

SPIS TREŚCI

SŁOWNIK POJĘĆ.....	3
1. WPROWADZENIE.....	6
2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU KOMUNIKACYJNEGO NA OBSZARZE DZIAŁANIA GZM	9
3. WYTYCZNE I STRATEGIA WDROŻENIA PRIORYTETÓW DLA LINII T6, T7, T15	10
3.1. KLASYFIKACJA METOD PRIORYTETYZACJI PUBLICZNEGO TRANSPORTU ZBIOROWEGO	10
3.2. DZIAŁANIE PRIORYTETÓW AKTYWNYCH	17
3.3. WYTYCZNE DO WDRAŻANIA PRIORYTETÓW NA LINIACH T6, T7 I T15	21
4. WYZNACZENIE NEWRALGICZNYCH I MIARODAJNYCH CIĄGÓW KOMUNIKACYJNYCH DO ANALIZ SYMULACYJNYCH.....	22
4.1. CEL ANALIZY	22
4.2. PRZYJĘTA METODYKA BADAŃ	22
4.2.1. ETAP I – EFEKTYWNOŚCIOWA ANALIZA WIELOKRYTERIALNA FRAGMENTÓW SIECI	23
4.2.1.1. KROK 1.1 - SFORMUŁOWANIE PROBLEMU DECYZYJNEGO.....	23
4.2.1.2. KROK 1.2 – KONSTRUOWANIE WARIANTÓW	23
4.2.1.3. KROK 1.3 – DOBÓR RODZINY KRYTERIÓW.....	29
4.2.1.4. KROK 1.4 – OKREŚLENIE PREFERENCJI DECYDENTA	30
4.2.1.5. KROK 1.5 – ZEBRANIE I OBRÓBKA DANYCH WEJŚCIOWYCH	30
4.2.1.6. KROK 1.6 – EKSPERYMENTY OBLICZENIOWE	51
4.2.2. ETAP II – ANALIZA POTENCJAŁU DO WPROWADZENIA PRIORYTETÓW	55
4.2.2.1. CHARAKTERYSTYKA ODCINKÓW NEWRALGICZNYCH DLA LINII T6.....	55
4.2.2.2. CHARAKTERYSTYKA ODCINKÓW NEWRALGICZNYCH DLA LINII T7.....	58
4.2.2.3. CHARAKTERYSTYKA ODCINKÓW NEWRALGICZNYCH DLA LINII T15.....	60
4.3. WNIOSKI I REKOMENDACJE DO SYMULACJI RUCHU	62
5. ANALIZY SYMULACYJNE WYBRANYCH FRAGMENTÓW LINII T6, T7, T15	63
5.1. WPROWADZENIE.....	63
5.2. PRZYJĘTA METODOLOGIA ANALIZ SYMULACYJNYCH.....	63
5.2.1. CHARAKTERYSTYKA PRAC PRZYGOTOWAWCZYCH.....	64
5.2.2. CHARAKTERYSTYKA ETAPU ANALIZ SYMULACYJNYCH	67
5.3. CHARAKTERYSTYKA REALIZACJI BADAŃ SYMULACYJNYCH DLA POSZCZEGÓLNYCH FRAGMENTÓW LINII T6, T7, T15	68
5.3.1. LINIA T6 – ODCINEK W2 – W3	68
5.3.1.1. CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO I WPROWADZONYCH ZMIAN.....	68



5.3.1.2.	CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH REZULTATÓW	73
5.3.2.	LINIA T6 – ODCINEK W10	80
5.3.2.1.	CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO I WPROWADZONYCH ZMIAN.....	80
5.3.2.2.	CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH REZULTATÓW	84
5.3.3.	LINIA T6 – ODCINEK W15	90
5.3.3.1.	CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO I WPROWADZONYCH ZMIAN.....	90
5.3.3.2.	CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH REZULTATÓW	93
5.3.4.	LINIA T7 – ODCINEK W12 – W15.....	99
5.3.4.1.	CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO I WPROWADZONYCH ZMIAN.....	99
5.3.4.2.	CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH REZULTATÓW	106
5.3.5.	LINIA T15 – ODCINEK W20 – W21.....	115
5.3.5.1.	CHARAKTERYSTYKA STANU ISTNIEJĄCEGO I WPROWADZONYCH ZMIAN.....	115
5.3.5.2.	CHARAKTERYSTYKA UZYSKANYCH REZULTATÓW	117
5.4.	ZESTAWIENIE UZYSKANYCH WYNIKÓW WRAZ Z KOSZTAMI INWESTYCJI	125
6.	ANALIZA PROBLEMÓW KOMUNIKACYJNYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA LINIACH T6, T7 I T15	126
6.1.	WSTĘP	126
6.2.	ZAŁOŻENIA ANALIZ.....	126
6.3.	SZCZEGÓŁOWA CHARAKTERYSTYKA PROBLEMÓW KOMUNIKACYJNYCH	130
6.4.	PODSUMOWANIE I WNIOSKI.....	220

Słownik pojęć

Eksurbanizacja – proces poszerzania się miejskich terytoriów na obszary o mniej intensywnej urbanizacji, np. przedmieścia. Często nazywany rozlewaniem się miast (ang. *Urban sprawl*).

Grupa sygnalizacyjna – wybrany zestaw sygnalizatorów lub jeden sygnalizator nadający w każdej chwili sterowania jednakowe sygnały przeznaczone dla określonych strumieni ruchu.

Grupa kołowa – grupa sygnalizacyjna 3 komorowa (czerwone, żółte, zielone), sterująca strumieniem samochodów.

Faza sygnalizacyjna – stan ustalony grup sygnalizacyjnych w czasie wykonywania programu sygnalizacji świetlnej. W czasie jej trwania wszystkie grupy sygnalizacyjne wyświetlają sygnał zezwalający na ruch lub zabraniający. W czasie trwania fazy nie następują zmiany nadawanych sygnałów.

Sygnalizacja stałoczasowa – rodzaj sygnalizacji, która realizuje stały, powtarzalny program sygnalizacyjny (o stałych długościach sygnałów dla poszczególnych grup), niezależnie od sytuacji ruchowej na obszarze sieci drogowej objętym jej działaniem.

Sygnalizacja akomodacyjna – rodzaj sygnalizacji, która wykorzystując informacje dostarczane przez detektory ruchu, dostosowuje program sygnalizacji do aktualnej sytuacji ruchowej na obszarze sieci drogowej objętym jej działaniem.

Długość cyklu – w skrócie cykl programu sygnalizacji. Przedział czasu niezbędny na przydzielenie wszystkim strumieniom ruchu sygnału zielonego. Inaczej mówiąc, czas jaki sterownik potrzebuje na załączenie wszystkich faz w programie. Po zakończeniu cyklu sterownik rozpoczyna realizację nowego cyklu. Jego długość najczęściej zawiera się w przedziale 60-120s.

Kongestia transportowa – zjawisko powstające gdy z danego fragmentu układu drogowego korzysta więcej pojazdów niż jego infrastruktura jest w stanie efektywnie obsłużyć (wyczerpanie przepustowości układu drogowego). Kongestia transportowa objawia się powstawaniem zatorów drogowych, które w skrajnych przypadkach mogą przybierać postać paraliżu komunikacyjnego.

Gridlock – (z *ang.*) typ kongestii transportowej charakteryzujący się blokadą większego fragmentu sieci drogowej. Powstaje na skutek rozprzestrzeniania się utrudnień wynikających z uprzedniego, mniejszego zatłoczenia.

Koordinacja sygnalizacji świetlnej – odpowiednia synchronizacja pracy sterowników kilku sygnalizacji świetlnych. Polega na włączaniu sygnału zezwalającego na ruch na poszczególnych skrzyżowaniach, w sposób umożliwiający przejazd możliwie największej kolumnie pojazdów bez zatrzymania lub ograniczając czas oczekiwania spowodowany wyświetlaniem sygnału zabraniającego ruchu.

Electre III – metoda wielokryterialnego wspomaganie decyzji należąca do metod z rodziny Electre mająca swoje korzenie w tzw. europejskiej szkole wielokryterialnego wspomaganie decyzji.

Stosowana jest w sytuacjach, w których problem decyzyjny polega na uporządkowaniu zbioru wariantów od najlepszego do najgorszego (lub odwrotnie), wykorzystując w tym celu model preferencji decydenta.

Model ruchu drogowego – uproszczone przedstawienie układu komunikacyjnego oraz procesów ruchu w nim zachodzących w formie zależności matematycznych. Klasyfikuje się je zwykle według stopnia szczegółowości opisu ruchu.

Makroskopowy model ruchu – zapewnia opis ruchu odbywającego się w sieci transportowej na poziomie bardzo uogólnionym. Do podstawowych charakterystyk wykorzystywanych przy jego opisie potoków ruchu zalicza się prędkość, gęstość i natężenie ruchu. Modele makroskopowe są statyczne i służą planowaniu na poziomie strategicznym, wielko obszarowym. Ruch nie ma tu żadnego bezpośredniego odniesienia do konkretnych pojazdów, lecz jest definiowany jako zachowanie bliżej nieokreślonego ośrodka ciągłego (potok ruchu).

Mikroskopowy model ruchu – w odróżnieniu do modelu makroskopowego, odzwierciedla ruch odbywający się w sieci transportowej na dużym poziomie szczegółowości. Opisuje zachowania pojedynczych jednostek w potoku ruchu oraz interakcje jakie występują pomiędzy nimi. Symulacje wykonywane przy pomocy modeli mikrosymulacyjnych są dynamiczne i służą do analiz transportowych na poziomie operacyjnym.

Podział modalny – inaczej podział zadań przewozowych. Określa stosunek liczby wykonywanych podróży względem środka transportu wykorzystywanego w celu jej realizacji. Najczęściej rozpatrywany podział zakłada występowanie podróży wykonywanych środkami transportu prywatnego (PrT) i środkami publicznego transportu zbiorowego (PuT).

Prędkość techniczna (tramwaju) – prędkość tramwaju pomiędzy dwoma punktami trasy, z uwzględnieniem (wyłączeniem) czasu postoju potrzebnego na wymianę pasażerską na przystankach.

Antyzatoka – rodzaj przystanku. Peron, na którym pasażerowie czekają na tramwaj (lub autobus) znajduje się na jednym poziomie z chodnikiem i jest z nim połączony. Stanowi jednocześnie przeszkodę na pasie ruchu dla samochodów, zmuszając kierowców do jego ominięcia przy wykorzystaniu pasa ruchu współdzielonego tramwajem (lub autobusem). Taka geometria zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa pasażerom, którzy nie są narażeni na potrącenie, w momencie wsiadania/wysiadania do tramwaju (autobusu).

Przystanek wiedeński – Jego konstrukcja polega na podniesieniu jezdni w rejonie przystanku do poziomu chodnika. Rozwiązanie umożliwia łatwiejsze dojście i wsiadanie do tramwaju oraz spowalnia ruch pojazdów zwiększając tym samym bezpieczeństwo pieszych.

Wskaźnik motoryzacji – stosunek liczby pojazdów do liczby mieszkańców na analizowanym obszarze.

Kwantyl_q – wartość cechy badanej zbiorowości, która dzieli uporządkowaną zbiorowość statystyczną na określone, równe części pod względem liczby jednostek statystycznych.



Kwantylem rzędu q ($0 < q < 1$) nazywamy taką liczbę Q , że $q \cdot 100\%$ elementów danej zbiorowości statystycznej ma wartość nie większą od Q .

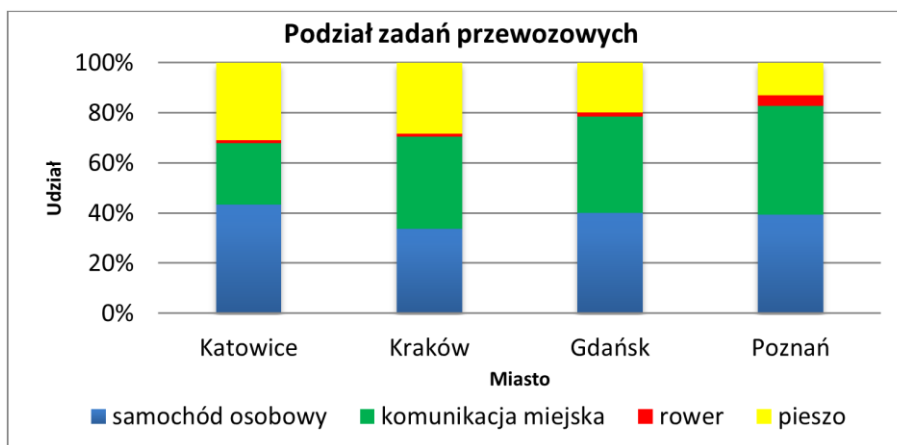
Środki publicznego transportu zbiorowego – PuT (*PuT – ang. Public Transport*) – w niniejszym opracowaniu do tej grupy pojazdów zaliczono tramwaje oraz autobusy.

Środki transportu indywidualnego – PrT (*PrT – ang. Private Transport*) – w niniejszym opracowaniu do grupy tej zaliczono samochody osobowe, dostawcze, ciężarowe.

1. WPROWADZENIE

Koncepcja priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego stała się na przestrzeni lat zadaniem koniecznym oraz problematycznym. Powodem intensywnych, wieloletnich prac nad zagadnieniem jest globalne zjawisko kongestii transportowej, które stanowi jeden z kluczowych problemów współczesnych ośrodków miejskich.

Warunki drogowe w obrębie dużych miast ulegają pogorszeniu m.in. na skutek procesu eksurbanizacji czyli rozlewania się miast. Bezpośrednią konsekwencją tego procesu jest wzmożona ruchliwość mieszkańców, których codzienny dojazd do np. miejsca pracy lub uczelni wiąże się z koniecznością pokonania często od kilku do kilkunastu kilometrów. Z powodu koncentracji podróży o podobnych motywacjach w niewielkich przedziałach czasowych, dochodzi do tzw. szczytów komunikacyjnych oraz zatorów popularnie nazywanych „korkami”.



Rys. 1. Podział zadań przewozowych dla wybranych miast w Polsce¹

Od wielu lat toczona jest żywa dyskusja na temat tego w jaki sposób realnie ograniczyć skutki kongestii, szczególnie w przestrzeni miejskiej, w której skala utrudnień często nabiera charakteru paraliżu komunikacyjnego. Obecnie zdano już sobie sprawę, że działania oparte na wyłącznej rozbudowie infrastruktury drogowej nie dają wymiernych rezultatów, chociażby przez to, że pojemność każdego układu komunikacyjnego jest skończona. Co więcej, przy zauważalnym ciągłym wzroście wskaźnika motoryzacji społeczeństwa kolejne udogodnienia dla transportu indywidualnego zdają się nie spełniać swoich pierwotnych założeń już w momencie wdrożenia. Prawdziwa również okazuje się być teoria opisana przez Davida Lewisa i Martina Mogridge’a² według której poprawa przepustowości sieci na skutek poszerzenia przekroju drogi jest odczuwana przez maksymalnie kilka tygodni. Po tym czasie zauważa się, że ruch w jej obrębie wzrasta do tego stopnia, aby wypełnić nową zwiększoną przepustowość.

¹Wieloletni plan rozwoju zintegrowanego systemu transportowego miasta Katowice, Broszura informacyjna z kompleksowych badań ruchu. Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP Oddział w Krakowie, Via Vistula, International Management Services, Katowice 2015

²Szymalski W.: *Prawo Lewisa-Mogridge’a w warszawskich inwestycjach*, Przegląd Komunikacyjny, vol. 3, 2014, s. 26-31.

Efektywnego rozwiązania problemu zatłoczenia należy zatem upatrywać w idei zrównoważonego rozwoju. Jednym z jej podstawowych celów jest zmiana przyzwyczajeń transportowych społeczeństwa. Dotychczas samochód prywatny służył jako podstawowy środek realizacji podróży (Rys. 1). Według założeń strategii zrównoważonego rozwoju, promować należy publiczny transport zbiorowy jako najbardziej efektywny sposób przemieszczania się.

Wiele nowoczesnych ośrodków miejskich pokłada swoje nadzieje w systemach tramwajowych, które wykazują cały szereg zalet. Tramwaj charakteryzuje się przede wszystkim bardzo wysokim przelicznikiem zdolności przewozowej w stosunku do samochodu osobowego. Jest w nim w stanie podróżować jednocześnie nawet 250 pasażerów, a w przypadku najdłuższych składów liczba ta jest jeszcze większa. Tymczasem, na drogach nie często można dostrzec samochody osobowe w których poza kierowcom byłoby przynajmniej 2 pasażerów.

W. Rydzkowski i K. Wojewódzka-Król w swojej pracy³ zwracają dodatkowo uwagę, że cała infrastruktura tramwajowa charakteryzuje się około siedmiokrotnie mniejszą terenochłonnością niż infrastruktura potrzebna do funkcjonowania kołowego transportu indywidualnego. Nie można pominąć również faktu, że najnowsze stosowane rozwiązania konstrukcyjne torowisk ograniczają poziom generowanego hałasu czy wibracji.

W czasach, gdy coraz większą uwagę poświęca się problemowi zanieczyszczenia środowiska, należy podkreślić, że tramwaje w porównaniu do innych środków transportu są ekologiczne zarówno pod kątem emisji jak i energochłonności. Pomimo tych i wielu innych zalet transportu miejskiego opartego na tramwajach, ciągle można zauważyć w przestrzeni większych miast problem w postaci niewykorzystania jego pełnego potencjału. Objawia się to zwykle brakiem dodatkowych elementów systemu transportowego, mających na celu priorytetyzację transportu publicznego względem innych użytkowników dróg. Niestety nie ma rozwiązań w zakresie inżynierii ruchu, które pozwoliłyby wszystkim zadowolić. Najczęściej dochodzi do sytuacji, w której zarządca musi dokonać strategicznej decyzji o pogorszeniu warunków ruchu dla jednej grupy pojazdów, żeby móc inną usprawnić. Należy jednocześnie pamiętać, że decyzja o wprowadzeniu bezwzględnej priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego, pomimo, że trudna, jest również jak najbardziej słuszna.

Sam proces musi opierać się na rozwiązaniach systemowych, łączących w sobie najbardziej efektywne działania organizacyjne uwzględniające również aspekty środowiskowe. Do działań tych zalicza się m.in. stosowanie inteligentnych systemów sygnalizacji świetlanych, czy wprowadzanie udogodnień dla ruchu pieszego i rowerowego.

Okazuje się, że ogólne uwarunkowania prawne wynikające wprost z Ustawy Prawo o ruchu drogowym są niewystarczające w ujęciu ograniczenia strat czasu autobusów, tramwajów i tym samym ich pasażerów. Wspomniany wzrost wskaźnika motoryzacji w obszarach silnie zurbanizowanych oraz nierównomierny podział modalny (Rys. 1) zadań transportowych determinuje konieczność wykorzystania bardziej zaawansowanych narzędzi inżynierii ruchu w celu

³ Rydzkowski W., Wojewódzka-Król K. (red.): *Transport*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 2000.

poprawy jakości podróży i tym samym zachęty do korzystania z publicznego transportu jako konkurencyjnego środka transportu.

Największe straty czasu dla wszystkich uczestników ruchu generowane są w miejscach przecięcia co najmniej dwóch potoków ruchu, czyli na skrzyżowaniach, zjazdach, itp. Dlatego odpowiednie działania w tych punktach sieci transportowej zwykle skutkują największą poprawą efektywności ruchu. Tyczy się to również pojazdów komunikacji miejskiej, których uprzywilejowanie stanowi podstawę tego opracowania.

2. CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU KOMUNIKACYJNEGO NA OBSZARZE DZIAŁANIA GZM

Na terenie GZM znajduje się gęsta i równomiernie rozłożona sieć dróg, zapewniająca dobre warunki do podróży. Dużą zaletą układu drogowego jest obecność dróg szybkiego ruchu: autostrad A1 i A4, dróg ekspresowych S1 i S86 oraz drogi DTŚ, które sprawnie przenoszą ruch tranzytowy. Z uwagi na specyficzny układ aglomeracji górnośląskiej pełnią one również rolę obwodnic, za pomocą których można przemieszczać się pomiędzy poszczególnymi miastami. Podobną rolę muszą miejscami pełnić drogi powiatowe i gminne, co pogarsza warunki ruchu na tych drogach.

Podmiotem odpowiedzialnym za organizację transportu publicznego na terenie GZM jest Zarząd Transportu Metropolitalnego, który rozpoczął swoją działalność w 2017 roku na mocy uchwały GZM. Powstanie związku połączyło, działające dotychczas na terenie Śląska i Zagłębia systemy komunikacji miejskiej, tworząc jedno przedsiębiorstwo. Z danych za 2020 rok wynika, że ZTM obsługuje teren 56 miast i gmin, łącząc najważniejsze ośrodki województwa śląskiego. Codziennie na terenie Śląska i Zagłębia kursuje 1500 autobusów, tramwajów i trolejbusów. Na zlecenie ZTM realizowane są przewozy autobusowe i tramwajowe. Za realizację przewozów tramwajowych odpowiedzialna jest spółka Tramwaje Śląskie S.A.

Długość odcinków torowisk przeznaczonych do eksploatacji w ruchu pasażerskim na 29 aktywnych liniach wynosi 297,2 km toru pojedynczego. Kolejne 29 km toru pojedynczego stanowią tory na terenie zajezdni czterech Rejonów oraz Zakładu Usługowo Remontowego. W torowisku liniowym i na pętlach Spółki Tramwajów Śląskich zamontowanych jest 391 szt. zwrotnic (stan na 28.06.2021r)⁴.

Do obsługi pasażerów przeznaczono łącznie 311 wagonów liniowych. W 2020 roku poznański Modertrans dostarczył Tramwajom Śląskim nowoczesne pojazdy typu Moderus, a w 2021r. swą dostawę realizuje Pesa Bydgoszcz. Oba zamówienia pozwoliły odświeżyć nieco flotę tramwajów i przyczyniły się do jej unowocześnienia (stan na 28.06.2021r)³.

Pomimo dobrze rozwiniętej sieci drogowej, na drogach coraz częściej widać zjawisko kongestii. Jak zauważono w strategii GZM⁵, przyczyną jego powstawania jest ciągły wzrost liczby pojazdów oraz niska konkurencyjność transportu zbiorowego, wynikająca m.in. ze stosunkowo długich czasów przejazdu. Czynnikiem mogącym poprawić ten stan rzeczy jest wyraźne zwiększenie prędkości technicznej taboru tramwajowego.

Dobrze rozwinięta i komfortowa komunikacja tramwajowa jest dużym atutem systemu komunikacji publicznej. Wsparta przez nowoczesne sygnalizacje świetlne w zakresie udzielania priorytetu przejazdu pojazdom szynowym, może stać się najwydajniejszym ogniwem przewozów pasażerskich na obszarze działania GZM i przyczynić się do poprawy wizerunku tego typu komunikacji.

⁴ Strona internetowa spółki Tramwaje Śląskie S.A. (www.tram-silesia.pl)

⁵ Program działań strategicznych Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii do roku 2022

3. WYTYCZNE I STRATEGIA WDROŻENIA PRIORYTETÓW DLA LINII T6, T7, T15

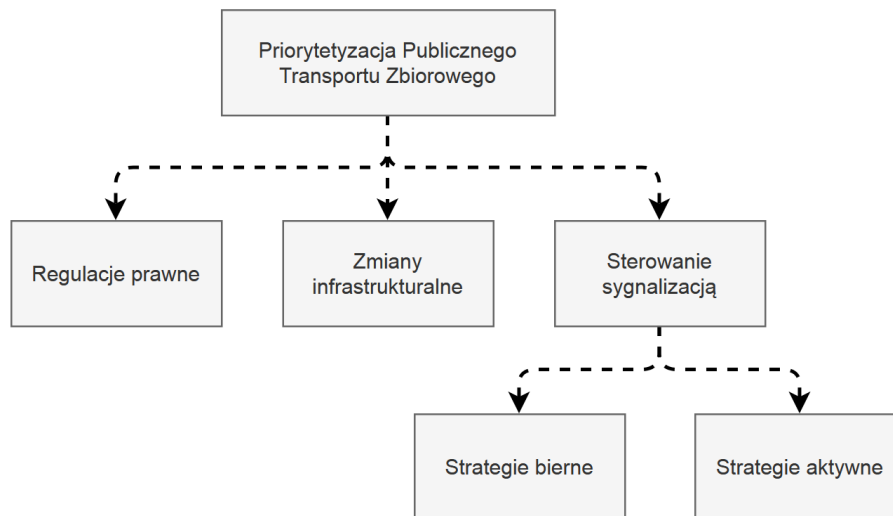
3.1. Klasyfikacja metod priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego

Wyróżnia się dwa główne rodzaje technicznych działań mających na celu priorytetyzację publicznego transportu zbiorowego w sieci drogowej, które można wdrażać niezależnie lub łącznie (Rys. 2):

- zmiany infrastrukturalne tj. działania związane ze zmianą geometrii fizycznej drogi (lub torowiska) i/lub skrzyżowania;
- rozwiązania wykorzystujące sygnalizację świetlną.

Do pierwszej grupy zalicza się, m. in.:

- budowę dróg wyizolowanych od pozostałych uczestników ruchu, przeznaczonych dla pojazdów transportu publicznego, np. Poznański (lub Szczeciński) Szybki Tramwaj (Rys. 3), trasy szybkiego autobusu (BRT-Bus Rapid Transport),
- wydzielenie pasów ruchu, tzw. buspasów o kierunku zgodnym z ruchem pozostałych pojazdów;
- wyznaczanie śluz autobusowych;



Rys. 2. Klasyfikacja metod priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego⁶

⁶ Diakaki C., Papageorgiou M., Dinopoulou V., Papamichail I., Garyfalia M.: *State of the art and practice review of public transport priority strategies*. *IET Intelligent Transport Systems*, 2015, 9 (4), pp. 391-406.



Rys. 3. Trasa Poznańskiego Szybkiego Tramwaju.



Rys. 4. Przystanek wiedeński w Poznaniu.



Rys. 5. Antyzatoka tramwajowa w Poznaniu.

Na zmniejszenie strat czasu i tym samym zwiększenie prędkości komunikacyjnej tramwajów i/lub autobusów wpływa również konstrukcja oraz lokalizacja przystanków względem skrzyżowania.

Zasadniczo, przystanki funkcjonujące w obrębie skrzyżowań mogą być lokalizowane na wlotach lub wylotach skrzyżowania. W przypadku skrzyżowania wyposażonego w odpowiednio dużą wyspę centralną możliwe jest umiejscowienie ich pośrodku wyspy. Na przestrzeni lat utrzymało się przekonanie, według którego przystanki najlepiej lokalizować za skrzyżowaniem. Słuszność tej praktyki zauważalna jest szczególnie w przypadku małych skrzyżowań wyposażonych w akomodacyjną sygnalizację świetlną, gdzie przez wzgląd na niewielkie skomplikowanie programów, prawdopodobieństwo zatrzymania tramwaju przed tarczą skrzyżowania jest relatywnie niewielkie. Nie jest to jednak uniwersalna reguła. Na dużych obszarowo skrzyżowaniach, na których nie zawsze istnieje możliwość odpowiednio wczesnego wykrycia pojazdu komunikacji miejskiej, np. na skutek niewielkiej odległości od skrzyżowania poprzedzającego, lokalizacja przystanku za skrzyżowaniem nie zawsze jest jednoznacznie uzasadniona/słuszna. Na takich skrzyżowaniach sterownik sygnalizacji potrzebuje dużo czasu na zamknięcie grup kolizyjnych i przygotowanie sygnału zezwalającego na ruch tramwaju. W takim przypadku obecność tramwaju na przystanku przed skrzyżowaniem pozwala efektywniej wykorzystać czas pozostały do załączenia sygnału zezwalającego.

Ponadto należy uwzględnić szereg dodatkowych parametrów takich jak m.in. poziom bezpieczeństwa, czy aspekt dostępności przystanku dla pasażerów. Ostatecznie rozważaniom warto poddać obszar zdecydowanie większy niż pojedyncze skrzyżowanie w celu zbadania wpływu lokalizacji przystanku na okoliczny ruch.

Kolejnym wymienionym aspektem priorytetyzacji związanym z przystankami jest ich forma, która może skutecznie działać na rzecz ograniczenia strat czasu wynikających z wyłączenia/włączenia się do ruchu oraz strat wynikających z wymiany pasażerów. Coraz częściej stosowane są przystanki typu „wiedeńskiego” (Rys. 4) oraz tzw. antyzatoki (Rys. 5). Pozytywnie wpływają one na bezpieczeństwo oraz komfort pasażerów i realnie wpływają na czas obsługi przystanku. W przypadku przystanku wiedeńskiego, jego konstrukcja polega na podniesieniu jezdni w rejonie przystanku do poziomu chodnika. Rozwiązanie to umożliwia łatwiejsze dojście i wsiadanie do tramwaju oraz spowalnia ruch pojazdów zwiększając tym samym bezpieczeństwo pieszych. Antyzatoka natomiast charakteryzuje się tym, że peron, na którym pasażerowie czekają na tramwaj (lub autobus) znajduje się na jednym poziomie z chodnikiem i jest z nim połączony. Stanowi jednocześnie przeszkodę na pasie ruchu dla samochodów, zmuszając kierowców do jego ominięcia przy wykorzystaniu pasa ruchu współdzielonego tramwajem (lub autobusem). Taka geometria zapewnia wysoki poziom bezpieczeństwa pasażerom, którzy nie są narażeni na potrącenie, w momencie wsiadania/wysiadania do tramwaju (autobusu).

Podobnie jak przystanki, stan torowiska oraz jego umieszczenie względem jezdni wpływają na warunki ruchowe tramwajów. Torowisko oddzielone od jezdni, a także dużo mniejsza liczba pojazdów poruszających się po nich, znacznie ograniczają powstawanie opóźnień. Stan infrastruktury torowej ma wpływ na prędkość poruszania się tramwajów. W celu zwiększenia efektywności tramwaju należy więc zawsze dążyć do utrzymania infrastruktury w dobrym stanie technicznym, aby nie ograniczała ona jego potencjału.

W przypadku ruchu tramwajowego największe straty występują w rejonie węzłów, a więc tam, gdzie mamy do czynienia z punktami kolizji, w których przecinają się trajektorie tramwajów i innych uczestników ruchu. Potencjalna kolizja wymaga wprowadzenia odpowiedniego sterowania ruchem za pomocą znaków drogowych lub sygnalizacji.

Sygnalizacja świetlna niejednokrotnie stanowi podstawowy środek organizacji ruchu w przestrzeni miejskiej. Pomimo, że jej zastosowanie w głównej mierze podyktowane jest koniecznością zapewnienia bezpieczeństwa, odpowiednie jej zaprojektowanie i skonfigurowanie może pozwolić na zmniejszenie strat czasu na konkretnych relacjach, w tym tych, na których poruszają się pojazdy publicznego transportu zbiorowego. Strategie priorytetyzacji oparte o sygnalizację można podzielić na dwie grupy: bierne i aktywne.

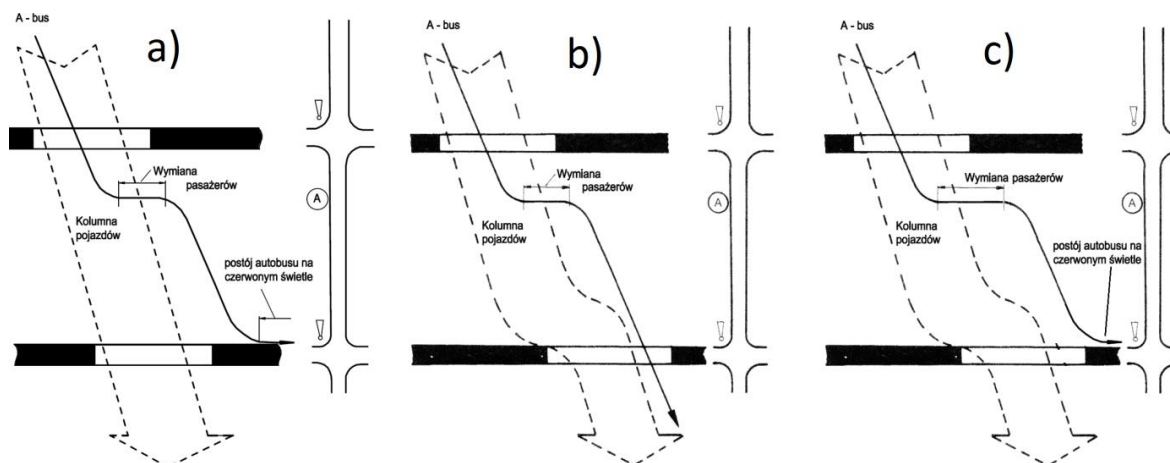
Strategie bierne charakteryzują się brakiem wykorzystania systemu detekcji i w konsekwencji program sygnalizacji nie dostosowuje się dynamicznie do zmieniających się warunków ruchowych. Sygnalizacje zaprojektowane w ten sposób działają w oparciu o stałoczasowe programy sygnalizacyjne dostosowane do typowych dla danej pory dnia wielkości potoków ruchu oraz harmonogramu kursowania pojazdów komunikacji publicznej. Największą efektywność strategii biernych uzyskuje się gdy:

- dana linia przebiega wzdłuż głównego ciągu komunikacyjnego a kolejne sygnalizacje są ze sobą skoordynowane,
- częstotliwość kursowania jest wysoka,

- czas obsługi przystanku jest relatywnie krótki i nie charakteryzuje się dużymi odchyleniami od średniej,

Główną wadą tego podejścia jest brak elastyczności względem zmieniających się warunków ruchu, np. utknięcie pojazdu w kolejce z pojazdami transportu indywidualnego, dłuższa wymiana pasażerska, konieczność przestawienia zwrotnicy, itp.

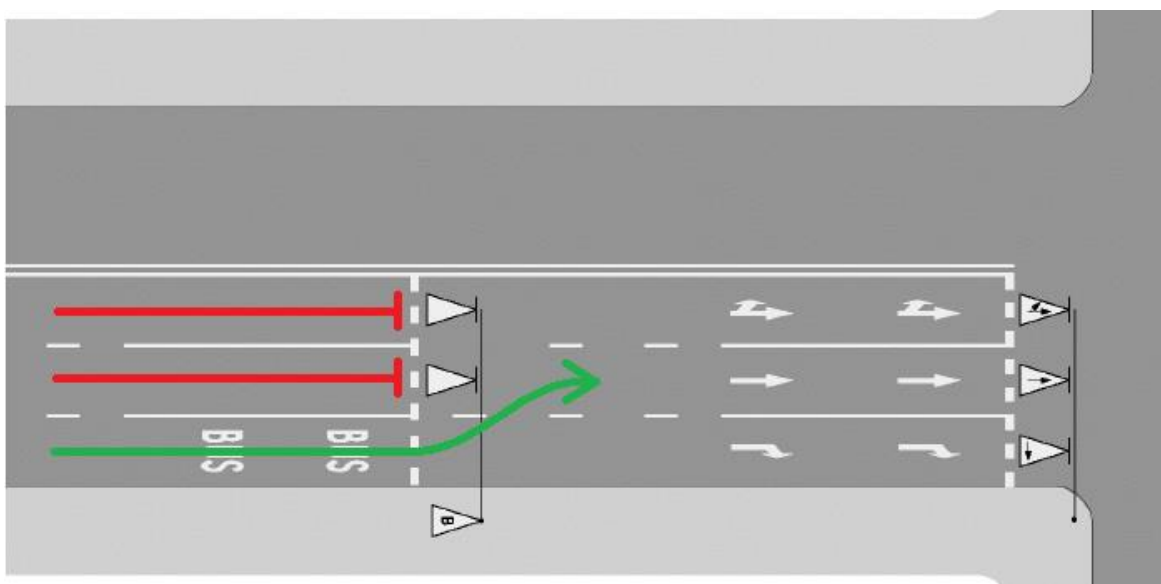
Na Rys. 6 przedstawiono sposób wykorzystania biernej strategii priorytetyzacji autobusu poruszającego się wzdłuż ciągu koordynowanego. W sytuacji oznaczonej literą *a* nie występuje priorytet. „Zielona fala” zarezerwowana jest dla pojazdów transportu indywidualnego. Wprowadzenie priorytetu związane jest ze zwiększeniem stałego *offsetu* na kolejnej sygnalizacji. W rezultacie autobus po wymianie pasażerskiej ma możliwość przejechania przez skrzyżowanie bez zatrzymania. Warto zauważyć, że warunki ruchowe kolumny pojazdów transportu indywidualnego uległy istotnemu pogorszeniu poprzez wymuszenie postoju. Skutkiem takiego działania jest spadek poziomu bezpieczeństwa, wzrost zużycia paliwa oraz emisji spalin do atmosfery. Co więcej brak elastyczności podejścia może skutkować pogorszeniem warunków dla wszystkich uczestników ruchu co pokazano w sytuacji *c*, gdzie przez wydłużony czas wymiany pasażerskiej autobus nie miał możliwości przejechać kolejnego skrzyżowania w trakcie sygnału zezwalającego na ruch.



Rys. 6. Bierny priorytet w koordynacji⁷.

Kolejnym przykładem biernego uprzywilejowania pojazdu komunikacji publicznej w sygnalizacji jest śluza autobusowa, którą przedstawiono na Rys. 7. Priorytet jest realizowany poprzez wcześniejsze załączenie sygnału „jedź” dla autobusu względem innych pojazdów. Oznacza to, że autobus ma możliwość ustawienia się na wybranym pasie ruchu jako pierwszy co skraca czas jego przebywania w obszarze głównego skrzyżowania. Brak systemu wykrywania autobusu powoduje konieczność załączania wcześniejszego sygnału dla autobusu w każdym cyklu niezależnie od tego czy jest takie zapotrzebowanie. Bezpośrednim skutkiem tego są każdorazowe straty czasu dla pozostałych uczestników ruchu oczekujących przed śluzą.

⁷ Opracowanie własne na podstawie Gaca S., Suchorzewski W., Tracz M.: *Inżynieria ruchu drogowego. Teoria i praktyka*. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa, 2014



Rys. 7. Śluza autobusowa.

Coraz częstszą alternatywą, stopniowo wypierającą bierne strategie priorytetyzacji są strategie aktywne, które wyróżniają się możliwością dostosowywania się programu sygnalizacji do aktualnej sytuacji na drodze. Ich efektywność jest silnie uzależniona od informacji pochodzących z zestawu różnego rodzaju czujników zlokalizowanych w obszarze skrzyżowania. Szczególnie ważne jest to dla tramwajów.

