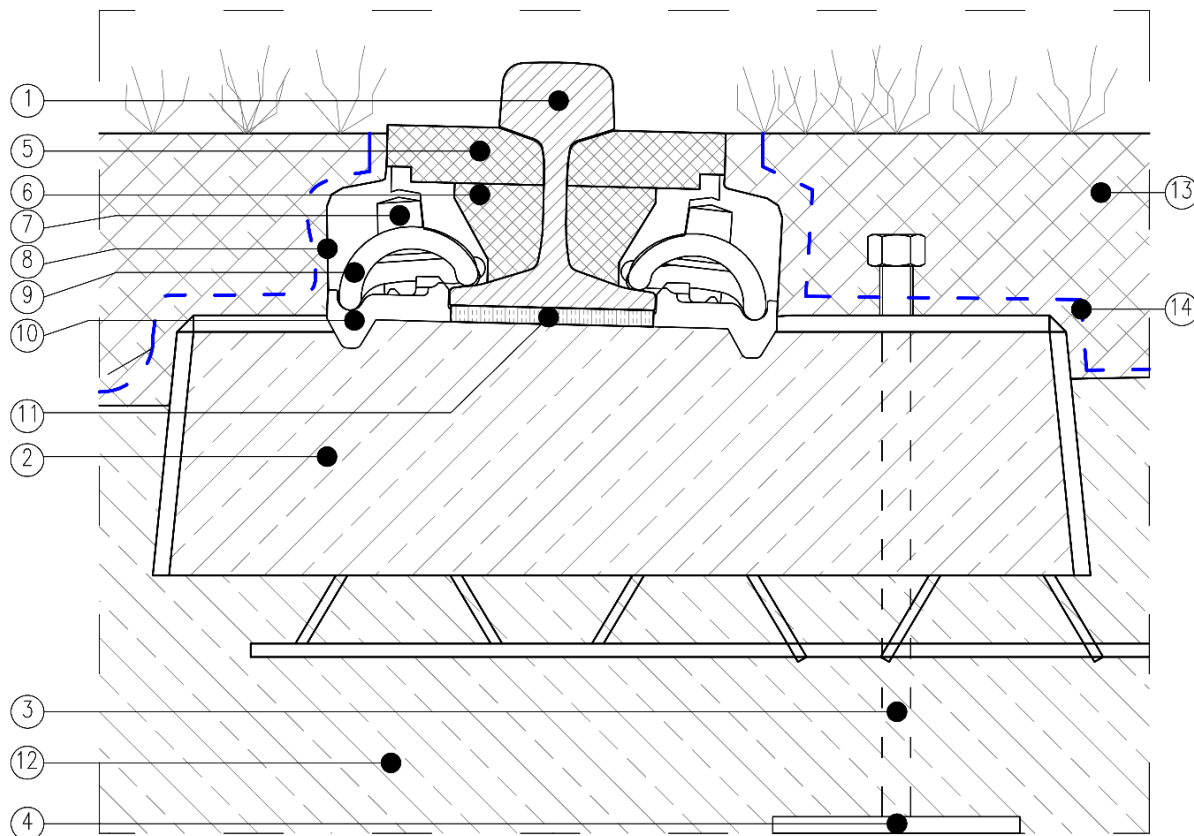
7. Podbudowa zasadnicza – podsypka z kruszywa 31,5/50 mm

**Rys. 6.10.10. Szczegół A z rys. 6.10.9 – system przytwierdzania szyny i podbudowy torowiska**



Rys. 6.10.11. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci płyty betonowej, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn Vignole'a o profilu 49E1 i trawiastej zabudowie (typ BP/psp/49E1/t): szczegół A – rys. 6.10.12; szczegół B – rys. 6.10.13

SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY NA PODPORZE SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA



1. Szyna vignole'a o profilu 49E1 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

IZOLATORY ELEKTRYCZNE

5. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym

6. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym

PUNKTOWY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYN

7. Wkręt mocujący łapkę dociskową, stalowy

8. Osłona mocowania szyny, z tworzywa sztucznego

9. Łapka dociskowa, stalowa

10. Klin do regulacji szerokości toru, z tworzywa sztucznego

11. Sprężysta przekładka podszynowa, gumowa

PODPORY SZYNOWE

2. Podpora szyny, betonowa, prefabrykowana, rozstaw podpór 0,75 m

3. Śruba do regulacji wysokościowej na etapie montażu toru

4. Podkładka pod śrubę regulacyjną

ZABUDOWA TOROWISKA

13. Substrat dostosowany do roślinności i warstwa roślinności

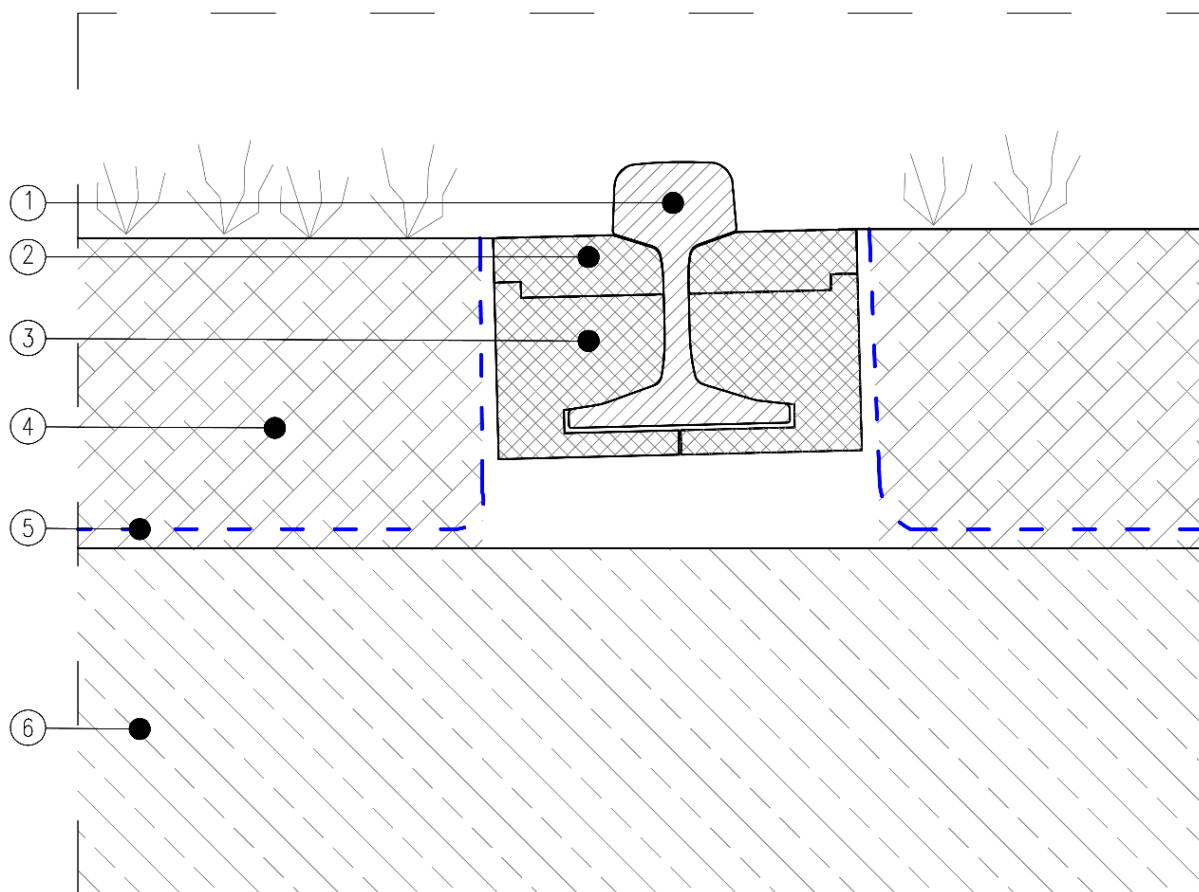
14. Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna

PODBUDOWA TOROWISKA

12. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa ze zbrojeniem rozproszonym, beton min. C30/37mm

**Rys. 6.10.12. Szczegół A z rys. 6.10.11 – system przytwierdzania szyny na podporze szyny, podbudowa i zabudowa torowiska**

SZCZEGÓŁ B- SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY MIĘDZY PODPORAMI SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA



1. Szyna vignole'a o profilu 49E1 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

IZOLATORY ELEKTRYCZNE

2. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym

3. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym

ZABUDOWA TOROWISKA

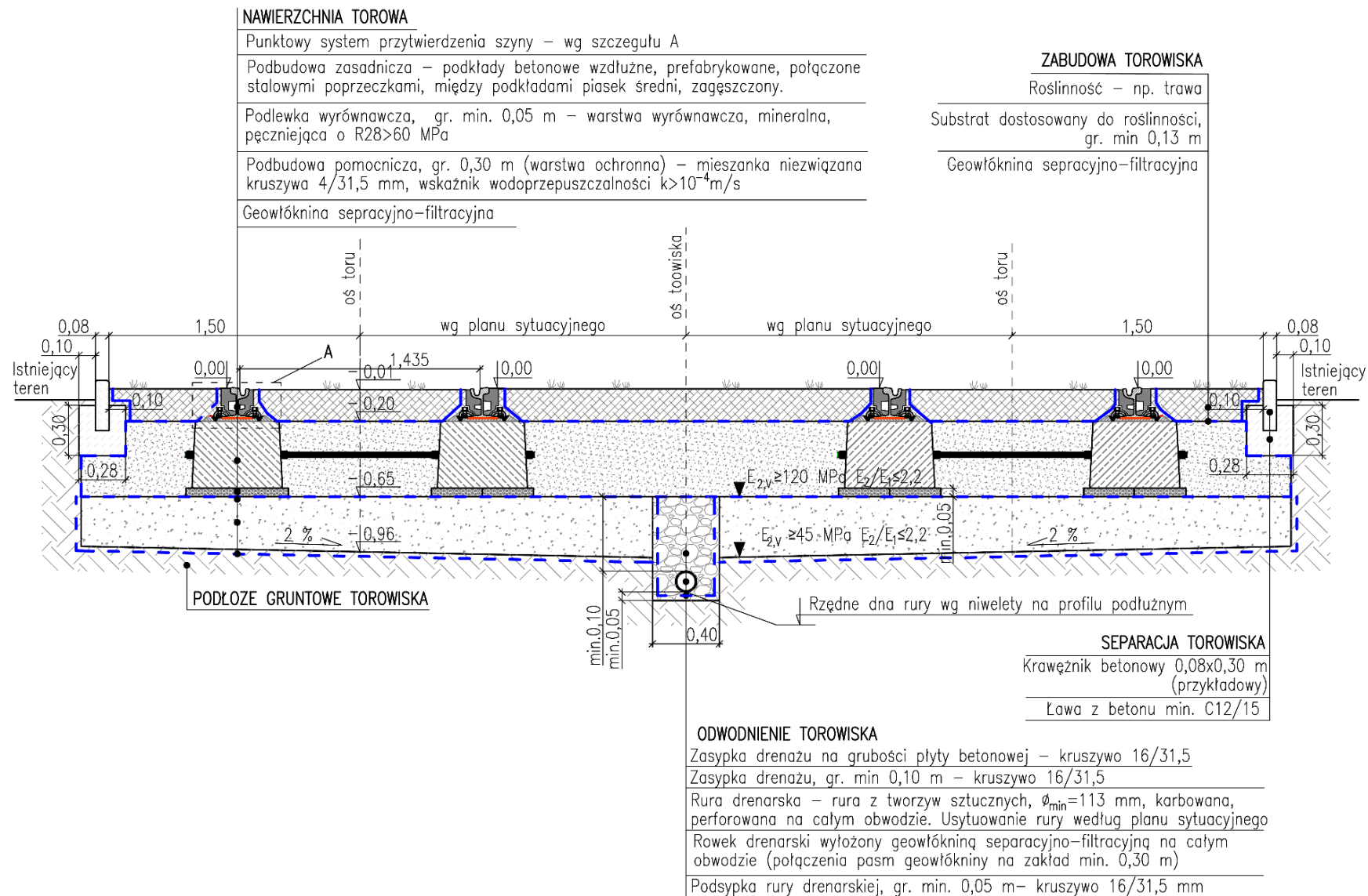
4. Substrat dostosowany do roślinności i warstwa roślinności

5. Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna

PODBUDOWA TOROWISKA

6. Podbudowa zasadnicza – płyta betonowa ze zbrojeniem rozproszonym, beton min. C30/37mm

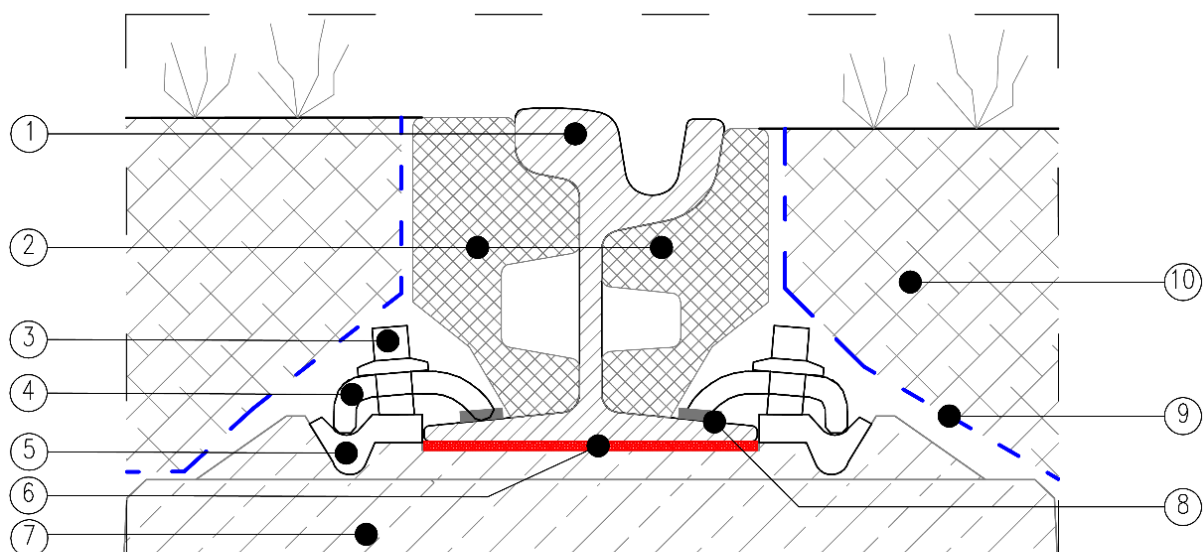
**Rys. 6.10.13. Szczegół B z rys. 6.10.11 – system przytwierdzania szyny między podporami szyny, podbudowa i zabudowa torowiska**



Rys. 6.10.14. Przekrój konstrukcyjny przez torowisko o bezpodsypkowej podbudowie zasadniczej w postaci ław betonowych, z punktowym systemem przytwierdzenia szyn rowkowych o profilu 60R2 i trawiastej zabudowie torowiska (typ Bł/psp/60R2/t): szczegół A – rys. 6.10.15; szczegół B – rys. 6.10.16



## SZCZEGÓŁ A – SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY NA PODPORZE SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA



1. Szyna rowkowa o profilu 60R2 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

### IZOLATORY ELEKTRYCZNE

2. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym

### PUNKTOWY SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYN

3. Wkręt mocujący łapkę dociskową, stalowy

4. Łapka dociskowa, stalowa

5. Klin do regulacji szerokości toru, z tworzywa sztucznego

6. Sprężysta przekładka podszytnowa, gumowa

8. Podkładka izolacyjna, z tworzywa sztucznego

### PODBUDOWA ZASADNICZA

7. Betonowa, prefabrykowana belka wzdłużna, belki łączone są między sobą metalowymi poprzeczkami, zgodnie z kartą techniczną producenta

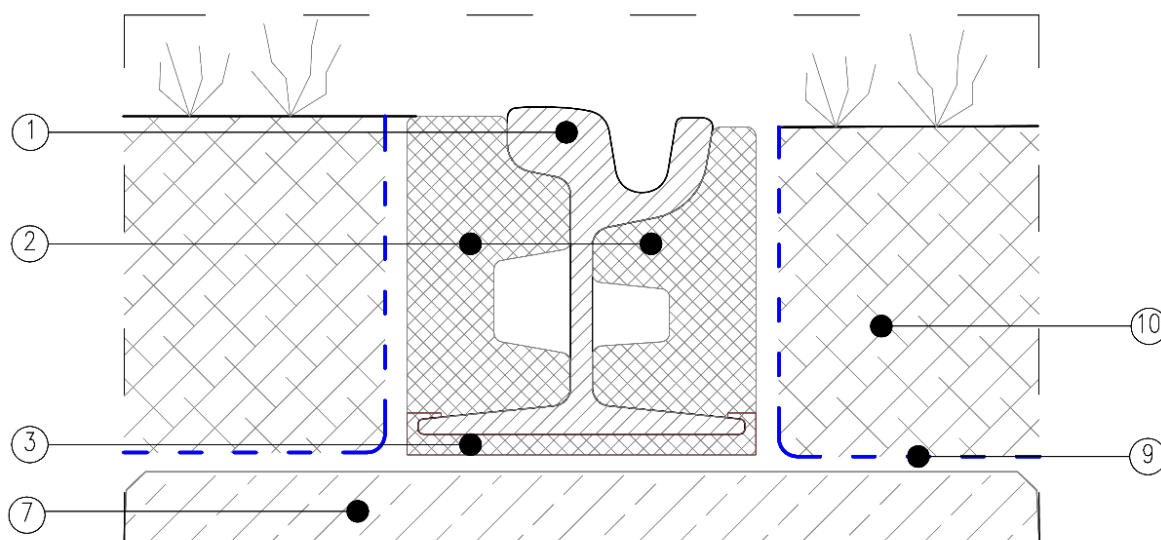
### ZABUDOWA TOROWISKA

9. Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna

10. Substrat dostosowany do roślinności i warstwa roślinności

**Rys. 6.10.15. Szczegół A z rys. 6.10.14 – system przytwierdzania szyny na podporze szyny, podbudowa i zabudowa torowiska**

SZCZEGÓŁ B– SYSTEM PRZYTWIERDZENIA SZYNY MIĘDZY PODPORAMI SZYNY, PODBUDOWA I ZABUDOWA TOROWISKA



1. Szyna rowkowa o profilu 60R2 ze stali gatunku R290 GHT (gatunek przykładowy)

IZOLATORY ELEKTRYCZNE

2. Wkładka przyszynowa, z granulatu gumowego, wklejana klejem poliuretonowym
3. Profil podszynowy, z granulatu gumowego, wklejany klejem poliuretonowym

PODBUDOWA TOROWISKA

7. Betonowa, prefabrykowana belka wzdłużna, belki łączone są między sobą metalowymi poprzeczkami, zgodnie z kartą techniczną producenta

ZABUDOWA TOROWISKA

9. Geowłóknina sepracyjno-filtracyjna
10. Substrat dostosowany do roślinności i warstwa roślinności

**Rys. 6.10.16. Szczegół B z rys. 6.10.14 – system przytwierdzania szyny między podporami szyny, podbudowa i zabudowa torowiska**

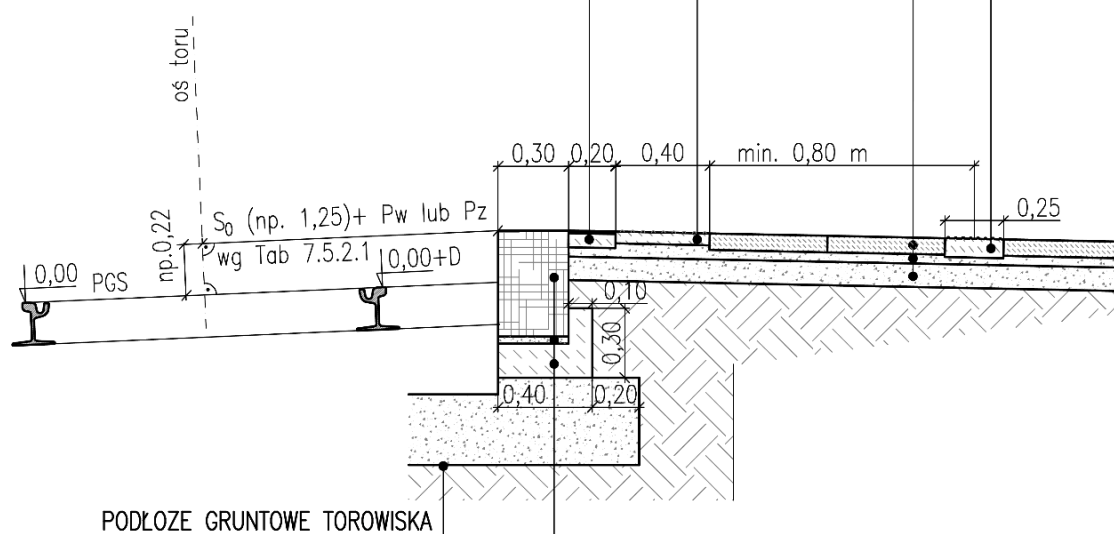
Pas prowadzący (wg standardu lokalnego) – np. ciąg płyt bet. 0,25x0,25x0,08 m, faktura na górnej powierzchni płyt tzw. "trapezowa", kolor biały

#### KONSTRUKCJA PERONU PRZYSTANKOWEGO

Nawierzchnia według standardu lokalnego – np. płyty betonowe 0,50x0,50x0,07 m, szare
Warstwa wyrównawcza, gr. 0,04 m – podsypka cementowo–piaskowa 1:4
Podbudowa pomocnicza, gr. 0,10 m – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31 mm

Pas ostrzegawczy – ciąg płyt bet. 0,40x0,40x0,05 m, faktura na górnej powierzchni płyt tzw. "stożkowa" lub "kopułkowa", kolor szary, zgodnie z pkt. 8.4.3

Żółta linia ostrzegawcza szer. 0,20 m na płycie betonowej szarej, zgodnie z pkt. 8.4.3



#### SEPARACJA TOROWISKA

Krawężnik peronowy 0,45x0,30 m, granitowy (przykładowy)
Podsypka cementowo–piaskowa 1:4, gr. 0,03 m
Ława z betonu min. C12/15

**Rys. 6.10.17. Przekrój konstrukcyjny przez przykładowy peron. Przykładowa wartość  $S_0$  między osią toru a peronową krawędzią dostępu (1,25 m) została określona dla tramwajowej skrajni budowli dla pojazdów tramwajowych o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pudła wagonu 2,40 m (rys. 7.5.2.3). Zasada projektowania wysokości peronu położonego po zewnętrznej stronie łuku z przechylką.**

Pas prowadzący (wg standardu lokalnego) – np. ciąg płyt bet. 0,25x0,25x0,08 m, faktura na górnej powierzchni płyt tzw. „trapezowa”, kolor biały

#### KONSTRUKCJA PERONU PRZYSTANKOWEGO

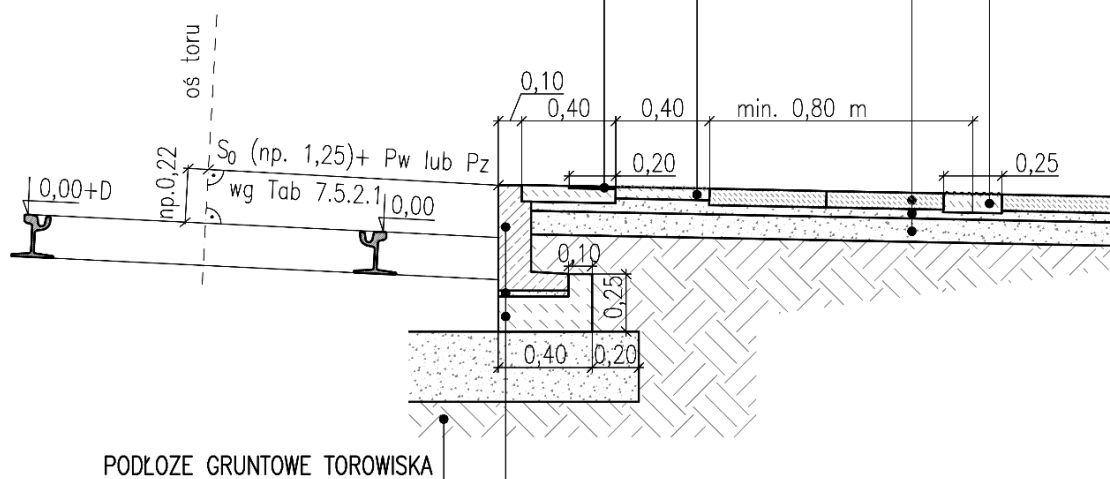
Nawierzchnia według standardu lokalnego – np. płyty betonowe 0,50x0,50x0,07 m, szare

Warstwa wyrównawcza, gr. 0,04 m – podsypka cementowo–piaskowa 1:4

Podbudowa pomocnicza, gr. 0,10 m – mieszanka niezwiązana kruszywa 0/31 mm

Pas ostrzegawczy – ciąg płyt bet. 0,40x0,40x0,05 m, faktura na górnej powierzchni płyt tzw. „stożkowa” lub „kopułkowa”, kolor szary, zgodnie z pkt. 8.4.3

Żółta linia ostrzegawcza szer. 0,20 m na płycie betonowej białej (barwionej w masie) lub z jasnego kamienia naturalnego, zgodnie z pkt. 8.4.3



PODŁOŻE GRUNTOWE TOROWISKA

#### SEPARACJA TOROWISKA

Krawężnik peronowy 0,45x0,30x0,75 m, betonowy (przykładowy)

Podsypka cementowo–piaskowa 1:4 (0,03 m)

Ława z betonu min. C12/15

**Rys. 6.10.18. Przekrój konstrukcyjny przez przykładowy peron. Przykładowa wartość  $S_0$  między osią toru a peronową krawędzią dostępu (1,25 m) została określona dla tramwajowej skrajni budowli dla pojazdów tramwajowych o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pudła wagonu 2,40 m (rys. 7.5.2.3). Zasada projektowania wysokości peronu położonego po wewnętrznej stronie łuku z przechyllką.**



## 7. Projektowanie układu geometrycznego toru tramwajowego

### 7.1. Układ geometryczny w płaszczyźnie poziomej na odcinkach szlakowych

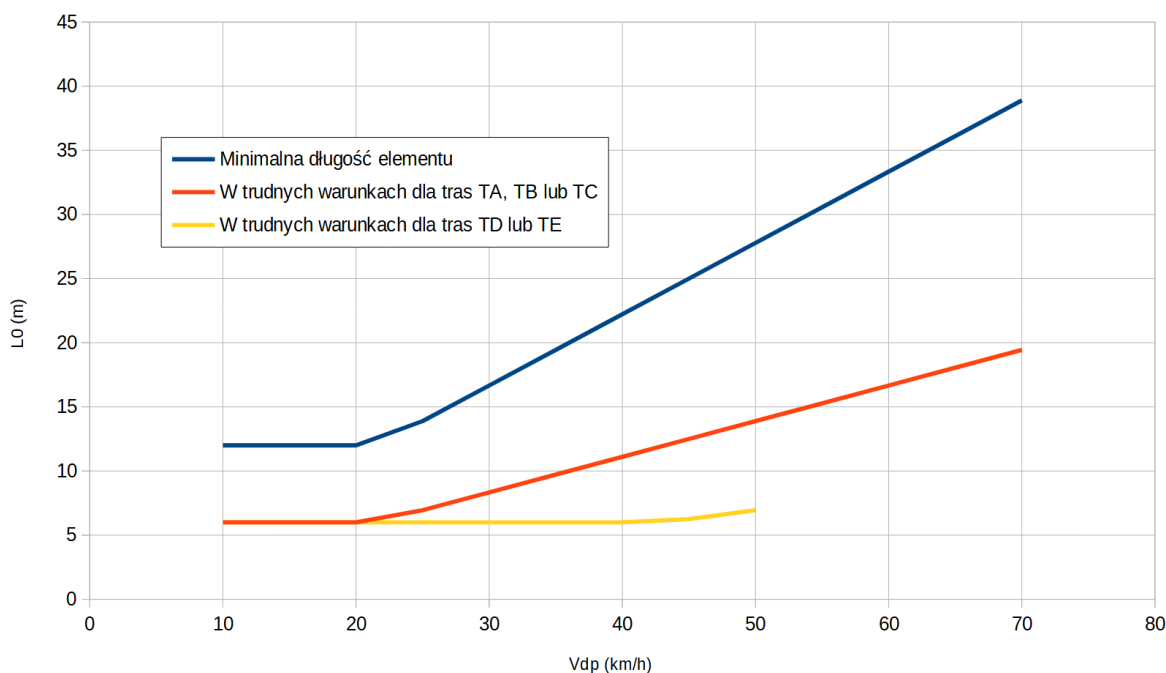
#### 7.1.1. Długości elementów układu geometrycznego

(1) Minimalna długość elementów układu geometrycznego w płaszczyźnie poziomej na odcinku szlakowym powinna wynikać z warunków zapewnienia spokojności jazdy.

(2) Długość elementów układu geometrycznego o stałej krzywiźnie (odcinki proste i łuki kołowe) dobiera się w taki sposób, aby dla przyjętej na odcinku prędkości do projektowania czas przejazdu przez element układu geometrycznego był nie mniejszy niż 2,0 s. Minimalna długość elementu powinna być nie krótsza niż dwukrotna długość bazy sztywnej tramwaju miarodajnego.

(3) W trudnych warunkach dopuszcza się zmniejszenie długości elementu układu geometrycznego do takiej wartości, aby dla przyjętej na odcinku prędkości dopuszczalnej czas przejazdu przez element układu geometrycznego był nie mniejszy niż 1,0 s dla odcinków tras TA, TB lub TC oraz 0,5 s dla odcinków tras TD lub TE. Minimalna długość elementu powinna być nie krótsza niż długość bazy sztywnej tramwaju miarodajnego.

(4) Minimalną długość elementu o stałej krzywiźnie w zależności od prędkości (do projektowania lub dozwolonej) dla tramwaju o długości bazy sztywnej równej 6,0 m przyjmuje się zgodnie z wykresem przedstawionym na rys. 7.1.1.1.



Rys. 7.1.1.1. Minimalna długość elementu układu geometrycznego w zależności od prędkości

#### 7.1.2. Promień łuku kołowego

(1) Wartość promienia łuku kołowego w planie powinna wynikać z warunków zapewnienia spokojności jazdy oraz analizy trwałości nawierzchni torowej.

(2) Należy dążyć do osiągnięcia maksymalnych wartości promieni, jakie można uzyskać przy występujących ograniczeniach terenowych.

(3) Na odcinkach szlakowych pomiędzy przystankami zaleca się stosowanie promieni łuków o wartościach od 150 do 10 000 m. Stosowanie łuków o promieniach mniejszych niż 150 m jest



niezalecane z uwagi na zwiększone koszty utrzymania toru, wynikające z zużywania się szyn. Stosowanie łuków o promieniach większych niż 10 000 m jest niezalecane z uwagi na trudności w wykonaniu oraz utrzymaniu łuków o takich promieniach.

(4) W trudnych warunkach dopuszcza się stosowanie łuków o promieniach od 50 do 150 m. Łuki o mniejszych promieniach dopuszcza się wyłącznie w przypadku remontu lub przebudowy istniejących odcinków torów, przy odtworzeniu układu geometrycznego.

(5) W przypadku tras typu TS dostosowanych do taboru o szerokości 2,90 m nie dopuszcza się stosowania łuków o promieniu mniejszym niż 70 m.

(6) Promień łuku na odcinku szlakowym międzyprzystankowym powinien być nie mniejszy niż określony w tab. 7.1.2.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.1.2.1. Minimalne wartości promieni łuków na odcinkach szlakowych międzyprzystankowych**

V <sub>dp</sub> [km/h]	Zalecany minimalny promień łuku [m]		Minimalny promień łuku dopuszczalny w trudnych warunkach [m]
	Trasa typu TS	Trasy pozostałych typów	
10	-	150	50
20	-	150	50
30	300 <sup>1)</sup>	150	70
40	420 <sup>1)</sup>	190	130
50	650 <sup>1)</sup>	300	200
60	930 <sup>1)</sup>	430	280
70	1 300	600	380

<sup>1)</sup> zmniejszenie prędkości do projektowania dopuszczalne jest za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru

(7) Wartość minimalną promienia łuku kołowego na odcinku szlakowym ustala się w zależności od przyjętej na odcinku prędkości do projektowania oraz maksymalnej możliwej do zastosowania na długości łuku przechyłki toru.

(8) W trudnych warunkach dopuszcza się ustalanie minimalnej wartości promienia łuku kołowego na odcinku szlakowym w zależności od przyjętej na odcinku prędkości dozwolonej.

(9) Minimalną wartość promienia łuku oblicza się według wzoru (7.1.2.1):

$$R_{min} = \frac{V_{dp}^2}{12,96 \cdot \left( a_{dop} + \frac{g \cdot D_{max}}{s} \right)} \quad (7.1.2.1)$$

gdzie:

$R_{min}$  – minimalny promień łuku poziomego [m],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$a_{dop}$  – dopuszczalna wartość przyspieszenia nie zrównoważonego [m/s<sup>2</sup>],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>],

$D_{max}$  – maksymalna możliwa do zastosowania przechyłka toru [mm],

$s$  – rozstaw osiowy toków szynowych [mm].

(10) Wartość przyspieszenia nie zrównoważonego  $a_{dop}$  przyjmuje się zgodnie z tab. 7.1.2.2. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.1.2.2. Dopuszczalne wartości przyspieszenia nie zrównoważonego  $a_{dop}$  [m/s<sup>2</sup>]**

Zalecana			W trudnych warunkach
Trasa typu TS	Trasa typu TA lub TB	Trasa typu TC, TD lub TE	
0,30	0,67	0,80	1,00

(11) Na długości peronowych krawędzi dostępu nie projektuje się łuków poziomych.

(12) W trudnych warunkach dopuszcza się sytuowanie peronowych krawędzi dostępu częściowo lub w całości na długości łuku. Zastosowany promień łuku na przystanku nie powinien powodować trudności związanych z obserwacją krawędzi peronowej przez prowadzącego oraz z wsiadaniem do tramwaju, oraz powinien być nie mniejszy, niż określony w tab. 7.1.2.3. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.1.2.3. Minimalne wartości promienia łuku poziomego na długości peronowej krawędzi dostępu**

Uwarunkowania	Minimalna wartość promienia łuku [m]	
	Peron dostępny i możliwy do obserwacji przez motorniczego	Peron utrudniający dostęp lub obserwację przez motorniczego
peron po wewnętrznej stronie łuku	465	50
peron po zewnętrznej stronie łuku	750	70
trasa typu TS dostosowana do taboru o szerokości 2,90 m	750	700

### 7.1.3. Przechyłka toru

(1) Przechyłkę toru wykonuje się w celu przeciwdziałania przyspieszeniu poziomemu działającemu na tramwaj poruszający się po łuku poziomym. W szczególnych przypadkach dopuszcza się wykonanie przechyłki toru na odcinku prostym.

(2) Przechyłkę toru, w zależności od jego konstrukcji, wykonuje się w sposób określony w tab. 7.1.3.1.

**Tab. 7.1.3.1. Sposoby wykonania przechyłki toru**

Konstrukcja toru	Sposób wykonania przechyłki toru	
	standardowy	dopuszczalny w trudnych warunkach
podsypkowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>podniesienie zewnętrznego toku szynowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obróć płaszczyzny powierzchni tocznych główek szyn wokół osi toru lub</li> <li>obniżenie wewnętrznego toku szynowego</li> </ul>
bezpodsypkowa	<ul style="list-style-type: none"> <li>obróć płaszczyzny powierzchni tocznych główek szyn wokół osi toru lub</li> <li>podniesienie zewnętrznego toku szynowego</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>obniżenie wewnętrznego toku szynowego</li> </ul>

(3) Minimalną wartość przechyłki toru określa się dla prędkości do projektowania przyjętej na danym odcinku trasy tramwajowej. W trudnych warunkach minimalną wartość przechyłki określa się dla prędkości dopuszczalnej. Minimalną wartość przechyłki oblicza się według wzoru (7.1.3.1):

$$D_{min} = \frac{V_{dp}^2 \cdot s}{12,96 \cdot R \cdot g} - \frac{a_{dop} \cdot s}{g} \quad (7.1.3.1)$$

gdzie:

$D_{min}$  – minimalna wartość przechyłki toru [mm],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$s$  – rozstaw osiowy toków szynowych [mm],

$R$  – promień łuku [m],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>],

$a_{dop}$  – dopuszczalna wartość przyspieszenia niezrównoważonego [m/s<sup>2</sup>].

(4) Maksymalną wartość przechyłki toru określa się dla prędkości rzeczywistej z uwzględnieniem parametrów przedstawionych w tab. 7.1.3.2. Prędkość rzeczywistą przyjmuje się zgodnie z zasadami opisanymi w podrozdziale 5.5. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. Maksymalną wartość przechyłki oblicza się według wzoru (7.1.3.2):

$$D_{max} = \frac{V_r^2 \cdot s}{12,96 \cdot R \cdot g} \quad (7.1.3.2)$$

gdzie:

$D_{max}$  – maksymalna wartość przechyłki toru [mm],

$V_r$  – prędkość rzeczywista tramwajów [km/h],

$s$  – rozstaw osiowy toków szynowych [mm],

$R$  – promień łuku [m],

$g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>].

(5) Jeżeli  $D_{min} > D_{max}$  należy zwiększyć promień łuku. W trudnych warunkach dopuszcza się wprowadzenie lokalnego ograniczenia prędkości  $V_d$  na długości łuku.

**Tab. 7.1.3.2. Dopuszczalne wartości przechyłki toru**

Uwarunkowania	Dopuszczalna wartość przechyłki toru [mm]	
	Tor o szerokości 1435 mm	Tor o szerokości 1000 mm
<b>Maksymalna wartość przechyłki toru</b>		
tor wydzielony	150	100
tor wspólny z jezdnią	100	70
na przejeździe tramwajowym	45	30
na łuku	$D_{max} = \frac{R + 24}{1,6}$	$D_{max} = \frac{R + 24}{2,4}$
<b>Maksymalna wartość przechyłki toru w trudnych warunkach</b>		
tor wydzielony	165 <sup>1)</sup>	110 <sup>1)</sup>
na łuku o promieniu 100-300 m	150	100
na łuku o promieniu 50-100 m	100	70
na łuku o promieniu poniżej 50 m	60	40
na przejeździe tramwajowym	100	65
<b>Minimalna wartość przechyłki toru</b>		
Na konstrukcji podsypkowej	20	15
gdzie: $D_{max}$ – maksymalna wartość przechyłki toru [mm], $R$ – promień łuku [m].		
<sup>1)</sup> za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru		

(6) Przechyłkę toru przyjmuje się z zakresu według wzoru (7.1.3.3):

$$D_{min} \leq D \leq D_{max} \quad (7.1.3.3)$$

gdzie:

$D_{min}$  – minimalna wartość przechyłki toru [mm],

$D$  – projektowana wartość przechyłki toru [mm],

$D_{max}$  – maksymalna wartość przechyłki toru [mm].

(7) Na torze wydzielonym, na łukach położonych w miejscu, w którym tramwaje poruszają się ze stałą prędkością (poza strefami rozpędzania lub hamowania), zaleca się stosować stałą i jak największą wartość przechyłki toru (zblizoną do  $D_{max}$ ).

(8) Na łukach położonych w strefach rozpędzania lub hamowania zaleca się stosowanie przechyłki toru o mniejszej wartości, dostosowanej do uśrednionej prędkości ruchu tramwaju. W przypadku długich łuków, na których spełnienie tego wymogu będzie problematyczne,

dopuszcza się zastosowanie odcinka o zmiennej wartości przechyłki na długości łuku na której następuje zmiana prędkości tramwaju.

(9) W rejonie peronowej krawędzi dostępu zaleca się projektowanie toru bez przechyłki.

(10) Na torze wspólnym z jezdnią przechyłka toru na łuku powinna być dostosowana do pochylenia poprzecznego jezdni. Wartość przechyłki toru nie może prowadzić do przekroczenia dopuszczalnego pochylenia poprzecznego jezdni.

(11) W trudnych warunkach, na torze wspólnym z jezdnią dopuszcza się stosowanie odwrotnej przechyłki toru na łuku, to znaczy uniesienia wewnętrznego toku szynowego na długości łuku. Przechyłka odwrotna powinna nie przekraczać:

- a) 30 mm – w przypadku toru o szerokości 1435 mm,
- b) 20 mm – w przypadku toru o szerokości 1000 mm.

(12) W trudnych warunkach, na torze wspólnych z jezdnią dopuszcza się stosowanie przechyłki toru na odcinkach toru prostego w płaszczyźnie poziomej, ze względu na odwodnienie nawierzchni drogowej.

(13) Wartość projektowej przechyłki toru podaje się jako liczbę całkowitą, podzieloną przez 5.

(14) Wartość przyspieszenia nie zrównoważonego na łuku z przechyłką toru oblicza się według wzoru (7.1.3.4):

$$a = \frac{V_{dp}^2}{12,96 \cdot R} - \frac{g \cdot D}{s} = \frac{V_{dp}^2 \cdot K}{12,96} - \frac{g \cdot D}{s} \quad (7.1.3.4)$$

gdzie:

$a$  – przyspieszenie nie zrównoważone [m/s<sup>2</sup>],  
 $V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],  
 $R$  – promień łuku [m],  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>],  
 $D$  – projektowana wartość przechyłki toru [m],  
 $s$  – rozstaw osiowy toków szynowych [mm],  
 $K$  – krzywizna toru [1/m].

(15) Wartość przyspieszenia nie zrównoważonego na odcinku prostym z przechyłką toru oblicza się według wzoru (7.1.3.5):

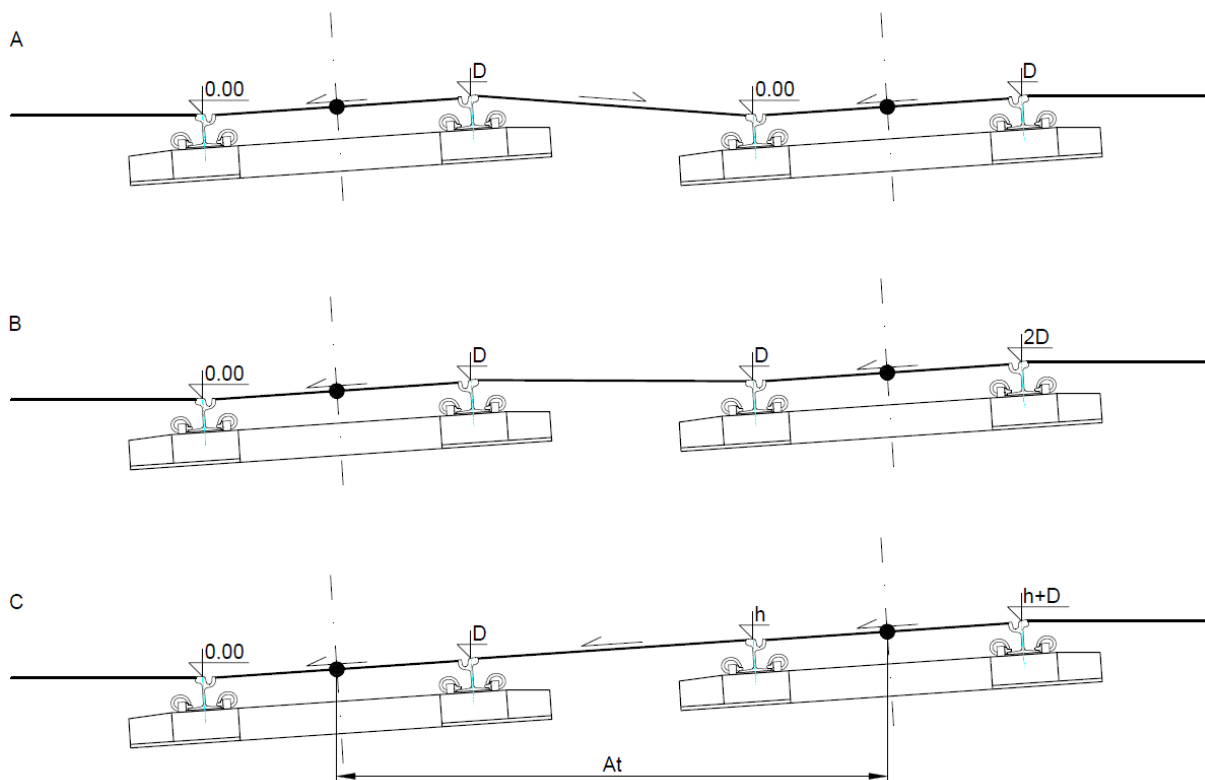
$$a = - \frac{g \cdot D}{s} \quad (7.1.3.5)$$

gdzie:

$a$  – przyspieszenie nie zrównoważone [m/s<sup>2</sup>],  
 $g$  – przyspieszenie ziemskie [m/s<sup>2</sup>],  
 $D$  – projektowana wartość przechyłki toru [m],  
 $s$  – rozstaw osiowy toków szynowych [mm].

(16) Na wielotorowych przejazdach tramwajowych zlokalizowanych na łuku z przechyłką toru możliwe jest stosowanie jednego z typów przekroju poprzecznego (rys. 7.1.3.1):

- a) typu A – o jednakowej rzędnej osi toru,
- b) typu B – o jednakowej rzędnej toków szynowych wewnętrznych,
- c) typu C – o wspólnej płaszczyźnie główek szyn.



**Rys. 7.1.3.1. Przykłady typowych przekrojów poprzecznych przejazdów tramwajowych wielotorowych zlokalizowanych na łuku z przechyłką toru**

(17) Na wielotorowych przejazdach tramwajowych zlokalizowanych na łuku z przechyłką toru zaleca się stosować wspólną płaszczyznę w przekroju poprzecznym dla wszystkich torów, jeżeli wartość przechyłki przekracza 30 mm (20 mm dla toru 1000 mm) – rozwiązanie przekroju przejazdu typu C. Wartość  $h$  (według rys. 7.1.3.1) oblicza się według wzoru (7.1.3.6). Zalecane i dopuszczalne schematy przekrojów poprzecznych przejazdów w zależności od typu trasy tramwajowej oraz klasy drogi przedstawia tab. 7.1.3.3.

$$h = \frac{A_t \cdot D}{e} \quad (7.1.3.6)$$

gdzie:

$h$  – położenie wysokościowe toku szynowego [mm],

$A_t$  – rozstaw torów [mm],

$D$  – przechyłka toru [mm],

$e$  – szerokość toru [mm].

**Tab. 7.1.3.3. Zalecane i dopuszczalne schematy przekrojów poprzecznych przejazdów tramwajowych**

Klasa drogi	Typ trasy tramwajowej					
	TS	TA, TB		TC	TD	TE
		V = 70 km/h	V = 50 km/h			
GP	C (B)	C (B)	C	C	C	C
G	B (C)	C (B)	C (B)	C (B)	C (B)	C (B)
Z	A (B)	B (C)	B (C)	C (B)	C (B)	C (B)
L	A	A (B)	A (B)	B (A)	B (A)	B (A)
D	A	A	A	A	A	A

(A), (B), (C) – rozwiązania dopuszczalne

### 7.1.4. Rampa przechyłkowa

(1) Pomiędzy odcinkami z przechyłką toru i bez przechyłki toru lub pomiędzy odcinkami o różnych wartościach przechyłki toru stosuje się odcinek o zmiennej wartości przechyłki, nazywany rampą przechyłkową.

(2) Na trasach tramwajowych typu TS, TA oraz TB stosuje się prostoliniowe rampy przechyłkowe o długościach równych długościom krzywych przejściowych wykonanych w postaci kłotojdy lub paraboli 3 stopnia. W przypadku pozostałych typów zaleca się stosowanie prostoliniowych ramp przechyłkowych.

(3) W trudnych warunkach dopuszcza się stosowanie prostoliniowych ramp przechyłkowych o długościach nie związanych z długościami krzywych przejściowych.

