



Projekt „Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice - Ksawerów ”  
współfinansowany przez Unię Europejską ze środków Europejskiego Funduszu Rozwoju Regionalnego  
w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Łódzkiego na lata 2014-2020

**Inwestor:**

**Miasto Pabianice**

ul. Zamkowa 16  
95-200 Pabianice



**Gmina Ksawerów**

ul. Kościuszki 3h  
95-054 Ksawerów



**Faza:**

**PROGRAM FUNKCJONALNO - UŻYTKOWY**

**Temat:**

„Łódzki Tramwaj Metropolitalny: etap Pabianice – Ksawerów”

**Data opracowania:**

**1 marca 2018 r.**

(tekst ujednoczony po zmianach 30 kwietnia 2018 r.)

Opracowanie sporządzono na podstawie Rozporządzenia Ministra Infrastruktury z dnia 2 września 2004 r. w sprawie szczegółowego zakresu i formy dokumentacji projektowej, specyfikacji technicznych wykonania i odbioru robót budowlanych oraz programu funkcjonalno-użytkowego (Dz. U. Nr 202, poz. 2072)

## 1. WSTĘP

### 1.1. Przedmiot ST

Przedmiotem STWiORB. są wymagania dotyczące wykonania i odbioru nawierzchni torów tramwajowych przy budowie nowego układu torowego dla zadania: "Łódzki Tramwaj Metropolitalny etap Pabianice – Ksawerów".

### 1.2. Zakres stosowania STWiORB

Wytyczne techniczne stosowane są jako dokument przetargowy i kontraktowy przy wykonaniu robót opisanych w podpunkcie 1.1.

### 1.3. Zakres robót objętych ST

Ustalenia zawarte w niniejszej STWiORB stanowią wymagania szczegółowe dotyczące zasad prowadzenia robót związanych z wykonaniem nawierzchni toru w systemie zintegrowanej nawierzchni torowo-drogowej z prefabrykowanych płyt żelbetonowych z korytkami na szyny rowkowe o profilu 60R2 lub 59R2 oraz w technologii podlewu ciągłego i toru klasycznego w konstrukcji podsypkowej.

### 1.4. Określenia podstawowe

Użyte w specyfikacji technicznej określenia należy rozumieć w każdym przypadku następująco:

**1.4.1. Konstrukcja nawierzchni torowej** – układ warstw nawierzchni torowej wraz ze sposobem ich połączenia.

**1.4.2. Krzyżownica** – część rozjazdu umożliwiająca swobodne przejście w jednym poziomie kół pojazdu szynowego przez miejsce krzyżowania się toków szyn.

**1.4.3. Masa podlewowa** – masa służąca do wypełnienia przestrzeni pod stopką szyny rowkowej.

**1.4.4. Masa zalewowa** - masa służąca do wypełniania szczelin między płytami torowymi lub między szyną rowkową a nawierzchnią drogową.

**1.4.5. Niweleta toru** – wysokościowe i geometryczne rozwinięcie na płaszczyźnie pionowego przekroju w osi toru.

**1.4.6. Nawierzchnia torowa** – warstwa lub zespół warstw służących do przejmowania i rozkładania obciążeń od ruchu pojazdów szynowych i kołowych na podłoże gruntowe i zapewniające dogodne warunki dla ruchu.

**1.4.7. Odwodnienie toru** – urządzenie umożliwiające odprowadzenie wód opadowych spływających po torach.

**1.4.8. Podkłady** – strunobetonowe lub drewniane elementy ułożone prostopadle do osi toru, mające za zadanie przenoszenie na podsypkę nacisków od kół taboru, przekazywanych przez szyny.

**1.4.9. Połączenia elektryczne międzytokowe** – połączenia szyn w jednym przekroju przy pomocy linki miedzianej, celem zapewnienia właściwego przepływu prądów powrotnych.

**1.4.10. Promień łuku toru** – promień koła poziomego opisanego na punktach załomu osi toru.

**1.4.11. Rozjazd** – urządzenie umożliwiające przejazd taboru tramwajowego z jednego toru na drugi.

**1.4.12. Rozjazd jednotorowy pojedynczy** – rozjazd, w którym od jednego toru odgałęzia się jeden inny tor; składa się z jednej zwrotnicy i jednej krzyżownicy.

**1.4.13. Rozjazd jednotorowy podwójny** - rozjazd, w którym od jednego toru odgałęziają się dwa inne tory; składa się z dwóch zwrotnic i trzech krzyżownic.

**1.4.14. Rozjazd dwutorowy pojedynczy niepełny** – rozjazd, w którym od dwóch torów odgałęzia się jeden inny tor; składa się z jednej zwrotnicy i pięciu krzyżownic.

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

**1.4.15. Rozjazd dwutorowy pojedynczy** - rozjazd, w którym od dwóch torów odgałęziają się dwa inne tory; składa się z dwóch zwrotnic i sześciu krzyżownic.

**1.4.16. Rozjazd dwutorowy podwójny** - rozjazd, w którym od dwóch torów odgałęziają się cztery inne tory; składa się z czterech zwrotnic i osiemnastu krzyżownic.

**1.4.17. Skrzynia ziemna** – zapewnia przeniesienie obciążeń zewnętrznych wynikających z ruchu pojazdów i pieszych; zabezpieczona jest przed dostępem do niej ciał obcych, posiada odwodnienie; jest zamocowana nieruchomo w zwrotnicy.

**1.4.18. Skrzynia zwrotnicowa** – stanowi obudowę mechanizmu nastawczego; jest przykręcona do skrzyni ziemnej

**1.4.19. Skrzyżowanie torów** – przecięcie się dwóch torów w jednym poziomie, bez możliwości przejazdu z jednego toru na drugi tor.

**1.4.20. Sтыk przediglicowy** – miejsce stanowiące połączenie toru z rozjazdem od strony zwrotnicy.

**1.4.21. Szyna** – stalowy element walcowany, składający się z główki, szyjki i stopki, którego zadaniem jest kierowanie kół taboru oraz przejmowanie nacisków kół i przekazywanie ich na podkłady.

**1.4.22. Szyna rowkowa** – odmiana szyny powstała przez ukształtowanie główki w postaci litery U, ma zastosowanie w konstrukcji toru wbudowanej w jezdnię.

**1.4.23. Szyna przejściowa** – element szynowy służący do połączenia dwóch różnych rodzajów szyn.

**1.4.24. Szyny łączące** – elementy szynowe rozjazdu łączące ze sobą zwrotnice z krzyżownicami oraz krzyżownice.

**1.4.25. Toki szynowe** – połączone ze sobą pojedyncze szyny stanowią tory szynowe: tok prawy i lewy patrząc w kierunku ruchu po torze.

**1.4.26. Tor** – Podstawowy element drogi tramwajowej, służący bezpośrednio do prowadzenia po nim pojazdów szynowych; składa się z dwóch równoległych szyn ułożonych w ustalonej wzajemnej odległości i przytwierdzonych do podpór.

**1.4.27. Zwrotnica** – część rozjazdu, która umożliwi przejazd pojazdu szynowego z toru zasadniczego na tor zwrotny.

**1.4.28. Tramwaj** - pojazd szynowy poruszający się po drogach publicznych

**1.4.29. Wypełnienie pasa torowego** – wypełnienie przestrzeni między szynami stanowiące nawierzchnię dla pojazdów kołowych.

**1.4.30. Studzienka rewizyjna** – urządzenie do kontroli kanałów nieprzetazowych, ich konserwacji i przewietrzania.

**1.4.31. Ściek** – element konstrukcji służący do odprowadzenia wód opadowych z nawierzchni do projektowanych odbiorników.

### 1.5. Ogólne wymagania dotyczące robót

Ogólne wymagania dotyczące robót .

Wykonawca robót jest odpowiedzialny za jakość ich wykonania oraz za zgodność z projektem budowlanym, Specyfikacją Techniczną i poleceniami Inżyniera.

## 2. MATERIAŁY

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

### **2.1. Nawierzchnia stalowa torów, urządzenia smarowania oraz odwodnienia powierzchniowego torów**

#### **2.1.1. Szyny**

##### **2.1.1.1. Szyny rowkowe**

Szyny rowkowe o profilu 60R2 ze stali R260 wg PN-EN 14811 przewidziano na prostych i w łukach poziomych o promieniu większym niż 50m z wyjątkiem szyn łączących w łukach rozjazdów.

Szyny rowkowe o profilu 59R2 ze stali R290GHT wg PN EN 14811 przewidziano na łukach poziomych o promieniu do  $R \leq 50m$ .

Szyny rowkowe przed wbudowaniem w łuki o promieniu  $R < 150m$  należy giąć mechanicznie na giętarkach rolkowych.

Minimalna długość wbudowania pojedynczych odcinków szyn rowkowych poza rozjazdami  $L = 12m$  (wyjątkowo 3m).

##### **2.1.1.2. Szyny Vignole'a**

Szyny kolejowe Vignole'a o profilu ze stali PN-EN 13674-2, w klasie profilu „X”, klasie prostości

i płaskości „A”, przewidziano na prostych i w łukach poziomych o promieniu większym niż 150m

w torze zielonym z elastycznym mocowaniem podkładów.

Minimalna długość wbudowania pojedynczych odcinków szyn kolejowych  $L = 18m$  (wyjątkowo 6m).

##### **2.1.1.3. Szyny przejściowe**

Na połączeniach szyn kolejowych Vignole'a o profilu 49E1 z szynami rowkowymi o profilu 60R2 należy stosować szyny przejściowe wykonywane w zakładach nawierzchni stalowej torów.

#### **2.1.2. Rozjazdy**

##### **2.1.2.1. Zwrotnice**

W rozjazdach przewidziano typowe zwrotnice o  $R = 50m$ , oparte o profil szyny 60R2, długości 5.000 m (+0.700m) z wymiennymi iglicami sprężystymi ze stali o twardości min. 260HB, opartych na podstawie ciągłej z gniazdem na ucho iglicy i rygla.

Zwrotnice muszą być wykonane zgodnie z aprobatą techniczną. Muszą być wyposażone w czujniki temperatury uruchamiające grzałki tylko przy temperaturach zbliżonych do  $0^{\circ}C$ .

Skrzynie ziemne zwrotnic muszą być pokryte materiałem antykorozyjnym i dielektrycznym.

Napędy zwrotnic najazdowych winny zapewniać niezawodną, bezobsługową pracę, posiadać automatyczne sterowanie, elektroniczną kontrolę i sygnalizację położenia iglicy, zapewnić ryglowanie elektryczne i mechanicznie położenia iglic, posiadać dźwigniki nastawcze oraz kontrolno-ryglujący.

Napędy zwrotnic najazdowych przewidziano ze sterowaniem elektrycznym, a zjazdowych - mechanicznym z tłumikami. Szczegółowe właściwości napędów należy uzgodnić z Inwestorem.

Wykonawca rozjazdów na etapie ich produkcji wykona wstawki izolacyjne na długości występowania strefy ciszy. Za prawidłowe rozwiązanie odpowiada producent rozjazdów.

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

Wykonawca w ramach robót torowych uwzględni montaż skrzynek ziemnych napędu rozjazdów oraz skrzynek przyszynowych dla potrzeb połączeń elektrycznych sterowania zwrotnic.

### 2.1.2.1.1 Wymagania dla zwrotnic, ich napędów i grzałek

#### Warunki klimatyczne:

- temperatura maksymalna  $\geq 70^{\circ}\text{C}$ ,
- temperatura minimalna  $\leq - 30^{\circ}\text{C}$ ,
- wilgotność względna 100%,

#### Warunki zasilania:

- zasilanie z sieci trakcyjnej (napędu zwrotnicy oraz układu sterowania) o napięciu znamionowym - 660V DC,
- napięcie maksymalne długotrwałe - 1000V DC,
- napięcie minimalne długotrwałe - 400V DC,
- zabezpieczenie działania urządzeń przed napięciem do 2kV,
- biegun ujemny na sieci trakcyjnej,
- oddzielenie obwodów sterowniczych i sygnalizacyjnych od napięcia sieci trakcyjnej,
- ochrona przed porażeniem prądem, uszynienie napędu zwrotnicy oraz słupa trakcyjnego, na którym znajduje się skrzynka sterownicza,

#### Pozostałe parametry i wymagania:

- system komunikacji tramwajowej – zwrotnica realizowana sygnałem podczerwieni oraz radiowym,
- budowa sterownika modułowa, umożliwiająca wymianę uszkodzonego modułu w miejscu zainstalowania,
- napęd elektrohydrauliczny,
- mechaniczne ryglowanie drążków nastawczych oraz utrwalone zamykanie cięgna kontrolnego,
- siła utrzymująca iglicę  $\geq 7\text{kN}$ ,
- siła przesuwająca iglicę  $\geq 3\text{kN}$ ,
- kontrola położenia i przylegania iglic,
- zabezpieczenie przed korozją,
- odporność na zalanie wodą,
- sygnalizacja świetlna stanu zwrotnicy, określająca jednoznacznie położenie zwrotnicy, stan zablokowania oraz stan awaryjny z niedoleganiem iglic do szyny włącznie,
- możliwość zainstalowania sygnalizatora określającego stan zwrotnicy zarówno na słupku jak i na sieci trakcyjnej,
- blokada elektryczna uniemożliwiająca przestawienie zwrotnicy pod tramwajem – system niereagujący na pojawienie się w kontrolowanym obszarze innych niż tramwaj pojazdów (nie dopuszcza się czujników mechanicznych zawieszonych na sieci trakcyjnej),
- mechanizm rozpruwalny,
- urządzenia muszą umożliwiać przejazd przez strefę blokady, sterowania i zwrotnicę bez zatrzymania w pełnym zakresie prędkości tramwaju,
- możliwość współpracy ze sterownikiem sygnalizacji ulicznej (bezpotencjałowe zestyki przekaźników),
- moduł sterowania ogrzewaniem zwrotnic umożliwiający automatyczne załączanie i wyłączenie ogrzewania oraz regulację progów załączania i wyłączenia,
- możliwość ręcznego przestawienia zwrotnicy,
- możliwość montażu szafek sterownika na słupach trakcyjnych oraz jako stojących na fundamencie,
- możliwość testowania poszczególnych funkcji napędu z szafy sterowniczej,