W przypadku użycia sygnalizacji zawsze występują straty dla użytkowników ruchu, ponieważ sygnały świetlne udostępniają wspólną kolizyjną powierzchnię naprzemiennie dla różnych strumieni pojazdów. W chwili gdy jeden strumień użytkowników porusza się, to inny kolizyjny do niego musi poczekać na swoją kolej. Oczekiwanie na sygnale czerwonym wprowadza więc opóźnienia, które często stają się miarą strat czasowych na skrzyżowaniu. System priorytetów gwarantuje minimalizację strat dla pojazdów komunikacji publicznej, kosztem pozostałych użytkowników dróg. Należy jednak pamiętać, że stosowanie priorytetów ma znaczący wpływ na działanie całej sygnalizacji świetlnej. Częste zapalanie zielonego światła dla pojazdów transportu zbiorowego zmniejsza ilość zielonego światła dla pozostałych użytkowników drogi. Można więc mówić o ograniczaniu przepustowości sygnalizacji dla pojazdów transportu indywidualnego. W przypadku mocno obciążonych skrzyżowań, takie ograniczenie może przyczynić się do zwiększenia długości kolejek, które w najgorszym wypadku mogą zablokować sąsiednie skrzyżowania, tworząc tzw. „gridlock”, i w efekcie, pogorszyć parametry ruchu również dla tramwajów. Ważna jest więc możliwość sterowania „siłą priorytetu”, tak aby uniknąć blokady większego obszaru sieci drogowej.

W tym celu zaleca się wprowadzenie tzw. stopniowania priorytetu. Polega ono na nadaniu trzech stopni priorytetu: 0-brak priorytetu (wyłączony), 1-słaby, 2-silny (domyślny).

Wyłączenie priorytetu powinno być stosowane wyłącznie dla przeciążonych skrzyżowań, które mogą stać się przyczyną opisanego wyżej zjawiska „gridlocku”. Jednak nawet w takim przypadku, można spróbować wyłączyć priorytet tylko w określonych godzinach np. dla szczytu porannego

lub popołudniowego. Poza godzinami szczytu stopień priorytetu może zostać podniesiony do 1 lub 2.

Kolejnym elementem strategii nadawania priorytetów jest możliwość uzależnienie stopnia priorytetu od opóźnienia pojazdu. W takim przypadku sterownik sygnalizacji dobiera stopień priorytetu niezależnie dla każdego pojazdu, zgodnie z poniższą tabelą.

Tab.1. Przypisanie stopnia priorytetu w zależności od opóźnienia

Opóźnienie [min]	Stopień priorytetu
<0 (przyspieszenie)	brak (0)
0-3	lekki (1)
3-6	silny (2)
>6	brak (0)

Zgodnie z tą strategią, pojazdom, które jadą zbyt wcześnie względem rozkładu, sterownik nie przydziela priorytetu. Z kolei pojazdom, które „złapały” po drodze małe opóźnienie, zostaje przydzielony wysoki priorytet. Tramwaje mają więc szansę odrobić straty na dalszym odcinku trasy. Zakłada się też, że pojazdom, które mają duże opóźnienie nie przydziela się priorytetu, ponieważ nie są one w stanie odrobić tak dużych strat. Dlatego w ostatnim wierszu tabeli założono brak priorytetu. Oczywiście, aby ta strategia zadziałała, należy odpowiednio ułożyć rozkłady jazdy, które będą uwzględniać (dopuszczać) pewne straty (opóźnienia) na poszczególnych skrzyżowaniach. Przyjęcia takiego rozwiązania spowoduje nieco dłuższe czasy przejazdu tramwaju, przy jednoczesnym zwiększeniu punktualności na poszczególnych przystankach.

Alternatywna strategia zakłada przydzielenie możliwie najsilniejszego priorytetu wszystkim tramwajom na każdym skrzyżowaniu. W takim przypadku czasy przejazdu ulegną skróceniu, jednak tramwaj, który złapał opóźnienie nie będzie w stanie go nadrobić.

Podczas układania rozkładu można również przyjmować różne czasy (prędkości) przejazdu pomiędzy poszczególnymi przystankami. Można założyć, że tramwaj na danym odcinku trasy będzie zawsze poruszał się z maksymalną dopuszczalną prędkością. Teoretycznie, w takim przypadku pojazdy uzyskiwałyby krótsze czasy przejazdu, ale w przypadku pojawienia się opóźnienia, motorniczy nie jest w stanie go nadgonić. Podczas opracowywania rozkładów można też przyjąć nieco mniejszą prędkość niż dopuszczalna. W takiej sytuacji czasy przejazdu nieco się wydłużą, ale w przypadku pojawienia się opóźnienia motorniczy może zwiększyć prędkość jazdy, aby opóźnienie zniwelować.

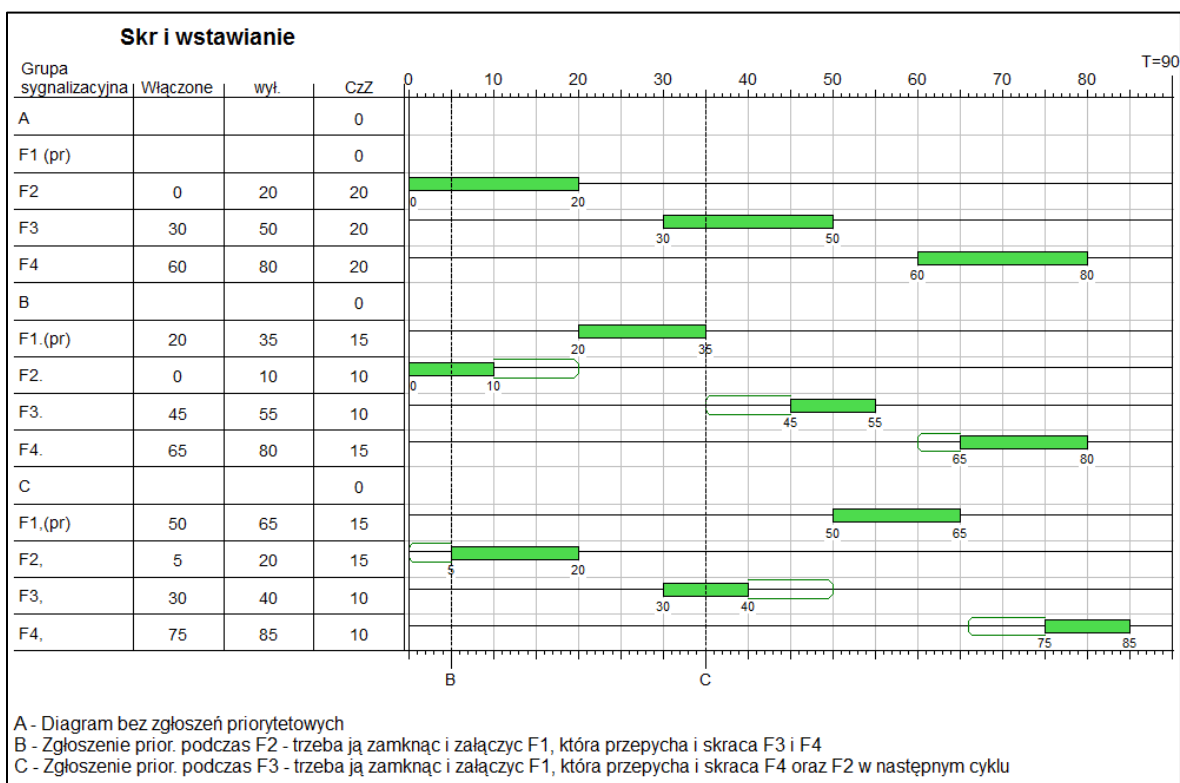
W praktyce ciężko połączyć maksymalną możliwą prędkość przejazdu z dużą punktualnością, ponieważ na trasie często pojawiają się jakieś przeszkody generujące opóźnienie. Podmiot zarządzający transportem powinien zatem zastanowić się, która ze strategii będzie bardziej odpowiednia.

Jednym z kluczowych parametrów funkcjonowania komunikacji zbiorowej jest punktualność. Brak punktualności wymaga bowiem wcześniejszego pojawienia się na przystanku i/lub dłuższego oczekiwania na tramwaj. W skrajnym przypadku pasażerowie dochodzą do wniosku, że „dla bezpieczeństwa” lepiej pojechać wcześniejszym kursem. W efekcie straty czasu związane

z oczekiwaniem na przystanku i wcześniejszą podróżą są większe niż opóźnienia wynikające z założonych rozkładowych prędkości przejazdu, nieco niższych od maksymalnych.

3.2. Działanie priorytetów aktywnych

Priorytet silny (stopień 2) oznacza, że sterownik sygnalizacji powinien jak najszybciej przepuścić tramwaj przez skrzyżowanie, niezależnie od tego, jakie straty spowoduje to dla pojazdów komunikacji indywidualnej. W tym celu maksymalnie skraca aktualnie załączoną fazę kolizyjną, a następnie łączy dedykowaną fazę priorytetową dla tramwajów (Rys. 8).

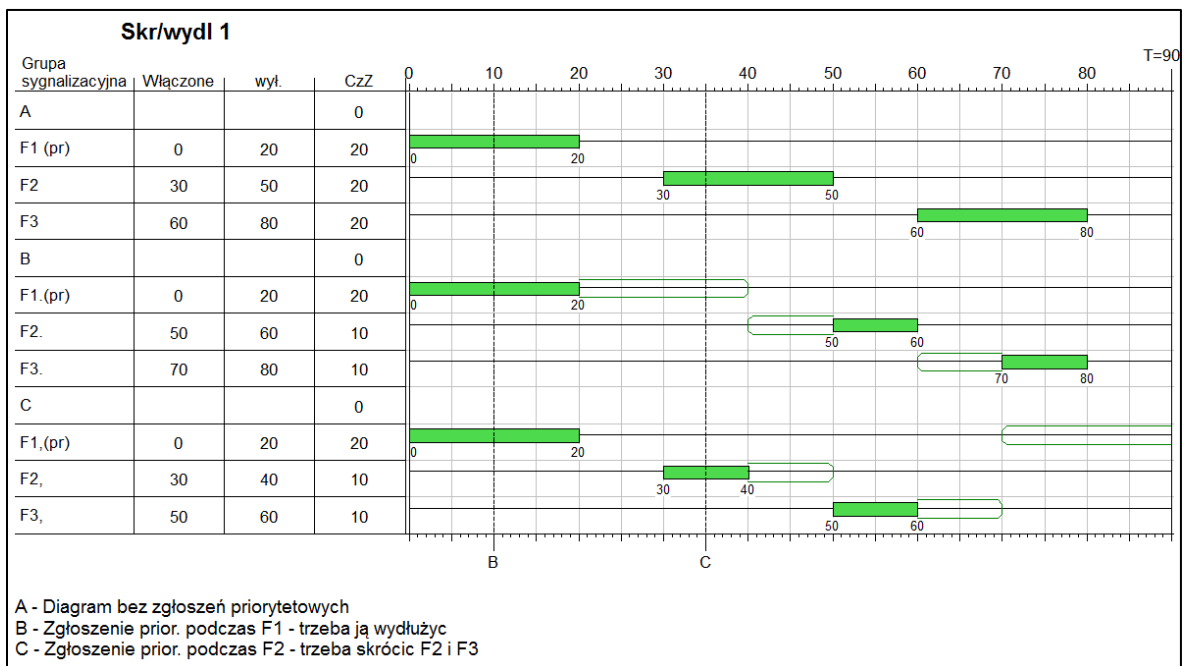


Rys. 8. Realizacja silnego priorytetu w programie sygnalizacji

Na powyższym rysunku widać, że niezależnie od tego, czy tramwaj zgłosi się podczas trwania fazy F2 (układ B), czy w trakcie fazy F3 (układ C), sterownik dąży do jak najszybszego wyłączenia fazy kolizyjnej i załączenia fazy priorytetowej F1.

W przypadku priorytetu słabego (stopień 1) można wykorzystać dwie techniki ograniczenia siły jego działania.

Pierwsza polega na przygotowaniu algorytmu, który nie przewiduje wstawiania dodatkowych faz priorytetowych do programu, a jedynie koryguje czasy maksymalne dla poszczególnych faz standardowych. Sposób realizacji tej techniki przedstawiono na Rys. 9.



Rys. 9. Realizacja słabego priorytetu w programie sygnalizacji, poprzez korektę czasów załączenia poszczególnych faz

Wynika z niego, że możliwe są dwa scenariusze pojawienia się zgłoszenia priorytetowego w trakcie działania programu. Pierwszy przypadek (układ B na Rys. 9) zakłada, że zgłoszenie pojawiło się w trakcie fazy, podczas której tramwaj może przejechać przez skrzyżowanie (F1). Obecność tramwaju sprawiła, że faza ta stała się priorytetową. W związku z tym może ona zostać dodatkowo przedłużona, tak aby tramwaj zdążył przejechać przez skrzyżowanie podczas trwania sygnału zielonego.

Drugi scenariusz (układ C na Rys. 9), zakłada, że zgłoszenie od tramwaju pojawiło się w trakcie fazy kolizyjnej F2. W takim przypadku fazy kolizyjne do fazy priorytetowej zostają skrócone, aby przyspieszyć moment załączenia fazy priorytetowej, w której załączony zostaje sygnał zezwalający na ruch dla tramwaju.

Druga technika zmniejszenia siły priorytetu dopuszcza użycie specjalnych faz priorytetowych, tak jak w przypadku priorytetu silnego, ale nakłada ograniczenia na częstotliwość ich załączania. Za blokadę fazy kolizyjnej odpowiada dodatkowy parametr w programie, który określi czas, jaki musi upłynąć od zakończenia jednej fazy priorytetowej do momentu załączenia kolejnej.

Porównanie stopni priorytetów przedstawia Tab.2.

Tab.2. Rodzaje priorytetów

Priorytet silny (stopień 2)	Priorytet słaby (stopień 1)
<ul style="list-style-type: none"> Bardzo wysoka efektywność sterowania Trudna implementacja w programach, szczególnie gdy pracują one ze stałym cyklem (w koordynacji) Często brak możliwości zmieszczenia dodatkowej fazy z uwagi na brak miejsca w cyklu – można wtedy spróbować pominąć jedną fazę w aktualnym cyklu i załączyć ją wcześniej w następnym Możliwość utraty koordynacji pomiędzy skrzyżowaniami na skutek zamiany faz miejscami lub skróceniem fazy koordynowanej 	<ul style="list-style-type: none"> Niska efektywność – pozwala skrócić czasy przejazdu PTP przez skrzyżowanie o kilka do kilkunastu procent Łatwa implementacja we wszystkich typach programów (acykliczne, cykliczne, koordynowane) Dobre rozwiązanie dla skrzyżowań, na których poruszają się PTP w różnych relacjach i są sterowane tymi samymi grupami co pojazdy prywatne (nie wymaga specjalnych faz prior.) Łatwe do zaimplementowania w programach koordynowanych

Jednym z kluczowych aspektów decydujących o efektywności aktywnego priorytetu jest możliwe wczesne wykrycie pojazdu wymagającego uprzywilejowania w celu ograniczenia jego strat czasu wynikających z dostosowania się sygnałów świetlnych do żądania. Pierwszy czujnik (pierwsze zgłoszenie) może zostać zlokalizowany w odległości od linii zatrzymania równej wynikowi poniższego wzoru⁸ (1):

$$L_1 = V_{proj} * \left[\max(T_{MZ_{ij}} + T_{minziel_i}) + T_h + T_r \right] \quad (1)$$

gdzie

- L_1 – odległość pierwszego czujnika od linii zatrzymania [m],
- i – dowolna grupa kolizyjna z sygnałem objętym priorytetem,
- j – grupa objęta priorytetem,
- V_{proj} – prędkość projektowa przy zbliżaniu się do skrzyżowania [m/s],
- $T_{MZ_{ij}}$ – czas międzydzielony między grupą sygnalizacyjną i oraz grupą objętym priorytetem j [s]
- $T_{minziel_i}$ – minimalna długość sygnału zezwalającego na ruch w grupie kolizyjnej i względem grupy objętej priorytetem j
- T_h – czas hamowania z prędkości projektowej do zera [s]

Do wykrywania tramwajów stosuje się najczęściej dwa rodzaje systemu detekcji.

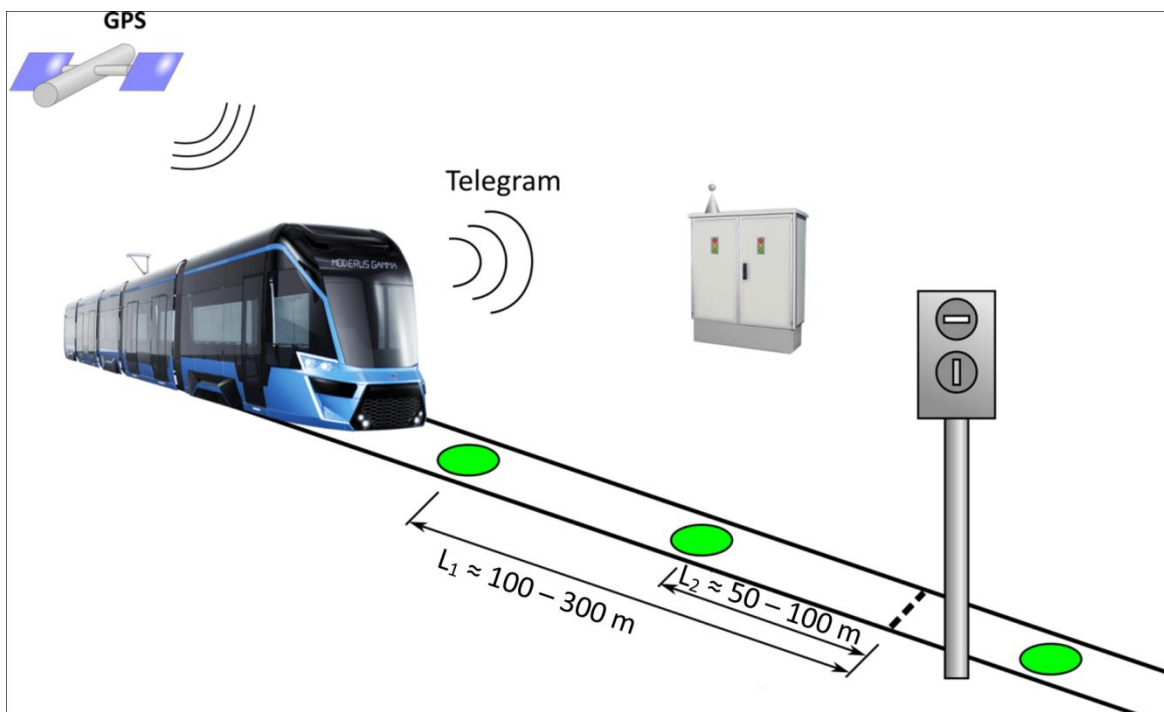
Najbardziej popularny jest system oparty o pętle indukcyjne. Sprawdza się on dobrze w przypadku wykrywania samochodów. Posiada jednak pewne wady, które ograniczają jego przydatność do wykrywania tramwajów. Efektywny priorytet wymaga wykrycia tramwaju często nawet 300 metrów przed skrzyżowaniem. W przypadku pętli indukcyjnej istnieje więc potrzeba poprowadzenia bardzo długiego kabla od sterownika, który może pogarszać jakość sygnału generowanego przez detektor. Po drugie, pętla indukcyjna daje informacje wyłącznie o obecności

⁸ Kaczmarek M., Rychlewski J.: *Detekcja jako niezbędny element systemu zmiennoczasowej sygnalizacji świetlnej w miastach*

pojazdu w danym miejscu. Niemożliwe jest uzyskanie dodatkowych informacji na jego temat. W związku z tym, detektory indukcyjne zaleca się stosować wyłącznie jako pomocnicze źródło detekcji, pozwalające wykryć tramwaj w przypadku awarii podstawowego systemu, opartego o technologie bardziej zaawansowane jak np. GPS.

Nowoczesne systemy wykrywania pojazdów komunikacji zbiorowej wykorzystują dedykowane komputery pokładowe, wyposażone w odbiorniki GPS i system przekazywania informacji do sterownika i/lub centrum zarządzania ruchem. Odbiornik GPS śledzi na bieżąco pozycję tramwaju i w odpowiednim miejscu wysyła do sterownika zgłoszenie (zapotrzebowanie) na sygnał zielony. Możliwa jest więc niemalże dowolna lokalizacja wirtualnego detektora. Poza tym ramka z danymi przesyłanymi do sterownika czy serwera (tzw. telegram), może zawierać dodatkowe informacje o pojeździe np. o numerze linii, numerze kursu, kierunku poruszania się, czy opóźnieniu. Informacje te mogą zostać wykorzystane przez sterownik w procesie nadawania priorytetu wg opisanych wcześniej strategii. W zależności od wykorzystywanej technologii, telegram może zostać wysłany z pojazdu bezpośrednio do sterownika za pomocą radia krótkiego zasięgu lub na dedykowany serwer, który następnie za pomocą istniejącej sieci miejskiej prześle tę informację do sterownika.

Z uwagi na fakt, że tramwaje jeżdżące na liniach GZM zostały wyposażone w komputery pokładowe z GPS podczas wdrażania systemu ŚKUP, zaleca się wykorzystanie elementów tego systemu do generowania zgłoszeń dla sterowników sygnalizacji. Ideowy schemat działania systemu przedstawiono na Rys. 10.



Rys. 10. Działanie systemu detekcji opartego o GPS

3.3. Wytyczne do wdrażania priorytetów na liniach t6, t7 i t15

Głównym celem analizy przygotowywanej dla GZM jest wskazanie możliwości zwiększenia efektywności transportu tramwajowego za pomocą środków organizacji ruchu i zmiany algorytmów sterowania pracą sygnalizacji. Dla dalszych badań przyjęto następującą strategię działania sygnalizacji:

- Domyślna (oczekiwana) prędkość dla tramwajów pomiędzy przystankami będzie równa maksymalnej prędkości pomierzonej podczas badań przejazdu tramwajów.
- Stopień priorytetu zostanie przypisany statycznie dla każdego skrzyżowania z sygnalizacją. Domyślnym stopniem priorytetu jest stopień wysoki (2). W przypadku gdy stosowanie silnego priorytetu powodować będzie duże straty dla pojazdów lub dojdzie do zablokowania sieci, czyli tzw. „gridlocku”, stopień priorytetu zostanie ograniczony do lekkiego (1) lub wyłączony.
- Domyślnym systemem detekcji dla tramwajów będzie system oparty o telegramy radiowe.
- Do oceny efektywności ruchu pojazdów wykorzystane zostaną parametry: prędkości komunikacyjnej, strat czasu, długości kolejek, itp.
- Ocenie zostaną poddane elementy infrastruktury mogące wpłynąć negatywnie na efektywność ruchu pojazdów.

Omówione w niniejszym dokumencie strategię stanowią podstawę merytoryczną do wprowadzenia uprzywilejowania publicznego transportu zbiorowego w miejscach newralgicznych na trasie, które zostały wyłonione na podstawie badań opisanych w dalszej części opracowania.

4. WYZNACZENIE NEWRALGICZNYCH I MIARODAJNYCH CIĄGÓW KOMUNIKACYJNYCH DO ANALIZ SYMULACYJNYCH

4.1. Cel analizy

Atrakcyjność komunikacji miejskiej rozpatruje się najczęściej na bardzo wielu płaszczyznach, uwzględniając, m.in.: ceny biletów, komfort podróży, częstotliwość kursowania, punktualność, czas podróży, itp. Przedmiotowa analiza ma na celu:

- I. wskazanie newralgicznych pod kątem efektywności fragmentów linii tramwajowych;
- II. wybór tych fragmentów, które najbardziej skorzystają na wprowadzeniu strategii uprzywilejowania tramwajów.

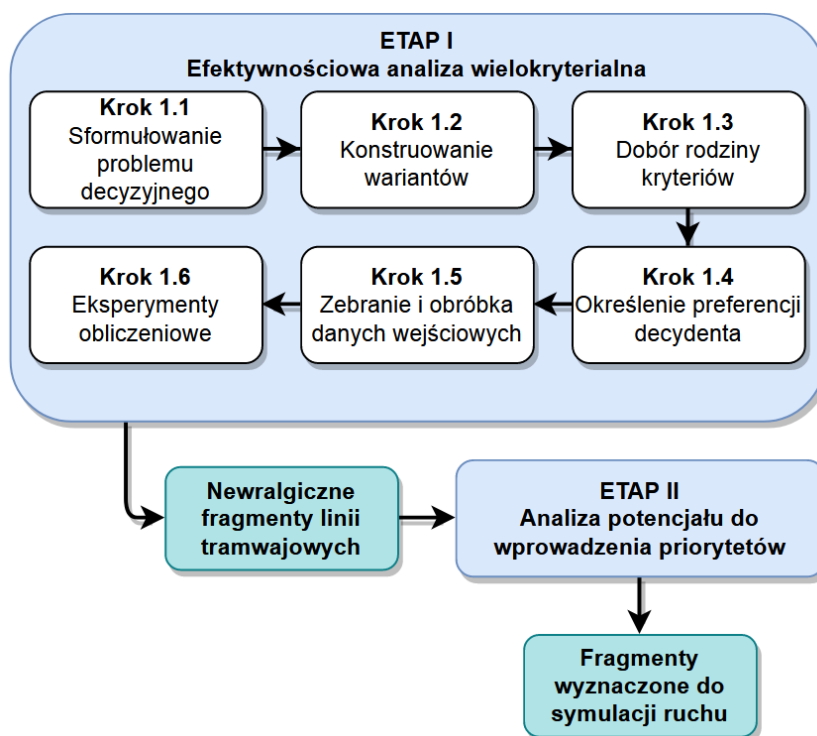
Z tego względu w analizach skupiono się na badaniu parametrów związanych z efektywnością poruszania się tramwajów. Na bazie wyników przedmiotowej analizy, dla wyznaczonych newralgicznych fragmentów przeprowadzona zostanie symulacja ruchu, która pozwoli określić ilościowo efekty wprowadzenia priorytetów dla tramwajów.

4.2. Przyjęta metodyka badań

Ewaluacja poszczególnych odcinków jest zadaniem nieoczywistym, ponieważ każdy z nich można ocenić pod kątem co najmniej kilku różnych kryteriów. Dlatego przyjętą metodykę oparto na strategii wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Ocenę i wybór odcinków do dalszych badań podzielono na 2 etapy:

- 1) efektywnościowa analiza wielokryterialna fragmentów sieci:
 - Krok 1.1 – sformułowanie problemu decyzyjnego,
 - Krok 1.2 – konstruowanie wariantów,
 - Krok 1.3 – dobór rodziny kryteriów,
 - Krok 1.4 – określenie preferencji decydenta,
 - Krok 1.5 – eksperymenty obliczeniowe.
- 2) analiza potencjału do wprowadzenia priorytetów i rekomendacja fragmentów sieci do dalszych prac.

Graficzną reprezentację wykorzystanej metodyki przedstawiono na Rys. 11.



Rys. 11. Metodyka badań

4.2.1. Etap I – efektywnościowa analiza wielokryterialna fragmentów sieci

4.2.1.1. Krok 1.1 - Sformułowanie problemu decyzyjnego

Istotą etapu pierwszego metodyki jest uszeregowanie analizowanych odcinków linii tramwajowych pod względem wybranego zbioru kryteriów.

4.2.1.2. Krok 1.2 – Konstruowanie wariantów

Wspomniane szeregowanie odcinków wymaga konstrukcji zbioru wariantów. Na potrzeby analizy przyjęto, że pojedynczy wariant stanowi dwukierunkowy odcinek pomiędzy kolejnymi przystankami. Zbiory wariantów zostały skonstruowane niezależnie dla każdej z analizowanych linii T6, T7, T15 i przedstawiono je w Tab.3 - Tab.5.

Tab.3. Zbiór wariantów dla linii tramwajowej T6

Wariant	Kierunek 1: Brynów Centrum Przesiadkowe		Kierunek 2: Bytom Szkoła Medyczna	
	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy
W2	Bytom Szkoła Medyczna 2t	Bytom Łużycka 2t	Bytom Łużycka 1t	Bytom Szkoła Medyczna 1t
W3	Bytom Łużycka 2t	Bytom Wallisa 2t	Bytom Wallisa 1t	Bytom Łużycka 1t
W4	Bytom Wallisa 2t	Bytom Kąpielisko 2t	Bytom Kąpielisko 1t	Bytom Wallisa 1t
W5	Bytom Kąpielisko 2t	Bytom Wrocławska 2t	Bytom Wrocławska 1t	Bytom Kąpielisko 1t
W6	Bytom Wrocławska 2t	Bytom Urząd Miasta 2t	Bytom Urząd Miasta 1t	Bytom Wrocławska 1t
W7	Bytom Urząd Miasta 2t	Bytom Batorego 1t	Bytom Sąd 1t	Bytom Urząd Miasta 1t
W8 *	Bytom Batorego 1t	Bytom Plac Sikorskiego 2t	Bytom Plac Sikorskiego 3t	Bytom Sąd 1t
W9	Bytom Plac Sikorskiego 2t	Bytom Głęboka 1t	Bytom Głęboka 2t	Bytom Plac Sikorskiego 3t
W10	Bytom Głęboka 1t	Rozbark Siemianowicka 1t (Bytom)	Rozbark Siemianowicka 2t (Bytom)	Bytom Głęboka 2t
W11	Rozbark Siemianowicka 1t (Bytom)	Bytom Teatr Tańca-Rozbark 1t	Bytom Teatr Tańca-Rozbark 2t	Rozbark Siemianowicka 2t (Bytom)
W12	Bytom Teatr Tańca-Rozbark 1t	Bytom Park Mickiewicza 1t	Bytom Park Mickiewicza 2t	Bytom Teatr Tańca-Rozbark 2t
W13	Bytom Park Mickiewicza 1t	Bytom Arki Bożka 1t	Bytom Arki Bożka 2t	Bytom Park Mickiewicza 2t
W14	Bytom Arki Bożka 1t	Łagiewniki Cmentarz 1t (Bytom)	Łagiewniki Cmentarz 2t (Bytom)	Bytom Arki Bożka 2t
W15	Łagiewniki Cmentarz 1t (Bytom)	Łagiewniki Media-Markt 1t (Bytom)	Łagiewniki Media-Markt 2t (Bytom)	Łagiewniki Cmentarz 2t (Bytom)
W16	Łagiewniki Media-Markt 1t (Bytom)	Łagiewniki Zajezdnia 1t (Bytom)	Łagiewniki Zajezdnia 2t (Bytom)	Łagiewniki Media-Markt 2t (Bytom)
W17	Łagiewniki Zajezdnia 1t (Bytom)	Chorzów Polna 2t	Chorzów Polna 1t	Łagiewniki Zajezdnia 2t (Bytom)
W18	Chorzów Polna 2t	Chorzów Nowa 2t	Chorzów Nowa 1t	Chorzów Polna 1t
W19	Chorzów Nowa 2t	Chorzów Metalowców 2t	Chorzów Metalowców 1t	Chorzów Nowa 1t
W20	Chorzów Metalowców 2t	Chorzów Rynek 2t	Chorzów Rynek 1t	Chorzów Metalowców 1t
W21	Chorzów Rynek 2t	Chorzów Teatr Rozrywki 1t	Chorzów Teatr Rozrywki 2t	Chorzów Rynek 1t
W22	Chorzów Teatr Rozrywki 1t	Chorzów AKS 1t	Chorzów AKS 2t	Chorzów Teatr Rozrywki 2t
W23	Chorzów AKS 1t	Chorzów Stadion Śląski 1t (Katowice)	Chorzów Stadion Śląski 2t (Katowice)	Chorzów AKS 2t
W24	Chorzów Stadion Śląski 1t (Katowice)	Park Śląski Wejście Główne 2t (Katowice)	Park Śląski Wejście Główne 1t (Katowice)	Chorzów Stadion Śląski 2t (Katowice)

W25	Park Śląski Wejście Główne 2t (Katowice)	Park Śląski Ogród Zoologiczny 2t (Katowice)	Park Śląski Ogród Zoologiczny 1t (Katowice)	Park Śląski Wejście Główne 1t (Katowice)
W26	Park Śląski Ogród Zoologiczny 2t (Katowice)	Park Śląski Wesołe Miasteczko 2t (Katowice)	Park Śląski Wesołe Miasteczko 1t (Katowice)	Park Śląski Ogród Zoologiczny 1t (Katowice)
W27	Park Śląski Wesołe Miasteczko 2t (Katowice)	Dąb Kościół 2t (Katowice)	Dąb Kościół 1t (Katowice)	Park Śląski Wesołe Miasteczko 1t (Katowice)
W28	Dąb Kościół 2t (Katowice)	Dąb Silesia City Center 2t (Katowice)	Dąb Silesia City Center 1t (Katowice)	Dąb Kościół 1t (Katowice)
W29	Dąb Silesia City Center 2t (Katowice)	Dąb Huta Baildon 2t (Katowice)	Dąb Huta Baildon 1t (Katowice)	Dąb Silesia City Center 1t (Katowice)
W30	Dąb Huta Baildon 2t (Katowice)	Katowice Stęślickiego 2t	Katowice Stęślickiego 1t	Dąb Huta Baildon 1t (Katowice)
W31	Katowice Stęślickiego 2t	Katowice Sokolska 2t	Katowice Sokolska 1t	Katowice Stęślickiego 1t
W32	Katowice Sokolska 2t	Katowice Rondo 2t	Katowice Rondo 1t	Katowice Sokolska 1t
W33	Katowice Rondo 2t	Katowice Rynek 1t	Katowice Rynek 2t	Katowice Rondo 1t
W34	Katowice Rynek 1t	Katowice Św. Jana 2t	Katowice Św. Jana 1t	Katowice Rynek 2t
W35	Katowice Św. Jana 2t	Katowice Plac Miarki 1t	Katowice Plac Miarki 2t	Katowice Św. Jana 1t
W36	Katowice Plac Miarki 1t	Katowice Jordana 2t	Katowice Jordana 1t	Katowice Plac Miarki 2t
W37	Katowice Jordana 2t	Katowice Stadion AWF 2t	Katowice Stadion AWF 1t	Katowice Jordana 1t
W38	Katowice Stadion AWF 2t	Katowice Kościuszki Szpital 1t	Katowice Kościuszki Szpital 2t	Katowice Stadion AWF 1t
W39	Katowice Kościuszki Szpital 1t	Katowice Kościuszki Basen 1t	Katowice Kościuszki Basen 2t	Katowice Kościuszki Szpital 2t
W40	Katowice Kościuszki Basen 1t	Brynów Zgrzebnioła 1t (Katowice)	Brynów Zgrzebnioła 2t (Katowice)	Katowice Kościuszki Basen 2t
W41	Brynów Zgrzebnioła 1t (Katowice)	Brynów Gawronów 1t (Katowice)	Brynów Gawronów 2t (Katowice)	Brynów Zgrzebnioła 2t (Katowice)
W42	Brynów Gawronów 1t (Katowice)	Brynów Drozdów 1t (Katowice)	Brynów Drozdów 2t (Katowice)	Brynów Gawronów 2t (Katowice)
W43	Brynów Drozdów 1t (Katowice)	Brynów Słowików 1t (Katowice)	Brynów Słowików 2t (Katowice)	Brynów Drozdów 2t (Katowice)
W44	Brynów Słowików 1t (Katowice)	Brynów Centrum Przesiadkowe 2t (Katowice)	Brynów Centrum Przesiadkowe 1t (Katowice)	Brynów Słowików 2t (Katowice)

* Wariant W8 przez wzgląd na niesymetryczność liczby przystanków dla kierunku 1. składa się z dwóch odcinków międzyprzystankowych: Bytom Batorego 1t – Bytom Moniuszki 1t oraz Bytom Moniuszki 1t – Bytom Plac Sikorskiego 2t.

Tab.4. Zbiór wariantów dla linii tramwajowej T7

Wariant	Kierunek 1: Zawodzie Centrum Przesiadkowe		Kierunek 2: Bytom Plac Sikorskiego	
	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy
W1	Bytom Plac Sikorskiego 1t	Bytom Jagiellońska 1t	Bytom Jagiellońska 2t	Bytom Plac Sikorskiego 1t
W2	Bytom Jagiellońska 1t	Bytom Łagiewnicka 1t	Bytom Łagiewnicka 2t	Bytom Jagiellońska 2t
W3	Bytom Łagiewnicka 1t	Bytom Urząd Pracy 1t	Bytom Urząd Pracy 2t	Bytom Łagiewnicka 2t
W4	Bytom Urząd Pracy 1t	Łagiewniki Gojny [nż] 1t (Bytom)	Łagiewniki Gojny [nż] 2t (Bytom)	Bytom Urząd Pracy 2t
W5	Łagiewniki Gojny [nż] 1t (Bytom)	Łagiewniki Szyby Rycerskie [nż] 1t (Bytom)	Łagiewniki Szyby Rycerskie [nż] 2t (Bytom)	Łagiewniki Gojny [nż] 2t (Bytom)
W6	Łagiewniki Szyby Rycerskie [nż] 1t (Bytom)	Łagiewniki Krzyżowa 1t (Bytom)	Łagiewniki Krzyżowa 2t (Bytom)	Łagiewniki Szyby Rycerskie [nż] 2t (Bytom)
W7	Łagiewniki Krzyżowa 1t (Bytom)	Łagiewniki Fabryczna 1t (Bytom)	Łagiewniki Fabryczna 2t (Bytom)	Łagiewniki Krzyżowa 2t (Bytom)
W8	Łagiewniki Fabryczna 1t (Bytom)	Łagiewniki Targowisko 1t (Bytom)	Łagiewniki Targowisko 2t (Bytom)	Łagiewniki Fabryczna 2t (Bytom)
W9	Łagiewniki Targowisko 1t (Bytom)	Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu 2t (Świętochłowice)	Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu 1t (Świętochłowice)	Łagiewniki Targowisko 2t (Bytom)
W10	Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu 2t (Świętochłowice)	Piaśniki Skrzyżowanie 4t (Świętochłowice)	Piaśniki Skrzyżowanie 3t (Świętochłowice)	Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu 1t (Świętochłowice)
W11	Piaśniki Skrzyżowanie 4t (Świętochłowice)	Piaśniki Osiedle Skałka 2t (Świętochłowice)	Piaśniki Osiedle Skałka 1t (Świętochłowice)	Piaśniki Skrzyżowanie 3t (Świętochłowice)
W12	Piaśniki Osiedle Skałka 2t (Świętochłowice)	Świętochłowice Polna 2t	Świętochłowice Polna 1t	Piaśniki Osiedle Skałka 1t (Świętochłowice)
W13	Świętochłowice Polna 2t	Świętochłowice Kościół 2	Świętochłowice Kościół 1	Świętochłowice Polna 1t
W14	Świętochłowice Kościół 2	Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich 2t	Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich 1t	Świętochłowice Kościół 1
W15	Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich 2t	Świętochłowice Mijanka 2t	Świętochłowice Mijanka 1t	Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich 1t
W16	Świętochłowice Mijanka 2t	Świętochłowice Gazownia 1t	Świętochłowice Gazownia 2t	Świętochłowice Mijanka 1t
W17	Świętochłowice Gazownia 1t	Chorzów Batory Hotel 1t	Chorzów Batory Hotel 2t	Świętochłowice Gazownia 2t
W18	Chorzów Batory Hotel 1t	Chorzów Batory Dworzec PKP 1t	Chorzów Batory Dworzec PKP 2t	Chorzów Batory Hotel 2t
W19	Chorzów Batory Dworzec PKP 1t	Chorzów Batory Piekarska 1t	Chorzów Batory Piekarska 2t	Chorzów Batory Dworzec PKP 2t
W20	Chorzów Batory Piekarska 1t	Chorzów Batory Zajezdnia 1t	Chorzów Batory Zajezdnia 2t	Chorzów Batory Piekarska 2t
W21	Chorzów Batory Zajezdnia 1t	Załęże Szkoła 2t (Katowice)	Załęże Szkoła 1t (Katowice)	Chorzów Batory Zajezdnia 2t
W22	Załęże Szkoła 2t (Katowice)	Załęże Dom Kultury 2t (Katowice)	Załęże Dom Kultury 1t (Katowice)	Załęże Szkoła 1t (Katowice)
W23	Załęże Dom Kultury 2t (Katowice)	Załęże Wiśniowa 2t (Katowice)	Załęże Wiśniowa 1t (Katowice)	Załęże Dom Kultury 1t (Katowice)

W24	Załęże Wiśniowa 2t (Katowice)	Załęże Dwór 2t (Katowice)	Załęże Dwór 1t (Katowice)	Załęże Wiśniowa 1t (Katowice)
W25	Załęże Dwór 2t (Katowice)	Załęże Janasa 2t (Katowice)	Załęże Janasa 1t (Katowice)	Załęże Dwór 1t (Katowice)
W26	Załęże Janasa 2t (Katowice)	Załęże Kościół 2t (Katowice)	Załęże Kościół 1t (Katowice)	Załęże Janasa 1t (Katowice)
W27	Załęże Kościół 2t (Katowice)	Załęże Pośpiecha 2t (Katowice)	Załęże Pośpiecha 1t (Katowice)	Załęże Kościół 1t (Katowice)
W28 *	Załęże Pośpiecha 2t (Katowice)	Katowice Sobieskiego 1t	Katowice Sobieskiego 2t	Załęże Pośpiecha 1t (Katowice)
W29 **	Katowice Sobieskiego 1t	Katowice Dworzec PKP 2t	Katowice Dworzec PKP 1t	Katowice Sobieskiego 2t
W30	Katowice Dworzec PKP 2t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 3t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 4t	Katowice Dworzec PKP 1t
W31	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 3t	Katowice Damrota 1t	Katowice Damrota 2t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 4t
W32	Katowice Damrota 1t	Katowice Graniczna 1t	Katowice Graniczna 2t	Katowice Damrota 2t
W33	Katowice Graniczna 1t	Zawodzie Paderewskiego 1t (Katowice)	Zawodzie Paderewskiego 2t (Katowice)	Katowice Graniczna 2t
W34	Zawodzie Paderewskiego 1t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 1t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 2t (Katowice)	Zawodzie Paderewskiego 2t (Katowice)
W35	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 1t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 1t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 2t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 2t (Katowice)
W36	Zawodzie Ośrodek Sportowy 1t (Katowice)	Zawodzie łączna 1t (Katowice)	Zawodzie łączna 2t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 2t (Katowice)
W37	Zawodzie łączna 1t (Katowice)	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 1t (Katowice)	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 2t (Katowice)	Zawodzie łączna 2t (Katowice)

* Wariant W28 przez wzgląd na niesymetryczność liczby przystanków dla kierunku 2. składa się z dwóch odcinków międzyprzystankowych: Katowice Sobieskiego 2t – Katowice Dąbrówki oraz Katowice Dąbrówki – Załęże Pośpiecha 1t (Katowice).