(4) Na długości  $L_r$  prostoliniowej rampy przechyłkowej następuje liniowa zmiana przechyłki toru od wartości początkowej  $D_1$  w punkcie początku rampy przechyłkowej (PRP) do wartości końcowej  $D_2$  w punkcie końca rampy przechyłkowej (KRP) (rys. 7.1.4.1). Wartości przechyłki na długości rampy przechyłkowej oblicza się według wzoru (7.1.4.1):

$$D(x) = D_1 + \frac{(D_2 - D_1) \cdot x}{L_r} \quad (7.1.4.1)$$

gdzie:

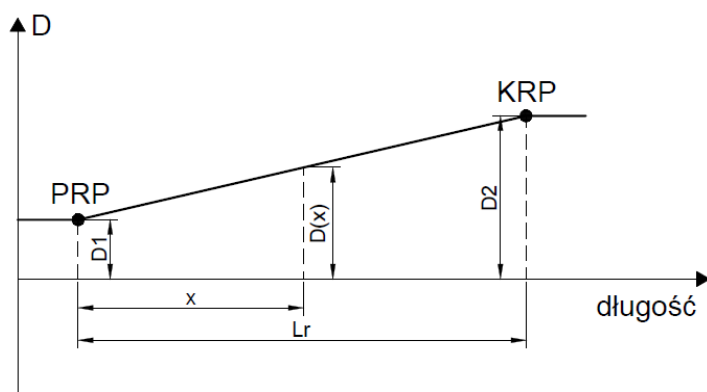
$D(x)$  – wartość przechyłki w odległości  $x$  [mm],

$D_1$  – wartość przechyłki na początku rampy przechyłkowej [mm],

$D_2$  – wartość przechyłki na końcu rampy przechyłkowej [mm],

$x$  – odległość od początku rampy przechyłkowej [m],

$L_r$  – długość rampy przechyłkowej [m].



Rys. 7.1.4.1. Schemat zmienności przechyłki na długości prostoliniowej rampy przechyłkowej

(5) Długość rampy przechyłkowej dobiera się w taki sposób, aby pochylenie rampy przechyłkowej nie przekroczyło wartości dopuszczalnej, według wzoru (7.1.4.2):

$$\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{\Delta D}{L_r} = \frac{|D_2 - D_1|}{L_r} \leq \left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim} \quad (7.1.4.2)$$

gdzie:

$\left(\frac{dD}{ds}\right)$  – pochylenie rampy przechyłkowej [mm/m],

$\Delta D$  – różnica przechyłek [mm],

$L_r$  – długość rampy przechyłkowej [m],

$D_2$  – wartość przechyłki na końcu rampy przechyłkowej [mm],

$D_1$  – wartość przechyłki na początku rampy przechyłkowej [mm],

$\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$  – dopuszczalne pochylenie rampy przechyłkowej [mm/m].



(6) Długość rampy przechyłkowej dobiera się w taki sposób, aby przyrost przechyłki toru w czasie nie przekroczył wartości dopuszczalnej, według wzoru (7.1.4.3). Do określania wartości przyrostu przechyłki toru w czasie należy przyjmować prędkość do projektowania. W trudnych warunkach dopuszcza się określanie wartości przyrostu przechyłki toru w czasie w zależności od prędkości dopuszczalnej.

$$\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_p \cdot \Delta D}{3,6 \cdot L_r} = \frac{V_{dp} \cdot |D_2 - D_1|}{3,6 \cdot L_r} \leq \left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim} \quad (7.1.4.3)$$

gdzie:

$\left(\frac{dD}{dt}\right)$  – przyrost przechyłki w czasie [mm/s],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$\Delta D$  – różnica przechyłek [mm],

$L_r$  – długość rampy przechyłkowej [m],

$D_2$  – wartość przechyłki na końcu rampy przechyłkowej [mm],

$D_1$  – wartość przechyłki na początku rampy przechyłkowej [mm],

$\left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$  – dopuszczalny przyrost przechyłki w czasie [mm/s].

(7) Dopuszczalne wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych określa tab. 7.1.4.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.1.4.1. Dopuszczalne wartości parametrów geometrycznych i kinematycznych do projektowania ramp przechyłkowych**

Parametr	Jednostka	Tor o szerokości 1435 mm		Tor o szerokości 1000 mm	
		zalecany	w trudnych warunkach	zalecany	w trudnych warunkach
$\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$	[mm/m]	2,5	3,3	1,7	2,2
$\left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$	[mm/s]	50,0	70,0	33	46

(8) Minimalne długości ramp przechyłkowych łączących odcinek prosty wykonany bez przechyłki toru z łukiem kołowym, na którym występuje przechyłka, dobiera się jako wartość większą ze wzorów (7.1.4.4) i (7.1.4.5), zaokrągloną do 1 metra w górę:

$$L_{r \min} = \frac{D}{\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}} \quad (7.1.4.4)$$

$$L_{r \min} = \frac{V_{dp} \cdot D}{3,6 \cdot \left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}} \quad (7.1.4.5)$$

gdzie:

$L_{r \min}$  – minimalna długość rampy przechyłkowej [m],

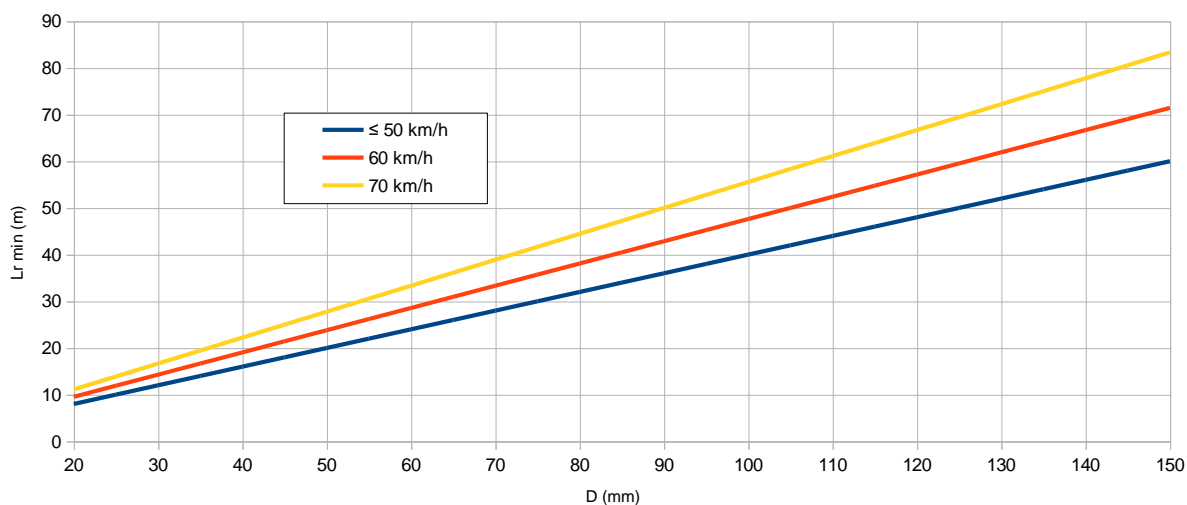
$D$  – projektowana wartość przechyłki toru [m],

$\left(\frac{dD}{ds}\right)_{lim}$  – dopuszczalne pochylenie rampy przechyłkowej [mm/m],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

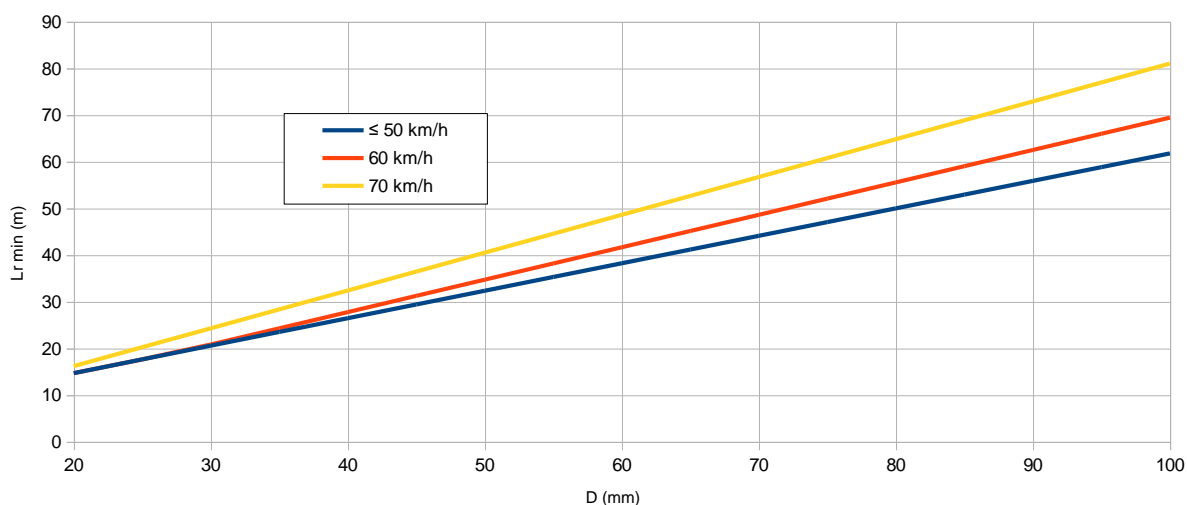
$\left(\frac{dD}{dt}\right)_{lim}$  – dopuszczalny przyrost przechyłki w czasie [mm/s].

(9) W przypadku toru o szerokości 1435 mm, dla warunków zalecanych, długość rampy przechyłkowej powinna być nie mniejsza niż wynikająca z wykresu na rys. 7.1.4.2.



Rys. 7.1.4.2. Minimalna długość rampy przechyłkowej w zależności o wielkości przechyłki toru w przypadku toru o szerokości 1435 mm, dla różnych wartości prędkości do projektowania

(10) W przypadku toru o szerokości 1000 mm, dla warunków zalecanych, długość rampy przechyłkowej powinna być nie mniejsza niż wynikająca z wykresu na rys 7.1.4.3.



Rys. 7.1.4.3. Minimalna długość rampy przechyłkowej w zależności o wielkości przechyłki toru w przypadku toru o szerokości 1000 mm, dla różnych wartości prędkości do projektowania

## 7.1.5. Krzywa przejściowa

(1) Pomiędzy odcinkami o różnych wartościach krzywizny zaleca się stosowanie krzywych przejściowych, w celu zmniejszenia wartości zmiany przyspieszenia niezrównoważonego w czasie.

(2) Na trasach tramwajowych typu TS, TA oraz TB stosuje się krzywe przejściowe w postaci kłoidy lub paraboli 3 stopnia, o długościach równych długościom prostoliniowych ramp przechyłkowych. W przypadku pozostałych typów tras zaleca się stosowanie takich krzywych przejściowych.

(3) Na długości  $L$  krzywej przejściowej następuje liniowa zmiana krzywizny od wartości początkowej  $K_1$  w punkcie początku krzywej przejściowej (PKP) do wartości końcowej  $K_2$  w punkcie końca krzywej przejściowej (KKP) (rys. 7.1.5.1). Wartości krzywizny oblicza się według wzoru (7.1.5.1):

$$K(l) = K_1 + \frac{(K_2 - K_1) \cdot l}{L} \quad (7.1.5.1)$$

gdzie:

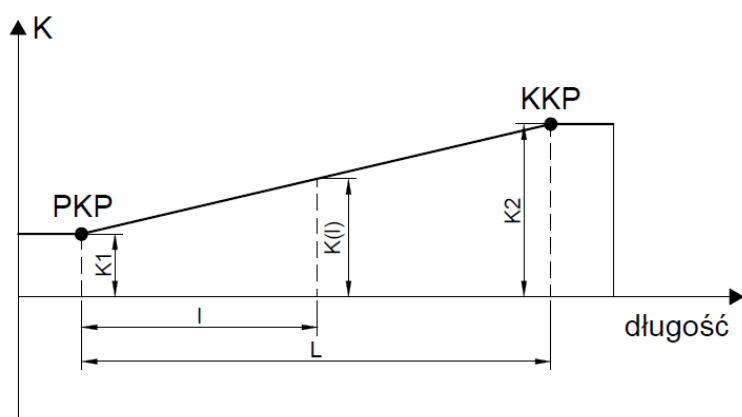
$K(l)$  – wartość krzywizny [1/m],

$K_1$  – wartość krzywizny na początku krzywej przejściowej [1/m],

$K_2$  – wartość krzywizny na końcu krzywej przejściowej [1/m],

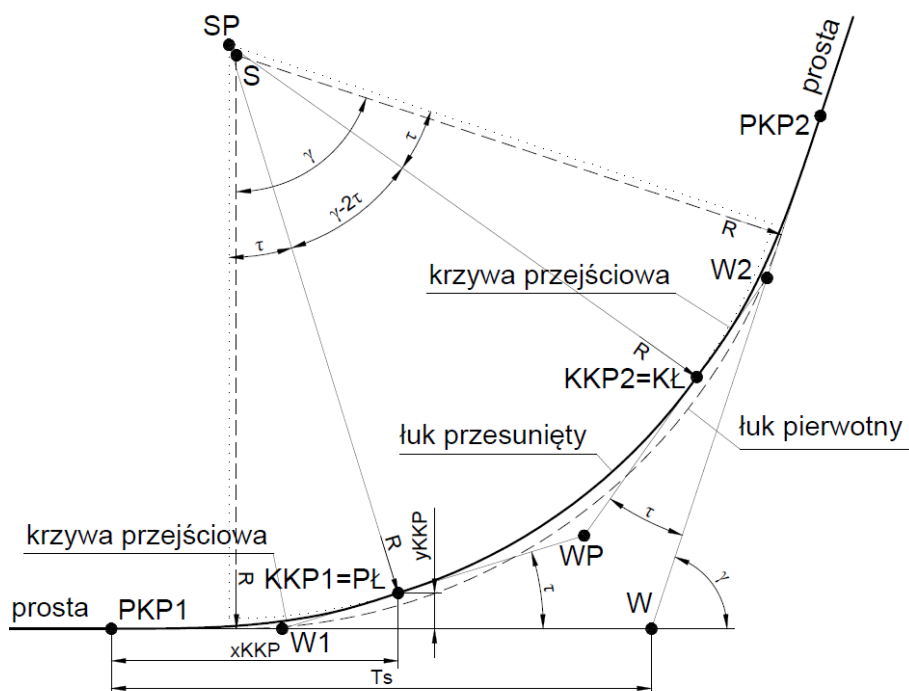
$l$  – odległość od początku krzywej przejściowej [m],

$L$  – długość krzywej przejściowej [m].



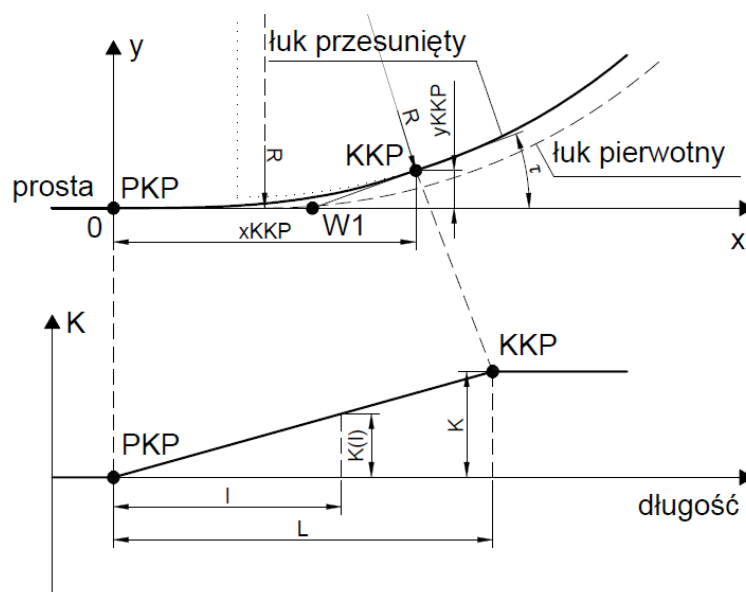
Rys. 7.1.5.1. Schemat zmienności krzywizny na długości krzywej przejściowej w postaci klotoidy

(4) W przypadku łączenia prostej z łukiem przy pomocy krzywej przejściowej, układ geometryczny projektuje się zgodnie z rys. 7.1.5.2.



Rys. 7.1.5.2. Schemat łuku z krzywymi przejściowymi na tle łuku pierwotnego bez krzywych przejściowych

(5) W przypadku łączenia prostej z łukiem przy pomocy kłotoidy, układ geometryczny w lokalnym układzie współrzędnych opisany jest równaniami (7.1.5.2), (7.1.5.3), (7.1.5.4) i (7.1.5.5), zgodnie z rys. 7.1.5.3 pokazującym plan oraz wykres zmienności krzywizny na długości:



Rys. 7.1.5.3. Schemat układu geometrycznego krzywej przejściowej w postaci kłotoidy oraz zależność krzywizny od długości

$$x(l) = l - \frac{l^5}{40 \cdot A^2} + \frac{l^9}{3456 \cdot A^8} \quad (7.1.5.2)$$

$$y(l) = \frac{l^3}{6 \cdot A^2} - \frac{l^7}{336 \cdot A^6} + \frac{l^{11}}{42240 \cdot A^{10}} \quad (7.1.5.3)$$

$$A = L \cdot R \quad (7.1.5.4)$$

$$\tau = \arcsin\left(\frac{L}{2 \cdot R}\right) \quad (7.1.5.5)$$

gdzie:

$x(l)$  – odcięta krzywej przejściowej [m],

$l$  – odległość od początku krzywej przejściowej [m],

$A$  – parametr kłotoidy [m<sup>2</sup>],

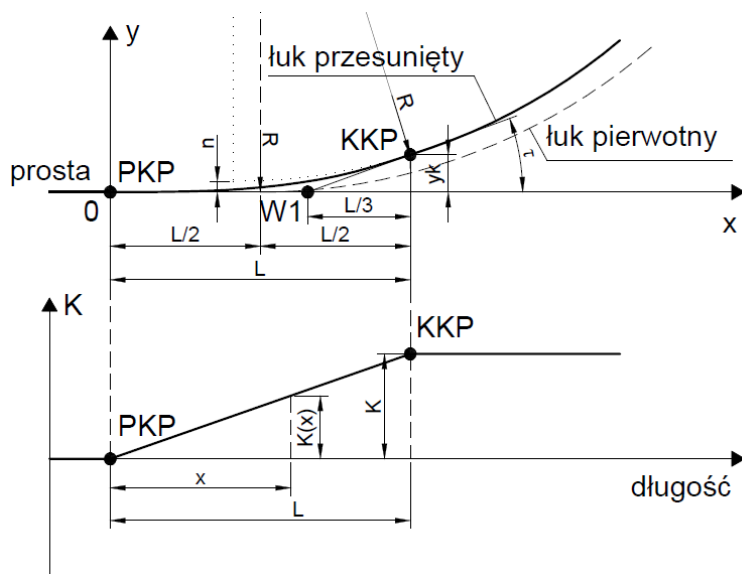
$y(l)$  – rzędna krzywej przejściowej [m],

$L$  – długość krzywej przejściowej [m],

$R$  – promień łuku [m],

$\tau$  – kąt pomiędzy prostą a styczną do łuku w punkcie KKP [°].

(6) W przypadku łączenia prostej z łukiem przy pomocy paraboli 3 stopnia, układ geometryczny w lokalnym układzie współrzędnych opisany jest równaniami (7.1.5.6), (7.1.5.7) i (7.1.5.8), zgodnie z rys. 7.1.5.4 pokazującym plan oraz wykres zmienności krzywizny na długości:



Rys. 7.1.5.4. Schemat układu geometrycznego krzywej przejściowej w postaci paraboli 3. stopnia oraz zależność krzywizny od jej długości

$$y(x) = \frac{x^3}{6 \cdot R \cdot L} \quad (7.1.5.6)$$

$$\tau = \arcsin\left(\frac{L}{2 \cdot R}\right) \quad (7.1.5.7)$$

$$n = \frac{L^2}{24 \cdot R} \quad (7.1.5.8)$$

gdzie:

$y(x)$  – rzędna krzywej przejściowej [m],

$x$  – odcięta krzywej przejściowej [m],

$R$  – promień łuku [m],

$L$  – długość krzywej przejściowej [m],

$\tau$  – kąt pomiędzy prostą a styczną do łuku w punkcie KKP [°],

$n$  – przesunięcie łuku z krzywą przejściową w stosunku do łuku pierwotnego [m].

(7) Długość krzywej przejściowej dobiera się w taki sposób, aby wartość zmiany przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie nie przekroczyła wartości dopuszczalnej, zgodnie z zależnością (7.1.5.9):

$$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot \Delta a}{3,6 \cdot L} = \frac{V_{dp} \cdot |a_2 - a_1|}{3,6 \cdot L} \leq \left(\frac{da}{dt}\right)_{lim} \quad (7.1.5.9)$$

gdzie:

$\left(\frac{da}{dt}\right)$  – przyrost przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie [m/s<sup>3</sup>],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$\Delta a$  – różnica przyspieszeń nie zrównoważonych [m/s<sup>2</sup>],

$L$  – długość krzywej przejściowej [m],

$a_2$  – wartość przyspieszenia nie zrównoważonego na końcu krzywej przejściowej [m/s<sup>2</sup>],

$a_1$  – wartość przyspieszenia nie zrównoważonego na początku krzywej przejściowej [m/s<sup>2</sup>],

$\left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}$  – dopuszczalny przyrost przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie [m/s<sup>3</sup>].

(8) Dopuszczalne wartości parametrów kinematycznych określa tab. 7.1.5.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.1.5.1. Dopuszczalne wartości parametrów kinematycznych do projektowania krzywych przejściowych i łuków przejściowych**

Parametr	Jednostka	Tor o szerokości 1435 mm		Tor o szerokości 1000 mm		Na rozjazdach w trudnych warunkach
		zalecany	w trudnych warunkach	zalecany	w trudnych warunkach	
$\left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}$	[m/s <sup>3</sup> ]	0,36	0,73	0,40	0,80	1,00

(9) Zaleca się, aby minimalna długość krzywej przejściowej była nie mniejsza niż dwukrotność długości bazy sztywnej wagonu (ale nie krótszej niż 10 m). W trudnych warunkach dopuszcza się stosowanie krzywych przejściowych o długości bazy sztywnej wagonu (ale nie krótszej niż 6 m).

(10) Minimalną długość krzywej przejściowej łączącą odcinek prosty (K=0) wykonany bez przechyłki toru z łukiem kołowym (K=1/R), na którym nie występuje przechyłka toru, oblicza się zgodnie z wzorem (7.5.1.10), a wynik zaokrągla się do 1 metra w górę. Zestawienie typowych minimalnych długości krzywych przejściowych przedstawia tab. 7.1.5.2.

$$L_{min} = \frac{V_{dp} \cdot a}{3,6 \cdot \left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}} \quad (7.1.5.10)$$

gdzie:

$L_{min}$  – minimalna długość krzywej przejściowej [m],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

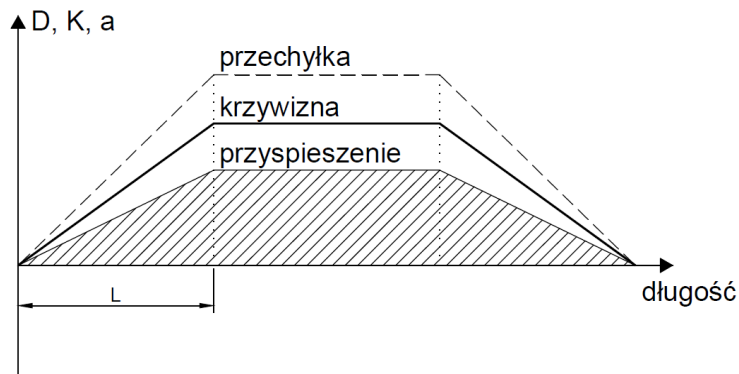
$a$  – wartość przyspieszenia niezerównoważonego na końcu krzywej przejściowej [m/s<sup>2</sup>],

$\left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}$  – dopuszczalny przyspieszenia niezerównoważonego w czasie [m/s<sup>2</sup>].

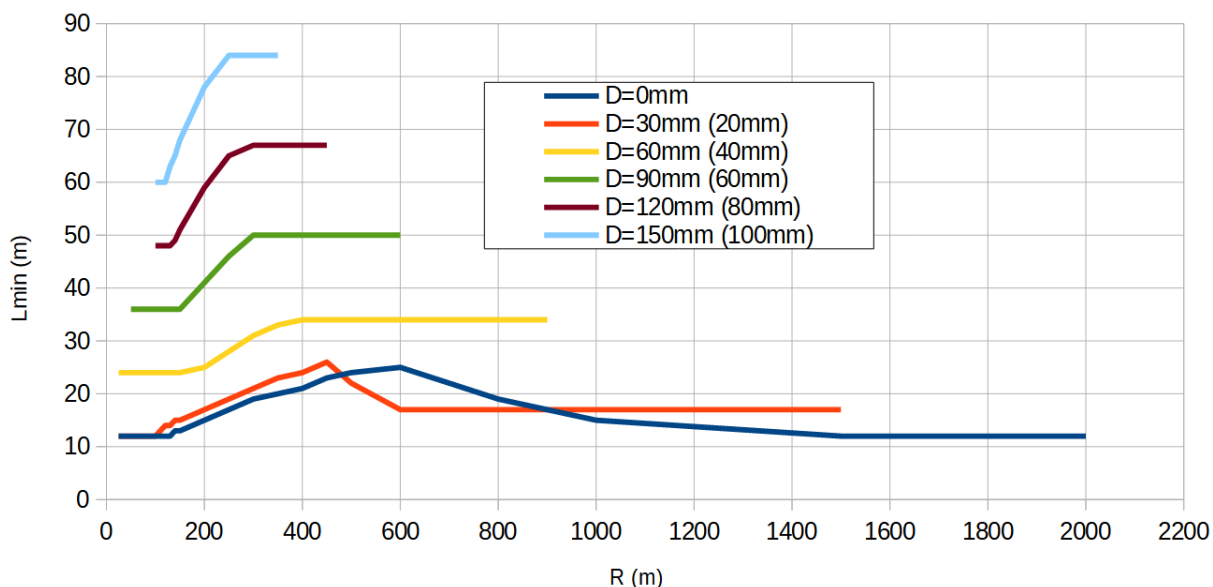
**Tab. 7.1.5.2. Zestawienie minimalnych długości krzywych przejściowych dla łuku bez przechyłki w przypadku tramwajów o długości bazy sztywnej wynoszącej 6 m (dla pozostałych konstrukcji tramwajów wartości oblicza się indywidualnie)**

R [m]	V <sub>dop</sub> [km/h]	a [m/s <sup>2</sup> ]	L <sub>min</sub> [m]	A [m <sup>2</sup> ]
25	15	0,65	12	17,3
50	21	0,65	12	24,5
100	29	0,65	12	34,6
150	36	0,65	13	44,2
200	41	0,65	15	54,8
250	46	0,65	17	65,2
300	50	0,65	19	75,5
350	54	0,65	20	83,7
400	58	0,65	21	91,7
450	62	0,65	23	101,7
500	65	0,65	24	109,5
600	70	0,63	25	122,5
700	70	0,54	22	124,1
800	70	0,47	19	123,3
900	70	0,42	17	123,7
1000	70	0,38	15	122,5
1500	70	0,25	12	134,2
2000	70	0,19	12	154,9

(11) Minimalną długość krzywej przejściowej łączącej odcinek prosty wykonany bez przechyłki toru z łukiem kołowym, na którym występuje przechyłka toru, dobiera się jako wartość większą z  $L_r$  min oraz  $L_{min}$ . W takim przypadku wartość przyspieszenia będzie zwiększała się liniowo na długości krzywej przejściowej, zgodnie z rys. 7.1.5.5. Przykładowe zależności pomiędzy przechyłką, promieniem łuku a długością krzywej przejściowej dla zalecanych warunków przedstawia rys. 7.1.5.6.



Rys. 7.1.5.5. Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych w przypadku łączenia krzywych przejściowych i ramp przechyłkowych



Rys. 7.1.5.6. Zalecane długości krzywych przejściowych połączonych z rampami przechyłkowymi w zależności od przechyłki toru (w nawiasie podano wartości przechyłki toru dla toru o szerokości 1000 mm)

(12) W trudnych warunkach, na trasach typu TA oraz TB, dopuszcza się łączenie łuków bez przechyłki z odcinkiem prostym bez zastosowania krzywych przejściowych. W takim przypadku należy sprawdzić wartość przyrostu przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie na długości bazy sztywnej wagonu (rys. 7.1.5.7), aby spełniona była zależność (7.1.5.11):

$$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot a}{3,6 \cdot Lb} \leq \left(\frac{da}{dt}\right)_{lim} \quad (7.1.5.11)$$

gdzie:

$\left(\frac{da}{dt}\right)$  – przyrost przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie [m/s<sup>2</sup>],

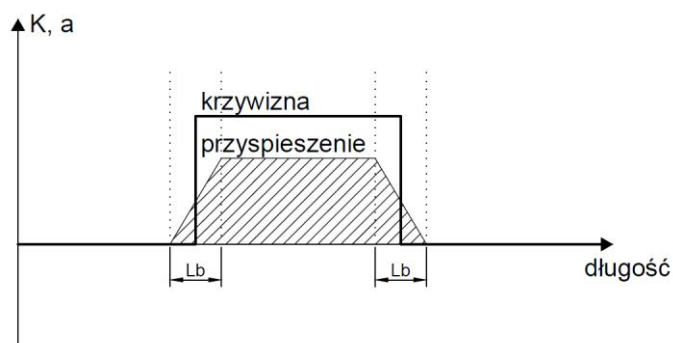
$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$a$  – wartość przyspieszenia nie zrównoważonego na końcu krzywej przejściowej [m/s<sup>2</sup>],

$Lb$  – długość bazy sztywnej tramwaju miarodajnego [m],

$\left(\frac{da}{dt}\right)_{lim}$  – dopuszczalny przyspieszenia nie zrównoważonego w czasie [m/s<sup>2</sup>].

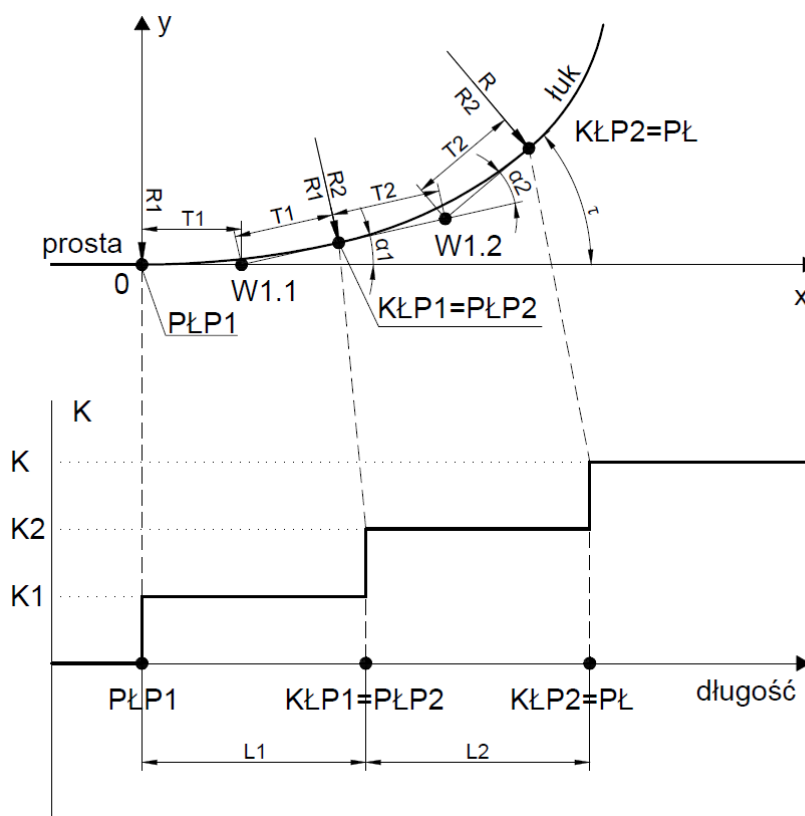




Rys. 7.1.5.7. Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych w łuku bez przechyłki i bez krzywej przejściowej

(13) W trudnych warunkach, przy przebudowie istniejących tras pozostałych typów, dopuszcza się stosowanie innych rozwiązań przy łączeniu odcinków prostych z łukami (między innymi krzywych przejściowych składających się z łuków o promieniach stopniowo malejących) oraz łuków pomiędzy sobą.

(14) W przypadku stosowania krzywych przejściowych w postaci łuków o promieniach stopniowo malejących, powinny one przyjmować parametry zgodne z tab. 7.1.5.3 oraz rys. 7.1.5.8. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. Minimalna długość łuków o promieniach stopniowo malejących powinna być nie mniejsza niż  $0,2 \cdot V_{dop}$ , a w trudnych warunkach nie mniejsza niż  $0,1 \cdot V_{dop}$ .



Rys. 7.1.5.8. Schemat układu geometrycznego krzywej przejściowej w postaci łuków o promieniach stopniowo malejących oraz zależność krzywizny od długości

**Tab. 7.1.5.3. Parametry łuków przejściowych**

Promień łuku zasadniczego	Promienie i długości łuków przejściowych, wartości kątów	
$R \leq 35 \text{ m}$	$R2 = 50 \text{ m}$ $\alpha2 = 6^\circ$ $L2 = 5,236 \text{ m}$	$R1 = 100 \text{ m}$ $\alpha1 = 3^\circ$ $L1 = 5,236 \text{ m}$
$35 \text{ m} < R \leq 75 \text{ m}$	-	$R1 = 100 \text{ m}$ $\alpha1 = 3^\circ$ $L1 = 5,236 \text{ m}$
$75 \text{ m} < R \leq 100 \text{ m}$	-	$R1 = 150 \text{ m}$ $\alpha1 = 2^\circ$ $L1 = 5,236 \text{ m}$
gdzie: $R$ – promień łuku [m], $R2$ – promień drugiego łuku przejściowego [m], $\alpha2$ – kąt środkowy drugiego łuku przejściowego [°], $L2$ – długość drugiego łuku przejściowego [m], $R1$ – promień pierwszego łuku przejściowego [m], $\alpha1$ – kąt środkowy pierwszego łuku przejściowego [°], $L1$ – długość pierwszego łuku przejściowego [m].		

## 7.1.6. Łączenie typowych elementów układu geometrycznego o różnej krzywiznie

(1) Typowe elementy układu geometrycznego toru o różnej krzywiznie łączy się stosując schematy do obliczania typowych parametrów kinematycznych i geometrycznych określone w:

- tab. 7.1.6.1 – w przypadku układów geometrycznych bez przechyłki toru,
- tab. 7.1.6.2 – w przypadku układów geometrycznych z przechyłką toru.

**Tab. 7.1.6.1. Schematy do obliczania typowych parametrów kinematycznych i geometrycznych – układy geometryczne bez przechyłki toru**

Opis	Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych	Wartości parametrów kinematycznych i geometrycznych
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym z krzywą przejściową		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot a}{3,6 \cdot L}$
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym bez krzywej przejściowej		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot a}{3,6 \cdot Lb}$

Opis	Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych	Wartości parametrów kinematycznych i geometrycznych
Połączenie łuków odwrotnych ze wstawką prostą		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \max \begin{cases} \frac{V_{dp} \cdot a_1}{3,6 \cdot Lb} \\ \frac{V_{dp} \cdot a_2}{3,6 \cdot Lb} \end{cases}$
Połączenie łuków odwrotnych bez wstawki prostej		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot (a_1 + a_2)}{3,6 \cdot Lb}$
Połączenie łuków zgodnych ze wstawką prostą		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \max \begin{cases} \frac{V_{dp} \cdot a_1}{3,6 \cdot Lb} \\ \frac{V_{dp} \cdot a_2}{3,6 \cdot Lb} \end{cases}$
Połączenie łuków zgodnych bez wstawki prostej (łuk koszowy)		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  a_1 - a_2 }{3,6 \cdot Lb}$

**Tab. 7.1.6.2. Schematy do obliczania typowych parametrów kinematycznych i geometrycznych – układy geometryczne z przechyłką toru**

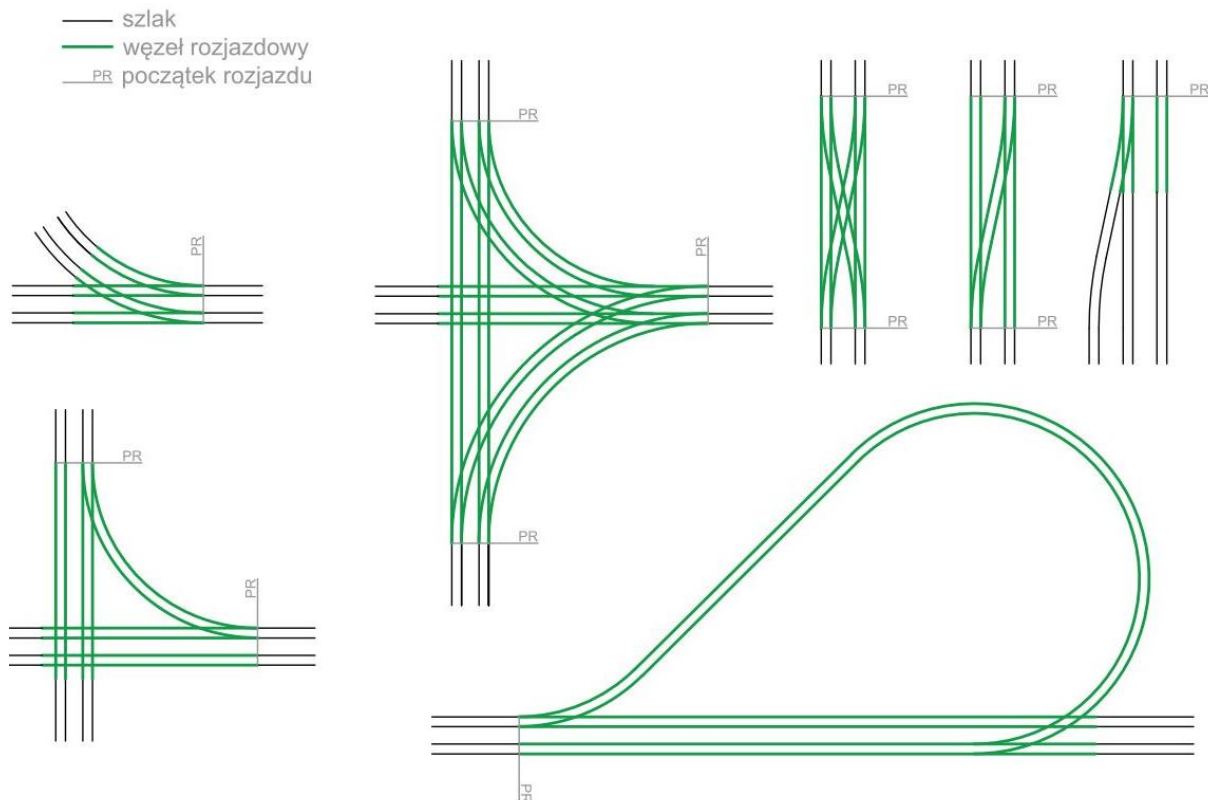
Opis	Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych	Wartości parametrów kinematycznych i geometrycznych
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym z krzywą przejściową		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot a}{3,6 \cdot L}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot D}{3,6 \cdot L}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{D}{L}$
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym bez krzywej przejściowej		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot (a_1 + a_2)}{3,6 \cdot L_b}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot D}{3,6 \cdot L_r}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{D}{L_r}$
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym z krzywą przejściową w postaci łuków o promieniach stopniowo malejących		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot (a_1 + a_2)}{3,6 \cdot (L_b + L)}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot D}{3,6 \cdot L_r}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{D}{L_r}$
Łuk kołowy połączony z odcinkiem prostym z krzywą przejściową w postaci łuków o promieniach stopniowo malejących		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \max \left\{ \frac{V_{dp} \cdot (a_1 + a_2)}{3,6 \cdot L_b}, \frac{V_{dp} \cdot  a_3 - a_2 }{3,6 \cdot L_b} \right\}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot D}{3,6 \cdot L_r}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{D}{L_r}$
Połączenie łuków zgodnych bez wstawki prostej (łuk koszowy)		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  a_2 - a_1 }{3,6 \cdot L_b}$

Opis	Schemat zmienności parametrów geometrycznych i kinematycznych	Wartości parametrów kinematycznych i geometrycznych
Połączenie łuków zgodnych z krzywą przejściową (łuk koszowy)		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  a_2 - a_1 }{3,6 \cdot L}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  D_2 - D_1 }{3,6 \cdot L}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{ D_2 - D_1 }{L}$
Połączenie łuków odwrotnych bez wstawki prostej		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot (a_1 + a_2)}{3,6 \cdot Lb}$
Połączenie łuków odwrotnych z dwoma krzywymi przejściowymi (nożyce torowe)		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \max \left\{ \frac{V_{dp} \cdot a_1}{3,6 \cdot L_1}, \frac{V_{dp} \cdot a_2}{3,6 \cdot L_2} \right\}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \max \left\{ \frac{V_{dp} \cdot D_1}{3,6 \cdot L_1}, \frac{V_{dp} \cdot D_2}{3,6 \cdot L_2} \right\}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \max \left\{ \frac{D_1}{L_1}, \frac{D_2}{L_2} \right\}$
Łuk ze zmienną przechyłką toru		$\left(\frac{da}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  a_2 - a_1 }{3,6 \cdot Lr}$ $\left(\frac{dD}{dt}\right) = \frac{V_{dp} \cdot  D_1 - D_2 }{3,6 \cdot Lr}$ $\left(\frac{dD}{ds}\right) = \frac{ D_1 - D_2 }{Lr}$

## 7.2. Układ geometryczny toru w węzłach rozjazdowych

### 7.2.1. Kształtowanie węzłów rozjazdowych

(1) Granice węzła rozjazdowego wyznaczone są w osiach torowisk znajdujących się na wlotach węzła przez spoiny stanowiące początki skrajnych rozjazdów lub w odległości 2 m od środka skrajnej krzyżownicy. W przypadku krańcówki znajdującej się na końcu trasy tramwajowej granice wyznacza się indywidualnie, w zależności od układu geometrycznego. Przykładowe granice węzłów rozjazdowych przedstawia rys. 7.2.1.1.



Rys. 7.2.1.1. Lokalizacja umownych początków i końców węzłów rozjazdowych

(2) Bezkolizyjny węzeł rozjazdowy zawiera rozjazdy, natomiast przecięcia torów odbywają się na różnych poziomach. Wyróżnia się węzły całkowicie lub częściowo bezkolizyjne.

(3) Układ geometryczny węzłów rozjazdowych charakteryzuje się pewnymi różnicami względem torów szlakowych. Należą do nich przede wszystkim: łuki poziome o relatywnie małych wartościach promieni, brak przechyłki, konieczność zmniejszania prędkości jazdy na relacjach skrajnych, a w węzłach z krzyżownicami płytkorowkowymi o kącie przecięcia toków zbliżonym do kąta prostego – również na relacjach zasadniczych, oraz dążenie do projektowania węzłów rozjazdowych bez pochyłeń podłużnych torów. Węzły rozjazdowe projektuje się w taki sposób, aby liczba zwrotnic i krzyżownic była jak najmniejsza. Zaleca się projektowanie układów geometrycznych typowych, powtarzalnych, z zastosowaniem standardowych konstrukcji zwrotnic i krzyżownic (opisanych w podrozdziałach 7.2.2 i 7.2.3).

(4) Należy unikać stosowania zwrotnic przekładanych ręcznie. Wszystkie zwrotnice najazdowe, a w trasach typu TS również zjazdowe, powinny być sterowane zdalnie. W rejonach eksploatacji dużych skupisk rozjazdów, np. w drogach zwrotnicowych zajezdni, zaleca się stosowanie scentralizowanych urządzeń, umożliwiających bezpieczniejsze i ułatwione układanie dróg przebiegu.

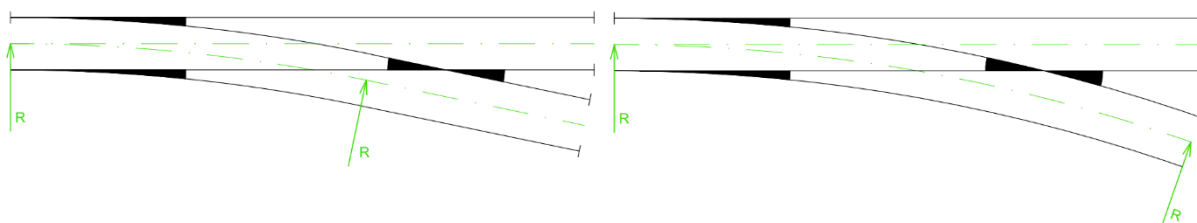
(5) Rozjazdy projektuje się w taki sposób, aby zwrotnice były usytuowane poza przejściami dla pieszych i przejazdami dla rowerów. W przypadku braku możliwości uzyskania takiego efektu za pomocą zwrotnic standardowych, stosuje się rozjazd z wydłużoną strefą szyn łączących lub

inne rozwiązanie. W trudnych warunkach dopuszcza się lokalizację zwrotnic na przecięciu toru tramwajowego pasem ruchu drogowego.

(6) Tory w rejonie rozjazdów, w szczególności iglice i krzyżownice, są obszarem zwiększonych oddziaływań dynamicznych, w związku z czym należy stosować konstrukcje nawierzchni zapewniające odpowiednio wysoki poziom ochrony otoczenia przed drganiami.

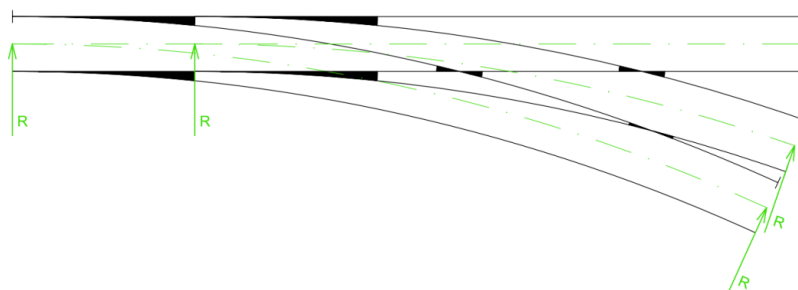
(7) W rejonie węzłów rozjazdowych i skrzyżowań torów unika się stosowania zmiany pochylenia podłużnego toru. Pochylenia podłużne i promienie łuków pionowych przyjmuje się zgodnie z wytycznymi określonymi w podrozdziałach 7.4.2 i 7.4.3.

(8) Na rys. 7.2.1.2, 7.2.1.3, 7.2.1.4, 7.2.1.5, 7.2.1.6, 7.2.1.7 i 7.2.1.8 przedstawiono typowe układy geometryczne tramwajowych węzłów rozjazdowych. Pod każdym rysunkiem, w opisie wykazano dokładną liczbę zwrotnic ( $Z = n$ ) oraz maksymalną liczbę krzyżownic ( $K = m$ ) potrzebnych do skonstruowania układu. Liczba krzyżownic w pewnych sytuacjach przestrzennych może ulegać zmniejszeniu, gdy trzy toki szynowe będą przecinały się w jednym punkcie. Na rysunkach przedstawiono wybrane, przykładowe warianty. Możliwe jest konstruowanie węzłów rozjazdowych o innym układzie geometrycznym, ale zbliżonej funkcjonalności.