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

- sygnalizacja niesprawności poszczególnych bloków układu sterowania w szafie sterowniczej,
- możliwość odczytu parametrów napędu i sterownika oraz stanu ogrzewania (wraz z kontrolą sprawności poszczególnych grzałek) w celach diagnostycznych zarówno w szafie sterowniczej jak i zdalnie,

### **Warunki stawiane ogrzewaniom zwrotnic:**

- minimalna strefa grzania – 3m,
- początek strefy grzania – od początku iglicy,
- konstrukcja zwrotnicy i usytuowanie elementów grzewczych musi zapewniać dobry efekt cieplny oraz umożliwiać łatwą wymianę zarówno elementu grzejnego jak i osłony bez konieczności naruszania nawierzchni ulicy,
- skrzynki przytorowe typu szczelnego,
- śruby pokryw skrzynek przytorowych muszą być odporne na samo rozkręcenie, a jednocześnie muszą zapewniać łatwość dostępu,
- skrzynki przy torowe muszą posiadać odwodnienie,
- grzałki i ich osłony wykonane z materiałów odpornych na działanie korozji (również korozji elektrolitycznej) oraz czynników zewnętrznych (sól, woda itp.),
- grzałki P=900W, Un=700V DC,
- instalacja elektryczna wykonana kablami, których konstrukcja i materiał powłok powinny być takie, aby zapewnione były wymagane w warunkach użytkowania (ulicznych) właściwości ochronne powłok i trwałość mechaniczna,
- układ instalacji elektrycznej musi umożliwiać jej łatwą wymianę,
- automatyczne wyłączenie i załączanie ogrzewania,
- możliwość regulacji temperatury załączania i wyłączenia ogrzewania, oddzielne zabezpieczenia prądowe dla każdej grzałki

### **2.1.2.2. Krzyżownice i kierownice**

W rozjazdach przewidziano krzyżownice blokowe z nakładkami ze stali o wysokiej twardości 400HB (min. 380HB). Końcówki krzyżownic, szyny łączące bloki krzyżownic, na których wymagane jest wyptycenie rowka oraz kierownice przewidziano z profili 76C1 lub 73C1 (ze stali co najmniej gatunku R220G1 wg PN-EN 14811) z powierzchnią o twardości min. 290HB.

W blokach krzyżownic oraz w szynach łączących bloki wykonać należy rowki trapezowe o głębokości 12mm (pochylenie 1:6). W kierownicach rowki winny być głębokości 35mm o szerokości 30mm dla R≥50m i szerokości 32mm dla R<50m.

Pozostałe szyny łączące w łukach wewnątrz rozjazdów winny mieć także powierzchnią o twardości 290HB.

Rampy najazdowe 1:100. Blacha stalowa podpierająca grubość 15mm.

W krzyżownicach w nawierzchni betonowej między toki odchodzące od bloku pod ostrym kątem winny być wspawane w poziomie główki szyny blachy zapewniające szerokość nawierzchni betonowej w klinie nie mniejszą niż 20cm.

### **2.1.2. Smarownice**

Należy zastosować smarownice o właściwościach nie gorszych niż podane niżej:

- muszą być wyposażone w czujniki wykrywające pojazdy szynowe
- muszą posiadać elektroniczną regulację ilości i częstotliwości podawania smaru
- smarowanie, oprócz powodowania zmniejszenia zużycia szyn musi zapewnić znaczne ograniczenie emisji hałasu (pisków), nie może powodować zmiany drogi hamowania
- smarowanie musi być zapewnione w temperaturach od -25°C.
- smar w urządzeniu nie może być poddawany długotrwałemu ciśnieniu.

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

- smar musi być biodegradowalny
- wymienny pojemnik na smar musi zawierać minimum 50kg smaru
- smarownice muszą spełniać wymagania odpowiedniej aprobaty technicznej.
- długość przewodu smarowniczego do 15m
- smarownice winny mieć zasilanie 230V.

Smarownice w torach o konstrukcji z płyt korytkowych muszą być dostosowane do zamontowania w płytach o korytku poszerzonym o kasetę smarownicy z otworami dolnymi w płycie na przewody.

Lokalizacja i rodzaj smarownic oraz szafek, a także sposób zasilania (panele słoneczne lub zasilanie z sieci) należy uzgodnić z Inwestorem.

### **2.1.3. Przyszynowe skrzynki odwadniające**

Przyszynowe skrzynki odwadniające rowki szyn winny posiadać aprobatę techniczną dla tego celu. Powinny być z materiału dielektrycznego lub posiadać powłokę dielektryczną. Skrzynki wbudowane w jezdniach lub w torowisku z dopuszczonym ruchem jakichkolwiek pojazdów kołowych powinny odpowiadać klasie nośności minimum D (400kN).

### **2.1.4. Odwodnienie liniowe**

Odwodnienie liniowe odwadniające torowiska włącznie z rowkami szyn winny posiadać aprobatę techniczną dla tego celu. Powinny być z materiału dielektrycznego lub posiadać powłokę dielektryczną. Powinny odpowiadać klasie nośności minimum D (400kN).

Korytko skrzynkowe, polimerobetonowe z kratką żeliwną odwadniające jezdni winno posiadać aprobatę techniczną dla tego celu. Korytko skrzynkowe w jezdniach z dopuszczonym ruchem jakichkolwiek pojazdów kołowych powinny odpowiadać klasie nośności minimum D (400kN).

### **2.1.5. Przewody wyrównawcze**

Przewidziano wykonanie połączeń wyrównawczych toków szynowych co 100m i torów co 200m (oraz dookoła rozjazdów i w urządzeniach wyrównawczych) linki miedzianej o przekroju 120mm<sup>2</sup> za pomocą złączy wciskanych w szyjkę szyny.

### **2.1.6. Przyrządy wyrównawcze**

Należy zastosować przyrządy wyrównawcze do szyn kolejowych spełniające wymagania aprobaty technicznej.

### **2.1.6. Prefabrykowana ścianka typu L**

Krawędzie peronowe od strony torowiska przewidziano ze ścianek peronowych tramwajowych typu „L 50x50m” spełniających wymagania aprobaty technicznej, wykonanych z betonu C30/37 o nasiąkliwości < 4% i ścieralności ≤ 3.5mm ustawionych na podsypce cementowo-piaskowej i ławie z betonu C12/15. Dopuszczalna tolerancja wymiarów ścianki na grubości ±3mm, na długości ±10mm. Prefabrykat typu L musi spełnić wymagania normy BN-80/6775-03 oraz posiadać atest wytwórni.

## **2.4. MATERIAŁY DO BUDOWY TORU NA PODLEWIE CIĄGŁYM**

### **2.4.1. Materiały służący do ciągłego, elastycznego podparcia szyn**

W konstrukcji podlewów szyn w korytkach płyt żelbetowych (oraz w wypełnieniach w/w 15cm odcinków szczelin płyt) przewidziano zastosowanie materiału na bazie poliuretanu, jednorodnego, homogenicznego (bez dodatkowych wypełniaczy np. korek, granulatu), utwardzającego się w sposób bezskurczowy, posiadającego aprobatę techniczną do

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

ciągłego, elastycznego mocowania szyn, twardość wg Shore A, po 30 dniach  $50 \pm 5$  wg PN-EN ISO 868:2005, o nie gorszych parametrach określonych poniżej:

Zastosowane rozwiązania muszą gwarantować szczelność konstrukcji torowiska a co za tym idzie brak możliwości dostania się wody, izolację elektryczną toru, odporność na prądy błądzące. Wyklucza się stosowanie prefabrykowanych okładzin szyny. Zaproponowane materiały muszą posiadać udokumentowaną możliwość przeprowadzania takich prac w torze jak napawanie szyn bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń ograniczających emisję substancji niebezpiecznych oraz zapewnić brak uszkodzeń materiału mocującego na skutek prowadzonych prac.

Ze względu na naprężenia występujące w konstrukcji torowiska, szynę należy w pełni oblać materiałem poliuretanowym który, spełnia następujące minimalne wymagania :

- moduł sztywności poprzecznej  $G \geq 0,55$  Mpa po 1 dobie (24 h)\*
- wydłużenie względne przy zerwaniu  $\geq 100\%$
- minimalna wytrzymałość na rozciąganie  $\geq 1$  Mpa
- doraźne naprężenie rzeczywiste  $T_u \geq 3$  Mpa wg ISO 527 (jednoosiowe rozciąganie)

\* Zgodnie z normą AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications 6th Ed (US), materiały elastomerowe o module sztywności poprzecznej  $G < 0,55$  Mpa (temperatura 230C i badanie krótkotrwałe, bez wpływów reologicznych) nie powinny być dopuszczane jako elementy konstrukcyjne. Założenie to wynika z konieczności uwzględnienia w obliczeniach efektów długotrwałych (pełzanie), termicznych i zmęczeniowych.

Wszystkie materiały chemiczne stosowane w technologii elastycznego, ciągłego mocowania szyn na bazie poliuretanu wraz z materiałami gruntującymi na bazie żywic epoksydowych muszą być wzajemnie kompatybilne, muszą posiadać aprobatę IBDiM dla tego typu zastosowania. Wyklucza się stosowanie prefabrykowanych okładzin szyny.

Materiały stosowane przy powierzchniach betonowych muszą nadawać się do stosowania na powierzchniach ze świeżego betonu, muszą gwarantować szczepność, szczelność oraz dielektryczność proponowanego rozwiązania

Żywice poliuretanowe stosowane w systemach mocowania szyn muszą osiągać pełną sprawność użytkową najpóźniej po 24 godzinach. Sztywność statyczna materiału poliuretanowego do mocowania szyn nie może być wyższa niż 50 kN/mm wg DIN45673 dla rozmiarów próbki 1000x180x25mm wyznaczona metodą siecznych pomiędzy 8 i 32 kN. Sieczny moduł sztywności przy ściskaniu, zastosowanej do mocowania szyn żywicy poliuretanowej, wyznaczony w zakresie odkształceń 1,5-3,0% przy prędkości odkształcenia 0,2/min, dla próbki o wymiarach 1000x180x25 mm nie może być mniejszy od  $E_c = 8,5$  MPa (wg DIN 45673).

### **2.4.2. Materiały do wypełnienia komór szynowych**

Do wypełnienia komór szynowych (w celu zmniejszenia zużycia materiału poliuretanowego do podlewu szyn i ograniczenia bocznego ruchu szyn) przewidziano beleczki betonowe według kształtu określonego w projekcie, dostosowanego do szyny rowkowej.

### **2.4.3. Materiały do kotwienia szyn**

W skład materiałów do kotwienia szyn wchodzi kotwy, nakrętki, pierścienie sprężyste, łapki oraz klej do wklejania kotew w wywierconych otworach.

Kotwy winny być zrobione ze stali klasy A1, z prętów  $\varnothing 22$ mm o długości min. 220mm, nagwintowanych na długości 50mm a na pozostałej części po oczyszczeniu do stopnia czystości Sa21/2 zagruntowanych klejem epoksydowym, tym samym, który następnie służył będzie do wklejenia kotew (posiadającym aprobatę techniczną IBDiM). Kotwy osadzone w płycie betonowej na głębokość min 120mm. Przewidziano typowe nakrętki  $\varnothing 22$ mm z pierścieniami dwuzwojowymi oraz stalowe łapki kolejowe typu Łp3.



#### 2.4.4. Materiały na podbudowę z betonu

Na dolną warstwę podbudowy betonowej grubości 30cm przewidziano beton klasy C25/30, a na warstwę górną (pod kostkę kamienną) beton klasy C30/37 (bez zbrojenia stałą). Materiały użyte do wytworzenia mieszanki powinny charakteryzować się następującym i cechami:

**Cement** jest najważniejszym składnikiem betonu i powinien posiadać następujące właściwości:

- wysoką wytrzymałość,
- mały skurcz, szczególnie w okresie początkowym,
- wydzielanie małej ilości ciepła przy wiązaniu.

Celem otrzymania betonu w dużym stopniu nieprzepuszczalnego i trwałego, a więc odpornego na działanie agresywnego środowiska, do konstrukcji należy stosować wyłącznie cement portlandzki (bez dodatków), o podwyższonej odporności na wpływy chemiczne.

Do betonu klasy C25/30 i C30/37 zaleca się cement marki 45 (CEM I 32.5). Wymaga się, aby cementy te charakteryzowały się następującym składem:

- zawartość krzemianu trójwapniowego (alitu) C3S 50-60 %,
- zawartość glinianu trójwapniowego C3A, możliwie niska, do 7 %,
- zawartość alkaliów do 0.6 %, a przy stosowaniu kruszywa niereaktywnego do 0.9 %.

Ponadto zaleca się, aby zawartość  $C4AF+2*C3A < 20$  %. Cement pochodzący z każdej dostawy musi spełniać wymagania zawarte w PN-EN 197-1. Nie dopuszcza się występowania w cemencie grudek nie dających się rozgnieść w palcach.