** Wariant W29 przez wzgląd na niesymetryczność liczby przystanków dla kierunku 2. składa się z dwóch odcinków międzyprzystankowych: Katowice Dworzec PKP 1t – Katowice Plac Wolności oraz Katowice Plac Wolności – Katowice Sobieskiego 2t.

Tab.5. Zbiór wariantów dla linii tramwajowej T15

Wariant	Kierunek 1: Zagórze Pętla (Sosnowiec)		Kierunek 2: Katowice Plac Wolności	
	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy	Przystanek początkowy	Przystanek końcowy
W1	Katowice Plac Wolności 1t	Katowice Dworzec PKP 2t	Katowice Dworzec PKP 1t	Katowice Plac Wolności 1t
W2	Katowice Dworzec PKP 2t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 3t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 4t	Katowice Dworzec PKP 1t
W3	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 3t	Katowice Damrota 1t	Katowice Damrota 2t	Katowice Rynek /Teatr Śl./ 4t
W4	Katowice Damrota 1t	Katowice Graniczna 1t	Katowice Graniczna 2t	Katowice Damrota 2t
W5	Katowice Graniczna 1t	Zawodzie Paderewskiego 1t (Katowice)	Zawodzie Paderewskiego 2t (Katowice)	Katowice Graniczna 2t
W6	Zawodzie Paderewskiego 1t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 1t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 2t (Katowice)	Zawodzie Paderewskiego 2t (Katowice)
W7	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 1t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 1t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 2t (Katowice)	Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny 2t (Katowice)
W8	Zawodzie Ośrodek Sportowy 1t (Katowice)	Zawodzie łączna 1t (Katowice)	Zawodzie łączna 2t (Katowice)	Zawodzie Ośrodek Sportowy 2t (Katowice)
W9	Zawodzie łączna 1t (Katowice)	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 1t (Katowice)	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 2t (Katowice)	Zawodzie łączna 2t (Katowice)
W10	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 1t (Katowice)	Zawodzie Zajezdnia 1t (Katowice)	Zawodzie Zajezdnia 2t (Katowice)	Zawodzie Centrum Przesiadkowe 2t (Katowice)
W11	Zawodzie Zajezdnia 1t (Katowice)	Szopienice Roździeńska 1t (Katowice)	Szopienice Roździeńska 2t (Katowice)	Zawodzie Zajezdnia 2t (Katowice)
W12	Szopienice Roździeńska 1t (Katowice)	Szopienice Wodociągi 1t (Katowice)	Szopienice Wodociągi 2t (Katowice)	Szopienice Roździeńska 2t (Katowice)
W13	Szopienice Wodociągi 1t (Katowice)	Burowiec 1t (Katowice)	Burowiec 2t (Katowice)	Szopienice Wodociągi 2t (Katowice)
W14	Burowiec 1t (Katowice)	Szopienice Poczta 1t (Katowice)	Szopienice Poczta 2t (Katowice)	Burowiec 2t (Katowice)
W15	Szopienice Poczta 1t (Katowice)	Szopienice Kościół 1t (Katowice)	Szopienice Kościół 2t (Katowice)	Szopienice Poczta 2t (Katowice)
W16	Szopienice Kościół 1t (Katowice)	Szopienice Dwór 1t (Katowice)	Szopienice Dwór 2t (Katowice)	Szopienice Kościół 2t (Katowice)
W17	Szopienice Dwór 1t (Katowice)	Szopienice Morawa 1t (Katowice)	Szopienice Morawa 2t (Katowice)	Szopienice Dwór 2t (Katowice)
W18	Szopienice Morawa 1t (Katowice)	Szopienice Stawiki 1t (Katowice)	Szopienice Stawiki 2t (Katowice)	Szopienice Morawa 2t (Katowice)
W19	Szopienice Stawiki 1t (Katowice)	Sosnowiec Brynica 2t	Sosnowiec Brynica 1t	Szopienice Stawiki 2t (Katowice)
W20	Sosnowiec Brynica 2t	Sosnowiec Sobieskiego 2t	Sosnowiec Sobieskiego 1t	Sosnowiec Brynica 1t
W21	Sosnowiec Sobieskiego 2t	Sosnowiec Dworzec PKP 1t	Sosnowiec Dworzec PKP 2t	Sosnowiec Sobieskiego 1t
W22	Sosnowiec Dworzec PKP 1t	Sosnowiec Estakada 1t	Sosnowiec Estakada 2t	Sosnowiec Dworzec PKP 2t
W23	Sosnowiec Estakada 1t	Sielec Park 1t (Sosnowiec)	Sielec Park 2t (Sosnowiec)	Sosnowiec Estakada 2t

W24	Sielec Park 1t (Sosnowiec)	Sielec Kąpielisko 1t (Sosnowiec)	Sielec Kąpielisko 2t (Sosnowiec)	Sielec Park 2t (Sosnowiec)
W25	Sielec Kąpielisko 1t (Sosnowiec)	Sielec Osiedle Zamkowa 3t (Sosnowiec)	Sielec Osiedle Zamkowa 4t (Sosnowiec)	Sielec Kąpielisko 2t (Sosnowiec)
W26	Sielec Osiedle Zamkowa 3t (Sosnowiec)	Środula Osiedle 1t (Sosnowiec)	Środula Osiedle 2t (Sosnowiec)	Sielec Osiedle Zamkowa 4t (Sosnowiec)
W27	Środula Osiedle 1t (Sosnowiec)	Zagórze Małe 1t (Sosnowiec)	Zagórze Małe 2t (Sosnowiec)	Środula Osiedle 2t (Sosnowiec)
W28	Zagórze Małe 1t (Sosnowiec)	Zagórze Pętla 2t (Sosnowiec)	Zagórze Pętla 1t (Sosnowiec)	Zagórze Małe 2t (Sosnowiec)

4.2.1.3. Krok 1.3 – Dobór rodziny kryteriów

W następnym kroku dobrano odpowiednie kryteria oceny poszczególnych wariantów. Wyboru dokonano na podstawie analizy danych otrzymanych od Zamawiającego oraz pochodzących z badań terenowych. Ostatecznie wyselekcjonowano rodzinę sześciu kryteriów:

- **Kryterium 1 – K1 (2)** – średnia prędkość techniczna na odcinku międzyprzystankowym dla kierunku 1 [km/h]. Stanowi iloraz odległości między przystankami (początkowym a końcowym) i czasu jaki upłynął od momentu zameldowania w strefie przystanku początkowego do zameldowania się w strefie przystanku końcowego, odpowiednio skróconego o średni czas przebywania tramwaju na przystanku początkowym. Jest to kryterium minimalizowane.
- **Kryterium 2 – K2 (2)** – średnia prędkość techniczna na odcinku międzyprzystankowym dla kierunku 2 [km/h]. Stanowi iloraz odległości między przystankami (początkowym a końcowym) i czasu jaki upłynął od momentu zameldowania w strefie przystanku początkowego do zameldowania się w strefie przystanku końcowego, odpowiednio skróconego o średni czas przebywania tramwaju na przystanku początkowym. Jest to kryterium minimalizowane.

$$\bar{v} = \frac{\text{odległość między przystankami}}{t_{przej.} - t_{wym.pas.}} \quad (2)$$

- **Kryterium 3 – K3** – średni przyrost opóźnienia względem harmonogramu na przystanku końcowym badanego odcinka dla kierunku 1 [min]. Kryterium to jest maksymalizowane.
- **Kryterium 4 – K4** – średni przyrost opóźnienia względem harmonogramu na przystanku końcowym badanego odcinka dla kierunku 2 [min]. Kryterium to jest maksymalizowane.
- **Kryterium 5 – K5** – Średnie straty czasu tramwaju na badanym odcinku, spowodowane działaniem sygnalizacji świetlnej dla kierunku 1 [s]. Kryterium to jest maksymalizowane.
- **Kryterium 6 – K6** – Średnie straty czasu tramwaju na badanym odcinku, spowodowane działaniem sygnalizacji świetlnej dla kierunku 2 [s]. Kryterium to jest maksymalizowane.

4.2.1.4. Krok 1.4 – Określenie preferencji decydenta

Metoda szeregowania wariantów Electre III użyta do przedstawionego problemu wykorzystuje model preferencji decydenta oparty na relacji przewyższania. Oznacza to, że między każdą parą porównywanych ze sobą wariantów zachodzi jedna z następujących relacji⁹:

- nierozróżnialności/równoważności ($a I b$),
- słabej preferencji ($a Q b$),
- silnej preferencji ($a P b$),
- nieporównywalności ($a R b$).

W celu określenia relacji zachodzących pomiędzy wariantami odcinków linii tramwajowych, skonstruowano model preferencji, zdefiniowany przy pomocy wartości progów: równoważności q , preferencji p i weta v , a także wag w dla każdego z badanych kryteriów K1-K6. Na podstawie opinii zespołu projektowego zaproponowano ostateczne wartości wspomnianych parametrów, które przedstawiono w poniższej tabeli.

Tab.6. Model preferencji

Model preferencji						
Kryterium	K1	K2	K3	K4	K5	K6
Waga	0,22	0,22	0,11	0,11	0,17	0,17
próg równoważności q	1,50	1,50	0,13	0,13	14,80	14,80
próg preferencji p	3,20	3,20	0,20	0,20	38,77	38,77
próg weta v	100,00	100,00	2,00	2,00	103,94	103,94
Kierunek preferencji	minimalizacja		maksymalizacja			

4.2.1.5. Krok 1.5 – Zebranie i obróbka danych wejściowych

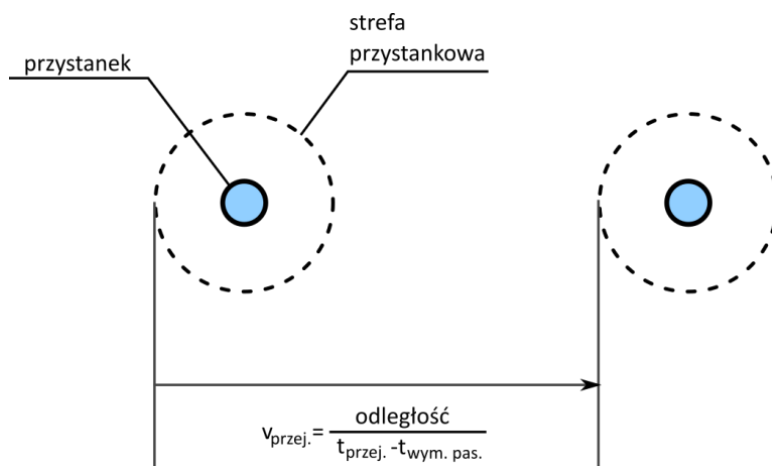
Do badania ruchu tramwajów na liniach T6, T7 i T15 wykorzystano kilka źródeł danych.

Pierwszym źródłem informacji nt. efektywności poruszania się tramwajów były dane pozyskane od Zamawiającego z hurtowni danych ŚKUP. Na ich podstawie wyznaczono rozkłady prędkości technicznej tramwajów oraz przyrostu opóźnienia na poszczególnych odcinkach. Dane te po odpowiedniej obróbce, przez wzgląd na bardzo dużą liczebność próby, posłużyły jako podstawowe zmienne decyzyjne w metodyce.

Do analizy wykorzystano dane z lutego, maja i czerwca 2021r. łącznie przeanalizowano ok. 0.5 mln. rekordów dla każdej z badanych linii, co przełożyło się na kilka tysięcy miarodajnych pełnych przejazdów między każdą parą przystanków. Tak dużą liczbę danych uznano za reprezentatywną wielkość próby, wystarczającą do osiągnięcia założonych celów.

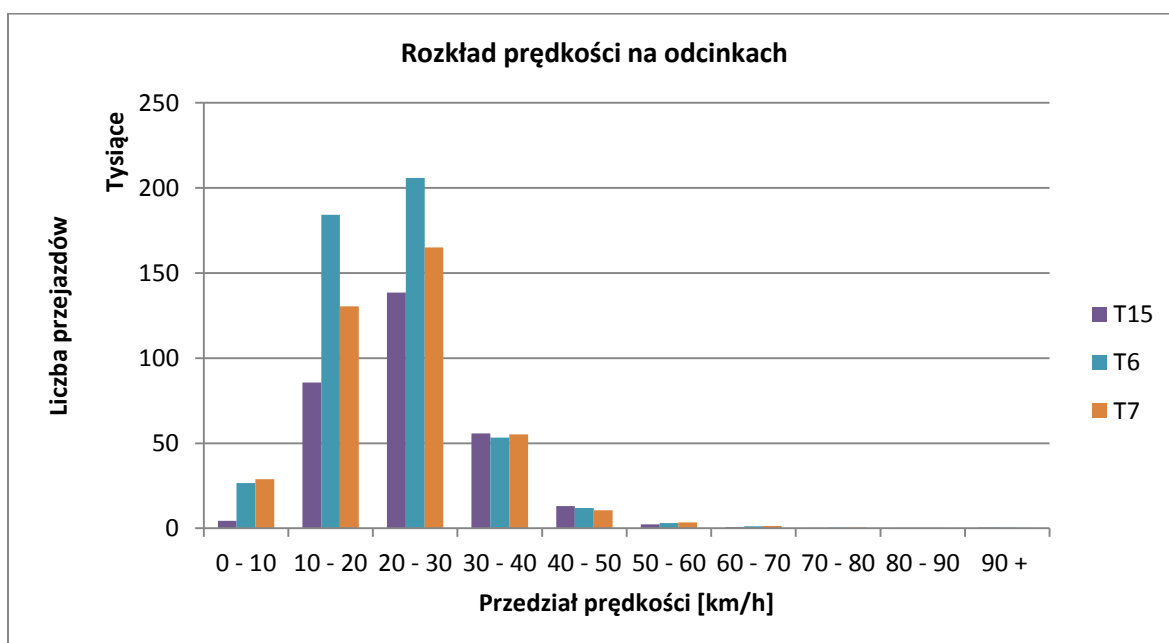
⁹ Wiedemann R., Sawicka H.: *The Redesign Methodology of a Transportation Network*. Decision Support Methods in Modern Transportation Systems and Networks, 1-22, 2021.

Do obliczenia prędkości wykorzystano dane GPS (położenie, czas), zapisywane przez komputer pokładowy w momencie wjazdu tramwaju w strefę przystankową, zdefiniowaną jako okrąg o promieniu 50m wokół przystanku. Informacje o czasie logowania do strefy oraz o odległości pomiędzy przystankami umożliwiły wyznaczenie prędkości technicznej dla wszystkich odcinków pomiarowych. Przy obliczaniu prędkości technicznej nie brano pod uwagę czasu postoju na przystanku potrzebnego na wymianę pasażerską ($t_{wym. pas.}$), dzięki czemu jest ona bardziej skorelowana z występującymi utrudnieniami na drodze, tzn. im więcej utrudnień tym prędkość tramwaju jest mniejsza. Przyjętą zasadę przedstawiono na Rys. 12.



Rys. 12. Obliczanie prędkości przejazdu pomiędzy przystankami

Analiza statystyczna dużej liczby danych pozwoliła na wyeliminowanie wielu błędów pomiarowych. Zwiększono tym samym dokładność wyników. Rozkłady wartości prędkości dla surowych danych przedstawiono na Rys. 13.



Rys. 13. Rozkład prędkości w surowych danych dla linii T6, T7 i T15

Z powyższego rysunku wynika, że ok. 90% próbek mieści się w przedziale od 10-40 km/h.
W kolejnym kroku przeprowadzono proces obróbki danych wg. następującego algorytmu:

- 1) Odrzucenie tzw. grubych błędów, czyli wartości prędkości z poza przedziału (0, 100) km/h.
- 2) Obliczenie kwantyli prędkości $k_{v0.1}$ i $k_{v0.9}$.

Kwantyl $k_{v0.9}$ oznacza prędkość, którą przekroczyło tylko 10% badanych tramwajów. Wartość tę przyjęto jako **prędkość normatywną** dla danego odcinka tzn. najwyższą prędkość z jaką są w stanie poruszać się tramwaje na danym odcinku. Duży rozrzut (różnica) pomiędzy tą wartością, a wartością średnią dla danego odcinka oznacza, że część tramwajów porusza się na nim wolniej, a część szybciej. Sugeruje to występowanie przeszkód na drodze, które wprowadzają zmienne, losowe straty czasu, np. sygnalizacja świetlna, piesi na torach itp. Z kolei mały rozrzut pomiędzy prędkością normatywną i średnią świadczy o tym, że większość tramwajów przejeżdża dany odcinek z podobną prędkością. Może to świadczyć o tym, że nie występują na nim przeszkody wprowadzające dodatkowe opóźnienia lub występują przeszkody, które przyczyniają się do powstania stałych, powtarzalnych strat czasu. Kwantyl $k_{v0.1}$ pozwolił odrzucić 10% najwolniejszych przejazdów, które mogły być spowodowane np. jakąś awarią składu, trakcji lub zdarzeniem drogowym blokującym ruch na dłuższy czas.

Dane z hurtowni ŚKUP zawierają również informacje o odchyleniu czasowym względem planowanego rozkładu jazdy. Podczas analizy sprawdzono, na których odcinkach wartość opóźnienia najbardziej przyrasta. Podobnie jak w przypadku prędkości, tu również wyznaczono graniczne kwantyle ($k_{0.001}$ i $k_{0.999}$), pozwalające odrzucić błędne odczyty. Po odrzuceniu 2% skrajnych wyników, wartości średnie mieszczą się w przedziale od -2 min (przyspieszenie) do +2 min (opóźnienie).

Badania terenowe, obejmujące pomiary opóźnień na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych stanowiły kolejne, uzupełniające źródło informacji. Poza samą wartością opóźnienia, badano również przyczyny ich powstawania. Jednymi z najistotniejszych informacji były dane zebrane na temat strat czasu generowanych przez sygnalizacje świetlne. Dlatego do weryfikacji tych danych wykorzystano również filmy z kamer pokładowych zamontowanych w tramwajach. Badania strat czasu wykonano w dn. 22 i 28 lipca 2021r. na wszystkich przedmiotowych liniach. Zrealizowano je przy pomocy odpowiednio przeszkolonych osób. Zadaniem pomiarowych było wypełnienie formularza pomiarowego (Rys. 14) informacjami o przyczynach opóźnień na poszczególnych odcinkach międzyprzystankowych trasy. Zdefiniowano następujące podstawowe, przyczyny opóźnień:

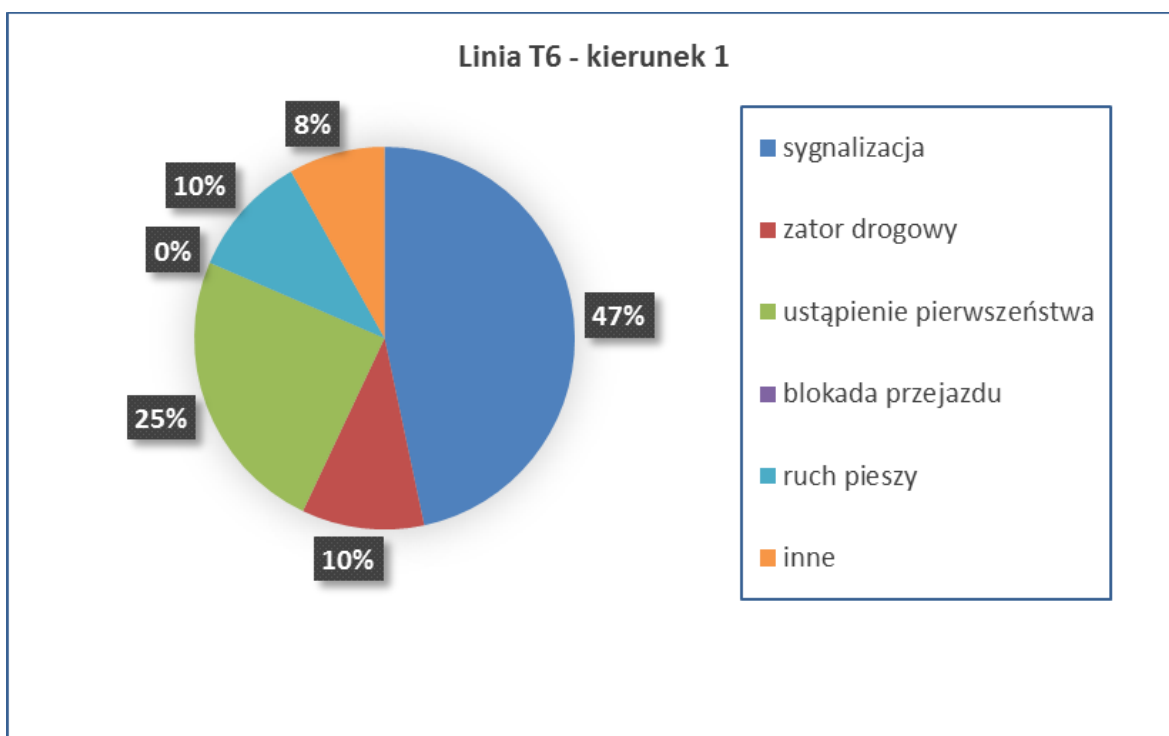
- czas wymiany pasażerskiej na przystanku początkowym – czas, w którym z/do tramwaju wysiadali/wsiadali pasażerowie. Ten parametr jest istotny do określenia opóźnień, ponieważ często postój tramwaju na przystanku nie wynikał z konieczności przeprowadzenia wymiany pasażerskiej, lecz spowodowany był innymi czynnikami.
- sygnalizacja świetlna – postój tramwaju na czerwonym świetle,
- zator drogowy – tramwaj oczekuje w kolejce innych pojazdów,

- ustąpienie pierwszeństwa – niekorzystna organizacja ruchu na skrzyżowaniu, gdzie tramwaj musi udzielić pierwszeństwa innym pojazdom,
- zablokowany przejazd – blokada przejazdu np. przez źle zaparkowany samochód,
- piesi – przepuszczanie pieszych przechodzących przez torowisko w miejscach bez sygnalizacji świetlnej,
- inne przyczyny, na które zwróciły uwagę osoby wypełniające arkusz np. ręczna zmiana zwrotnicy przez motorniczego lub zły stan torowiska.

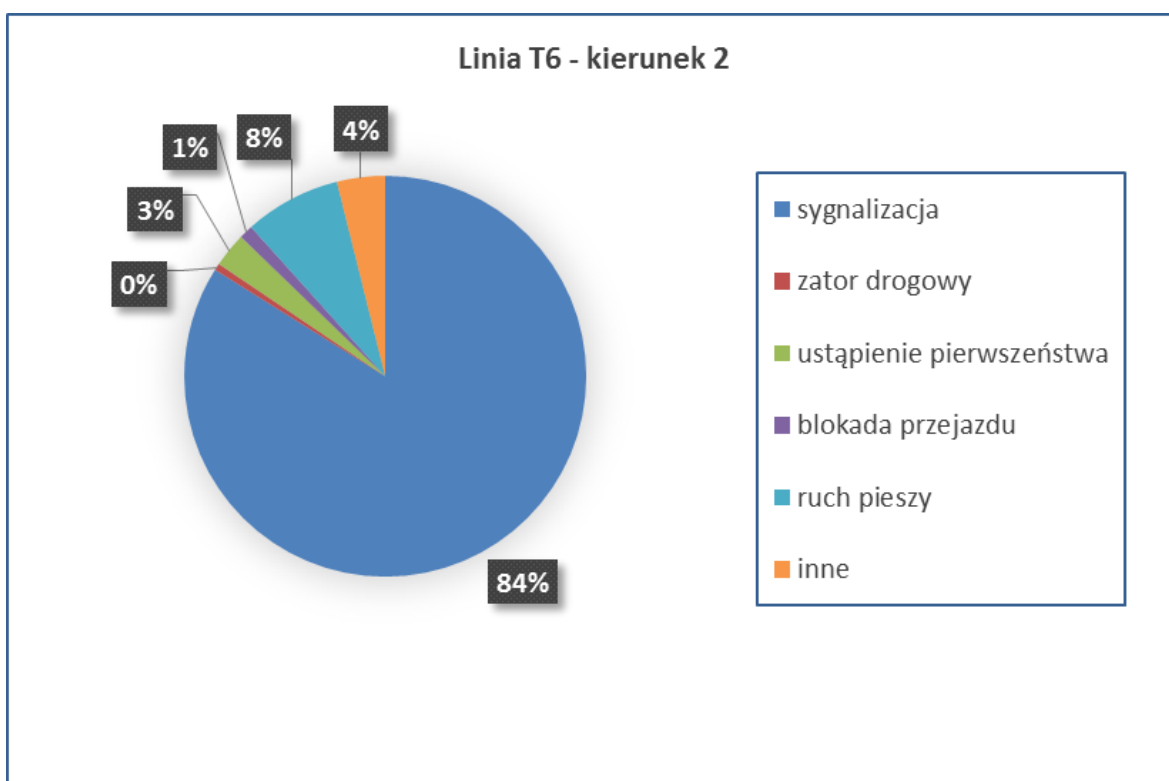
Pomiarowi, poza samą przyczyną zatrzymania, wpisywali również do arkusza wartość opóźnienia z niego wynikającą. Otrzymane wyniki przedstawiono na kolejnych wykresach (Rys. 15 – Rys. 20).

Linia nr:	T6>
Odcinek nr:	1
Przystanek początkowy	Przystanek końcowy
Bytom Szkoła Medyczna	Bytom Łużycka
CZAS WYMIANY PASAŻERSKIEJ NA PRZYSTANKU POCZĄTKOWYM [s]	15
Powód zatrzymania	Orientacyjny czas zatrzymania [s]
SYGNALIZACJA (postój spowodowany czerwonym światłem)	60,15
ZATOR DROGOWY (tramwaj oczekuje w kolejce pojazdów)	5,10
USTĄP PIERWSZEŃSTWA (tramwaj ustępuje pierwszeństwa na skrzyżowaniu bez sygnalizacji)	10
ZABLOKOWANY PRZEJAZD (np. przez parkujący samochód)	
PIESI (przepuszczenie pieszych przechodzących przez torowisko/jezdnię)	3
INNE (podać powód zatrzymania)	

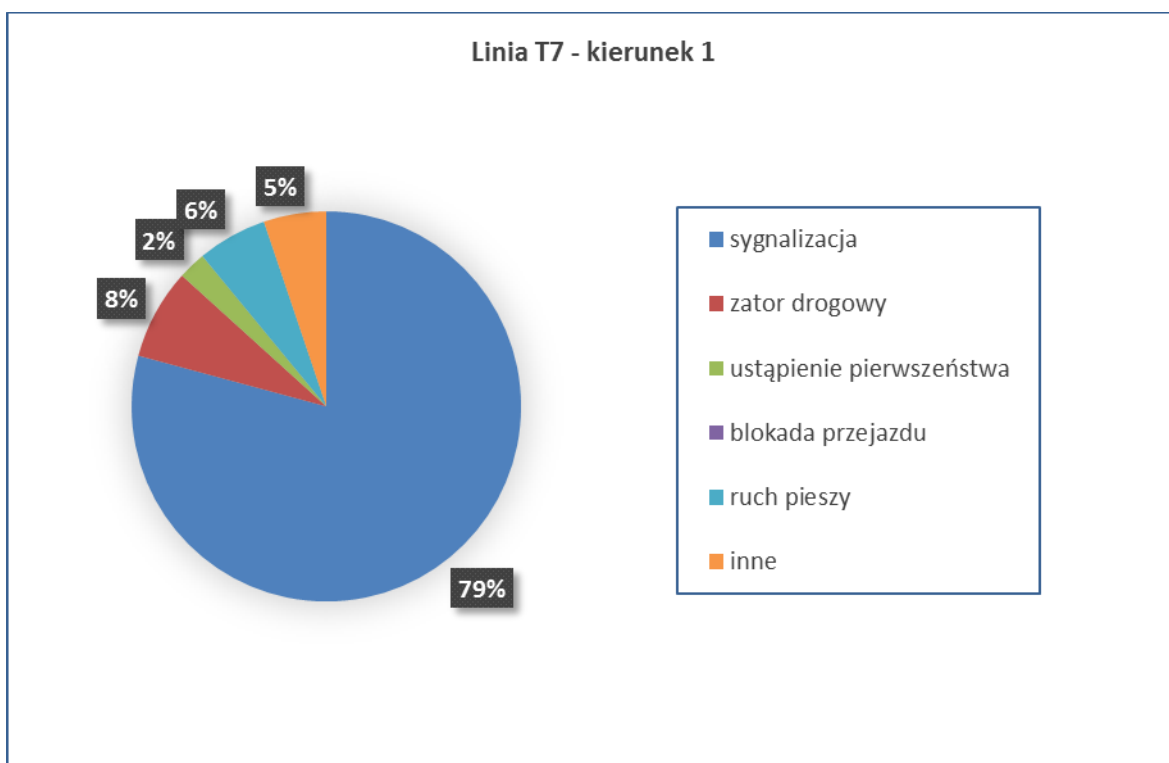
Rys. 14. Przykładowy formularz pomiarowy – linia T6, kierunek 1



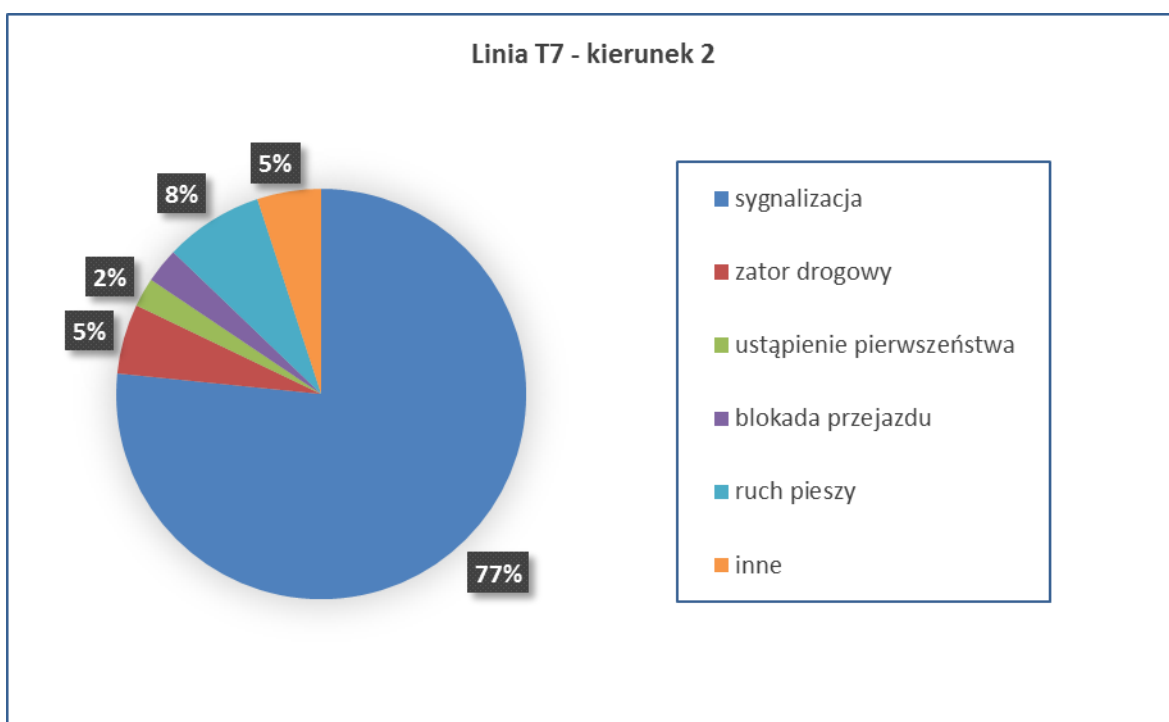
Rys. 15. Powody zatrzymań – linia T6, kierunek 1



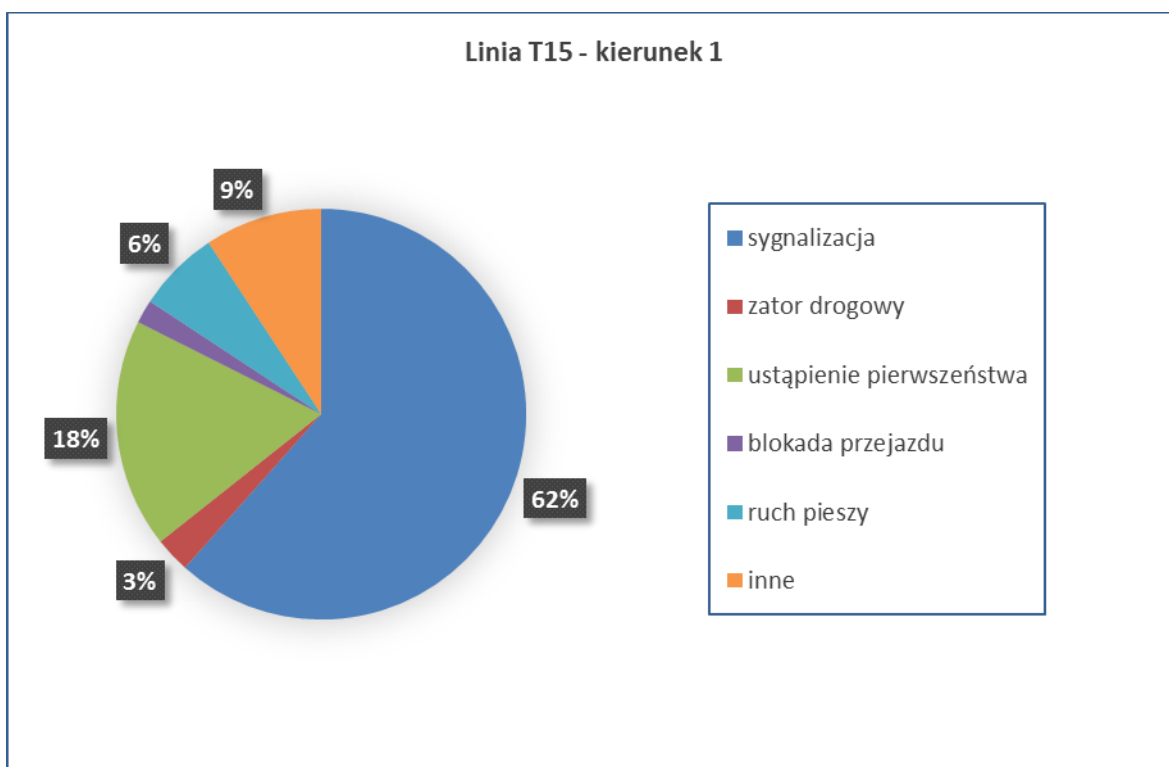
Rys. 16. Powody zatrzymań – linia T6, kierunek 2



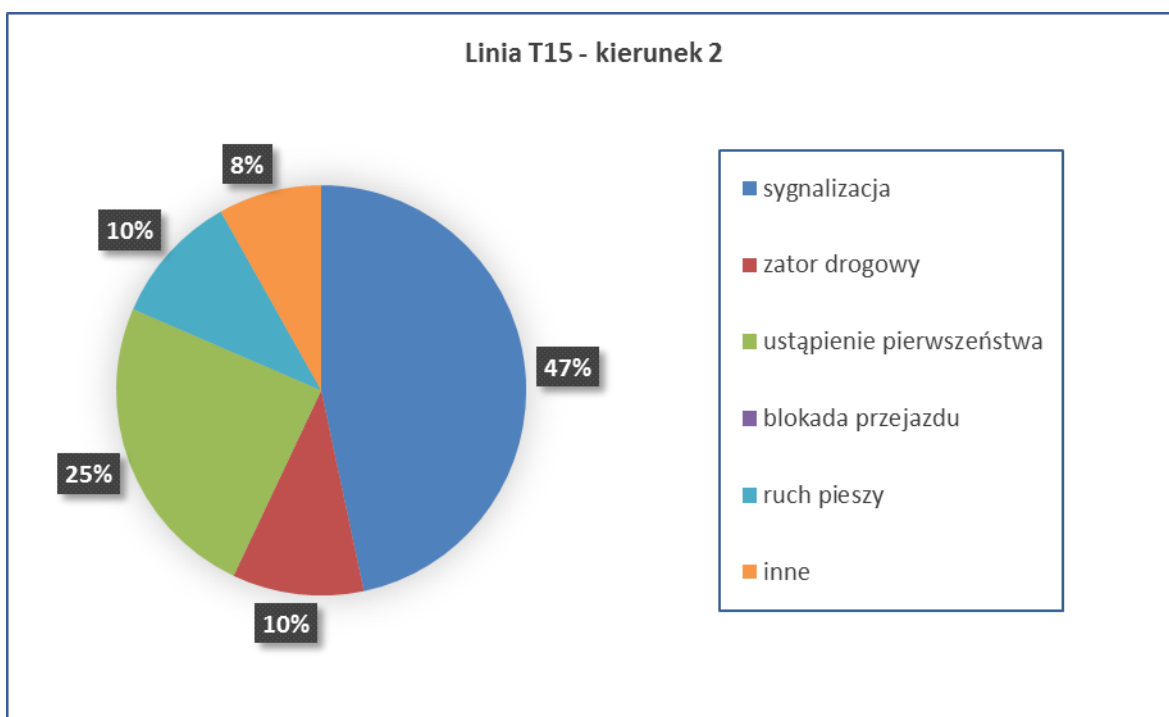
Rys. 17. Powody zatrzymań – linia T7, kierunek 1



Rys. 18. Powody zatrzymań – linia T7, kierunek 2



Rys. 19. Powody zatrzymań – linia T15, kierunek 1



Rys. 20. Powody zatrzymań – linia T15, kierunek 2

Najczęstszą przyczyną opóźnienia wskazywaną przez pomiarowych była sygnalizacja świetlna. W zależności od numeru linii i od kierunku jazdy, opóźnienia związane z sygnalizacją stanowią od 47 do 84% wszystkich utrudnień zainwentaryzowanych podczas badań. **Wynik ten jednoznacznie pokazuje, że odpowiednia modernizacja sygnalizacji stanowi duży potencjał do przyspieszenia tramwaju.**

Częstą przyczyną opóźnień na liniach T6 i T15 była też niekorzystna organizacja ruchu, która wymuszała na motorniczym konieczność ustąpienia pierwszeństwa innym pojazdom.