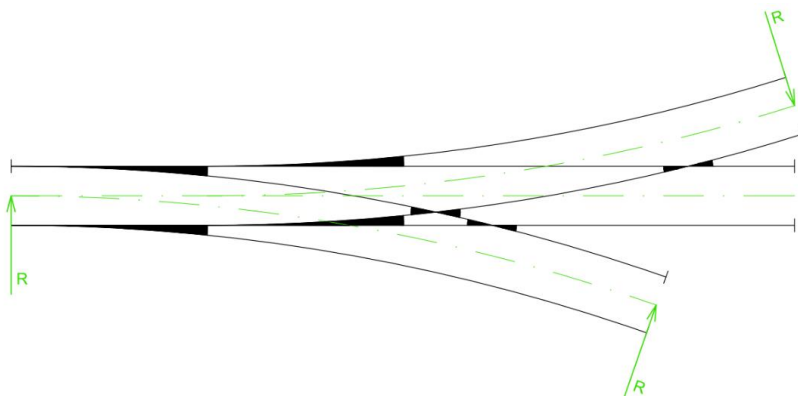


Rys. 7.2.1.2. Rozjazd jednotorowy pojedynczy ( $Z = 1$ ,  $K = 1$ ) z krzyżownicą prostą

Rys. 7.2.1.3. Rozjazd jednotorowy pojedynczy ( $Z = 1$ ,  $K = 1$ ) z krzyżownicą łukową

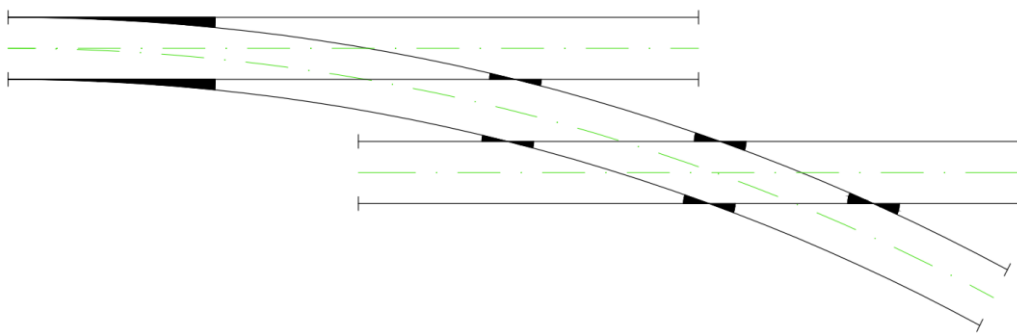


Rys. 7.2.1.4. Rozjazd jednotorowy podwójny jednostronny ( $Z = 2$ ,  $K = 3$ )

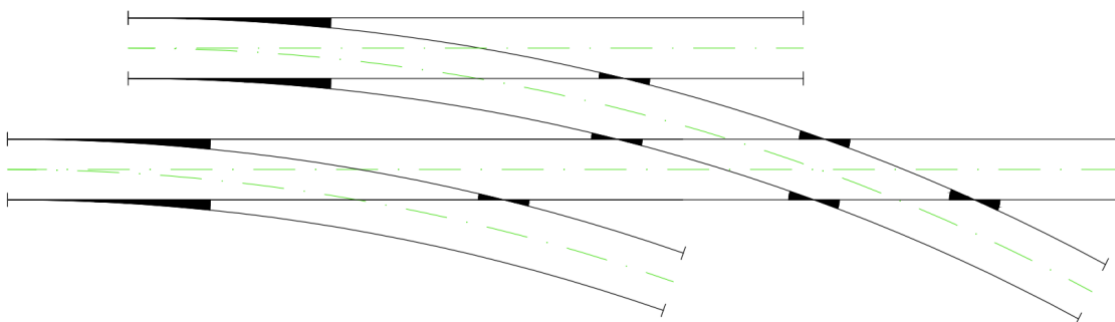


Rys. 7.2.1.5. Rozjazd jednotorowy podwójny dwustronny ( $Z = 2$ ,  $K = 3$ )

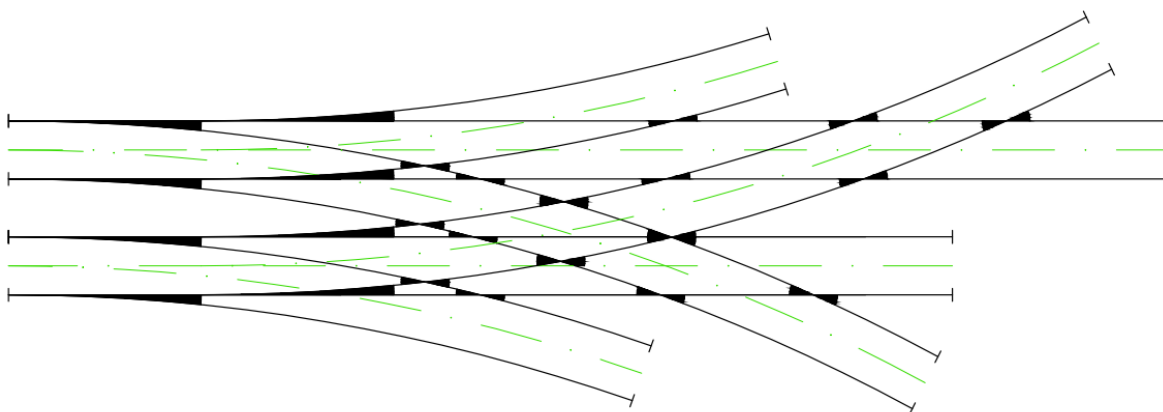




Rys. 7.2.1.6. Rozjazd dwutorowy pojedynczy niepełny ( $Z = 1$ ,  $K = 5$ )



Rys. 7.2.1.7. Rozjazd dwutorowy pojedynczy pełny ( $Z = 2$ ,  $K = 6$ )



Rys. 7.2.1.8. Rozjazd tramwajowy dwutorowy podwójny ( $Z = 4$ ,  $K = 18$ )

(9) Poza wymienionymi w akapicie (8), możliwe jest również projektowanie z typowych komponentów układów rozjazdów, odpowiadających funkcjonalnością rozjazdom kolejowym typu: rozjazd krzyżowy pojedynczy Rkp, rozjazd krzyżowy podwójny Rkpd, rozjazd łukowy jednostronny Rłj, rozjazd łukowy dwustronny Rłd, rozjazd łukowy symetryczny Rłs i innym.

(10) W skomplikowanych węzłach rozjazdowych lub w sytuacji występowania ograniczeń przestrzennych, układ geometryczny torów na kierunku zwrotnym oraz zasadniczym projektuje się indywidualnie, przyjmując następujące zasady:

- a) zaleca się stosowanie typowych zwrotnic o parametrach opisanych w podrozdziale 7.2.2,
- b) zaleca się stosowanie łuków poza zwrotnicami o promieniach nie mniejszych niż podano w tab. 7.2.1.2,
- c) długości elementów układu geometrycznego powinny być nie mniejsze niż podano w tab. 7.2.1.1,

- d) w przypadku łączenia łuków o promieniach mniejszych niż 100 m z odcinkami prostymi w rejonie węzła rozjazdowego, stosuje się łuki przejściowe o promieniach stopniowo malejących, zgodnie z tab. 7.1.5.3; w trudnych warunkach dopuszcza się stosowanie pojedynczego łuku przejściowego o promieniu 50 m, niezależnie od zasadniczego promienia łuku,
- e) w przypadku łączenia łuku o promieniu mniejszym niż 50 m ze zwrotnicą o promieniu większym lub równym 100 m, pomiędzy nimi stosuje się łuk przejściowy o promieniu 50 m, zgodnie z tab. 7.1.5.3; w trudnych warunkach dopuszcza się rezygnację z łuku przejściowego o promieniu 50 m,
- f) w przypadku stosowania łuków o promieniu większym niż 100 m, przy prędkości do projektowania wynoszącej ponad 20 km/h, wykonuje się analizę zgodnie z podrozdziałem 7.1.5 i stosuje się łuki przejściowe o odpowiednim promieniu oraz długości,
- g) w przypadku łuków kosztowych w węzłach rozjazdowych stosuje się dopuszczalne wartości przyspieszenia nie zrównoważonego zgodnie z tab. 7.1.2.2 oraz przyrostu przyspieszenia nie zrównoważonego, zgodnie z tab. 7.1.7.5. Wartość przyrostu przyspieszenia nie zrównoważonego na styku łuków o różnych promieniach przyjmuje się według wzoru podanego w przypadku połączenia łuków zgodnych bez wstawki prostej (łuk kosztowy) z tab. 7.1.6.1.

**Tab. 7.2.1.1. Minimalne długości elementów w węzłach rozjazdowych**

Parametr	Zalecane [m]		Dopuszczalne w trudnych warunkach [m]
	Zależność	Nie mniej niż	
prosta	$L_0 = 0,40 \cdot V_{dp}$	10	6
łuk kołowy	$L_0 = 0,35 \cdot V_{dp}$	10	6
krzywa przejściowa	$L = \frac{V_{dp} \cdot \Delta a}{1,80}$	10	8
wstawka prosta między łukami odwrotnymi	–	10, przy $R \geq 75$ m – nieobowiązkowa	6, przy $R \geq 45$ m – nieobowiązkowa

gdzie:  
 $L_0$  – długość elementu układu geometrycznego [m],  
 $V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],  
 $L$  – długość krzywej przejściowej [m],  
 $\Delta a$  – różnica przyspieszeń nie zrównoważonych [m/s<sup>2</sup>].

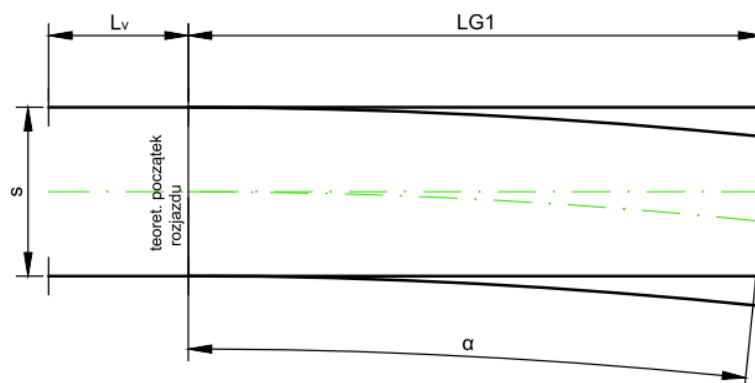
**Tab. 7.2.1.2. Minimalne promienie łuku poziomego w rejonie węzłów rozjazdowych**

$V_{dp}$ [km/h]	Zalecane [m]	Dopuszczalne w trudnych warunkach [m]
10	25	18 <sup>1)</sup>
15	25	20 <sup>1)</sup>
20	40	31
25	60	50
30	90	70
35	120	100
40	160	130
45	200	160
50	250	200

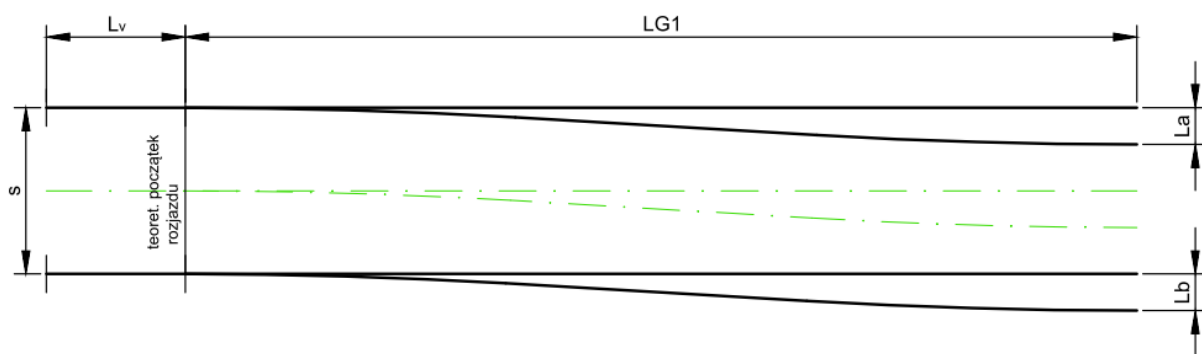
<sup>1)</sup> stosowanie łuków o promieniu nie większym niż 20 m wymaga sprawdzenia możliwości przejazdu przez nie tramwaju miarodajnego oraz planowanego do zakupu

## 7.2.2. Zwrotnice

(1) Zaleca się projektowanie typowych rozjazdów, przeznaczonych do wbudowania w torach o szerokościach 1435 mm oraz 1000 mm, o geometrii określonej zgodnie z tab. 7.2.2.1, 7.2.2.2 i 7.2.2.3, według schematów pokazanych na rys. 7.2.2.1, 7.2.2.2 i 7.2.2.3.



Rys. 7.2.2.1. Plan schematyczny zwrotnicy tramwajowej



Rys. 7.2.2.2. Zwrotnica jednotorowa prawa z równoległym torem zwrotnym

Tab. 7.2.2.1. Układ geometryczny typowych zwrotnic

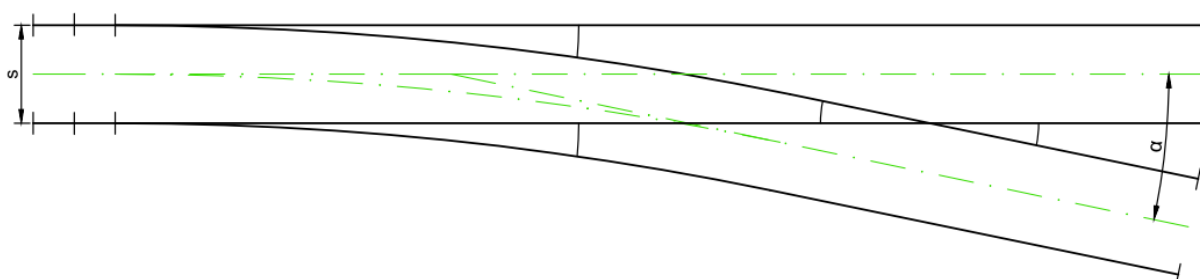
Parametr	Promień toru zwrotnego [m]				
	50	100	150	50/∞	100/∞
Lv [mm] (styk przediglicowy)	0-500	200	0	500	500
LG1 [mm]	5500	7000	8500	6660	8500
$\alpha$ [°] (kąt zwrotu)	6,00	4,00	3,25	-	-
La, Lb [mm] (odległość pomiędzy równoległymi tokami szynowymi na końcu zwrotnicy)	-	-	-	190	114

**Tab. 7.2.2.2. Układ geometryczny przykładowych rozjazdów tramwajowych z krzyżownicą łukową z kontynuacją łuku za zwrotnicą tym samym promieniem**

Skos rozjazdu [-]	Promień R [m]	Szerokość toru [mm]	Długość [mm]	Kąt zwrotu [°]
1:3,189	20	1000	8825	17,9698
1:2,671		1435	10076	21,4503
1:3,559	25	1000	9571	16,0989
1:2,980		1435	10970	19,2304
1:3,895	30	1000	9746	14,7123
1:3,259		1435	11279	17,5823
1:5,017	50	1000	12000	11,4212
1:4,194		1435	13979	13,6620
1:7,083	100	1000	16142	8,0894
1:5,917		1435	18941	9,6833
1:8,670	150	1000	19320	6,6086
1:7,241		1435	22748	7,9127
1:9,000	300	1435	33230	6,3402

**Tab. 7.2.2.3. Geometria przykładowych rozjazdów tramwajowych z krzyżownicą prostą**

Skos rozjazdu [-]	Promień R [m]	Szerokość toru [mm]	Długość [mm]	Kąt zwrotu [°]
1:4	25	1000	9640	14,03622
		1435	11406	14,03622
1:6	50	1000	12372	9,46233
		1435	15000	9,46233
1:7	100	1000	16439	8,13006
		1435	19500	8,13006
1:9	150	1000	19465	6,34023
		1435	23650	6,34023
1:9	190	1435	27138	6,34023



**Rys. 7.2.2.3. Rozjazd jednotorowy jednostronny z krzyżownicą prostą**

(2) Promienie w zwrotnicach dobiera się według prędkości do projektowania układu geometrycznego na torze zwrotnym, zgodnie z tab. 7.2.2.4.

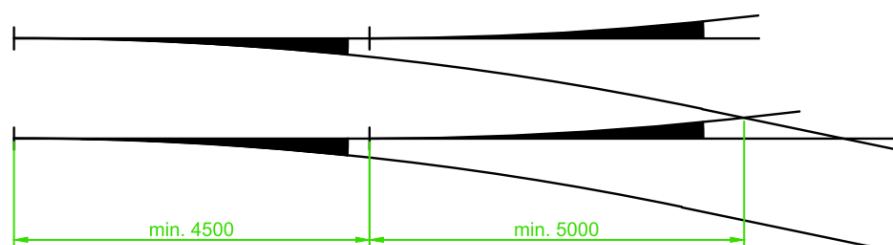
**Tabela 7.2.2.4. Minimalne promienie łuków poziomych w zwrotnicach**

$V_{dp}$ [km/h]	Zalecane [m]	Dopuszczalne w trudnych warunkach [m]
10	50	20
15	50	25
20	50	50
25	100	50
30	150	100
40	190	-
50	300	-

(3) Projektując układ geometryczny węzła, w pierwszej kolejności sprawdza się możliwość zastosowania rozjazdów o większych promieniach, tj. 150 i 100 m, a dopiero przy braku możliwości ich zastosowania przyjmuje się konstrukcję o mniejszych promieniach.

(4) W uzasadnionych przypadkach, zwłaszcza w trasach typu TA, TB i TS, dopuszcza się stosowanie rozjazdów o promieniach toru zwrotnego większych niż wskazane w tab. 7.2.2.4 i mniejszych skosach, w pierwszym rzędzie typowych dla konstrukcji kolejowych ( $R = 190$  m,  $R = 300$  m itp.) z odpowiednio zmodyfikowanymi krzyżownicami (z uwagi na różnice w budowie koła tramwajowego i kolejowego).

(5) W skomplikowanych układach torowych z rozjazdami skupionymi (następna zwrotnica ułożona jest między poprzednią zwrotnicą a powiązaną z nią krzyżownicą), dopuszcza się zmniejszanie kąta środkowego oraz długości zwrotnicy. Minimalna odległość między początkami następujących po sobie zwrotnic wynosi 4500 mm. Minimalna odległość od początku zwrotnicy do środka najbliższej krzyżownicy wynosi 5000 mm, jak na rys. 7.2.2.4.



**Rys. 7.2.2.4. Minimalne odległości między zwrotnicami i krzyżownicami w rozjeździe [mm]**

(6) Wszystkie zwrotnice powinny posiadać iglice sprężyste lub szynowo-sprężyste. Stosowanie konstrukcji innych typów, np. z osadą czopową, ogranicza się do rekonstruowania zabytkowych układów torowych, głównie na terenie historycznych zajezdni o podstawowej funkcji muzealnej. Nie dopuszcza się stosowania rozjazdów jednoiglicowych w torach przeznaczonych do ruchu liniowego.

(7) Rozjazdy jednoiglicowe dopuszcza się stosować na terenie zajezdni w trudnych warunkach.

### 7.2.3. Krzyżownice

(1) Krzyżownice w rozjazdach i skrzyżowaniach projektuje i wykonuje się z bloków stalowych i przyspawanych do nich odcinków szyn o specjalnym, wzmocnionym w stosunku do typowej szyny rowkowej profilu. W torach tras tramwajowych preferowane są krzyżownice głębokorowkowe, a jeżeli z powodu warunków technologicznych nie jest to możliwe – płytkorowkowe. W torach tras TS projektuje się węzły rozjazdowe w taki sposób, aby wszystkie krzyżownice posiadały rowki głębokie, zaś w trasach TA i TB należy do tego dążyć.

(2) Krzyżownice głębokorowkowe wykonywane są ze stali odpowiedniej twardości, z głębokością rowka równą głębokości w przyległych tokach szynowych. Warunkiem stosowania krzyżownic głębokorowkowych jest szerokość obręczy kół wagonów, wynosząca co najmniej 90 mm, odpowiednia wartość kąta przecięcia rowków w punkcie matematycznym krzyżownicy oraz szerokości rowka. Zakres stosowania krzyżownic głębokorowkowych, w zależności od szerokości koła, przyjmuje się zgodnie z tab. 7.2.3.1 i 7.2.3.2.

**Tab. 7.2.3.1. Zależność maksymalnego kąta przecięcia toków w krzyżownicy głębokorowkowej od szerokości koła**

Szerokość koła [mm]	Wielkość kąta [°]
<90	nie stosować
90-105	do szczegółowej analizy
105-120	25
120-135	32

**Tab. 7.2.3.2. Kąty graniczne przecięć rowków w krzyżownicach**

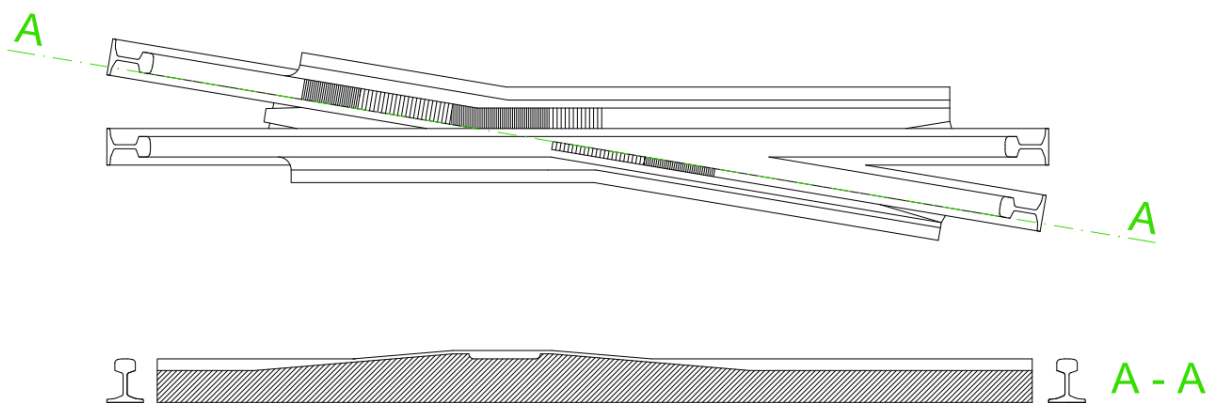
Kąt graniczny w przypadku koła o szerokości 105-120 mm [°]			
Promień R1, R2 [m]	25	50	∞
25	płytki	płytki	14
50	płytki	14	20
∞	14	20	25
Kąt graniczny w przypadku koła o szerokości 120-135 mm [°]			
Promień R1, R2 [m]	25	50	∞
25	płytki	płytki	18
50	płytki	18	26
∞	18	26	32

(3) W rozjazdach i skrzyżowaniach torów tok szynowy przeciwny do krzyżownicy powinien mieć rowek zwężony. Zwężenie rowka wykonuje się od strony prowadnicy szyny, na długości 1 m, przy czym połowa długości tego odcinka powinna leżeć na tej samej długości toru (mierzonej w osi toru), co skrzyżowanie toków szynowych w krzyżownicy. Przejście pomiędzy rowkiem pełnej szerokości i zwężonym wykonuje się za pomocą rampy o pochyleniu 1:100. Minimalna szerokość rowka zwężonego powinna być nie mniejsza niż nominalna grubość najszerszego eksploatowanego na sieci obrzeża koła powiększona o 4 mm.

(4) Nie zaleca się lokalizowania krzyżownic w rejonie przejść dla pieszych i przejazdów dla rowerów z uwagi na utrudnienia w ruchu pieszych (z uwzględnieniem osób ze szczególnymi potrzebami) lub rowerów.

(5) Na trasach typu TS, TA oraz TB dopuszcza się stosowanie krzyżownic z ruchomymi iglicami.

(6) W węzłach rozjazdowych, w których występują tzw. relacje awaryjne, czyli tory nie użytkowane w ruchu normalnym, dopuszczalne jest stosowanie krzyżownic z preferowanym kierunkiem jazdy. Przez krzyżownicę z preferowanym kierunkiem jazdy rozumie się taką postać krzyżownicy, której jeden tok szynowy (główny, używany w ruchu liniowym) zachowuje ciągłość i głęboki rowek oraz przejeżdżany jest bieżnią koła, zaś drugi tok szynowy zostaje wypłycony i zwężony, a przejazd koła odbywa się obrzeżem po główce toku głównego. W toku szynowym przeciwnym do wypłyconego rowek szyny powinien być zwężony na całej długości ramp i skrzyżowania toków szynowych. Przykład krzyżownicy z preferowanym kierunkiem jazdy przedstawia rys. 7.2.3.1. Możliwe jest również jej wykonanie z szyn rowkowych. Ze względu na wyniesienie jednego z toków szynowych, nie zaleca się stosować tego rozwiązania w pasach ruchu kołowego oraz zabrania się jego stosowania na trasach typu TE, na długości przejść dla pieszych, przejazdów dla rowerów oraz na tarczach skrzyżowań.



Rys. 7.2.3.1. Krzyżownica z preferowanym kierunkiem jazdy z szyn Vignole'a – widok i przekrój podłużny

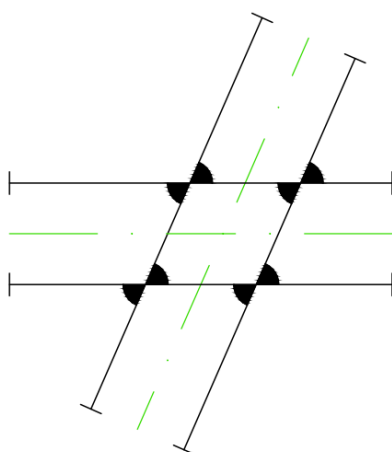
## 7.2.4. Skrzyżowania torów tramwajowych

(1) Skrzyżowania torów tramwajowych występujące w węzłach rozjazdowych traktuje się jako elementy rozjazdów, przy projektowaniu których obowiązują zasady i zalecenia odnoszące się do krzyżownic w rozjazdach tramwajowych.

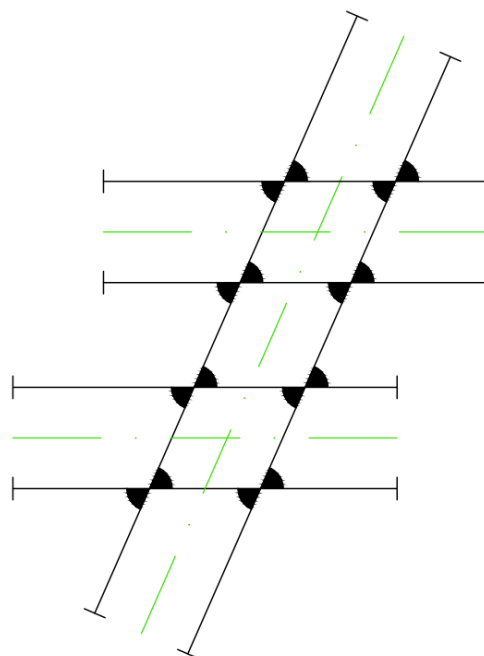
(2) Skrzyżowania torów tramwajowych nie związane z węzłami rozjazdowymi (najczęściej położone na szlaku albo na środku tarczy skrzyżowania) projektuje się w taki sposób, aby kąt przecięcia zawierał się w przedziale od 60 do 90°. Krzyżownice takich skrzyżowań wykonuje wyłącznie jako płytkorowkowe.

(3) Należy dążyć do tego, aby krzyżujące się tory tramwajowe były położone w obrębie skrzyżowania na odcinkach prostych.

(4) Rys. 7.2.4.1, 7.2.4.2 i 7.2.4.3 przedstawiają typowe układy przestrzenne skrzyżowań tramwajowych. W opisie każdego rysunku wskazano liczbę krzyżownic ( $K = m$ ) potrzebnych do skonstruowania układu.

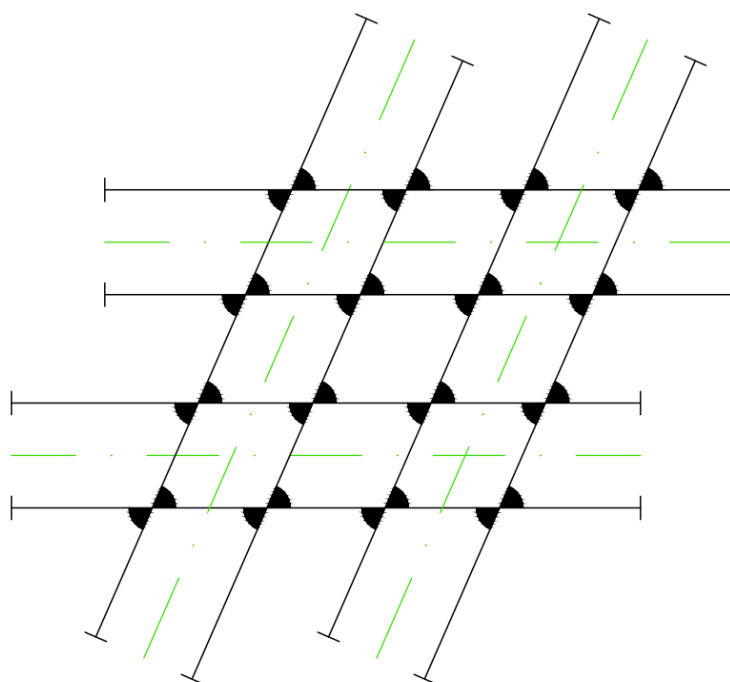


Rys. 7.2.4.1. Skrzyżowanie torów jednotorowe pojedyncze ( $K = 4$ )



Rys. 7.2.4.2. Skrzyżowanie torów dwutorowe pojedyncze ( $K = 8$ )





Rys. 7.2.4.3. Skrzyżowanie torów dwutorowe podwójne (K = 16)

## 7.2.5. Skrzyżowania torów tramwajowych z torami kolejowymi

(1) Skrzyżowania torów tramwajowych z torami kolejowymi projektuje i wykonuje się w drodze wyjątku, przede wszystkim w tych lokalizacjach, w których zastosowanie rozwiązania bezkolizyjnego jest nieuzasadnione z przyczyn ekonomicznych (np. bocznicę z niskim natężeniem ruchu kolejowego). W pierwszej kolejności rozpatruje się wprowadzenie rozwiązania bezkolizyjnego. Obecny stan techniki zapewnia na skrzyżowaniach torów tramwajowych i kolejowych:

- a) odpowiednio wysoki poziom bezpieczeństwa ruchu kolejowego i tramwajowego,
- b) odpowiednio wysoką trwałość nawierzchni i podtorza obu torów,
- c) kompatybilność obu systemów zabezpieczenia ruchu oraz zasilania.

(2) Skrzyżowania torów tramwajowych i kolejowych zaleca się projektować według sposobu opisanego w kolejnych akapitach, dopasowującego konkretne rozwiązania do sytuacji przestrzennych. W określonych, specyficznych sytuacjach korzystne może się okazać odejście od tej metody. Za sytuację korzystną uważa się zwiększenie trwałości rozwiązania, podwyższenie prędkości przejazdu pojazdów lub zmniejszenie emisji drgań i hałasu. Szerokość toru tramwajowego lub kolejowego nie stanowi w tym rozważaniu istotnego kryterium.

Tab. 7.2.5.1. Zasada wstępnego doboru rozwiązania sposobu skrzyżowania toru tramwajowego z kolejowym

Rodzaj skrzyżowania	Kąt skrzyżowania <45°	Kąt skrzyżowania 45-90°
skrzyżowanie z linią kolejową	Rozwiązanie „A”	Rozwiązanie „B”
skrzyżowanie z bocznicą	Rozwiązanie „A”	Rozwiązanie „B” lub „C”

(3) Rozwiązanie „A”: należy przeciąć tory proste oraz sprowadzić kąt przecięcia osi torów do jednego ze standardowych rozwiązań stosowanych w kolejnictwie, np. o skosie 1 : 9. Zalecane jest użycie skrzyżowania z ruchomymi iglicami zamiast krzyżownic podwójnych (rys. 7.2.5.1) oraz dopasowaniem do profilu kół tramwajowych szerokości rowków przy dwóch pozostałych krzyżownicach. Dopuszczalne jest zastosowanie stałego skrzyżowania torów z dopasowanymi do profilu kół tramwajowych szerokościami rowków przy krzyżownicach po stronie toru tramwajowego.



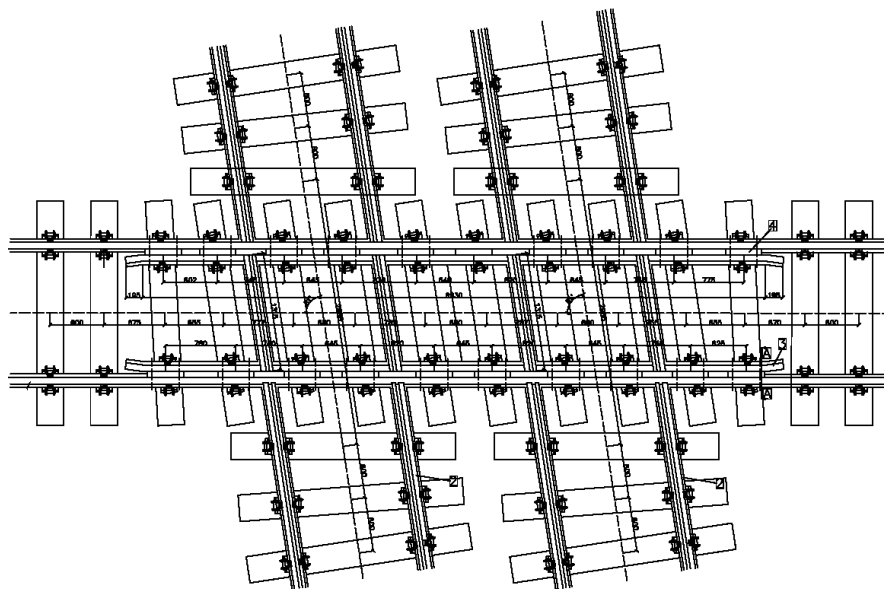
Rys. 7.2.5.1. Rozwiązanie „A” – skrzyżowanie torów z ruchomymi iglicami zamiast krzyżownic podwójnych [Fot. Falk2, de.wikipedia.org, dostępne na licencji Creative Commons, 2014]

(4) Rozwiązanie „B”: należy przeciąć tory proste oraz sprowadzić kąt przecięcia osi torów do wartości około 60-75°. Toki szynowe kolejowe przebiegają przez skrzyżowanie bez przerwania ciągłości. Tor tramwajowy obustronnie na zewnątrz od skrzyżowania dostosowany jest do jazdy na obrzeżu koła za pomocą ramp o pochyleniu 1:100 oraz toki szynowe mają rowki zwężone. Niweleta dna wyłyconego i zwężonego rowka jest tak poprowadzona, aby pokryła się z płaszczyzną główek szyn toru kolejowego, który w obrębie skrzyżowania nie może mieć przechyłki. Należy unikać kąta przecięcia torów równego lub zbliżonego do 90°, ponieważ w takiej sytuacji żadne z kół tej samej osi wagonu tramwajowego nie jest prowadzone. Przykład wykonania takiego skrzyżowania pokazano na rysunku 7.2.5.2.



Rys. 7.2.5.2. Rozwiązanie „B” – skrzyżowanie torów kolejowych (pionowo na rysunku) z przejazdem tramwajów (poziomo na rysunku) obrzeżem koła po główce szyny toru kolejowego [Fot. Petr Špitálský, <https://www.prazsketramvaje.cz>, 2013]

(5) Rozwiązanie „C”: dopuszczalne jest zastosowanie skrzyżowania torów wykonanego z profili szynowych oraz pomocniczych, według zasady ogólnej pokazanej na rys. 7.2.5.3. Rozwiązanie dopuszczalne różni się od zalecanego tym, że przez przerwanie ciągłości toków szynowych w istotny sposób ogranicza prędkość ruchu tramwajów, pojazdów kolejowych oraz charakteryzuje się skróconą żywotnością oraz zwiększoną emisją hałasu i drgań. Rozwiązania tego należy używać wyłącznie w sytuacji, gdy z powodów technicznych nie jest możliwe zastosowanie rozwiązania B.



Rys. 7.2.5.3. Rozwiązanie „C” – skrzyżowanie torów tramwajowych (pionowo na rysunku) i kolejowego (jednotorowa linia kolejowa poziomo na rysunku) z przerwaniem ciągłości toków szynowych

## 7.2.6. Typy węzłów tramwajowych

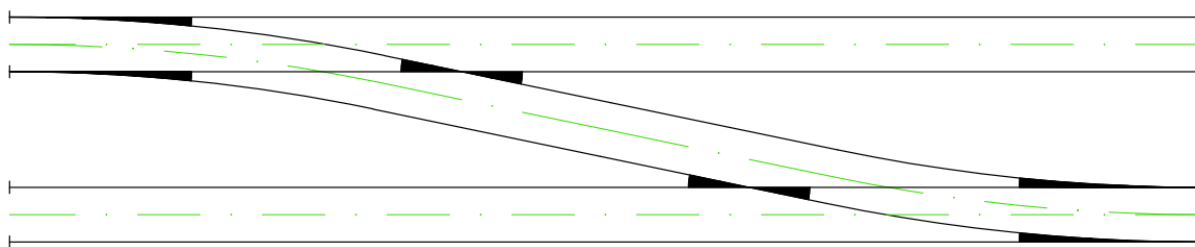
(1) Węzły, skrzyżowania i połączenia torów tramwajowych projektuje się w taki sposób, aby uzyskać wymaganą funkcjonalność za pomocą możliwie małej liczby zwrotnic i krzyżownic. W pierwszej kolejności wybiera się elementy budowy standardowej (typowej).

(2) Układ geometryczny węzłów dobiera się w taki sposób, aby w możliwie małym stopniu wpływał na ograniczenie prędkości przy jeździe po kierunku zasadniczym oraz umożliwiał jazdę po kierunku zwrotnym z prędkością wynoszącą co najmniej połowę prędkości na kierunku zasadniczym. Zapis ten nie dotyczy relacji użytkowanych wyjątkowo, tzn. nie obsługujących ruchu liniowego, oraz tymczasowych elementów infrastruktury (rozjazdy nakładkowe itp.).

(3) W układzie geometrycznym węzła wyróżnia się promienie zwrotnic i promienie łuków zasadniczych (zlokalizowanych pomiędzy zwrotnicami na kierunkach zwrotnych). Promienie zwrotnic i łuków zasadniczych mogą być takie same, lub promień łuku w zwrotnicy może być większy niż w łuku zasadniczym. Nie zaleca się projektowania większych promieni łuków zasadniczych niż promieni łuków w zwrotnicach.

(4) Przykładowe kształty węzłów pokazano na rys. 7.2.6.1, 7.2.6.2, 7.2.6.3, 7.2.6.4 i 7.2.6.5. W przypadku tras typu TS projektuje się węzły typu kolejowego, umożliwiające jazdę po kierunku zasadniczym z prędkością nie mniejszą niż prędkość do projektowania. Zaleca się stosowanie węzłów bezkolizyjnych. Dopuszcza się rozwiązania kolizyjne ze zoptymalizowanym układem geometrycznym umożliwiającym jazdę po łącznicach z prędkością zbliżoną do prędkości szlakowej. Ponadto, w przypadku tras TS dopuszcza się w trudnych warunkach stosowanie węzłów trójwłotowych w kształcie litery „T” (kolizyjnych), nie dopuszcza się natomiast węzłów w kształcie gwiazdy. W przypadku tras typu TA zaleca się projektowanie węzłów typu kolejowego oraz trójwłotowych (w kształcie litery „T”). We wszystkich typach tras zaleca się unikanie rozwiązań, w których występują krzyżownice oparte na kącie zbliżonym do kąta prostego.

(5) Pojedyncze połączenie torów, tzw. „półtrapez”, przedstawia rys. 7.2.6.1, a minimalne wartości promieni łuków w pojedynczym połączeniu torów określa tab. 7.2.6.1.

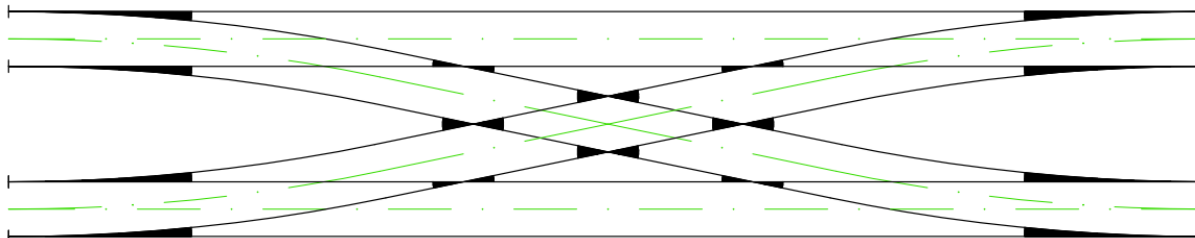


Rys. 7.2.6.1. Pojedyncze połączenie torów, tzw. półtrapez

Tab. 7.2.6.1. Minimalne wartości promieni łuków w pojedynczych połączeniach torów

Przeznaczenie funkcjonalne	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA	TB	TC	TD	TE
połączenie wykorzystywane technicznie	100	100	70	70	70	50
połączenie wykorzystywane podczas jazdy z pasażerami	150	150	100	100	100	50
połączenie wykorzystywane w ruchu liniowym	150	150	100	100	100	50
w trudnych warunkach	50	50	35	35	35	25

(6) Podwójne połączenie torów przedstawia rys. 7.2.6.2, a minimalne wartości promieni łuków w podwójnym połączeniu torów określa tab. 7.2.6.2.



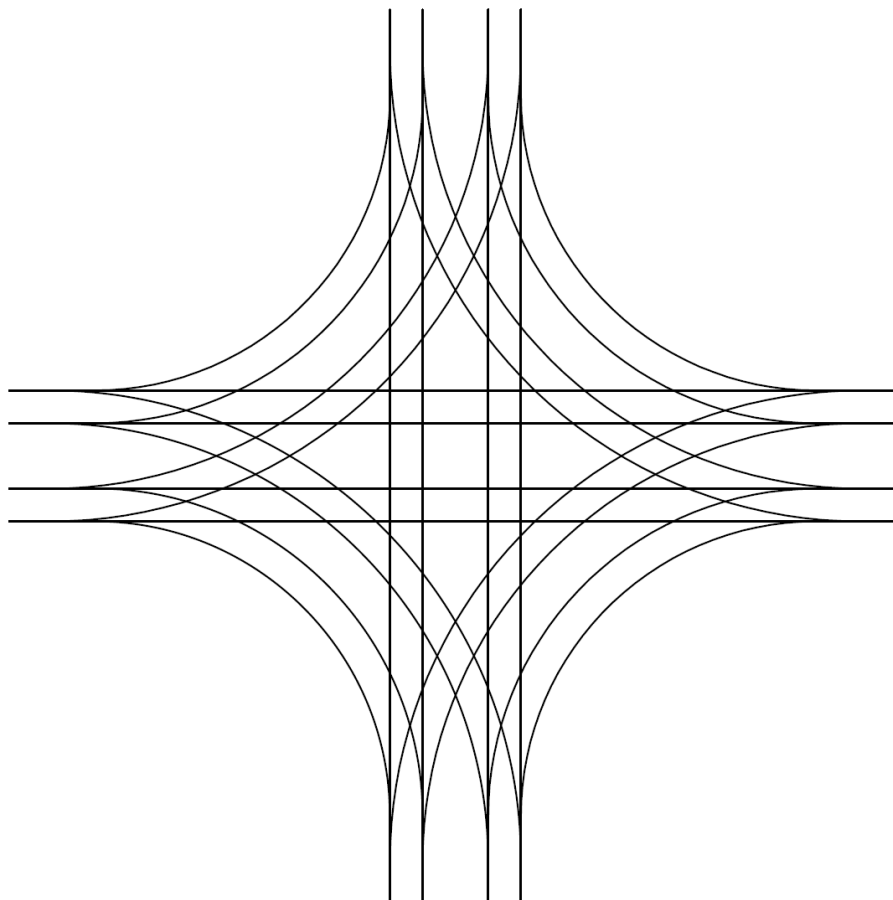
Rys. 7.2.6.2. Połączenie podwójne ze skrzyżowaniem torów między torami równoległymi

Tab. 7.2.6.2. Minimalne wartości promieni łuków w podwójnych połączeniach torów

Przeznaczenie funkcjonalne	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA	TB	TC	TD	TE
połączenie wykorzystywane technicznie	100	100	70	70	70	50
połączenie wykorzystywane podczas jazdy z pasażerami	150	150	100	100	100	50
połączenie wykorzystywane w ruchu liniowym	150	150	100	100	100	50
w trudnych warunkach	50	50	35	35	35	25



(7) Skrzyżowanie z węzłem rozjazdowym w kształcie pełnej gwiazdy przedstawia rys. 7.2.6.3, a zalecane i minimalne wartości promieni łuków w węźle typu pełna lub niepełna gwiazda określa tab. 7.2.6.3.

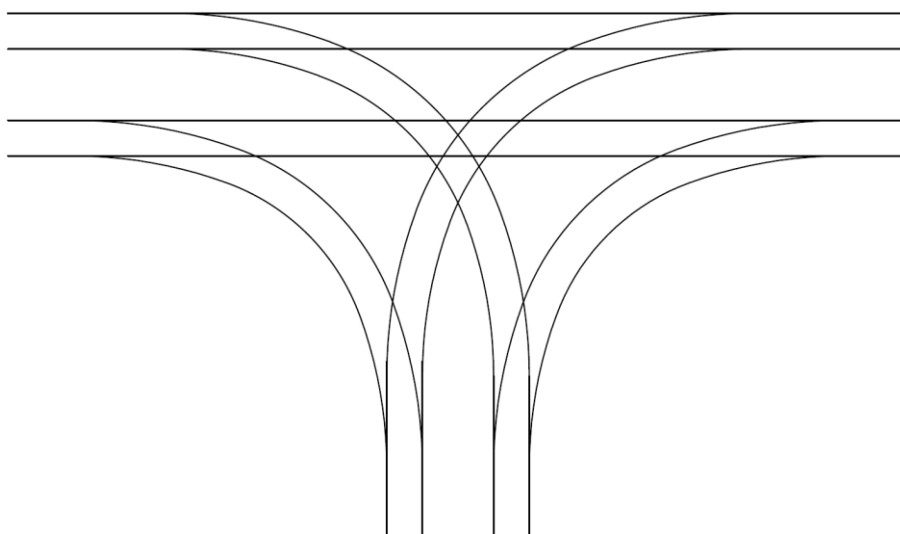


Rys. 7.2.6.3. Węzeł rozjazdowy w kształcie pełnej gwiazdy

Tab. 7.2.6.3. Wartości promieni łuków w węzłach typu gwiazda

Element węzła	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA, TB $V_{dp} = 70 \text{ km/h}$	TA, TB $V_{dp} = 50 \text{ km/h}$	TC	TD	TE
zalecane dla łuku zasadniczego	nie stosować	190+120	150+75	120+75	120+75	100+50
minimalne dla łuku zasadniczego		50+25	50+25	50+25	50+25	50+25
zalecane dla zwrotnic		190	150	150	100	100
minimalne dla zwrotnic		150	100	50	50	50

(8) Węzeł trójwłotowy w kształcie litery „T” przedstawia rys. 7.2.6.4, a zalecane i minimalne wartości promieni łuków w węźle trójwłotowym określa tab. 7.2.6.4.



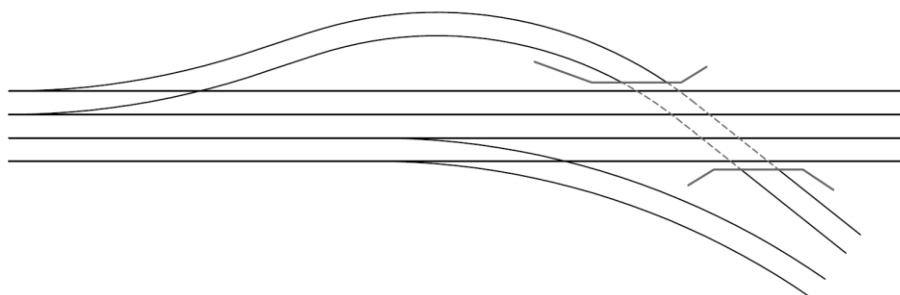
Rys. 7.2.6.4. Węzeł rozjazdowy w kształcie litery „T”

Tab. 7.2.6.4. Wartości promieni łuków w węzłach rozjazdowych w kształcie litery „T”

Element węzła	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA, TB Vdp = 70 km/h	TA, TB Vdp = 50 km/h	TC	TD	TE
zalecane dla łuku zasadniczego	190+150	190+150	150+75	120+75	120+75	100+50
minimalne dla łuku zasadniczego	100+50	50+25	50+25	50+25	50+25	50+25
zalecane dla zwrotnic	190	190	150	150	100	100
minimalne dla zwrotnic	150	150	100	50	50	50

(9) Węzły bezkolizyjne z założenia dedykowane są trasom typu TS. Dopuszcza się ich stosowanie w pozostałych typach tras, jeżeli istnieją warunki sprzyjające, które powodują niewielki wzrost kosztów budowy takiego węzła względem innych rozwiązań, np. dogodne ukształtowanie terenu. W trasach typu TS węzły bezkolizyjne opiera się na rozjazdach o promieniu nie mniejszym niż 300 m, a w niekorzystnych warunkach nie mniejszym niż 190 m. Rozjazdy o promieniu 150 m można stosować w warunkach dogodnych tylko wtedy, gdy obsługują część węzła bezpośrednio przyległą do peronów.

(10) Węzeł trójwłotowy bezkolizyjny przedstawia rys. 7.2.6.5, a zalecane i minimalne wartości promieni łuków w węźle trójwłotowym bezkolizyjnym określa tab. 7.2.6.5.