**Kruszywo** powinno spełniać wszystkie wymagania normy PN-EN 12620. Powinno składać się z elementów niewrażliwych na przemarzanie, nie zawierać składników łamliwych, pyłących czy o budowie warstwowej, gipsu ani rozpuszczalnych siarczanów, piritów, piritów gliniastych i składników organicznych. Wykonawca powinien dostarczyć pisemne stwierdzenie, w oparciu o wykonane badania mineralogiczne, o braku obecności form krzemionki (opal, chalcedon, trydymit,) i wapieni dolomitycznych reaktywnych w stosunku do alkaliów zawartych w cemencie, wykonując niezbędne badania laboratoryjne.

**Kruszywo grube** - do betonów klas C25/30 i C30/37 należy stosować grysy granitowe lub bazaltowe o maksymalnym wymiarze ziarna do 16mm lub żwiry o maksymalnym wymiarze ziarna 16 mm.

Grysy powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

- zawartość pyłów mineralnych do 1%
- zawartość ziaren nieforemnych (wydłużonych i płaskich) do 20%,
- wskaźnik rozkruszenia:
  - dla grysów granitowych do 16%,
  - dla grysów bazaltowych i innych do 8%,
- nasiąkliwość do 1.2%
- mrozoodporność wg metody bezpośredniej do 2%,
- mrozoodporność wg zmodyfikowanej metody bezpośredniej (wg BN-84/6774-02 )

do 10%,

reaktywność alkaliczna z cementem określona wg PN-91/B-06714/34 nie wywołująca zwiększenia

wymiarów liniowych ponad 0.1%,

zawartość związków siarki do 0.1%,

zawartość zanieczyszczeń obcych do 0.25%,

zawartość zanieczyszczeń organicznych nie dająca barwy ciemniejszej od wzorcowej.

### STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

Żwir powinien spełniać wymagania PN-EN 12620 "Kruszywa do betonu", dla marki 30 w zakresie cech fizycznych i chemicznych. Ponadto ogranicza się do 10% mrozoodporność żwiru badaną zmodyfikowaną metodą bezpośrednią. W kruszywie grubym, tj. w grysach i żwirach nie dopuszcza się grudek gliny. Zaleca się, aby zawartość podziarna nie przekraczała 5%, a nadziarna 10%.

Kruszywo pochodzące z każdej dostawy musi być poddane badaniom niepełnym obejmującym:

- oznaczenie składu ziarnowego wg PN-EN 933-1,
- oznaczenie zawartości ziaren nieforemnych wg PN-EN 933-4,
- oznaczenie zawartości pyłów mineralnych,
- oznaczenie zawartości zanieczyszczeń obcych,
- oznaczenie zawartości grudek gliny (oznaczać jak zawartość zanieczyszczeń

obcych).

Należy zobowiązać dostawcę do przekazywania dla każdej partii kruszywa wyników badań pełnych

oraz okresowo wynik badania specjalnego dotyczącego reaktywności alkalicznej.

**Kruszywo drobne** - kruszywem drobnym powinny być piaski o uziarnieniu do 2 mm pochodzenia rzecznoego lub

kompozycja piasku rzecznoego i kopalnianego uszlachetnionego. Zawartość poszczególnych frakcji w stosie okrucowym piasku powinna wynosić:

- do 0.25 mm 14 do 19%, do 0.5 mm 33 do 48%,
- do 1 mm 57 do 76%

Piasek powinien spełniać następujące wymagania :

- zawartość pyłów mineralnych do 1.5%
  - reaktywność alkaliczna z cementem określona wg PN-91/B-06714/34 nie wywołująca zwiększenia
- wymiarów liniowych ponad 0.1%,
- zawartość związków siarki do 0.2%,
  - zawartość zanieczyszczeń obcych do 0.25%,
  - zawartość zanieczyszczeń organicznych nie dająca barwy ciemniejszej od wzorcowej.

W kruszywie drobnym nie dopuszcza się grudek gliny. Piasek pochodzący z każdej dostawy musi być poddany badaniom niepełnym obejmującym :

- oznaczenie składu ziarnowego wg PN-EN 933-1,
- oznaczenie zawartości pyłów mineralnych,
- oznaczenie zawartości zanieczyszczeń obcych,
- oznaczenie zawartości grudek gliny (oznaczać jak zawartość zanieczyszczeń

obcych).

Należy zobowiązać dostawcę do przekazywania dla każdej dostawy piasku wyników badań

pełnych oraz okresowo wynik badania specjalnego dotyczącego reaktywności alkalicznej.

#### **Uziarnienie kruszywa.**

Mieszanki kruszywa drobnego i grubego wymieszane w odpowiednich proporcjach powinny utworzyć stałą kompozycję granulometryczną, która pozwoli na uzyskanie wymaganych właściwości zarówno świeżego betonu (konsystencja, jednorodność, urabialność, zawartość powietrza) jak i stwardniałego (wytrzymałość, przepuszczalność, moduł sprężystości, skurcz). Krzywa granulometryczna powinna zapewnić uzyskanie maksymalnej szczelności betonu przy minimalnym zużyciu cementu i wody. Szczególną uwagę należy zwrócić na uziarnienie piasku w celu zredukowania do minimum wydzielania mleczka cementowego.

Kruszywo powinno składać się z co najmniej 3 frakcji; dla frakcji najdrobniejszej pozostałość na sicie o boku oczka 4 mm nie może być większa niż 5%. Poszczególne frakcje nie mogą

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

zawierać uziarnienia przynależnego do frakcji niższej w ilości przewyższającej 15% i uziarnienia przynależnego do frakcji wyższej w ilości przekraczającej 10% całego składu frakcji.

Zaleca się betony klasy C30/37 i wyżej wykonywać z kruszywem o uziarnieniu ustalonym doświadczalnie, podczas projektowania składu mieszanki betonowej.

Maksymalny wymiar ziaren kruszywa powinien pozwalać na wypełnienie mieszanką każdej części konstrukcji przy uwzględnieniu urabialności mieszanki, ilości zbrojenia i grubości otuliny.

**Woda** - woda zarobowa do betonu powinna spełniać wszystkie wymagania PN-EN 1008. Powinna pochodzić ze źródeł nie budzących żadnych wątpliwości, lub dobrze zbadanych. Stosowanie wody z wodociągu nie wymaga badań. Woda powinna być dodawana w możliwie najmniejszych ilościach w stosunku do założonej wytrzymałości i stopnia urabialności mieszanki betonowej, biorąc pod uwagę również ilości wody zawarte w kruszywie, w sposób pozwalający na zachowanie możliwie małego stosunku w/c nie większego niż 0,50.

**Dodatki i domieszki do betonu** - zaleca się stosowanie do mieszanek betonowych domieszek chemicznych o działaniu napowietrzającym i uplastyczniającym. Rodzaj domieszki, jej ilość i sposób stosowania powinny być zaopiniowane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Zaleca się doświadczalne sprawdzenie skuteczności domieszek przy ustalaniu recepty mieszanki betonowej.

W celu uzyskania betonów w dużym stopniu nieprzepuszczalnych i trwałych o niskim stosunku w/c i wysokiej urabialności, zaleca się stosować plastyfikatory oraz środki napowietrzające.

Rodzaj domieszki należy uzgodnić z Inżynierem na etapie zatwierdzania recepty na beton. Warunkiem zastosowania określonej domieszki jest aktualna aprobatą techniczną IBDiM. Domieszki należy stosować do mieszanek betonowych wykonywanych przy użyciu cementów portlandzkich marki 35 i wyższych.

**Włókna polipropylenowe** - włókna polipropylenowe stosowane są jako zamiennik stalowych siatek przeciwskurczowych. Włókna polipropylenowe mogą być dozowane do mieszalnika betonu przed, w trakcie lub po dodaniu pozostałych składników mieszanki betonowej. Dodatek włókien nie wymaga zmiany procedur mieszania oraz czasu mieszania betonu. Beton z dodatkiem włókien nie wymaga żadnych specjalnych procedur wykończeniowych przy czym do betonu należy wprowadzić zbrojenie rozproszone włóknami polipropylenowymi w ilości zapewniającej spełnienie poniższych wymagań tj. 0,9-2 kg/m<sup>3</sup> (lub w innej ilości wystarczającej dla uzyskania skuteczności, potwierdzonej wynikami badań producenta) włókna zgodne z PN-EN 14889-2.

Konsystencja betonu z dodatkiem włókien wbudowanego za pomocą pompy w zależności od zastosowanych włókien musi być dobrana doświadczalnie.

Produkcja mieszanek betonowych musi odbywać się w stacjonarnym węźle betoniarski ze skomputeryzowanym systemem naważania o określonej tolerancji błędów wynoszącym dla :

- cementu, kruszyw, wody, dodatków >5% m.c. - ± 3% wymaganej ilości,
- domieszek < 5% m.c. - ± 5% wymaganej ilości,

Ponadto węzeł betoniarski musi posiadać system grzania kruszyw i wody umożliwiającą produkcję mieszanek betonowych w okresie zimowym.

Produkcja mieszanek betonowych musi odbywać zgodnie z normą PN-EN 206:2014.

Wytwarzanie mieszanek betonowych musi odbywać się w ramach certyfikowanej Zakładowej Kontroli Produkcji – system 2+, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i budownictwa z dnia 26.11.2016 (DZ.U 2016 poz. 1570).

### **2.4.5. Stabilizacja cementem w podbudowie i do wzmocnienia podłoża**

Stabilizacja cementem o  $R_m=2,5\text{MPa}$  winna spełniać wymagania określone w ST D-04.05.00 dla górnej części ulepszonego podłoża przy ruchu KR4÷6.

Stabilizacja cementem o  $R_m=5\text{MPa}$  winna spełniać wymagania określone w ST D-04.05.00 dla podbudowy pomocniczej torowiska.

#### 2.4.7. Masa zalewowa

Do uszczelniania szczelin pomiędzy torowiskiem wbudowanym w jezdnię a nawierzchnią jezdni należy stosować masy zalewowe - asfaltowe z dodatkiem wypełniaczy i odpowiednich polimerów posiadające bardzo dobrą zdolność wypełniania szczelin, niską spływność w temperaturze +60°C, bardzo dobrą przyczepność do ścianek, a także dobrą rozciągliwość w niskich temperaturach. Masy zalewowe „na gorąco” są wbudowywane po uprzednim rozgrzaniu do stanu płynnego, który jest osiągnięty w temperaturze od 160 do 200°C.

Masa powinna mieć cechy zgodne z poniższymi wskazaniami:

1	zdolność wypełnienia szczelin (na całej wysokości)	b. dobra
2	temperatura mięknięcia PiK	≥ 90
3	spływność w temperaturze 60°C pod kątem 15° w ciągu 30 minut	≤ 15 mm
4	odporność na uderzenia w niskich temperaturach wg badania próbek uformowanych w kule, oziębionych do temperatury -20°C i opuszczonych z wysokości 10 cm	3 spośród badanych 4 kul nie powinny wykazywać śladów uszkodzeń
5	penetracja (stożkiem) w temperaturze +25°C	j.Pen 0,1mm ≥70
6	wydłużenie względne w temperaturze -20°C	≥9

Poszczególne partie i rodzaje masy zalewowej powinny być składowane w zadanych pomieszczeniach oddzielnie w pojemnikach.

**Zalewy polimeroasfaltowej nie wolno używać do wypełnienia szczelin przy szynach.**

#### 2.4.8. Gruntownik

Gruntownik, zwiększający przyczepność zalewy asfaltowej do ścianek szczeliny, należy stosować w przypadkach zalecanych przez producenta zalewy asfaltowej.

Gruntownik powinien spełniać wymagania PN-EN 15466-1, odpowiadać wymaganiom określonym przez producenta zalewy, a w przypadku ich braku lub niepełnych danych, powinien mieć cechy zgodne z poniższymi wskazaniami:

- |   |   |
|---|---|
| 1) konsystencja ciekła<br>(do nakładania pędzlem lub natryskiem)  | 80 do 150 sekund<br>wypływu z kubka Forda<br>Ø 4 mm       |
| 2) czas odparowania rozpuszczalnika   | ≤ 60 minut  |
| 3) próba rozciągania zalewy asfaltowej<br>z gruntownikiem na modelu szczeliny<br>w laboratorium, w temperaturze -20°C,<br>przy rozszerzaniu szczeliny o 15% | zalewa nie powinna ulec<br>oderwaniu od ścianek<br>betonu |

Gruntownik należy składować w pojemnikach, w sposób zabezpieczający go przed zanieczyszczeniem, z zachowaniem przepisów przeciwpożarowych.

#### 2.4.9. Krawężniki kamienne

Krawężniki granitowe 35x15cm i pozostałe materiały na ławy betonowe winny spełniać wymagania ST D-08.01.02 „Krawężniki i obrzeża kamienne”

#### 2.4.10. Materiały do kotwienia betonu

Kotwy są wykonane z prętów żebrowych Ø12mm o długości 29cm. Kotwy powinni być czyszczone do pierwszego stopnia czystości. Przewidziano ok. 10 kotew na m<sup>2</sup> nawierzchni z betonu cementowego.

#### **2.4.11. Beton cementowy**

Na nawierzchnię betonową grubości 19,5cm przewidziano beton cementowy z betonu C35/45 klasy ekspozycji XF4 o wymaganiach wg ST D-05.03.04

#### **2.4.12. Asfalt twardolany**

Asfalt twardolany winien spełniać wymagania dla warstwy ścieralnej z asfaltu lanego grubości 4.5cm, przyjęte w zależności od klasy drogi i obciążenia ruchem w miejscu wbudowania.