Na wszystkich liniach odnotowano wzrost opóźnienia spowodowany przechodzeniem pieszych przez torowisko, przy czym należy tu zauważyć, że na trasie znajduje się stosunkowo mała liczba wyznaczonych przejść dla pieszych, zwłaszcza wyposażonych w sygnalizację. Sytuacja ta może prowokować do poszukiwania przez nich „dzikich przejść”, które pozwalają przedostać na drugą stronę. To niekorzystne zjawisko sprawia, że motorniczy w obawie przed potrąceniem pieszego ogranicza prędkość podróży.

Warto zauważyć, że wysoki stopień bezpieczeństwa, przy jednoczesnym zwiększeniu prędkości tramwajów, gwarantują wyłącznie przejścia wyposażone w akomodacyjną sygnalizację świetlną. Wprowadzanie tego rodzaju przejść jest szczególnie uzasadnione na odcinkach pomiędzy przystankami, gdzie tramwaj może rozwijać większe prędkości. W rejonie przystanków ma to mniejsze znaczenie, ponieważ w tym miejscu tramwaj i tak zatrzymuje się, aby dokonać wymiany pasażerskiej. Niemniej warto zauważyć, że w badanym obszarze zauważa się przystanki wymagające zmiany organizacji ruchu ze względu na bezpieczeństwo pieszych. Przykładem jest przystanek Szopienice Wodociągi znajdujący się na trasie linii 15 (Rys. 21). Brak pełnego oznakowania przejścia dla pieszych oraz brak wydzielonego, bezpiecznego peronu przystanku może przyczynić się do intensyfikacji zdarzeń drogowych w tym miejscu.



Rys. 21. Niebezpieczna organizacja ruchu na przystanku Szopienice Wodociągi

Pozostałe przyczyny mają stosunkowo niewielki wpływ na generowanie strat czasu tramwajów, jednak część z nich na pewno warto wyeliminować. Można do nich zaliczyć awarie zwrotnicy, które zmuszają motorniczego do opuszczenia wagonu w celu jej ręcznego przestawienia, czy sposób dystrybucji biletów. Obecnie pasażer może na przystanku kupić bilet u motorniczego, co znacznie opóźnia odjazd tramwaju z przystanku. W przypadku obecności dynamicznie działającej akomodacyjnej sygnalizacji świetlnej, motorniczy powinien skupić się na sygnalizacji i możliwie szybkim zamknięciu drzwi, a nie zajmować się sprzedażą biletów. Może się bowiem okazać, że dynamicznie przydzielony mu sygnał zielony nie zostanie wykorzystany i tramwaj będzie czekał przed sygnalizatorem na kolejny sygnał zielony.

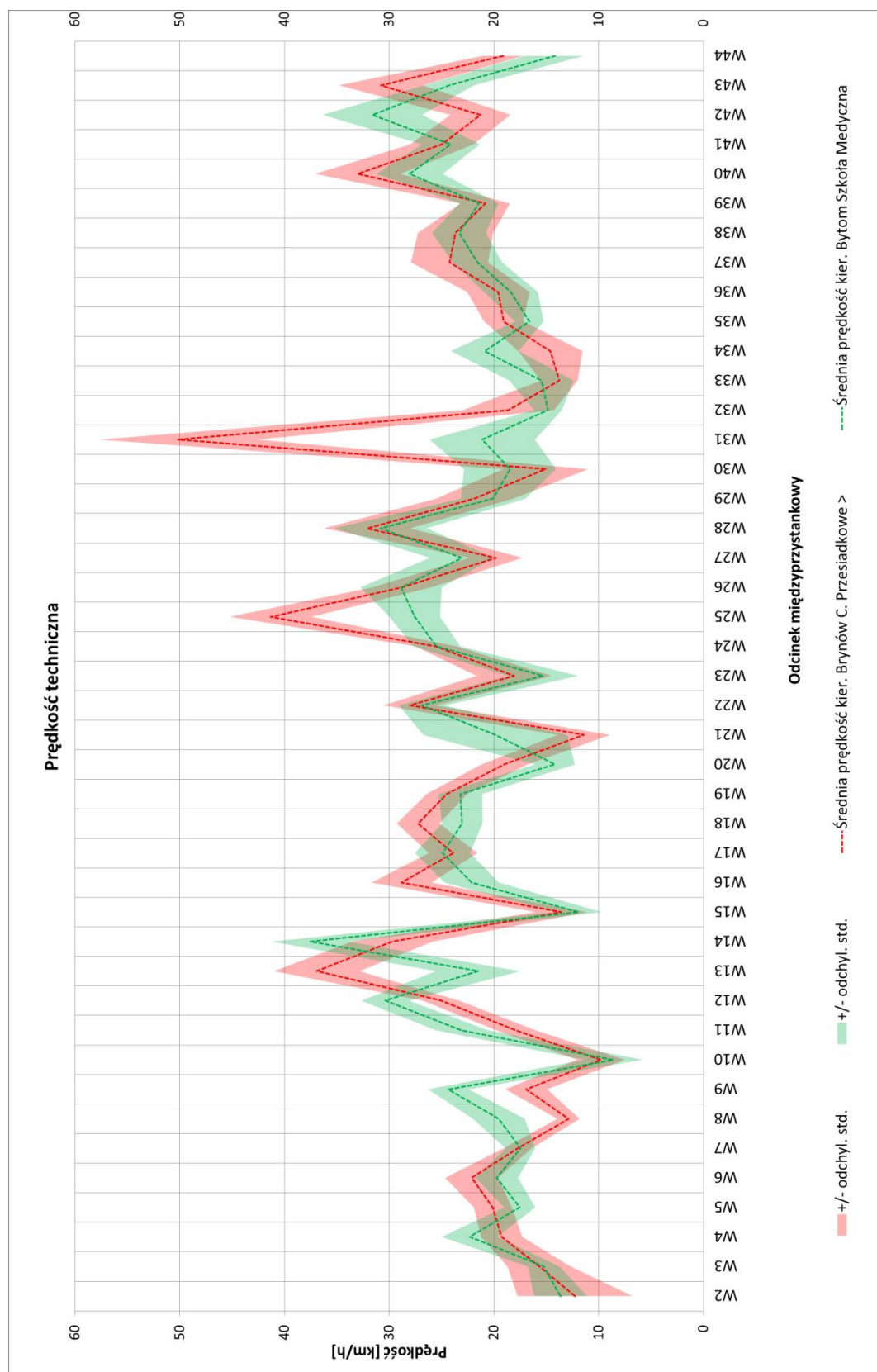
Ostatecznie, po zebraniu i przetworzeniu wszystkich danych ewaluacyjnych utworzono tabele zbiorcze: Tab.7 - Tab.9. Graficzną reprezentację danych przedstawiono na rysunkach Rys. 22 – Rys. 30.

Tab.8. Zestawienie danych wejściowych do analizy wielokryterialnej – Linia T7

Kryterium	K1			K2			K3			K4			K5			K6														
	Wartości			Wartości			Wartości			Wartości			Wartości			Wartości														
	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ										
W01	7,62	2,77	17,75	4,18	19,73	14,51	25,70	2,70	0,83	-1,00	8,00	0,61	-0,84	-1,00	11,70	0,00	117,00	35,10	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		
W02	10,13	6,62	16,20	2,44	9,53	5,98	16,38	2,84	0,12	-2,00	3,00	0,86	-0,67	-2,00	48,00	0,00	122,00	50,57	29,60	0,00	112,00	35,85	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W03	16,52	11,27	22,50	2,64	22,12	17,14	29,99	3,29	-0,16	-1,00	1,00	0,41	1,06	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	9,30	0,00	52,00	18,76	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W04	29,30	23,47	36,83	3,38	38,16	26,14	55,87	8,72	-0,08	-1,00	1,00	0,40	0,00	-1,00	1,00	0,00	19,00	5,70	1,80	0,00	18,00	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W05	40,61	30,38	55,73	7,00	42,29	31,21	57,06	7,27	-0,68	-2,00	0,00	0,51	0,01	-1,00	0,10	0,00	1,00	0,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W06	37,66	24,84	57,60	9,43	30,79	25,70	36,83	2,94	0,06	-1,00	2,00	0,31	-0,22	-1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W07	29,88	22,50	36,83	3,72	31,54	21,42	40,90	4,85	0,43	-1,00	2,00	0,52	0,07	-1,00	6,00	0,00	31,00	10,11	4,90	0,00	17,00	6,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W08	18,89	13,39	28,01	3,82	11,71	7,81	15,88	2,13	0,63	-1,00	3,00	0,62	0,33	-1,00	3,00	0,00	29,00	10,48	3,60	0,00	21,00	7,32	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W09	28,06	21,89	34,45	3,44	33,21	24,84	40,46	4,02	0,07	-1,00	2,00	0,44	0,55	-1,00	5,00	0,00	44,00	16,07	24,60	0,00	58,00	16,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W10	30,27	21,10	38,27	4,67	27,80	20,92	36,00	4,16	-0,68	-2,00	1,00	0,57	-0,87	-2,00	6,00	0,00	64,00	25,29	27,10	0,00	57,00	21,82	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W11	25,42	17,57	31,75	3,70	22,47	19,08	37,62	3,94	-0,21	-1,00	2,00	0,55	-0,12	-1,00	3,00	0,00	75,00	27,36	8,60	0,00	36,00	13,71	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W12	8,33	6,05	12,71	1,52	8,19	5,22	14,08	2,18	0,39	-2,00	3,00	0,62	0,61	-2,00	3,00	0,73	59,30	40,76	91,00	0,00	178,00	58,41	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W13	21,31	17,86	24,84	1,76	23,47	19,66	27,86	2,09	-0,01	-1,00	2,00	0,38	0,17	-1,00	4,00	0,00	38,00	11,37	12,00	0,00	78,00	25,31	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W14	27,35	22,50	32,51	2,60	28,87	24,01	34,85	2,81	-0,29	-1,00	1,00	0,47	-0,26	-1,00	2,00	0,00	14,00	4,20	1,80	0,00	18,00	5,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W15	13,96	9,83	20,45	2,94	12,31	7,96	18,22	2,69	0,62	-1,00	4,00	0,67	-0,05	-1,00	2,00	0,00	99,00	35,68	50,40	0,00	90,00	33,95	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W16	20,34	16,96	24,41	1,96	18,98	15,44	23,15	1,98	-0,48	-2,00	1,00	0,51	1,03	-1,00	7,00	0,00	0,00	0,00	4,10	0,00	41,00	12,30	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W17	20,97	15,59	27,11	3,10	26,36	18,61	36,00	4,68	-0,27	-1,00	2,00	0,48	-0,33	-1,00	3,00	0,48	8,80	0,00	36,00	11,81	24,70	0,00	53,00	14,62	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W18	19,17	11,45	26,24	3,89	14,46	8,60	21,31	3,29	0,08	-2,00	2,00	0,62	-0,10	-1,00	3,00	0,00	5,55	22,00	37,60	0,00	80,00	23,53	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W19	21,84	13,75	31,75	5,43	28,99	23,47	36,00	3,23	-0,39	-2,00	2,00	0,53	0,19	-1,00	8,00	0,00	31,00	9,68	7,20	0,00	40,00	14,51	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W20	19,75	12,49	26,10	3,61	22,40	17,57	27,68	2,60	-0,01	-1,00	13,00	0,57	0,17	-1,00	4,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W21	25,02	19,01	30,78	2,89	23,34	16,06	28,73	3,16	-0,17	-2,00	4,00	0,45	0,14	-1,00	13,00	0,00	28,00	7,97	7,80	0,00	22,00	8,11	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W22	27,07	20,99	33,59	3,35	31,02	23,90	38,02	3,69	-0,03	-1,00	2,00	0,41	-0,20	-1,00	1,00	0,43	19,60	0,00	65,00	19,37	4,30	0,00	28,00	8,58	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W23	29,23	20,45	38,30	4,47	22,70	15,95	28,62	3,24	0,08	-1,00	1,00	0,31	0,13	-1,00	2,00	0,36	4,10	12,30	7,50	0,00	29,00	9,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W24	28,69	23,69	34,16	2,67	17,19	12,24	23,62	2,97	0,25	-2,00	3,00	0,68	-0,96	-2,00	3,00	0,71	63,70	40,60	24,10	0,00	63,00	24,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W25	13,20	9,50	18,32	2,33	26,19	19,30	31,32	2,71	-0,32	-1,00	2,00	0,49	0,90	-1,00	11,00	0,00	5,00	1,50	20,10	0,00	75,00	21,44	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W26	22,30	17,42	27,68	2,60	23,00	18,36	29,02	2,74	0,03	-1,00	1,00	0,27	-0,03	-1,00	3,00	0,27	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W27	26,74	22,14	32,00	2,54	32,10	23,69	42,84	5,08	0,16	-1,00	3,00	0,41	-0,13	-1,00	2,00	0,35	3,30	7,21	4,20	0,00	42,00	12,60	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W28	16,98	12,42	22,28	2,75	15,45	11,95	19,85	2,10	0,43	-1,00	4,00	0,55	0,14	-1,00	4,00	0,52	27,00	25,58	28,60	0,00	56,00	19,70	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W29	14,76	11,74	18,22	1,72	18,45	14,82	23,12	2,09	-0,58	-2,00	3,00	0,55	-0,12	-2,00	0,48	0,48	12,30	11,57	12,10	0,00	62,00	13,65	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W30	16,12	11,41	20,56	2,37	14,46	10,48	18,00	1,92	-0,06	-2,00	4,00	0,42	-0,53	-2,00	2,00	0,52	2,80	8,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W31	18,10	13,93	22,50	2,22	23,31	15,91	32,51	4,41	0,15	-1,00	3,00	0,57	0,24	-1,00	3,00	0,56	6,90	9,83	12,60	0,00	61,00	18,68	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W32	19,08	11,16	26,82	4,30	16,99	10,51	22,50	3,18	0,28	-1,00	3,00	0,50	0,36	-1,00	3,00	0,54	27,10	0,00	59,00	22,66	30,40	40,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W33	26,45	15,19	34,06	4,70	22,54	15,23	31,75	3,89	-0,03	-1,00	2,00	0,34	0,21	-1,00	3,00	0,48	0,40	1,20	9,40	0,00	41,00	12,43	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W34	23,95	17,32	31,03	3,63	23,59	15,01	31,14	4,28	-0,37	-1,00	1,00	0,49	-0,14	-1,00	2,00	0,51	12,80	16,02	11,00	0,00	52,00	17,67	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W35	26,25	19,51	32,51	3,38	27,78	20,70	34,92	3,72	-0,14	-1,00	3,00	0,43	-0,31	-1,00	2,00	0,48	11,80	18,95	7,40	0,00	30,00	11,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
W36	24,28	16,16	31,32	4,01	21,52	14,83	28,80	3,65	0,23	-1,00	2,00	0,43	0,29	-1,00	1,00	0,47	8,20	7,74	6,00	0,00	26,00	8,80	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
W37	15,12	11,23	18,76	1,91	12,84	0,97	21,42	5,79	0,48	-1,00	5,00	0,77	0,44	-1,00	16,00	1,78	4,90	9,39	7,30	0,00	27,00	11,28	0,00	0,00	0,00	0,00				

Tab.9. Zestawienie danych wejściowych do analizy wielokryterialnej – Linia T15

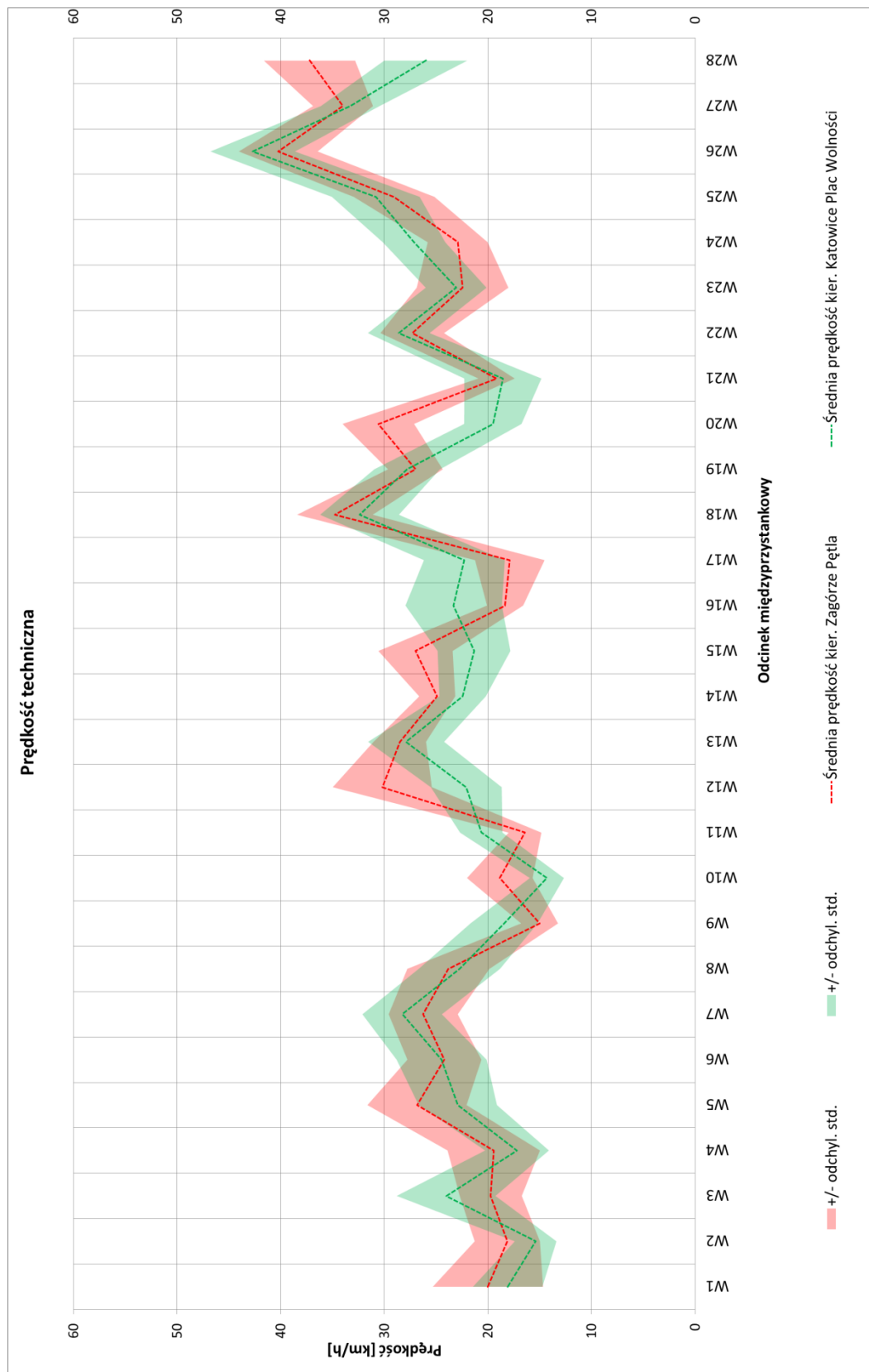
Kryterium	K1				K2				K3				K4				K5				K6				
	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	Średnia	Min	Max	σ	
Wariant																									
W01	19,99	14,80	44,14	5,32	18,09	12,42	25,13	3,35	-0,32	-3,00	4,00	0,66	-0,36	12,42	25,13	0,48	14,70	1,00	31,00	10,11	6,20	12,00	27,00	4,98	
W02	18,12	12,64	26,17	3,15	15,39	11,27	19,30	2,01	-0,40	-1,00	5,00	0,43	-0,59	11,27	19,30	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	12,00	26,00	4,25	
W03	19,72	14,65	27,50	3,00	24,03	16,24	33,91	4,76	0,11	-1,00	4,00	0,62	0,12	16,24	33,91	0,52	13,90	0,00	38,00	12,47	11,70	10,00	18,00	2,16	
W04	19,43	11,27	27,40	4,46	17,19	10,69	22,50	3,08	0,33	-1,00	3,00	0,52	0,36	10,69	22,50	0,53	48,30	1,00	137,00	41,46	60,90	8,00	42,00	9,89	
W05	26,84	15,37	34,99	4,78	22,90	15,88	31,75	3,78	-0,07	-1,00	2,00	0,34	0,21	15,88	31,75	0,50	1,00	0,00	10,00	3,00	24,10	9,00	70,00	17,78	
W06	24,19	17,64	31,03	3,57	24,47	15,44	31,75	4,34	-0,42	-2,00	2,00	0,50	-0,20	15,44	31,75	0,54	4,80	0,00	29,00	8,45	7,60	11,00	25,00	4,83	
W07	26,24	19,51	32,51	3,33	28,27	20,70	35,46	3,83	-0,15	-2,00	2,00	0,46	-0,35	20,70	35,46	0,49	15,50	1,00	35,00	11,44	5,90	12,00	30,00	5,33	
W08	23,81	15,98	30,64	3,96	22,75	15,66	30,64	3,92	0,25	-1,00	2,00	0,44	0,27	15,66	30,64	0,47	7,30	0,00	29,00	9,85	6,00	4,00	30,00	7,38	
W09	15,01	11,23	18,36	1,78	18,45	11,70	24,34	3,24	0,17	-1,00	2,00	0,40	0,16	11,70	24,34	0,42	2,10	0,00	12,00	3,67	8,30	10,00	40,00	8,21	
W10	18,85	13,43	26,46	3,17	14,31	10,76	17,35	1,64	0,25	-1,00	5,00	0,54	-0,21	10,76	17,35	0,55	3,30	0,00	11,00	3,44	2,10	3,00	28,00	8,76	
W11	16,42	12,85	19,51	1,58	20,64	16,88	24,91	2,04	0,44	-1,00	5,00	0,51	0,61	16,88	24,91	0,59	0,00	0,00	0,00	0,00	0,10	6,00	17,00	3,20	
W12	30,19	22,97	41,54	4,78	22,09	16,38	29,99	3,42	-0,09	-1,00	2,00	0,35	-0,01	16,38	29,99	0,22	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	24,00	5,01
W13	28,50	24,12	33,91	2,53	27,89	22,07	36,58	3,66	-0,38	-2,00	3,00	0,50	-0,10	22,07	36,58	0,34	0,40	0,00	1,00	0,49	0,00	14,00	23,00	3,09	
W14	24,89	21,82	28,58	1,74	22,44	18,83	27,94	2,24	-0,19	-2,00	2,00	0,55	-0,12	18,83	27,94	0,40	0,40	0,00	1,00	0,49	2,80	12,00	22,00	3,33	
W15	26,98	20,99	34,99	3,58	21,34	16,24	29,99	3,51	-0,44	-1,00	2,00	0,51	-0,19	16,24	29,99	0,42	0,00	0,00	0,00	0,00	0,20	13,00	48,00	10,30	
W16	18,34	15,12	22,00	1,74	23,30	16,38	34,45	4,65	0,03	-2,00	17,00	0,72	-0,08	16,38	34,45	0,43	0,30	0,00	3,00	0,90	0,10	15,00	55,00	10,79	
W17	17,88	11,56	23,47	3,35	22,27	15,44	31,14	3,90	-0,14	-2,00	2,00	0,47	-0,14	15,44	31,14	0,47	9,60	0,00	96,00	28,80	0,00	7,00	40,00	11,63	
W18	34,77	27,83	42,19	3,65	32,39	26,21	40,90	3,80	0,34	-1,00	2,00	0,47	-0,14	26,21	40,90	0,50	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,00	17,00	5,59	
W19	27,00	22,50	32,47	2,64	27,80	22,75	35,35	3,17	0,40	0,00	2,00	0,49	-0,40	22,75	35,35	0,54	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	7,00	20,00	3,99	
W20	30,57	24,91	38,56	3,45	19,52	14,08	25,70	2,77	0,54	-1,00	4,00	0,53	0,18	14,08	25,70	0,40	0,40	0,00	0,00	0,00	0,00	9,00	42,00	9,27	
W21	19,16	15,59	22,50	1,75	18,55	10,80	25,99	3,72	-0,77	-2,00	2,00	0,54	0,30	10,80	25,99	0,62	5,00	0,00	8,00	2,49	7,70	18,00	52,00	12,06	
W22	27,30	21,28	33,73	3,07	28,60	23,76	35,50	2,97	-0,67	-3,00	1,00	0,57	-0,63	23,76	35,50	1,16	0,00	0,00	0,00	0,00	0,80	10,00	22,00	4,09	
W23	22,45	14,80	32,72	4,42	23,06	18,29	29,99	2,93	0,18	-1,00	3,00	0,43	0,08	18,29	29,99	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	11,00	20,00	2,44	
W24	22,91	16,67	28,58	2,89	27,13	21,96	33,95	3,01	0,22	-1,00	3,00	0,42	0,47	21,96	33,95	0,51	0,20	0,00	1,00	0,40	0,00	6,00	20,00	3,68	
W25	29,05	22,90	38,20	3,90	30,82	24,23	40,64	4,23	-0,07	-1,00	1,00	0,30	-0,07	24,23	40,64	0,33	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	25,00	5,62	
W26	40,23	33,66	47,99	3,80	42,69	35,64	51,44	4,08	0,65	0,00	2,00	0,49	-0,21	35,64	51,44	0,57	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	5,00	18,00	4,83	
W27	33,98	28,62	39,78	2,89	33,28	28,33	39,13	2,83	0,24	-1,00	3,00	0,51	1,01	28,33	39,13	0,38	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,00	25,00	5,38	
W28	37,21	29,59	46,94	4,40	26,00	15,88	33,23	4,01	0,29	-1,00	10,00	0,71	0,14	15,88	33,23	0,37	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	15,00	6,03	



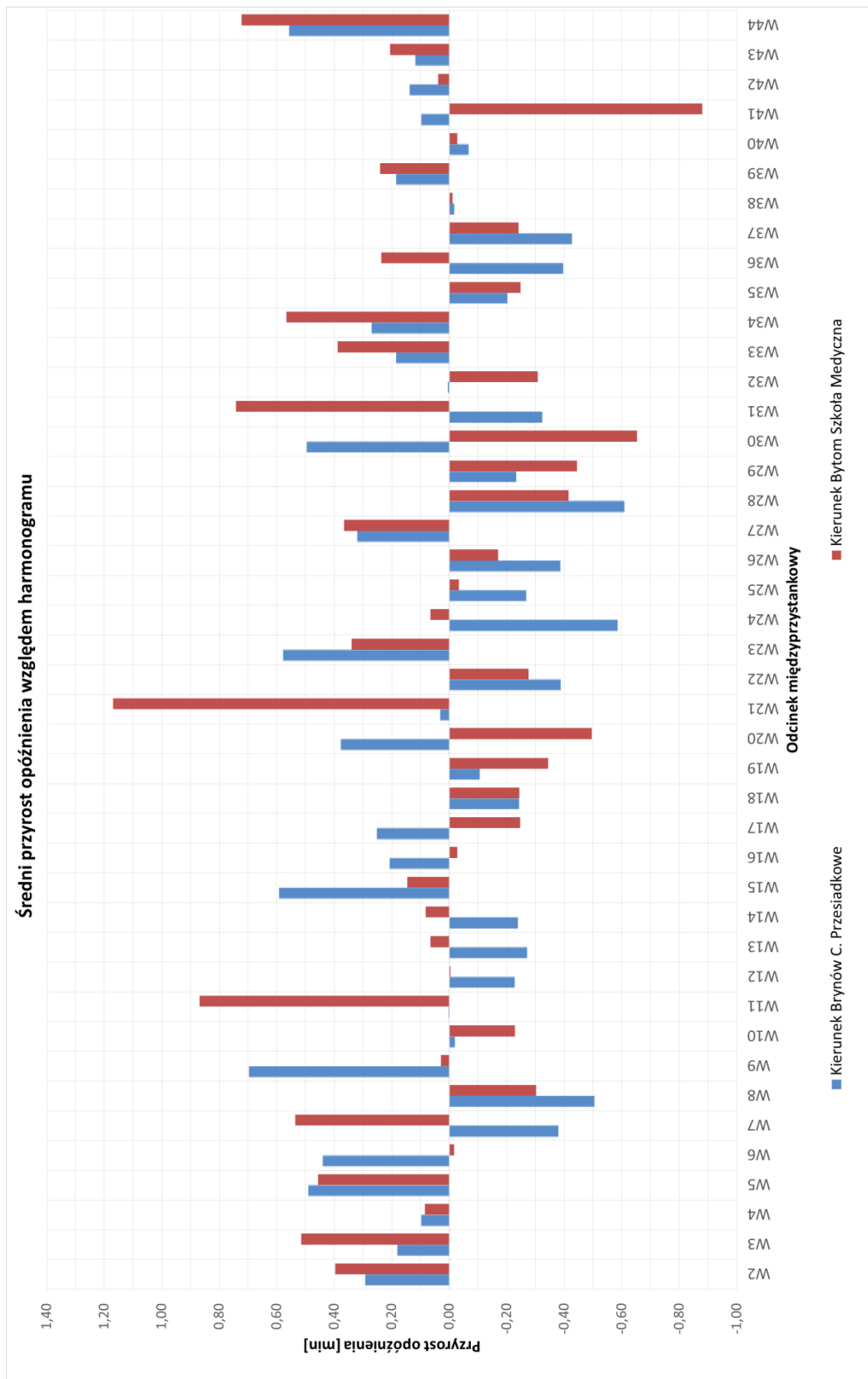
Rys. 22. Rozkład prędkości technicznej dla linii T6



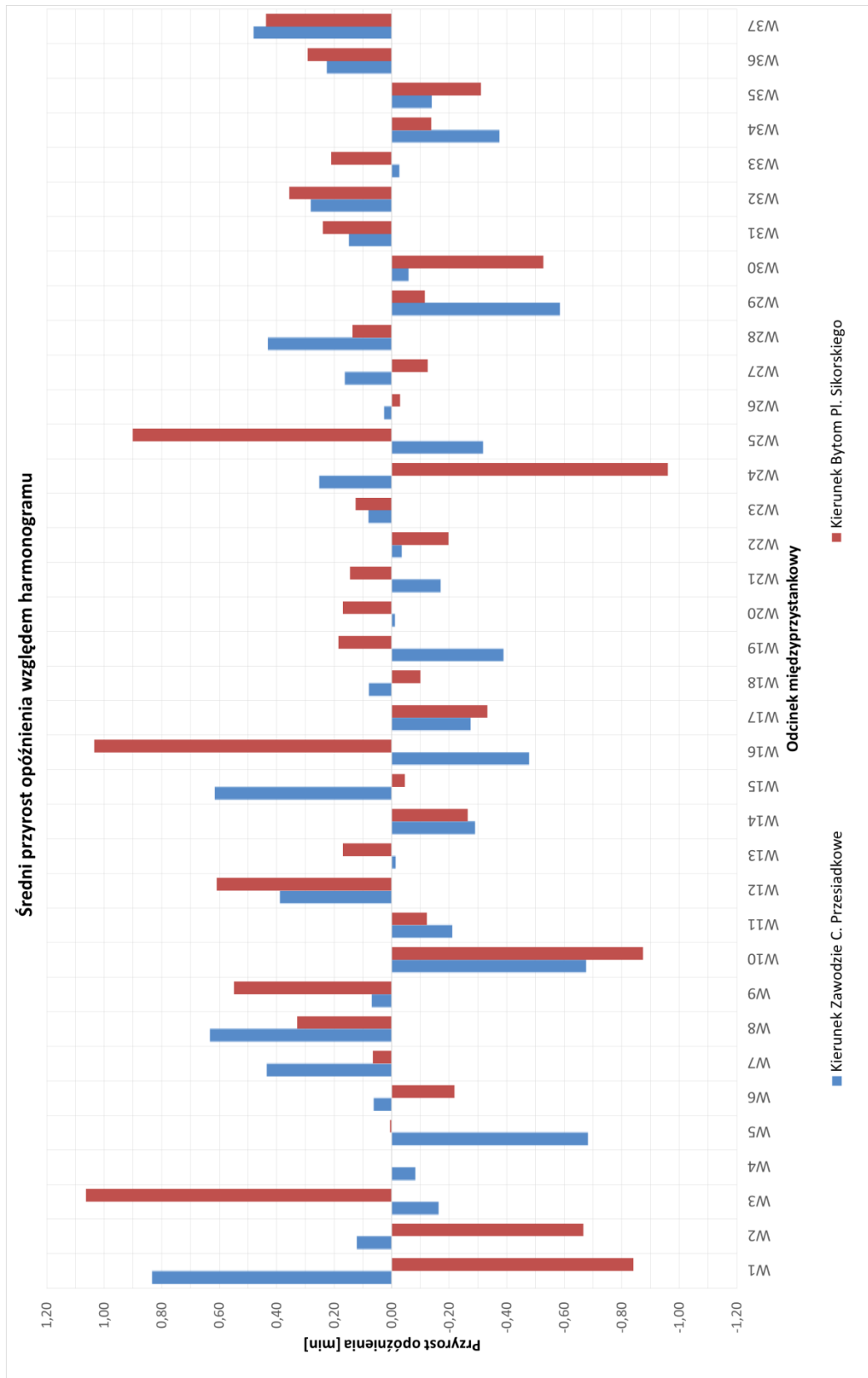
Rys. 23. Rozkład prędkości technicznej dla linii T7



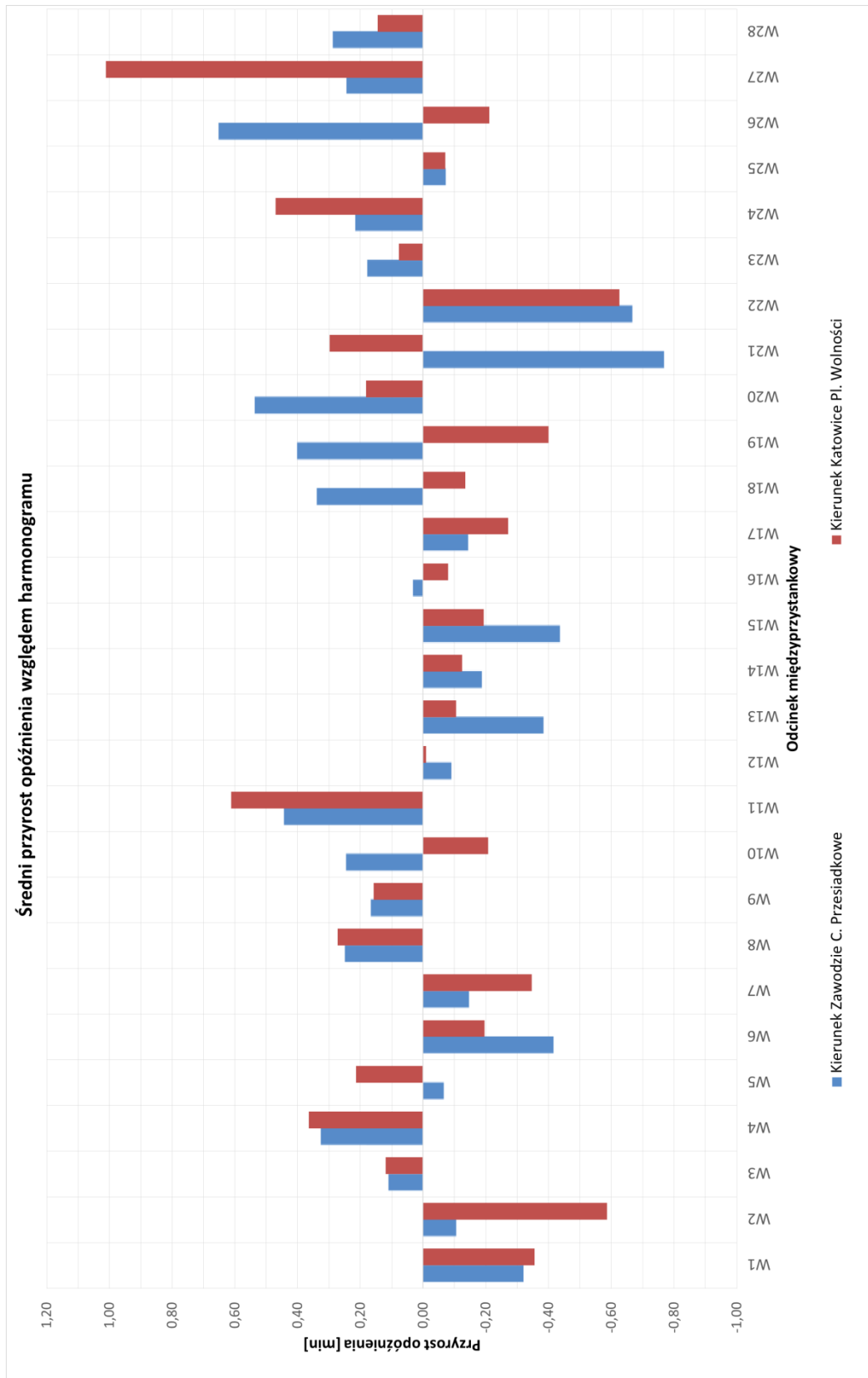
Rys. 24. Rozkład prędkości technicznej dla linii T15