Rys. 7.2.6.5. Węzeł trójwłotowy bezkolizyjny

**Tab. 7.2.6.5. Wartości promieni łuków w węzłach trójwlotowych bezkolizyjnych**

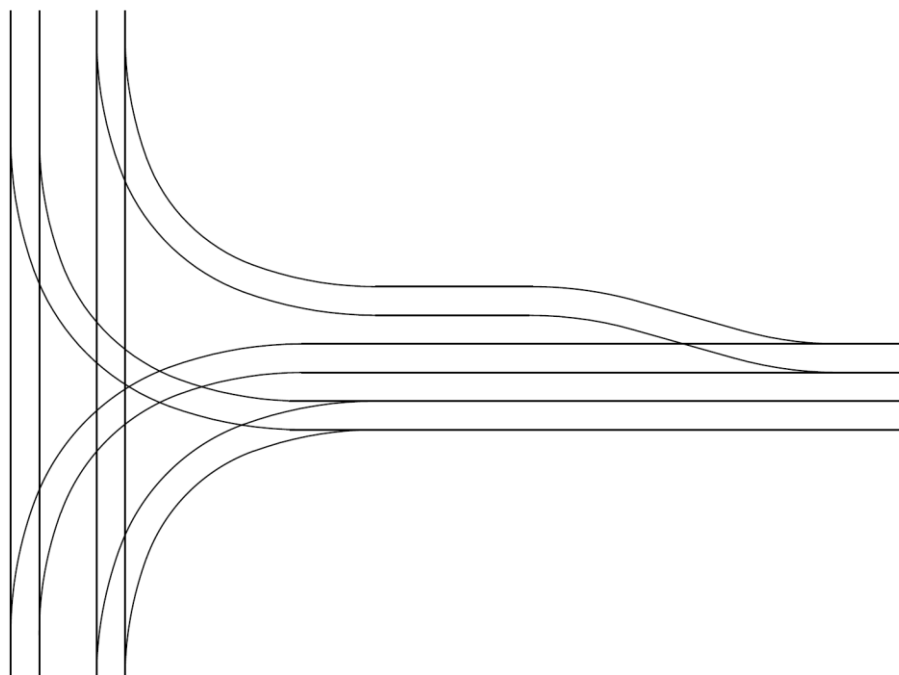
Element węzła	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA, TB V <sub>dp</sub> = 70 km/h	TA, TB V <sub>dp</sub> = 50 km/h	TC	TD	TE
zalecane dla łuku zasadniczego	krzywe przejściowe + 300	krzywe przejściowe + 300	krzywe przejściowe + 190		nie stosować	
minimalne dla łuku zasadniczego	190+150	150+120	150+75			
zalecane dla zwrotnic	300	300	190			
minimalne dla zwrotnic	190, 150 <sup>1)</sup>	190	150			

<sup>1)</sup> tylko w pobliżu peronów

(11) Jeżeli na danym wlocie węzła spodziewany jest ruch wynoszący co najmniej 70% przepustowości trasy w miejscach mało podatnych na zakłócenia zewnętrzne oraz 60% w miejscach podatnych na takie zakłócenia, rozpatruje się możliwość budowy torów kierunkowych. Jeżeli na wlocie trójkierunkowym brakuje miejsca na wyodrębnienie wszystkich relacji, wydziela się tor kierunku najsilniej obciążonego ruchem lub najbardziej kolizyjnego w stosunku do pozostałych strumieni ruchu w węźle. Tor kierunkowy powinien rozpoczynać się rozjazdem o promieniu nie mniejszym niż:

- a) w przypadku tras typu TS – 190 m,
- b) w przypadku tras typu TA i TB – 150 m,
- c) w przypadku tras pozostałych typów – 100 m, a w trudnych warunkach – 50 m.

(12) Węzeł trójwlotowy w kształcie litery „T” z torem kierunkowym przedstawia rys. 7.2.6.6, a zalecane i minimalne wartości promieni łuków w węźle trójwlotowym z torem kierunkowym określa tab. 7.2.6.6.



**Rys. 7.2.6.6. Węzeł trójwlotowy z torem kierunkowym**



**Tab. 7.2.6.6. Wartości promieni łuków w węzłach trójwlotowych z torami kierunkowymi**

Element węzła	Promień łuku [m] w zależności od typu trasy					
	TS	TA, TB $V_{dp} = 70 \text{ km/h}$	TA, TB $V_{dp} = 50 \text{ km/h}$	TC	TD	TE
R1, R2	190+150	190+150	150+75	120+75	120+75	100+50
minimalne dla łuku zasadniczego	100+50	50+25	50+25	50+25	50+25	50+25
zalecane dla zwrotnicy prowadzącej na tor kierunkowy	190	190	150	150	100	100
zalecane dla zwrotnic zjazdowych	300	190	190	150	150	100
minimalne dla zwrotnic	150	150	100	50	50	50

(13) Przy braku możliwości wbudowania torów kierunkowych, rozważa się możliwość zastosowania wcześniejszych rozjazdów z wydłużoną strefą szyn łączących. Długość użyteczna toru kierunkowego lub odcinka wieloszynowego pomiędzy końcem zwrotnicy i krzyżownicą powinna być nie mniejsza niż długość tramwaju miarodajnego powiększona o 3 m rezerwy.

(14) W przypadku umieszczenia peronów na wlocie skrzyżowania, dopuszczalne jest ułożenie wzdłuż tego peronu rozjazdów z wydłużoną strefą szyn łączących, obejmujących dwa tory. Rozjazdów z wydłużoną strefą szyn łączących, obejmujących trzy tory, nie umieszcza się wzdłuż peronów. Szyny na długości rozjazdu z wydłużoną strefą szyn łączących położonego przy peronie powinny być ułożone w taki sposób, aby prowadnica szyny toku dalszego od peronu bezpośrednio dotykała zewnętrznej krawędzi główki szyny toku bliższego, albo aby rolę prowadnicy szyny tego toku pełniła zewnętrzna krawędź główki szyny toku bliższego. Dopuszcza się stosowanie szyn dwugłówkowych.

### 7.3. Układ geometryczny toru na krańcówkach

(1) Na krańcach tras tramwajowych lub w miejscach, w których przewiduje się kończenie linii tramwajowych, projektuje się stacje końcowe w postaci krańcówek, umożliwiających zmianę kierunku jazdy i postój tramwajów. Krańcówki w postaci połączeń torów przystosowane są do kursowania taboru dwukierunkowego, a w postaci pętli do taboru jedno- i dwukierunkowego.

(2) Krańcówki pośrednie mogą, w zależności od potrzeb ruchowych, umożliwiać wjazdy i wyjazdy z kilku kierunków tras.

(3) Liczba peronów na krańcówkach zależy od liczby linii kończących bieg oraz spodziewanego natężenia ruchu. Zakłada się, że liczba torów lub stanowisk postojowych na krańcówce jest równa liczbie linii powiększonej o jeden rezerwowo. W zdecydowanej większości sytuacji korzystne jest lokalizowanie peronów na pętlach na odcinkach prostych na wlocie i wylocie, natomiast w pozostałych typach krańcówek – w pierwszej kolejności na torze prostym przed rozjazdami, w drugiej – za rozjazdami.

(4) Na krańcówkach zapewnia się tor służący do awaryjnego odstawiania taboru. Tor ten może być zakończony kozłem oporowym niezależnie od rodzaju taboru.

(5) Krańcówki obsługujące tereny imprez masowych (stadiony itp.) powinny mieć możliwość budowania rezerwy taborowej, aby w płynny sposób podstawiać kolejne wagony po napełnieniu poprzednich. Liczba i łączna długość torów rezerwy zależy od przewidywanego potoku pasażerskiego oraz możliwości podsyłania kolejnych wozów. Jeżeli teren imprez masowych obsługiwany jest krańcówką pośrednią, należy rozważyć zastosowanie toru odstawczego, równoległego do szlaku przyległego zewnętrznie do pętli, skierowanego w stronę centrum miasta.

(6) Na krańcówkach stanowiących węzły przesiadkowe na autobus, trolejbus lub kolej, projektuje się możliwie dogodne warunki wymiany pasażerów. W szczególności skrócone drogi dojścia

oferują perony, które przy swoich obu krawędziach umożliwiają postój dwóch różnych środków transportu.

(7) W torach krańcówek zaleca się stosowanie łuków o promieniach zgodnych z tab. 7.3.1. W trudnych warunkach dopuszcza się promień  $R = 20$  m pod warunkiem upewnienia się, że tabor jest do tego dostosowany.

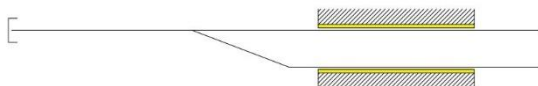
**Tab. 7.3.1. Zalecane wartości promieni łuków w torach krańcówek**

Lokalizacja	Wartość promienia R dla rodzajów tras [m]					
	TS	TA	TB	TC	TD	TE
połączenie wykorzystywane technicznie	100	100	70	70	70	50
połączenie wykorzystywane podczasjazd z pasażerami	150	150	100	100	100	50
tor przelotowy krańcówki pośredniej	preferowany tor zasadniczy, dop. 190	preferowany tor zasadniczy, dop. 150	preferowany tor zasadniczy, dop. 100	100	100	50
minimalny promień	50	50	35	35	35	25

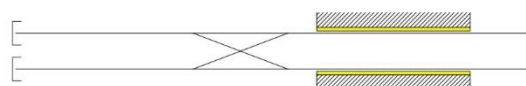
(8) W torach krańcówek dopuszcza się stosowanie pochyłeń podłużnych zgodnie z tab. 7.4.2.1. W rejonie peronów należy kierować się dodatkowymi ograniczeniami. W projektowaniu załomów niwelety przestrzega się wytycznych określonych w podrozdziale 7.4.3.

(9) Przykładowe schematy układów torowych krańcówek w postaci połączeń torów przedstawia rys. 7.3.1, a w postaci pętli – rys. 7.3.2.

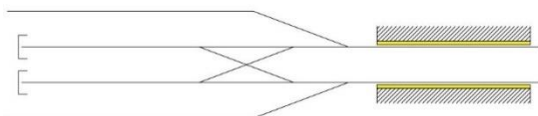
**a) jednotorowa końcowa**



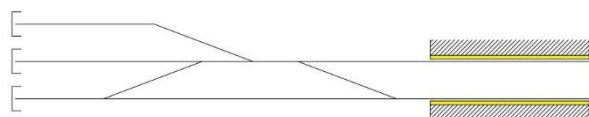
**b) dwutorowa końcowa**



**c) dwutorowa pośrednia**

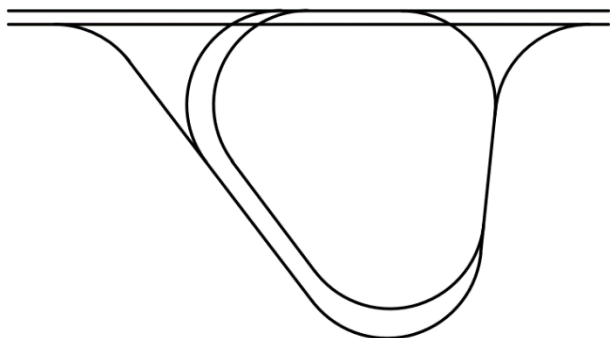


**d) trzytorowa**

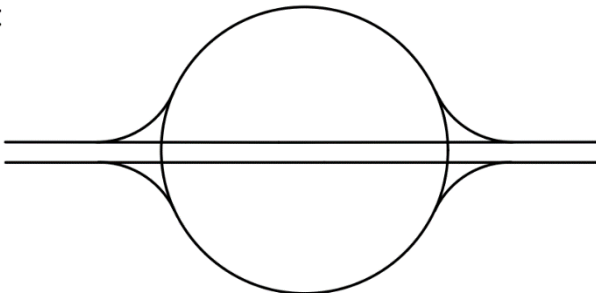


**Rys. 7.3.1. Przykładowe schematy układów torowych krańcówek w postaci połączeń torów**

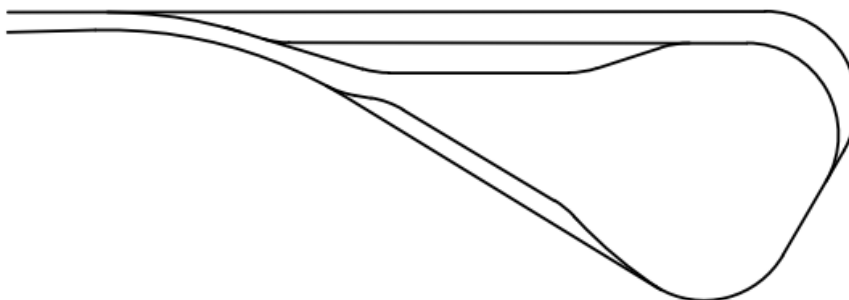
a) pośrednia dwutorowa asymetryczna



b) jednotorowa przelotowa pośrednia dwustronna



c) trzytorowa z torem mijankowym na wlocie



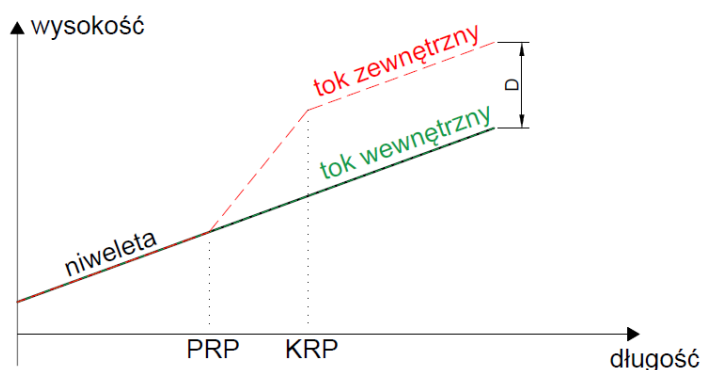
Rys. 7.3.2. Przykładowe schematy układów torowych krańcówek w postaci pętli

(10) Do każdej krańcówki projektuje się dojazd o nawierzchni twardej lub zapewnia się obsługę każdego rozjazdu i peronu z przyległej jezdni lub torowiska zabudowanego. Zaleca się projektowanie dojazdów o parametrach odpowiednich dla samochodów ciężarowych, obsługujących infrastrukturę towarzyszącą (np. odbiór odpadów).

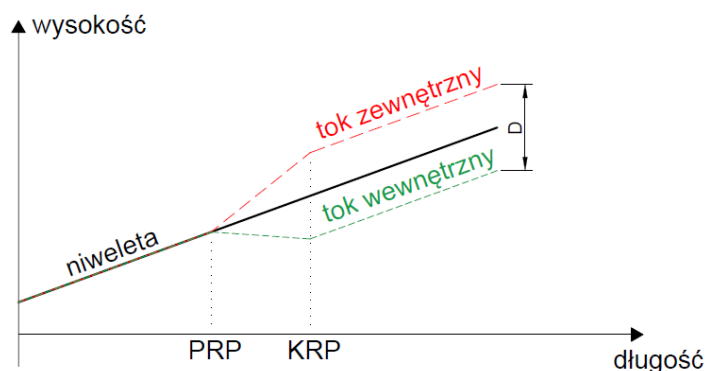
## 7.4. Układ geometryczny toru w płaszczyźnie pionowej

(1) Układ geometryczny toru w płaszczyźnie pionowej określa się dla płaszczyzny pionowej podłużnej (niweleta toru) oraz dla płaszczyzny pionowej poprzecznej (różnice wysokości toków szynowych na łukach, określane jako przechyłka toru).

(2) Niweletę toru określa się dla toku szynowego, którego położenie wysokościowe nie zostało zaburzone przez wykonanie przechyłki. W normalnych warunkach niweletę toru określa się do wewnętrznego toku szynowego na łuku, gdyż przechyłkę wykonuje się poprzez podniesienie zewnętrznego toku szynowego. W szczególnym przypadku, dla wykonywania przechyłki przez obrót płaszczyzny główek szyn wokół osi toru, niweletę toru określa się dla osi toru. Schemat określania niwelety toru przedstawiają rys. 7.4.1 i 7.4.2.



Rys. 7.4.1. Schemat określania niwelety dla przypadku, w którym przechyłka powstała przez podniesienie zewnętrznego toku



Rys. 7.4.2. Schemat określania niwelety dla przypadku, w którym przechyłka powstała przez obrót płaszczyzny główek szyn wokół osi toru

### 7.4.1. Długości elementów układu geometrycznego toru

- (1) Minimalna długość elementów układu geometrycznego w płaszczyźnie pionowej na odcinku szlakowym powinna wynikać z warunków zapewnienia spokojności jazdy.
- (2) Długość elementów układu geometrycznego o stałym pochyleniu powinna być nie mniejsza od długości tramwaju miarodajnego.
- (3) Długość elementów układu geometrycznego o zmiennym pochyleniu (łuki wyokrąglające załomy profilu) dobiera się w taki sposób, aby dla przyjętej na odcinku prędkości do projektowania czas przejazdu przez element układu geometrycznego był nie mniejszy niż 2 s.
- (4) W trudnych warunkach dopuszcza się zmniejszenie długości elementu układu geometrycznego do takiej wartości, aby dla przyjętej na odcinku prędkości dopuszczalnej czas przejazdu przez element układu geometrycznego był nie mniejszy niż 1 s. W przypadku braku możliwości spełnienia tego warunku należy rozważyć zastosowanie załomu profilu lub łuków pionowych o różnych promieniach lub kierunkach bez odcinka o stałym pochyleniu pomiędzy nimi.

### 7.4.2. Pochylenie podłużne toru

- (1) Pochylenie podłużne toru powinno umożliwiać:
  - a) przejazd tramwaju miarodajnego ze stałą prędkością dozwoloną,
  - b) możliwość bezpiecznego zatrzymania tramwaju miarodajnego, poruszającego się z prędkością dozwoloną, nawet w przypadku awarii jednego z układów hamulcowych,
  - c) możliwość ruszenia zatrzymanego tramwaju miarodajnego,
  - d) holowanie uszkodzonego tramwaju miarodajnego przez dowolny w pełni sprawny tramwaj kursujący po danej trasie,
  - e) sprawne odprowadzanie wód opadowych.
- (2) Graniczne wartości pochylenia podłużnego toru określa tab. 7.4.2.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.
- (3) Pochylenia podłużne toru o wartości przekraczającej 4,0% uznaje się znaczne.
- (4) Dobór pochylenia podłużnego toru o wartości przekraczającej 4,0%, w szczególności położonych na wysokich nasypach, obiektach mostowych lub w tunelach, poprzedza się analizą ryzyka (grupowego, społecznego i indywidualnego). Analiza ryzyka powinna obejmować: identyfikację zagrożeń i źródeł zagrożeń, oszacowanie prawdopodobieństwa wystąpienia zdarzeń niebezpiecznych i konsekwencji tych zdarzeń oraz określenie wielkości ryzyka. Analiza ryzyka powinna obejmować co najmniej dwa scenariusze: zjazd niekontrolowany oraz wykolejenie się tramwaju. Na podstawie analiz ryzyka określa się maksymalną długość odcinka o pochyleniu przekraczającym 4,0% oraz stosowanie dodatkowych zabezpieczeń przed niekontrolowanym zjazdem lub wykolejeniem się tramwaju.

**Tab. 7.4.2.1. Graniczne wartości pochylenia podłużnego toru**

Uwarunkowania	Graniczne pochylenie podłużne toru [%]					
	TS		TA, TB		TC, TD, TE	
	Zalecany	W trud- nych wa- runkach	Zalecany	W trud- nych wa- runkach	Zalecany	W trud- nych wa- runkach
maksymalna wartość pochylenia podłużnego na odcinku szlakowym	6,0	10,0 <sup>1)</sup>	6,0	8,0 <sup>1)</sup>	5,0	6,0
maksymalna wartość pochylenia podłużnego w rejonie peronowej krawędzi dostępu	1,0	7,0 <sup>1)</sup>	2,5	7,0 <sup>1)</sup>	2,5	3,0
maksymalna wartość pochylenia podłużnego w rejonie zwrotnic i krzyżownic	2,0	3,0	2,5	3,0	2,5	3,0
maksymalna wartość pochylenia podłużnego w rejonie torów odstawczych	0,0	1,0 <sup>2)</sup>	0,0	1,0 <sup>2)</sup>	0,0	1,0 <sup>2)</sup>
minimalna wartość pochylenia podłużnego z uwagi na spływ wody	0,1 <sup>3)</sup>	0,0 <sup>4)</sup>	0,1 <sup>3)</sup>	0,0 <sup>4)</sup>	0,5 <sup>3)</sup>	0,0 <sup>5)</sup>

<sup>1)</sup> tylko, jeżeli tramwaj miarodajny posiada homologację dopuszczającą do pokonywania wzniesień o podanej wartości,  
<sup>2)</sup> przy zastosowaniu dodatkowych rozwiązań zapobiegających stoczeniu się tramwaju pozostawionego bez obsługi,  
<sup>3)</sup> na odcinkach zabudowanych zalecane pochylenie 1%,  
<sup>4)</sup> w rejonie przejazdów tramwajowych należy zastosować dodatkowe rozwiązania zapobiegające zalewaniu przejazdu,  
<sup>5)</sup> należy zastosować dodatkowe rozwiązania zapobiegające zalewaniu zabudowy torowiska oraz sprawne odprowadzenie wody z rowków szyn.

(5) Dobór pochylenia podłużnego toru o wartości przekraczającej 2,5% na długości peronowej krawędzi dostępu, poprzedza się analizą dostępności peronu dla osób z niepełnosprawnościami. Zaleca się, aby pochylenie podłużne toru co najmniej na wysokości drzwi dostosowanych do obsługi osób z niepełnosprawnościami nie przekraczało 2,5%.

(6) W przypadku przewidywanej eksploatacji tramwajów 105N i pochodnych, pochylenie podłużne toru tramwajowego powinno być nie większe niż:

- a) 5,0% – na odcinku międzyprzystankowym,
- b) 2,5% – w rejonie peronowej krawędzi dostępu.

(7) W przypadku przewidywanej eksploatacji tramwajów 105N i pochodnych, długość odcinków o pochyleniu podłużnym większym niż 2,0% powinna być nie większa niż:

- a) 600 m – w przypadku pochylenia wynoszącego 2,5%,
- b) 400 m – w przypadku pochylenia wynoszącego 3,0%,
- c) 300 m – w przypadku pochylenia wynoszącego 4,0%,
- d) 200 m – w przypadku pochylenia wynoszącego 5,0%.

### 7.4.3. Załomy niwelety

(1) Załomy niwelety projektuje się w miejscu zmiany pochylenia podłużnego toru.

(2) Załomy niwelety dzielą się na wklęsłe i wypukłe.

(3) Załomy profilu wyokrągla się łukami pionowymi stycznymi w punktach początku łuku pionowego i końca łuku pionowego do przyległych odcinków o stałym pochyleniu.

(4) Jeżeli algebraiczna różnica sąsiednich pochyleń nie przekracza 0,6%, dopuszcza się pozostawienie załomu niwelety bez wyokrąglenia.

(5) Promień łuku pionowego dobiera się w taki sposób, aby przyspieszenie pionowe nie przekraczało wartości 0,1 m/s<sup>2</sup>. W trudnych warunkach dopuszcza się wartość przyspieszenia pionowego 0,2 m/s<sup>2</sup>.

(6) Wartość minimalną promienia łuku kołowego na odcinku szlakowym ustala się w zależności od przyjętej na odcinku prędkości do projektowania oraz maksymalnej możliwej do zastosowania na długości łuku przechyłki toru.

(7) W trudnych warunkach dopuszcza się ustalanie minimalnej wartości promienia łuku kołowego na odcinku szlakowym w zależności od przyjętej na odcinku prędkości dopuszczalnej.

(8) Minimalną wartość promienia łuku pionowego oblicza się według wzoru (7.4.3.1):

$$R_{Vmin} = \frac{V_{dp}^2}{12,96 \cdot a_{Vdop}} \quad (7.4.3.1)$$

gdzie:

$R_{Vmin}$  – minimalny promień łuku pionowego [m],

$V_{dp}$  – prędkość do projektowania układu geometrycznego [km/h],

$a_{Vdop}$  – dopuszczalne przyspieszenie pionowe [m/s<sup>2</sup>].

(9) Minimalny promień łuku pionowego powinien być nie mniejszy niż podany w tab. 7.4.3.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.4.3.1. Minimalne wartości promieni łuków pionowych**

Uwarunkowania	Minimalna wartość promienia łuku pionowego [m]			
	TS, TA, TB		TC, TD, TE	
	Zalecany	W trudnych warunkach	Zalecany	W trudnych warunkach
załom wypukły na odcinku szlakowym międzyprzystankowym	3000	1000	2000	500
załom wklęsły na odcinku szlakowym międzyprzystankowym	3000	1000	2000	300
załom wypukły w rejonie peronowej krawędzi dostępu	3000	1000	3000	500
załom wklęsły w rejonie peronowej krawędzi dostępu	2000	1000	1000	500
załom wypukły w rejonie rozjazdu	5000	2000	3000	1000
załom wklęsły w rejonie rozjazdu	3000	2000	3000	1000

(10) Należy unikać lokalizowania najniższych punktów załomów wklęsłych w rejonie przejazdów tramwajowych i przejść dla pieszych.

#### 7.4.4. Zasady łączenia elementów układu geometrycznego toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej

(1) Na odcinkach szlakowych tras wszystkich typów zaleca się wykonywanie załomów niwelety oraz łuków pionowych na prostym odcinku toru w płaszczyźnie poziomej.

(2) Na odcinkach szlakowych tras typu TS, TA oraz TB zaleca się, aby w przypadku lokalizacji załomu profilu na długości łuku poziomego, promień łuku poziomego wynosił co najmniej 200 m.

(3) Na odcinkach szlakowych tras typu TS, TA oraz TB nie wykonuje się załomów niwelety oraz łuków pionowych na długości krzywych przejściowych oraz ramp przechyłkowych. Zaleca się lokalizację punktów początku lub końca łuku pionowego w odległości nie bliższej niż 6 m od początku lub końca krzywej przejściowej.

(4) W trudnych warunkach na odcinkach szlakowych tras typu TS, TA oraz TB dopuszcza się wykonywanie załomów niwelety na długości krzywej przejściowej z prostoliniową rampą przechyłkową, jeżeli taki załom jest wyokrąglony łukiem o długości co najmniej równej długości rampy przechyłkowej.

(5) Na odcinkach szlakowych tras pozostałych typów zaleca się stosowanie zasad dotyczących lokalizacji elementów układu geometrycznego w płaszczyźnie poziomej i pionowej jak dla tras typu TA oraz TB wszędzie tam, gdzie warunki lokalne na to pozwalają.

(6) Zaleca się projektowanie jak największych promieni łuków poziomych w przypadku znacznych pochyłeń podłużnych toru na odcinku szlakowym według tab. 7.4.4.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.4.4.1. Zalecane minimalne promienie łuków poziomych na odcinkach trasy z pochyleniem podłużnym toru**

Pochylenie podłużne [%]	Zalecany minimalny promień łuku poziomego [m]	
	TS	Trasy pozostałych typów
<1	300	150
1-2	400	200
2-3	500	300
3-4	600	400
4-5	700	500
5-6	800	600
6-7	900	700
>7	1000	800

(7) W trudnych warunkach, w przypadku występowania łuku o małym promieniu w płaszczyźnie poziomej, dopuszczalne maksymalne pochylenie podłużne toru pomniejsza się o wartość odpowiadającą oporowi ruchu na tym łuku zgodnie ze wzorem (7.4.4.1)

$$I_{\max R} = I_{\max} - \frac{50}{R} \quad (7.4.4.1)$$

gdzie:

$I_{\max R}$  – maksymalne pochylenie podłużne toru na łuku poziomym [%],

$I_{\max}$  – maksymalne pochylenie podłużne toru [%],

$R$  – promień łuku poziomego [m].

(8) Warunki widoczności na zatrzymanie się przed przeszkodą sprawdza się z uwzględnieniem układu geometrycznego toru w płaszczyźnie poziomej i pionowej. Niespełnienie warunków widoczności powinno skutkować zmniejszeniem pochylenia podłużnego lub zwiększeniem promieni łuków pionowych lub poziomych. Alternatywnie można w przypadku niespełnienia warunków widoczności zastosować sygnalizację przejazdową lub semafor samoczynnej blokady liniowej. Warunki widoczności sprawdza się na etapie analiz bezpieczeństwa ruchu drogowego. Warunki widoczności powinny zapewniać zatrzymanie przed przeszkodą tramwaju jadącego z prędkością do projektowania lub prędkością dozwoloną (wartości dróg hamowania należy przyjmować według rys. 5.5.2). Wolne od przeszkód pole widoczności z punktu widzenia motorniczego tramwaju ustala się przestrzennie przy przyjęciu wysokości obserwatora (motorniczego tramwaju) na wysokości 2,00 m, a obiektu obserwowanego (przeszkody na torach) o wysokości 0,00 m.

(9) Dodatkowe warunki widoczności pieszego z punktu widzenia motorniczego na przejściu dla pieszych określone są w WR-D-41-3.

(10) W przypadku niespełnienia warunków widoczności na przejazdach należy:

- zaprojektować sygnalizację świetlną,
- w trudnych warunkach zmniejszyć prędkość dozwoloną dla tramwajów.



## 7.5. Układ geometryczny toru w przekroju poprzecznym

### 7.5.1. Tramwajowa skrajnia taboru

- (1) Tramwajowa skrajnia taboru jest to kontur figury płaskiej, stanowiącej podstawę do określania największych dopuszczalnych wymiarów tramwaju w przekroju poprzecznym.
- (2) Pionowa oś symetrii tramwajowej skrajni taboru pokrywa się z pionową osią symetrii tramwaju oraz przechodzi przez oś toru. Oś pozioma tramwajowej skrajni taboru pokrywa się z płaszczyzną główek szyn.
- (3) Dopuszcza się przekroczenia tramwajowej skrajni taboru przez lusterka i wysunięte kierunkowskazy, obudowy kamer, progi oraz inne punktowe elementy umieszczane na tramwajach.
- (4) Półszerokością skrajni taboru nazywana jest odległość od osi toru do konturu skrajni taboru.
- (5) Standardy skrajni taboru, dla poszczególnych typów tras, określa tab. 7.5.1.1.

Tab. 7.5.1.1. Standardy tramwajowej skrajni taboru w zależności od typu trasy

Szerokość tramwaju [m]	TS	TA, TB	TC	TD, TE
2,40	○ <sup>1)</sup>	●	○ <sup>1)</sup>	●
2,50	●	● <sup>3)</sup>	●	● <sup>3)</sup>
2,65	●	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>	○ <sup>4)</sup>
2,90	○ <sup>2)</sup>	-	-	-

● – zalecana  
○ – opcjonalna

<sup>1)</sup> wyłącznie w rejonie peronowych krawędzi dostępu, w przypadku eksploatacji na sieci tramwajów o szerokości nie przekraczającej 2,40 m,  
<sup>2)</sup> wyłącznie, jeżeli planuje się budowę osobnej sieci tramwaju szybkiego (premetra),  
<sup>3)</sup> w przypadku projektowania nowych tras,  
<sup>4)</sup> jeżeli odcinek trasy jest częścią sieci zawierającej fragmenty tras typu TS, na których eksploatowane są lub będą tramwaje o zwiększonej szerokości lub istnieje zamierzenie budowy lub przebudowy całej sieci na umożliwiającą eksploatację tramwajów o szerokości 2,65 m.

### 7.5.2. Tramwajowa skrajnia budowl

- (1) Kontur koniecznej przestrzeni niezabudowanej (KKPNZ) stanowi przestrzeń o takich wymiarach i kształcie, że wewnątrz niej tramwaj może się poruszać bezpiecznie z dowolną prędkością z zakresie od zera do prędkości do projektowania (w trudnych warunkach do prędkości dozwolonej). Kontur koniecznej przestrzeni niezabudowanej dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pudła wagonu 2,40 m, na tle tramwajowej skrajni taboru, przedstawia rys. 7.5.2.1.
- (2) Wymiary tramwajowej skrajni budowl w płaszczyźnie poziomej są sumą szerokości:
  - c) konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej,
  - d) poszerzeń konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej z uwagi na układ geometryczny toru,
  - e) wolnej przestrzeni pomiędzy konturem koniecznej przestrzeni niezabudowanej a budowlą.
- (3) Na zewnątrz tak zdefiniowanej figury płaskiej powinny znajdować się wszelkie budowle, urządzenia i przedmioty położone przy torze, za wyjątkiem urządzeń przeznaczonych do bezpośredniego współdziałania z tramwajem, tj. przewodu jezdnego lub innych elementów związanych z systemem zasilania pojazdu, toków szynowych, hamulców torowych, odbojnic, itp. Zabudowa torowiska może znajdować się w obrębie konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej, jeżeli nie będzie kolidować z poruszającym się tramwajem.
- (4) W trudnych warunkach dopuszcza się wkraczanie budowli w obszar wolnej przestrzeni pomiędzy konturem koniecznej przestrzeni niezabudowanej a budowlą, pod warunkiem nie przekraczania konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej. Budowle takie wyraźnie oznakowuje się tablicami U-9.

(5) Pionowa i pozioma oś tramwajowej skrajni budowli dla toru prostego o jednostajnym pochyleniu podłużnym pokrywa się z pionową i poziomą osią tramwajowej skrajni taboru zgodnie z rys. 7.5.2.1.

(6) Obiekty stałe o długości mierzonej wzdłuż osi toru mniejszej niż 3,00 m, traktuje się jako budowle punktowe. Pochylnię i stopnie prowadzące do peronowej krawędzi dostępu pod względem tramwajowej skrajni budowli traktuje się analogicznie jak peronową krawędź dostępu.

(7) Ogrodzenie o wysokości nie większej niż 1,10 m (mierzonej od PGS, niezależnie od długości ogrodzenia) traktuje się jako budowlę punktową.

(8) Obiekty stałe o długości mierzonej wzdłuż osi toru większej lub równej 3,00 m, traktuje się jako budowle ciągłe.

(9) Obiekty stałe, bez względu na ich długość, zlokalizowane wzdłuż osi toru w odległości mniejszej niż 5,00 m od siebie, traktuje się jako jedną budowlę ciągłą.

(10) Droga zlokalizowana wzdłuż toru tramwajowego może być traktowana jako droga ewakuacji, pod warunkiem, że nie będzie występowało ogrodzenie lub inne ciągłe przeszkody pomiędzy tą drogą a torem tramwajowym.

(11) Mierzona poprzecznie odległość zatrzymanego tramwaju od budowli punktowej powinna zapewniać możliwość obsługi pojazdu w przypadku awarii. Szerokość przestrzeni obsługowej powinna być nie mniejsza niż 0,50 m, odmierzając od tramwajowej skrajni taboru.

(12) Mierzona poprzecznie odległość zatrzymanego tramwaju od budowli ciągłej powinna zapewniać możliwość ewakuacji pasażerów z pojazdu w przypadku awarii. Szerokość strefy ewakuacji powinna być nie mniejsza niż 0,75 m, odmierzając od tramwajowej skrajni taboru.

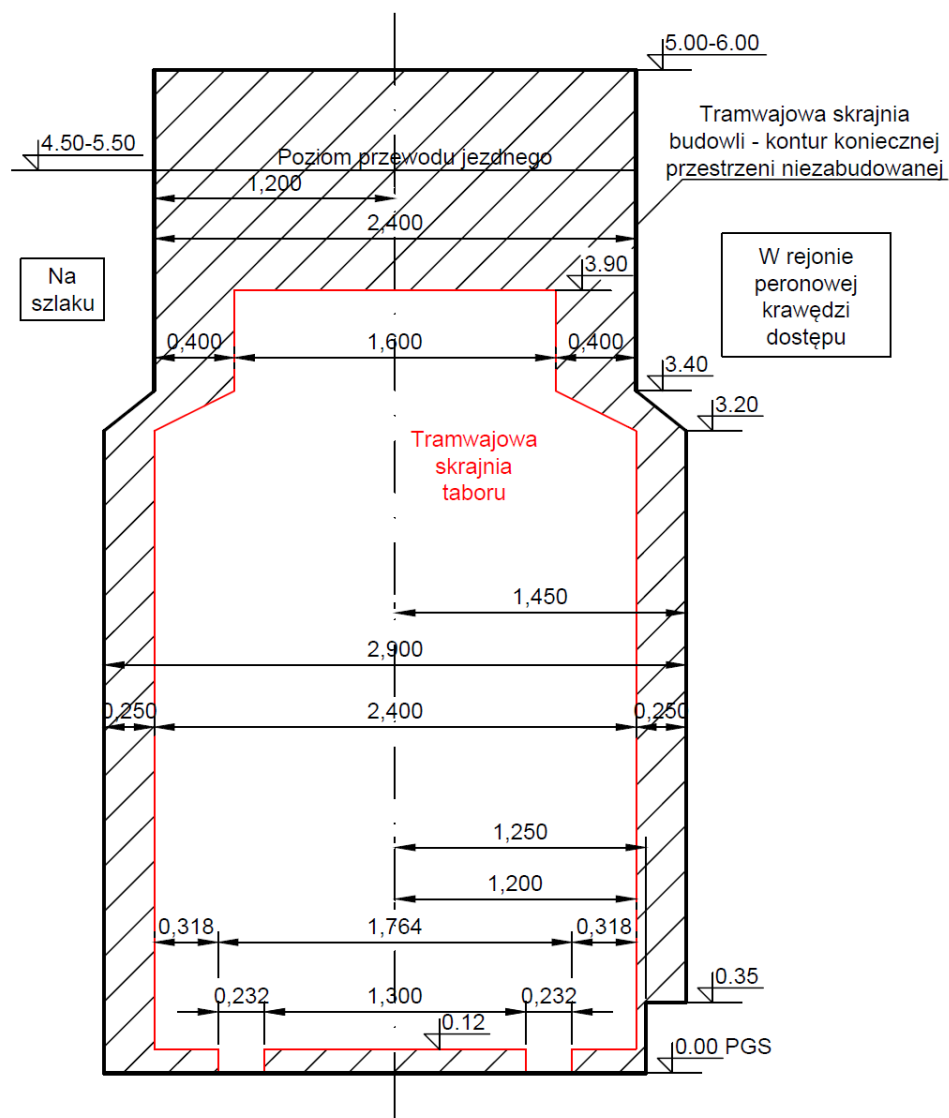
(13) Jeżeli budowla ciągła ma długość większą niż 20,00 m, pomiędzy tramwajem a budowlą zapewnia się drogę ewakuacji o szerokości minimum 1,00 m (zalecane 1,20 m), odmierzając od tramwajowej skrajni taboru. Droga ewakuacji powinna cechować się równą i stabilną powierzchnią. Droga ewakuacji może być położona na skraju lub na międzytorzu dwutorowej trasy tramwajowej.

(14) W okresie przejściowym zmiany szerokości tramwajowej skrajni taboru (np. z 2,40 m na 2,65 m), dopuszcza się zmniejszenie szerokości wskazanych w akapitach (11), (12) i (13) o maksymalnie 0,15 m. Wówczas indywidualnie opracowuje się przejściowe kontury tramwajowej skrajni taboru oraz tramwajowej skrajni budowli. Wymiary tramwajowej skrajni budowli w rejonie peronowej krawędzi dostępu dostosowuje się indywidualnie do taboru.

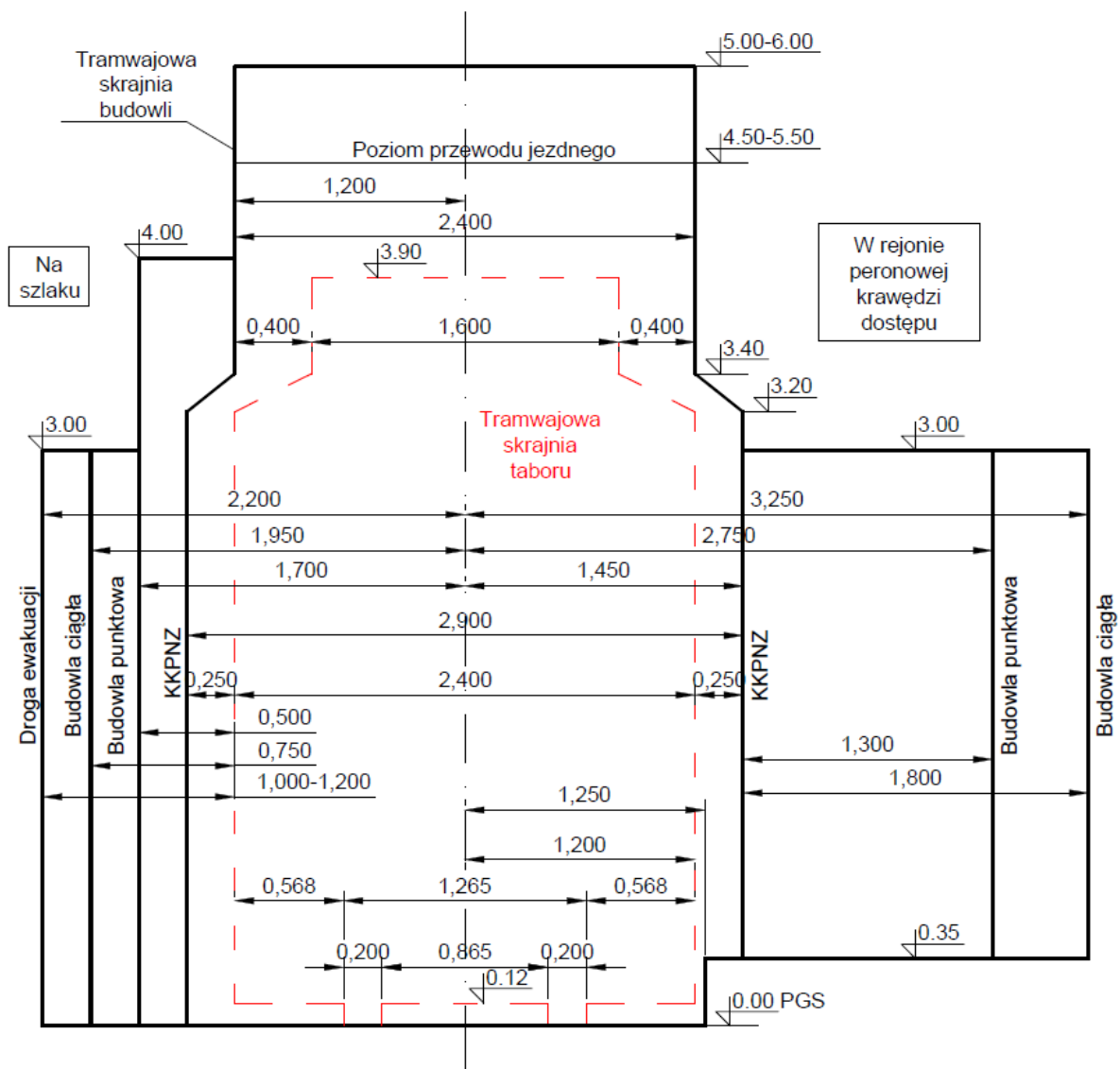
(15) Wymiary tramwajowej skrajni budowli w rejonie peronowej krawędzi dostępu wynikają z zapewnienia bezpiecznej i wygodnej obsługi pasażerów.

(16) Na odcinkach prostych, bez przechyłki toru oraz o jednostajnym pochyleniu podłużnym toru przyjmuje się wymiary przekroju skrajni budowli według rys. 7.5.2.2, 7.5.2.3, 7.5.2.4, 7.5.2.5 i 7.5.2.6. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

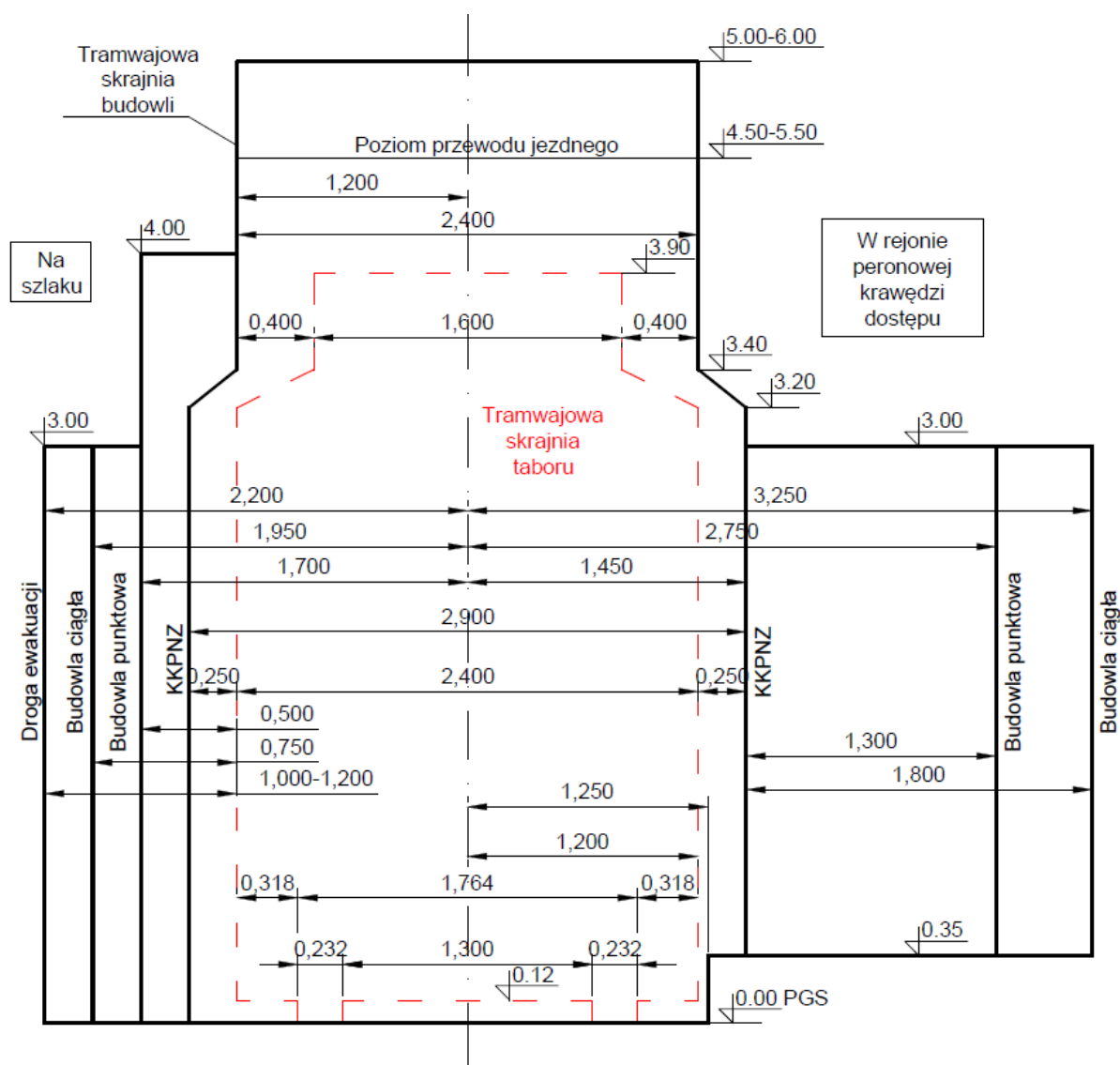
(17) Dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1000 mm w stosunku do 1435 mm, różnice dotyczą dolnej części tramwajowej skrajni taboru. Pozostałe wymiary pozostają bez zmian.