### **2.5. POZOSTAŁE MATERIAŁY DO BUDOWY TORU W SYSTEMIE ZINTEGROWANEJ NAWIERZCHNI TOROWO-DROGOWEJ Z PREFABRYKOWANYCH PŁYT ŻELBETOWYCH**

#### **2.5.1. Płyty torowe**

##### **2.5.1.1. Materiał do produkcji**

Materiały użyte do produkcji wszystkich typów prefabrykowanych płyt żelbetowych winny być zgodne z aprobatą techniczną płyt.

##### **2.5.1.2. Wymagania techniczne gotowego wyrobu**

###### **2.5.1.2.1. Wymiary i tolerancje wykonania**

Wymiary i tolerancje wykonania płyt powinny być zgodne z dokumentacją techniczną. Dopuszczalne odchyłki wymiarów podstawowych nie powinny przekraczać dla :

- szerokości płyt:  $\pm 7$  mm,
- grubości płyt:  $\pm 3$  mm,
- długości płyt:  $\pm 10$  mm,
- głębokość kanału szynowego:  $+2/-1$  mm,
- usytuowania osi kanałów szynowych w stosunku do osi płyty:  $\pm 5$  mm,
- odległości osi kanałów szynowych od siebie:  $\pm 4$  mm,
- położenia wysokościowego kanałów szynowych względem siebie:  $\pm 5$  mm.

W rejonie instalowania smarownic muszą być wykonane płyty z kanałami szynowymi poszerzonymi odpowiednio dla zamieszczenia kasety smarownicy (odpowiednio po wewnętrznej lub zewnętrznej stronie szyny) oraz z otworami w dnie kanału na doprowadzenie przewodów. Wymiary kanałów dla instalacji kaset muszą być określone w zależności od wyboru producenta smarownic.

###### **2.5.1.2.2. Stan powierzchni i wygląd zewnętrzny**

Górna powierzchnia płyt stanowiąca warstwę ścieralną nawierzchni drogowej powinna mieć odpowiednio szorstką fakturę, tak aby zapewnić wymagane przepisami warunki przyczepności kół samochodów. Warunki te są scharakteryzowane m.in. przez właściwości przeciwpoślizgowe nawierzchni drogi określone w rozporządzeniu Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 roku w sprawie „Warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie” (Dz. U. nr 43, poz. 430 – załącznik nr 6, ust. 4). Górna powierzchnia płyt powinna być bez rys, pęknięć, szczelin i miejsc niedowibrowanych.

Zwichrowanie powierzchni górnej maksymalnie 8mm dla płyt o długości ponad 5m, dla pozostałych płyt maksymalnie 5mm.

Pozostałe powierzchnie płyt powinny być gładkie, bez raków, pęknięć, rys oraz ciał obcych w betonie.

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

Dopuszcza się drobne pory jako pozostałości po pęcherzykach powietrza i po wodzie, których średnica nie przekracza 10mm, a głębokość 5mm – maksymalnie w 10 miejscach na 1 m<sup>2</sup>. Zacieranie tych powierzchni po wyjęciu płyt z formy jest niedopuszczalne.

Dolna powierzchnia może mieć rysy włosowate wynikające ze skurczenia się betonu maksymalnie do szerokości 0,2mm.

Całkowita długość uszkodzeń ścian bocznych do głębokości 35mm może wynosić maksymalnie 5% całkowitej długości płyty, przy czym długość jednego uszkodzenia może wynieść maksymalnie 100mm.

Krawędzie płyt powinny być proste bez wyszczerbień i wzajemnie równoległe. Dopuszcza się uszkodzenia krawędzi na długości do 5% długości płyty i głębokości 15mm maksymalnie na jednej krawędzi jednej płyty.

Kanały szynowe muszą być czyste, bez nadlewów z betonu.

### **2.5.1.2.3. Wytrzymałość betonu na ściskanie**

Wytrzymałość betonu na ściskanie po 28 dniach nie powinna być niższa niż klasy C35/45.

### **2.5.1.2.4. Ścieralność betonu**

Średnie zmniejszenie objętości po 16 cyklach na tarczy Boehmego  $\Delta V \leq 15\,000\text{ mm}^3$  (odpowiada to wysokości 3,0mm startej warstwy próbki betonu).

### **2.5.1.2.5. Nasiąkliwość wagowa betonu**

Nasiąkliwość wagowa betonu użytego do produkcji płyt nie powinna przekraczać 5%.

### **2.5.1.2.6. Stopień mrozoodporności betonu**

Stopień mrozoodporności powinien odpowiadać co najmniej klasie F150; zalecana mrozoodporność F200.

### **1.1.1. Masa zalewowa do wypełniania szczelin między płytami oraz między płytami a krawężnikami**

We fragmentach szczelin o długości około 15cm do wysokości 4cm poniżej górnej powierzchni płyty przewidziano użycie materiału na bazie poliuretanu do elastycznego ciągłego mocowania szyn. Na całej długości szczelin górne 4cm, nad w/w materiałem stosowanym na 15cm odcinkach i zasypką cementowo-piaskową, (lub z miatu granitowego czy wypełnieniem pianką poliuretanową) należy (po odpowiednim zagruntowaniu tych szczelin) wypełnić zalewą na bazie poliuretanu przeznaczoną do elastycznego ciągłego mocowania szyn oraz uszczelnienia styków prefabrykowanych płyt żelbetowych, posiadającą odpowiednią aprobatę techniczną IBDiM.

Wyklucza się zastosowanie do szczelin przy płytach (oraz przy szynach) zalew na bazie asfaltu lub polimeroasfaltu.

### **1.1.2. Materiały do wypełnienia komór szynowych**

Do wypełnienia komór szynowych (w celu zmniejszenia zużycia materiału poliuretanowego do podlewów szyn i ograniczenia bocznego ruchu szyn) przewidziano bloczki betonowe według kształtu określonego w projekcie, dostosowanego do szyny rowkowej. Winny być wykonane z betonu C25/30.

### **1.1.3. Materiały służące do ciągłego, elastycznego mocowania szyn w korytkach**

W konstrukcji podlewów szyn w korytkach płyt żelbetowych (oraz w wypełnieniach w/w 15cm odcinków szczelin płyt) przewidziano zastosowanie materiału na bazie poliuretanu, jednorodnego, homogenicznego (bez dodatkowych wypełniaczy np. korek, granulaty), utwardzającego się w sposób bezskurczowy, posiadającego aprobatę techniczną do

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

ciągłego, elastycznego mocowania szyn, twardość wg Shore A, po 30 dniach  $50 \pm 5$  wg PN-EN ISO 868:2005, o nie gorszych parametrach określonych poniżej:

Zastosowane rozwiązania muszą gwarantować szczelność konstrukcji torowiska a co za tym idzie brak możliwości dostania się wody, izolację elektryczną toru, odporność na prądy błądzące. Zaproponowane materiały muszą posiadać udokumentowaną możliwość przeprowadzania takich prac w torze jak napawanie szyn bez konieczności stosowania dodatkowych urządzeń ograniczających emisję substancji niebezpiecznych oraz zapewnić brak uszkodzeń materiału mocującego na skutek prowadzonych prac.

Ze względu na naprężenia występujące w konstrukcji torowiska, szynę należy w pełni oblać materiałem poliuretanowym który, spełnia następujące minimalne wymagania :

- moduł sztywności poprzecznej  $G \geq 0,55$  Mpa po 1 dobie (24 h)\*

- wydłużenie względne przy zerwaniu  $\geq 100\%$

- minimalna wytrzymałość na rozciąganie  $\geq 1$  Mpa

- doraźne naprężenie rzeczywiste  $T_u \geq 3$  Mpa wg ISO 527 (jednoosiowe rozciąganie)

\* Zgodnie z normą AASHTO LRFD 2012 Bridge Design Specifications 6th Ed (US), materiały elastomerowe o module sztywności poprzecznej  $G < 0,55$  Mpa (temperatura 230C i badanie krótkotrwałe, bez wpływów reologicznych) nie powinny być dopuszczane jako elementy konstrukcyjne. Założenie to wynika z konieczności uwzględnienia w obliczeniach efektów długotrwałych (pełzanie), termicznych i zmęczeniowych.

Wszystkie materiały chemiczne stosowane w korytkach do ciągłego mocowania szyn na bazie poliuretanu wraz z materiałami gruntującymi na bazie żywic epoksydowych muszą być wzajemnie kompatybilne, muszą posiadać aprobatę IBDiM dla tego typu zastosowania. Wyklucza się stosowanie prefabrykowanych okładzin szyny.

Żywice poliuretanowe stosowane w systemach mocowania szyn muszą osiągać pełną sprawność użytkową najpóźniej po 24 godzinach. Sztywność statyczna materiału poliuretanowego do mocowania szyn nie może być wyższa niż 50 kN/mm wg DIN 45673 dla rozmiarów próbki 1000x180x25mm wyznaczona metodą siecznych pomiędzy 8 i 32 kN. Sieczny moduł sztywności przy ściskaniu, zastosowanej do mocowania szyn żywicy poliuretanowej, wyznaczony w zakresie odkształceń 1,5-3,0% przy prędkości odkształcenia 0,2/min, dla próbki o wymiarach 1000x180x25 mm nie może być mniejszy od  $E_c = 8,5$  MPa (wg DIN 45673).

### 1.1.4. Asfaltobeton na warstwy bitumiczne

Asfaltobeton winien spełniać wymagania w ST D-04.07.01, D-05.03.05, D-05.03.12, D-05.03.13 odpowiednio dla warstwy wiążącej z asfaltobetonu grubości 4cm dla obciążenia ruchem KR1-2.

### 1.1.5. Mata antywibracyjna

Do wibroizolacji podtorza przewidziano maty wibroizolacyjne o grubości 25 mm.

Mata antywibracyjna musi być wykonana na bazie poliuretanu, o porach zamkniętych lub o porach częściowo zamkniętych, o parametrach ( $\pm 10\%$ ) nie gorszych niż:

- Statyczny moduł podłoża, pomiędzy 0,005 – 0,02 N/mm<sup>2</sup>: 0,0042 N/mm<sup>3</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Statyczny moduł podłoża, pomiędzy 0,01 – 0,04 N/mm<sup>2</sup>: 0,0038 N/mm<sup>3</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Dynamiczny moduł podłoża przy 10 Hz: 0,018 N/mm<sup>3</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Dynamiczny moduł podłoża przy 30 Hz: 0,021 N/mm<sup>3</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Statyczny moduł sprężystości poprzecznej: 0,05 N/mm<sup>2</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Dynamiczny moduł sprężystości poprzecznej: 0,10 N/mm<sup>2</sup> wg. DIN 45673-7:2010-08
- Wydłużenie przy zerwaniu  $\geq 250\%$  wg. DIN EN ISO 527-3/5/100

### 1.1.6. Materiał na podbudowę z betonu

Na warstwę podbudowy betonowej przewidziano beton klasy C25/30 (bez zbrojenia stalą). Materiały użyte do wytworzenia mieszanki powinny charakteryzować się następującymi cechami:

**Cement** jest najważniejszym składnikiem betonu i powinien posiadać następujące właściwości:

- wysoką wytrzymałość,
- mały skurcz, szczególnie w okresie początkowym,
- wydzielanie małej ilości ciepła przy wiązaniu.

Celem otrzymania betonu w dużym stopniu nieprzepuszczalnego i trwałego, a więc odpornego na działanie agresywnego środowiska, do konstrukcji należy stosować wyłącznie cement portlandzki (bez dodatków), o podwyższonej odporności na wpływy chemiczne.

Do betonu klasy C25/30 i C30/37 zaleca się cement marki 45 (CEM I 32.5). Wymaga się, aby cementy te charakteryzowały się następującym składem:

- zawartość krzemianu trójwapniowego (alitu) C3S 50-60 %,
- zawartość glinianu trójwapniowego C3A, możliwie niska, do 7 %,
- zawartość alkaliów do 0.6 %, a przy stosowaniu kruszywa niereaktywnego do 0.9 %.

Ponadto zaleca się, aby zawartość  $C4AF+2*C3A < 20$  %. Cement pochodzący z każdej dostawy musi spełniać wymagania zawarte w PN-EN 197-1. Nie dopuszcza się występowania w cemencie grudek nie dających się rozgnieść w palcach.

**Kruszywo** powinno spełniać wszystkie wymagania normy PN-EN 12620. Powinno składać się z elementów niewrażliwych na przemarzanie, nie zawierać składników łamliwych, pyłących czy o budowie warstwowej, gipsu ani rozpuszczalnych siarczanów, piritów, piritów gliniastych i składników organicznych. Wykonawca powinien dostarczyć pisemne stwierdzenie, w oparciu o wykonane badania mineralogiczne, o braku obecności form krzemionki (opal, chalcedon, trydymit,) i wapieni dolomitycznych reaktywnych w stosunku do alkaliów zawartych w cemencie, wykonując niezbędne badania laboratoryjne.

**Kruszywo grube** - do betonów klas C25/30 i C30/37 należy stosować grysy granitowe lub bazaltowe o maksymalnym wymiarze ziarna do 16mm lub żwiry o maksymalnym wymiarze ziarna 16 mm.

Grysy powinny odpowiadać następującym wymaganiom:

- zawartość pyłów mineralnych do 1%
- zawartość ziaren nieforemnych (wydłużonych i płaskich) do 20%,
- wskaźnik rozkruszenia:
  - dla grysów granitowych do 16%,
  - dla grysów bazaltowych i innych do 8%,
- nasiąkliwość do 1.2%
- mrozoodporność wg metody bezpośredniej do 2%,
- mrozoodporność wg zmodyfikowanej metody bezpośredniej (wg BN-84/6774-02 ) do 10%,

reaktywność alkaliczna z cementem określona wg PN-91/B-06714/34 nie wywołująca zwiększenia

wymiarów liniowych ponad 0.1%,

- zawartość związków siarki do 0.1%,
- zawartość zanieczyszczeń obcych do 0.25%,
- zawartość zanieczyszczeń organicznych nie dająca barwy ciemniejszej od wzorcowej.