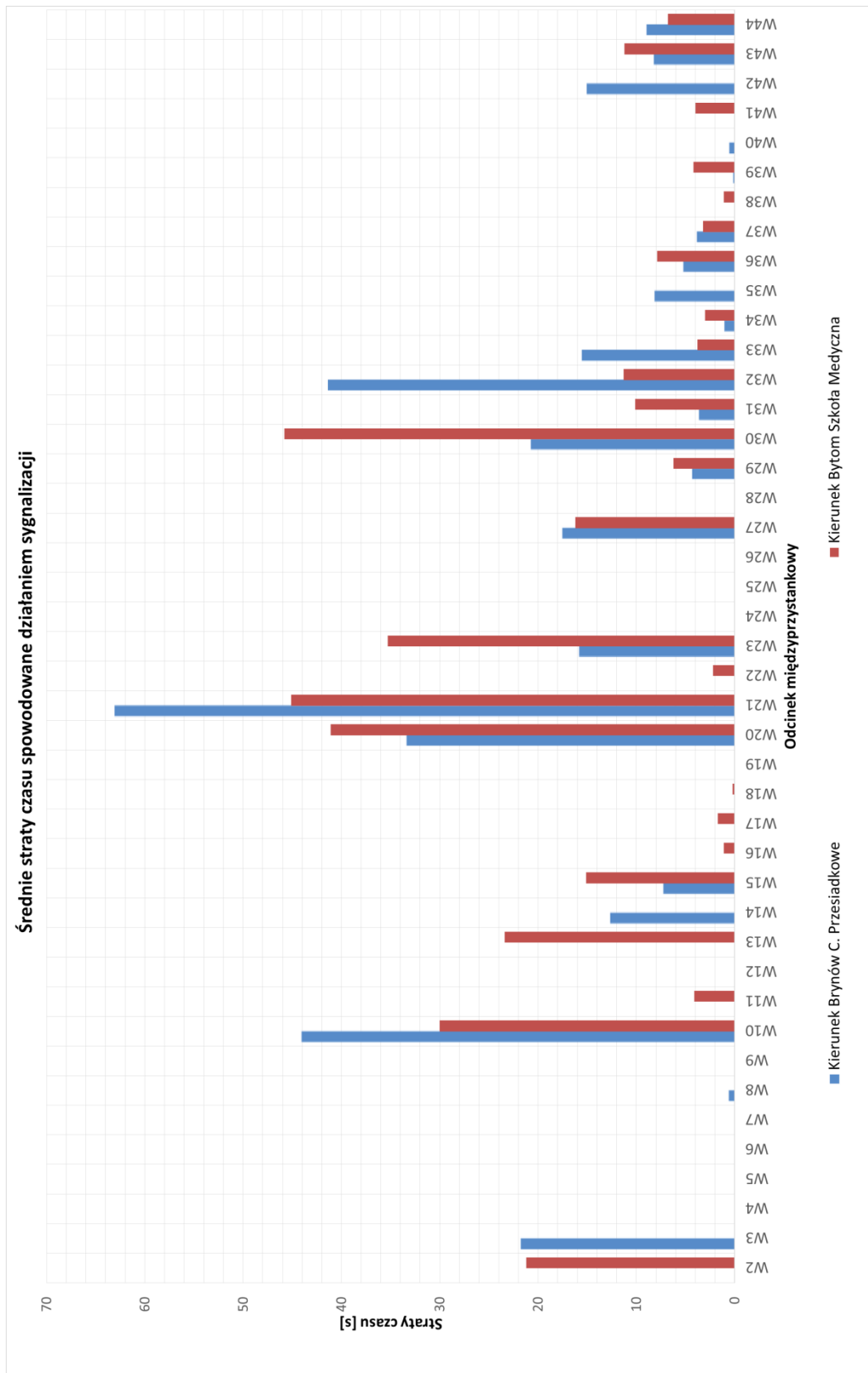
Rys. 25. Rozkład przyrostu opóźnienia względem harmonogramu dla linii T6



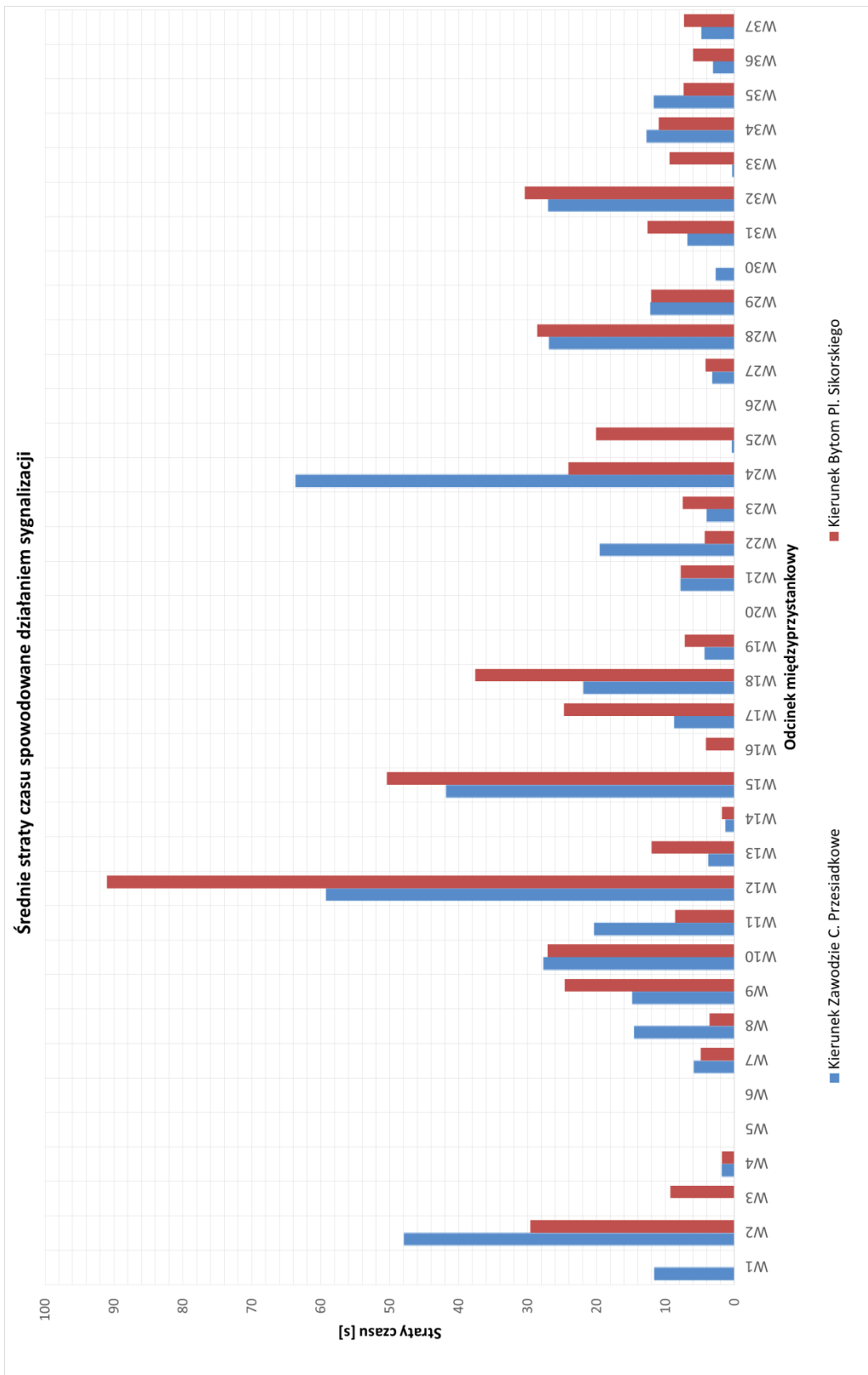
Rys. 26. Rozkład przyrostu opóźnienia względem harmonogramu dla linii T7



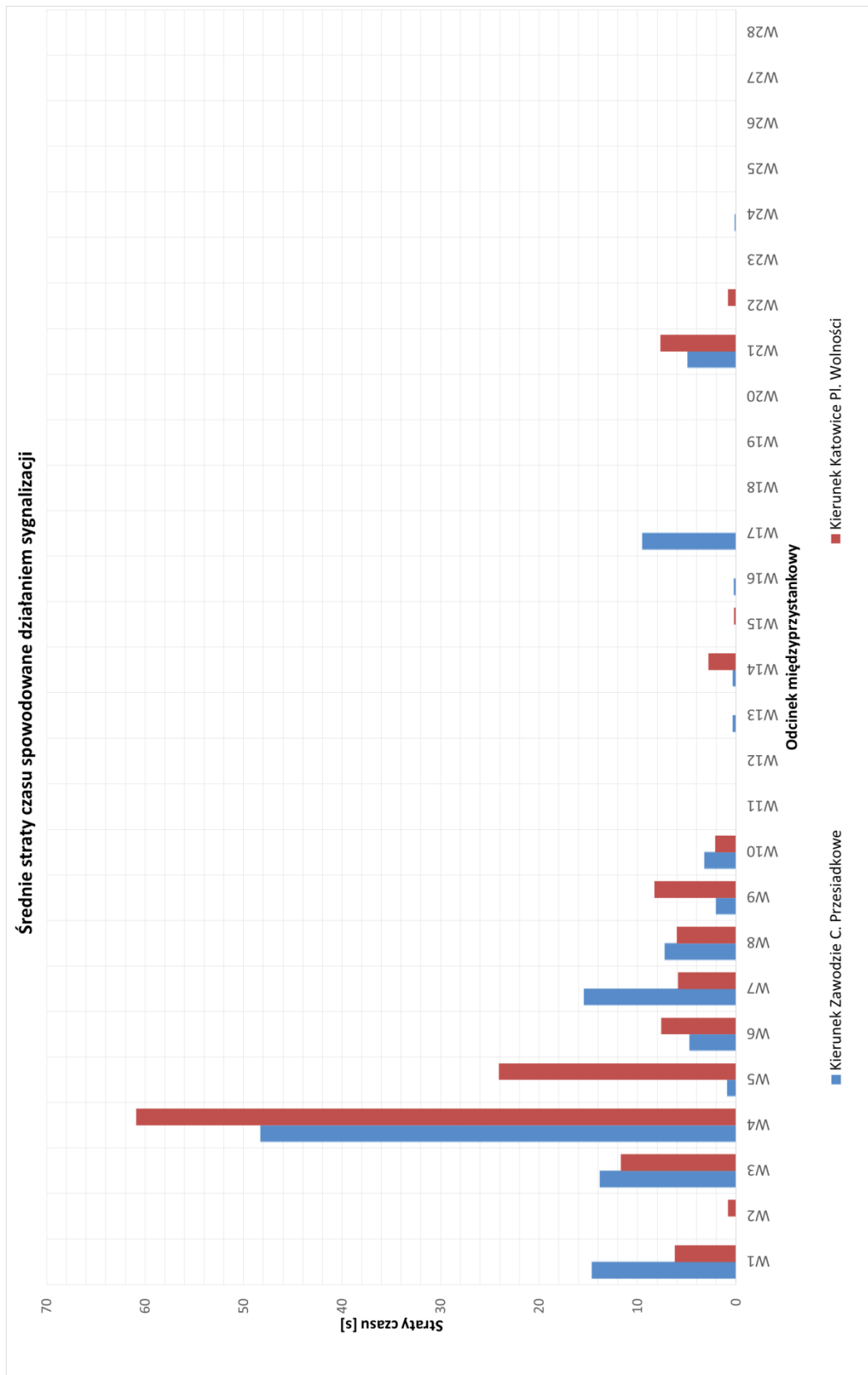
Rys. 27. Rozkład przyrostu opóźnienia względem harmonogramu dla linii T15



Rys. 28. Rozkład średnich strat czasu spowodowanych działaniem sygnalizacji świetlnej – Linia T6



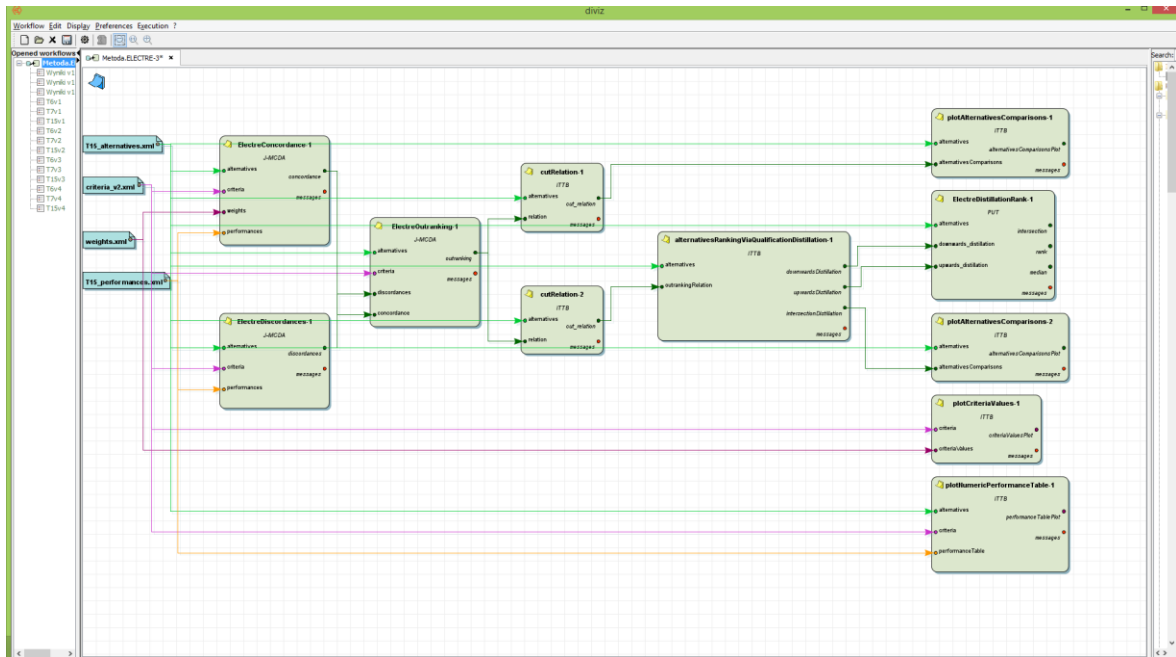
Rys. 29. Rozkład średnich strat czasu spowodowanych działaniem sygnalizacji świetlnej – Linia T7



Rys. 30. Rozkład średnich strat czasu spowodowanych działaniem sygnalizacji świetlnej – Linia T15

4.2.1.6. Krok 1.6 – Eksperymenty obliczeniowe

Eksperymenty obliczeniowe przeprowadzono z wykorzystaniem narzędzia Diviz służącego do wykonywania i projektowania algorytmów z zakresu wielokryterialnego wspomaganie decyzji. Model wykorzystujący metodę Electre III wykorzystany w przedmiotowej analizie został przedstawiony na rysunku poniżej.



Rys. 31. Model wykonany w narzędziu Diviz

W wyniku przeprowadzonych obliczeń otrzymano macierze relacji przewyższania wariantów dla poszczególnych linii (Tab.10 – Tab.12). Relacja na przecięciu wierszy i kolumn oznaczona jest za pomocą zer i jedynek. Zapisy w tabelach należy interpretować w sposób określony następującą zależnością (3):

$$R_{ij} = \begin{cases} W_{ij} = 0 \wedge W_{ji} = 0, & W_i R W_j \\ W_{ij} = 1 \wedge W_{ji} = 1, & W_i I W_j \\ W_{ij} = 1 \wedge W_{ji} = 0, & W_i P W_j \\ W_{ij} = 0 \wedge W_{ji} = 1, & W_j P W_i \end{cases} \quad (3)$$

gdzie

- R_{ij} – relacja przewyższania między wariantami W_i i W_j (i – nr wiersza, j – nr kolumny),
- $W_i R W_j$ – wariant i jest nieporównywalny względem wariantu j ,
- $W_i I W_j$ – wariant i jest nierozróżnialny względem wariantu j ,
- $W_i P W_j$ – wariant i jest preferowany nad wariant j ,
- $W_j P W_i$ – wariant j jest preferowany nad wariant i ,



Tab.11. Macierz relacji przewyższania dla Linii T7

Matrix table for Line T7 with columns labeled Wj (01-37) and rows labeled Wl (01-37). The matrix contains binary values (0 and 1) representing priority relationships.

Tab.12. Macierz relacji przewyższania dla Linii T15

Matrix table for Line T15 with columns labeled Wj (01-28) and rows labeled Wl (01-28). The matrix contains binary values (0 and 1) representing priority relationships.

Tab.13. Rankingi dla linii T6, T7, T15

Linia	Wariant	Miejsce
Linia T15	W01	6
	W02	5
	W03	5
	W04	1
	W05	7
	W06	11
	W07	12
	W08	5
	W09	2
	W10	4
	W11	2
	W12	10
	W13	14
	W14	9
	W15	11
	W16	6
	W17	8
	W18	13
	W19	12
	W20	5
	W21	3
	W22	15
	W23	6
	W24	7
	W25	12
	W26	14
	W27	10
	W28	9
Linia T7	W01	8
	W02	2
	W03	8
	W04	20
	W05	22
	W06	21
	W07	17
	W08	6
	W09	16
	W10	17
	W11	14
	W12	1
	W13	11
	W14	20
	W15	3
	W16	9
	W17	16
	W18	7
	W19	15
	W20	11
	W21	14
	W22	19
	W23	14
	W24	10
	W25	9
	W26	13
	W27	18
	W28	5
	W29	10
	W30	9
	W31	9
	W32	6
	W33	13
	W34	15
	W35	19
	W36	12
	W37	4
Linia T6	W02	4
	W03	6
	W04	13
	W05	9
	W06	12
	W07	9
	W08	13
	W09	12
	W10	1
	W11	12
	W12	19
	W13	15
	W14	20
	W15	3
	W16	15
	W17	16
	W18	18
	W19	16
	W20	4
	W21	2
	W22	19
	W23	5
	W24	18
	W25	22
	W26	23
	W27	11
	W28	24
	W29	14
	W30	6
	W31	15
	W32	8
	W33	5
	W34	10
	W35	12
	W36	11
	W37	17
	W38	15
	W39	13
	W40	21
	W41	17
	W42	16
	W43	16
	W44	7

Następnie, w wyniku syntezy danych z macierzy, utworzono rankingi wariantów (Tab.13). Ostatecznie, na podstawie uzyskanych wyników, wyznaczono następujące newralgiczne, w ujęciu efektywności ruchu tramwajów, odcinki:

- **Linia T6:**
 - o W2 – W3,
 - o W10,
 - o W15,
 - o W20 – W23,
 - o W33,
- **Linia T7:**
 - o W2,
 - o W12 – W15,
 - o W37,
 - o W30 – W32,
- **Linia T15:**
 - o W2 – W4,
 - o W08 – W11,
 - o W20 – W21.

Wskazane odcinki poddano analizom w drugim etapie zaproponowanej metodyki.

4.2.2. Etap II – analiza potencjału do wprowadzenia priorytetów

Celem drugiego etapu analizy jest wybór tych newralgicznych fragmentów linii tramwajowych, które posłużą jako przedmiot symulacji mikroskopowej. W ramach jego realizacji scharakteryzowano poszczególne części analizowanych tras, co pozwoliło dokonać ostatecznej selekcji.

4.2.2.1. Charakterystyka odcinków newralgicznych dla linii T6

W wyniku analiz przedstawionych w I etapie przedmiotowej analizy wyznaczono 5 newralgicznych fragmentów linii T6 (Tab.14).

Pierwszy fragment, składający się z odcinków W2 i W3 o sumarycznej długości ok. 716 metrów, stanowi skrajną część trasy. Rozciąga się między przystankami *Bytom Szkoła Medyczna* i *Bytom Wallisa*. Przeprowadzona analiza wskazała, że za główne utrudnienia na tym odcinku trasy odpowiada działanie sygnalizacji świetlnej. Świadczą o tym stosunkowo wysokie straty czasu odnotowane w trakcie badań terenowych, przy jednoczesnym braku innych czynników mogących wpływać na opóźnienie.

Drugi fragment, w skład którego wchodzi długi na ok. 185 metrów odcinek W10, zlokalizowany jest między przystankami *Bytom Głęboka* i *Rozbark Siemanowicka*. We wskazanym obszarze występują 2 skrzyżowania wyposażone w sygnalizację świetlną, których działanie wpływa

niekorzystnie na płynność ruchu tramwaju. Warunki ruchowe tramwajów w tym miejscu są najniższe w ujęciu kryterium prędkości. Pozwoliło to uplasować odcinek W10 na pierwszym miejscu rankingu. Za taki stan odpowiada w dużej mierze, poza działaniem sygnalizacji, występowanie odcinków współdzielonych z transportem indywidualnym. Warto jednak zauważyć, że utrudnienia te zostały przewidziane przy planowaniu harmonogramu, ponieważ odnotowuje się tutaj ujemny średni przyrost opóźnienia tramwajów względem harmonogramu. Odcinki sąsiadujące z W10 nie wykazują dużych utrudnień dla ruchu tramwajowego w porównaniu z innymi wskazanymi fragmentami newralgicznymi, zatem straty czasu wynikające z działania sygnalizacji mają charakter lokalny.

Kolejny fragment stanowi odcinek W15, który mierzy ok. 490m i mieści się pomiędzy przystankami *Łagiewniki Cmentarz* i *Łagiewniki Media-Markt*. Słaba efektywność tramwaju w tym miejscu objawia się niską prędkością techniczną oraz dużymi przyrostami opóźnienia względem harmonogramu. W efekcie w wyniku analizy wielokryterialnej odcinek uplasowano na trzeciej pozycji w rankingu. Niskie wartości ocenianych charakterystyk wynikają ze złego stanu torowiska oraz stosunkowo dużej liczby zjazdów kolizyjnych z tramwajem. Ponadto na odcinku tym funkcjonuje jedno skrzyżowanie wyposażone w sygnalizację świetlną, na którym odnotowano średnie straty czasu dla tramwaju, które nie wyróżniają się na tle innych newralgicznych fragmentów linii.

Czwarty, najdłuższy wskazany fragment, składa się z odcinków W20-W23. Mierzy blisko 2360 metrów co oznacza, że stanowi znaczny udział analizowanej linii T6. Jego granicami są przystanki *Chorzów Metalowców* i *Chorzów Stadion Śląski*. Trzy z czterech jego składowych odcinków znajdują się wysoko w rankingu. Na odcinku tym znajduje się najwyższa sumaryczna liczba sygnalizacji świetlnych, których działanie jest powodem najwyższych średnich strat czasu w ciągu linii T6. Poza sygnalizacją, na niską prędkość techniczną tramwaju oraz wysokie opóźnienia względem harmonogramu mają wpływ zły stan torowiska oraz występowanie odcinków współdzielonych z transportem indywidualnym. Szczególną uwagę zwraca średni przyrost opóźnienia na odcinku W21 dla kierunku 2, wynoszący aż 1,17 minuty (maksymalnie do 5 minut). Utrudnienia występujące na tym fragmencie mają charakter ciągły przez co eskalują na odcinki sąsiadujące. W opinii projektanta poprawa warunków ruchu na tym fragmencie miałaby największe przełożenie na ogólną efektywność ruchu tramwaju na linii T6.

Odcinek oznaczony jako W33 stanowi ostatni, długi na ok. 470m newralgiczny fragment trasy. Granicami odcinka są przystanki *Katowice Rondo* i *Katowice Rynek*. Sygnalizacja świetlna w głównej mierze odpowiada za utrudnienia odnotowywane w tym miejscu. Problemy te jednak mają charakter lokalny, nie przekładający się w dużym stopniu na efektywność w ciągu sąsiadujących odcinków.

Tab.14. Zestawienie danych ewaluacyjnych dla linii T6.

Wariant	Zestawienie czynników mogących mieć wpływ na opóźnienia tramwajów									Różnica prędkości średniej i normatywnej [km/h]		Miejsce w rankingu
	Liczba na danym odcinku				Występowanie					Kierunek 1	Kierunek 2	
	Zjazdy	Przejścia dla pieszych	Skrzyżowania (ogółem)	Skrzyżowania z sygnalizacją	Parkowanie	Odcinki współdzielone	Zły stan torowiska	Ręczna zmiana zwrotnicy	Inne czynności wykonywane przez motorniczego			
W2	1	1	1	1						9,33	4,97	4
W3		1	1	1						5,47	3,50	6
W4	1	2								4,20	6,07	13
W5	1	3								3,90	3,01	9
W6	1	4	1							5,54	4,02	12
W7	3	1	1		x	x	x			2,70	2,90	9
W8	3	3	7		x	x		x		2,11	4,48	13
W9		1	5			x				3,75	4,04	12
W10			2	2		x				7,34	8,15	1
W11	1									4,05	5,33	12
W12	1	1							x	3,58	4,78	19
W13	1		1	1						9,23	7,93	15
W14			1	1			x			7,87	7,45	20
W15	3	2	1	1			x			4,43	4,45	3
W16	3						x			6,45	5,35	15
W17	4	2					x			5,04	5,54	16
W18		1	2	1						4,37	4,07	18
W19		1	1				x			4,29	4,11	16
W20			3	1			x			3,72	3,96	4
W21		1	3	2	x	x				6,03	12,59	2
W22	2	1	1				x			5,19	4,43	19
W23			1	1			x			9,10	6,19	5
W24	1	1	1							3,91	4,52	18
W25		2	1				x			8,03	4,98	22
W26	3	1	1				x			5,62	7,70	23
W27			2	2			x			4,89	5,35	11
W28		1					x			8,29	9,16	24
W29		1	1	1			x			7,61	5,62	14
W30		1	1	1						10,14	9,94	6
W31			1	1						16,53	11,04	15
W32		1	2	1						9,79	2,51	8
W33		2	2	1					x	3,30	5,56	5
W34			1			x		x	x	5,41	6,52	10
W35		6	6	1	x					4,00	2,85	12
W36		1	4	1		x		x		6,12	5,10	11
W37		1	2	1				x		6,89	4,59	17
W38	1	1								7,18	5,86	15
W39		1	2	1						4,87	3,85	13
W40		1	1							9,03	6,92	21
W41			1	1						6,77	5,19	17
W42			2	1						5,38	9,93	16
W43			2	1						7,76	5,08	16
W44		2	1	1						4,03	5,17	7

4.2.2.2. Charakterystyka odcinków newralgicznych dla linii T7

W wyniku analiz przedstawionych w I etapie przedmiotowej analizy wyznaczono 3 główne newralgiczne fragmenty linii T7 (Tab.15) oraz jeden fragment wspólny z linią T15.

Pierwszy fragment, mierzący niespełna 430m, składa się z jednego odcinka międzyprzystankowego W2. Jest on zlokalizowany pomiędzy przystankami *Bytom Jagiellońska* i *Bytom Łagiewnicka*. Skala problemów występujących na tym odcinku pozwoliła uplasować go na drugim miejscu w rankingu. Za niską prędkość tramwaju w tym miejscu odpowiada w głównej mierze duża liczba skrzyżowań oraz konieczność współdzielenia pasa ruchu z transportem indywidualnym. Warto zaznaczyć, że na odcinku tym nie występuje znaczny przyrost opóźnienia tramwaju względem harmonogramu. Dla kierunku drugiego odnotowano średni ujemny przyrost opóźnienia. Oznacza to, że straty czasu zostały uwzględnione przy układaniu harmonogramu i tym samym, pomimo utrudnień tramwaj pojawia się na przystanku o czasie. Znacznie wyższe pozycje w rankingu zajmują odcinki sąsiadujące z W2, dlatego uznaje się, że utrudnienia na tym odcinku mają charakter lokalny.

Drugi fragment wyznaczony jako newralgiczny składa się z czterech kolejnych odcinków od W12 do W15. Jest to najdłuższy wskazany fragment linii T7. Mierzy około 2100 metrów, a jego granice wyznaczają przystanki *Piaśniki Osiedle Skalka* i *Świętochłowice Mijanka*. We wskazanym obszarze funkcjonuje 16 skrzyżowań z czego 4 wyposażone są w sygnalizację świetlną. Znaczne utrudnienia w ruchu tramwaju obserwuje się na skrajnych odcinkach W12 i W15. Powodem problemów jest w głównej mierze działanie sygnalizacji. Odnotowane na nich średnie straty czasu stanowią najwyższe zarejestrowane wartości na wszystkich badanych liniach. Dodatkowym czynnikiem wpływającym na pogorszenie warunków ruchu na odcinkach W13-W15 jest współdzielony pas z pojazdami transportu indywidualnego. W godzinach szczytu często uniemożliwia on swobodny ruch tramwaju. Ponadto w ciągu odcinków W14 i W15 wyznaczone są miejsca parkingowe, do których dojazd jest kolizyjny z ruchem tramwaju. Zdaniem projektanta multiplikacja czynników spowalniających ruch tramwaju na tak długim odcinku sugeruje, że poprawa warunków w tym miejscu powinna być przeprowadzona w pierwszej kolejności.

Ostatni newralgiczny fragment linii T7, mierzący 238 metrów, stanowi odcinek W37. Jego granice wyznaczają przystanki *Zawodzie Łączna* i *Zawodzie Centrum Przesiadkowe*. Jest to skrajny odcinek linii. W obszarze tym tramwaj przejeżdża przez jedno skrzyżowanie wyposażone w sygnalizację świetlną, na której nie zarejestrowano wysokich średnich strat czasu. W obu kierunkach odnotowuje się natomiast wysokie przyrosty opóźnienia w stosunku do harmonogramu. Niska różnica prędkości normatywnej i średniej dla kierunku 1, w parze z brakiem jednoznacznych czynników argumentujących wysokie opóźnienie, może świadczyć o nieprawidłowym oszacowaniu czasu przejazdu w harmonogramie. Natomiast dla kierunku drugiego za stosunkowo wysokie opóźnienia może odpowiadać sygnalizacja zlokalizowana na wyjeździe z zajezdni.

Ponadto w przypadku linii T7 zwraca się uwagę na fragment reprezentowany odcinkami W30-W32. Mierzy on około 1380 metrów i stanowi część wspólną linii T7 i T15. Jego granice wyznaczają przystanki *Katowice Dworzec PKP* i *Katowice Graniczna*. Wysokie wartości strat czasu na

skrzyżowaniach wyposażonych w sygnalizację oraz względnie wysokie różnice między prędkościami normatywnymi a średnimi wskazują na potencjał do wprowadzenia priorytetów.

Tab.15. Zestawienie danych ewaluacyjnych dla linii T7

Wariant	Zestawienie czynników mogących mieć wpływ na opóźnienia tramwajów									Różnica prędkości średniej i normatywnej [km/h]		Miejsce w rankingu
	Liczba na danym odcinku				Występowanie					Kierunek 1	Kierunek 2	
	Zjazdy	Przejścia dla pieszych	Skrzyżowania (ogółem)	Skrzyżowania z sygnalizacją	Parkowanie	Odcinki współdzielone	Zły stan torowiska	Ręczna zmiana zwrotnicy	Inne czynności wykonywane przez motorniczego			
W1		1	3		x	x		x		10,13	5,97	8
W2		1	3	2		x				6,07	6,85	2
W3	1	1								5,98	7,87	8
W4	2		2							7,52	17,71	20
W5	4	1	1							15,12	14,77	22
W6		2	1							19,94	6,03	21
W7	2	1	2	1						6,95	9,36	17
W8	1		1	1						9,12	4,16	6
W9		1	1	1						6,39	7,25	16
W10		1	1	1						8,00	8,20	17
W11	1		1							6,33	15,15	14
W12			2	2						4,37	5,88	1
W13	1		7	1		x				3,53	4,39	11
W14	2		3		x	x				5,16	5,98	20
W15	2		4	1	x	x		x		6,49	5,90	3
W16	5	2	3			x	x			4,07	4,16	9
W17	6	2	2	1		x				6,14	9,64	16
W18	3		2	1		x				7,07	6,85	7
W19	2	1	4			x				9,91	7,01	15
W20			2					x		6,35	5,28	11
W21		1	5	3				x		5,76	5,39	14
W22	3	2	1	1						6,52	7,00	19
W23	1									9,08	5,92	14
W24		2	1	1			x			5,48	6,43	10
W25		1	5	1		x				5,12	5,13	9
W26		1	2			x				5,39	6,02	13
W27		1	2	1		x				5,27	10,74	18
W28			5	2	x	x				5,30	4,40	5
W29			3	1	x	x		x		3,46	4,67	10
W30			1			x		x		4,43	3,54	9
W31			2	2	x					4,40	9,20	9
W32			2	2						7,74	5,51	6
W33		1								7,61	9,21	13
W34		2	1	1						7,08	7,55	15
W35		2	1	1						6,26	7,14	19
W36			1	1						7,04	7,28	12
W37		2	1	1						3,63	8,58	4

4.2.2.3. Charakterystyka odcinków newralgicznych dla linii T15

W wyniku analiz przedstawionych w I etapie przedmiotowej analizy wyznaczono 3 newralgiczne fragmenty linii T15 (Tab.16).

Pierwszy newralgiczny fragment linii T15 tworzą odcinki W2-W4, mierzące w sumie około 1380 metrów. Jego granice stanowią przystanki *Katowice Dworzec PKP* i *Katowice Graniczna*. W obszarze tym tramwaje poruszają się z niewielką prędkością w stosunku do pozostałych odcinków. Cztery sygnalizacje zlokalizowane w ciągu przedmiotowego fragmentu linii są powodem najwyższych strat czasu na całej linii. W konsekwencji odcinki W3 i W4 wykazują wysokie opóźnienie względem harmonogramu. Podkreślić należy jednak względnie duże różnice między prędkościami średnimi rozwijanymi przez tramwaje a prędkościami normatywnymi. Stanowią one wiarygodne przesłanki o wysokim potencjale fragmentu linii do wprowadzenia priorytetów dla tramwajów. Fragment ten stanowi część wspólna linii T7 i T15. Dlatego w opinii projektanta odcinek ten powinien być rozpatrywany w dalszych analizach w pierwszej kolejności.

Kolejny wskazany w wyniku etapu pierwszego fragment, dotyczy odcinków W8-W11. Mierzy blisko 1400 metrów i jego granice wyznaczają przystanki *Zawodzie Ośrodek Sportowy* i *Szopienice Roździeńska*. W obszarze tym funkcjonują 2 skrzyżowania, w tym oba wyposażone w sygnalizacje świetlną. Straty czasu ponoszone na nich przez tramwaje nie należą do grupy najwyższych zarejestrowanych dla linii T15. Pomimo niskich strat na sygnalizacji, tramwaje wykazują znaczne przyrosty opóźnienia na przystankach. Może mieć na to wpływ m.in.: niedopasowany odpowiednio rozkład jazdy, zły stan torowiska, bądź częsta konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrotnicy przez motorniczego.

Ostatni newralgiczny fragment linii T15 jest złożony z odcinków W20 i W21, mierzących w sumie około 1100 metrów. Jego granice wyznaczają przystanki *Sosnowiec Brynica* i *Sosnowiec Sobieskiego*. Znajdują się tu 3 skrzyżowania z czego 2 wyposażono w sygnalizacje świetlną. Nie stanowią one jednak dużego utrudnienia z punktu widzenia strat czasu. Problemy w tym miejscu związane są głównie z wysokimi wartościami przyrostów opóźnienia względem harmonogramu. Na taki stan rzeczy wpływa stan infrastruktury oraz panująca organizacja ruchu. Na prawie całym odcinku W20 wyznaczone są miejsca parkingowe, do których dojazd jest kolizyjny z trasą tramwaju. Ponadto na całej jego długości tramwaj współdzieli pas ruchu z pojazdami transportu indywidualnego. Z kolei na odcinku W21 odnotowuje się zły stan torowiska. Ponadto często występuje w tym miejscu konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrotnicy przez motorniczego.

Tab.16. Zestawienie danych ewaluacyjnych dla linii T15.

Wariant	Zestawienie czynników mogących mieć wpływ na opóźnienia tramwajów									Różnica prędkości średniej i normatywnej [km/h]		Miejsce w rankingu
	Liczba na danym odcinku				Występowanie					Kierunek 1	Kierunek 2	
	Zjazdy	Przejścia dla pieszych	Skrzyżowania (ogółem)	Skrzyżowania z sygnalizacją	Parkowanie	Odcinki współdzielone	Zły stan torowiska	Ręczna zmiana zwrotnicy	Inne czynności wykonywane przez motorniczego			
W1			1	1		x		x		24,14	7,04	6
W2			1			x		x		8,05	3,90	5
W3			2	2	x					7,78	9,88	5
W4			2	2						7,96	5,31	1
W5		1								8,15	8,85	7
W6		2	1	1						6,84	7,29	11
W7		2	1	1						6,27	7,19	12
W8			1	1						6,82	7,88	5
W9		2	1	1						3,35	5,89	2
W10								x	x	7,61	3,05	4
W11	2	1					x	x		3,10	4,27	2
W12	1						x	x		11,35	7,90	10
W13	4	1	1	1		x				5,41	8,69	14
W14		2	5			x	x			3,70	5,49	9
W15		2	1		x	x				8,01	8,65	11
W16		2	4	1	x	x				3,66	11,15	6
W17		1	2			x		x		5,59	8,87	8
W18	1	2	1			x				7,42	8,50	13
W19	7	3	1			x				5,47	7,55	12
W20	4	1	1		x	x				7,99	6,18	5
W21			2	2			x	x		3,34	7,44	3
W22			1	1					x	6,43	6,89	15
W23	1		1	1						10,28	6,92	6
W24	2							x		5,67	6,82	7
W25	1	1								9,15	9,83	12
W26			1							7,76	8,75	14
W27	1									5,80	5,85	10
W28										9,73	7,23	9

4.3. Wnioski i rekomendacje do symulacji ruchu

Wszystkie otrzymane parametry czasowe oraz ranking odcinków wprowadzono do systemu informacji geograficznej (GIS), który służy do przechowywania i analizowania danych powiązanych ze współrzędnymi geograficznymi. Do bazy danych GIS wprowadzono informacje o utrudnieniach, uzyskane na podstawie przeprowadzonych badań oraz te dostarczone przez podmioty odpowiedzialne za zarządzanie drogami. Wzbogacono je informacjami udostępnionymi przez Tramwaje Śląskie.

Przetworzone dane oraz otrzymane wyniki przedstawiono na załączonych podkładach mapowych (mapy 1.1 – 1.10). Na mapach 1.1 – 1.7 ukazano rozmieszczenie wybranych cech badanej sieci. Na Mapie 1.8 za pomocą kolorowych wstęg przedstawiono rozkład najważniejszych parametrów, wykorzystanych do oceny odcinków: prędkości, przyrostu opóźnienia i strat czasu na sygnalizacji. Kolor czerwony został użyty do wskazania miejsc generujących największe straty. Szczególne znaczenie mają mapy 1.9 i 1.10. Na pierwszej znajduje się wstęga, pokazująca miejsce danego odcinka w rankingu uzyskanym z metody Electre. Natomiast na drugiej wyszczególniono jedynie te fragmenty które uznano w rezultacie etapu pierwszego jako newralgiczne.

W oparciu o wszystkie zebrane dane oraz analizy, do mikrostymulacji ruchu zarekomendowano następujące fragmenty poszczególnych linii:

- Linia T6: W20 – W23,
- Linia T7: W12 – W15, W30 – W32,
- Linia T15: W2 – W4.

Wyboru dokonano mając na uwadze, znaczenie sygnalizacji świetlnej jako czynnika determinującego jakość funkcjonowania komunikacji zbiorowej w obszarach miejskich.