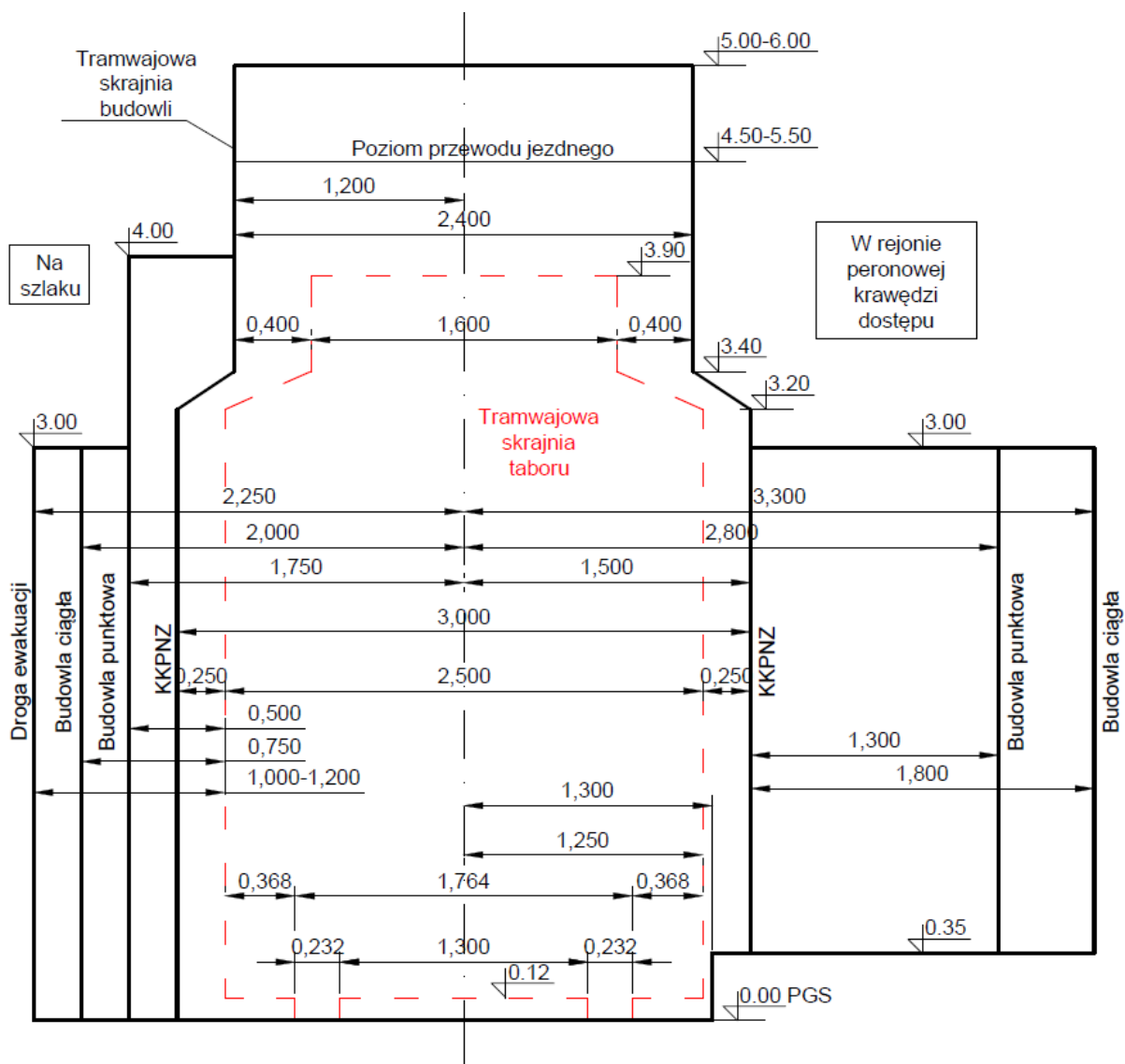
Rys. 7.5.2.1. Kontur koniecznej przestrzeni niezabudowanej dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pudła wagonu 2,40 m



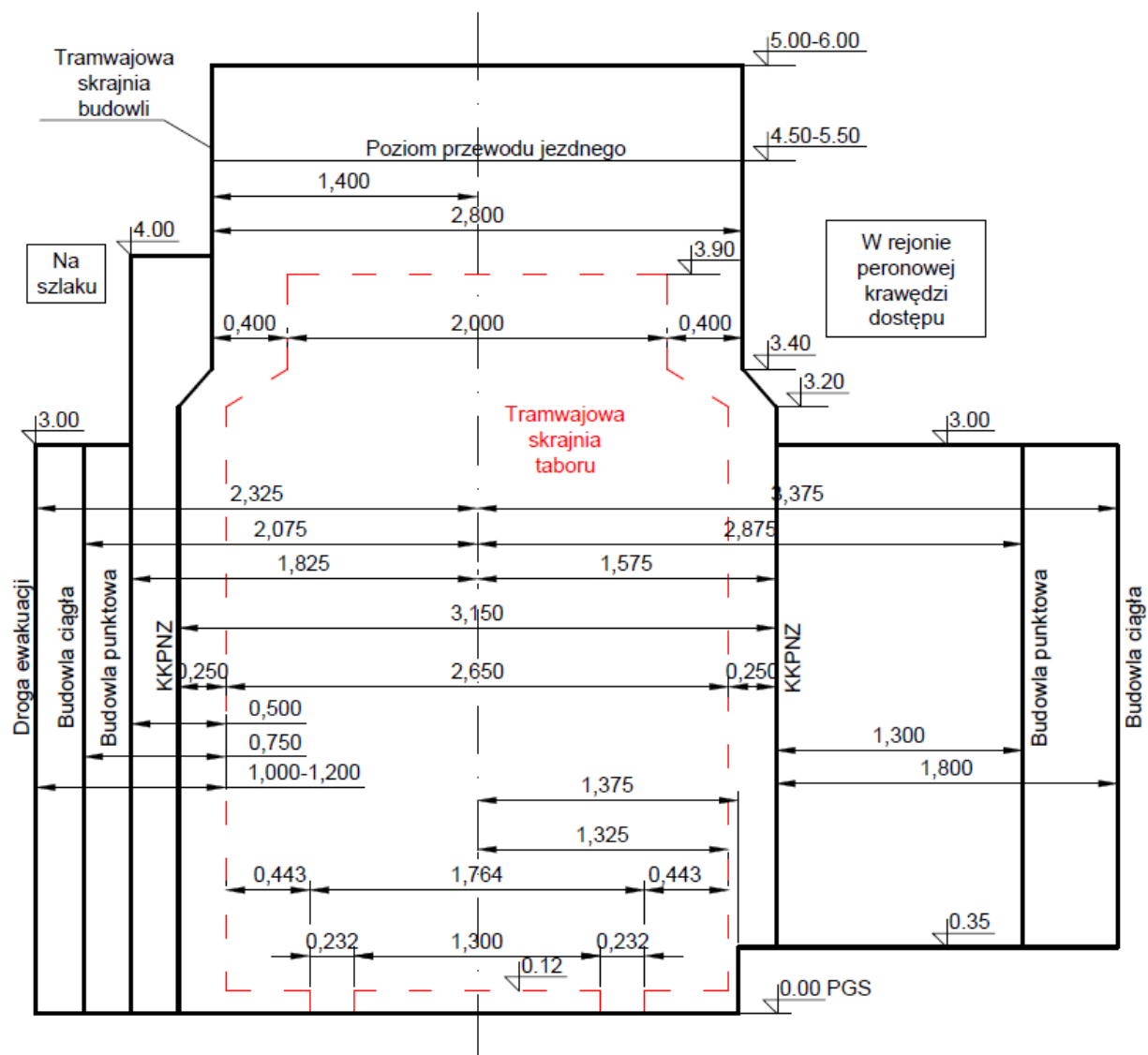
Rys. 7.5.2.2. Tramwajowa skrajnia budowli dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1000 mm i o szerokości pudła wagonu 2,40 m



Rys. 7.5.2.3. Tramwajowa skrajnia budowli dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości podła wagonu 2,40 m

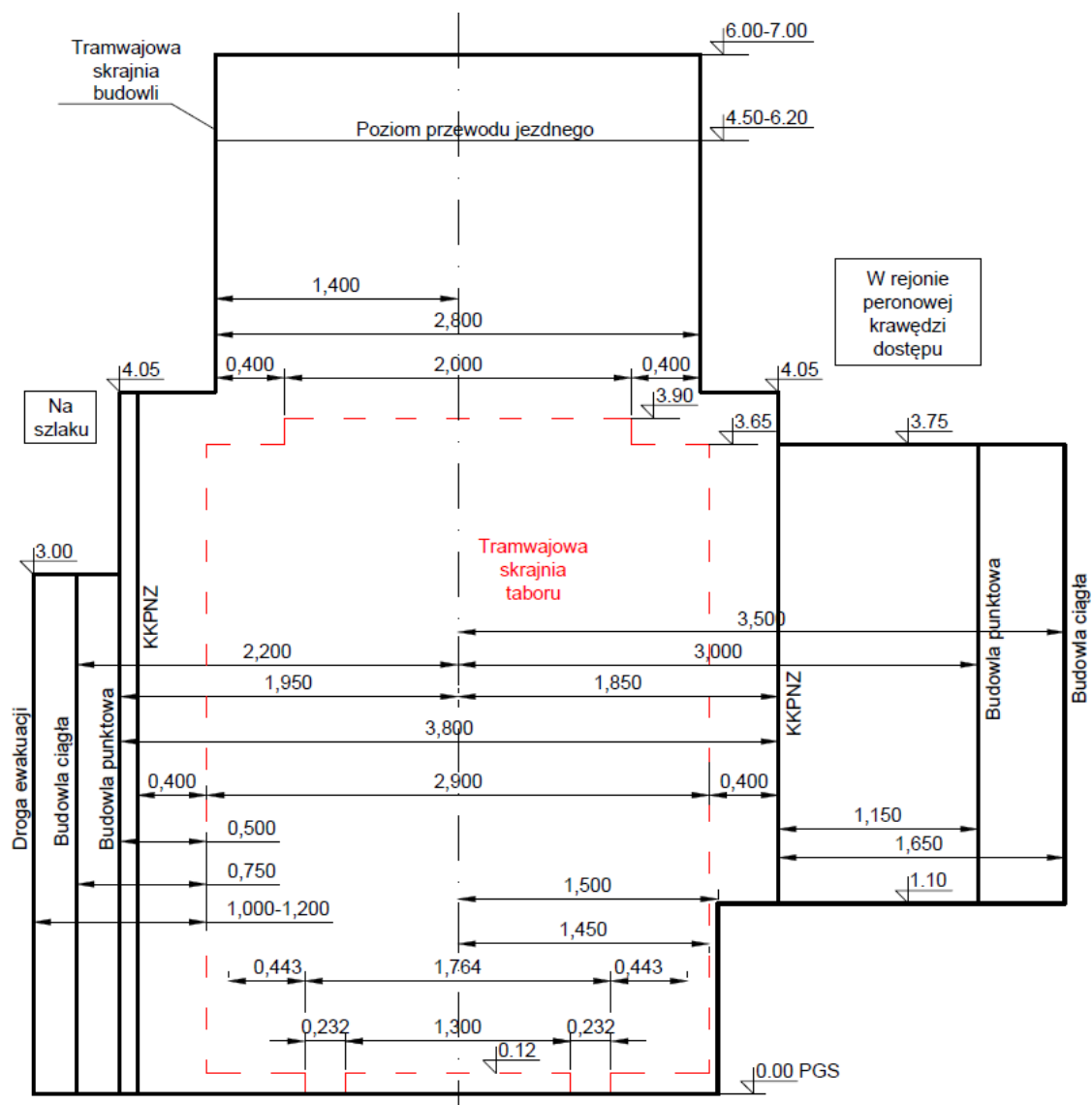


Rys. 7.5.2.4. Tramwajowa skrajnia budowli dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pudła wagonu 2,50 m



Rys. 7.5.2.5. Tramwajowa skrajnia budowli dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości podłogi wagonu 2,65 m

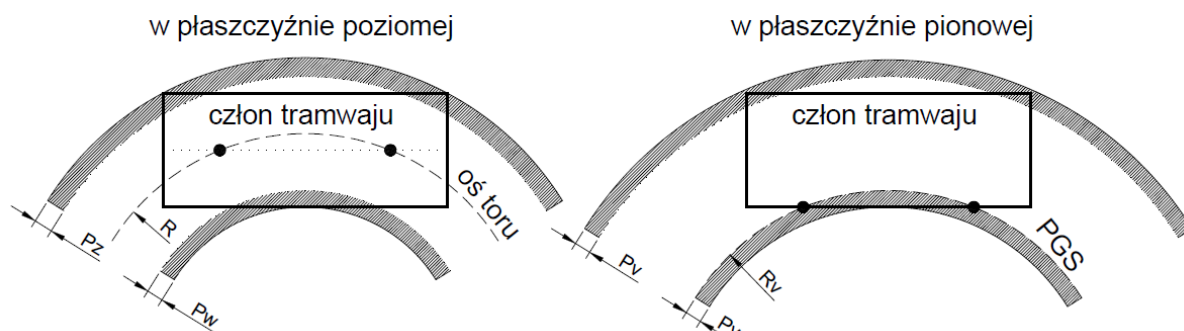




Rys. 7.5.2.6. Tramwajowa skrajnia budowli dla tramwajów o nominalnej szerokości toru 1435 mm i o szerokości pułta wagonu 2,90 m

(18) W trudnych warunkach dopuszcza się przyjmowanie mniejszej wysokości górnej krawędzi tramwajowej skrajni budowli. Rzędna górnej krawędzi tramwajowej skrajni budowli nie powinna znajdować się niżej niż 0,30 m ponad poziomem zawieszenia przewodu jezdnego, tj. 4,50 m ponad płaszczyznę główek szyn. Za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru dopuszcza się zawieszenie przewodu jezdnego na mniejszej wysokości lub wykonanie specjalnej konstrukcji przewodu jezdnego.

(19) Na odcinkach toru położonych w łukach w płaszczyźnie poziomej o promieniu mniejszym niż 1000 m lub łukach w płaszczyźnie pionowej o promieniu mniejszym niż 2000 m, przyjmuje się wartości poszerzeń konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej, zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 7.5.2.7 oraz według tab. 7.5.2.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.



Rys. 7.5.2.7. Schemat poszerzania konturów skrajni

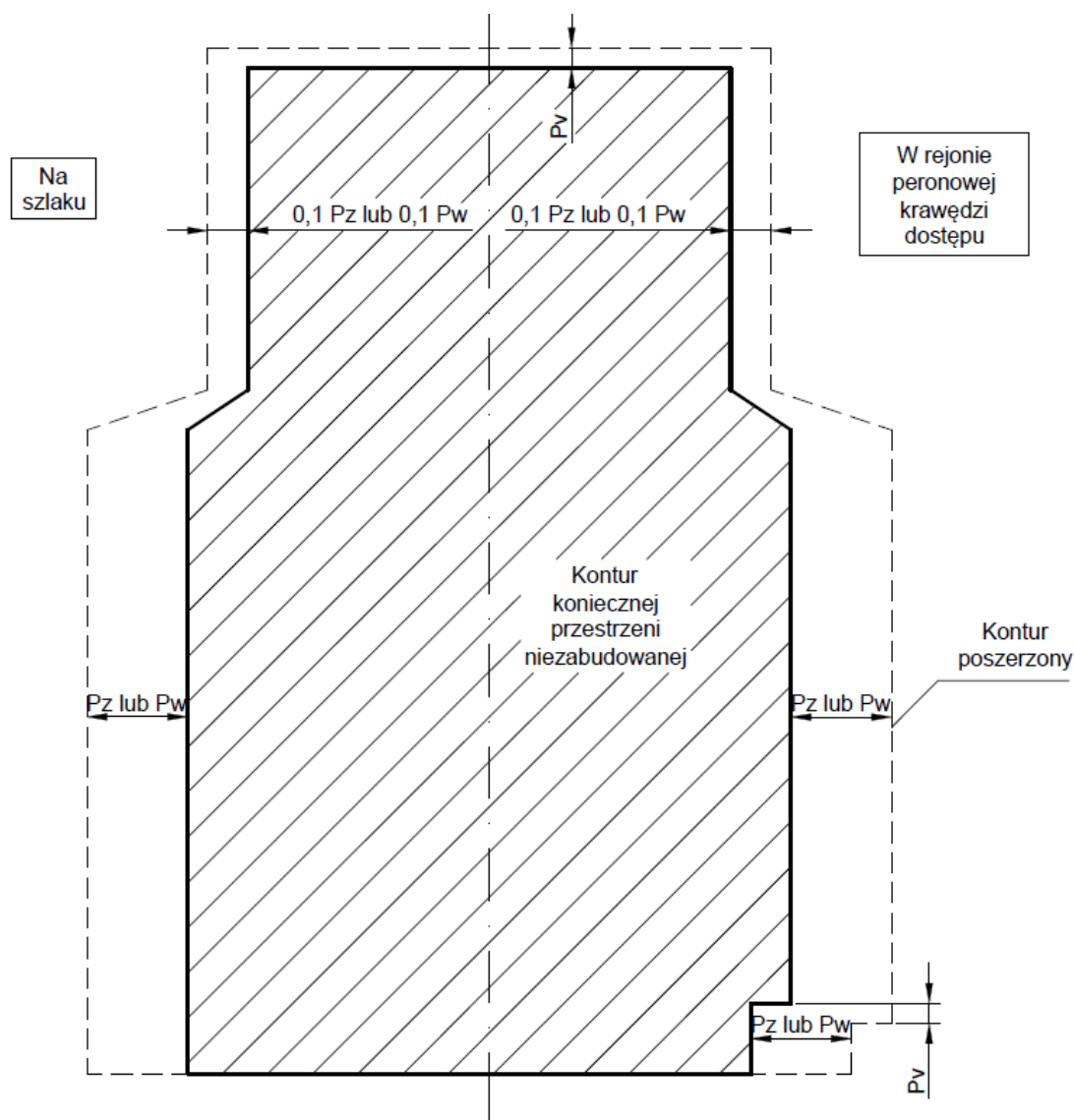
Tab. 7.5.2.1. Wartości poszerzeń konturu skrajni

Uwarunkowania	$P_w$ [m]	$P_z$ [m]	$P_v$ [m]
łuk poziomy $R \geq 25$ m	$\frac{5}{R}$	$\frac{10}{R}$	$\frac{5}{R_v}$
łuk poziomy $R < 25$ m	$\frac{5}{R}$	$\frac{10}{R} + \left(\frac{25}{R} - 1\right) \cdot \frac{168^{1)}$	$\frac{5}{R_v}$
na wysokości peronowej krawędzi dostępu	$\frac{5}{R}$	$\frac{5}{R}$	$\frac{5}{R_v}$
dla obliczania rozstawu torów	$\frac{5}{R}$	$\frac{5}{R}$	-

<sup>1)</sup> wartość 10/R wynika z zachodzenia lustra bocznego na łuku, w przypadku jeżeli analiza tramwaju miarodajnego wskazuje, że wartość poszerzenia 5/R nie spowoduje występowania kolizji luster z przeszkodami, dopuszcza się stosowanie wartości poszerzenia 5/R

gdzie:  
 $P_w$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku [m],  
 $P_z$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku [m],  
 $P_v$  – pionowe poszerzenie konturu [m],  
 $R$  – promień łuku poziomego [m],  
 $R_v$  – promień łuku pionowego [m].

(20) Kontur koniecznej przestrzeni niezabudowanej powiększa się o wartości podane w tab. 7.5.2.1 zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 7.5.2.8. Kontur tramwajowej skrajni budowli poszerza się odpowiednio, zachowując wielkości niezbędnej wolnej przestrzeni pomiędzy konturem a budowlami punktową, ciągłą oraz w przypadku drogi ewakuacji.



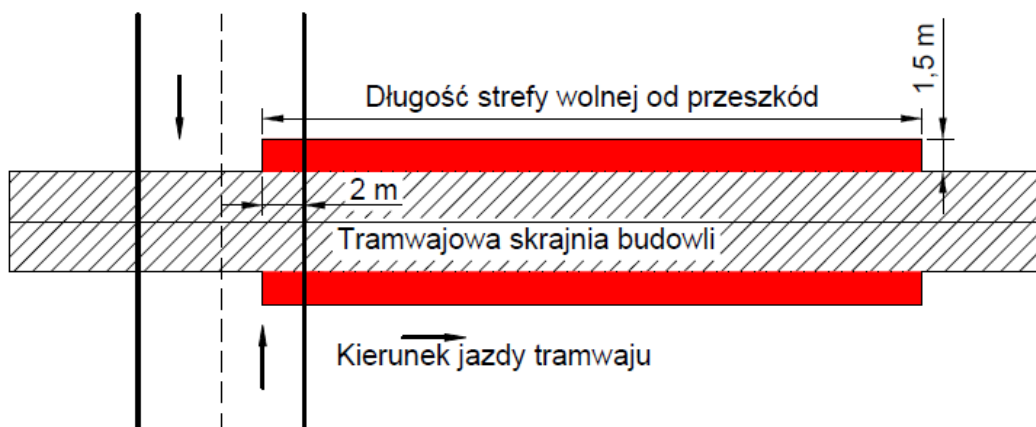
Rys. 7.5.2.8. Schemat poszerzania konturu tramwajowej skrajni budowli w przekroju poprzecznym

(21) Na odcinkach, na których układ geometryczny toru zmienia się z odcinka prostego w łuk lub posiada zmienną krzywiznę (krzywa przejściowa, łuk koszowy), wprowadza się odcinki przejściowe pomiędzy poszerzonym konturem koniecznej przestrzeni niezabudowanej a konturem normalnym. Odcinki przejściowe powinny znajdować się na fragmencie układu geometrycznego o mniejszej krzywiznie, zgodnie ze schematami pokazanymi w tab. 7.5.2.2. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

Tab. 7.5.2.2. Schematy poszerzania skrajni w rejonie zmiany krzywizny

Opis	Schemat
połączenie łuku poziomego z prostą bez krzywej przejściowej w płaszczyźnie poziomej (PGS)	
połączenie łuków o różnych promieniach pomiędzy sobą w płaszczyźnie poziomej (PGS)	
połączenie łuku poziomego z prostą oraz łukiem przejściowym o długości większej od 5 m w płaszczyźnie poziomej (PGS)	
połączenie łuku poziomego z prostą oraz krzywą przejściową w płaszczyźnie poziomej (PGS)	
połączenie odcinka o jednostajnym pochyleniu z łukiem pionowym	

(22) W przypadku lokalizowania słupów trakcyjnych lub trakcyjno-oświetleniowych w obszarze skrzyżowania, w celu zmniejszenia zagrożenia zaklinowania samochodu pomiędzy słupem a tramwajem, w wyniku zderzenia pojazdu z tramwajem, w miarę możliwości słupy odsuwa się od osi toru o co najmniej 1,5 m w stosunku do typowej odległości, zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 7.5.2.3 (dla toru pojedynczego). Długość strefy wolnej od przeszkód za skrzyżowaniem dobiera się w zależności od prędkości do projektowania (w trudnych warunkach prędkości dopuszczalnej) według tab. 7.5.2.3. Strefę wolną od przeszkód wykonuje się za skrzyżowaniem dla wszystkich kierunków jazdy tramwaju.

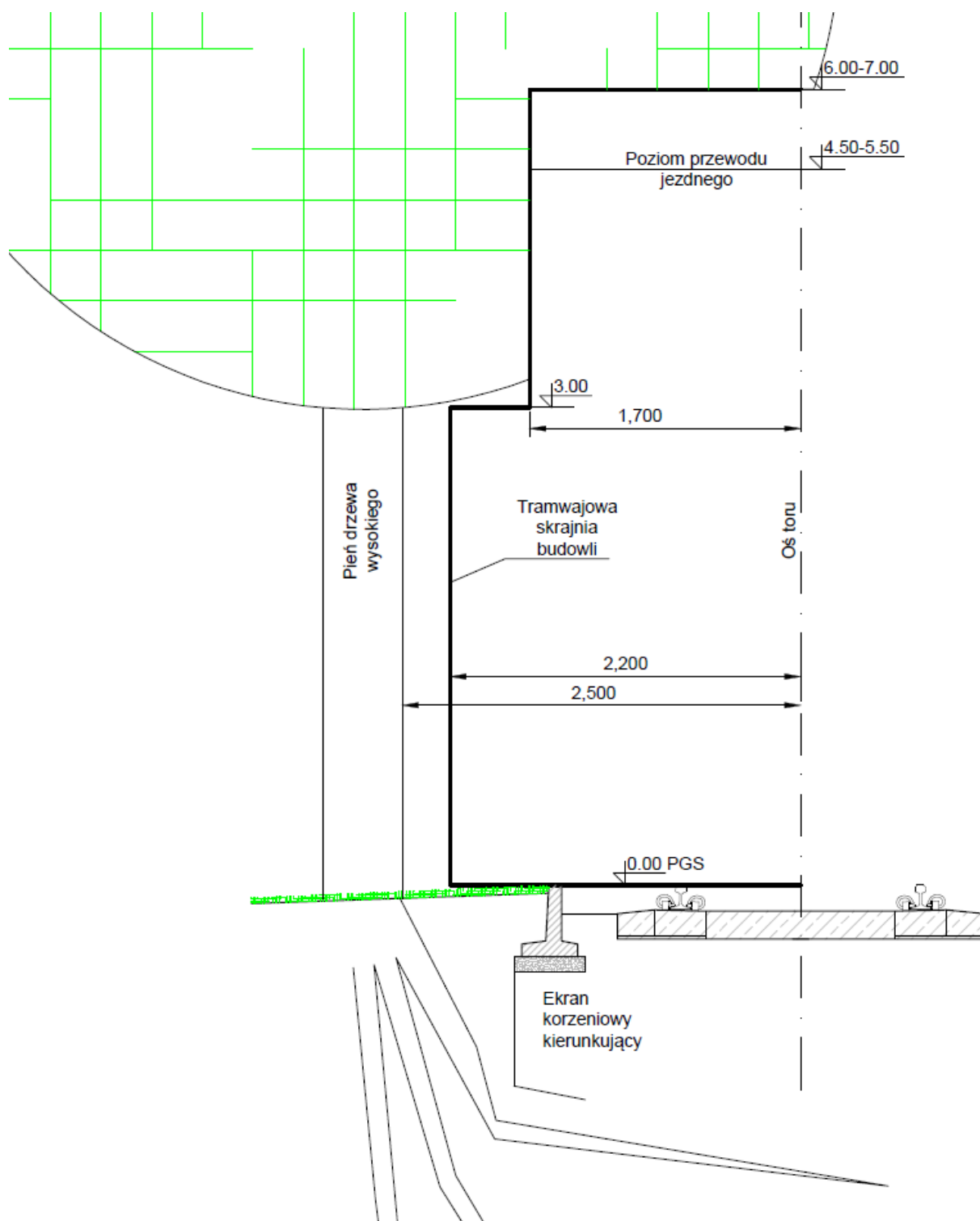


Rys. 7.5.2.9. Zalecane poszerzenie skrajni na długości strefy wolnej od przeszkód

Tab. 7.5.2.3. Długości strefy wolnej od przeszkód w zależności od prędkości

prędkość do projektowania [km/h]	15	20	25	30	35	40	45	50	60
długość strefy wolnej od przeszkód [m]	7	11	15	20	26	32	39	47	66

(23) W przypadku lokalizacji szpaleru drzew wzdłuż trasy tramwajowej, zachowuje się odległości umożliwiające prawidłową vegetację drzew. Korony drzew podcina się w taki sposób, aby nie dochodziło do ich kolizji w sieć trakcyjną oraz jadącym tramwajem, również w czasie silnego wiatru i opadów. Korzenie drzew zabezpiecza się ekranami korzeniowymi przed penetracją korzeni w nawierzchnię i podtorze. Przykład lokalizacji drzew wzdłuż trasy tramwajowej pokazano na rys. 7.5.2.10. W przypadku istniejących szpalerów drzew, dopuszcza się zachowywanie mniejszych odległości od osi toru tramwajowego, za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. Sadząc drzewo wzdłuż torowiska zwiększa się odległość od pnia do tramwajowej skrajni budowlą, przewidując przyszły wzrost jego średnicy. Głębokość ekranów korzeniowych dobiera się indywidualnie dla gatunku drzew oraz wysokości konstrukcyjnej nawierzchni.



Rys. 7.5.2.10. Zalecane odległości drzew od osi toru tramwajowego

### 7.5.3. Rozstaw torów

(1) Minimalny rozstaw torów dobiera się w taki sposób, aby nie dochodziło do wzajemnego przenikania się konturów koniecznej przestrzeni niezabudowanej sąsiadujących ze sobą torów oraz zachodzenia konturów skrajni na przeszkody zlokalizowane na międzytorzu.

(2) W dogodnych warunkach osie torów na dwutorowej trasie tramwajowej projektuje się jako:  
a) równoległe – na odcinkach prostych,  
b) współśrodkowe – na odcinkach położonych w łukach poziomych.

(3) W trudnych warunkach oraz w węzłach rozjazdowych dopuszcza się projektowanie ukształtowania osi torów z pominięciem wymagań dotyczących równoległości oraz współśrodkowości.

(4) Zaleca się projektowanie rozstawów torów  $A_t$  w przypadku dwutorowej trasy tramwajowej bez przeszkód na międzytorzu, na odcinku prostym zgodnie z tab. 7.5.3.1. W trudnych warunkach dopuszcza się przyjmowanie minimalnych wartości rozstawu torów  $A_{min}$ . Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.5.3.1. Rozstawy torów dla dwutorowych tras tramwajowych bez słupów na międzytorzu w zależności od typu trasy**

Szerokość tramwaju [m]	Rozstaw torów $A_t$ [m]			
	TS	TA, TC, TD	TB, TE	$A_{min}$
2,40	3,50	3,00	3,00	2,90
2,50	3,50	3,10	3,00	3,00
2,65	3,50	3,50	3,30	3,15
2,90	4,00	-	-	3,75

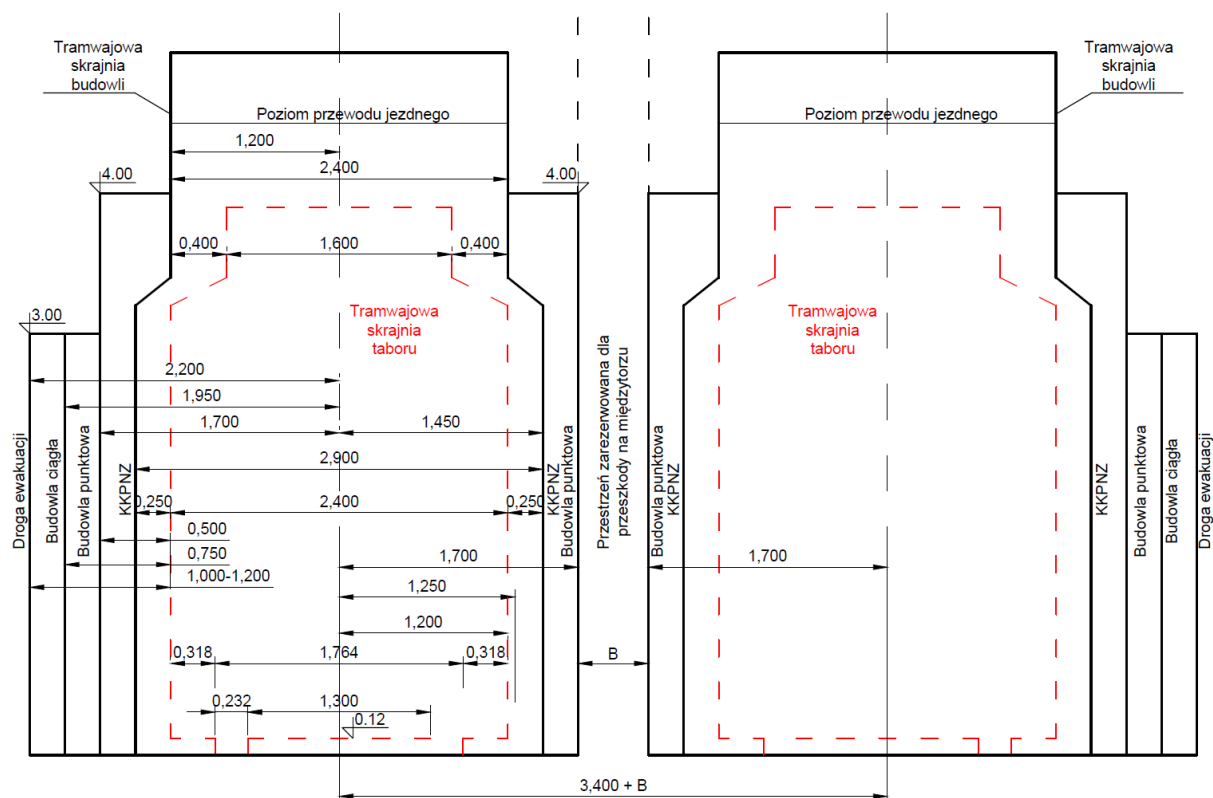
(5) Zaleca się projektowanie rozstawów torów  $A_t$  dla dwutorowej trasy tramwajowej ze słupami trakcyjnymi na międzytorzu, na odcinku prostym zgodnie z tab. 7.5.3.2. W trudnych warunkach dopuszcza się przyjmowanie minimalnych wartości rozstawu torów  $A_{min}$ . Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.5.3.2. Rozstawy torów dla dwutorowych tras tramwajowych ze słupami na międzytorzu w zależności od typu trasy**

Szerokość tramwaju [m]	Rozstaw torów $A_t$ [m]			
	TS	TA, TB, TE	TC	$A_{min}$
2,40	4,50	4,00	4,50	3,90
2,50	4,50	4,10	4,50	4,00
2,65	4,50	4,50	4,50	4,15
2,90	5,00	-	-	4,75

(6) W przypadku występowania przeszkody innej niż słupy trakcyjne na międzytorzu, minimalny rozstaw torów  $A_{min}$  w przekroju, w którym występuje dana przeszkoda, oblicza się według zależności przedstawionych w tab. 7.5.3.3. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. Schemat określania rozstawu torów z przeszkodą na międzytorzu przedstawia rys. 7.5.3.1.





**Rys. 7.5.3.1. Schemat tramwajowej skrajni budowli na dwutorowej trasie tramwajowej z przeszkodami na międzytorzu (dla tramwaju o szerokości 2,4 m)**

**Tab. 7.5.3.3. Minimalne rozstawy torów dla dwutorowych tras tramwajowych z przeszkodą na międzytorzu**

Szerokość tramwaju [m]	$A_{min}$ [m]
2,40	$3,40 + B$
2,50	$3,50 + B$
2,65	$3,65 + B$
2,90	$3,90 + B$

*B* – obliczeniowa szerokość obiektu stałego [m], zgodnie ze wzorem (7.5.3.1)

(7) Obliczeniową szerokość obiektu stałego oblicza się ze wzoru (7.5.3.1):

$$B = b + \Delta b + \Delta c + 2 \cdot \Delta d \quad (7.5.3.1)$$

gdzie:

$B$  – obliczeniowa szerokość obiektu stałego [m],

$b$  – szerokość obiektu stałego [m],

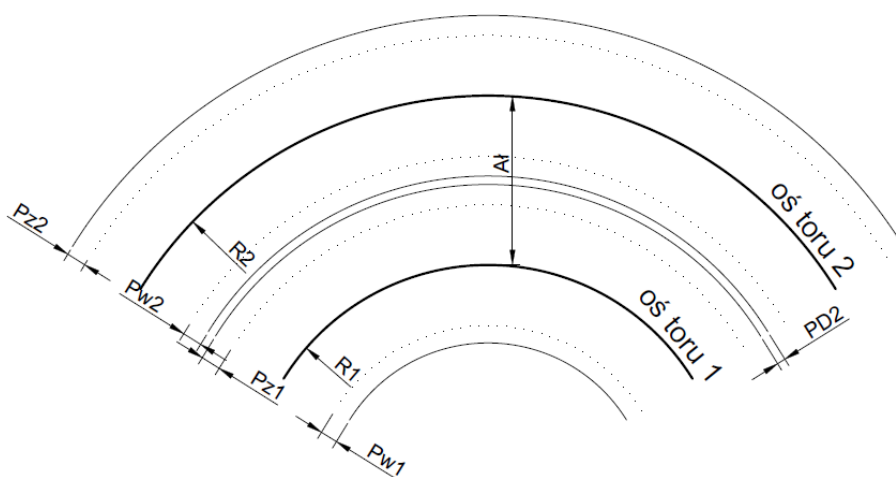
$\Delta b$  – maksymalna dodatnia odchyłka obiektu stałego [m],

$\Delta c$  – pole tolerancji usytuowania nowo zbudowanego obiektu stałego [m],

$\Delta d$  – dopuszczalna deformacja eksploatacyjna obiektu stałego po długotrwałym użytkowaniu [m].

(8) W rejonie peronowych krawędzi dostępu rozstaw torów na trasach typu TC oraz TD zwiększa się odpowiednio w celu zachowania optymalnych szerokości pasów ruchu.

(9) Odcinki torów ułożone w łukach oraz w rejonie początków lub końców łuków oraz w rejonie węzłów rozjazdowych projektuje się w rozstawie  $A_1$  zwiększonym o wartości poszerzeń skrajni oraz o wartość wynikającą z projektowanej przechyłki toru, zgodnie z rys. 7.5.3.2.



**Rys. 7.5.3.2. Schemat poszerzania rozstawu torów na dwutorowej trasie tramwajowej położonej w łuku**

(10) Minimalny rozstaw torów na odcinku łukowym dwutorowej trasy tramwajowej bez przeszkód na międzytorzu oblicza się według wzoru (7.5.3.2):

$$A_1 = A_{min} + P_{z1} + P_{w2} + |P_{D1} - P_{D2}| \quad (7.5.3.2)$$

gdzie:

$A_1$  – minimalny rozstaw torów na odcinku łukowym [m],

$A_{min}$  – minimalny rozstaw torów [m],

$P_{z1}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{w2}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{D1}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{D2}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru zewnętrznego [m].

(11) Minimalny rozstaw torów na odcinku łukowym dwutorowej trasy tramwajowej ze słupami trakcyjnymi lub inną przeszkodą na międzytorzu oblicza się według wzoru (7.5.3.3):

$$A_1 = A_{min} + P_{z1} + P_{w2} + P_{D2} \quad (7.5.3.2)$$

gdzie:

$A_1$  – minimalny rozstaw torów na odcinku łukowym [m],

$A_{min}$  – minimalny rozstaw torów [m],

$P_{z1}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{w2}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{D2}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru zewnętrznego [m].

(12) Dodatkowe poszerzenie rozstawu dwutorowej trasy tramwajowej, wynikające z przechyłki toru, oblicza się według zależności przedstawionej w tab. 7.5.3.4. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

**Tab. 7.5.3.4. Wartości poszerzeń rozstawu torów z uwagi na przechyłkę toru**

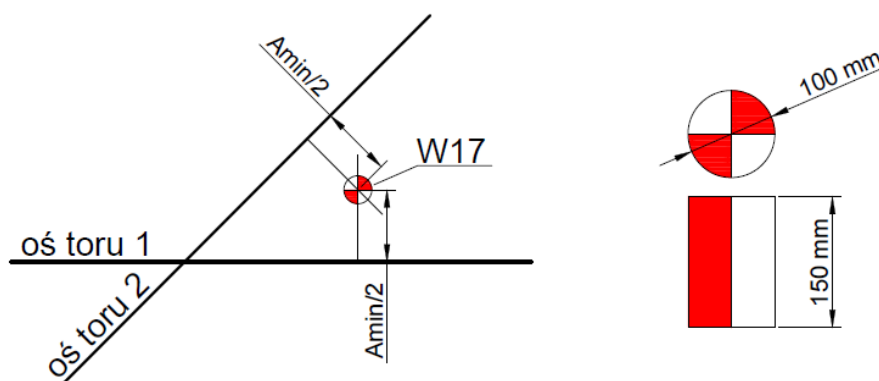
Szerokość tramwaju [m]	Poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę $P_D$ [m]
2,40-2,65	$3,1 \cdot \frac{D}{s}$
2,90	$4,0 \cdot \frac{D}{s}$
gdzie: $D$ – projektowana wartość przechyłki toru [m], $s$ – rozstaw osiowy toków szynowych [mm].	

(13) Zwiększenie rozstawu dwutorowej trasy tramwajowej przed łukiem wykonuje się w taki sposób, aby osiągnąć pożądany rozstaw osi torów na początku łuku przez równomierne poszerzanie rozstawu torów na długości 10 m na odcinku prostym przed łukiem lub przed krzywą przejściową. W przypadku tras z przeszkodami lub słupami na międzytorzu, dopuszcza się, aby

rozstaw minimalny z uwagi na przeszkodę był zachowany wyłącznie w przekroju, w którym występuje przeszkoda, a na pozostałym odcinku zachowany był co najmniej rozstaw jak dla trasy bez przeszkód na międzytorzu.

(14) W rejonie węzłów rozjazdowych, w miejscu zbiegania się torów, wyraźnie oznacza się ukresy, tj. miejsca, w których należy zatrzymać tramwaj, tak aby po drugim torze mógł odbywać się ruch bezkolizyjny. W torowisku wydzielonym ukresy oznacza się wskaźnikiem W17 lub innym za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. Wskaźnik W17 ma postać walca o średnicy 100 mm i wysokości 150 mm, oklejonego folią odblaskową w kolorze białym i czerwonym. Na torowisku wspólnym z jezdnią ukres oznacza się przez zastosowanie punktowego elementu odblaskowego lub dwóch elementów (tak zwanego kociego oczka lub dwóch kocich oczek). Wymiary i kolorystykę punktowego elementu odblaskowego, innego niż wskaźnik W17, ustala zarządca torowiska w uzgodnieniu z operatorem taboru. Zasady umieszczania wskaźnika ukresu przedstawia rys. 7.5.3.3.  $A_{min}$  przyjmuje się tak, jak dla trasy bez przeszkód na międzytorzu (tab. 7.5.3.1), ale z uwzględnieniem poszerzeń wynikających z układu geometrycznego toru. Dopuszcza się ustalenie innej wartości  $A_{min}$ , niż określona w tab. 7.5.3.1, za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru. W przypadku torowisk z zabudową asfaltową dopuszcza się zamontowanie punktowych elementów odblaskowych w osiach zbiegających się torów (po dwa punkty odblaskowe w każdym z torów). Elementy odblaskowe w torze montuje się wówczas na linii łączącej wyznaczone miejsce ukresu z torem pod kątem prostym (linie te są przedstawione na rys. 7.5.3.3).

(15) Znaczenie umieszczonego znaku ukresu lub punktowych elementów odblaskowych powinno być opisane w instrukcji ruchu dla motorniczych.



Rys. 7.5.3.3. Schemat wyznaczania położenia wskaźnika W17 dla oznaczenia ukresu

## 7.5.4. Szerokość torowiska tramwajowego

(1) Szerokość torowiska dwutorowej trasy tramwajowej na szlaku  $C_{min}$  powinna wynosić nie mniej niż określa tab. 7.5.4.1.

Tab. 7.5.4.1. Minimalne szerokości torowiska dwutorowej trasy tramwajowej

Uwarunkowania	Minimalna szerokość torowiska [m] dla tramwajów o szerokości [m]			
	2,40	2,50	2,65	2,90
TS, TA, TB, TE gdy nie ma słupów trakcyjnych lub innych przeszkód na międzytorzu	6,80	7,00	7,30	8,15
TS, TA, TB, TC, TE ze słupami na międzytorzu	7,80	8,00	8,30	9,15
TS, TA, TB, TC, TE z przeszkodami innymi niż słupy trakcyjne na międzytorzu	$7,30 + B$	$7,50 + B$	$7,80 + B$	$8,30 + B$
TC, TD	7,00	7,00	7,15	-

*B* – obliczeniowa szerokość obiektu stałego [m], zgodnie ze wzorem (7.5.4.1)

(2) W trudnych warunkach, jeżeli wzdłuż trasy nie występują budowle ciągłe utrudniające ewakuację, dopuszcza się zmniejszenie szerokości torowiska dwutorowej trasy tramwajowej  $C_{min}$  do wartości nie mniejszej niż określa tab. 7.5.4.2.

**Tab. 7.5.4.2. Minimalne szerokości torowiska dwutorowej trasy tramwajowej w trudnych warunkach**

Uwarunkowania	Minimalna szerokość torowiska [m] dla tramwajów o szerokości [m]			
	2,40	2,50	2,65	2,90
TS, TA, TB, TE gdy nie ma słupów trakcyjnych lub innych przeszkód na międzytorzu	6,30	6,50	6,80	7,65
TS, TA, TB, TC, TE ze słupami na międzytorzu	7,30	7,50	7,80	8,65
TS, TA, TB, TC, TE z przeszkodami innymi niż słupy trakcyjne na międzytorzu	$6,80 + B$	$7,00 + B$	$7,30 + B$	$7,80 + B$
TC, TD	6,00	6,00	6,15	-

$B$  – obliczeniowa szerokość obiektu stałego [m], zgodnie ze wzorem (7.5.4.1).  
Minimalne szerokości torowiska mogą utrudniać lub uniemożliwiać ustawienie znaków drogowych, słupów trakcyjnych lub innych elementów infrastruktury pomiędzy torowiskiem a przyległą jezdnią. Należy zapewnić przestrzeń na lokalizację tych elementów w innym miejscu.

(3) Obliczeniową szerokość obiektu stałego oblicza się ze wzoru (7.5.4.1):

$$B = b + \Delta b + \Delta b_t + 2 \cdot \Delta b_d \quad (7.5.4.1)$$

gdzie:

$B$  – obliczeniowa szerokość obiektu stałego [m],

$b$  – szerokość obiektu stałego [m],

$\Delta b$  – maksymalna dodatnia odchyłka obiektu stałego [m],

$\Delta b_t$  – pole tolerancji usytuowania nowobudowanego obiektu [m],

$\Delta b_d$  – dopuszczalna deformacja eksploatacyjna obiektu stałego po długotrwałym użytkowaniu [m].

(4) Na odcinkach łukowych szerokość torowiska tramwajowego dwutorowej trasy tramwajowej bez przeszkód na międzytorzu oblicza się według wzoru (7.5.4.2):

$$C_t = C_{min} + P_{w1} + P_{z1} + P_{w2} + P_{z2} + |P_{D1} - P_{D2}| \quad (7.5.4.2)$$

gdzie:

$C_t$  – szerokość torowiska na łuku [m],

$C_{min}$  – szerokość torowiska [m],

$P_{w1}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{z1}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{w2}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{z2}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{D1}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{D2}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru zewnętrznego [m].

(5) Na odcinkach łukowych szerokość torowiska dwutorowej trasy tramwajowej ze słupami trakcyjnymi lub inną przeszkodą na międzytorzu oblicza się według wzoru (7.5.4.3):

$$C_t = C_{min} + P_{w1} + P_{z1} + P_{w2} + P_{z2} + P_{D2} \quad (7.5.4.3)$$

gdzie:

$C_t$  – szerokość torowiska na łuku [m],

$C_{min}$  – szerokość torowiska [m],

$P_{w1}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{z1}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru wewnętrznego [m],

$P_{w2}$  – poszerzenie konturu do wnętrza łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{z2}$  – poszerzenie konturu na zewnątrz łuku, dla toru zewnętrznego [m],

$P_{D2}$  – poszerzenie rozstawu torów z uwagi na przechyłkę, dla toru zewnętrznego [m].

(6) Szerokość torowiska tramwajowego ustala się indywidualnie w obrębie przystanków, węzłów rozjazdowych oraz w innych przypadkach szczególnych.

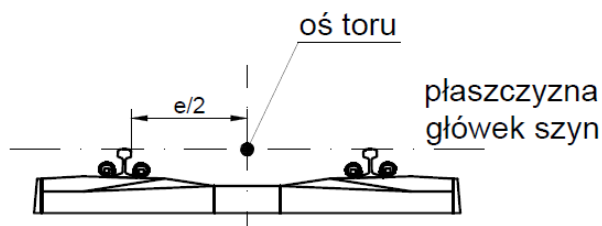
(7) Do szerokości torowiska wlicza się elementy separacyjne, tj. krawężniki lub oznakowanie poziome na torowiskach wspólnych z jezdnią.

### 7.5.5. Szerokość toru

(1) Nominalna szerokość toru  $e$  wynosi 1435 mm lub 1000 mm.

(2) Szerokość toru 1000 mm stosuje się przy budowie, rozbudowie bądź przebudowie infrastruktury torowej istniejących sieci tramwajowych o tej szerokości toru.

(3) Toki szynowe znajdują się w odległości połowy szerokości toru od osi toru, z wyjątkiem tych odcinków, na których wprowadzono zmianę szerokości toru zgodnie z zasadami opisanymi w akapitach od (4) do (8).



Rys. 7.5.5.1. Zależność pomiędzy położeniem osi toru a konstrukcją nawierzchni

(4) Na łukach poziomych o promieniu poniżej 300 m zaleca się stosowanie zwiększonej lub zmniejszonej szerokości toru. Wartości zmienionej nominalnej szerokości toru zależą od szerokości i profilu obręczy kół tramwaju miarodajnego, promienia łuku poziomego oraz od doświadczeń eksploatacyjnych zarządcy torowiska i operatora taboru. Wartości graniczne poszerzeń lub zwężeń nominalnej szerokości toru przedstawia tab. 7.5.5.1. Dopuszcza się przyjmowanie innych wartości oraz rezygnacji ze zmiany szerokości toru za zgodą zarządcy torowiska i operatora taboru.