Żwir powinien spełniać wymagania PN-EN 12620 "Kruszywa do betonu", dla marki 30 w zakresie cech fizycznych i chemicznych. Ponadto ogranicza się do 10% mrozoodporność



### STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

żwiru badaną zmodyfikowaną metodą bezpośrednią. W kruszywie grubym, tj. w grysach i żwirach nie dopuszcza się grudek gliny. Zaleca się, aby zawartość podziarna nie przekraczała 5%, a nadziarna 10%.

Kruszywo pochodzące z każdej dostawy musi być poddane badaniom niepełnym obejmującym:

- oznaczenie składu ziarnowego wg PN-EN 933-1,
- oznaczenie zawartości ziaren nieforemnych wg PN-EN 933-4,
- oznaczenie zawartości pyłów mineralnych,
- oznaczenie zawartości zanieczyszczeń obcych,
- oznaczenie zawartości grudek gliny (oznaczać jak zawartość zanieczyszczeń obcych).

Należy zobowiązać dostawcę do przekazywania dla każdej partii kruszywa wyników badań pełnych

oraz okresowo wynik badania specjalnego dotyczącego reaktywności alkalicznej.

**Kruszywo drobne** - kruszywem drobnym powinny być piaski o uziarnieniu do 2 mm pochodzenia rzecznoego lub

kompozycja piasku rzecznoego i kopalnianego uszlachetnionego. Zawartość poszczególnych frakcji w stosie okruchowym piasku powinna wynosić:

- do 0.25 mm 14 do 19%, do 0.5 mm 33 do 48%,
- do 1 mm 57 do 76%

Piasek powinien spełniać następujące wymagania :

- zawartość pyłów mineralnych do 1.5%
- reaktywność alkaliczna z cementem określona wg PN-91/B-06714/34 nie wywołująca zwiększenia wymiarów liniowych ponad 0.1%,
- zawartość związków siarki do 0.2%,
- zawartość zanieczyszczeń obcych do 0.25%,
- zawartość zanieczyszczeń organicznych nie dająca barwy ciemniejszej od wzorcowej.

W kruszywie drobnym nie dopuszcza się grudek gliny. Piasek pochodzący z każdej dostawy musi być poddany badaniom niepełnym obejmującym :

- oznaczenie składu ziarnowego wg PN-EN 933-1,
- oznaczenie zawartości pyłów mineralnych,
- oznaczenie zawartości zanieczyszczeń obcych,
- oznaczenie zawartości grudek gliny (oznaczać jak zawartość zanieczyszczeń obcych).

Należy zobowiązać dostawcę do przekazywania dla każdej dostawy piasku wyników badań

pełnych oraz okresowo wynik badania specjalnego dotyczącego reaktywności alkalicznej.

#### **Uziarnienie kruszywa.**

Mieszanki kruszywa drobnego i grubego wymieszane w odpowiednich proporcjach powinny utworzyć stałą kompozycję granulometryczną, która pozwoli na uzyskanie wymaganych właściwości zarówno świeżego betonu (konsystencja, jednorodność, urabialność, zawartość powietrza) jak i stwardniałego (wytrzymałość, przepuszczalność, moduł sprężystości, skurcz). Krzywa granulometryczna powinna zapewnić uzyskanie maksymalnej szczelności betonu przy minimalnym zużyciu cementu i wody. Szczególną uwagę należy zwrócić na uziarnienie piasku w celu zredukowania do minimum wydzielania mleczka cementowego.

Kruszywo powinno składać się z co najmniej 3 frakcji; dla frakcji najdrobniejszej pozostałość na sicie o boku oczka 4 mm nie może być większa niż 5%. Poszczególne frakcje nie mogą zawierać uziarnienia przynależnego do frakcji niższej w ilości przewyższającej 15% i uziarnienia przynależnego do frakcji wyższej w ilości przekraczającej 10% całego składu frakcji.

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

Zaleca się betony klasy C30/37 i wyżej wykonywać z kruszywem o uziarnieniu ustalonym doświadczalnie, podczas projektowania składu mieszanki betonowej.

Maksymalny wymiar ziaren kruszywa powinien pozwalać na wypełnienie mieszanką każdej części konstrukcji przy uwzględnieniu urabialności mieszanki, ilości zbrojenia i grubości otuliny.

**Woda** - woda zarobowa do betonu powinna spełniać wszystkie wymagania PN-EN 1008. Powinna pochodzić ze źródeł nie budzących żadnych wątpliwości, lub dobrze zbadanych. Stosowanie wody z wodociągu nie wymaga badań. Woda powinna być dodawana w możliwie najmniejszych ilościach w stosunku do założonej wytrzymałości i stopnia urabialności mieszanki betonowej, biorąc pod uwagę również ilości wody zawarte w kruszywie, w sposób pozwalający na zachowanie możliwie małego stosunku w/c nie większego niż 0,50.

**Dodatki i domieszki do betonu** - zaleca się stosowanie do mieszanek betonowych domieszek chemicznych o działaniu napowietrzającym i uplastyczniającym. Rodzaj domieszki, jej ilość i sposób stosowania powinny być zaopiniowane przez Instytut Badawczy Dróg i Mostów. Zaleca się doświadczalne sprawdzenie skuteczności domieszek przy ustalaniu recepty mieszanki betonowej.

W celu uzyskania betonów w dużym stopniu nieprzepuszczalnych i trwałych o niskim stosunku w/c i wysokiej urabialności, zaleca się stosować plastyfikatory oraz środki napowietrzające.

Rodzaj domieszki należy uzgodnić z Inżynierem na etapie zatwierdzania recepty na beton. Warunkiem zastosowania określonej domieszki jest aktualna aprobatą techniczną IBDiM. Domieszki należy stosować do mieszanek betonowych wykonywanych przy użyciu cementów portlandzkich marki 35 i wyższych.

**Włókna polipropylenowe** - włókna polipropylenowe stosowane są jako zamiennik stalowych siatek przeciwskurczowych. Włókna polipropylenowe mogą być dozowane do mieszalnika betonu przed, w trakcie lub po dodaniu pozostałych składników mieszanki betonowej. Dodatek włókien nie wymaga zmiany procedur mieszania oraz czasu mieszania betonu. Beton z dodatkiem włókien nie wymaga żadnych specjalnych procedur wykończeniowych przy czym do betonu należy wprowadzić zbrojenie rozproszone włóknami polipropylenowymi w ilości zapewniającej spełnienie poniższych wymagań tj. 0,9-2 kg/m<sup>3</sup> (lub w innej ilości wystarczającej dla uzyskania skuteczności, potwierdzonej wynikami badań producenta) włókna zgodne z PN-EN 14889-2.

Konsystencja betonu z dodatkiem włókien wbudowanego za pomocą pompy w zależności od zastosowanych włókien musi być dobrana doświadczalnie.

Produkcja mieszanek betonowych musi odbywać się w stacjonarnym węźle betoniarski ze skomputeryzowanym systemem naważania o określonej tolerancji błędów wynoszącym dla :

- cementu, kruszyw, wody, dodatków >5% m.c. - ± 3% wymaganej ilości,
- domieszek < 5% m.c. - ± 5% wymaganej ilości,

Ponadto węzeł betoniarski musi posiadać system grzania kruszyw i wody umożliwiającą produkcję mieszanek betonowych w okresie zimowym.

Produkcja mieszanek betonowych musi odbywać zgodnie z normą PN-EN 206:2014.

Wytwarzanie mieszanek betonowych musi odbywać się w ramach certyfikowanej Zakładowej Kontroli Produkcji – system 2+, zgodnie z Rozporządzeniem Ministra Infrastruktury i budownictwa z dnia 26.11.2016 (DZ.U 2016 poz. 1570).

### 1.1.7. Stabilizacja cementem w podbudowie i do wzmocnienia podłoża

Stabilizacja cementem o  $R_m=2.5\text{MPa}$  winna spełniać wymagania określone dla górnej części ulepszonego podłoża przy ruchu  $KR_4\div 6$ .

### 1.1.8. Krawężniki betonowe i kamienne

Krawężniki granitowe 35x15cm i pozostałe materiały na ławy betonowe winny spełniać wymagania ST D-08.01.02 „Krawężniki i obrzeża kamienne”.

## **2.6. POZOSTAŁE MATERIAŁY DO BUDOWY TORU KLASYCZNEGO W KONSTRUKCJI PODSYPKOWEJ**

### **2.6.1. Podkłady strunobetonowe**

Podkłady winny być dla toru normalnego 1000 mm z przytwierdzeniem sprężystym typu SB pod szynę Vignole'a o profilu 49E1. Przewiduje się także (w niewielkim zakresie) użycie podkładów dla toru normalnego 1000 mm przytwierdzeniem sprężystym typu SB pod szynę rowkową typu 60R2.

Powinny być wykonane z betonu minimum C40/50 wg PN-EN 206-1 o nasiąkliwości  $\leq 5\%$  i mrozoodporności F-125. Wartość siły rysującej przy rozstawie podpór 40cm – min. 69kN.

Podkłady powinny być zgodne z aprobatami technicznym dla danego typu podkładu, a każda partia dostarczonych podkładów winna posiadać deklaracje zgodności.

### **2.6.2. Elementy przytwierdzenia szyn**

Łapki sprężyste SB (wg PN-EN 13481-2) w podkładach strunobetonowych winny być wykonane ze stalowych prętów okrągłych walcowanych profilowane na gorąco, powinny zapewniać siłę docisku szyny do podkładu o wartości 8 – 12kN.

Wkładki dociskowe przytwierdzenia SB winny być wykonane z tarnamidu T-27 MCSHI i tarnamidu T-27 w skali 2:1 z dodatkiem 30% włókna szklanego. Powinny posiadać dopuszczenie UTK.

Przekładka podszynowa do przytwierdzeń sprężystych o parametrach:

- grubość 6 mm
- sztywność statyczna dla obciążenia 15 – 35 kN  $\geq 100$  kN/mm
- sztywność dynamiczna dla obciążenia 15 – 35 kN  $\geq 150$  kN/mm
- oporność elektryczna  $\geq 106$  Ohm

Wszystkie powyższe materiały winny posiadać deklaracje zgodności z odpowiednią aprobatą techniczną.

### **2.6.3. Materiały do dielektrycznego zabezpieczenia szyn**

Do izolacji dielektrycznej szyn przewidziano zastosowanie warstwy grubości 500 $\mu$ m z materiału, który po utwardzeniu pozostaje twardo-ciągliwy, nie przewodzi ładunków elektrycznych oraz charakteryzuje się wysoką odpornością chemiczną, zapewniający odporność na przebicie (potwierdzone badaniem porozymetrycznym) dla napięcia występującego w trakcji tramwajowej - 600V, posiadającego aprobatę techniczną do dielektrycznych powłok szyn o nie gorszych parametrach: oporność powłoki suchej o grubości warstwy 300 $\mu$ m  $\geq 0,8G\Omega$  wg PN-EN 50122-2

Powłoka ta musi zapewniać konduktancję przejścia między szynami a ziemią o wartości nie większej niż 2,5 S/km toru pojedynczego zgodnie z normą PN-EN 50122-2.

### **2.6.4. Geowłóknina**

Jako materiał użyty do separacji warstw należy zastosować geowłókninę filtracyjną o wytrzymałości na rozciąganie i przebicie  $\geq 19$ kN/m w obu kierunkach, CBR  $\geq 2.9$ kN .

Zaleca się użycie geowłókniny o nie gorszych cechach mechanicznych ale np. z termicznie utwardzanych włókien ciągłych, co ułatwia pracę w czasie opadów i niskich temperatur.

### **2.6.5. Materiał na warstwę filtracyjną**

Warstwa filtracyjna winna spełniać wymagania w ST D-04.04.00 jak dla warstwy odsączającej z uwzględnieniem warunku szczelności względem podsypki tłuczniowej, określony zależnością:

$$\frac{D_{15}}{d_{85}} \leq 5$$

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

gdzie:

D15 - wymiar sита, przez które przechodzi 15% ziaren podsypki

d85 - wymiar sита, przez które przechodzi 85% ziaren warstwy odcinającej lub odsączającej

Do zraszania kruszywa należy stosować wodę nie zawierającą składników wpływających szkodliwie na mieszankę kruszywa, ale umożliwiającą właściwe zagęszczenie mieszanki niezwiązanej.