5. ANALIZY SYMULACYJNE WYBRANYCH FRAGMENTÓW LINII T6, T7, T15

5.1. Wprowadzenie

W rezultacie pierwszego etapu projektu, będącego przedmiotem zamówienia, przystąpiono do kolejnego polegającego na wykonaniu szczegółowych analiz symulacyjnych ruchu odbywającego się w obszarze analizowanych linii tramwajowych.

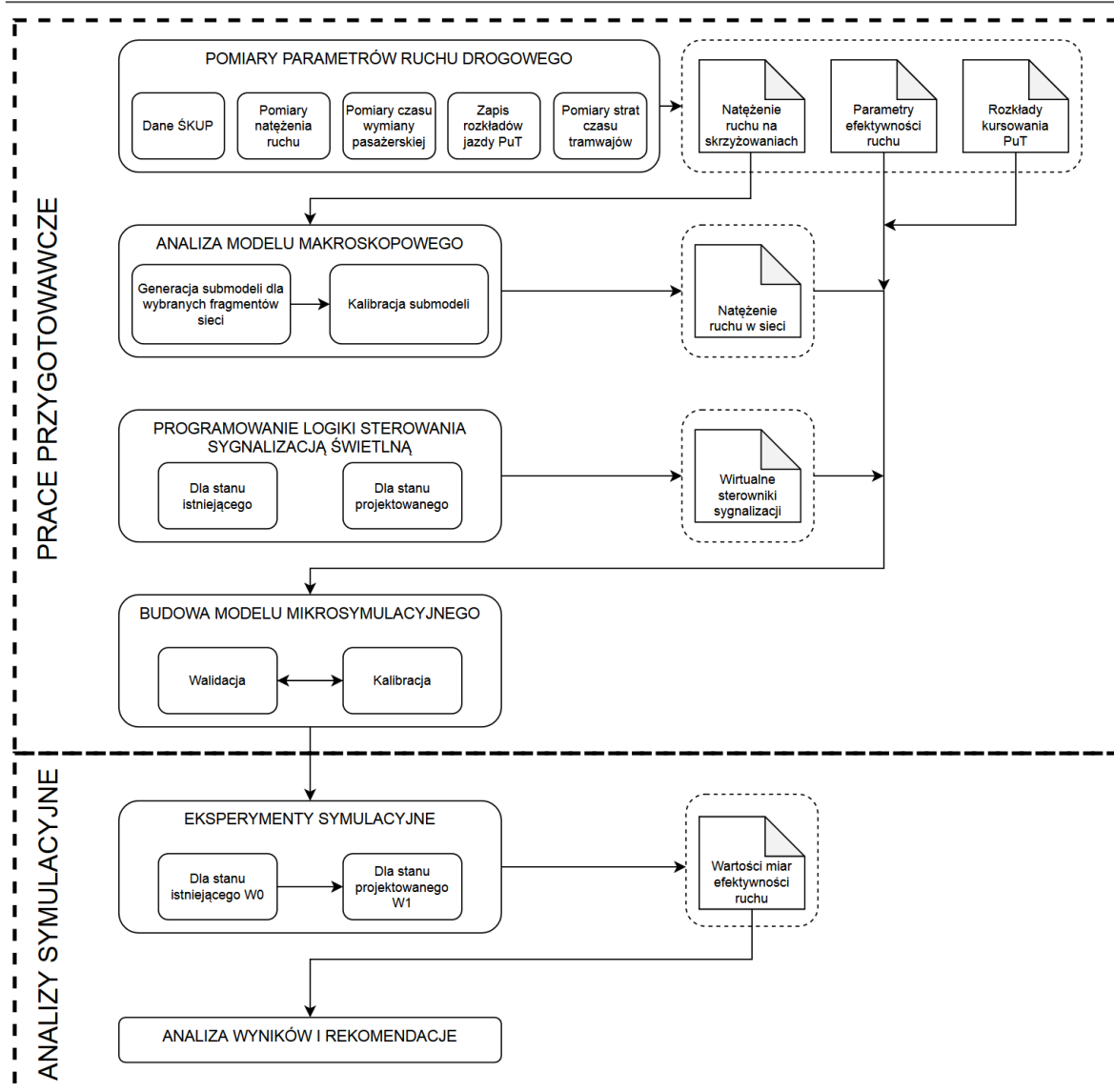
W przypadku linii T6 oraz T15, w porozumieniu z Zamawiającym dokonano zmiany odcinków przeznaczonych do symulacji. Zmiana ta związana jest z prowadzonymi na terenie Katowic oraz Chorzowa pracami mającymi na celu wprowadzenie scentralizowanych, obszarowych systemów sterowania ruchem. Oznacza to, że efektywność ruchu pojazdów, zarówno transportu indywidualnego jak i publicznego, odbywającego się w tych częściach Metropolii będzie znacząco różniła się od warunków zastanych w czasie wykonywanych analiz w pierwszym etapie. Podczas konsultacji z Zamawiającym oraz jednostkami zarządzającymi drogami na terenie Chorzowa oraz Katowic ustalono, że działanie wdrażanych systemów ITS zakłada m.in. wprowadzenie priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego. Wobec czego zdecydowano, że analizie symulacyjnej należy poddać te fragmenty linii, które nie są objęte systemem ITS, lub nie będą nim objęte w najbliższym czasie oraz zostały oznaczone w dotychczasowej analizie również jako newralgiczne. Takie podejście pozwoli w sposób skoordynowany z trwającymi już inwestycjami, usprawnić ruch tramwajów poruszających się na terenie Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii.

W związku z tym, ostatecznie do analizy symulacyjnej zarekomendowano następujące fragmenty poszczególnych linii:

- **Linia T6: W2 – W3, W10, W15**
- **Linia T7: W12 – W15,**
- **Linia T15: W20 – W21.**

5.2. Przyjęta metodologia analiz symulacyjnych

Analizy symulacyjne będące przedmiotem niniejszego opracowania zostały wykonane w celu określenia poziomu redukcji strat czasu tramwaju na skutek wprowadzenia zmian w sposobie sterowania ruchem na wskazanych fragmentach linii tramwajowych, przy jednoczesnej analizie warunków ruchu dla pozostałych uczestników ruchu. Zadanie zostało zrealizowane zgodnie z przyjętą metodyką badań, której reprezentacją jest Rys. 32. Przebieg prac dla każdego analizowanego odcinka najogólniej można podzielić na dwa główne etapy: prac przygotowawczych oraz analiz symulacyjnych.



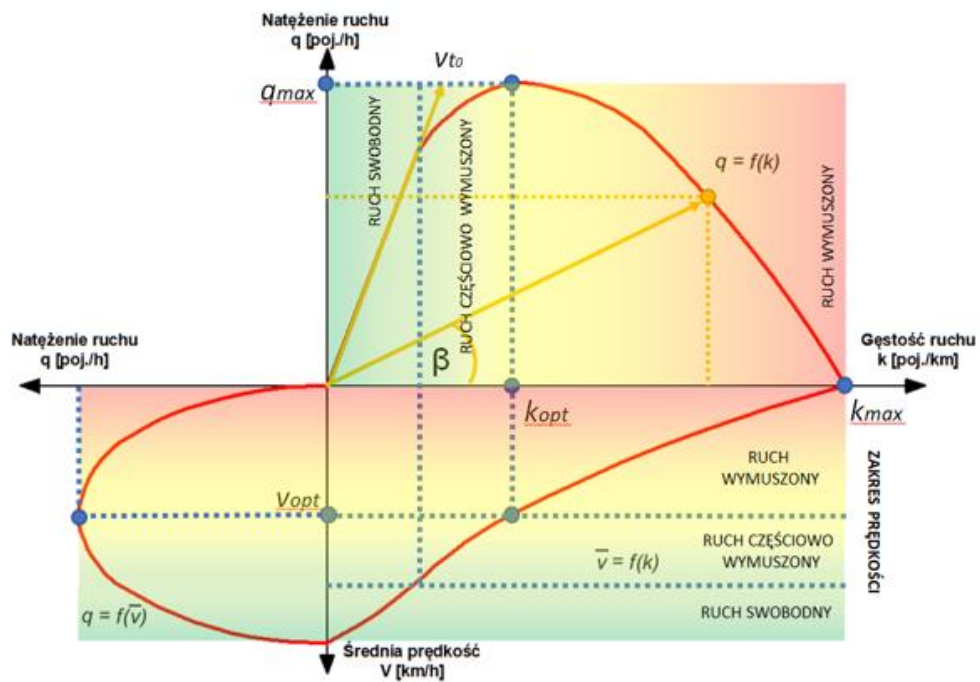
Rys. 32. Metodyka realizacji badań symulacyjnych.

5.2.1. Charakterystyka prac przygotowawczych

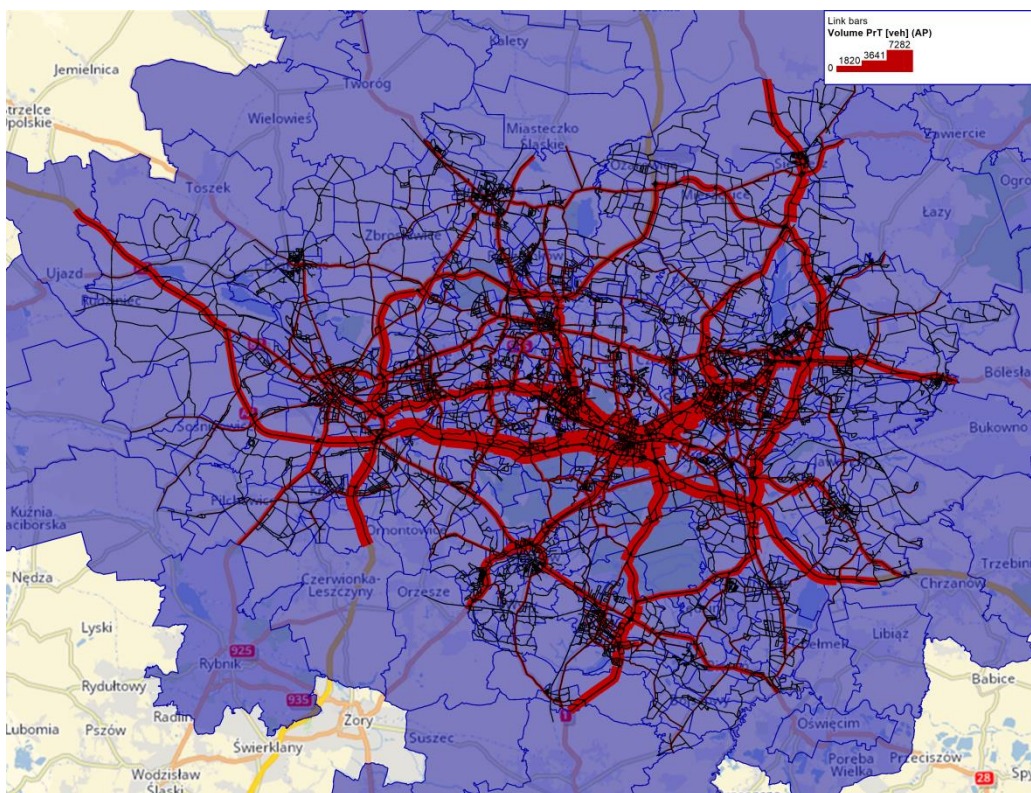
W skład pierwszego etapu wchodzi wszelkie czynności mające na celu zbudowanie w narzędziu PTV Vissim miarodajnych modeli mikroskopowych, najpierw dla stanu istniejącego, następnie projektowanego. Oznacza to zebranie wszystkich potrzebnych danych wejściowych do modelu, m.in. natężenia ruchu w sieci, czasów przejazdów, rozkładów kursowania pojazdów publicznego transportu zbiorowego, założeń logiki sterowania sygnalizacją świetlną, itd.

Popytową część każdego modelu mikroskopowego, tj. natężenia ruchu na poszczególnych relacjach uzyskano na drodze analiz makroskopowego modelu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii przekazanego przez Zamawiającego. Został on wykonany w narzędziu PTV Visum i służy do analiz transportowych na strategicznym poziomie szczegółowości. Oznacza to, że odzwierciedla on przepływy potoków ruchu odbywającego się w sieci transportowej w sposób uogólniony.

Charakterystyka ruchu w modelu makroskopowym bazuje głównie na zależnościach pomiędzy natężeniem, gęstością i prędkością potoków ruchu (Rys. 33).



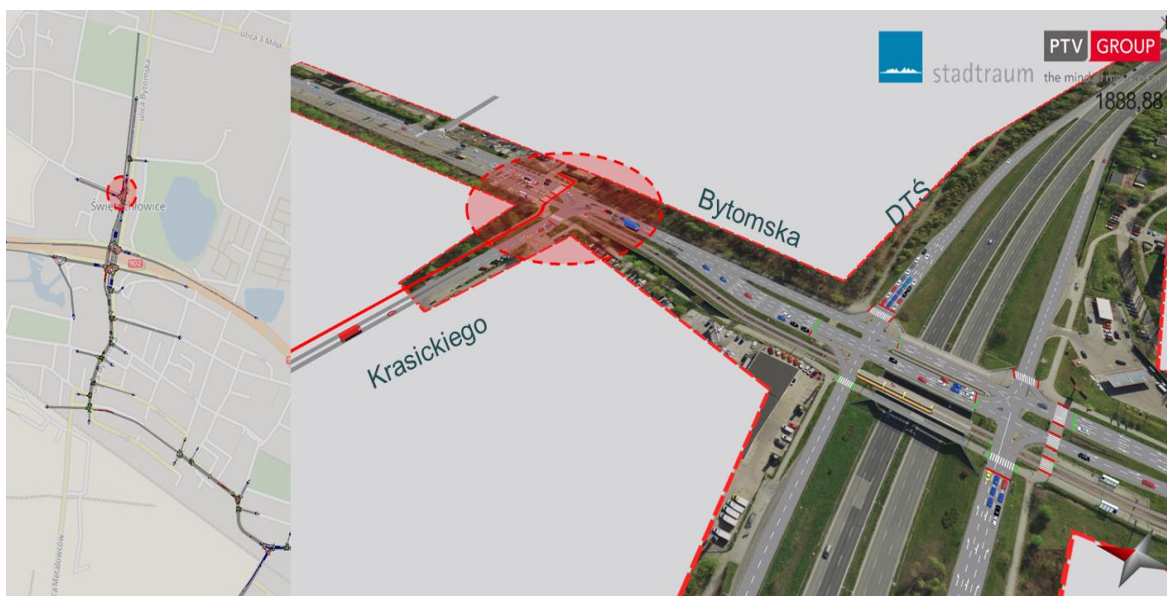
Rys. 33. Fundamentalny wykres ruchu



Rys. 34. Makroskopowy model ruchu Górnośląsko-Zagłębiowskiej Metropolii

W trakcie prac, z modelu całej Metropolii, którego reprezentacją stanowi Rys. 34, wygenerowano mniejsze submodele, obejmujące jedynie te fragmenty sieci, które były istotne z perspektywy realizacji zadania. Następnie modele te skalibrowano przy pomocy wyników zmierzonego natężenia ruchu na poszczególnych węzłach, w wyniku czego uzyskano macierze OD (*ang. Origin-Destination Matrix – Macierz Źródła-Celu*), zawierające informacje nt. ruchu pomiędzy poszczególnymi węzłami skrajnymi modelu. Macierze te następnie zostały zaimplementowane w odpowiednich modelach mikrosymulacyjnych. Do dalszych analiz wykorzystano natężenia występujące w czasie popołudniowego szczytu komunikacyjnego, dla którego warunki ruchu pojazdów w trakcie analiz okazały się najgorsze.

Podażową część każdego modelu mikrosymulacyjnego, tj. układ sieci drogowej oraz system sterowania ruchem zostały stworzone na podstawie funkcjonujących projektów organizacji ruchu przekazanych przez Zamawiającego, ortofotomap wysokiej rozdzielczości oraz pomiarów własnych wykonawcy. Podczas budowy modelu szczególną uwagę zwrócono na działania mające na celu zapewnienie pojazdom swobodnego ruchu w przekroju drogi, tak aby zminimalizować ryzyko wykonywania przez nienaturalnych, bądź niezgodnych z przepisami manewrów, mogących wpłynąć na wynik symulacji. Efekt ten uzyskano stosując odpowiednio połączenia pomiędzy poszczególnymi obiektami składowymi modelu. Na relacjach skrętnych oraz łukach uwzględniono ograniczenia prędkości, a także zasady pierwszeństwa dla relacji kolizyjnych. Stosując wszystkie te zabiegi dążono do sytuacji, w której ruch odbywający się w symulowanej sieci drogowej reprezentował poziom szczegółowości pozwalający na miarodajną ocenę analizowanych wariantów. Ostatnimi zaimplementowanym elementami sieci były wirtualne sterowniki sygnalizacji świetlnej wykonane w narzędziu LISA+. Fragment przykładowego modelu mikrosymulacyjnego został ukazany na Rys. 35.



Rys. 35. Mikrosymulacyjny model wykonany w narzędziu PTV Vissim.

Po implementacji wszystkich elementów składowych poszczególnych modeli, w kolejnym kroku w ramach iteracyjnego procesu walidacji, przeprowadzono szereg symulacji testowych,

a następnie dokonano niezbędnej kalibracji modeli. Celem tego etapu było zapewnienie prawidłowego funkcjonowania modelu (w tym uzyskania warunków zbieżności¹⁰), systemu detekcji, programów sygnalizacji oraz zachowań uczestników ruchu. W konsekwencji po osiągnięciu pozytywnego wyniku walidacji przystąpiono do przeprowadzenia ostatecznych eksperymentów symulacyjnych.

5.2.2. Charakterystyka etapu analiz symulacyjnych

Wszystkie modele, reprezentujące zarówno stan istniejący infrastruktury oraz stan projektowany poddano serii 15 eksperymentów symulacyjnych. Pojedynczy eksperyment został podzielony na trzy części:

- **przygotowawczą** (poprzedzającą godzinę szczytu) – jest to trwający 30 minut etap, polegający na wypełnieniu sieci pojazdami w celu uzyskania typowych dla obszaru analizy warunków ruchowych. Ruch pojazdów odbywający się w tym etapie nie był brany pod uwagę w ocenie.
- **właściwą symulację** – trwający 60 minut etap odzwierciedlający warunki panujące w czasie szczytu komunikacyjnego, podczas którego ruch pojazdów oceniany jest względem wybranych kryteriów efektywnościowych.
- **rozładowanie** – trwający 30 minut, końcowy etap symulacji. Ma na celu sprawdzenie, czy na skutek działającej organizacji ruchu i systemu sterowania, modelowy układ drogowy był w stanie obsłużyć wszystkie wygenerowane w czasie poprzedniego etapu podróże, przy jednoczesnym braku występowania zjawiska propagacji kongestii transportowej.

W czasie symulacji warunki ruchowe pojazdów publicznego transportu zbiorowego (PuT) jak i transportu indywidualnego (PrT) oceniano przede wszystkim pod kątem następujących miar efektywności:

- średnich strat czasu – zarówno dla całej sieci, poszczególnych skrzyżowań jak i poszczególnych relacji skrętnych,
- średnich długości kolejek na wlotach skrzyżowań,
- średnich strat czasu tramwajów wynikających z pełnego zatrzymania.

W konsekwencji porównano otrzymane wyniki i sformułowano stosowne wnioski, które zostały scharakteryzowane w kolejnych punktach.

¹⁰ Zbieżność modelu – zostaje osiągnięta gdy kolejne iteracje testowe symulacji nie prowadzą do istotnych zmian w zachowaniu symulowanych pojazdów.

5.3. Charakterystyka realizacji badań symulacyjnych dla poszczególnych fragmentów linii T6, T7, T15

5.3.1. Linia T6 – Odcinek W2 – W3

5.3.1.1. Charakterystyka stanu istniejącego i wprowadzonych zmian

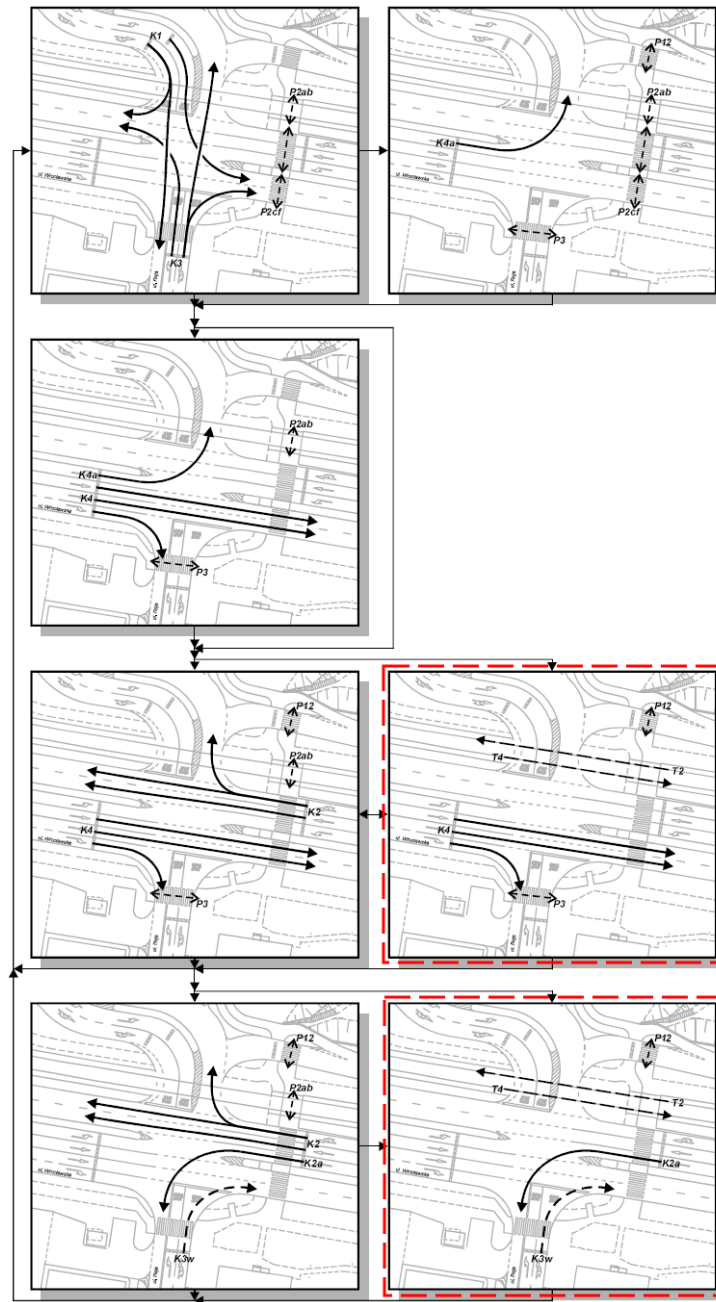
Przedmiotowy odcinek znajduje się na terenie Bytomia i mierzy około 715 metrów. Stanowi skrajny odcinek trasy linii T6, zlokalizowany przy pętli tramwajowej. Jego granice wyznaczają przystanki *Bytom Szkoła Medyczna* i *Bytom Wallisa*. Głównym powodem problemów z płynnością ruchu tramwajów w tym miejscu jest działanie sygnalizacji świetlnych na skrzyżowaniach: Wrocławska-Reja, Wrocławska - Łużycka. Wskazują na to stosunkowo wysokie straty czasu odnotowane w trakcie badań terenowych. Występują one przy jednoczesnym nie odnotowaniu innych czynników mogących wpływać na opóźnienie.

Bytom Wrocławska-Reja

Skrzyżowanie Wrocławska-Reja jest skrzyżowaniem czterowlotowym. Na każdym wlocie dopuszczony jest ruch w obu kierunkach. Torowisko tramwajowe przecina tylko północny wlot ul. Wrocławskiej, co sprzyja wprowadzeniu priorytetów.

Na wlocie wschodnim (ul. Wrocławska) wyznaczono trzy pasy ruchu: jeden do skrętu w lewo, jeden do jazdy na wprost oraz jeden do jazdy na wprost i w prawo. W obecnie działającym programie akomodacyjnym umożliwiono załączenie grup tramwajowych równocześnie z równoległą grupą kołową (samochodową), ale wyłącznie na początku sygnału zielonego w tej grupie. Taki rodzaj sterowania zapewnia względne bezpieczeństwo w punkcie kolizji. Zarówno tramwaj jak i samochód ruszają po sygnale czerwonym i w związku z tym, w obszarze tego punktu poruszają się z małą prędkością. Niestety ogranicza to długość sygnału zielonego dla tramwaju. W celu poprawy tej niekorzystnej sytuacji wprowadzono możliwość drugiego załączenia grup tramwajowych w cyklu, co zaprezentowano na załączonym układzie faz (Rys. 36).

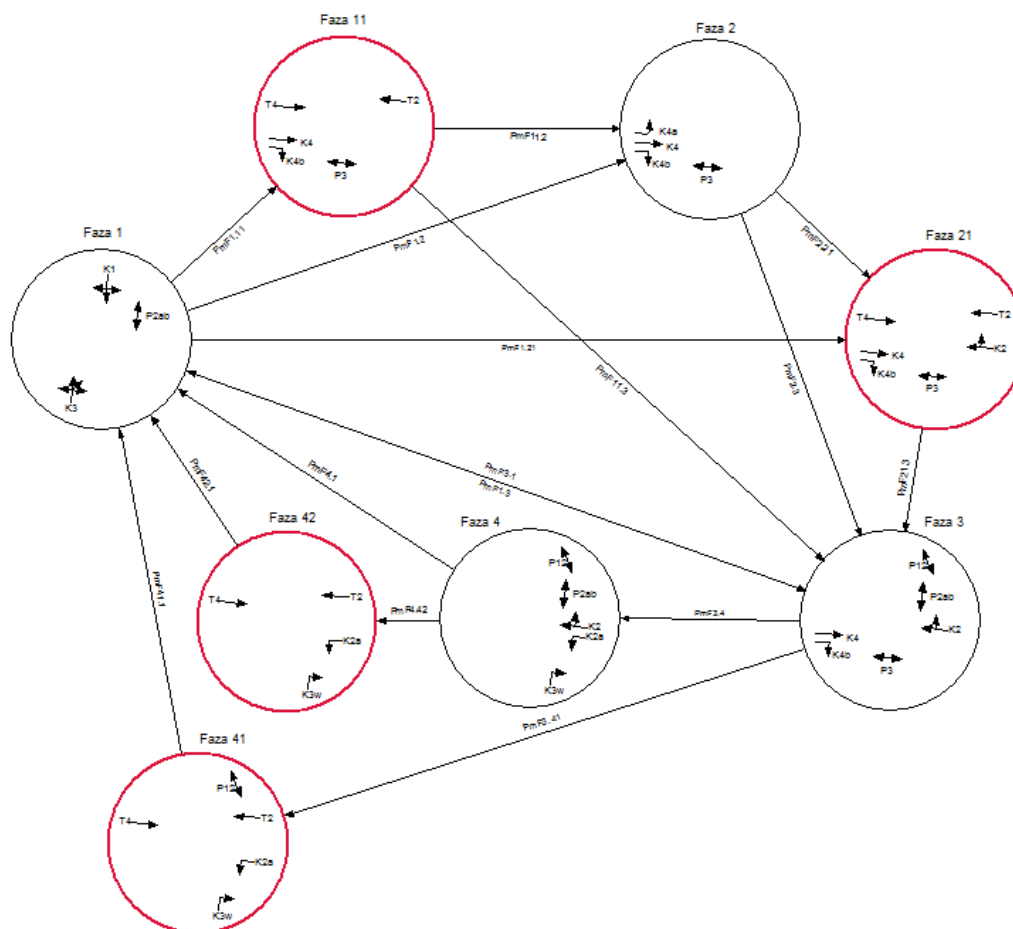
Program na skrzyżowaniu Wrocławska-Reja działa w koordynacji z programem na skrzyżowaniu Wrocławska-Łużycka znajdującym się ok 380m na wschód, co pozwala ograniczyć liczbę zatrzymań pojazdów transportu indywidualnego i w konsekwencji ich straty czasu.



Rys. 36. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej i Reja w Bytomiu (Stan istniejący)

W ramach opracowania nowego programu sygnalizacji, zdecydowano się utrzymać warunki koordynacji dla transportu indywidualnego. Poprawę efektywności publicznego transportu zbiorowego zapewniono poprzez zwiększenie liczby faz obsługujących tramwaje z dwóch do czterech. Dzięki czemu, po każdej fazie podstawowej może zostać załączona faza priorytetowa dla tramwajów (Rys. 37).

Możliwość załączenia fazy tramwajowej w każdym momencie cyklu może w pewnym zakresie pogorszyć warunki koordynacji dla pojazdów, jednak umożliwia znaczne skrócenie czasu oczekiwania dla tramwajów.



Rys. 37. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej i Reja w Bytomiu (Stan projektowany)

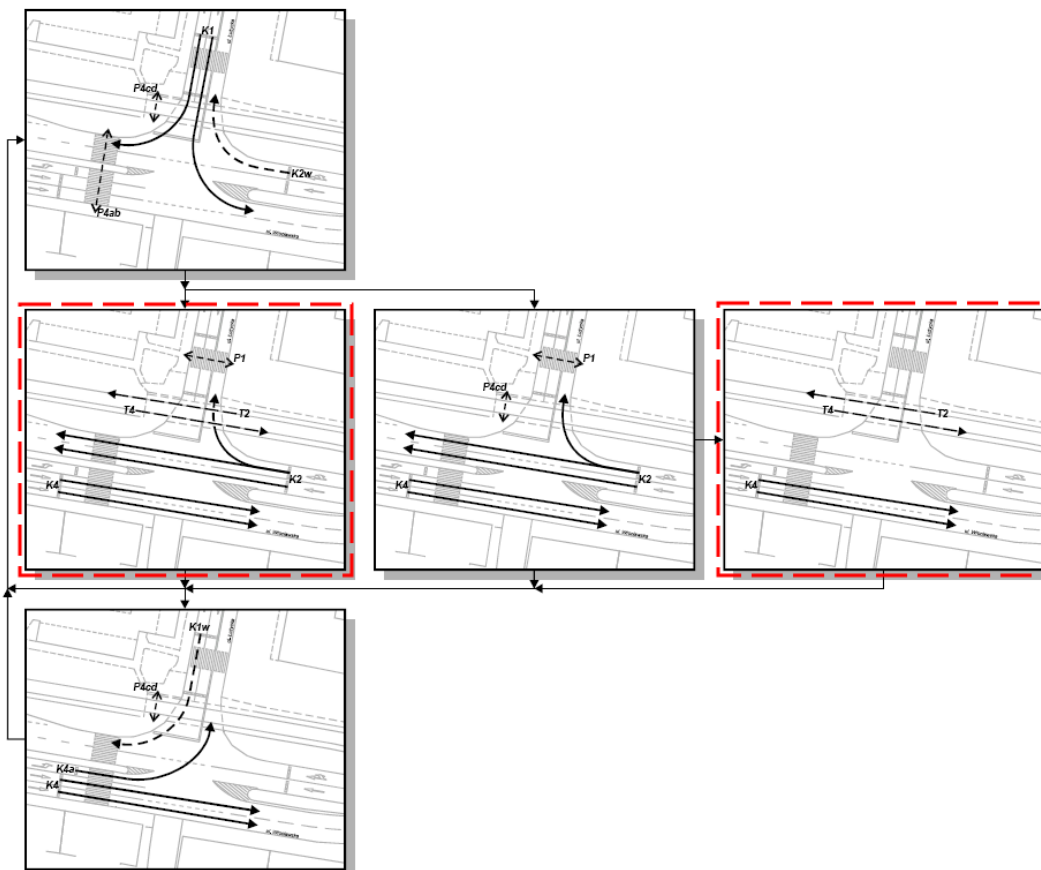
Ponadto przeanalizowano również możliwość zmiany systemu detekcji dla tramwajów. Po wschodniej stronie skrzyżowania znajduje się detektor wzbudzany przez tramwaj na przystanku. Wprowadzenie bardziej oddalonych detektorów nie ma więc sensu, ponieważ tramwaj i tak musi zatrzymać się na opisywanym przystanku w celu wymiany pasażerów. Z kolei po stronie zachodniej skrzyżowania znajduje się dodatkowy detektor radarowy wykrywający tramwaje z odległości kilkudziesięciu metrów. Tuż przed strefą wykrywania tramwajów znajduje się pętla, z której tramwaje rozpoczynają kurs. W związku z tym, w momencie dotarcia do strefy detekcji nie poruszają się one z maksymalną prędkością. Uznano więc, że lokalizacja istniejącego detektora jest wystarczająca do efektywnego wykrycia tramwaju.

Takie rozwiązanie pozwoli osiągnąć zyski czasowe dla tramwaju na poziomie średnio ok. 14 sekund dla kierunku 1 i 25 sekund dla kierunku 2. Dokładna charakterystyka osiągniętych rezultatów stanowi zawartość punktu 5.3.1.2.

Bytom Wrocławska-Łużycka

Skrzyżowanie Wrocławska-Łużycka jest skrzyżowaniem trójwlotowym. Kierunek główny, obciążony najwyższymi wolumenami natężenia przebiega wzdłuż ul. Wrocławskiej. Na zachodnim wlocie, skręt w ulicę Łużycką, dopuszczony jest z wydzielonego lewoskrętu, sterowanego sygnalizatorem kierunkowym. Ze wschodu relacja skrętna możliwa jest z zewnętrznego pasa, współdzielonego z relacją na wprost. Program sygnalizacji na skrzyżowaniu Wrocławska-Łużycka pracuje w koordynacji z programem na skrzyżowaniu Wrocławska-Reja, co znacznie ogranicza straty czasu dla transportu indywidualnego w ciągu ul. Wrocławskiej.

Równoległe do ul. Wrocławskiej, po jej północnej stronie biegnie torowisko tramwajowe. Przecina ono prostopadłe jedynie wlot ul. Łużyckiej, co daje potencjał do uprzywilejowania ruchu tramwajów. Przed samym skrzyżowaniem, po obu stronach ul. Łużyckiej znajdują się przystanki tramwajowe, przy których zlokalizowano detektory wykrywające tramwaje. Biorąc pod uwagę konieczność zatrzymywania się ich w celu wymiany pasażerskiej, uznano, że wprowadzenie dodatkowych, bardziej oddalonych detektorów nie przyniesie wymiernych korzyści. Aktualnie działający program sygnalizacji umożliwia załączenie sygnału zezwalającego dla tramwaju dwa razy w cyklu (Rys. 38).

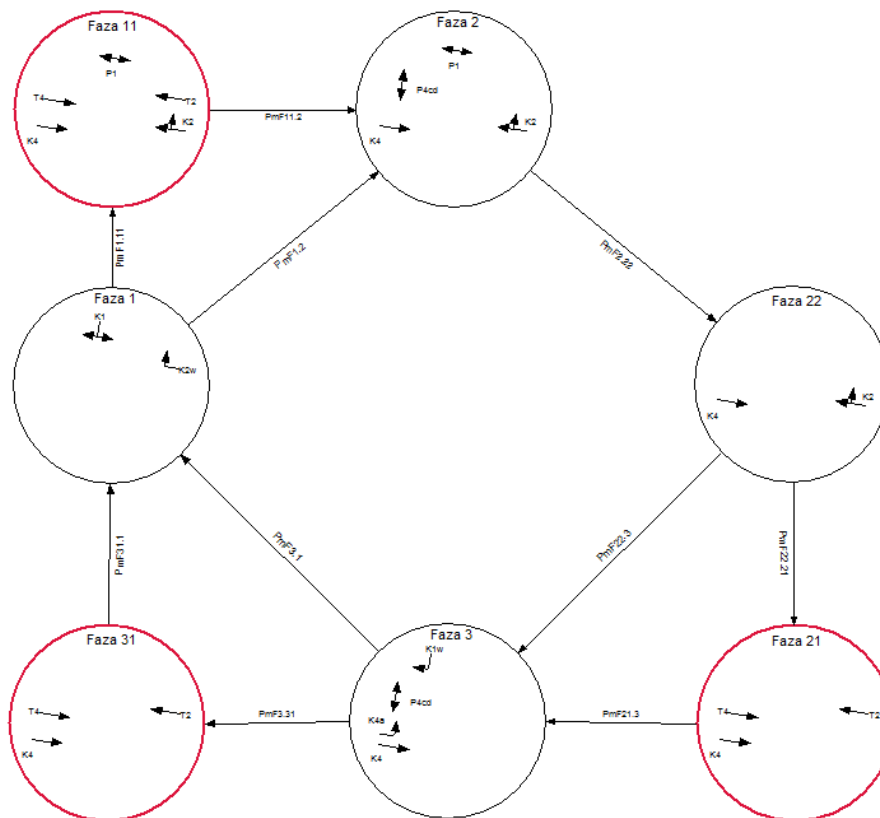


Rys. 38. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej i Łużyckiej w Bytomiu (Stan istniejący)

Z uwagi na obecność dopuszczalnej kolizji pomiędzy pojazdami skręcającymi w prawo z ul. Wrocławskiej a tramwajami, sygnał zezwalający dla tramwajów załączany równocześnie

z grupą kołową (samochodową) K2 na wlocie wschodnim, może zostać uruchomiony tylko na początku sygnału zielonego grupy K2. Taki rodzaj sterowania zapewnia względne bezpieczeństwo w punkcie kolizji, ponieważ zarówno tramwaj jak i samochód ruszają po sygnale czerwonym i w związku z tym poruszają w obszarze tego punktu się z niską prędkością. Działanie to ogranicza w pewnym stopniu długość sygnału zielonego dla tramwaju, jednak możliwość drugiego załączenia grup tramwajowych w cyklu poprawia ostatecznie efektywność ruchu tramwaju.