(5) Na węzłach rozjazdowych na torach położonych w łukach o małym promieniu (poniżej 50 m) dopuszcza się stosowanie poszerzeń szerokości toru, pozostawienie nominalnej szerokości toru jak dla odcinka prostego lub stosowanie zwężeń szerokości toru. Wybrany sposób postępowania powinien zależeć od doświadczeń eksploatacyjnych zarządcy torowiska.

Tab. 7.5.5.1. Szerokości toru na łukach

Graniczne nominalne szerokości toru na łukach	Szerokość toru na łuku [mm]		
	Tor o szerokości nominalnej na odcinkach prostych 1435 mm		
	Trasy wszystkich typów		Trasa typu TS
	Koła o szerokości 90-105 mm	Koła o szerokości 105-120 mm	Koła o szerokości 120-135 mm
maksymalna nominalna szerokość toru	1450	1455	1460
minimalna nominalna szerokość toru	1430	1430	1430
Graniczne nominalne szerokości toru na łukach	Tor o szerokości nominalnej na odcinkach prostych 1000 mm		
	Trasy wszystkich typów		
	Koła o szerokości 90-105 mm		Koła o szerokości 105-120 mm
	Koła o szerokości 90-105 mm		Koła o szerokości 105-120 mm
maksymalna nominalna szerokość toru	1015		1020
minimalna nominalna szerokość toru	995		995

(6) Zmianę szerokości toru uzyskuje się przez odsunięcie lub dosunięcie wewnętrznego toku szynowego w poprzek do osi toru od wartości  $e/2$  do wartości  $e/2 \pm P_e$ . Zmianę szerokości toru wykonuje się stopniowo, na odcinku przed łukiem lub na długości krzywej przejściowej. Poszerzenie lub zwężenie szerokości toru oblicza się ze wzoru (7.5.5.1):

$$P_e = e_R \pm e \quad (7.5.5.1)$$

gdzie:

$P_e$  – poszerzenie/zwężenie szerokości toru [mm],

$e_R$  – szerokość toru na łuku [mm],

$e$  – szerokość toru [mm].

(7) Długość odcinka o zmiennej szerokości toru określa się na podstawie wzoru (7.5.5.2), w taki sposób, aby zmiana szerokości toru na tym odcinku nie przekraczała wartości podanych w tab. 7.5.5.2.

$$L_{e \min} = \frac{P_e}{\left(\frac{de}{ds}\right)_{lim}} \quad (7.5.5.2)$$

gdzie:

$L_{e \min}$  – długość odcinka o zmiennej szerokości toru [m],

$P_e$  – poszerzenie/zwężenie szerokości toru [mm],

$\left(\frac{de}{ds}\right)_{lim}$  – dopuszczalna zmiana szerokości toru na długości [mm/m].

**Tab. 7.5.5.2. Dopuszczalne wartości parametrów geometrycznych do projektowania zwiększonej lub zmniejszonej szerokości toru**

Parametr	Zalecany	W trudnych warunkach
$\left(\frac{de}{ds}\right)_{lim}$	2 mm/m	3 mm/m

(8) Zmianę nominalnej szerokości toru wykonuje się zgodnie ze schematami podanymi w tab. 7.5.5.3.

**Tab. 7.5.5.3. Schematy zmiany nominalnej szerokości toru w rejonie zmiany krzywizny, na przykładzie zwiększenia szerokości toru**

Opis	Schemat
połączenie łuku poziomego z prostą bez krzywej przejściowej	
połączenie łuku poziomego z prostą z krzywą przejściową o długości co najmniej równej minimalnej długości poszerzenia szerokości toru	
połączenie łuku poziomego z prostą z krzywą przejściową o długości mniejszej od minimalnej długości poszerzenia szerokości toru	
połączenie łuku poziomego z prostą oraz łukiem przejściowym o długości mniejszej od minimalnej długości poszerzenia szerokości toru	
połączenie łuków poziomych odwrotnych z wstawką prostą o długości mniejszej od minimalnej długości poszerzenia szerokości toru	





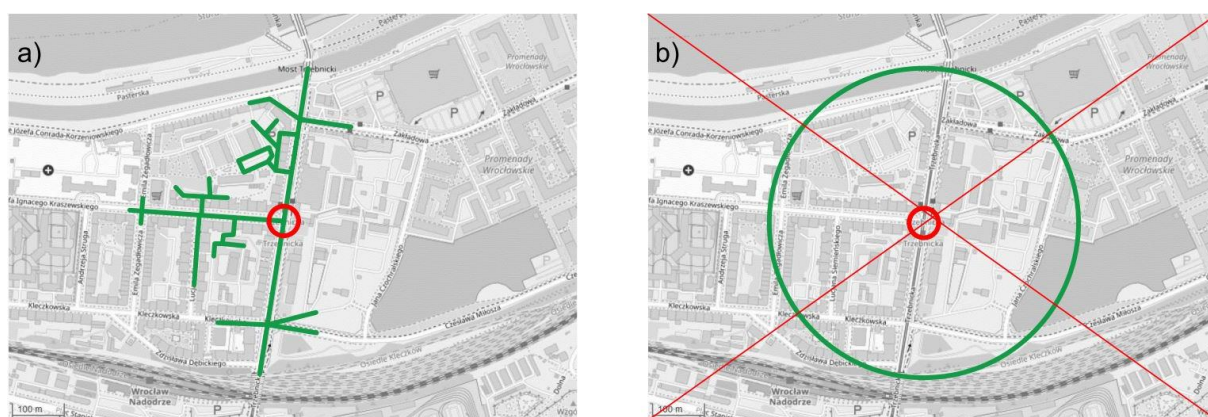
## 8. Projektowanie przystanków tramwajowych

### 8.1. Lokalizacja przystanków

#### 8.1.1. Położenie przystanków w obrębie sieci

(1) Przystanki tramwajowe rozmieszcza się na trasie w miejscach szczególnie dogodnych z punktu widzenia ruchu pieszych oraz w pobliżu znacznych generatorów ruchu, jak dworce kolejowe, duże zakłady pracy, czy centra handlowe, nawet kosztem wydłużenia linii.

(2) Odległości międzyprzystankowe mają istotny wpływ na całkowity czas podróży, liczony „od drzwi do drzwi”. Nowoczesne metody obliczeniowe pozwalają na dokładne przybliżenie zasięgu rejonów ciężenia (zasięgów atrakcyjności) poszczególnych przystanków, ułatwiając zastosowanie optymalnych odległości międzyprzystankowych. Przybliżone wartości odległości międzyprzystankowych określa podrozdział 8.1.2. Nie zaleca się stosowania metody uproszczonej w postaci okręgu oddziaływania przystanku oraz pomijania składnika sumarycznego czasu podróży tramwajem w postaci dojścia pieszego, szczególnie od dużych generatorów ruchu do najbliższych przystanków. Przykładowy sposób wyznaczania zasięgu atrakcyjności przystanku przedstawia rys. 8.1.1.1.



Rys. 8.1.1.1. Wyznaczanie zasięgu atrakcyjności przystanku dla promienia 300 m: a) w sposób prawidłowy, b) w sposób nieprawidłowy

(3) Wyróżnia się dwa podstawowe miejsca lokalizowania przystanków: w węzłach i na odcinkach szlakowych. Przy lokalizacji przystanku należy kierować się również możliwością zapewnienia dogodnego dojścia do peronów, jak wskazano w podrozdziałach 7.3 oraz 8.2.

(4) Jeżeli przystanek położony jest w rejonie skrzyżowania ulic, powinien co do zasady być umieszczony na wlocie skrzyżowania bez sygnalizacji świetlnej i na wylocie skrzyżowania z sygnalizacją świetlną. Dopuszcza się lokalizowanie przystanków w inny sposób, dla ułatwienia przesiadek, pod warunkiem wykazania, że nie pogarsza to czasu przejazdu (w szczególności dotyczy to lokalizacji przystanków na wlocie skrzyżowania z sygnalizacją świetlną).

(5) Przystanki lokalizuje się na prostych odcinkach toru. Wyjątkowo dopuszcza się lokalizowanie przystanków na długości łuków, pod warunkiem zapewnienia motorniczemu dobrej widoczności tej burty pojazdu, gdzie odbywa się wymiana pasażerów. Widoczność może być zapewniona przez zastosowanie własnych lusterek i kamer pojazdu, lusterek zewnętrznych lub kamer i monitorów. Minimalną wartość promienia łuku, przy którym można lokalizować przystanki, określa podrozdział 7.1.2.

(6) Jeżeli peronowa krawędź dostępu położona jest przy torowisku wspólnym z jezdnią, prędkość pojazdów w rejonie przystanku powinna nie przekraczać 50 km/h.

(7) Każdej relacji w węźle zapewnia się możliwość zatrzymania przy przystanku. Zasadą ogólną jest jednorazowe zatrzymanie pojazdu danej linii w węźle, jednak w uzasadnionych przypadkach można z tej zasady zrezygnować. Zatrzymywanie kilku linii przy jednym peronie należy traktować jako ułatwiające przesiadkę.

(8) W trudnych warunkach dopuszcza się podłużne rozsuniecie peronowych krawędzi dostępu w przystanku podwójnym położonych przy tym samym torze na niedużą odległość, np. rozdzielając je przejściem dla pieszych. Rozwiązanie to nie jest zalecane z uwagi na wydłużenie drogi dojścia podczas przesiadki wzdłuż peronu. Wyjątkowo dopuszcza się również w przystankach podwójnych łączenie różnych typów przystanków.

### 8.1.2. Odległości międzyprzystankowe

(1) Odległość pomiędzy sąsiednimi przystankami powinna stanowić kompromis pomiędzy dotrzymaniem założonej prędkości komunikacyjnej a dopuszczalną maksymalną odległością dojścia pieszego, tj. zasięgu atrakcyjności przystanku. Zalecane zakresy odległości międzyprzystankowych przyjmuje się zgodnie z tab. 8.1.2.1.

**Tab. 8.1.2.1. Zalecane zakresy odległości międzyprzystankowych**

Stopień urbanizacji	Odległość [m]				
	TS	TA, TB		TC, TD	TE
		V <sub>dp</sub> = 70 km/h	V <sub>dp</sub> = 50 km/h	V <sub>dp</sub> = 50 km/h	V <sub>dp</sub> = 30 km/h
silna urbanizacja	500-800	500-700	300-500	250-500	200-300
słaba urbanizacja	600-1000	600-800	400-600	300-600	300-500

(2) Odległości międzyprzystankowe mogą ulegać zmianie, np. przez dołożenie nowego przystanku, dla którego uzasadnieniem jest nowo powstały generator ruchu, między dwoma istniejącymi. Położenie przystanków dokładanych w późniejszym etapie powinno zostać przewidziane na etapie projektowania lub przebudowy trasy tramwajowej.

(3) Odległości międzyprzystankowe wyznacza się wzdłuż toru, mierząc dystans pomiędzy miejscami zatrzymania czoła wagonu, a w przystankach podwójnych – czoła wagonu pierwszego.

(4) Na liniach jednotorowych przystanki urządzone są poza mijankami oraz na mijankach. Odstępy między mijankami oblicza się na podstawie wzoru (8.1.2.1). Jeżeli obliczona odległość wynosi nie więcej niż 500 m, zasadna jest budowa linii dwutorowej.

$$M = \frac{V_k \cdot T_0}{120} \quad (8.1.2.1)$$

gdzie:

$M$  – odległość między miejscami zatrzymania czoła tramwaju na sąsiednich mijankach [km],

$V_k$  – prędkość komunikacyjna [km/h],

$T_0$  – czas pomiędzy dwoma tramwajami jadącymi w tym samym kierunku [min].

(5) Na płynność ruchu tramwajów znaczący wpływ mają dwa zagadnienia dotyczące przystanków: odległość między sąsiednimi przystankami oraz równomierność ich rozłożenia. Wynikający stąd minimalny czas następstwa pociągów tramwajowych, przy założeniu idealnych warunków ruchowych, opisany jest wzorem (8.1.2.2). Dopuszcza się stosowanie innych metod obliczeniowych w celu określenia wartości czasu następstwa.

$$T_n = T_z + T_w + T_r + T_h \quad (8.1.2.2)$$

gdzie:

$T_n$  – czas następstwa pomiędzy  $n$ -tym i  $n+1$ -szym tramwajem [s],

$T_z$  – strata czasu na hamowanie  $n$ -tego wagonu przy przystanku [s],

$T_w$  – czas wymiany pasażerów  $n$ -tego tramwaju [s],

$T_r$  – strata czasu na rozpędzanie  $n$ -tego wagonu [s],

$T_h$  – czas potrzebny na przejechanie drogi hamowania przez tramwaj  $n+1$  [s].

(6) Zakłada się minimalny czas następstwa między kolejnymi tramwajami wynoszący 85 s, wyjątkowo 60 s. Czas następstwa może być również skorelowany z długością cyklu na sąsiednich skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną. Optymalną maksymalną intensywnością ruchu jest wypełnienie 80% przepustowości trasy mało podatnej na zakłócenia zewnętrzne

ruchu tramwajów oraz 60% przepustowości trasy podatnej na takie zakłócenia. Dopuszcza się przekroczenie powyższych wartości oraz skrócenie czasu następstwa pod warunkiem wykonania analizy regularności ruchu.

### 8.1.3. Położenie względem istotnych generatorów ruchu

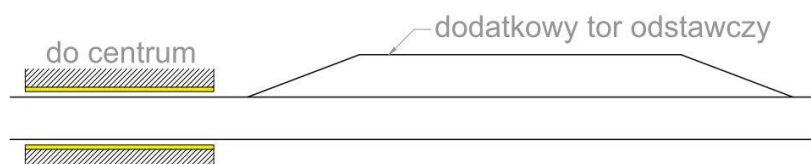
(1) Przystanki lokalizuje się możliwie blisko wejść do istotnych generatorów ruchu. Wyjątkiem od tej zasady są miejsca, gdzie odbywają się imprezy masowe (stadiony, tereny koncertowe itp.). Wtedy, z powodu konieczności wydzielenia grupy pasażerów spośród potoków pieszych, oraz ze względów bezpieczeństwa, zaleca się odsuwanie przystanków na odległość od 100 do 200 m.

(2) Dojście do peronów przystanków położonych przy istotnych generatorach ruchu powinno być możliwie krótkie, o czytelnym układzie przestrzennym oraz pozbawione przeszkód.

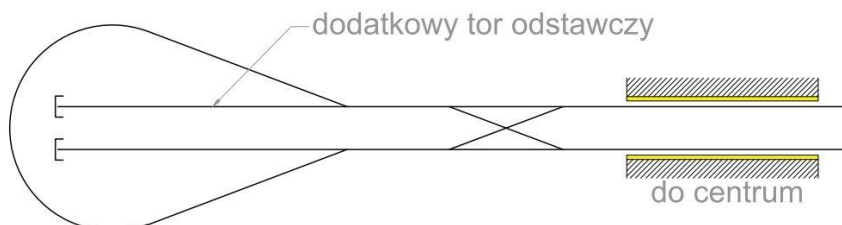
(3) Przystanki przy generatorach ruchu mogą znajdować się w tym samym poziomie, co wejście do obiektu, wyniesione ponad poziom terenu lub zlokalizowane podziemnie.

(4) Układy torowe przystanków przy dużych generatorach ruchu powinny uwzględniać możliwość zgromadzenia odpowiedniej liczby wagonów, stanowiących wzmocnienie linii kursujących normalnie (dodatkowe kursy) lub tworzących linie wzmacniające, tymczasowe. Przykładowe układy torowe takich przystanków przedstawia rys. 8.1.3.1.

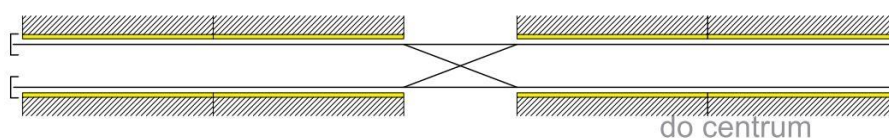
#### a) rozwiązanie uniwersalne, krawędź wysoka na całej długości



#### b) rozwiązanie, w których krawędź tramwajowa jest wysoka, autobusowa obniżona i łączy je rampa



#### c) rozwiązanie, w którym peron autobusowy wysunięty jest poza tor tramwajowy, dzięki czemu pojazdy, które w innych układach stałyby jeden za drugim, mogą zatrzymać się po wymianie pasażerów obok siebie i jednocześnie ruszyć



Rys. 8.1.3.1. Przykładowe układy torowe przystanków przy dużych generatorach ruchu: a) przy szlaku dwutorowym, z dodatkowym torostawczym, b) krańcówka z torami odstawczymi, c) krańcówka z czterema peronami podwójnymi

#### 8.1.4. Przystanki na odcinkach szlakowych

(1) Położenie przystanków na odcinkach szlakowych powinno odpowiadać w optymalny sposób na potrzeby transportowe osób korzystających z danego rejonu ciężenia (mieszkańców, pracowników, uczniów itp.).

(2) Dla zwiększenia promienia dostępu do przystanku, powinny być one lokalizowane w pobliżu ciągów poprzecznych do torów. Do ciągów tego typu zaliczamy ulice poprzeczne, drogi dla pieszych, bramy terenów ogrodzonych i inne.

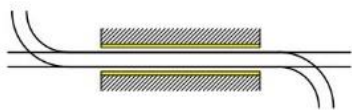
(3) Na odcinkach tras typu *TS*, które są całkowicie odseparowane od innych uczestników ruchu, dopuszcza się prowadzenie ruchu lewostronnego. Korzyścią tego rozwiązania jest możliwość przyjmowania wagonów jednostronnych przy peronach wyspowych.

#### 8.1.5. Węzły przesiadkowe

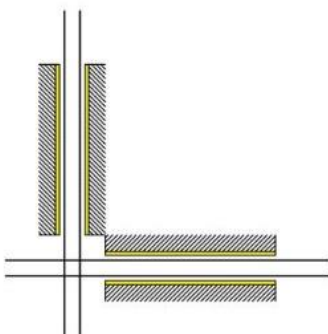
(1) Przystanki w węzłach przesiadkowych powinny stanowić spójne układy przestrzenne, gdzie istotne znaczenie ma dobra widoczność i czytelność układu ze względu na bezpieczeństwo, możliwość bezpiecznego przechodzenia pasażerów pomiędzy peronami poszczególnych relacji, z jak najmniejszą liczbą relacji kolizyjnych, ponadto z minimalizacją dróg dojścia oraz brakiem konieczności przekraczania jezdni z intensywnym ruchem pojazdów. Zalecane są dojścia z obu końców i obu stron przystanku pojedynczego, dla przystanku podwójnego są wymagane. W trudnych warunkach dopuszcza się, aby jedno z przejść obsługujących przystanek podwójny rozdzielało peronowe krawędzie dostępu jednego przystanku.

(2) Układy przestrzenne węzłów przesiadkowych są wynikiem ich położenia w przestrzeni miejskiej, najczęściej na przecięciach ulic i placach. Ułożenie torów tramwajowych i przystanków stanowi pochodną rozmieszczenia wlotów ulic oraz dostępnego miejsca w pobliżu przecięcia torów. Należy podkreślić, że w węzłach przesiadkowych układ geometryczny torowisk powinien mieć pierwszeństwo projektowe przed układem jezdni. Przykładowe układy torowe węzłów przesiadkowych przedstawia rys. 8.1.5.1.

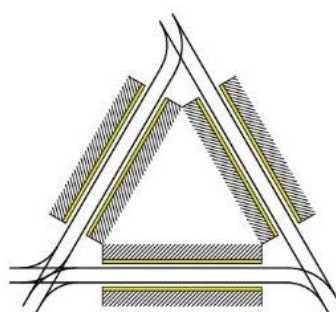
a) ze wspólnym odcinkiem na długości peronów



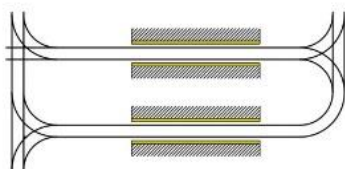
b) na skrzyżowaniu ciągów przecinających się



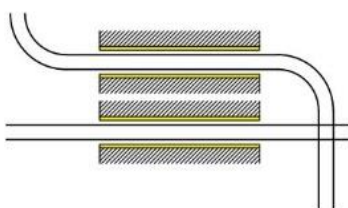
c) w układzie trójkątnym



d) w układzie pętli



e) w układzie liniowym



Rys. 8.1.5.1. Przykładowe układy torowe węzłów przesiadkowych

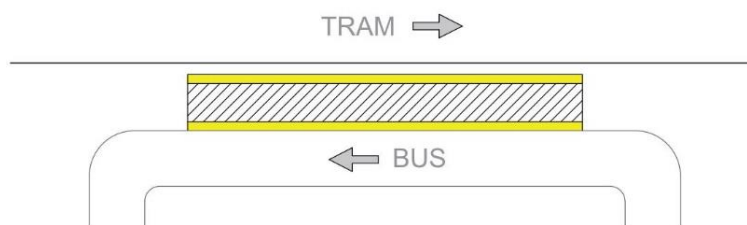
(3) Układ geometryczny torów w węzłach rozjazdowych konstruuje się zgodnie z zasadami określonymi w podrozdziale 7.2.6.

(4) Optymalizacja układów torowych węzłów przesiadkowych powinna uwzględniać:

- a) w pierwszej kolejności – rozmieszczenie peronów przy prostych odcinkach torów,
- b) w drugiej kolejności – ograniczenie zużycia torów i rozjazdów przez zwiększenie ich promieni,
- c) w trzeciej kolejności – skrócenie dróg dojścia do peronów oraz pomiędzy peronami.

(5) Układy torowe węzłów przesiadkowych projektuje się w sposób redundantny, tzn. zapewniający możliwość prowadzenia ruchu w sytuacjach odbiegających od stanu zwyczajnego (remonty, awarie). Klasycznym przykładem takiego projektowania są tzw. łącznice awaryjne, nie używane w ruchu liniowym.

(6) W węzłach przesiadkowych, gdzie torowisko lub jezdnia dla autobusów są wyłączone z ruchu ogólnego, dopuszcza się prowadzenie ruchu lewostronnego. Korzyścią płynącą z takiego rozwiązania jest istotne skrócenie dróg dojścia podczas przesiadki, realizowanej jako przyjęcie dwóch pojazdów przy równoległych peronowych krawężniach dostępu peronu dwukrawędziowego. Schemat takiego rozwiązania przedstawia rys. 8.1.5.2.



Rys. 8.1.5.2. Przykład peronu dwukrawędziowego na przystanku tramwajowo-autobusowym, skracającego drogi przesiadki

(7) W tych punktach węzłów przesiadkowych, gdzie rozdzielają się główne strumienie ruchu pieszych, umieszcza się zbiorcze tablice informacji dynamicznej, pokazujące w trybie normalnym najbliższe odjazdy pojazdów komunikacji miejskiej, wspólne dla wszystkich peronów, (nie mniej niż 6 wierszy) oraz ewentualne zakłócenia i objazdy.

## 8.2. Rodzaje peronów

(1) Wyróżnia się następujące rodzaje peronów (rys. 8.2.1):

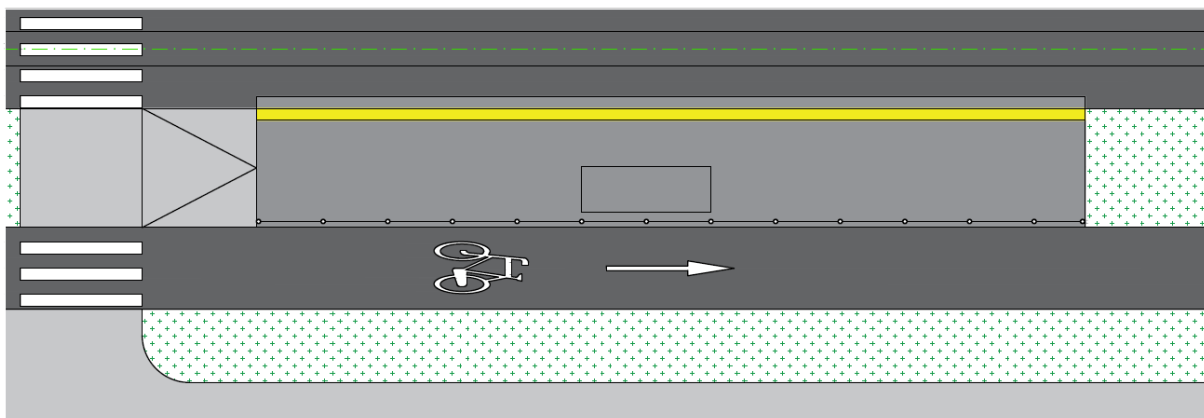
- a) bezpośrednie (wyspowe, antyzatoki i inne),
- b) pośrednie (wiedeńskie, z podniesionym pasem wsiadania oraz tzw. dochodzone).

(2) Jeżeli pomiędzy torem a drogą dla pieszych jest jezdnia, wsiadanie może odbywać się z peronu wyspowego, peronu wiedeńskiego, krawędzi peronowej z podniesionym pasem wsiadania, antyzatoki i innych. Przy torach położonych obok drogi dla pieszych wsiadanie może odbywać się z peronu zintegrowanego z drogą dla pieszych.

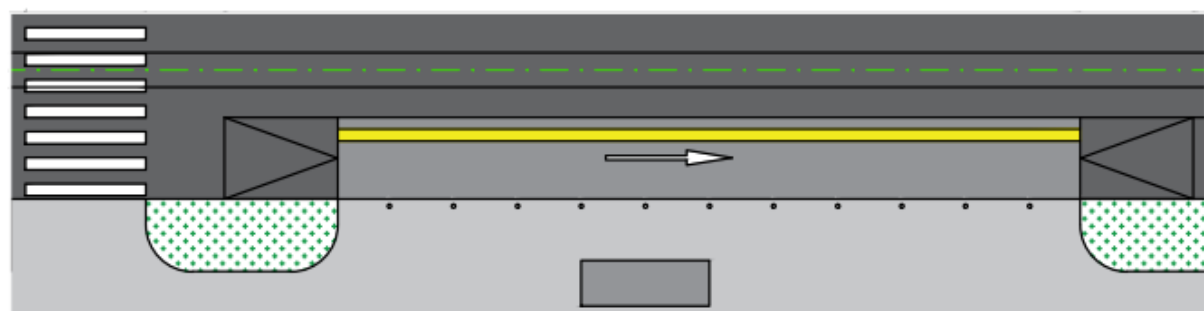
(3) Podstawową formę kształtowania peronów stanowi peron wyspowy, zapewniający pasażerom odpowiedni poziom bezpieczeństwa i komfortu. Składa się z platformy wyniesionej ponad poziom otoczenia oraz dojść. Wymiana pasażerów na przystankach wyspowych może odbywać się przez jedną (przystanek jednokrawędziowy) lub dwie (przystanek dwukrawędziowy) peronowe krawędzie dostępu. Ze względu na znaczną szerokość, peron wyspowy może okazać się trudny do zastosowania w wąskich przekrojach ulicznych, szczególnie jednojezdniowych. Wtedy można zastosować jedną z pozostałych form.



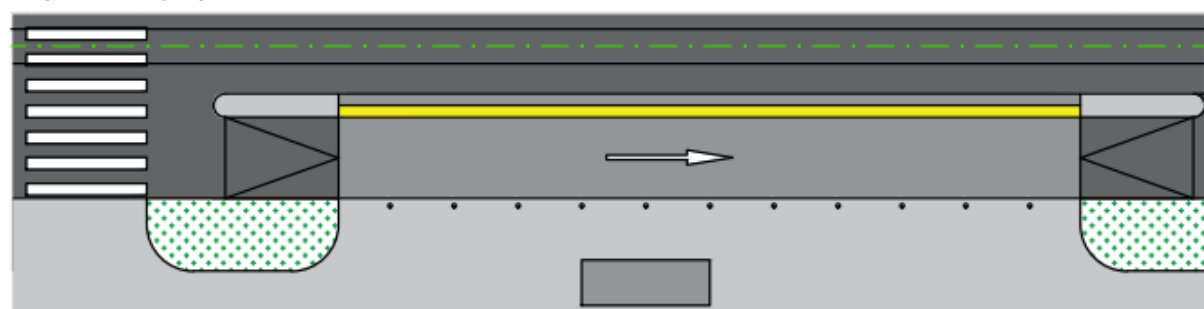
#### a) wyspowy



#### b) wiedeński



#### c) z podniesionym pasem wsiadania



#### d) antyzatoka



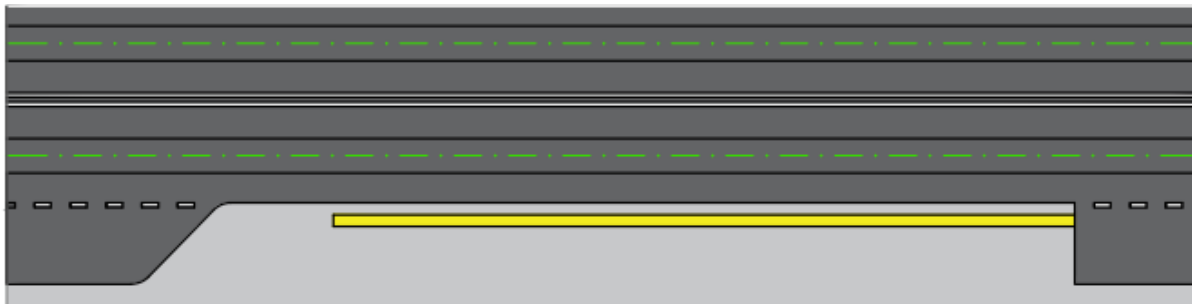
Rys. 8.2.1. Wybrane rodzaje peronów

(4) Peron w formie antyzatoki charakteryzuje się wzajemnym zbliżeniem torowiska i krawężnika (rys. 8.2.2), najczęściej przez przysunięcie krawężnika bliżej toru. Często peron tego typu na całej długości jest połączony z drogą dla pieszych, co wymaga ich wzajemnego dopasowania wysokościowego. Jeżeli po jezdni ulicy prowadzony jest ruch autobusów, najczęstszą praktyką jest pozostawienie normatywnej szerokości pasa ruchu przy jednoczesnym dosunięciu torowiska do peronowej krawędzi dostępu. Peron w formie antyzatoki wymaga na swojej długości większego rozstawu osiowego torów, aby umożliwić mijanie pojazdu samochodowego z tramwajem z naprzeciwka lub dwóch pojazdów samochodowych ze sobą. Aby uniemożliwić

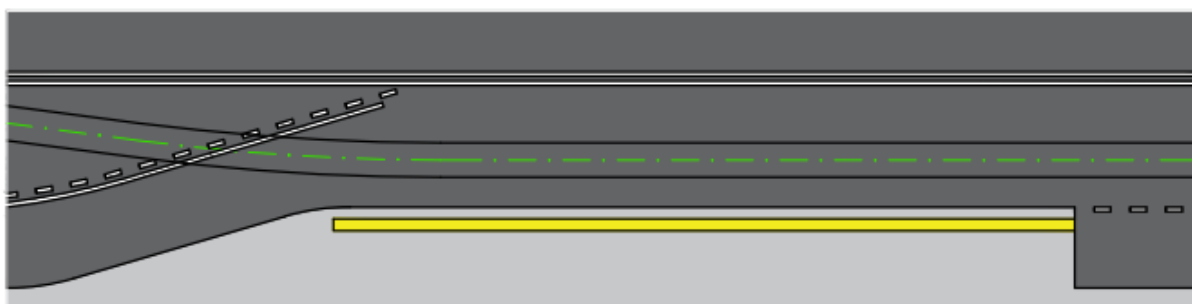


wyprzedzanie pojazdu wymieniającego pasażerów, częstą praktyką przy szerokich międzytorzach jest stosowanie wysp czopujących (rys. 8.2.2c). Kształtując antyzatokę uwzględnia się ruch rowerów, tak aby kierujący rowerami nie byli zmuszani do przejeżdżania przez szyny pod ostrym kątem. Ruch rowerów w takiej sytuacji prowadzi się między peronem i drogą dla pieszych lub przez peron (peron wiedeński tylko dla rowerów).

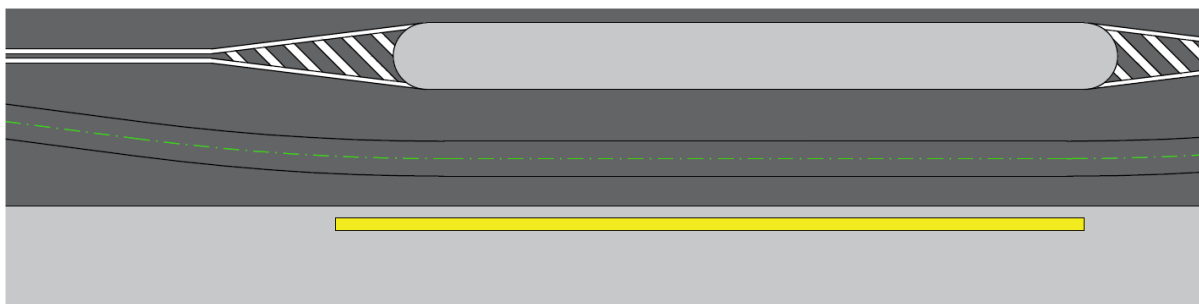
**a) bez przesunięcia osi toru**



**b) z przesunięciem osi toru**



**c) z dosunięciem toru do krawężnika i wyspą czopującą**



**Rys. 8.2.2. Przykłady kształtowania przystanków typu „antyzatoka” w planie**

(5) Peron wiedeński charakteryzuje się prowadzeniem ruchu przez powierzchnię peronu, wyniesionego ponad torowisko oraz ponad jezdnię przez i za peronem. Uzasadnieniem dla stosowania peronu wiedeńskiego, oprócz małej szerokości ulicy, jest zagrożenie opóźnienia przejazdu tramwaju przez kolejkę samochodów, bądź brak możliwości poszerzenia rozstawu torów. Rampy najazdowe na perony wiedeńskie kształtuje się w taki sposób, aby wymusić ograniczenie prędkości pojazdów do 20-30 km/h. Należy też zwrócić uwagę na utrudnienia w ruchu pieszych przez zawężenie drogi dla pieszych, zarówno przez pasażerów czekających na tramwaj (i być może wyposażenie przystanku), jak też przez konieczność zapewnienia odpowiedniej szerokości pasa ruchu na peronie wiedeńskim, często większej niż szerokość jezdni lub pasa ruchu prowadzących do tego peronu. Projektując perony wiedeńskie na przystankach tramwajowo-autobusowych, zakłada się obsługę autobusów przy tej samej krawędzi co obsługę tramwajów oraz zapewnia się odpowiednio większy rozstaw osiowy torów. Peron wiedeński może być przeznaczony w całości lub w części na przestrzeń do ruchu pojazdów – jeżeli tylko część peronu służy przejazdowi pojazdów, pozostała część stanowi pas zabudowy i pas powierzchni użytkowej. Do długości peronu wiedeńskiego nie wlicza się ramp najazdowych prowadzących do wyniesionego fragmentu pasa ruchu.

(6) Peron pośredni na jezdni (tzw. przystanek dochodzony) stanowi rozwiązanie o niskim poziomie bezpieczeństwa pasażerów, zarówno ze względu na przecinanie toru jazdy samochodów, jak też na brak wyraźnego zaznaczenia na jezdni przystanku (np. przez jego podniesienie). Brakuje też przestrzeni zabudowy i użytkowej peronu, a wsiadanie jest utrudnione przez różnicę wysokości jezdni i podłogi tramwaju. Przystanki tego typu zaleca się przebudowywać na perony przy okazji wykonywania najbliższych robót budowlanych.

(7) Krawędź peronowa z podniesionym pasem wsiadania oraz przystanek wiedeński ułatwiają wsiadanie do tramwaju, powiela natomiast pozostałe wady przystanków pośrednich, dlatego przystanki takie zaleca się przebudowywać na perony bezpośrednio przy okazji wykonywania najbliższych robót budowlanych.

(8) Peron chodnikowy lokalizuje się między drogą dla pieszych i torowiskiem tramwajowym, przez poszerzenie ulicy lub kosztem pasa roślinności lub innego pasa w przestrzeni ulicy; peron może przylegać do drogi dla pieszych lub być od niej oddzielonym pasem roślinności. Peron chodnikowy składa się z platformy wyniesionej ponad torowisko, co zapewnia pasażerom odpowiedni poziom bezpieczeństwa i komfortu. Peron chodnikowy wymaga odpowiedniej szerokości – jeżeli ze względu na szerokość ulicy nie da się zastosować pełnowymiarowego peronu chodnikowego, należy go zaprojektować łącznie z szerokością drogi dla pieszych. W takiej sytuacji należy sprawdza się funkcjonalność drogi dla pieszych, na której pasażerowie będą czekać na tramwaj, utrudniając przejście pieszym.

### 8.3. Przystanki tymczasowe

(1) Dopuszcza się wykonywanie peronów przystanków tymczasowych w formie uproszczonej, jako konstrukcje prefabrykowane, modułowe lub drewniane. Dopuszcza się wykorzystywanie elementów podestów i rusztowań budowlanych jako przystanków tymczasowych, pod warunkiem zapewnienia bezpieczeństwa pasażerom.

(2) Dopuszcza się ograniczenie elementów wyposażenia przystanku tymczasowego do nawierzchni z peronową krawędzią dostępu, linii ostrzegawczej, pylonu informacyjnego z informacją w postaci wydruków oraz kosza na śmieci. Przystanki tymczasowe planowane do eksploatacji dłuższej niż 3 miesiące powinny mieć dodatkowo ścieżkę prowadzącą. Zasady stosowania ogrodzeń i poręczy oraz konstruowania dojazdów są takie same, jak na przystankach stałych. Nie dopuszcza się stosowania nawierzchni gruntowej.

(3) Nie zaleca się wyznaczania przystanków tymczasowych jako „dochodzonych” przez pas ruchu oraz z wsiadaniem z poziomu jezdni. Nie dopuszcza się wyznaczania przystanków tymczasowych jako „dochodzonych” przez dwa lub więcej pasy ruchu.

### 8.4. Podstawowe charakterystyki techniczne peronów

(1) Do podstawowych charakterystyk peronu zalicza się m.in.:

- a) szerokość peronu,
- b) wysokość krawędzi dostępu ponad PGS,
- c) odległość krawędzi dostępu od osi toru,
- d) podział peronu na pas zabudowy, pas powierzchni użytkowej oraz strefę zagrożenia,
- e) nawierzchnię peronu, w tym elementy systemu fakturowych oznaczeń nawierzchni dla osób ze szczególnymi potrzebami,
- f) dojeżdża do peronu,
- g) elementy wyposażenia peronu, w tym urządzenia do oświetlenia i małą architekturę.

(2) Peron przystanku projektuje się w taki sposób, aby zapewnić prawidłowe powiązanie przestrzenne krawędzi dostępu z progiem wagonu. Podstawowym kryterium jest tu właściwy dobór wielkości szczeliny poziomej  $Sh$  i pionowej  $Sv$ , która ma przyjąć rozmiar na tyle mały, aby umożliwić autonomiczne wsiadanie pasażerom ze szczególnymi potrzebami, a jednocześnie wystarczająco duży, aby zminimalizować ryzyko kolizji pojazdu z peronem w dowolnym momencie eksploatacji systemu.

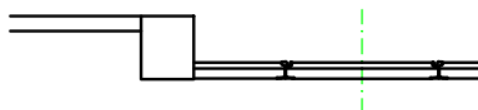
(3) Odpowiednie wielkości szczelin osiąga się, stosując po stronie peronu rozwiązania stałe (bez możliwości regulacji), oraz rozwiązania regulowane. Elementy ruchome mogą być stosowane w taborze i peronie, jednak osadzone w infrastrukturze, jak wysuwana krawędź peronowa, nie są rekomendowane do stosowania z uwagi na wysokie koszty eksploatacji. Wdrażając konkretne rozwiązanie należy upewnić się co do wzajemnej kompatybilności infrastruktury z taborem (por. podrozdział 5.4).

(4) Do czasu opracowania rozwiązań docelowych, dopuszcza się stosowanie tymczasowych metod utrzymujących ruszt torowy nawierzchni podsypkowej w niezmnieszonej odległości od krawędzi dostępu, stosowane co 6.-10. podkład. Zalicza się do nich: odpowiednio wydłużone podkłady drewniane, przymocowane do podkładów belki z odpowiednio dociętych podkładów drewnianych, pręty gwintowane mocowane poziomo do podkładów i inne.

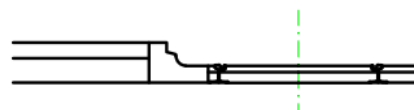
### 8.4.1. Konstrukcja peronu

(1) Perony tramwajowe wykonuje się tak, jak powierzchnie dedykowane do ruchu pieszych. Nawierzchnia od strony toru ograniczona jest opornikiem, jednocześnie stanowiącym peronową krawędź dostępu lub podporą krawędzi dostępu. Przykłady konstrukcji krawędzi peronów przedstawia rys. 8.4.1.1.

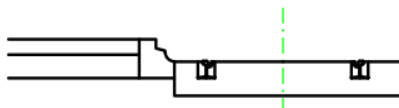
a) krawędź prosta, betonowa, polimerobetonowa lub kamienna



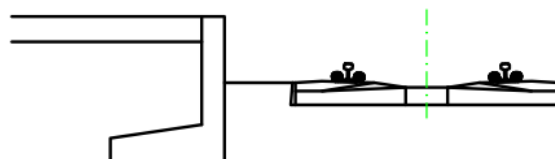
b) krawędź systemowa tramwajowo-autobusowa z długą podstawą



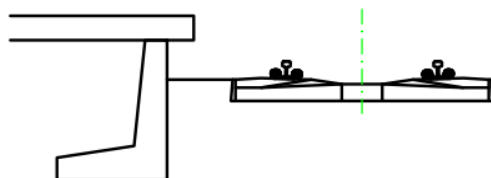
c) krawędź systemowa tramwajowo-autobusowa z krótką podstawą



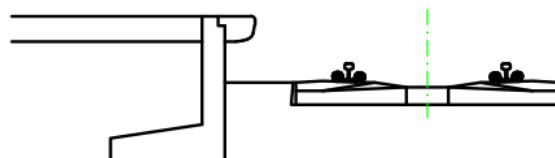
d) opornik L stanowi peronową krawędź dostępu



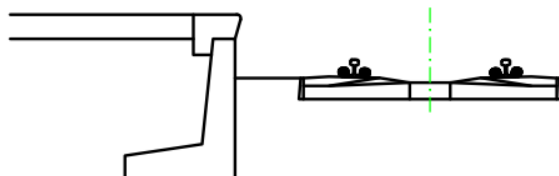
e) system L+P



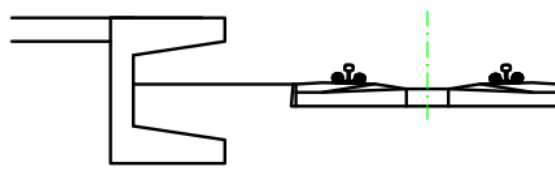
f) stała nakładka na opornik (gumowa) stanowi peronową krawędź dostępu



g) betonowe zwieńczenie opornika stanowi peronową krawędź dostępu



h) prefabrykat wewnętrzny stanowi peronową krawędź dostępu

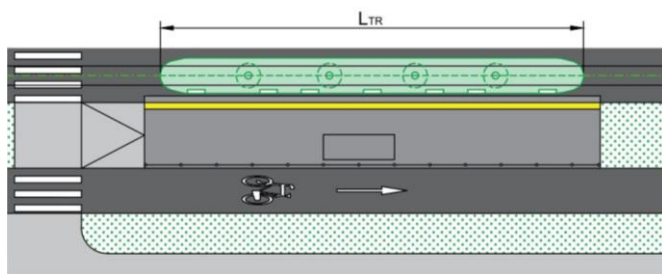


Rys. 8.4.1.1. Przykładowe sposoby konstrukcji krawędzi peronów

(2) W nawierzchni peronu projektuje się system fakturowych oznaczeń nawierzchni, składający się z pasów prowadzących, pól uwagi i pasów ostrzegawczych, zgodnie z WR-D-41-2.

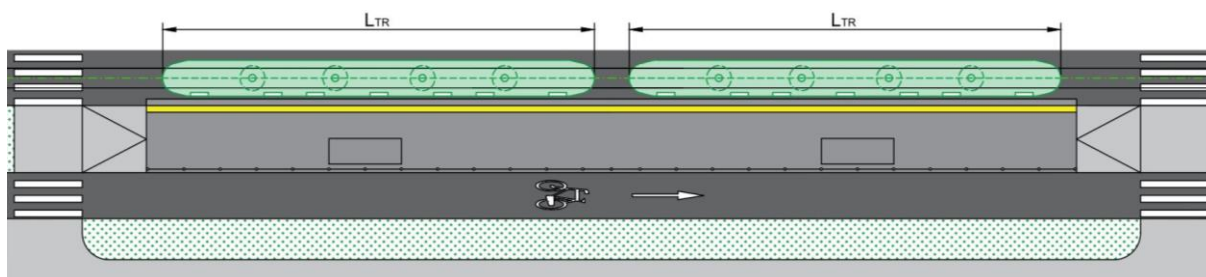
### 8.4.2. Długość peronu

(1) Długość peronu wyznacza się, uwzględniając długość tramwaju miarodajnego dla danej sieci, zgodnie z zasadą przedstawioną na rys. 8.4.2.1. Jeżeli w obrębie sieci kursują wagony o różnych długościach miarodajnych  $L_{TR}$ , np. 32 m i 43 m, przed wyznaczeniem długości peronu przyjmuje się założenia odnośnie do przypisania wagonów do danych tras. Jeżeli przy peronie może zostać obsłużony wagon dowolnego typu używanego w sieci, przyjmuje się maksymalną wartość  $L_{TR}$ . Natomiast, gdy dana trasa dedykowana jest wagonom krótszym, mimo że w sieci kursują też wagony dłuższe, dopuszcza się przyjęcie takiej wartości  $L_{TR}$ , jaka jest właściwa dla tej konkretnej trasy. Długości miarodajne  $L_{TR}$  wyznacza się dla wagonu tramwajowego przy kursowaniu wagonów pojedynczych oraz dla całego pociągu tramwajowego, przy dwóch lub większej liczbie wagonów.



Rys. 8.4.2.1. Przystanek pojedynczy

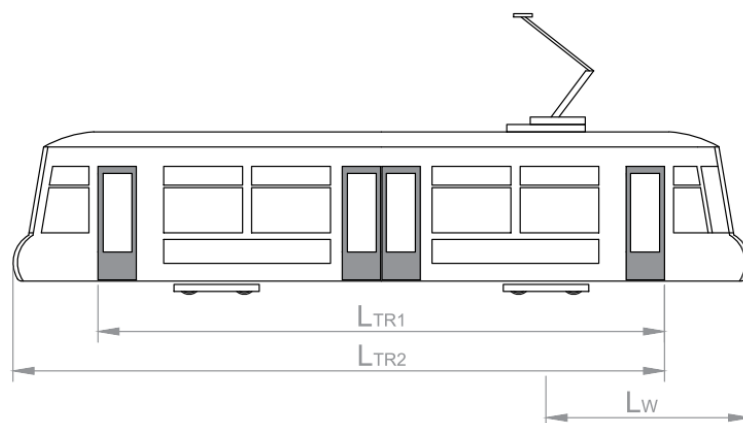
(2) W obrębie sieci stosuje się przystanki pojedyncze i przystanki podwójne. Przystanek pojedynczy wyposażony jest w peronową krawędź dostępu o długości pozwalającej na przyjęcie jednego tramwaju miarodajnego, przystanek podwójny – jednocześnie dwóch tramwajów miarodajnych. Zasadę tę przedstawia rys. 8.4.2.2. Stosowanie przystanków przyjmujących jednocześnie trzy i więcej pojazdów dopuszczalne jest jedynie przy stałym przypisaniu miejsc zatrzymania danej linii do konkretnych odcinków krawędzi peronowych (stanowisk postojowych).



Rys. 8.4.2.2 Przystanek podwójny

(3) Możliwe jest zmniejszenie długości peronu przystanku podwójnego do wartości  $2L_{TR} + 3$  m. W warunkach trudnych dopuszcza się zastąpienie długości  $L_{TR}$  wymiarem  $L_{TR1}$  powiększonym o 2 m dla przystanków pojedynczych oraz  $2L_{TR2}$  powiększonym o 5 m dla przystanków podwójnych, które wyznacza się zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 8.4.2.3. Długości  $L_{TR1}$  wyznacza się od skrajnych drzwi tramwaju miarodajnego zaś długość  $L_{TR2}$  od przedniej krawędzi pierwszych drzwi do tyłu wagonu dla tramwaju stojącego jako pierwszy oraz od czoła do tylnej krawędzi ostatnich drzwi dla tramwaju stojącego jako drugi.