### 2.6.6. Materiał na podbudowę z tłuczni 31/50

Na podsypkę w torowisku klasycznym przewidziano tłuźczeni kamienny o frakcji nominalnej 31,5/50mm wg kl. 1 gat 1.PN-EN 13450 o właściwościach spełniających następujące wymagania wg aktualnych norm PN-EN:

Właściwości	Metody badań	Wymagania dla materiału
Kategoria uziarnienia	wg PN-EN 933-1	A
Zawartość cząstek drobnych <0.5mm, % masy	wg PN-EN 933-1	A - ≤0.6

Zawartość pyłów, tj cząstek <0.063mm, % masy	wg PN-EN 933-1	A - ≤0.5
Wskaźnik płaskości	wg PN-EN 933-1 sita prętowe 20 i 25mm	Fl15 - Fl≤15
Zawartość ziaren dłuższych od 100mm, % masy	wg PN-EN 13450	A - ≤4.0
Zawartość zanieczyszczeń, %masy	Wizualnie ewentualnie w próbie ≥40kg	≤0.1
Odporność na rozdrabnianie (uderzenie)	Współczynnik Los Angeles LA <sub>RB</sub> wg PN-EN 1097-2, rozdział 5, w warunkach podanych w załączniku C normy PN-EN 13450	LA <sub>RB</sub> ≤16
Odporność na mróz	Nasiakliwość wg PN-EN 1097-6, załącznik B	≤0.5
	lub ubytek masy MS wg PN-EN 1367-2 w warunkach podanych w załączniku G normy PN-EN 13450	MS ≤3.0
	lub ubytek masy F wg PN-EN 1367-1 p. 8.2, w warunkach wg. załącznika F normy PN-EN 13450	F ≤1.5
Odporność na zgorzel słoneczną	Ocena makroskopowa skały po gotowaniu wg PN-EN 1367-3	SB=0
	lub wzrost współczynnika LA kruszywa wg PN-EN 1097-2 po gotowaniu wg PN-EN 1367-3	SB <sub>LA</sub> ≤8

Na powierzchni 20cm warstwy podsypki tłuźczeniowej (5cm pod podkładem) zagęszczonej do wskaźnika zagęszczenia  $I_s \geq 1.00$  (stosunek modułu wtórnego do pierwotnego  $\leq 4.0$ ) wtórny moduł odkształcenia winien wynosić  $E_2 \geq 120\text{MPa}$

### 2.6.7. Obrzeże betonowe

Obrzeże betonowe 8x50cm winny spełniać wymagania. Obrzeża betonowe mogą mieć następujące cechy charakterystyczne:

– obrzeże może być produkowane:

a) z jednego rodzaju betonu,

b) z różnych betonów zastosowanych w warstwie konstrukcyjnej oraz w warstwie ścieralnej (która na całej powierzchni deklarowanej przez producenta jako powierzchnia widoczna powinna mieć minimalną grubość 4 mm),

– skośne krawędzie powyżej 2 mm powinny być określone jako fazowane, z wymiarami deklarowanymi przez producenta,

– obrzeże może mieć profile funkcjonalne i/lub dekoracyjne (których nie uwzględnia się przy określaniu

wymiarów nominalnych); zalecana długość prostego odcinka obrzeża 750mm,

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

- powierzchnia może być obrabiana, poddana dodatkowej obróbce lub obróbce chemicznej,
- płaszczyzny czołowe mogą być proste lub ukształtowane w sposób ułatwiający układanie lub ryglowanie

### 2.6.8. Folia

Gęstość folii winna być  $\geq 0,94$  (wg. PN-92/C-89035). Maksymalna siła przy przebiciu  $N \geq 3000$  wg PN-EN ISO 12236. Prześlakliwość wody (72 h; 0,4 MPa) - brak prześlaknięcia. Folia winna posiadać aprobatę techniczną IBDiM.

### 2.6.9. Drenaż

Drenaż przewidziano z dwuciennych rur drenarskich z PEHD z dodatkowym filtrem (wykonanych na budowie) z geowłókniny, ze studzienkami rewizyjnymi i zbiorczymi z rury karbowanej  $\varnothing 315\text{mm}$  z pokrywami betonowymi instalowanymi na stożku żelbetowym  $\varnothing 315\text{mm}$ .

## 3. SPRZĘT

Wymagania dotyczące sprzętu.

Przy wykonaniu torowisk oraz przy przewozie, załadunku i wyładunku materiałów należy stosować:

- samochody skrzyniowe, samowyładowcze,
- samochody do przewozu dłuźyc,
- żurawie samochodowe,
- walce samojezdne
- ładowarki
- koparki
- równiarki samojezdne
- spycharki
- zestawy do spawania termitowego,
- aparatura do piaskowania szyn
- szlifierki szyn
- sprzęt ręczny

oraz inny sprzęt zaakceptowany przez Inżyniera Kontraktu/Inspektora Nadzoru.

## 4. TRANSPORT

Transport materiałów, za wyjątkiem szyn, oraz wielkowymiarowych płyt nawierzchni tramwajowej może być dokonywany dowolnymi środkami pod warunkiem zabezpieczenia przed przemieszczaniem przewożonych materiałów.

Transport materiałów chemicznych musi odbywać się w szczelnych opakowaniach zabezpieczonych przed uszkodzeniem, w warunkach określonych przez producenta.

## 5. WYKONANIE ROBÓT

### 5.1. Wykonanie toru klasycznego na podsypce tłuczniowej

#### 5.1.1. Wykonanie drenażu i studzienek rewizyjnych.

Po wykonaniu koryta należy wykonać rowki dla drenażu. Następnie należy ułożyć geowłókninę filtracyjną o szerokości zabezpieczającej pokrycie z zakładem na obrzeże i warstwę wzmacniającą. Po

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

ułożeniu geowłókniny należy ułożyć pasy folii HDPE o szerokości zabezpieczającej przed przenikaniem wód opadowych do gruntu a na niej pasy geowłókniny o szerokości zabezpieczającej pokrycie koryta rowków. Na geowłókninie, na dnie rowka należy ułożyć około 5cm warstwę piasku i po jej zagęszczeniu ułożyć przewód drenarski z obsypką piaskiem. Równolegle należy wykonać studzienki rewizyjne. Przewód należy zasypać tłuczniem na wysokość górnej powierzchni stabilizacji i zagęścić go.

### 5.1.2. Wykonanie warstwy wzmacniającej i filtracyjnej

Po wykonaniu drenażu należy wykonać 25cm warstwę z kruszywa naturalnego stabilizowanego cementem o  $R_m=2.5\text{MPa}$  z zachowaniem spadku poprzecznego 4% w kierunku drenażu. Po wykonaniu i jego zasypce należy rozłożyć kruszywo naturalne na warstwę filtracyjną wraz z spadkiem poprzecznym 4%. Uziarnienie warstwy musi spełniać warunek szczelności w stosunku do kruszywa podsypki. Po zagęszczeniu na powierzchni warstwy filtracyjnej wtórny moduł odkształcenia winien być nie niższy niż  $E_2 \geq 100\text{MPa}$  przy zagęszczeniu do  $I_s \geq 1,0$ . W okolicach budynków bezpośrednio na zagęszczonej warstwie filtracyjnej należy ułożyć dodatkowo podtłuczniową matę antywibracyjną o grubości nie mniejszej niż 20 mm  $\pm 5\%$

### 5.1.3. Wykonanie dolnej warstwy podsypki tłuczniowej i ułożenie podkładów

Na zagęszczonej warstwie filtracyjnej należy mechanicznie rozścielić dolną warstwę tłucznia do wysokości (po zagęszczeniu) do 5cm poniżej podkładów. W przypadku dostarczania tłucznia samochodami po torowisku, dojazd i cofanie musi się odbywać po rozścielonej warstwie tłucznia. Następnie należy warstwę tę uwałować. Na powierzchni min. 20cm warstwy podsypki tłuczniowej (5cm pod podkładem) zagęszczonej do  $I_s \geq 1,00$  wtórny moduł odkształcenia powinien osiągnąć wartość  $E_2 \geq 120\text{MPa}$ . Na tak wykonanej podbudowie z tłucznia należy ułożyć podkłady strunobetonowe wzdłuż osi projektowanych torów w rozstawie 0,67 cm (ok. 3 szt. na 2m) przestrzegając by:

- ułożone podkłady opierały się całą dolną powierzchnią na podsypce z tłucznia,
- odchylenie w rozstawie osiowym podkładów nie przekraczało dopuszczalnej wielkości 2 cm,
- na całej długości toru zachowana została prostopadłość podkładów do osi toru,
- rodzaj podkładów odpowiadał profilowi stosowanej szyny.

### 5.1.4. Przygotowanie szyn

Przed umieszczeniem szyn pomiędzy stalowymi kotwami wystającymi z podkładów strunobetonowych należy na górnej powierzchni podkładów w strefie podszynowej umieścić odpowiednie przekładki wibroizolacyjne z poliuretanu, a następnie położyć na nich szyny 60R2 lub 49E1. Długość pojedynczych odcinków szyn nie może być mniejsza niż 12m. W przypadku braku możliwości wbudowania szyny o określonej długości należy zmniejszyć długość szyny sąsiedniej tak, aby długość każdej z tych szyn nie była mniejsza niż 3m. Cięcie szyn należy wykonywać mechanicznie. Nie dopuszcza się odchyień od prostopadłości płaszczyzny przecięcia do płaszczyzny stopy szyny większych niż 1mm jak i cięcia szyn za pomocą palnika gazowego. Szyny powinny być oczyszczone z wolnej rdzy i zagruntowane od dołu i z boków warstwą materiału dielektrycznego np. na bazie poliuretanów (warstwą grubości rzędu 2mm) lub żywic epoksydowych (rzędu 0.5mm).

### 5.1.5. Łączenie szyn

Szyny tych samych toków należy połączyć ze sobą za pomocą spawania termitowego metodą SOWOS lub inną o nie gorszych właściwościach (dopuszcza się spawanie

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

elektryczne drutem ostonowym). Jeżeli styk wypada na podkładzie, na czas wykonania spoiny należy odsunąć podkład wzdłuż osi toru na odległość umożliwiającą wykonanie spoiny, po czym przesunąć podkład do pierwotnego położenia.

Powinny być spełnione następujące wymagania:

- powierzchnie toczne łączonych szyn w miejscu styku powinny znajdować się w jednej płaszczyźnie, a krawędzie boczne wewnętrzne należy tak ustawić, aby tworzyły linie równoległe leżące na wspólnej płaszczyźnie,
- spoiny w złączach spawanych powinny być jednolite, bez kraterów, pęknięć i ubytków materiału,
- powierzchnie robocze szyn w miejscach spoin powinny być oszlifowane do normalnego profilu szyny.

Tor bezstykowy winien być układany w tzw. temperaturze montażowej, +150C □ +300C. W przypadku układania torów w temperaturze innej należy przeprowadzić regulację naprężeń w temperaturze montażowej.

### **5.1.6. Zamocowanie szyn w podkładach**

Po wyregulowaniu położenia szyn (centrycznie w stosunku do stalowych kotew) należy pomiędzy stopkami szyn a stalowymi kotwami umieścić wkładki dystansowe, a następnie założyć klamry przytwierdzenia SB.

### **5.1.7. Uzupelnienie tłucznia do poziomu górnej powierzchni podkładów**

Po zmontowaniu rusztu torowego należy uzupełnić podsypkę z tłucznia frakcji 31,5/50mm w okienkach między podkładami do poziomu górnej powierzchni podkładu.

### **5.1.8. Regulacja położenia toru z podbiciem podkładów i zagęszczeniem podsypki**

Tory należy doprowadzić do położenia przewidzianego w Dokumentacji Projektowej dokonując regulacji w planie i profilu przy użyciu maszyn z jednoczesnym podbiciem podkładów i zagęszczeniem podsypki.

Po podbiciu torów uzupełnić tłuczeń do poziomu 5cm poniżej główki szyny i ręcznie wyprofilować górną powierzchnię tłucznia.

## **5.2. Wykonanie toru na podlewie ciągłym**

Po wykonaniu koryta należy ułożyć geowłókninę filtracyjną o szerokości zabezpieczającej pokrycie z zakładem na obrzeże i warstwę wzmacniającą. Na geowłókninie należy wykonać 30cm warstwę z kruszywa naturalnego stabilizowanego cementem o  $R_m=2,5$  MPa z zachowaniem poprzecznego spadku 4% w kierunku osi torowiska. W osi torowiska należy wykształcić trapezowy rowek drenarski na wysokość całej warstwy, który również należy wyłożyć geowłókniną, z zakładką wyciągniętą na warstwę kruszywa stabilizowanego cementem o szerokości 30cm.

Na geowłókninę, na dnie rowka należy ułożyć około 5cm warstwę piasku i po jej zagęszczeniu ułożyć przewód drenarski z obsypką piaskiem. Równoległe należy wykonać studzienki rewizyjne. Przewód należy zasypać piaskiem średnioziarnistym zagęszczonym na wysokość górnej powierzchni stabilizacji i zagęścić go..

Po wykonaniu drenażu i warstwy kruszywa stabilizowanego cementem na jej wierzchu należy rozłożyć kruszywo łamane 0/31,5mm stabilizowane mechanicznie min 30cm. Następnie po ułożeniu kruszywa łamanego należy wykonać podbudowę betonową ze zbrojeniem rozproszonymi włóknami polipropylenowymi.

Podłoże betonowe z betonu C30/37 dla wykonania elastycznego, ciągłego mocowania szyn musi być wystarczająco wytrzymałe. Powierzchnia winna być szorstka, przyczepna i pozbawiona elementów niezwiązanych z podłożem oraz mleczka

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

cementowego. Warstwy o niewystarczającej nośności lub zanieczyszczone olejami należy usunąć mechanicznie, np. za pomocą czyszczenia hydrodynamicznego lub frezowania. W rejonie rozjazdów należy sfrezować podłoże na odpowiednią głębokość pod blachami. Przed układaniem nawierzchni stalowej podłoże należy zagruntować (na powierzchni przewidzianej pod podlew, z niewielkim zapasem) materiałem gruntującym przewidzianymi dla przedmiotowego typu elastycznego mocowania układanego na wilgotny beton (z posypką piaskiem kwarcowym 0,4÷0,7mm).