W projektowanym programie zdecydowano o utrzymaniu koordynacji pomiędzy sterownikami sąsiadujących sygnalizacji. W ramach zwiększenia priorytetu, do dotychczasowych dwóch faz obsługujących ruch tramwaju, dołożono trzecią (Rys. 39). Ponadto, w zaprojektowanym algorytmie przewidziano możliwość skrócenia faz kolizyjnych z tramwajem w przypadku wykrycia odpowiedniego zgłoszenia. Działania te realnie ograniczą straty czasu dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

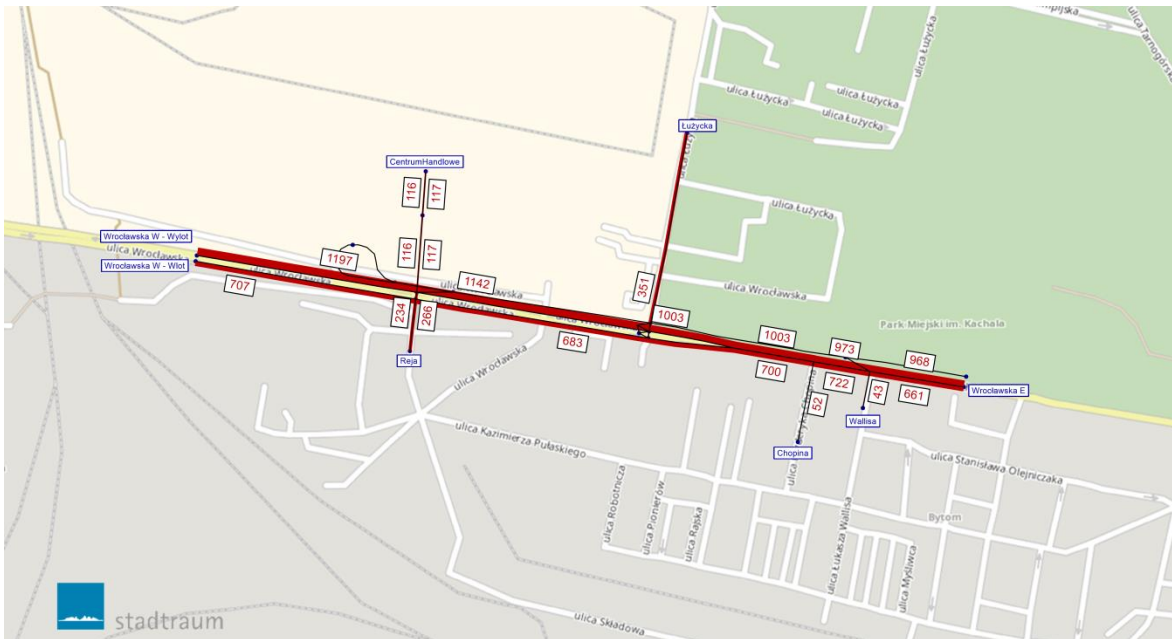


Rys. 39. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej i Łużyckiej w Bytomiu (Stan projektowany)

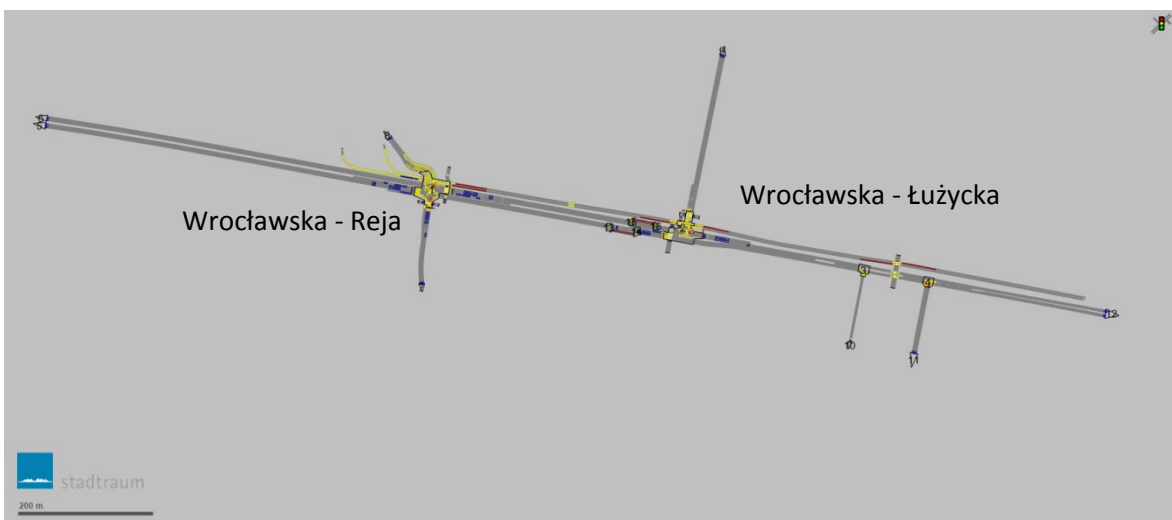
Takie rozwiązanie pozwoli osiągnąć zyski czasowe dla tramwaju na poziomie średnio ok. 20 sekund dla obu kierunków. Dokładna charakterystyka osiągniętych rezultatów stanowi zawartość punktu 5.3.1.2.

5.3.1.2. Charakterystyka uzyskanych rezultatów

Zgodnie z założeniami przyjętej metodyki prace nad modelem mikro symulacyjnym poprzedzone były analizą modelu makroskopowego w celu uzyskania wartości natężenia poszczególnych potoków ruchu w obszarze analiz. Po wygenerowaniu submodelu oraz jego kalibracji względem pomiarów ruchu, uzyskano rozkład natężenia przedstawiony na Rys. 40. Następnie, z wykorzystaniem narzędzia LISA+, przystąpiono do programowania wirtualnych sterowników sygnalizacji dla stanu istniejącego oraz projektowanego. Równoległe opracowano strukturę modelu mikrosymulacyjnego, którego reprezentacją graficzną jest Rys. 41.

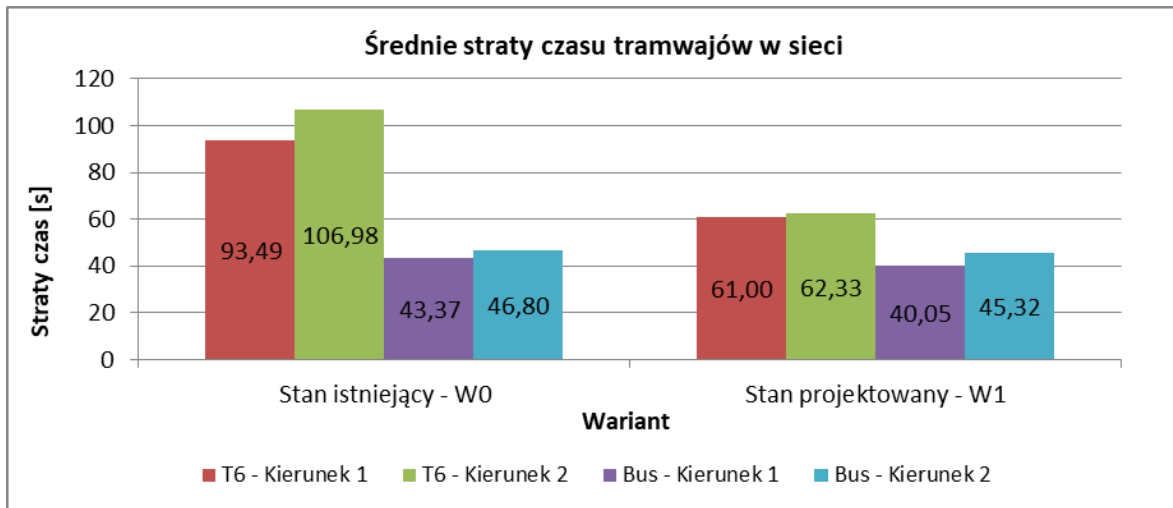


Rys. 40. Rozkład natężenia ruchu transportu indywidualnego (PrT) w czasie godziny szczytu dla odcinka W2-W3 linii T6 w narzędziu PTV Visum



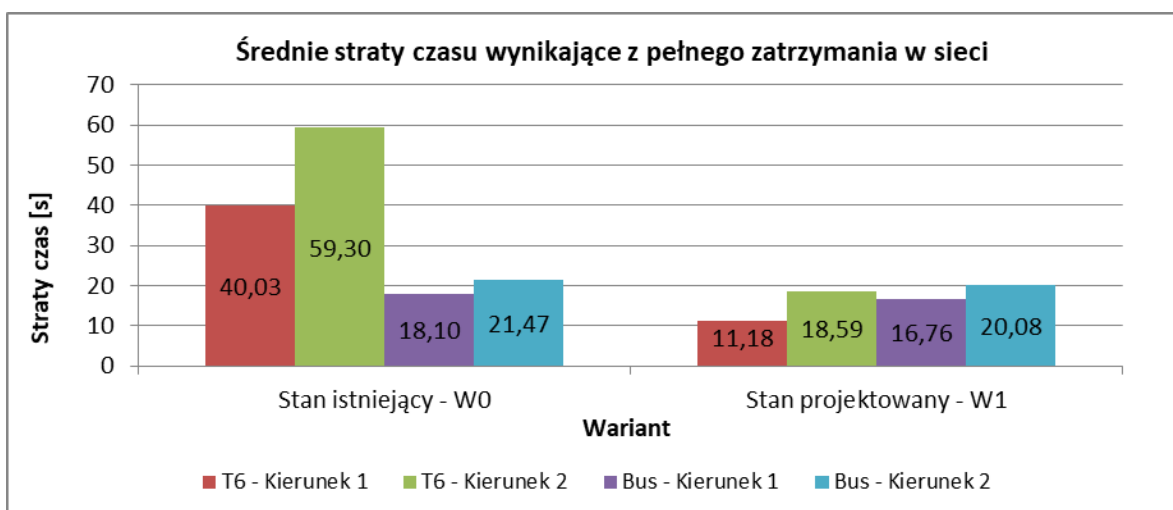
Rys. 41. Struktura modelu mikrosymulacyjnego dla odcinka W2-W3 linii T6 w narzędziu PTV Vissim

Ostatecznie po przeprowadzeniu serii eksperymentów uzyskano wyniki dotyczące efektywności ruchu w modelowej sieci transportowej. Wprowadzenie przedstawionych usprawnień pozwoliło znacznie zredukować straty czasu tramwajów linii T6 osiąganych w badanym fragmencie sieci (Rys. 42). Dla kierunku 1 uzyskano spadek wartości tego parametru na poziomie 34%, natomiast dla kierunku 2, 42%. Ponadto, takie wyniki udało się osiągnąć bez pogorszenia charakterystyk czasowych ruchu autobusowego, który na badanym odcinku jest dość intensywny.



Rys. 42. *Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1*

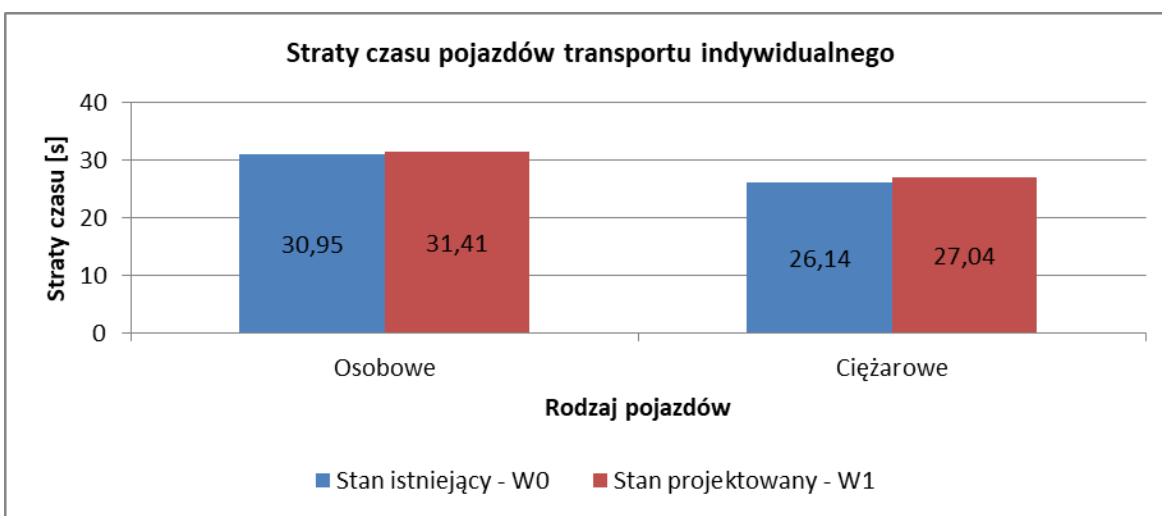
Rezultaty w zakresie strat czasu osiąganych przez pojazdy transportu publicznego w wyniku pełnego zatrzymania są jeszcze bardziej optymistyczne (Rys. 43). Pod tym względem, na skutek wprowadzonych usprawnień, dla tramwajów linii T6 można osiągnąć redukcję strat czasu na poziomie około 70% (Kierunek 1 – 72%, Kierunek 2 – 68%). Dla autobusów zaobserwowano poprawę na poziomie około 6-7%.



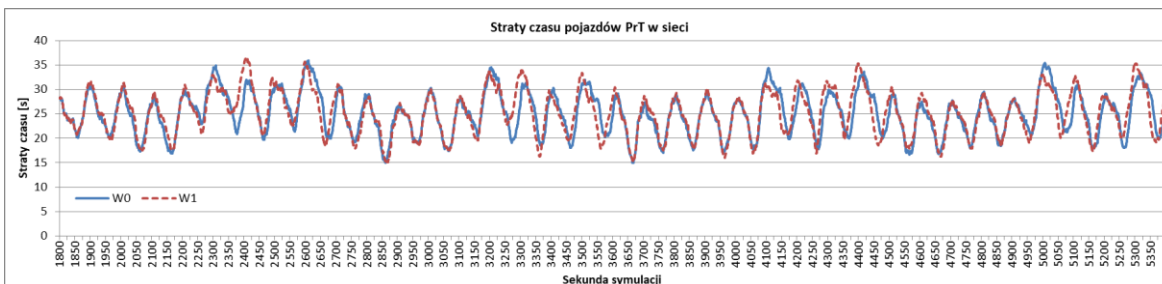
Rys. 43. *Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1*

Działania podjęte na rzecz priorytetyzacji publicznego transportu zbiorowego, w ujęciu całej modelowej sieci nie wpłynęły w istotny sposób na warunki ruchu odbywającego się za pośrednictwem pojazdów transportu indywidualnego. Zgodnie z Rys. 44, odnotowano jedynie niewielki wzrost ogólnych strat czasu na poziomie poniżej 3,5% (1,49% dla kierunku 1 i 3,44% dla kierunku 2).

Brak istotnych zmian w tym zakresie jeszcze lepiej przedstawia Rys. 45, na którym zobrazowano zależność średnich strat czasu osiąganych przez pojazdy transportu indywidualnego w funkcji czasu.



Rys. 44. Średnie straty czasu pojazdów transportu indywidualnego (PrT) – Porównanie wariantów W0 i W1



Rys. 45. Zmienność strat czasu pojazdów transportu indywidualnego (PrT) w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

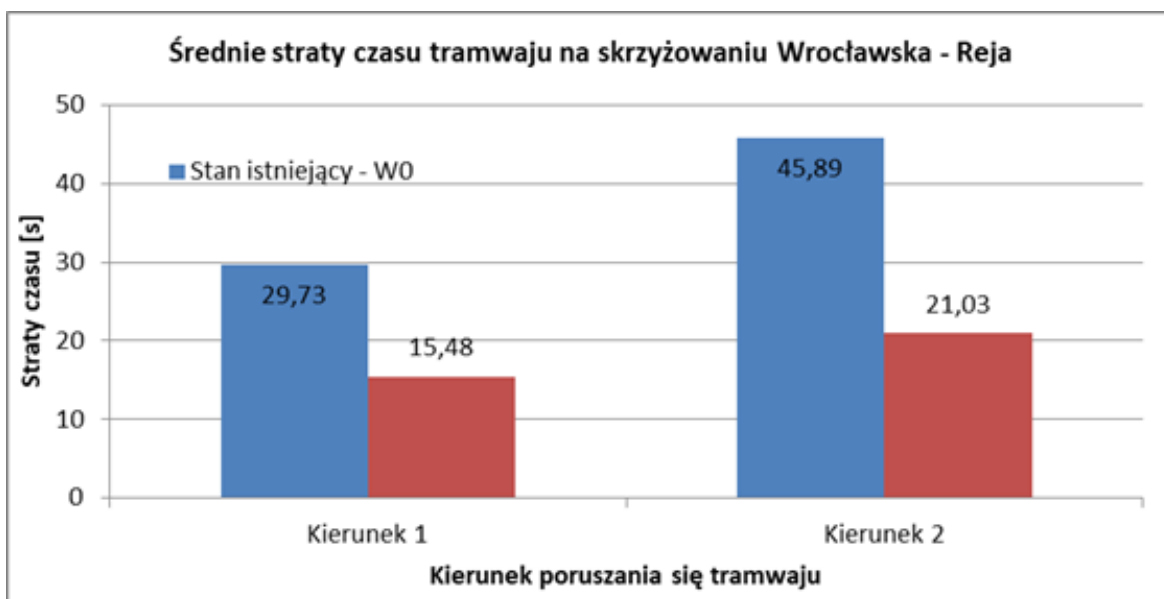
W wyniku redukcji strat czasu zwiększono średnią prędkość tramwajów rozwijaną przez nie na całości analizowanego odcinka. Prognozowany przyrost wartości tego parametru kształtuje się na poziomie 2,7km/h dla kierunku 1 i 4,11km/h dla kierunku 2.

Z perspektywy osiągniętych rezultatów kluczowe zdają się wyniki uzyskane na poszczególnych skrzyżowaniach, odwzorowanych w modelu. Pełne ich zestawienie, uwzględniające rozróżnienie na poszczególnych uczestników ruchu zamieszczono w Tab.17.

Na skrzyżowaniu ul. Wrocławskiej z ul. Reja i wjazdem do Centrum Handlowego wprowadzenie priorytetu w programie sygnalizacji pozwoliło znacznie przyspieszyć przejazd tramwaju. Dla obu kierunków straty czasu zmalały praktycznie dwukrotnie. Czas oczekiwania tramwajów jadących w relacji z zachodu na wschód, tzn. w kierunku 1, został zredukowany o 48%. Dla przeciwnego kierunku, osiągnięto zysk na poziomie 54% (Rys. 46). Na tym skrzyżowaniu również odnotowano najwyższe przyspieszenie ruchu autobusów na poziomie 25% dla obu kierunków. Pogorszenie warunków ruchu zaobserwowano jedynie dla relacji rozpoczynających się na wlotach ul. Reja oraz Centrum Handlowego. Wynika to z ich kolizyjności z ruchem tramwaju, który w momencie wykrycia przez system detekcji zostaje obsłużony możliwie najszybciej w ramach nowego programu sygnalizacyjnego. Warto nadmienić, że wspomniane pogorszenie wartości parametru strat czasu dla tych wlotów jest bardzo małe.

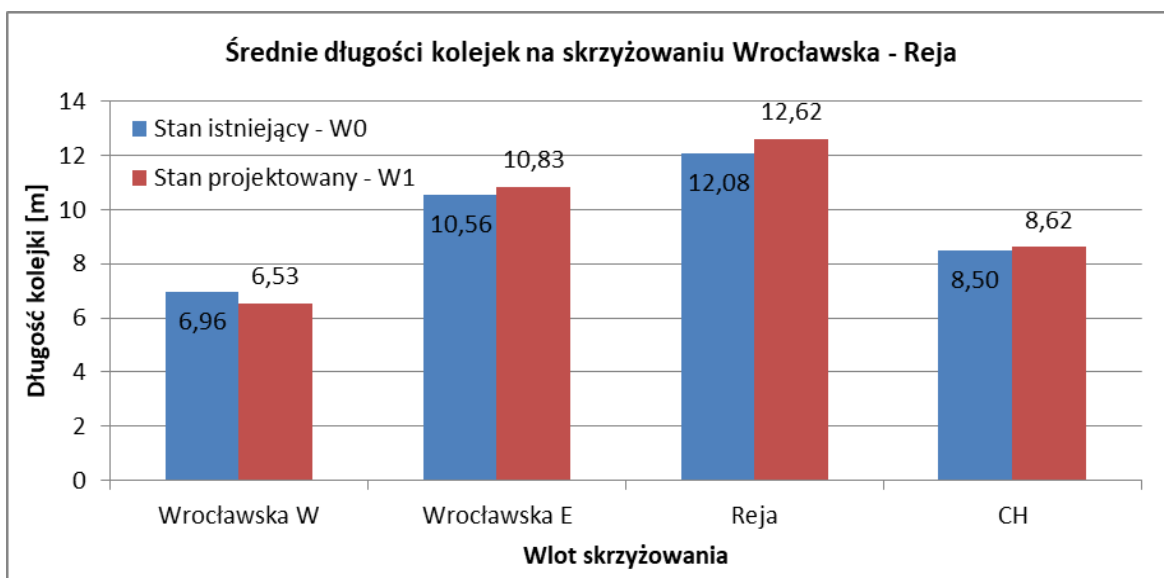
Tab.17. Zestawienie strat czasu dla poszczególnych relacji na skrzyżowaniach – Porównanie wariantów W0 i W1

Skrzyżowanie	Rodzaj pojazdu Wariant Relacja	Straty czasu [s]									
		Wszystkie		Tramwaje		Sam. os.		Sam. cięż.		Autobusy	
		W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1
Wrocławska - Reja	Wrocławska W > Wrocławska E	11,10	10,35	-	-	10,94	10,28	11,15	11,06	16,62	12,30
	Wrocławska W > CH	53,76	52,74	-	-	53,68	52,71	55,27	53,00	-	-
	Wrocławska W > Reja	12,16	11,86	-	-	12,20	11,92	11,14	9,49	-	-
	Wrocławska E > Wrocławska W	6,59	6,98	-	-	6,53	6,99	4,77	5,03	14,04	10,39
	Wrocławska E > CH	4,92	5,54	-	-	4,93	5,51	3,47	9,58	-	-
	Wrocławska E > Reja	36,97	36,20	-	-	36,94	36,22	52,63	24,14	-	-
	Reja > Wrocławska E	31,57	32,64	-	-	31,57	32,62	30,50	33,29	-	-
	Reja > Wrocławska W	42,80	44,43	-	-	42,79	44,43	49,50	46,34	-	-
	Reja > CH	33,81	33,96	-	-	33,81	33,96	-	-	-	-
	CH > Wrocławska E	37,75	40,00	-	-	37,65	40,14	43,47	30,27	-	-
	CH > Wrocławska W	37,26	36,49	-	-	37,32	36,51	33,76	34,86	-	-
	CH > Reja	38,00	40,09	-	-	38,00	40,09	-	-	-	-
	Tramwaj W>E	29,73	15,48	29,73	15,48	-	-	-	-	-	-
	Tramwaj E>W	45,89	21,03	45,89	21,03	-	-	-	-	-	-
Wrocławska - Łużycka	Wrocławska W > Wrocławska E	5,80	6,46	-	-	5,28	5,91	5,59	6,61	24,94	26,16
	Wrocławska W > Łużycka	34,12	34,42	-	-	34,05	34,37	56,49	48,18	-	-
	Wrocławska E > Łużycka	14,19	15,36	-	-	14,19	15,36	-	-	-	-
	Wrocławska E > Wrocławska W	16,59	17,99	-	-	16,48	17,87	16,38	17,48	23,10	25,14
	Łużycka > Wrocławska E	34,11	31,19	-	-	34,11	31,19	-	-	-	-
	Łużycka > Wrocławska W	39,26	35,46	-	-	39,27	35,46	37,31	38,46	-	-
	Tramwaj W>E	37,37	17,98	37,37	17,98	-	-	-	-	-	-
	Tramwaj E>W	49,06	29,33	49,06	29,33	-	-	-	-	-	-
Wrocławska - Chopina	Wrocławska W > Wrocławska E	1,69	1,80	-	-	1,69	1,80	2,46	2,64	0,48	0,65
	Wrocławska E > Wrocławska W	1,59	1,61	-	-	1,60	1,63	1,31	1,37	0,99	1,00
	Chopina > Wrocławska E	12,35	12,40	-	-	12,24	12,32	13,35	12,91	-	-
	Chopina > Wrocławska W	12,42	12,18	-	-	12,34	12,03	13,25	13,76	-	-
Wrocławska - Wallisa	Wrocławska W > Wrocławska E	1,40	1,44	-	-	1,41	1,45	1,28	1,24	1,13	1,13
	Wrocławska W > Wallisa	1,27	1,22	-	-	1,27	1,22	-	-	-	-
	Wallisa > Wrocławska E	3,64	3,90	-	-	3,64	3,90	-	-	-	-
	Wallisa > Wrocławska W	4,10	4,55	-	-	4,10	4,55	-	-	-	-
	Wrocławska E > Wallisa	4,31	4,56	-	-	4,31	4,56	-	-	-	-
	Wrocławska E > Wrocławska W	0,88	0,90	-	-	0,88	0,89	1,21	1,20	0,49	0,49



Rys. 46. *Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Wrocławska - Reja – Porównanie wariantów W0 i W1*

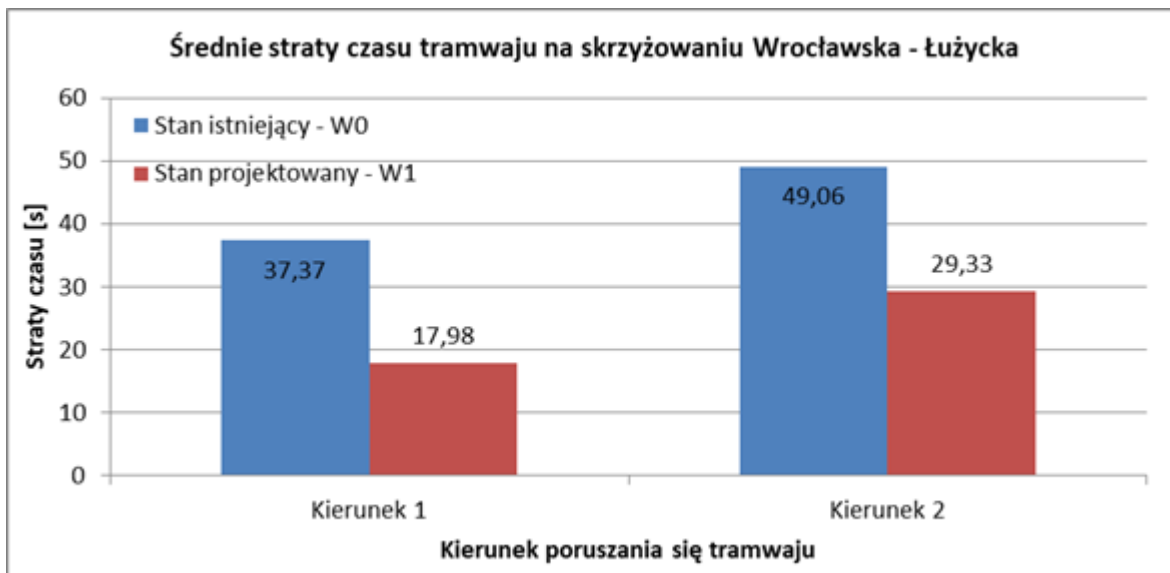
Na Rys. 47 zestawiono średnie długości kolejek powstających na skrzyżowaniu z ul. Reja. Zamieszczone wyniki zdają się potwierdzać wcześniejsze stwierdzenie o braku istotnego wpływu priorytetyzacji tramwajów na efektywność transportową pozostałych uczestników ruchu. Na wszystkich, poza zachodnim, wlotach, odnotowuje się wzrost średniej długości kolejki na poziomie mniejszym niż 1 metr. Dla wlotu zachodniego ul. Wrocławskiej spodziewać się można natomiast niewielkiego zmniejszenia wartości tego parametru.



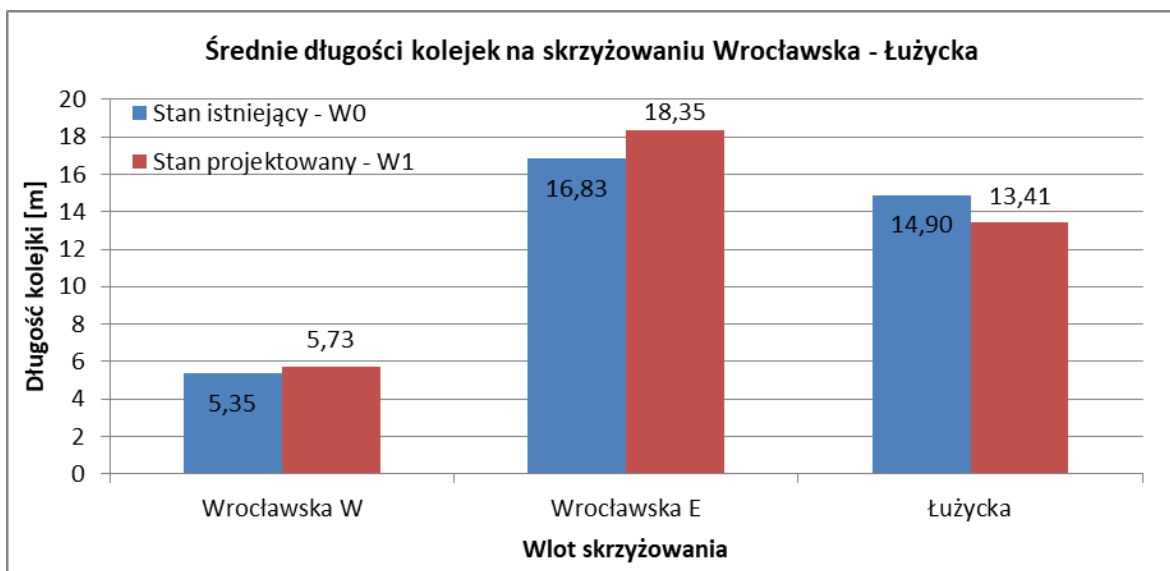
Rys. 47. *Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Wrocławska - Reja – Porównanie wariantów W0 i W1*

Podobne wnioski nasuwają się w wyniku analizy parametrów uzyskanych dla skrzyżowania z ulicą Łużycką. Informacje zamieszczone na Rys. 48, stanowią graficzną reprezentację porównania

wyników uzyskanych w zakresie ruchu tramwajów. Dla pojazdów poruszających się w kierunku 1 odnotowano dwukrotne zwiększenie efektywności w zakresie strat czasu. Natomiast dla kierunku 2 zysk czasowy na poziomie 20 sekund świadczy o 40% poprawie. Jak w przypadku poprzedniego skrzyżowania, wprowadzenie priorytetu nie wpływa istotnie na efektywność poruszania się innych pojazdów. Świadczą o tym niewielkie zmiany w zakresie strat czasu, a także wynikające z nich zmiany długości kolejek na poszczególnych wlotach, które zamieszczono na Rys. 49.



Rys. 48. Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Wrocławska - Łużycka – Porównanie wariantów W0 i W1



Rys. 49. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Wrocławska - Łużycka – Porównanie wariantów W0 i W1

Uwzględnione w modelu symulacyjnym skrzyżowania ul. Wrocławskiej z ulicami Chopina oraz Wallisa są odseparowane od trasy tramwajowej, zatem ruch odbywający się na nich nie wpływa w żaden sposób na efektywność tramwaju.

Powyższe wyniki zakładają wdrożenie wariantu kosztowego W2, którego koszt dla całego analizowanego fragmentu oszacowano na 49 259 zł. Ewentualne rozszerzenie inwestycji o działania zdefiniowane w wariantcie kosztowym W3 może przyczynić się do dalszej redukcji strat. Wycena wariantu W3 dla powyższego odcinka znajduje się w załączniku nr 1 opracowania.

5.3.2. Linia T6 – Odcinek W10

5.3.2.1. Charakterystyka stanu istniejącego i wprowadzonych zmian

Przedmiotowy odcinek mierzy ok. 185 metrów i w całości zlokalizowany jest w Bytomiu pomiędzy przystankami *Bytom Głęboka* i *Rozbark Siemianowicka*. We wskazanym obszarze występują 2 skrzyżowania wyposażone w sygnalizację świetlną, których działanie wpływa niekorzystnie na płynność ruchu tramwaju. Warunki ruchowe tramwajów w tym miejscu są najniższe w ujęciu kryterium prędkości. Za taki stan odpowiada przede wszystkim działanie sygnalizacji, ale również niekorzystny układ drogowo-torowy, uwzględniający liczne łuki wymuszające ograniczenie prędkości tramwaju. Na analizowanym odcinku funkcjonują linie tramwajowe T6, T11 i T19.

Bytom Siemianowicka-Chorzowska-Miarki

Przedmiotowe skrzyżowanie składa się z dwóch skrzyżowań częściowych.

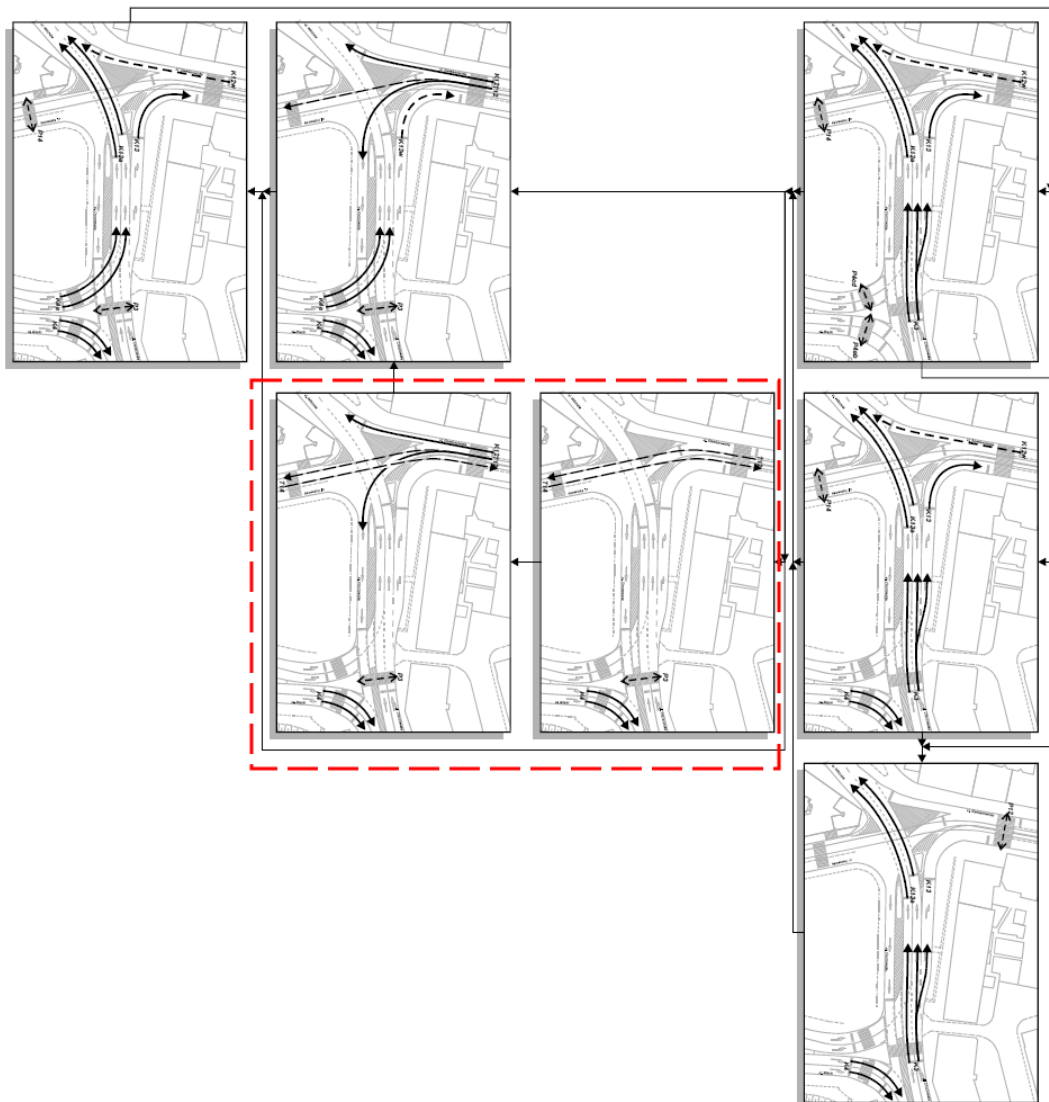
Pierwsze z nich, to trójwlotowe skrzyżowanie ulic Siemianowickiej i Chorzowskiej. Po jego północnej stronie znajduje się dodatkowy wylot w kierunku ul. Witczaka, który obsługuje relację o największym natężeniu. Na wlocie zachodnim przewidziano wyłącznie ruch tramwajów. Tramwaje przemieszczają się przez skrzyżowanie w relacji wschód-zachód.

W odległości około 70m na południe, znajduje się drugie skrzyżowanie częściowe stanowiące przecięcie ulic Chorzowskiej i Miarki. Posiada ono 3 wloty, przy czym wlot zachodni jest jedynie wlotem jednokierunkowym, doprowadzającym ruch do skrzyżowania.

Z punktu widzenia sygnalizacji świetlnej, oba skrzyżowania tworzą zwarty układ zależny i są sterowane przez jeden sterownik. Przez wzgląd na bardzo małą odległość pomiędzy skrzyżowaniami i wysokie natężenia ruchu, uznano za konieczne zachowanie sprawnej koordynacji, tak aby ograniczyć konieczność wielokrotnego zatrzymywania się kierowców przejeżdżających przez cały układ.

Aktualnie sygnalizacja świetlna na tych skrzyżowaniach pracuje w tzw. trybie koordynacji nadążnej z sygnalizacją na skrzyżowaniu Chorzowska-Tuwima (ok. 200m na południe). Oznacza to, że sterownik sygnalizacji na jednym skrzyżowaniu dostosowuje długości poszczególnych sygnałów zielonych do sytuacji jaka panuje na drugim skrzyżowaniu. Dzięki temu sygnały zielone w grupach koordynowanych są odpowiednio synchronizowane, tak aby ograniczyć kierowcom konieczność zatrzymań podczas przejazdu przez kolejne skrzyżowania (tzw. zielona fala).

Duży stopień skomplikowania programu, kładący główny nacisk na efektywność koordynacji nadążnej sprawia, że nie uwzględnia on priorytyzacji tramwaju, co wyraźnie przedstawia poniższy układ faz (Rys. 50).



Rys. 50. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Siemianowickiej, Chorzowskiej i Miarki w Bytomiu (Stan istniejący)

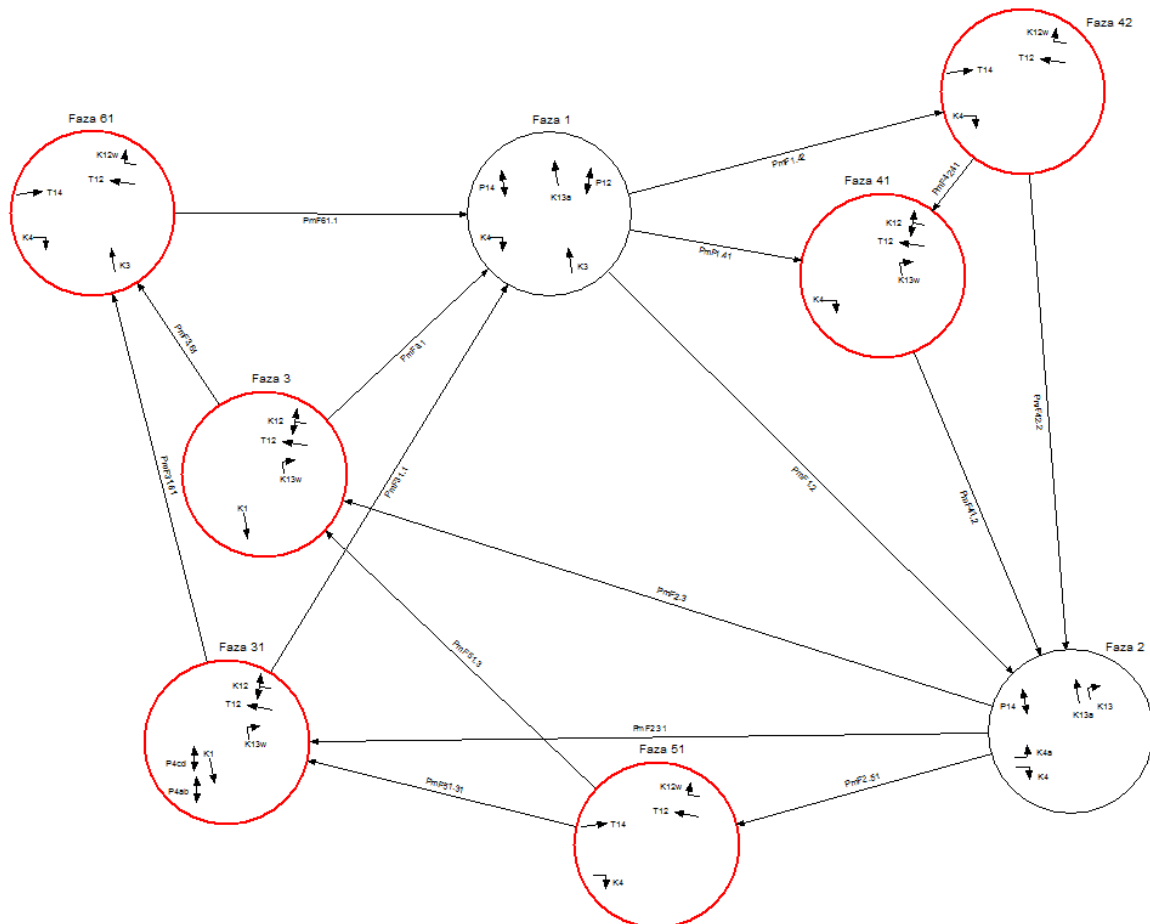
Sygnał zezwalający na ruch tramwaju jest załączany tylko raz w cyklu, przez co tramwaj musi często, długo czekać na jego załączenie.