(4) Jeżeli przystanek podwójny ma obsługiwać ruch tramwajów i autobusów lub trolejbusów, a z założeń ruchowych wynika, że nie będzie przy nim prowadzona jednoczesna obsługa dwóch tramwajów, długość peronu można zmniejszyć, przyjmując za jedno z  $L_{TR}$  długość autobusu pojedynczego lub przegubowego, zgodnie z przewidywanym przypisaniem do linii. Niezależnie od rodzaju obsługiwanych pojazdów, należy przewidzieć minimalny odstęp między tyłem pojazdu pierwszego a czołem pojazdu drugiego wynoszący 1 m.



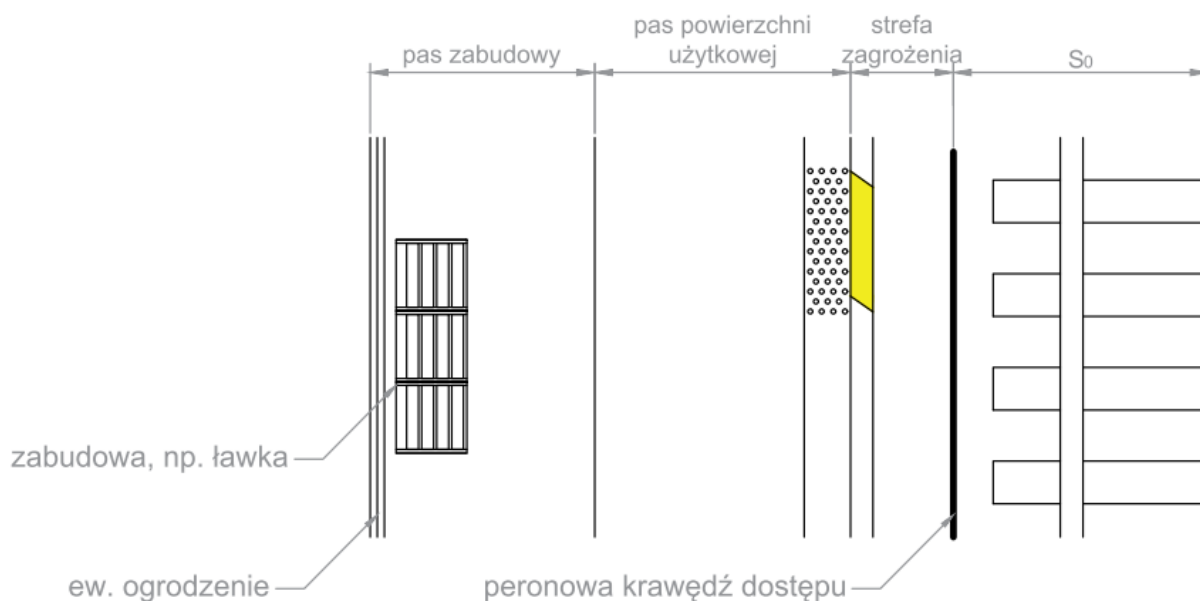
Rys. 8.4.2.3. Sposób wyznaczania długości  $L_{TR1}$ ,  $L_{TR2}$  oraz  $L_W$

(5) Układ geometryczny torów w pobliżu peronów projektuje się w taki sposób, aby umożliwić wydłużenie peronu do obsługi wagonami o większej  $L_{TR}$  lub przebudowę przystanku pojedynczego na podwójny bez nadmiernej ingerencji w przyległą infrastrukturę. Jeżeli tor bezpośrednio przed lub za peronową krawędzią dostępu położony jest w łuku, często zachodzi konieczność sprawdzenia możliwej kolizji między pudłem wagonu a peronem. W tym celu przydatna jest znajomość długości  $L_W$ , oznaczającej odległość między czołem (lub końcem) wagonu a pionową osią obrotu najbliższego wózka.

(6) Długości ramp i schodów kończących peron nie wlicza się do jego długości.

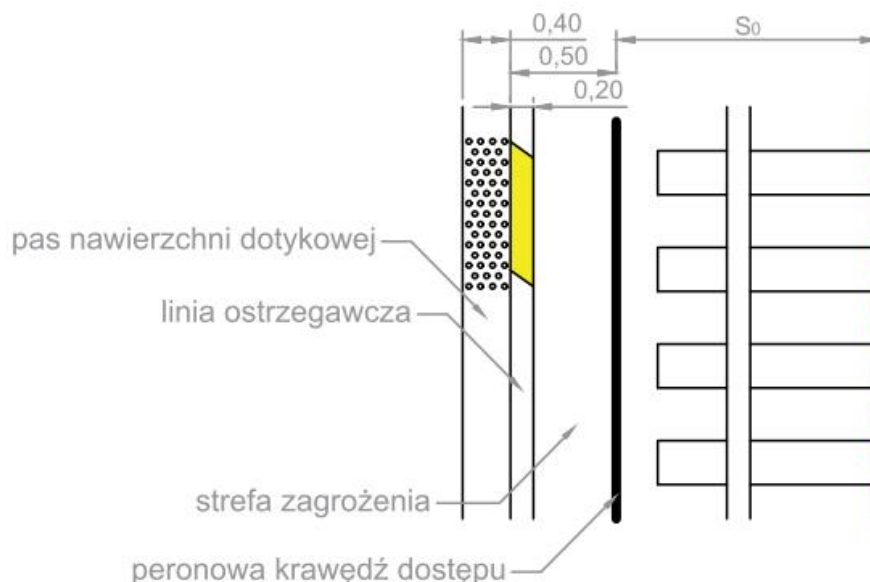
### 8.4.3. Szerokość peronu

(1) Szerokość peronu powinna obejmować: pas zabudowy, pas powierzchni użytkowej oraz strefę zagrożenia, co pokazano na rys. 8.4.3.1. Pas zabudowy jest zalecaną przestrzenią, w której można sytuować jedno- i dwupoziomowe wejścia na peron, wiaty, słupy, konstrukcje wsporcze czy elementy małej architektury, tak aby nie utrudniać poruszania się podróżnym. Pas zabudowy umieszczony jest między pasem powierzchni użytkowej i krawędzią nieaktywną peronu, albo między dwoma pasami powierzchni użytkowej. Pas powierzchni użytkowej jest obszarem peronu, który znajduje się pomiędzy pasem zabudowy a strefą zagrożenia. Strefa zagrożenia rozciąga się od krawędzi wsiadania, prostopadle do osi toru i definiowana jest jako obszar, w którym pasażerom nie wolno przebywać w trakcie przejazdu lub przyjazdu pojazdu.



Rys. 8.4.3.1. Podział peronu na pasy zagospodarowania powierzchni

(2) Strefę zagrożenia oznacza się dotykowym pasem ostrzegawczym o stałej szerokości 0,40 m w kolorze naturalnego betonu i ostrzegawczą linią o stałej szerokości 0,20 m w kolorze żółtym. Zalecana szerokość strefy zagrożenia wynosi 0,50 m, zaś minimalna – 0,30 m. W przypadku braku dostępnej przestrzeni na pełną szerokość peronu, zaleca się w pierwszej kolejności ograniczanie szerokości pasa zabudowy, w ostatniej – strefy zagrożenia. Zaleca się wykonywanie fragmentu nawierzchni peronu między krawędzią wsiadania a linią ostrzegawczą z betonu białego barwionego w masie lub kamienia naturalnego o jasnej barwie. Przykład kształtowania strefy zagrożenia pokazano na rysunku 8.4.3.2.



Rys. 8.4.3.2. Przykład strefy zagrożenia na peronie

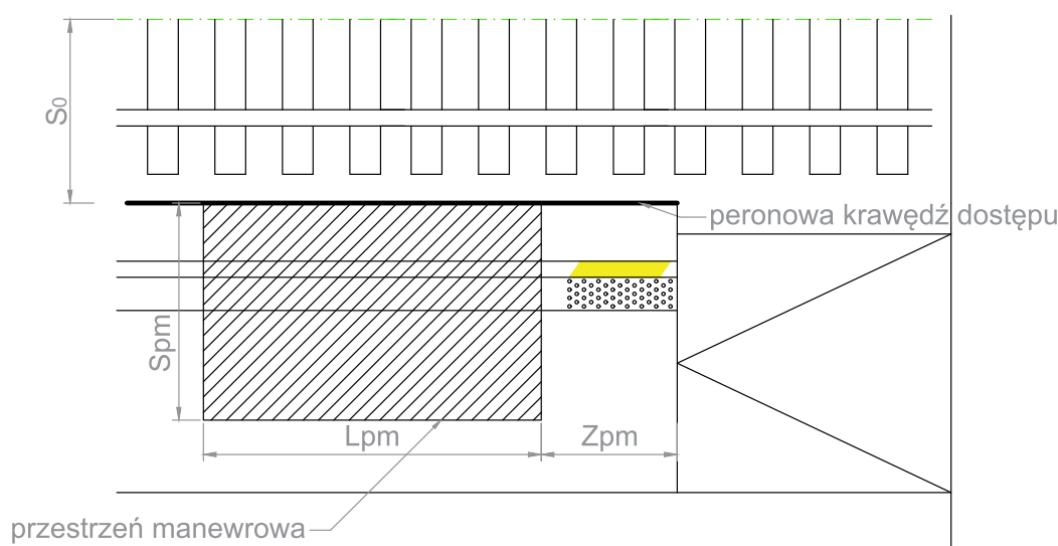
(3) Szerokość peronu dobiera się w taki sposób, aby uwzględniała ona spodziewane potoki pasażerskie. Zalecaną metodą jest przyjęcie poziomu swobody ruchu pasażerów na przystanku z przedziałów od A do C, z dopuszczalnym w szczycie poziomem D według WR-D-41-1. Normalna szerokość peronu jednokrawędziowego powinna być nie mniejsza niż 3,5 m. W trudnych warunkach dopuszcza się zmniejszenie szerokości peronu zgodnie z wartościami określonymi w tab. 8.4.3.1 w której szerokość wiaty oznacza szerokość ściany tylnej oraz ścian bocznych. Do szerokości wiaty nie wliczana jest szerokość zadaszenia wiaty, jeśli znajduje się ponad wysokością trasy wolnej od przeszkód.

Tab. 8.4.3.1. Dopuszczalne zmniejszenie szerokości peronu w trudnych warunkach [m]

Peron położony jest pomiędzy torem tramwajowym a:	Peron			
	z ławką lub wiatą o szerokości 0,75 m	z wiatą o szerokości 0,20 m	z ogrodzeniem o szerokości 0,10 m	bez ławki, wiaty i ogrodzenia
jezdnią lub innym torem	3,05	2,50 [2,70]	2,40 [2,70]	-
budynkiem lub ogrodzeniem posesji	3,05	2,50	-	1,80 [2,10]
jezdnią ruchu uspokojonego lub torem trasy typu TE	3,05	2,50	-	1,80 [2,10]
drogą dla rowerów	2,75	2,20 [2,40]	2,10 [2,40]	-
drogą dla pieszych, drogą dla pieszych i rowerów albo trawnikiem	2,55	2,00 [2,10]	-	1,80 [2,10]
inną peronową krawędzią dostępu	4,35	3,80	-	2,70
[...] – dotyczy peronów, na których zachodzi konieczność rozłożenia rampy pojazdu (perony niskie)				



- (4) Zastosowanie zmniejszonej szerokości peronu wiąże się z niedotrzymaniem pełnych wymiarów pola  $1,5 \times 1,5$  m w celu obrócenia wózka inwalidzkiego.
- (5) Szerokość peronu zwiększa się przy spodziewanych dużych potokach pasażerskich o nie mniej niż:
- 0,60 m – przy 1 500 pasażerów na dobę i większych,
  - 1,20 m – przy 5 000 pasażerów na dobę i większych.
- (6) Minimalne wymiary trasy wolnej od przeszkód, położonej na peronie, wynoszą 1,60 m szerokości i 2,50 m wysokości, zalecane – odpowiednio 1,80 m i 2,65 m.
- (7) Szerokość peronu może zmieniać się na jego długości. W takiej sytuacji peron powinien być najszerszy w obrębie stałej zabudowy (wiaty, ławki) oraz na długości przestrzeni manewrowej. Perony dla wysiadających mogą nie obejmować pasa zabudowy z tego powodu, że nie przewiduje się na nich przebywania osób oczekujących na pojazd.
- (8) Przestrzeń manewrowa zapewnia możliwość wejścia do pojazdu osobom korzystającym z urządzeń ułatwiających poruszanie się. Na jej długości powinny znajdować się drzwi dostępne tramwaju miarodajnego. Jej długość  $L_{pm}$  mierzy się wzdłuż peronowej krawędzi dostępu, a szerokość  $S_{pm}$  – od krawędzi dostępu prostopadłe do osi toru. Odległość początku przestrzeni od początku peronu  $Z_{pm}$  określa się dla wszystkich typów tramwajów przewidzianych do kursowania na danej trasie, co przedstawia rys. 8.4.3.3.



Rys. 8.4.3.3. Lokalizacja przestrzeni manewrowej na peronie

- (9) Jeżeli używane są różne tramwaje, które mają dostępne 1, 2 lub 3 drzwi, dla każdego z nich położenie i długość przestrzeni manewrowej wyznacza się osobno, a ich powierzchnie ulegają sumowaniu. Wymiary przestrzeni manewrowej określa tab. 8.4.3.2.

Tab. 8.4.3.2. Wymiary przestrzeni manewrowej

Wymiar	Wielkość [m]	
	standardowa	w trudnych warunkach
długość przestrzeni manewrowej na peronie $L_{pm}$	6,0	5,0
szerokość przestrzeni manewrowej na peronie $S_{pm}$ bez konieczności rozkładania rampy	2,0	1,6
szerokość przestrzeni manewrowej na peronie $S_{pm}$ z koniecznością rozkładania rampy	2,5	2,4
odległość od początku peronu do najbliższej krawędzi przestrzeni manewrowej $Z_{pm}$	1,0-12,0 (zależnie od tramwaju miarodajnego)	



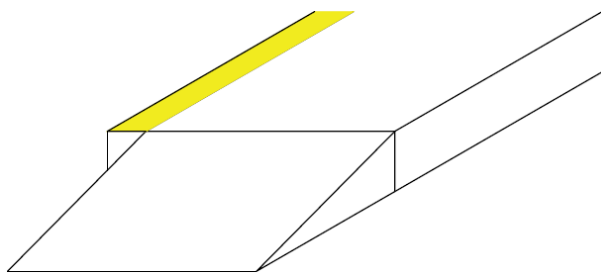
(10) Zakończenie peronu z dojściem jednopoziomowym powinno mieć taki kształt, aby umożliwić swobodny dostęp pasażerów, w tym osób ze szczególnymi potrzebami. Jeżeli istnieje różnica poziomów między peronem a otoczeniem, pokonuje się ją za pomocą pochylni (rampy) o nachyleniu nie większym niż 5%, a w trudnych warunkach nie większym niż 8%, oraz ewentualnie uzupełniających ją stopni (rys. 8.4.3.4). W trudnych warunkach dopuszcza się wykonanie dojścia z jednego końca peronu na przystankach pojedynczych. W peronach zlokalizowanych w strefie zamieszkania zaleca się integrować je wysokościowo, przez odcinkowe wyniesienie drogi, o ile tylko nie uniemożliwiają tego wejścia do domów lub inne istotne przeszkody.

(11) Perony z dojściem dwupoziomowym w długości poszerza się w taki sposób, aby dojście razem z konstrukcjami towarzyszącymi (filary kładki, mury oporowe przejścia podziemnego) mieściło się w całości w pasie zabudowy.

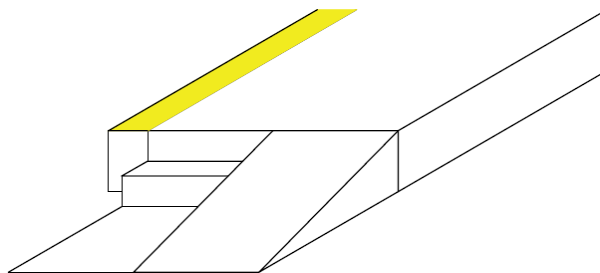
(12) Ogrodzenie peronu przerywa się na długości wiaty wyposażonej w tylną ścianę, w celu umożliwienia jej utrzymania w czystości. Ściana wiaty powinna być zlicowana z wygradzeniem peronu.

(13) Peron kształtuje się w przekroju poprzecznym w taki sposób, aby grawitacyjnie odprowadzał się w kierunku przeciwnym do toru.

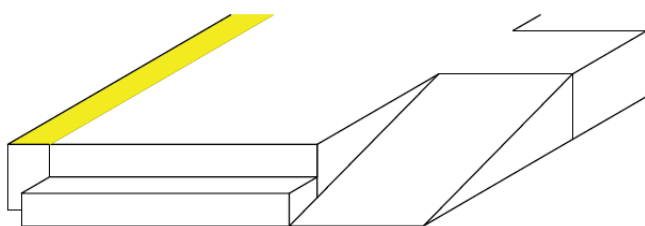
a) sposób zalecany



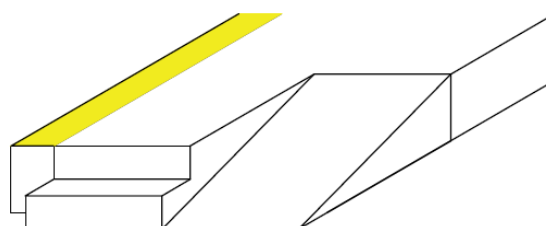
b) sposób dopuszczalny



c) sposób wskazany w sytuacji, kiedy przestrzeń przeznaczona na peron jest krótka, ale szeroka



d) sposób dopuszczalny w trudnych warunkach



Rys. 8.4.3.4. Sposoby konstruowania zakończenia peronu (dla czytelności rysunku pominięto bariery i poręcze, cała strefa zagrożenia zaznaczona kolorem żółtym)

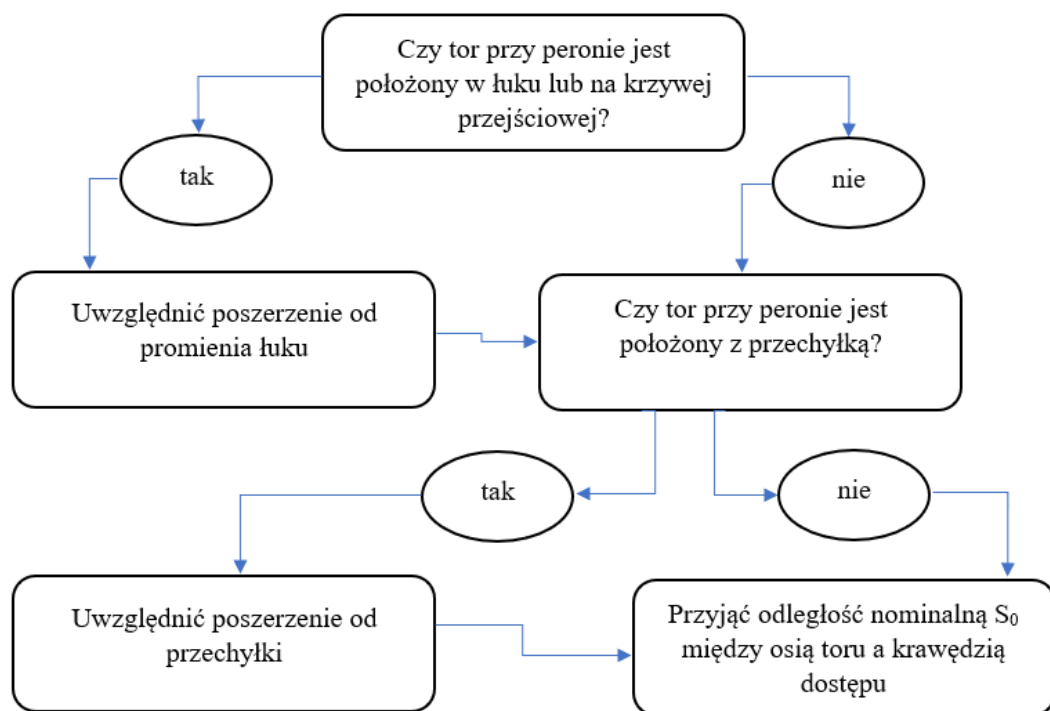
#### 8.4.4. Położenie peronowej krawędzi dostępu względem toru

(1) Wysokość peronowej krawędzi dostępu mierzona jest od PGS. Odnosi się do stanu nominalnego: szyny i koła wagonów nowe, brak deformacji geometrycznych toru oraz peronu, wagon nie obciążony pasażerami.

(2) W obrębie sieci przyjmuje się jedną, standardową wysokość krawędzi peronowych.

(3) Przy doborze wysokości krawędzi dostępu uwzględnia się ewentualny wpływ przechyłki toru.

(4) Rys. 8.4.4.1 przedstawia wpływ promienia łuku poziomego oraz przechyłki toru na odległość pomiędzy osią toru a peronową krawędzią dostępu. Jeżeli taki wpływ nie występuje, położenie peronowej krawędzi dostępu wyznacza się kierując się jedynie kryterium uzyskania odpowiednich wielkości szczelin  $S_v$  i  $S_h$ , zgodnie z rys. 8.4.4.1.



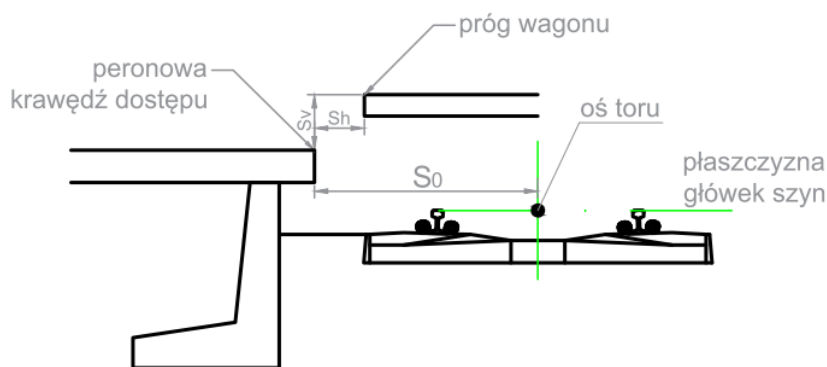
Rys. 8.4.4.1. Zasady uwzględniania wpływu przechyłki i łuku toru na odległość osi toru – peronowa krawędź dostępu

(5) Standardowo wpływ przechyłki na położenie peronowej krawędzi dostępu powinien być znikomy, ze względu na jej małą wysokość ponad PGS. Dodatkowo, nie zaleca się projektowania przechyłki w torach położonych wzdłuż peronu – przyczyną jest niska prędkość rzeczywista tramwaju na tym odcinku oraz fakt, że wszystkie pojazdy powinny się zatrzymać, co stanowi istotną różnicę względem sytuacji na kolei. Wysokość peronowej krawędzi dostępu dostosowuje się do pochylonej PGS.

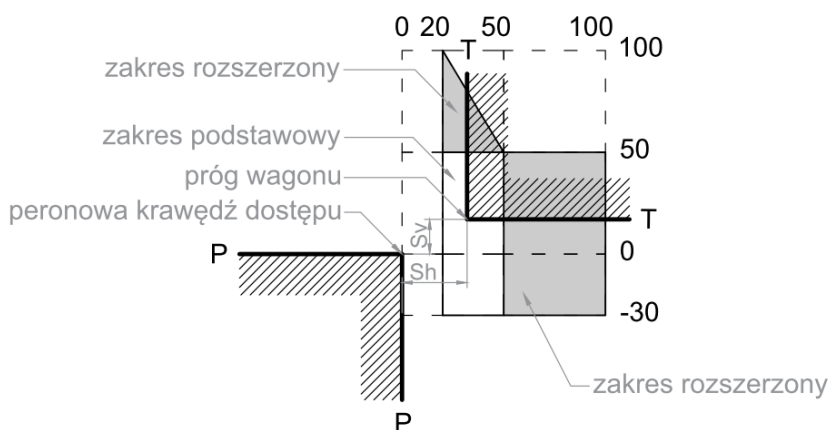
(6) Ze względu na trudności z właściwym dopasowaniem peronowej krawędzi dostępu do osi toru, unika się umieszczania peronów na długości krzywych przejściowych. Minimalne wartości promieni łuku toru wzdłuż peronu przyjmuje się zgodnie z podrozdziałem 7.1.2.

(7) Odległość nominalną  $S_0$  przyjmuje się jako wielkość jednolitą w skali sieci. Na torze prostym, bez przechyłki składa się ona z odległości między osią podłużną tramwaju a najbardziej wystającym punktem podłogi (krawędzią wsiadania, progiem) w drzwiach wagonu oraz szczeliny poziomej  $Sh$ .

(8) Wielkość szczeliny poziomej  $Sh$  i pionowej  $Sv$  jako rzuty odpowiednich odległości pomiędzy peronową krawędzią dostępu (naroże linii  $P-P$ ) oraz progiem pojazdu (naroże linii  $T-T$ ) przedstawiają rys. 8.4.4.2 oraz 8.4.4.3. Docelowo, próg wagonu powinien w stanie nominalnym oraz w okresie eksploatacji znajdować się w polu „zakres podstawowy”. W okresie przejściowym eksploatacji tramwajów o rozmaitych szerokościach pudła i wysokościach wejścia dopuszcza się, aby przy nowo budowanych i przebudowywanych peronach próg wagonu w drzwiach dostępnych oraz wszystkich drzwiach dwuskrzydłowych prowadzących do strefy niskiej podłogi znajdował się w polu „zakres rozszerzony”. Ze względów bezpieczeństwa, wielkość szczeliny poziomej powinna być nie mniejsza niż 20 mm. Optymalny z punktu widzenia wymiany pasażerów zakres wielkości  $Sh$  wynosi od 25 do 35 mm, przy jednoczesnej wielkości  $Sv$  mieszczącej się w przedziale od 0 do 35 mm.



Rys. 8.4.4.2. Położenie szczeliny poziomej i pionowej,  $S_v$  – wielkość szczeliny pionowej,  $S_h$  – wielkość szczeliny poziomej



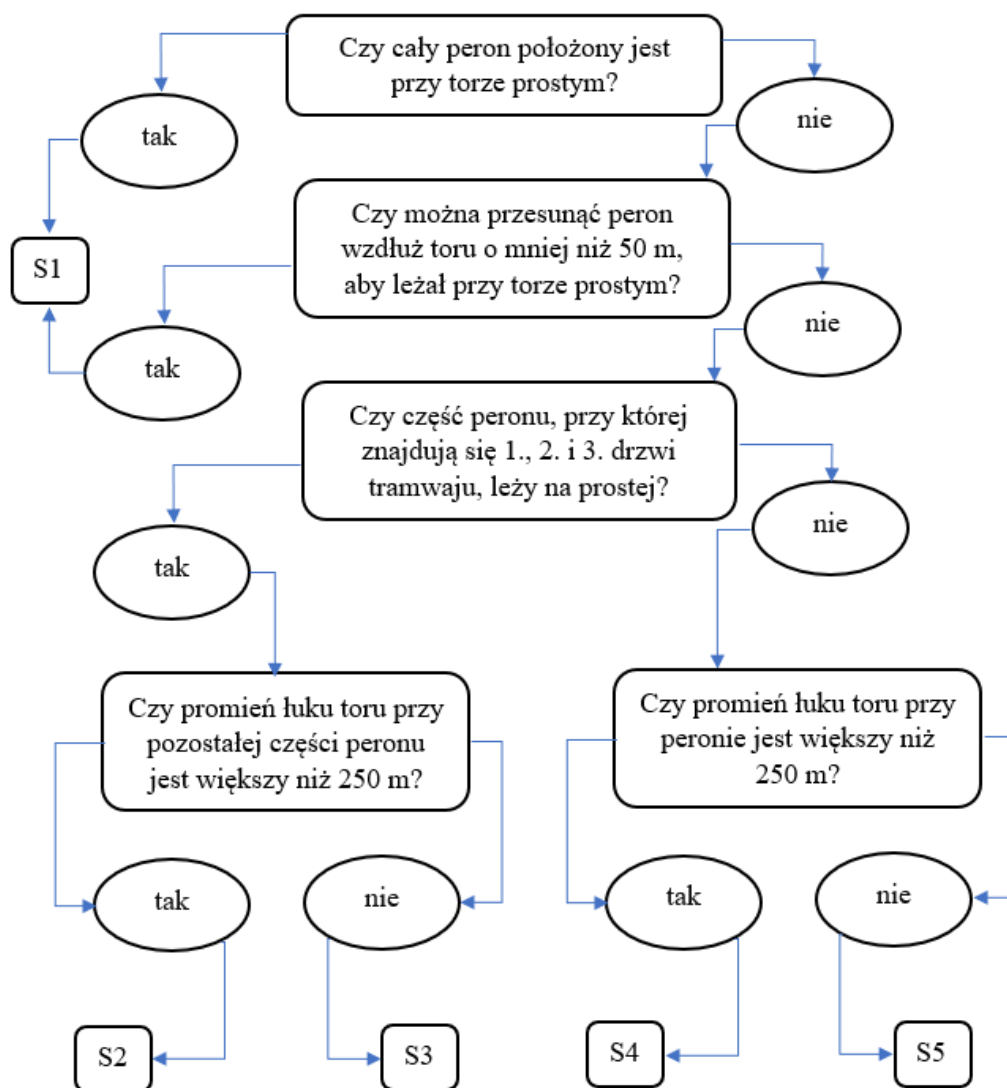
Rys. 8.4.4.3. Zakres podstawowy i rozszerzony szczelin  $S_h$  i  $S_v$  [mm]

(9) Prawidłowe rozwiązania w zakresie wielkości szczelin  $S_v$  i  $S_h$  osiąga się, stosując wytyczne taborowe wynikające z przesłanek infrastrukturalnych (podrozdział 5.4), a w szczególności w zakresie rozwiązania sposobu otwierania drzwi w taborze.

(10) Wysokość peronowej krawędzi dostępu jest zależna od sytuacji przestrzennej, przede wszystkim od układu geometrycznego toru przy peronie. Metodę doboru właściwego położenia krawędzi dostępu przedstawia rys. 8.4.4.4. Standardy S1, S2, S3, S4 i S5 opisuje tab. 8.4.4.1.

(11) Numeracja standardów S1-S5 jednocześnie stanowi ich uszeregowanie pod względem zapewnienia bezpieczeństwa i komfortu pasażerom podczas wsiadania, uwzględniając osoby ze szczególnymi potrzebami. W związku z tym, należy dążyć do zastosowania standardu o jak najniższym numerze porządkowym.

(12) Na długości peronowej krawędzi dostępu, 3 m przed jej początkiem i 3 m za jej końcem nie projektuje się rozjazdów.



Rys. 8.4.4.4. Zasady doboru właściwego standardu (Sn) położenia krawędzi dostępu

Tab. 8.4.4.1. Zalecane standardy położenia krawędzi dostępu w zależności od wielkości szczelin  $Sh$  i  $Sv$  [mm]

Standard	Drzwi dostępne tramwaju (przednia lub przednia i środkowa część wozu)		Pozostałe drzwi tramwaju	
	$Sh$	$Sv$	$Sh$	$Sv$
S1	<50	<30	<50	<30
S2	<50	<30	<70	<30
S3	<50	<30	<70 <sup>1)</sup>	<50 <sup>2)</sup>
S4	<70	<30	<70	<30
S5	≥70	≥30	≥70	≥30

<sup>1)</sup> peronowa krawędź dostępu obniżona w drugiej części przystanku

### 8.4.5. Układ funkcjonalny i wyposażenie przystanków

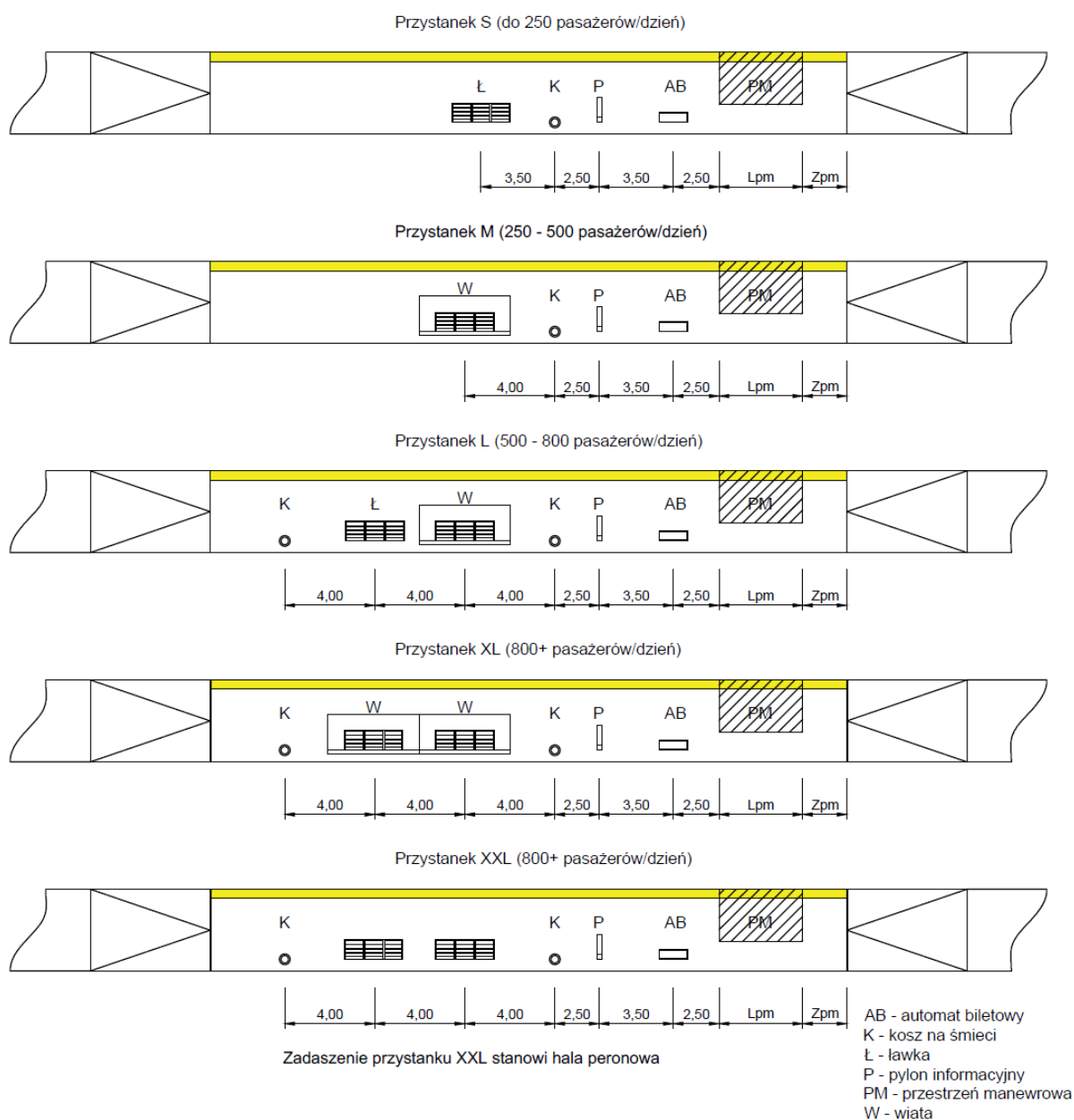
(1) Układ funkcjonalny przystanków powinien być podzielony na kilka standardów, zależnych od spodziewanej liczby pasażerów, oraz spójny w skali sieci. Przykładowe standardy urządzenia przystanków w zależności od liczby podróżnych przedstawia rys. 8.4.5.1.

(2) Elementy wyposażenia przystanku powinny pochodzić z katalogu mebli miejskich, lub alternatywnie mogą odpowiadać standardom określonym w [52].

(3) Na pylonie informacyjnym zaleca się umieszczenie dynamicznej informacji pasażerskiej w postaci wyświetlacza z e-papieru na poziomie wzroku na przystankach S i M oraz w postaci wielkoformatowego wyświetlacza umieszczonego powyżej trasy wolnej od przeszkód na przystankach L, XL i XXL (rys. 8.4.5.1). Niezależnie od rodzaju przystanku, przynajmniej w jednym miejscu powinny znajdować się drukowane rozkłady jazdy. Przystanki L, XL i XXL mogą być wyposażone w dodatkowe wyświetlacze z e-papieru, umieszczone np. pod wiatą.

(4) Automaty biletowe w systemach, w których bilet można zakupić w każdym pojeździe lub zdalnie (np. przez aplikację), umieszcza się tylko w kluczowych węzłach sieci. Przy rezygnacji z automatu, w jego miejsce na rys. 8.4.5.1 ustawia się pylon informacyjny, a wszystkie pozostałe elementy odpowiednio przesuwa się.

(5) W warunkach ograniczonej przestrzeni w zabudowie staromiejskiej dopuszcza się kompromisy względem zakresu wyposażenia przystanku. W szczególności dopuszcza się rezygnację z wiat (korzystne dla pasażerów jest umieszczenie formy zadaszenia na elewacji budynku) oraz ławek, które zastępuje się poręczami do odpoczynku na stojąco (tzw. „przysiadakami”).



**Rys. 8.4.5.1. Zalecany sposób zagospodarowania przestrzeni peronu**

### 8.4.6. Przystanki tramwajowo-autobusowe

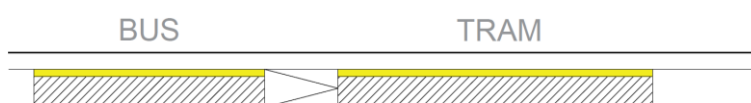
(1) Sposób organizacji przystanków tramwajowo-autobusowych zależy od spodziewanej liczby pojazdów w jednostce czasu, proporcji między tramwajami i autobusami, dostępnej przestrzeni oraz sposobu sterowania ruchem.

(2) Dobór ukształtowania peronowej krawędzi dostępu przeprowadza się zgodnie ze schematem przedstawionym na rys. 8.4.4.4, jeżeli autobus ma być przyjmowany przy krawędzi wspólnej z tramwajem w przystanku pojedynczym. W przypadku przystanków podwójnych tramwajowo-autobusowych, możliwe są opcje pokazane na rys. 8.4.6.1.

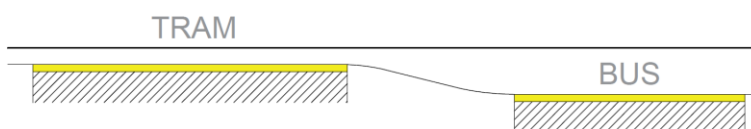
a) rozwiązanie uniwersalne, krawędź wysoka na całej długości



b) rozwiązanie, w których krawędź tramwajowa jest wysoka, autobusowa obniżona i łączy je rampa



c) rozwiązanie, w którym peron autobusowy wysunięty jest poza tor tramwajowy, dzięki czemu pojazdy, które w innych układach stałyby jeden za drugim, mogą zatrzymać się po wymianie pasażerów obok siebie i jednocześnie ruszyć



Rys. 8.4.6.1. Możliwe rozwiązania peronowych krawędzi dostępu dla ruchu tramwajów i autobusów (widok z góry)





## 9. Projektowanie elementów energetyki trakcyjnej

### 9.1. Podstawowe parametry sieci

#### 9.1.1. Prowadzenie przewodów jezdnych i liny nośnej sieci trakcyjnej

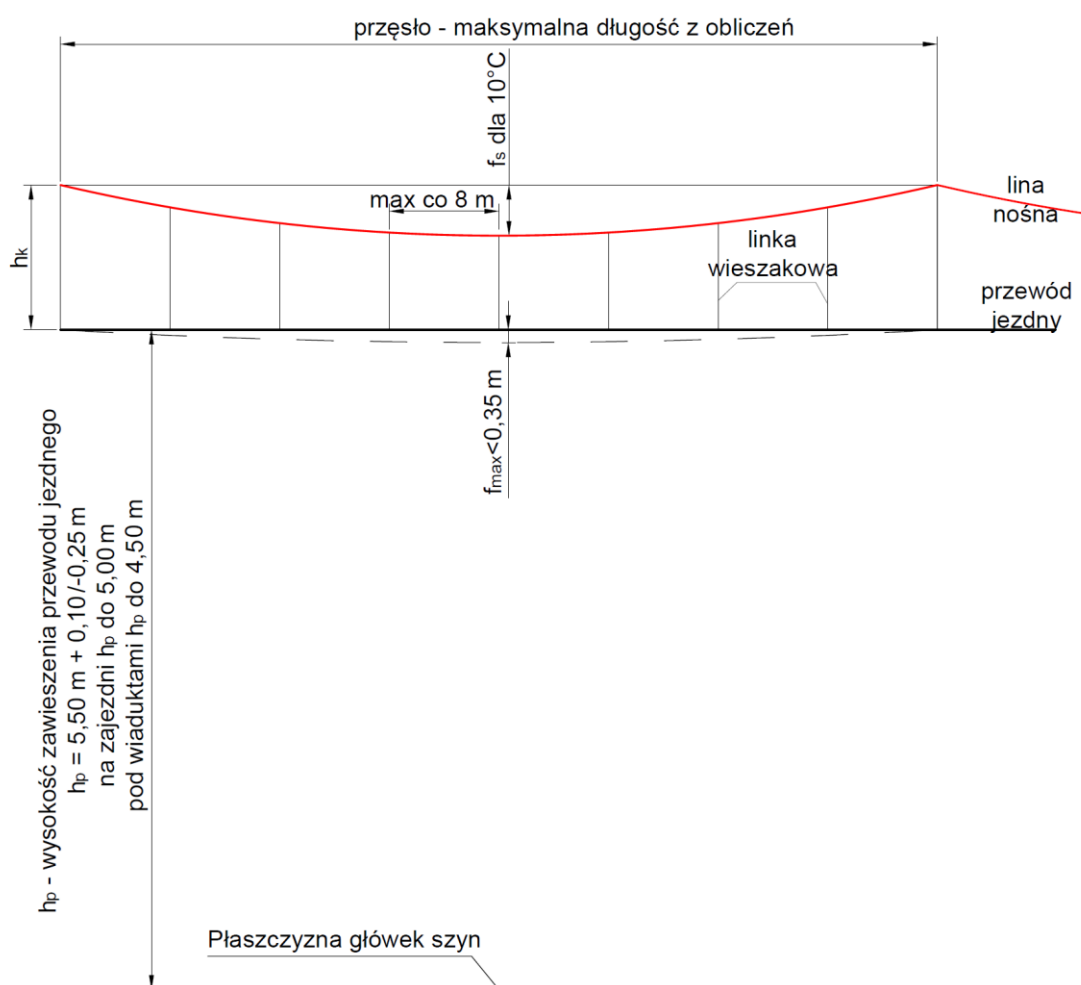
(1) Wysokość znamionowa zawieszenia przewodu jezdnego  $h_p$  w punktach jego mocowania od poziomu płaszczyzny główek szyn powinna wynosić 5,50 m. Dopuszczalne odchyłki od wyżej podanych wartości znamionowych wynoszą +0,10 m i -0,25 m.

(2) Dopuszcza się zmniejszenie wysokości znamionowej zawieszenia przewodu:

- a) na terenie zajezdni – do 5,00 m,
- b) w tunelu, pod mostem lub pod wiaduktem – do 4,50 m, a w przypadku istniejących obiektów inżynierskich – do 4,00 m.

(3) Przyjmuje się, że odsuw normalny sieci jezdnej wynosi 0,30 m na odcinku prostym i do 0,35 m na łukach. Dopuszcza się jednostkowe odstępstwa o 0,05 m. Dopuszczalny zwis  $f_{max}$  przewodów jezdnych powinien nie przekraczać 0,35 m.

(4) Minimalna wysokość konstrukcyjna sieci  $h_k$  powinna być nie mniejsza niż 0,25 m plus maksymalny zwis wynikający z obliczeń. Zaleca się, aby maksymalna wysokość konstrukcyjna sieci tramwajowej nie przekraczała 1,50 m. Schemat sieci trakcyjnej wraz z wskazaniem zwisów elementów przedstawia rys. 9.1.2.1.

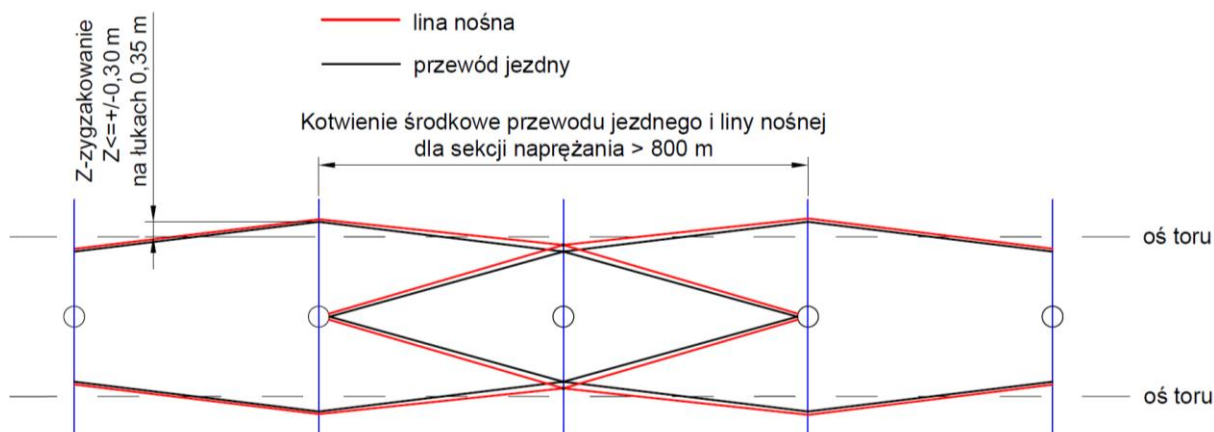


Rys. 9.1.2.1. Tramwajowa sieć trakcyjna łańcuchowa – widok z boku, schemat konstrukcji wraz ze zwisem liny nośnej i przewodu jezdnego

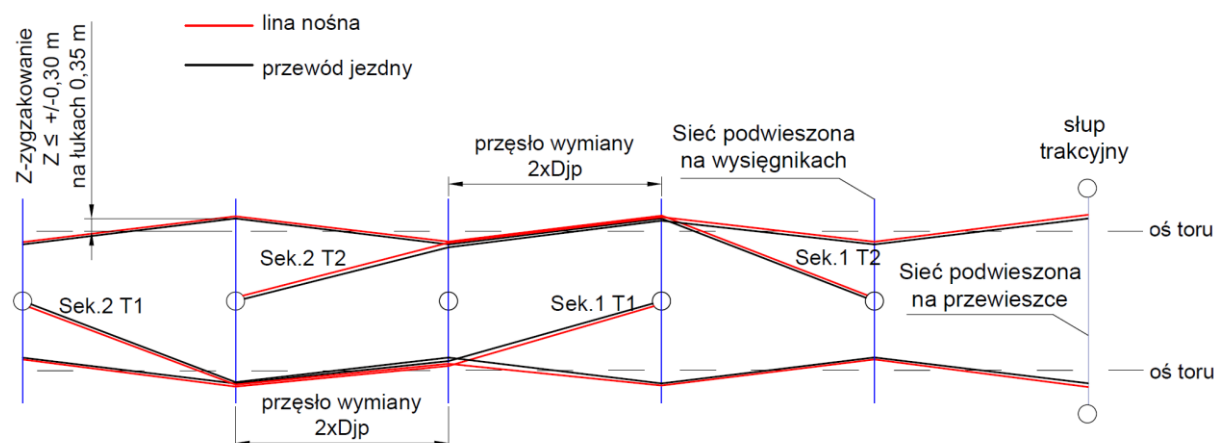
(5) W sieciach dwutorowych na odcinkach prostych zygzakowanie prowadzi się symetrycznie, celem eliminacji sił pochodzących od załomu sieci (rys. 9.1.2.2.).

(6) Sieci jezdne łańcuchowe powinny być pionowe, z równoczesnym jednakowym odsuwem nadanym linii nośnej i przewodu jezdnego z dopuszczalną różnicą odsuwu przewodu jezdnego i linii nośnej do 0,10 m.

(7) Zygzakowanie sieci na szlaku oraz w rejonie kotwien prowadzi się zgodnie ze schematami przedstawionymi na rys. 9.1.2.2 i 9.1.2.3.