W podłożu betonowym muszą być wywiercone otwory Ø30-40mm głębokości min 120mm na kotwy w rozstawie określonym w projekcie, oczyszczone sprężonym powietrzem lub odkurzaczem przemysłowym, oraz zagruntowane materiałem dostosowanym do wilgotności podłoża i stosowanego do wklejenia kotw kleju. W otwory wlewa się klej i wkłada pionowo stalowe kotwy (zagruntowane wcześniej na niegwintowanej powierzchni odpowiednim materiałem na bazie żywic epoksydowych dla zapewnienia dielektryczności) dopiero po ułożeniu i wstępnym wyregulowaniu szyn.

W podlewie ciągłym szyny powinny być oczyszczone przez piaskowanie z rdzy i zagruntowane odpowiednim materiałem na bazie żywic epoksydowych z posypką piaskiem kwarcowym jw. (z wyjątkiem wierzchu główki, prowadnicy oraz rowka), z wklejonymi profilami gumowymi wypełniającymi komory szynowe (wg zaprojektowanej geometrii). Szyny podwiesza się nad podłożem betonowym na stojakach (rozstawionych co około 4m) trzymających szyny od góry lub ustawia na klinkach dębowych.

Po sprawdzeniu prawidłowości przebiegu szyny w planie i w profilu (i po wstępnym dokręceniu nakrętek kotew) wykonuje się podlewy do wysokości początku stałej szerokości szynki szyny. Aby uzyskać prawidłową szerokość podlew (2cm w obie strony poza stopkę szyny) wykonuje się, w tej odległości od stopki szyny, szalunek (np. z płyty pilśniowej twardej przyklejanej czasowo cienką linią pianki poliuretanowej do podłoża), posmarowany od strony szyny materiałem antyadhezyjnym (np. tłuszczem). W rejonie kotwienia szyny szalunek ustawia się poza kotwą. Podlewy i ostateczne dokręcenie nakrętek na kotwach musi być wykonany przy temperaturze szyny 15÷30°C. Między łapki łp3 a szyny muszą być włożone podkładki izolujące aby zapewnić dielektryczność.

Przed układaniem górnych warstw betonowych podłoże betonowe winno być oczyszczone i pokryte materiałem szepnym. Do profili wypełniających komory szynowe należy punktowo przykleić 2cm grubości paski, np. styropianu o wysokości takiej jak warstwa betonu lub większej.

Przed wykonaniem wierzchniej warstwy z asfaltu twardolanego do główek szyn należy punktowo przymocować listwy drewniane (lub z innego materiału) szerokości równej szerokości podlew w rejonie szyny.

Na dolnej warstwie podbudowy z betonu C25/30 w jezdni (bezpośrednio po wykonaniu warstwy szepnej) przewiduje się ułożenie 15 cm górnej podbudowy z betonu cementowego C30/37 ze zbrojeniem rozproszonym włóknami polipropylenowymi.

Między krawężnikami granitowymi na 15cm warstwie betonu z C30/37 przewidziano ułożenie warstwy grubości 4,5cm z asfaltu twardolanego na bazie polimeroasfaltu (lub innego asfaltu o podwyższonej odporności na niskie i wysokie temperatury) wg PN-EN 13108-6 i Wymagań Technicznych WT-2.

W górnej warstwie betonu przewidziano wykonanie szczelin skurczowych nad każdą dylatacją podbudowy z betonu przez nacięcie piłą na głębokość 1/3 warstwy (bez wypełniania szczelin). Nie dopuszcza się wykonania tych szczelin w formie wciskania w świeży beton pasków z płyty pilśniowej.

Wykonawca podbudowy i nawierzchni betonowej winien mieć przygotowane materiały do pielęgnacji betonu wodą i ochrony betonu przed słońcem i ruchem pieszych (np. geowłókninę do utrzymania wilgotności, plandeki, daszki chroniące od słońca i ruchu pieszych np. w formie blatów ze sklejki).



## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

Po wykonaniu nawierzchni z asfaltu i z betonu cementowego oraz wyjęciu listew drewnianych i wkładek styropianowych szyna winna być ponownie oczyszczona przez piaskowanie jw. i zagruntowana na zewnętrznych powierzchniach odpowiednim materiałem na bazie żywic epoksydowych z posypką piaskiem kwarcowym jw.

Następnie należy wypełnić szczeliny dwuskładnikowym materiałem na bazie poliuretanów do elastycznego mocowania szyn, przy czym podlew musi być poprzedzony osuszeniem, oczyszczeniem sprężonym powietrzem i zagruntowaniem szczelin pionowych materiałami na bazie żywicy epoksydowej z posypką piaskiem kwarcowym (z usunięciem niezwiązanego piasku sprężonym powietrzem). Wypełnianie szczelin pionowych zalewą poliuretanową należy wykonać za jednym razem. Należy zwrócić szczególną uwagę na zapewnienie szczepności w/w zalewy poliuretanowej do ścian szczeliny. Wykonawca winien mieć przygotowany sprzęt i materiały (także plandeki-namioty).

W zależności od użytych materiałów technologia wykonania elastycznego ciągłego mocowania szyn może być nieco zmieniona, dostosowana do wymagań producenta zestawu materiałów do sprężystego, ciągłego mocowania szyn tramwajowych.

Należy zachować odpowiedni reżim czasowy wymagany dla danego materiału. Ze względu na napięte terminy realizacji należy dobrać środek gruntujący do betonu pozwalający na użycie go w znacznym zakresie na świeży beton.

### **5.3. Wykonanie toru w systemie zintegrowanej nawierzchni torowo-drogowej z prefabrykowanymi płytami żelbetonowymi**

Po wykonaniu wzmocnienia podłoża gruntowego oraz podbudowy betonowej, nakładamy beton asfaltowy w warstwie wiążącym o gr. 4cm bezpośrednio na podbudowę betonową, po wykonaniu betonu asfaltowego układamy matę antywibracyjną o grubości 25mm.

Styki mat muszą być połączone i zabezpieczone taśmą samoprzylepną o szerokości 50mm przed betonowaniem w celu uniknięcia wplynięcia betonu pomiędzy maty. Na wystających spod płyty torowej fragmentach maty ułożyć pionowe paski z maty o grubości 25mm oddzielające płyty torowe od przyległych konstrukcji nawierzchni drogowej. Następnie na matę układa się płyty torowe i międzytorowe (przy rozstawie stałym) przy użyciu żurawi samochodowych. A w przypadku przy rozstawie zmiennym zamiast prefabrykowanych płyt międzytorowych należy wykonać przestrzeń z betonu C30/37 zabezpieczonego izolacją żywiczną z posypką kwarcowym.

Po zagruntowaniu wnętrza kanałów szynowych w płytach materiałami na bazie żywicy epoksydowej z posypką piaskiem) należy ułożyć szyny wzdłuż kanałów.

Szyny oczyszczone przez piaskowanie z rdzy i zagruntowane odpowiednim materiałem na bazie żywic epoksydowych z posypką piaskiem kwarcowym jw. (z wyjątkiem wierzchu główki oraz rowka), z wklejonymi profilami wypełniającymi komory szynowe (wg zaprojektowanej geometrii) podwieszają się nad podłożem betonowym na stojakach (rozstawionych co około 4m) trzymających szyny od góry.

Przed ułożeniem szyn w kanałach szynowych należy je połączyć w ciągłe toki szynowe za pomocą spawania termitowego. Po opuszczeniu szyn w korytka i ustabilizowaniu ich położenia w planie i w profilu przy pomocy klinów należy zalać szyny w korytku dwuskładnikowym materiałem, na bazie poliuretanów do elastycznego, ciągłego mocowania szyn. Pod stopką szyny i z boku musi być 20±5mm materiału poliuretanowego. Szyny oraz płyty żelbetonowe w czasie podlewu winny mieć jednakową temperaturę. Kanały szynowe winny być oczyszczone i osuszone. Aplikacja poliuretanu może być wykonywana przy wilgotności powietrza w zakresie dopuszczonym przez producenta materiału.

Tym samym materiałem podlewowym winny być wypełnione szczeliny między płytami w odcinkach długości 15cm (do wysokości 4cm poniżej górnej powierzchni płyt) w narożach oraz w odległości nie większej niż 2m. Pozostałe fragmenty szczelin do tej wysokości należy wypełnić zasypką cementowo-piaskową lub pianką poliuretanową. Górne 4cm szczelin

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

między płytami, między płytami a krawężnikami, po odpowiednim zagruntowaniu należy wypełnić materiałem na bazie poliuretanu do elastycznego, ciągłego mocowania szyn.

Montaż szyn oraz ich łączenie musi być skorelowane z wypełnianiem szczelin przy płytach, ponieważ montaż zbyt długich odcinków szyn przy braku wypełnienia szczelin może doprowadzić do przesunięć poprzecznych płyt przy wzroście temperatury szyny.

### 5.4. Wykonanie połączeń szyn

Łączenie szyn i elementów rozjazdowych na budowie przewidziano przy pomocy spawania termitowego metodą SOWOS (SOWOS HT dla szyn na łukach z utwardzonymi główkami) lub inną o nie gorszych właściwościach oraz przy pomocy spawania elektrycznego (tylko w miejscach gdzie jest to konieczne) drutem osłonowym.

Spawanie mogą wykonywać wyłącznie osoby posiadające poświadczone kwalifikacje.

Powinny być spełnione następujące wymagania:

- powierzchnie toczne łączonych szyn w miejscu styku powinny znajdować się w jednej płaszczyźnie, a krawędzie boczne wewnętrzne należy tak ustawić, aby tworzyły linie równoległe leżące na wspólnej płaszczyźnie,
- spoiny w złączach spawanych powinny być jednolite, bez kraterów, pęknięć i ubytków materiału,
- powierzchnie robocze szyn w miejscach spoin powinny być oszlifowane do normalnego profilu szyny.

Tor bezstykowy winien być przytwierdzany w tzw. temperaturze montażowej,  $+15^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$ . W przypadku układania torów w temperaturze innej należy przeprowadzić regulację naprężeń w temperaturze montażowej.

Wbudowywanie szyn w torze w zintegrowanej nawierzchni drogowo-torowej z płyt prefabrykowanych winno być wykonywane tylko w tzw. temperaturze montażowej szyn  $+15^{\circ}\text{C} \div +30^{\circ}\text{C}$ . W przypadku montażu szyn w konstrukcjach toru klasycznego można prowadzić roboty w temperaturze innej a następnie należy przeprowadzić regulację naprężeń w temperaturze montażowej.

### 5.5. Montaż skrzynek przyszynowych odwadniających

W torach (z uwzględnieniem najniższych punktów niwelety) należy zamontować przyszynowe skrzynki odwodnieniowe (z frezowaniem otworów w rowkach szyn) i podłączyć je do drenażu poprzez przewód  $\varnothing 110$  mm z PEHD.

### 5.8. Montaż izolacyjnych profili przyszynowych

Mocowanie profili przyszynowych przewidziano za pomocą kleju dostarczanego przez producenta profili przyszynowych. Do uszczelnienia i wyrównania krawędzi profili przyszynowych przewidziano odpowiednią szpachlówkę dostarczaną także przez producenta profili przyszynowych.

### 5.9. Szlifowanie szyn

Przewidziano szlifowanie początkowe szyn (według nomenklatury Warunków Technicznych PKP PLK S.A. Reprofilacja Szyn W Torach I Rozjazdach) w celu usunięcia wad hutniczych oraz innych płytkich uszkodzeń powierzchni tocznej szyn.

Szlifowanie w zasadzie winno być przeprowadzone w sposób ciągły.

Maszyny stosowane powinny być przystosowane do wykonywania robót reprofilacji szyny o profilu 60R2

W ramach reprofilacji początkowej wymagane jest usunięcie warstwy metalu o grubości nie mniejszej niż 0.30 mm w zakresie kątowym obróbki oraz uzyskanie normatywnego profilu poprzecznego i profilu podłużnego w zakresie wszystkich długości fal.

Pomiary powinny być wykonywane z dokładnością nie mniejszą niż:

STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

- a) 0.05 mm – pomiary przekroju poprzecznego
- b) 0.01 mm - pomiary profilu podłużnego
- c) 0.05 mm – pomiary grubości zebranego materiału.

Maksymalne nierówności pionowe toru przed reprofiliacją:	Maksymalne dopuszczalne odchyłki przekroju	Dopuszczalne głębokości fal na bazie 1.0m, 1.5m lub 100m			Minimalna grubość zdejmowanej warstwy	Szerokość faset
		fale 30-100 mm	fale 100-300 mm	fale 300-1000 mm		
Usterki ciągłe mniejsze niż 6mm na 10m bazie pomiarowej	± 0,30 mm	średnia 0,01 mm	średnia 0,03 mm		minimum 0,30mm	R13 - 4mm R80 – 7mm dalej – 10mm

### 5.10. Zabezpieczenie przed prądami błędzącymi

We wszystkich rodzajach konstrukcji musi być zapewniona konduktancja przejścia między szynami a ziemią o wartości nie większej niż 2,5 S/km toru pojedynczego zgodnie z normą PN-EN 50122-2. W czasie budowy torów, a szczególnie przed zabudową warstw ściernych należy wykonywać pomiary elektryczne (z wyłączeniem rozjazdów). Pomiary należy wykonać przed wykonaniem styków z torami nie podlegającymi przebudowie.

Przewidziano wykonanie połączeń wyrównawczych toków szynowych i torów co 100m (oraz dookoła rozjazdów) kablem miedzianym o przekroju 120mm<sup>2</sup> za pomocą złączy wciskanych w szyjkę szyny.

## 6. KONTROLA JAKOŚCI ROBÓT

Ogólne zasady kontroli jakości robót podano w ST D-M-00.00.00 „Wymagania ogólne” pkt 6.