Rys. 9.1.2.2. Prowadzenie sieci trakcyjnej na szlaku – widok z góry: zygzakowanie i kotwienie środkowe sieci trakcyjnej



Rys. 9.1.2.3. Kotwienie końcowe dwóch odcinków sieci trakcyjnej na szlaku – widok z góry

## 9.1.2. Sekcjonowanie sieci jezdnej

(1) Tramwajową sieć jezdnią dzieli się na sekcje zgodnie z planem układu zasilania.

(2) Podział elektryczny sieci jezdnej wykonuje się przez:

- sekcjonowanie podłużne – podział sieci tego samego toru,
- sekcjonowanie poprzeczne – podział sieci sąsiednich torów.

(3) Odległość między izolatorami powinna wynikać z planu układu zasilania, tj. obliczeniowych spadków napięć. Sieć jezdnią na terenie zajezdni odizolowuje się izolatorem sekcyjnym od sieci szlaku.

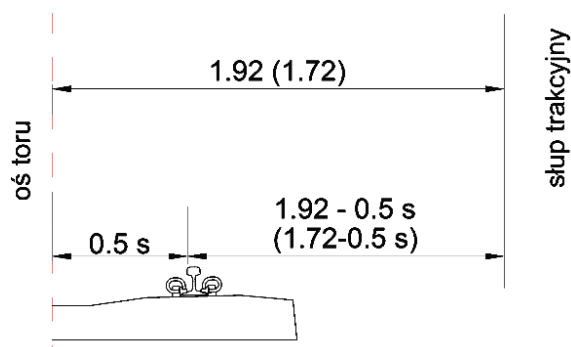
(4) Parametry dotyczące sekcjonowania tramwajowej sieci jezdnej przyjmuje się zgodnie z normą [43].

### 9.1.3. Rozpiętość przęsła sieci trakcyjnej

- (1) Rozpiętość maksymalna przęsła wynika z obliczeń uwzględniających:
  - a) maksymalny wywiew przewodu wynoszący 0,35 m, przy prostym wietrze zgodnie z normami [18], [38] i [39],
  - b) dopuszczalny zwis przewodu wynoszący 0,35 m w najbardziej niekorzystnych warunkach (sądź katastrofalna lub temperatura wynosząca 40°C),
  - c) typową rozpiętość przęsła, która z uwagi na obliczenia nie przekracza 52 m.
- (2) Rozpiętość przęsła powinna nie przekraczać:
  - a) 10 m – w tunelu dla sieci płaskiej z regulacją sezonową,
  - b) 25 m – w tunelu dla sieci płaskiej z naciągami z ciężarami lub sprężynami kompensacyjnymi,
  - c) 30 m – na powierzchni ziemi dla sieci płaskiej z regulacją sezonową,
  - d) 35 m – na powierzchni ziemi dla sieci wielokrotnej (łańcuchowej) z regulacją sezonową,
  - e) 60 m – na powierzchni ziemi dla sieci wielokrotnej (łańcuchowej) półskompensowanej,
  - f) 60 m – na powierzchni ziemi dla sieci wielokrotnej (łańcuchowej) skompensowanej,
  - g) 65 m – w przypadku pojedynczych przęsła.
- (3) Dopuszcza się jednostkowe wydłużenie przęsła maksymalnego o 5 m pod warunkiem zmniejszenia wartości następnego przęsła o przekroczoną długość ponad wyliczone przęsło maksymalne.

### 9.1.4. Słupy trakcyjne i konstrukcje wsporcze

- (1) Konstrukcje wsporcze oblicza się na wytrzymałość od wszystkich sił działających na słup (hak), tj. m.in.:
  - a) ciężaru sieci trakcyjnej w skrajnych warunkach sądzi katastrofalnej,
  - b) obciążeń od sieci trakcyjnej spowodowanej załomami,
  - c) kotwieniem sieci,
  - d) montażem urządzeń dodatkowych.
- (2) Ugięcie słupa przy działaniu siły, określonej jako znamionowa wytrzymałość słupa, na wysokości 7,5 m (wierzchołku) od miejsca kotwienia (fundamentu) powinna być nie większa niż 1,0%.
- (3) Słupy kotwiące ustawia się z przechyłem wynoszącym 1,0%, a pozostałe słupy – 0,5%, w kierunku przeciwnym do siły wypadkowej działającej na słup.
- (4) Odległość powierzchni czołowej słupa ustawionego na poboczu torowiska wydzielonego od osi toru powinna wynosić co najmniej 1,92 m (w trudnych warunkach 1,72 m), a dla słupów ustawionych na międzytorzu – 1,72 m. Na łukach odległości te zwiększa się zgodnie z wytycznymi poszerzania konturów skrajni. Podane wartości są poprawne w przypadku eksploatacji tramwajów o szerokości 2,40 m. W przypadku innych szerokości tramwajów, przyjmuje się odpowiednio zwiększone odległości. Rys. 9.1.4.1 przedstawia schemat lokalizacji słupów trakcyjnych w stosunku do osi toru.



Rys. 9.1.4.1. Lokalizacja słupów trakcyjnych w odniesieniu do osi toru, wymiary w [m]

(5) Słupy trakcyjne lub trakcyjno-oświetleniowe sytuuje się poza skrajnią drogi. Dopuszcza się usytuowanie słupów trakcyjnych i trakcyjno-oświetleniowych w pasie buforowym lub pasie obsługującym drogi dla pieszych. Odległość od czołowej powierzchni słupa do krawężnika od strony jezdni powinna wynosić nie mniej niż:

- a) 0,50 m – w przypadku ulicy klasy D,
- b) 0,70 m – w przypadku ulicy klasy L,
- c) 1,00 m – w przypadku ulicy klasy Z, G lub GP.

(6) W przypadku jezdni bez krawężnika, odległość słupa od krawędzi jezdni powinna wynosić nie mniej niż:

- a) 1,75 m – w przypadku ulicy klasy D, L lub Z,
- b) 2,50 m – w przypadku ulicy klasy G lub GP.

(7) Wzdłuż jezdni dodatkowych, przy zatokach przystankowych (niezależnie od kategorii drogi) oraz wzdłuż dróg dla pieszych, dróg dla pieszych i rowerów oraz dróg dla rowerów biegnących niezależnie od jezdni, odległość słupów powinna wynosić 0,75 m. Odległość słupów od krawędzi wyjazdów do bram, garaży itp. powinna wynosić nie mniej niż 1,50 m.

(8) Na przystankach tramwajowych słupy trakcyjne ustawia się w odległości nie mniej niż 3,25 m od osi toru. W uzasadnionych przypadkach odległość ta może być zmniejszona do 2,75 m. Wyjątkowo dopuszcza się lokalizowanie słupów trakcyjnych poza pasem zabudowy (por. podrozdział 8.4.3).

(9) Haki i rozety ściennie mogą być umieszczone między innymi w murach oporowych, filarach wiaduktów, stropach tuneli lub murach budynków w odległości nie mniejszej niż 0,5 m od narożnika budynku lub krawędzi otworów okiennych. Odległości między hakami powinny być nie mniejsze niż 0,5 m, a rozetami – nie mniejsze niż 1,0 m. Ściany budynków w celu zamocowania haków bądź rozet można wykorzystać tylko w wypadku uzgodnienia z właścicielem lub zarządcą budynku.

### 9.1.5. Połączenia wyrównawcze

(1) Połączenia elektryczne wyrównawcze między przewodami jezdniowymi równoległych torów tramwajowych wykonuje się w odstępach co ok. 200 m, lecz nie większych niż 300 m. Połączenia elektryczne sieci jezdnej z linią nośną wykonuje się w odstępach nie większych niż co 300 m.

(2) Połączenia elektryczne wyrównawcze wykonuje się:

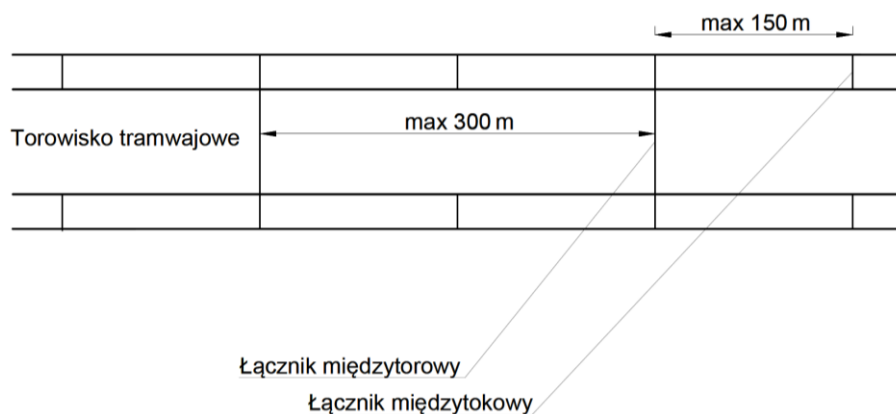
- a) po obu stronach izolatora sekcyjnego,
- b) na rozjazdach,
- c) na przęśle naprężenia,
- d) na skrzyżowaniach,
- e) na przystankach tramwajowych,
- f) na podjazdach,
- g) w miejscach częstych rozruchów tramwajów,
- h) w sieciach wielokrotnych połączenia między linią nośną a przewodem jezdniowym oraz między sieciami jezdniowymi torów równoległych, nie sekcjonowanych poprzecznie wykonuje się w odstępach co ok. 200 m, lecz nie w większych niż co 300 m.

(3) Połączenie wyrównawcze sieci górnej wykonuje się jako elastyczne przy użyciu linki miedzianej lub liny nośnej o minimalnym przekroju 95 mm<sup>2</sup> Cu.

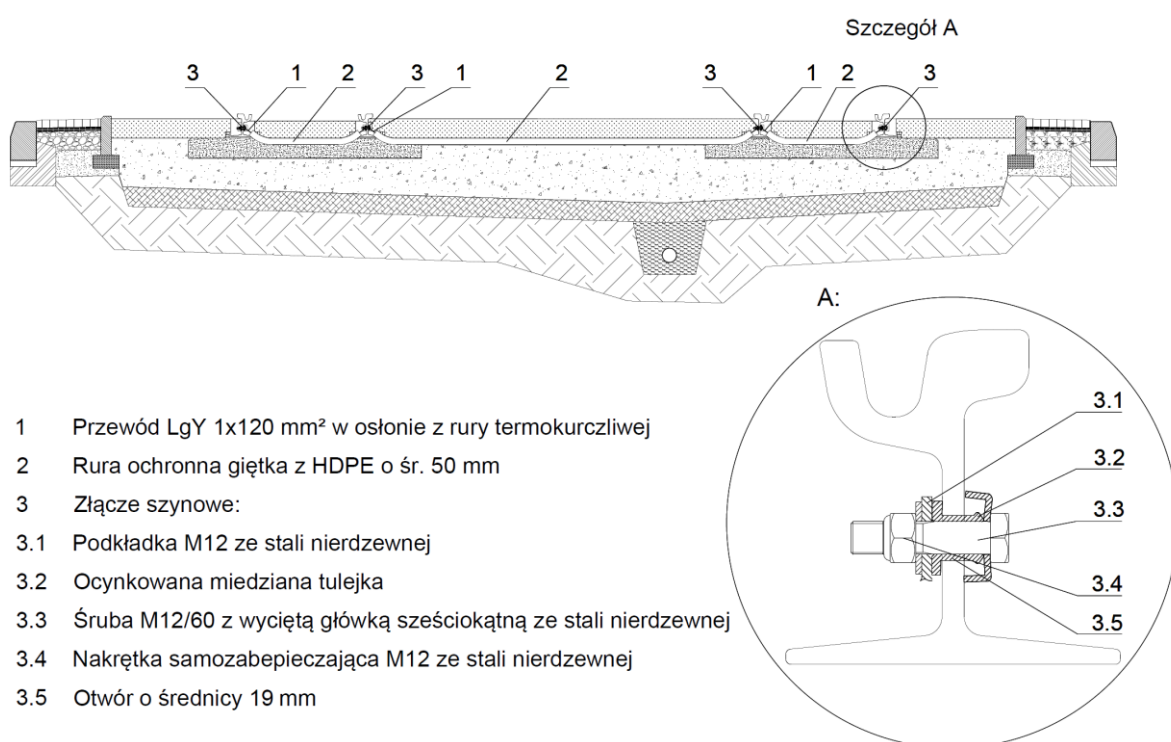
(4) Połączenia wyrównawcze w sieci powrotnej wykonuje się jako:

- a) międzytokowe – połączenia szyn jednego toru w odstępach nie mniejszych niż co 150 m,
- b) międzytorowe – połączenie obu torów trasy tramwajowej z równoczesnym połączeniem międzytokowym w odstępach nie mniejszych niż co 300 m,
- c) mostki na urządzeniach wyrównawczych – połączenie elektryczne dwóch szyn montowanych na urządzeniu wyrównawczym.

(5) Przykłady rozmieszczenia łączników szynowych wraz ze szczegółami łącznika międzytorowego i międzytokowego przedstawiają rys. 9.1.5.1 i 9.1.5.2.



**Rys. 9.1.5.1. Rozmieszczenie łączników szynowych**



- 1 Przewód LgY 1x120 mm<sup>2</sup> w osłonie z rury termokurczliwej
- 2 Rura ochronna giętka z HDPE o śr. 50 mm
- 3 Złącze szynowe:
  - 3.1 Podkładka M12 ze stali nierdzewnej
  - 3.2 Ocynkowana miedziana tulejka
  - 3.3 Śruba M12/60 z wyciętą główką sześciokątną ze stali nierdzewnej
  - 3.4 Nakrętka samozabiegająca M12 ze stali nierdzewnej
  - 3.5 Otwór o średnicy 19 mm

**Rys. 9.1.5.2. Przykład rozwiązania łącznika międzytorowego i międzypodtorowego**

(6) Połączenia wyrównawcze sieci powrotnej wykonuje się jako elastyczne przy użyciu przewodu izolowanego o minimalnym przekroju wynoszącym 120 mm<sup>2</sup> Cu, zabezpieczonym przed mechanicznymi uszkodzeniami.

(7) Mostki urządzeń wyrównawczych wykonuje się przy użyciu przewodu izolowanego o minimalnym przekroju wynoszącym 240 mm<sup>2</sup> Cu, z odpowiednim zapasem uwzględniającym pracę szyn w urządzeniu.

(8) Połączenia przewodów z zaprasowanymi końcówkami z szyną wykonuje się systemowymi tulejami i kołkami rozprężnymi osadzonymi w wierconych otworach w szynie.

### 9.1.6. Odstępy przewodów jezdnych od części uziemionych lub uszynionych

(1) Odległość między częściami sieci jezdnej, znajdującej się pod napięciem, a uziemionymi lub uszynionymi elementami konstrukcji (słupy, mosty, bramy itp.) powinna wynosić nie mniej niż 0,20 m.

(2) W celu uniemożliwienia zmniejszenia odległości między częściami sieci jezdnej a uziemionymi lub uszynionymi elementami konstrukcji, stosuje się konstrukcje uniemożliwiające nadmierne unoszenie przewodów przez odbierak prądu.

(3) Dopuszcza się zmniejszenie odległości między częściami sieci jezdnej a uziemionymi lub uszynionymi elementami konstrukcji do 0,15 m pod warunkiem zastosowania dodatkowej izolacji o wytrzymałości elektrycznej wynoszącej więcej niż 1,5 kV.

### 9.1.7. Ochrona przeciwporażeniowa

(1) Słupy trakcyjne na międzytorzu i w sieciach trakcyjnych jezdnych z pojedynczą izolacją muszą być uszynione. Dotyczy to także słupów z podwójną izolacją w odległości 5 m od osi toru.

(2) Konstrukcje stalowe, tj. mosty, wiadukty itp., należy uszyniać przez ogranicznik niskonapięciowy na napięcie wyzwalające 60V.

## 9.2. Budowle i urządzenia

(1) Projektując systemy zasilania elektroenergetycznego przeprowadza się analizę kosztów inwestycyjnych i eksploatacyjnych dla minimum dwóch różnych sposobów zasilania sieci, w tym w oparciu o magazyny energii z odnawialnymi źródłami.

(2) Stacje prostownikowe lub inne układy zasilania (w tym magazyny energii zasilane z odnawialnych źródeł energii, generatorów [w tym wodorowych], kogeneratorów) i urządzenia zasilania elektroenergetycznego trakcji tramwajowej powinny:

- a) zapewniać dostarczanie energii elektrycznej o parametrach odpowiednich do potrzeb użytkowych,
- b) zapewniać ochronę przed porażeniem prądem elektrycznym, przepięciami łączeniowymi i atmosferycznymi, powstaniem pożaru, wybuchem i innymi szkodami,
- c) nie wywoływać emisji drgań i hałasu przekraczającego dopuszczalny poziom oraz szkodliwego oddziaływania pól elektromagnetycznych.

(3) Urządzenia stacji prostownikowej lub inne układy zasilania wraz z liniami zasilającymi stacje oraz sieć trakcyjną projektuje się jako przystosowane do współpracy z tramwajami wyposażonymi w urządzenia hamowania odzyskowego.

(4) Odległość między stacjami prostownikowymi lub innymi układami zasilania, typ zastosowanych w nich urządzeń oraz parametry sieci zasilającej i powrotnej powinny uwzględniać:

- a) system zasilania elektrotrakcyjnego i jego konfigurację,
- b) założone dla danej linii tramwajowej natężenie ruchu tramwajów,
- c) typ, prędkość do projektowania i masę tramwajów,
- d) typ elektryczny tramwajów, w tym możliwość hamowania odzyskowego,
- e) profil trasy tramwajowej,
- f) przyjęty poziom niezawodności zasilania w warunkach normalnych i awaryjnych,
- g) oddziaływanie na zasilającą sieć elektroenergetyczną,
- h) spadki napięć w sieci trakcyjnej,
- i) obciążenia układu zasilania elektrotrakcyjnego i nietrakcyjnego.

(5) Stacje prostownikowe lub inne układy zasilania powinny być:

- a) wyposażone w wentylację lub klimatyzację,
- b) przystosowane do pracy z obsługą i zdalnego sterowania,
- c) wyposażone w urządzenia gaśnicze,



- d) zasilane dwiema niezależnymi liniami kablowymi z dwóch niezależnych głównych punktów zasilających (GPZ) publicznej sieci zasilającej lub z zapewnieniem w inny sposób gwarantowanego zasilania opartego np. o magazyn energii i agregat.

- (6) Linie elektroenergetyczne zasilające stacje prostownikowe wykonuje się jako linie kablowe.
- (7) Kable trakcyjne układa się w taki sposób, aby nie naruszały skrajni budowli i obudowy ciągłej, a także nie kolidowały z instalacjami i urządzeniami torowymi oraz z odwodnieniem torowiska.
- (8) Ułożenie kabli nie powinno powodować utrudnień w czynnościach technologicznych związanych z utrzymaniem torowiska.
- (9) W miejscach skrzyżowań z torami i jezdniami przewody i kable układa się w rurach przepustowych.
- (10) Kable zasilające sieć trakcyjną przyłącza się do jezdnej sieci trakcyjnej za pomocą rozłączników lub odłączników.
- (11) Wszelkie obiekty (mała architektura, roślinność) w pobliżu sieci trakcyjnej, a w szczególności roślinność, dobiera się w taki sposób, aby obecnie i w przyszłości nie stwarzały zagrożenia dla ruchu tramwajów oraz niebezpieczeństwa przeniesienia się napięcia z elementów będących pod napięciem trakcji. Projektowana roślinność (drzewa, krzewy itp.) nie powinna kolidować z elementami sieci trakcyjnej (słupy trakcyjne, poprzeczki, przewód jezdny, lina nośna, osprzęt sieciowy itd.), szafami układu sterowania zwrotnic, skrzynkami energetycznymi oraz skrajnią taboru tramwajowego.
- (12) Nie wykonuje się nasadzeń drzew w rejonie przebiegu tras kabli zasilających i powrotnych oraz słupów trakcyjnych. Należy uwzględnić długotrwały rozrost roślinności (w szczególności systemu korzeniowego) na eksploatację infrastruktury podziemnej. Fundamenty słupów trakcyjnych i infrastrukturę podziemną trakcji tramwajowej (w tym kanalizację kablową i studnie kablowe dla potrzeb trakcji tramwajowej) zabezpiecza się przed przerastaniem przez korzenie drzew przez zastosowanie ekranów przeciwwkorzeniowych.
- (13) Nasadzenia krzewów i roślinności niskiej (innej niż trawnik) wykonuje się w odległości od słupów trakcyjnych:
- a) krzewów niskich – wynoszącej nie mniej niż 1,50 m (np. jałowce płożące, róże),
  - b) krzewów wysokich – wynoszącej nie mniej niż 3,00 m (np. jaśminowiec, śnieguliczka).
- (14) Dodatkowo na terenach zieleni zaleca się stosowanie opaski wokół słupa, wykonanej np. z kostki brukowej, w celu odseparowania roślinności od słupa.
- (15) Należy zapewnić swobodny dostęp do elementów infrastruktury sieci trakcyjnej, szaf układów sterowania zwrotnic, skrzynek energetycznych oraz słupów i osprzętu zamontowanego na słupach dla służb i pojazdów technicznych (praca z balkonów pojazdów wieżowych).
- (16) Lokalizacja urządzeń i obiektów dla potrzeb sygnalizacji świetlnej (m.in. masztów sygnalizatorów) nie może kolidować z podwieszeniami sieci trakcyjnej, przewodami będącymi pod napięciem i musi uwzględniać możliwość regulacji wysokości elementów sieci trakcyjnej. Zachować możliwość regulacji wysokości podwieszeń sieci, wysięgników i osprzętu sieciowego na słupie w zakresie  $\pm 1,00$  m.





## **Załącznik nr 1. Typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych w pasach drogowych ulic**

- (1) Kolejne karty przedstawiają przykładowe typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych w pasach drogowych ulic wraz z wymiarami.
- (2) Wszystkie rozwiązania dotyczą usytuowania torowiska na odcinkach prostych. W celu prawidłowego określenia wymiarów konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej tramwaju należy posłużyć się zasadami opisanymi w podrozdziale 6.5.2.
- (3) Pozostałe elementy przekroju, które dotyczą wymiarowania przekroju ulic, przyjmuje się zgodnie z WR-D-24, WR-D-41 oraz WR-D-42.
- (4) Parametry skrajni dla tramwaju na odcinku prostym przedstawione na schematach opracowano na podstawie skrajni budowli dla tramwajów o szerokości 2,4 m (rys. 7.5.2.1, 7.5.2.2 i 7.5.2.3). W przypadku innego typu skrajni taboru, wymiary dostosowuje się odpowiednio.
- (5) Usytuowanie torowiska tramwajowego wzdłuż muru oporowego lub innej ściany traktuje się analogicznie jak w rejonie przyczółka wiaduktu lub obudowy tunelu.

## Z.1.1. Torowisko wydzielone z jezdni usytuowane w pasie dzielącym

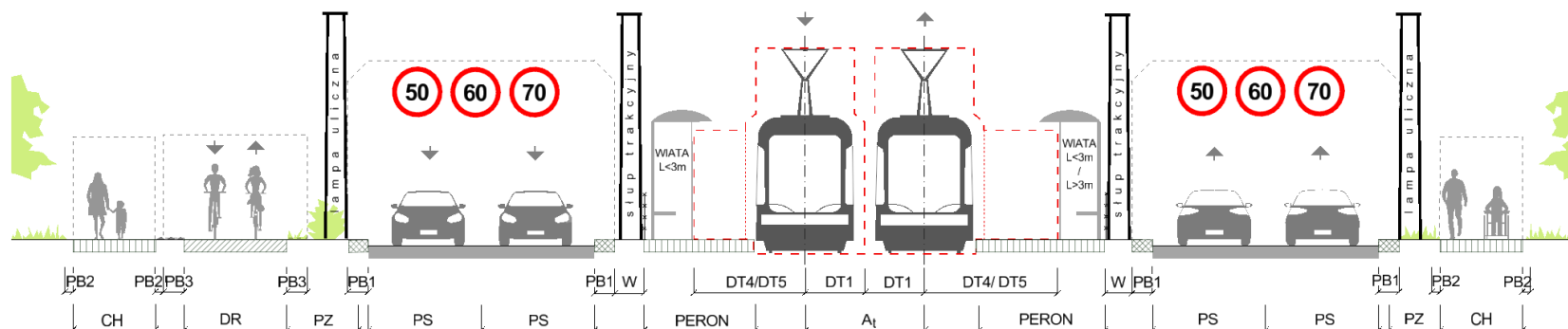
### Z.1.1.1. Torowisko wydzielone z jezdni konstrukcyjnie

Ulice klasy G lub Z o przekroju 2/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach torowiska (odcinek bez przystanków)

The diagram illustrates the cross-section of a road with a central tram track. The road is divided into several zones: pedestrian crossings (PB1, PB2, PB3), a bicycle lane (DR), a parking zone (PZ), and a tram track (DT1, DT4). The tram track is flanked by greenery and streetlights. The diagram also shows speed limits of 50, 60, and 70 km/h. The tram track is flanked by greenery and streetlights. The diagram also shows speed limits of 50, 60, and 70 km/h.

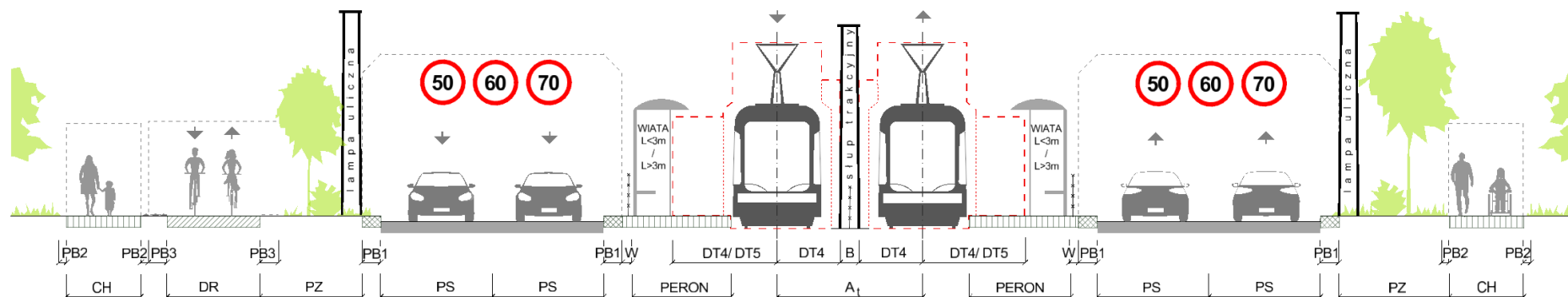
Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	W wymagany odstęp			
	dla tras typu			A <sub>min</sub>						
	TS	TB	TC							
2,40	3,50	3,00	3,00	2,90	1,45	1,70	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia			
2,50	3,50	3,00	3,10	3,00	1,50	1,75				
2,65	3,50	3,30	3,50	3,15	1,58	1,83				
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	1,95				

Ulice klasy G lub Z o przekroju 2/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach torowiska (odcinek z przystankami)



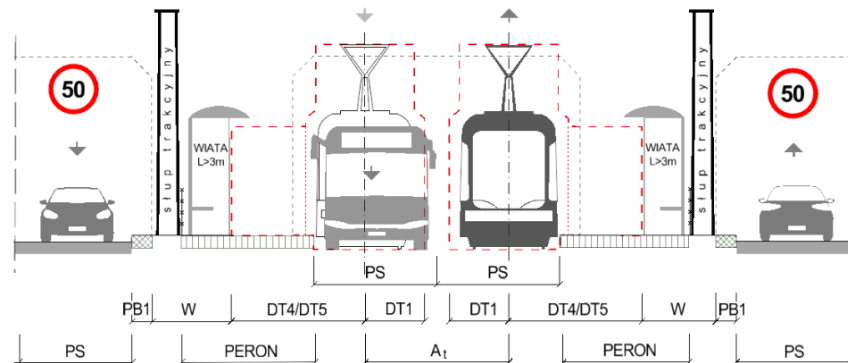
Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		W wymagany odstęp
	dla tras typu			A <sub>min</sub>		na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
	TS	TB	TC							
2,40	3,50	3,00	3,50	2,90	1,45	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	3,50	3,00	3,40	3,00	1,50	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	3,50	3,30	3,30	3,15	1,58	1,83	2,88	2,08	3,38	
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	1,95	3,00	2,20	3,50	

**Ulice klasy GP, G lub Z o przekroju 2/2 – słupy trakcyjne w międzytorzu (odcinek z przystankami)**



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>	na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
	TS	TB	TC						
2,40	4,50	4,00	5,00	3,40 + B	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,50	4,10	5,00	3,50 + B	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	4,50	4,50	5,00	3,65 + B	1,83	2,88	2,08	3,38	
2,90	5,00	-	-	3,90 + B	1,95	3,00	2,20	3,50	

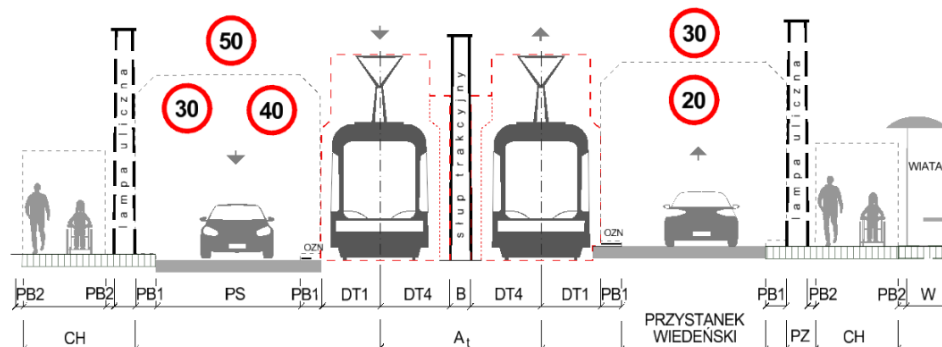
**Szczegół – przystanki tramwajowo-autobusowe (słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach torowiska)**



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	<b><math>A_t</math></b> rozstaw torów		<b>DT1</b> kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	<b>DT4</b> kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		<b>DT5</b> kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		<b>W</b> wymagany odstęp
	dla tras typu TC	$A_{min}$		na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
2,40	3,50	2,90	1,45	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	3,40	3,00	1,50	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	3,30	3,15	1,58	1,83	2,88	2,08	3,38	

### Z.1.1.2. Torowisko wydzielone z jezdni za pomocą znaków drogowych

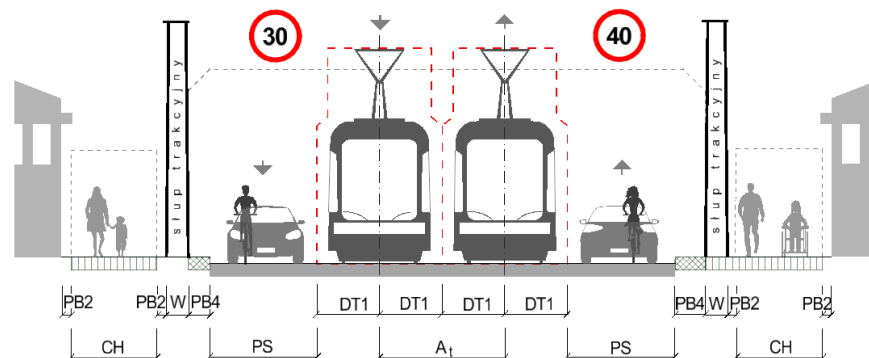
Ulice klasy Z lub L o przekroju 2/1 – słupy trakcyjne w międzytorzu (odcinek z przystankiem wiedeńskim)



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów			DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	W wymagany odstęp
	dla tras typu:		A <sub>min</sub>			
	TB	TC				
2,40	4,00	4,50	3,40 + B	1,45	1,70	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,10	4,60	3,50 + B	1,50	1,75	
2,65	4,50	4,75	3,65 + B	1,58	1,83	



Ulice klasy Z lub L o przekroju 1/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach jezdni (odcinek bez przystanków)

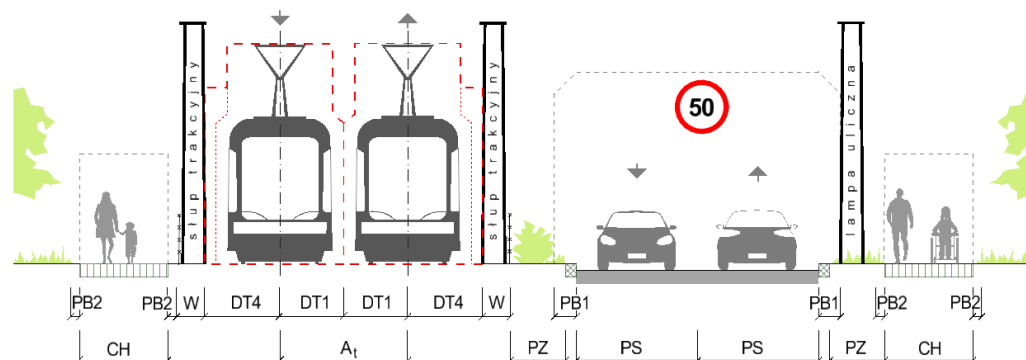


Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów			DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	W wymagany odstęp
	dla tras typu:		A <sub>min</sub>		
	TC	TD			
2,40	3,00	3,00	2,90	1,45	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	3,10	3,10	3,00	1,50	
2,65	3,50	3,50	3,15	1,58	

## Z.1.2. Torowisko wydzielone z jezdni usytuowane poza pasem dzielącym

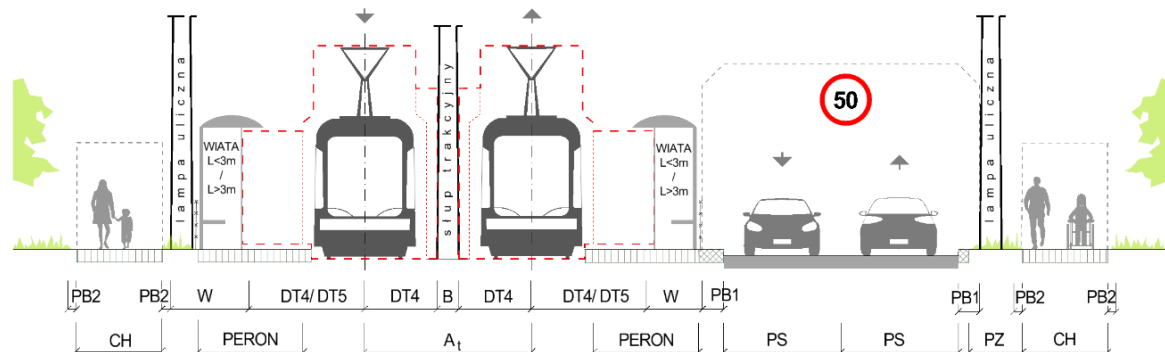
### Z.1.2.1. Torowisko dwukierunkowe usytuowane po jednej stronie jezdni

Ulice klasy G, Z lub L o przekroju 1/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach torowiska (odcinek bez przystanków)



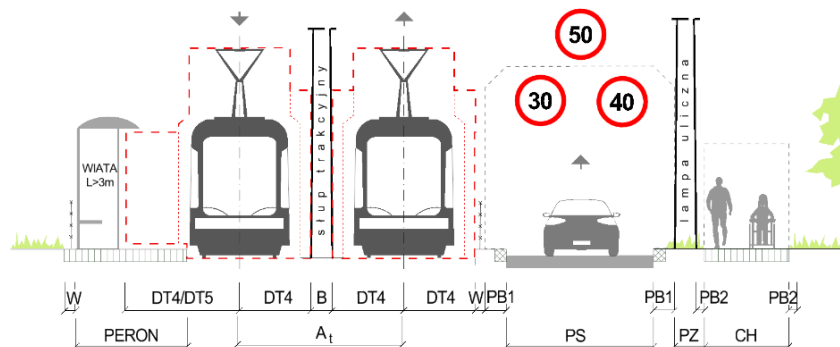
Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych	W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>				
	TS	TB	TC					
2,40	4,50	4,00	3,00	2,90	1,45	1,70	1,95	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,50	4,10	3,10	3,00	1,50	1,75	2,00	
2,65	4,50	4,50	3,50	3,15	1,58	1,83	2,08	
2,90	5,00	-	-	3,75	1,85	1,95	2,20	

**Ulice klasy G, Z lub L o przekroju 1/2 – słupy trakcyjne w międztorzu (odcinek z przystankami)**



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>	na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
	TS	TB	TC						
2,40	4,50	4,00	5,00	3,40 + B	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,50	4,10	5,00	3,50 + B	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	4,50	4,50	5,00	3,65 + B	1,83	2,88	2,08	3,38	
2,90	5,00	-	-	3,90 + B	1,95	3,00	2,20	3,50	

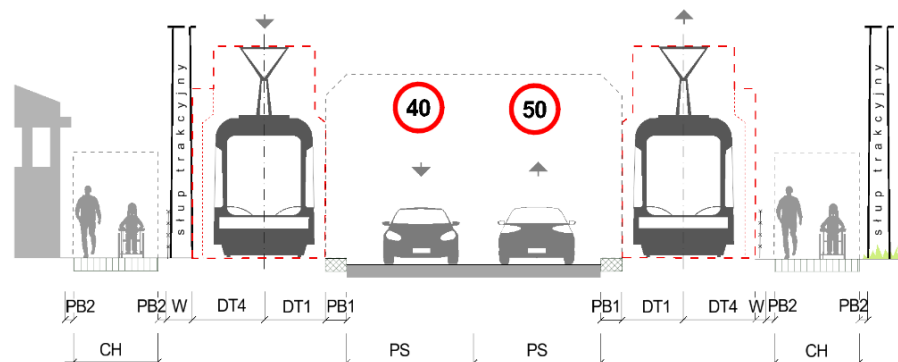
Ulice klasy G, Z lub L o przekroju 1/1 – słupy trakcyjne w międzytorzu (odcinek z przystankiem)



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>	na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
	TS	TB	TC						
2,40	4,50	4,00	5,00	3,40 + B	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,50	4,10	5,00	3,50 + B	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	4,50	4,50	5,00	3,65 + B	1,83	2,88	2,08	3,38	
2,90	5,00	-	-	3,90 + B	1,95	3,00	2,20	3,50	

### Z.1.2.2. Dwa torowiska jednokierunkowe usytuowane po obu stronach jezdni

Ulice klasy G, Z lub L 1/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach torowisk (odcinek bez przystanków)

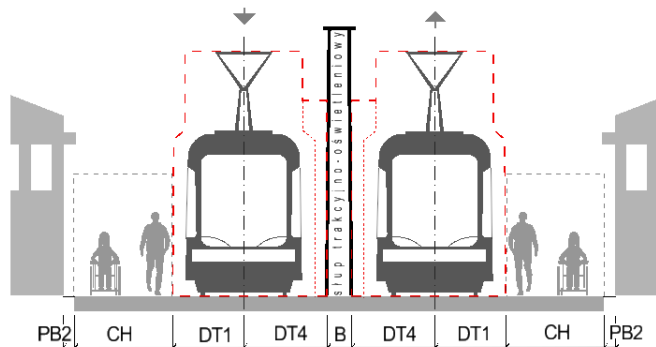


Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	W wymagany odstęp
2,40	1,45	1,70	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia
2,50	1,50	1,75	
2,65	1,58	1,83	
2,90	1,85	1,95	

### Z.1.3. Torowisko wspólne z jezdnią

Ulice klasy G, Z lub L 1/2 – słupy trakcyjne po zewnętrznych stronach jezdni (odcinek bez przystanków)					
Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów			DT1 kontur tramwajowej przestrzeni niezabudowanej	W wymagany odstęp
	dla tras typu:		A <sub>min</sub>		
	TC	TD			
2,40	3,00	3,00	2,90	1,45	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	3,10	3,10	3,00	1,50	
2,65	3,50	3,50	3,15	1,58	

**Ulice klasy Z, L lub D – strefa zamieszkania, strefa ograniczonej prędkości**

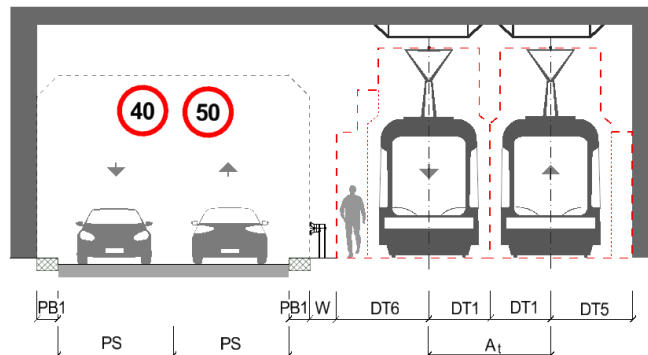


Wymiar minimalny [m] dla podła wagonu o szerokości [m]	<b>A<sub>t</sub></b> rozstaw torów		<b>DT1</b> kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	<b>DT4</b> kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych
	dla tras typu TE	<b>A<sub>min</sub></b>		
2,40	4,00	$3,40 + B$	1,45	1,70
2,50	4,10	$3,50 + B$	1,50	1,75
2,65	4,50	$3,65 + B$	1,58	1,83



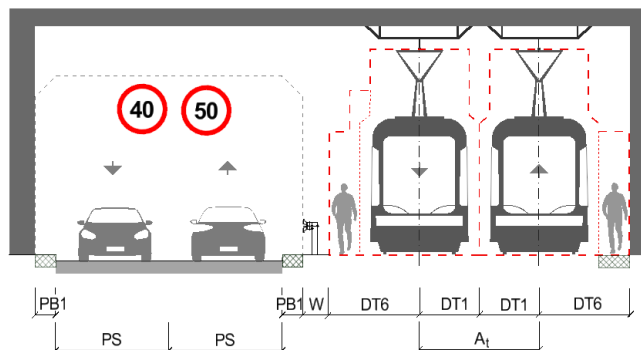
## Z.1.4. Torowisko usytuowane pod wiaduktem lub w tunelu

Ulice klasy G, Z lub L 1/2 – pod wiaduktem o szerokości nie większej niż 20 m



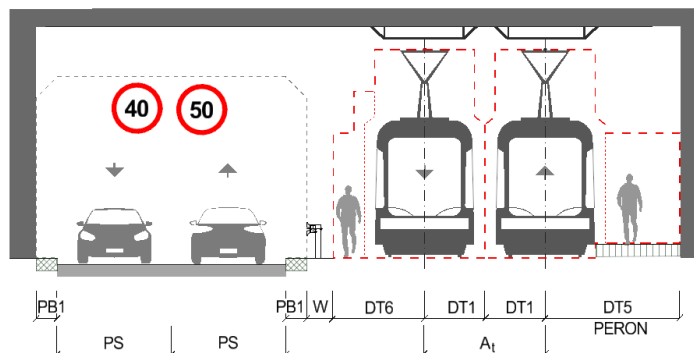
Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	DT6 kontur tramwajowej skrajni z drogą ewakuacji	W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>				
	TS	TB	TC					
2,40	3,50	3,00	3,00	2,90	1,45	1,95	2,20-2,40	zależy od wyposażenia: ogrodzenia, bariery
2,50	3,50	3,00	3,10	3,00	1,50	2,00	2,25-2,45	
2,65	3,50	3,30	3,50	3,15	1,58	2,08	2,33-2,53	
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	2,20	2,45-2,65	

**Ulice klasy G, Z lub L 1/2 – w tunelu o szerokości większej niż 20 m**



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT6 kontur tramwajowej skrajni z drogą ewakuacji	W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>			
	TS	TB	TC				
2,40	3,50	3,00	3,00	2,90	1,45	2,20-2,40	zależy od wyposażenia: ogrodzenia, bariery
2,50	3,50	3,00	3,10	3,00	1,50	2,25-2,45	
2,65	3,50	3,30	3,50	3,15	1,58	2,33-2,53	
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	2,45-2,65	

Ulice klasy G, Z lub L 1/2 – przystanek w tunelu



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		DT6 kontur tramwajowej skrajni z drogą ewakuacji	W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>		na trasie	na przystanku		
	TS	TB	TC						
2,40	3,50	3,00	3,50	2,90	1,45	1,95	3,25	2,20-2,40	zależy od wyposażenia: ogrodzenia, bariery
2,50	3,50	3,00	3,40	3,00	1,50	2,00	3,30	2,25-2,45	
2,65	3,50	3,30	3,30	3,15	1,58	2,08	3,38	2,33-2,53	
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	2,20	3,50	2,45-2,65	

## **Załącznik nr 2. Typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych poza pasami drogowymi ulic (samodzielnych)**

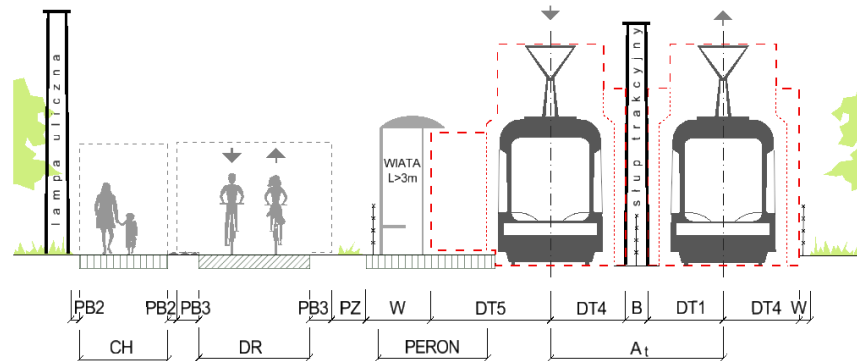
(1) Kolejne karty przedstawiają przykładowe typowe przekroje poprzeczne tras tramwajowych usytuowanych poza pasami drogowymi ulic wraz z wymiarami.

(2) Wszystkie rozwiązania dotyczą usytuowania torowiska na odcinkach prostych. W celu prawidłowego określenia wymiarów konturu koniecznej przestrzeni niezabudowanej tramwaju należy posłużyć się zasadami opisanymi w podrozdziale 6.5.2.

(3) Pozostałe elementy przekroju, które dotyczą wymiarowania przekroju dróg dla pieszych i dróg dla rowerów, przyjmuje się zgodnie z WR-D-41 oraz WR-D-42.

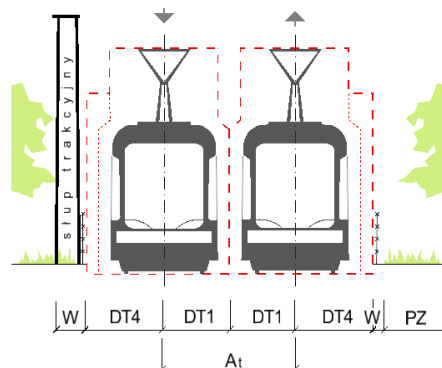
(4) Parametry skrajni dla tramwaju na odcinku prostym przedstawione na schematach opracowano na podstawie skrajni budowli dla tramwajów o szerokości 2,4 m (rys. 7.5.2.1, 7.5.2.2 i 7.5.2.3). W przypadku innego typu skrajni taboru, wymiary dostosowuje się odpowiednio.

### Torowisko z przystankiem



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych		DT5 kontur tramwajowej skrajni dla budowli ciągłych		W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>	na trasie	na przystanku	na trasie	na przystanku	
	TS	TA	TC						
2,40	4,50	4,00	5,00	3,40 + B	1,70	2,75	1,95	3,25	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia, wiaty, bariery
2,50	4,50	4,10	5,00	3,50 + B	1,75	2,80	2,00	3,30	
2,65	4,50	4,50	5,00	3,65 + B	1,83	2,88	2,08	3,38	
2,90	5,00	-	-	3,90 + B	1,95	3,00	2,20	3,50	

### Torowisko bez przystanku



Wymiar minimalny [m] dla pudła wagonu o szerokości [m]	A <sub>t</sub> rozstaw torów				DT1 kontur tramwajowej skrajni przestrzeni niezabudowanej	DT4 kontur tramwajowej skrajni dla budowli punktowych	W wymagany odstęp
	dla tras typu:			A <sub>min</sub>			
	TS	TA	TC				
2,40	3,50	3,00	3,00	2,90	1,45	1,70	zależy od wyposażenia: słupy, ogrodzenia
2,50	3,50	3,10	3,10	3,00	1,50	1,75	
2,65	3,50	3,50	3,50	3,15	1,58	1,83	
2,90	4,00	-	-	3,75	1,85	1,95	