### 6.1. Sprawdzenie zgodności z Dokumentacją Projektową

Należy wykonać przez oględziny zewnętrzne wszystkich elementów wykonanego torowiska tramwajowego i porównanie wyników z Dokumentacją Projektową, zapisami w Dzienniku Budowy lub innymi równorzędnymi dokumentami.

### 6.2. Sprawdzenie materiałów

Należy wykonać przez oględziny zewnętrzne oraz porównując wyniki badań dla użytych materiałów z odpowiednimi normami i aprobatami technicznymi, dokumentacją oraz deklaracjami zgodności.

### 6.3. Sprawdzenie osi trasy i niwelety

Sprawdzenie punktów charakterystycznych osi trasy i niwelety wykonuje się odpowiednimi przyrządami. Oś toru nie powinna mieć odchylenia od osi geodezyjnej projektu większych niż 1cm na długości 1000m. Niweleta toru nie powinna mieć większych odchylenia od niwelety określonej w projekcie niż ± 0,02m na 1000m w torach w jezdni ani ±0,04m na 1000m w torowisku wydzielonym zielonym.

#### 6.4. Sprawdzenie szerokości toru

Sprawdzenie prześwitu w torach toromierzami przeprowadzić w miejscach zgodnie z punktem 6.5 oraz dodatkowo w miejscach charakterystycznych rozjazdów. Szerokość torów nie powinna wykazywać większych odchyłeń niż:

- odchyłki szerokości toru na prostej  $\pm 2\text{mm}$  z tym, że odległości od maksymalnego zwężenia do maksymalnego poszerzenia nie może być mniejsza niż 6m,
- odchyłki szerokości toru na łukach nie mogą przekraczać + 4mm w części środkowej łuku, na początku i na końcu łuku powinny wynosić 0mm, na łukach nie dopuszcza się do zwężenia prześwitu toru.

#### 6.5. Badanie stalowej nawierzchni toru

Polega na sprawdzeniu:

- a) osi toru w charakterystycznych punktach trasy oraz wzrokowo między nimi,
- b) niweleły w punktach charakterystycznych,
- c) szerokości toru:
  - na odcinkach prostych co 10m, a w przypadku stwierdzenia odchyłeń co 2m,
  - w punktach charakterystycznych,
  - na łukach co 5m, a w przypadku stwierdzenia odchyłeń co 2m,
- d) długości wbudowanych szyn,
- e) w przygotowaniu do łączenia elementów toru – prostopadłości płaszczyzn przecięcia do płaszczyzny stopki szyny – każde przecięcie;
- f) promieni szyn na łukach co 2m,
- g) złączy szyn:
  - ustawienia powierzchni tocznych i bocznych szyn,
  - prawidłowości wykonania spoin w połączeniach spawanych wg punktu 6.5.1,
  - luzów szyn w stykach klasycznych złączy izolowanych,

##### 6.5.1. Sprawdzenie prawidłowości wykonania złączy spawanych

- 1) Powierzchnia toczna i powierzchnie boczne główki szyny w strefie spoiny muszą być oszlifowane do profilu ciągu szynowego, a pozostałe oczyszczone z resztek masy formierskiej i pozbawione nadlewów technologicznych,
- 2) Badania defektoskopowe należy wykonać dla co najmniej 20% spawów. Spoina powinna tworzyć jednolite połączenie spawanych końców szyn:
  - a) brak wtopienia, braki metalu w spoinie, w obrębie stopki i szyjki pęknięcia idące w głąb spoiny są wadami dyskwalifikującymi spoinę,
  - b) pory i pęcherze wychodzące na zewnątrz spoiny, wtrącenia piaskowe i żuźlowe, które w obszarze nadlewu wchodzi w przekrój szyny lub ich głębokość jest większa niż 3,0 mm a całkowita powierzchnia w nadlewie przekracza 2,0 cm<sup>2</sup>, a w nadlewie stopki 0,5 cm<sup>2</sup> oraz gdy nadlew nie jest ukształtowany zgodnie z zarysem formy są wadami dyskwalifikującymi spoinę,
  - c) braki metalu w spoinie do 1,5 cm<sup>3</sup> występujące w główce szyny mogą być uzupełnione przez napawanie lub w przypadku braku takiej możliwości wycięte.
- 3) Geometria złącza:
  - a) Dopuszczalne odchyłki prostoliniowości pionowej
  - **brak wady:**
    - wypukłość -  $\Delta f \leq 0,5 \text{ mm}$
    - wklęsłość -  $\Delta f \leq 0,5 \text{ mm}$
  - **wada wymaga naprawy:**
    - wypukłość -  $0,5 \text{ mm} < \Delta f \leq 0,8 \text{ mm}$

## STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

wklęsłość -  $0,5 \text{ mm} < \Delta f \leq 0,8 \text{ mm}$

**- wada wymaga wycięcia:**

wypukłość -  $\Delta f > 0,8 \text{ mm}$

wklęsłość -  $\Delta f > 0,8 \text{ mm}$

b) Dopuszczalne odchyłki prostoliniowości poziomej

**- brak wady:**

wypukłość -  $\Delta f \leq 0,5 \text{ mm}$

wklęsłość -  $\Delta f \leq 0,5 \text{ mm}$

**- wada wymaga naprawy:**

wypukłość -  $0,5 \text{ mm} < \Delta f \leq 0,8 \text{ mm}$

wklęsłość -  $0,5 \text{ mm} < \Delta f \leq 0,8 \text{ mm}$

**- wada wymaga wycięcia:**

wypukłość -  $\Delta f > 0,8 \text{ mm}$

wklęsłość -  $\Delta f > 0,8 \text{ mm}$

### 6.6. Sprawdzenie wykonania warstw z kruszywa

Przy budowie warstw z kruszywa kontroli podlega:

- uziarnienie rozłożonych warstw - na każdej działce roboczej (minimalnie 5 próbek na 1000m) za pomocą analizy sitowej (próbka 1kg)
- wilgotność - dwie próbki z każdej z działki bezpośrednio przed zagęszczeniem
- zagęszczenie warstw - co najmniej w dwóch miejscach na każdej działce roboczej - dopuszcza się zmniejszenie wskaźnika zagęszczenia o 0.04 w 20 % losowo wybranych próbkach
- grubość warstw - bezpośredni pomiar w końcowej fazie zagęszczania, co najmniej w dwóch miejscach na każdej działce roboczej, taśmą lub łątą - dopuszczalne odchyłki w grubości do 5%
- szerokość warstw - pomiar co 50m i w punktach charakterystycznych - dopuszczalne odchyłki +5cm i -5cm.
- położenie osi - pomiar we wszystkich załomach i kątach charakterystycznych oraz co 400m na prostej
- dopuszczalne odchyłki  $\pm 10\text{cm}$
- profil podłużny - pomiar niwelatorem, łątą z poziomnicą co najmniej w dwóch miejscach na dziennej działce roboczej - dopuszczalne odchyłki  $\pm 1\text{cm}$

### 6.7. Sprawdzenie dokładności wklejenia kotew

Kotwy winny być wklejone w rozstawie zgodnym z wielkościami określonymi w projekcie budowlanym z tolerancją  $\pm 10\text{mm}$  wzdłuż toru  $\pm 2\text{mm}$  w poprzek toru

### 6.8. Sprawdzenie zabezpieczenia przed prądami błądzącymi

We wszystkich torach musi być zapewniona konduktancja przejścia między szynami a ziemią o wartości nie większej niż 2,5 S/km toru pojedynczego zgodnie z normą PN-EN 50122-2.

### 6.9. Odbiór techniczny końcowy

Odbiór techniczny końcowy należy przeprowadzić komisyjnie. Po zbadaniu dokumentów technicznych cały odbierany odcinek trasy należy przejechać wagonem z normalnym obciążeniem. Miejsca, w których nastąpiły zakłócenia w płynności jazdy powinny być odnotowane. Komisja powinna przejść cały odbierany odcinek i wykonać wrywkowo następujące pomiary i badania kontrolne:

- a) Sprawdzenie szerokości toru - na odcinkach prostych; należy wykonać pomiar w 10 losowo wybranych miejscach na 1 km trasy, a w rozjazdach i łukach co 5m, ze zwróceniem szczególnej uwagi na krzyżownice, na odcinkach krótszych sprawdzenia dokonuje się nie mniej niż w 3 miejscach; ponadto badania należy przeprowadzić w miejscach, w których nastąpiły zakłócenia płynności jazdy wagonem.

STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

- b) Sprawdzenie wzrokowo prawidłowości ułożenia rozjazdów.
- c) Sprawdzenie wzrokowo równości nawierzchni drogowej.

### 6.10. Ocena wyników badań

Wyniki badań należy uznać za dodatnie, jeżeli wymagania techniczne zostały dotrzymane. Jeżeli którekolwiek z wymagań nie zostało spełnione należy uznać poszczególną część za niezgodną z wymaganiami i po wykonaniu poprawek przystąpić do ponownych badań i odbioru.

### 7. ODBIÓR ROBÓT

Roboty uznaje się za wykonane zgodnie z dokumentacją projektową, ST i Wymaganiami Inżyniera, jeżeli wszystkie pomiary i badania z zachowaniem tolerancji według pkt 6 dały wyniki pozytywne.

### 8. PRZEPISY ZWIĄZANE

#### 8.1. Normy

- |     |                   |  |
|-----|-------------------|--|
| 1.  | PN-EN 206-1       | Beton. Część 1: Wymagania, właściwości, produkcja i zgodność   |
| 2.  | PN-EN ISO 527-1   | Tworzywa sztuczne. Oznaczanie właściwości mechanicznych statycznym rozciąganiu. Część 1: Zasady ogólne   |
| 3.  | PN-EN ISO 868     | Tworzywa sztuczne i ebonit – Oznaczanie twardości przy wciśnięciu z zastosowaniem twardościomierza (twardość Shore" a)   |
| 4.  | PN-EN ISO 12236   | Geosyntetyki - Badanie statycznego przebiccia (metoda CBR)   |
| 5.  | PN-EN 10027-1     | Systemy oznaczenia stali. Część 1: Znaki stali   |
| 6.  | PN-EN 12390-3     | Badania betonu - Część 3: Wytrzymałość na ścislenie próbek do badań  |
| 7.  | PN-EN 13043       | Kruszywo do mieszanek bitumicznych i powierzchniowych utrwaleń stosowanych na drogach, lotniskach i innych powierzchniach przeznaczonych do ruchu  |
| 8.  | PN-EN 13450       | Kruszywa na podsypkę kolejową  |
| 9.  | PN-EN 13674-1     | Kolejnictwo. Tor. Szyny. Część 1: Szyny kolejowe Vignole'a o masie 46kg/m i większej   |
| 10. | PN-EN 14188-1     | Zalewy szczelin na gorąco.   |
| 11. | PN-EN 14811       | Kolejnictwo. Tor. Szyny specjalne. Szyny rowkowe i związane z nimi profile konstrukcyjne   |
| 12. | PN-EN 14188-2     | Wypełniacze szczelin i zalewy drogowe - Część 2:Wymagania wobec zalew drogowych na zimno   |
| 13. | PN-EN 14730-1     | Kolejnictwo - Tor. Spawanie termitowe szyn. Część 1: Dopuszczenie procesów spawania  |
| 14. | PN-EN 14730-2     | Kolejnictwo -Tor. Spawanie termitowe szyn. Część 2: Kwalifikacja spawaczy do spawania termitowego, dopuszczenie wykonawców robót i odbiór spawów   |
| 15. | PN-EN 15466-(1-2) | Podkłady pod zalewy szczelin na zimno i na gorąco. Część 1-2   |
| 16. | PN-EN 50122-2     | Zastosowania kolejowe. Urządzenia stacjonarne. Bezpieczeństwo elektryczne, uziemianie i sieć powrotna. Część 2: Środki ochrony przed skutkami prądów błądzących powodowanych przez systemy trakcji prądu stałego |
| 17. | PN-80/H-93443.53  | Kształtowniki stalowe walcowane na gorąco do produkcji łąpek oraz łąpki dla nawierzchni kolejowej normalnotorowej. Łapka łąp3. Wymiary   |
| 18. | PN-88/H-84020     | Stal niestopowa konstrukcyjna ogólnego przeznaczenia   |

STWiORB – Nawierzchnia torów tramwajowych

19.	PN-89/H-84023.06	Stal określonego zastosowania. Stal do zbrojenia betonu.
Gatunki		
20.	PN-92/C-89035	Tworzywo sztuczne. Metody oznaczania gęstości i gęstości względnej
21.	PN-92/H-93440	tworzyw nieporowatych
22.	PN-98/K-92011	Stal. Szyny tramwajowe z rowkiem
23.	PN-98/K-92009	Torowisko tramwajowe. Wymagania i badania
24.	PN-B 24005	Komunikacja miejska. Skrajnia budowli. Wymagania
		Asfaltowa masa zalewowa

### 8.2. Inne dokumenty

1. Ustawa z dnia 07 lipca 1994 r. Prawo Budowlane (Dz.U. Nr 243 poz.1623 z 2010r. z późniejszymi zmianami)
2. Ustawa z dnia 27 kwietnia 2001 r. Prawo Ochrony Środowiska (Dz.U. Nr 0 poz. 460 z 2012r. z późniejszymi zmianami)
3. Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej w sprawie warunków technicznych, jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie z dnia 02.03.1999 r. (Dz.U. Nr 0 poz.560 z 2012r. z późniejszymi zmianami)
4. "Wytyczne techniczne projektowania, budowy i utrzymania torów tramwajowych" Warszawa 1983,