Podczas analizy istniejącego programu zauważono też, że na wschodnim wlocie ul. Siemianowickiej strzałka warunkowa (grupa sygnalizacyjna K12w) załącza się równocześnie z grupą ogólną K13a, zlokalizowaną na wlocie południowym. Jest to działanie niezgodne z obowiązującymi przepisami. Podczas opracowywania nowego programu brano pod uwagę aktualne regulacje prawne. W związku z tym zrezygnowano z jednoczesnego załączania tych grup, co w konsekwencji ograniczyło znacznie przepustowość na wlocie Siemianowickiej. Ostatecznie, poprawę uzyskano po przeprowadzeniu symulacji wielu wariantów układów faz.

Do dalszych analiz przyjęto układ faz przedstawiony na Rys. 51. Zrezygnowano w nim z koordynacji ze skrzyżowaniem Tuwima, projektując w zamian wysoki priorytet dla tramwajów. Jednoczesne zapewnienie równie efektywnego priorytetu i koordynacji dla transportu

indywidualnego nie jest możliwe do uzyskania. Uznano zatem, że odległość pomiędzy skrzyżowaniami jest na tyle duża (ponad 300m), że aż tak duża sprawność koordynacji nie jest wymagana w porównaniu do korzyści idących z uprzywilejowania tramwaju.

Bezwzględnie natomiast, należy utrzymać sprawną koordynację pomiędzy skrzyżowaniami z Siemianowicka i Miarki, ponieważ skrzyżowania te leżą bardzo blisko siebie i jakiegokolwiek problemy z ruchem samochodowym mogłyby pogorszyć warunki ruchu również dla tramwajów.



Rys. 51. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Siemianowickiej, Chorzowskiej i Miarki w Bytomiu (Stan projektowany)

Podstawowy układ faz w programie to F1->F2->F3(lub F31), przy czym tramwaj dostaje sygnał zezwalający na ruch wyłącznie w fazie 3 (lub 31). Do programu wprowadzono więc dodatkowe fazy priorytetowe F41, F42, F51 i F61, które umożliwiają załączenie sygnału zielonego dla tramwaju w każdym momencie cyklu. Ważnym czynnikiem pozwalającym zwiększyć efektywność programu jest również stosowanie systemu detekcji, pozwalającego wykryć odpowiednio wcześniej tramwaj, zbliżający się do skrzyżowania. Po stronie zachodniej zdecydowano się umieścić punkt meldunkowy w obrębie przystanku, natomiast po stronie wschodniej, pierwszy punkt zlokalizowano na skrzyżowaniu torowiska z ul. Siemianowicką, tuż za przystankiem Rozbark.

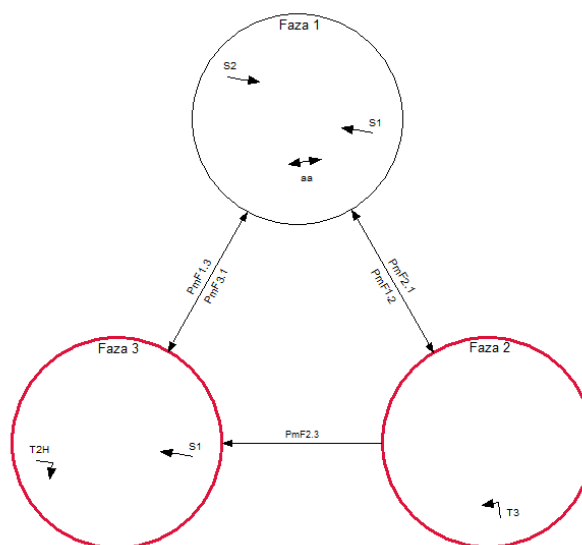
Zastosowanie powyższych zabiegów pozwoliło na skrócenie czasów oczekiwania tramwaju na przejazd przez skrzyżowanie. Jednocześnie utrzymano warunki koordynacji pomiędzy skrzyżowaniami, w stopniu pozwalającym na maksymalne ograniczenie strat czasu pojazdów transportu indywidualnego (PrT), szczególnie tych wynikających z zastosowania wysokiego priorytetu.

Bytom Siemianowicka-Rozbark

Skrzyżowanie torowiska z ul. Siemianowicką położone w obrębie przystanku Rozbark, znajduje się bardzo blisko skrzyżowania Siemianowicka-Chorzowska-Miarki (ok. 80m. na wschód). Na wlocie południowym torowiska zlokalizowany jest przystanek „Rozbark”, w obrębie którego znajduje się detektor tramwaju. Pomimo, że na zachodnim wlocie nie ma przystanku, obecnie znajduje się tam tylko jeden detektor tramwajowy, umiejscowiony tuż przed sygnalizatorem, nie ma więc możliwości wczesnego wykrycia tramwajów i tym samym odpowiednio szybkiego załączenia sygnału zezwalającego.

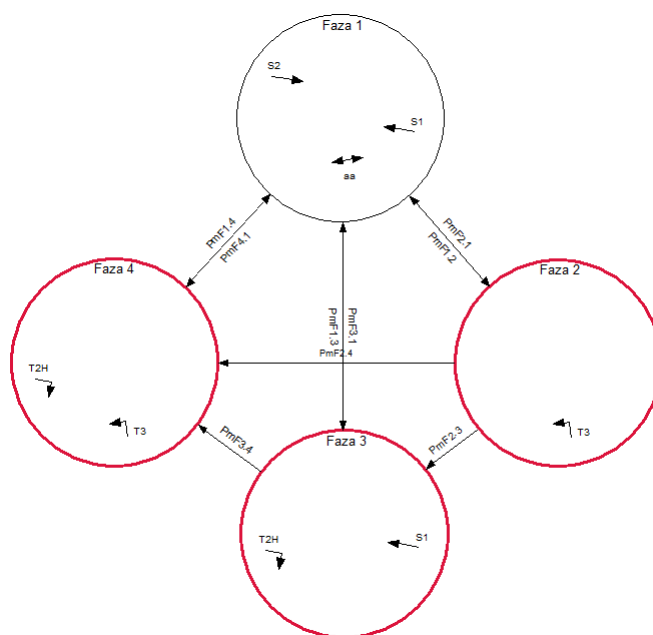
W związku z powyższym, pierwszym krokiem procesu projektowania usprawnień była zmiana systemu detekcji. Zdecydowano się wprowadzić system punktów meldunkowych dla tramwajów i rozbudować elementy detekcji dla samochodów. Od strony zachodniej, pierwszy punkt meldunkowy umieszczono za sygnalizatorem T14 na skrzyżowaniu Siemianowicka-Chorzowska. Dzięki niemu sterownik wykrywa tramwaj, który dostał sygnał zielony na powyższym skrzyżowaniu i zbliża się do skrzyżowania Rozbark. Wczesna informacja o zbliżającym się tramwaju pozwala na szybkie załączenie fazy tramwajowej.

Obecnie na skrzyżowaniu pracuje program acykliczny, umożliwiający załączenie jednej z trzech faz ruchu (Rys. 52). Faza nr 1 przeznaczona jest wyłącznie dla samochodów, natomiast kolejne dwie umożliwiają przejazd tramwajów – odpowiednio w jedną lub drugą stronę. Na poniższym rysunku przedstawiono układ faz dla stanu istniejącego.



Rys. 52. Układ faz na skrzyżowaniu Siemianowicka-Rozbark w Bytomiu (Stan istniejący)

Największą wadą przedstawionego układu jest brak fazy załączającej sygnał zezwalający na ruch w obu grupach tramwajowych jednocześnie. Przez to, w przypadku gdy do skrzyżowania jednocześnie podjeżdżają tramwaje z dwóch stron, ich obsługa przebiegać będzie po kolei. Ponadto, sterownik po zakończeniu fazy 3 zawsze załącza fazę kołową dla samochodów (F1). Jeżeli podczas trwania fazy F3 zgłosił się tramwaj T3, który jest obsługiwany w fazie 2, to musi on poczekać, aż sterownik zrealizuje fazę 3 i 1. Powoduje to konieczność długiego oczekiwania przed sygnalizatorem. W ramach opracowania nowego programu zaprojektowano nowy układ faz, który eliminuje powyższe wady.

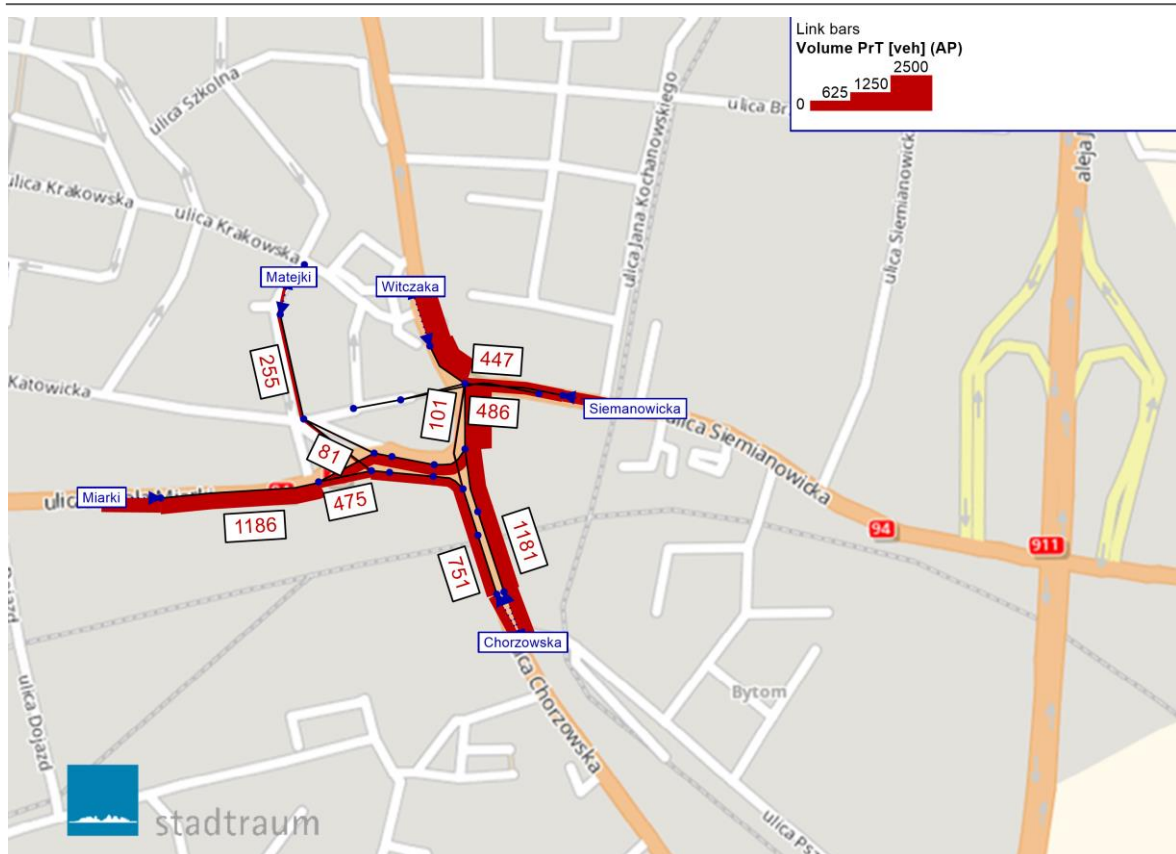


Rys. 53. Układ faz na skrzyżowaniu Siemianowicka-Rozbark w Bytomiu (Stan projektowany)

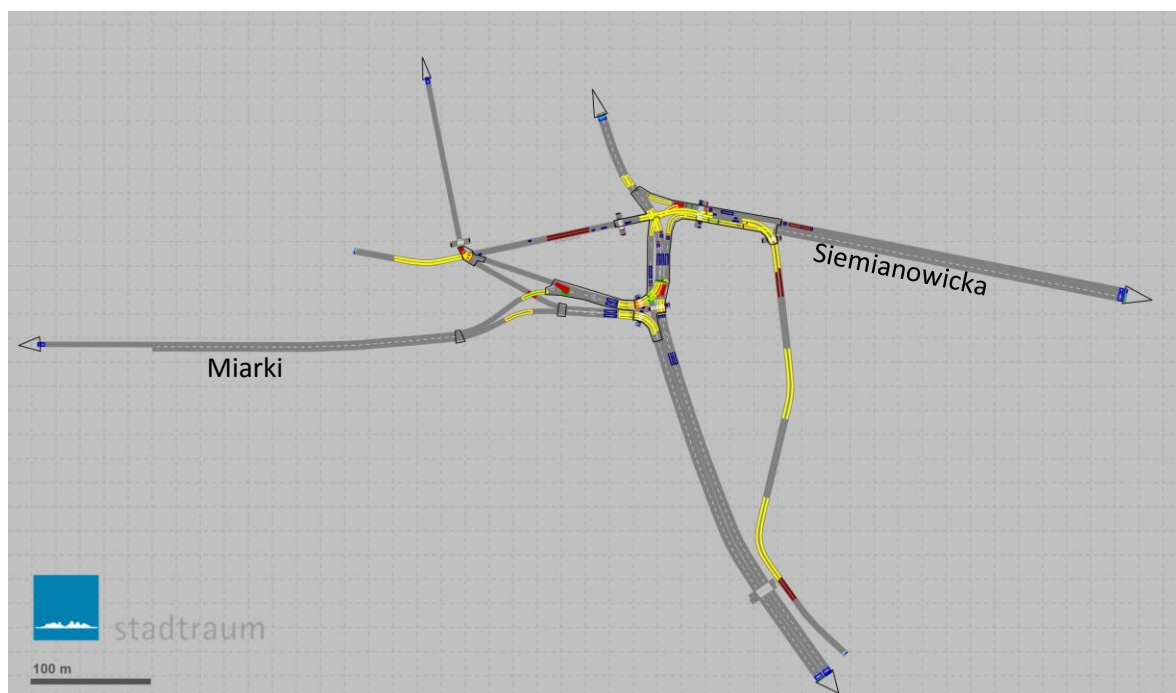
Faza 4, wprowadzona do diagramu pozwala na równoczesną obsługę tramwajów nadjeżdżających z dwóch stron i wraz z rozbudowanym systemem detekcji pozwala na znaczną redukcję strat czasu dla pojazdów komunikacji zbiorowej.

5.3.2.2. Charakterystyka uzyskanych rezultatów

Zgodnie z założeniami przyjętej metodyki, prace nad modelem mikro symulacyjnym poprzedzone zostały analizą modelu makroskopowego, w celu uzyskania wartości natężenia poszczególnych potoków ruchu w obszarze analiz. Po wygenerowaniu submodelu oraz jego kalibracji względem pomiarów ruchu, uzyskano rozkład natężenia przedstawiony na Rys. 54. Następnie, z wykorzystaniem narzędzia LISA+, przystąpiono do programowania wirtualnych sterowników sygnalizacji dla stanu istniejącego oraz projektowanego. Równolegle opracowano strukturę modelu mikrosymulacyjnego, którego reprezentacją jest Rys. 55. W modelu mikrosymulacyjnym dodatkowo uwzględniono cały odcinek W11 przebiegu tramwaju, rozciągający się pomiędzy przystankami *Rozbark Siemianowicka* i *Bytom Teatr Tańca Rozbark*.

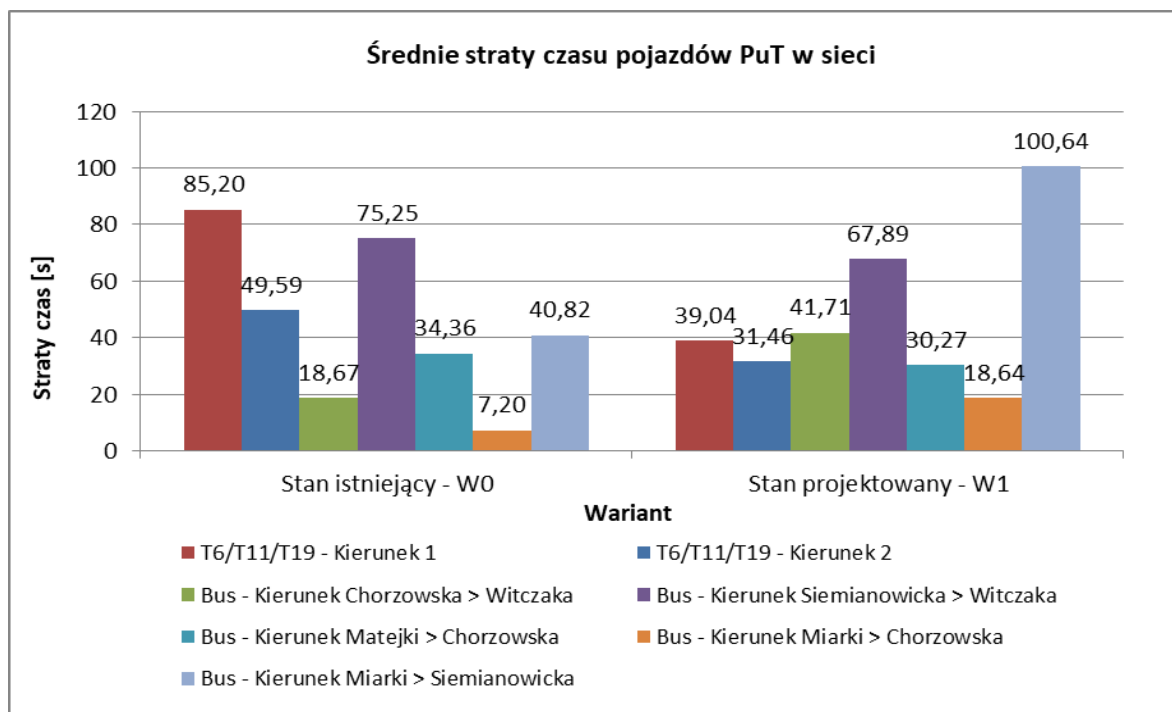


Rys. 54. Rozkład natężenia ruchu transportu indywidualnego (PrT) w czasie godziny szczytu dla odcinka W10 linii T6 w narzędziu PTV Visum



Rys. 55. Struktura modelu mikrosymulacyjnego dla odcinka W10 linii T6 w narzędziu PTV Vissim

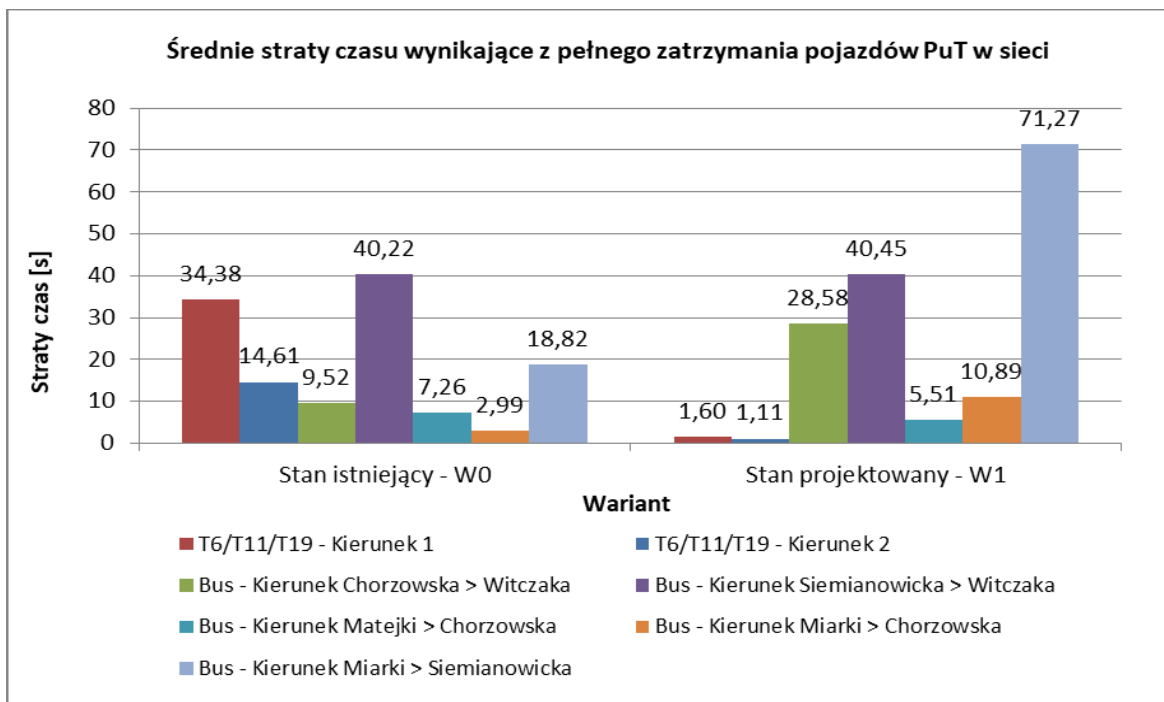
Ostatecznie, po przeprowadzeniu serii eksperymentów uzyskano wyniki dotyczące efektywności ruchu w modelowej sieci transportowej. Wprowadzenie przedstawionych usprawnień pozwoliło znacznie zredukować straty czasu tramwajów linii T6, T11 i T19, osiąganych w badanym fragmencie sieci (Rys. 56). Dla kierunku 1 uzyskano spadek wartości tego parametru na poziomie 54%, natomiast dla kierunku 2 – 36%. Wprowadzenie bezwzględnego priorytetu dla tramwaju na przedmiotowym układzie komunikacyjnym, wpłynęło na zauważalne pogorszenie charakterystyk czasowych dla niektórych relacji transportu indywidualnego. W konsekwencji współdzielenia infrastruktury drogowej, dotyczy to również niektórych linii autobusowych, których natężenie na przedmiotowym fragmencie sieci jest dość wysokie. Odnosi się to w głównej mierze do linii poruszających się w relacji od ul. Miarki w kierunku ul. Siemianowickiej. Pogorszenie w mniejszym stopniu zauważa się również dla autobusów jadących na północ ul. Chorzowską (Chorzowska->Witczaka).



Rys. 56. *Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1*

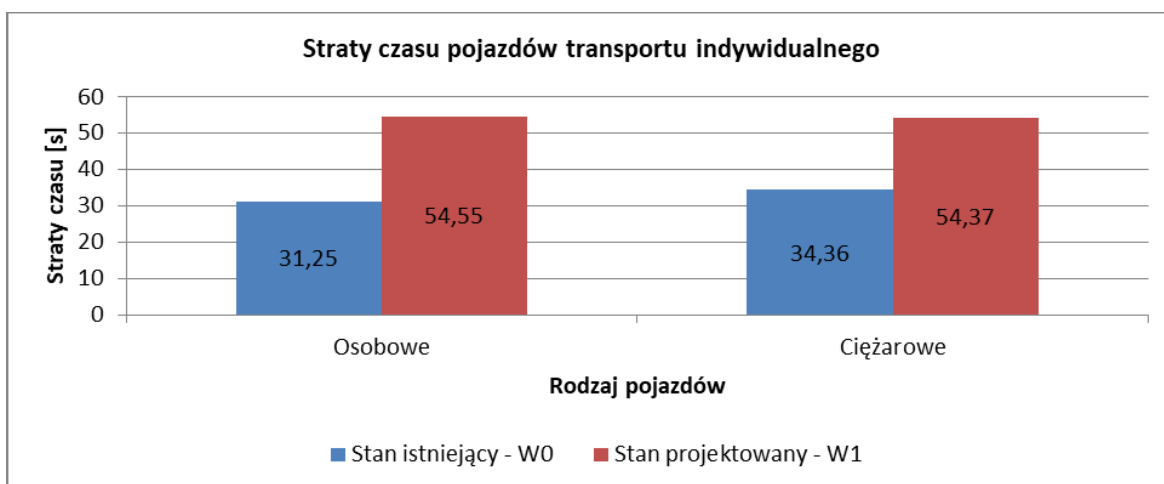
Do podobnych wniosków można dość przy analizie rezultatów osiągniętych w zakresie strat czasu wynikających z pełnego zatrzymania pojazdów (Rys. 57). Jeszcze bardziej zauważalny jest tutaj efekt zmiany sposobu sterowania na efektywność komunikacyjną tramwaju. W przypadku obu kierunków redukcja strat czasu sięga ponad 90%, co oznacza, że w przeważającej części przypadków tramwaj pokonuje skrzyżowanie bez zatrzymania spowodowanego działaniem sygnalizacji. Dotychczasowa priorytetowa obsługa ciągów koordynowanych pozwalała przy okazji na osiągnięcie relatywnie niewielkich strat czasu na liniach autobusowych. Wprowadzenie jakiegokolwiek priorytetu dla tramwaju w przypadku tak skomplikowanego układu, obciążonego dodatkowo bardzo dużymi wolumenami natężenia ruchu, musi wiązać się ze stratami po stronie

transportu realizowanego współdzieloną częścią infrastruktury drogowej, w tym przy użyciu autobusów.



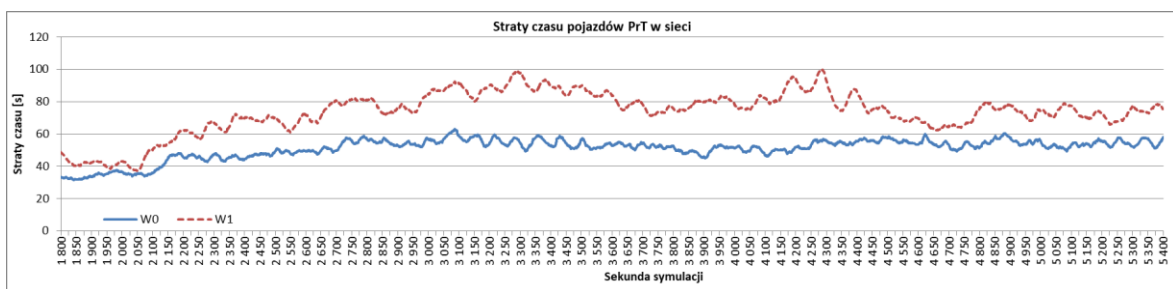
Rys. 57. *Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1*

W ujęciu całego zamodelowanego fragmentu infrastruktury obserwuje się wzrost strat czasu po stronie transportu indywidualnego na poziomie około 20 sekund (zarówno dla samochodów osobowych jak i ciężarowych) (Rys. 58).



Rys. 58. *Średnie straty czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1*

Zależność tę jeszcze lepiej obrazuje Rys. 59 na którym zamieszczono wykres przebiegu średnich strat czasu osiągniętych przez pojazdy transportu indywidualnego w funkcji czasu.



Rys. 59. Zmienność strat czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1

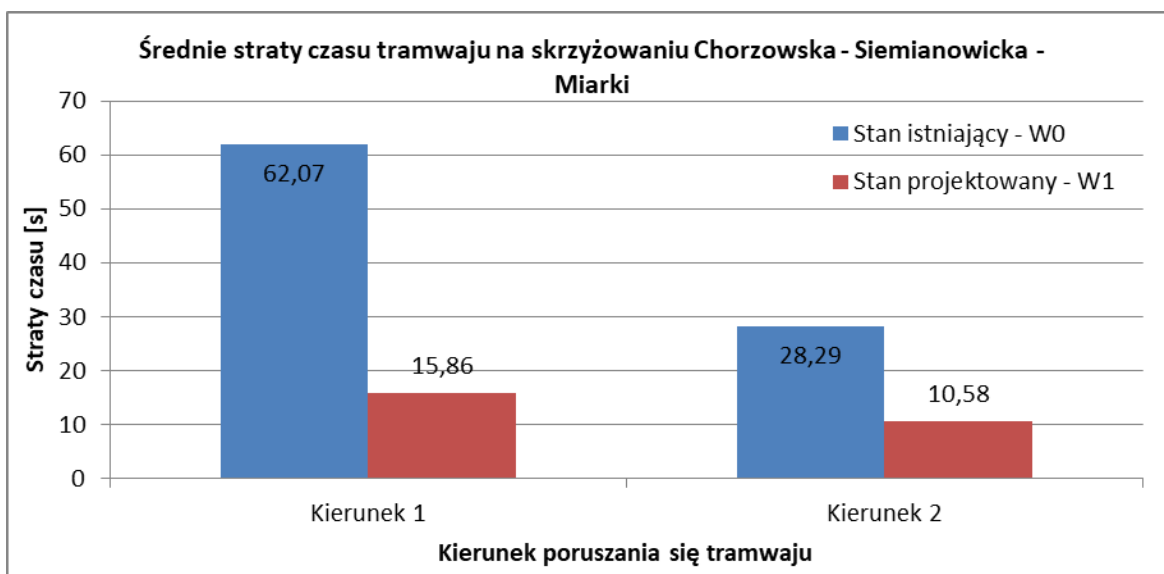
Należy jednak zaznaczyć, że wspomniana zależność, nie stanowi przesłanek do powstawania długotrwałej kongestii transportowej w formie tzw. paraliżu komunikacyjnego. Obserwowane utrudnienia mają charakter przejściowy, co wykazała symulacja, a ich intensyfikacja występuje w czasie godziny maksymalnego obciążenia.

Z perspektywy rezultatów osiągniętych przy pomocy zmiany sposobu sterowania, kluczowe zdają się wyniki uzyskane na poszczególnych relacjach badanego układu komunikacyjnego. Pełne ich zestawienie, uwzględniające rozróżnienie na poszczególnych uczestników ruchu zamieszczono w Tab.18.

Tab.18. Zestawienie strat czasu dla poszczególnych relacji w badanym układzie – Porównanie wariantów W0 i W1

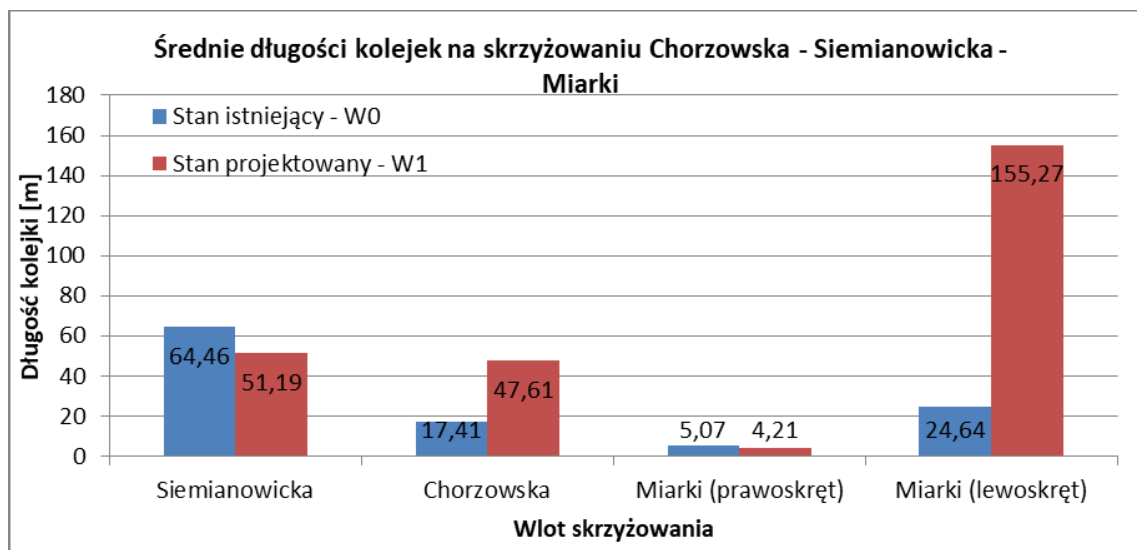
		Straty czasu [s]									
Skrzyżowanie	Rodzaj pojazdu Wariant Relacja	Wszystkie		Tramwaje		Sam. os.		Sam. cięż.		Autobusy	
		W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1
		Chorzowska - Siemianowicka - Miarki	Chorzowska S > Siemianowicka	47,52	50,14	-	-	47,52	50,14	-	-
Chorzowska S > Witczaka	17,46		41,22	-	-	17,44	41,21	18,24	41,50	18,71	41,08
Matejki > Miarki > Siemianowicka	47,05		80,33	-	-	46,69	78,86	57,69	115,96	-	-
Matejki > Miarki > Witczaka	30,03		49,57	-	-	30,03	49,57	-	-	-	-
Miarki > Chorzowska	10,08		10,28	-	-	10,14	10,37	8,36	7,45	10,17	12,53
Miarki > Siemianowicka	40,05		89,03	-	-	40,02	89,14	40,27	86,61	41,58	87,54
Miarki > Witczaka	30,96		82,49	-	-	30,96	82,47	31,16	87,45	-	-
Siemianowicka > Chorzowska	96,73		63,63	-	-	96,65	63,59	98,60	66,11	-	-
Siemianowicka > Witczaka	72,53		61,31	-	-	72,30	61,14	79,11	64,45	75,21	67,87
Tramwaj W > E	62,07		15,86	62,07	15,86	-	-	-	-	-	-
Tramwaj E > W	28,29	10,58	28,29	10,58	-	-	-	-	-	-	

Na prawie wszystkich relacjach zauważa się co najmniej kilkunastosekundowy wzrost strat czasu dla pojazdów kołowych. Wyjątkiem jest tutaj wlot ul. Siemianowickiej, na którym znacznie ograniczono straty czasu (33s dla kierunku w lewo do ul. Chorzowskiej, 11s dla kierunku w prawo do ul. Witczaka). Możliwość jednoczesnego załączania sygnału zezwalającego na ruch tramwajów oraz samochodów na wlocie ul. Siemianowickiej powoduje, że w wyniku realizacji priorytetu, wymierne korzyści zauważane są po stronie transportu publicznego i indywidualnego. Najważniejszym jednak osiągnięciem jest znaczne ograniczenie strat czasu tramwaju wynikających z działania sygnalizacji (Rys. 60). Dla kierunku 2 zaobserwowano prawie trzykrotne zmniejszenie wartości tego parametru, podczas gdy dla kierunku 1 zmiana ta jest jeszcze bardziej widoczna (prawie czterokrotna poprawa).



Rys. 60. *Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Chorzowska-Siemianowicka-Miarki – Porównanie wariantów W0 i W1*

Na poniższym wykresie (Rys. 61) zestawiono średnie długości kolejek na poszczególnych wlotach badanego układu. Istotny wzrost obserwuje się jedynie dla lewoskrętu z ul. Miarki. Wartość ta jednak szybko maleje wraz z ustaniem szczytu komunikacyjnego. Należy mieć na względzie, że celem stosowania priorytetów dla transportu publicznego jest przede wszystkim zmiana przyzwyczajzeń transportowych mieszkańców, którzy dotychczas wybierali samochód jako podstawowe narzędzie podróży. Bezwzględne przyspieszenie ruchu tramwajów może z całą pewnością proces ten przyspieszyć.



Rys. 61. *Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Chorzowska-Siemianowicka-Miarki – Porównanie wariantów W0 i W1*

Powyższe wyniki zakładają wdrożenie wariantu kosztowego W2, którego łączny koszt dla całego analizowanego fragmentu oszacowano na 98 518 zł.

5.3.3. Linia T6 – Odcinek W15

5.3.3.1. Charakterystyka stanu istniejącego i wprowadzonych zmian

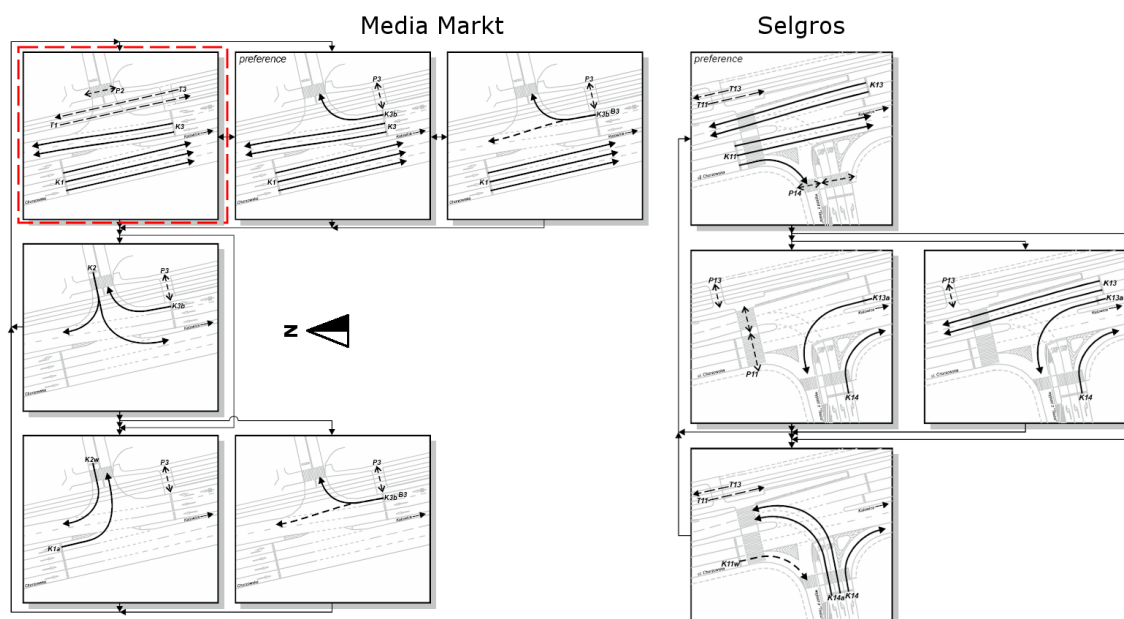
Przedmiotowy odcinek zlokalizowany jest w południowej części Bytomia, przy granicy z Chorzowem. Mierzy ok. 490m i jego granice wyznaczają przystanki *Łagiewniki Cmentarz* oraz *Łagiewniki Media-Markt*. Na odcinku tym funkcjonują dwa skrzyżowania wyposażone w sygnalizację świetlną, na których odnotowano średnie straty czasu dla tramwaju, które nie wyróżniają się na tle innych newralgicznych fragmentów linii. Jednak analizując wartości maksymalne tego parametru oraz jego odchylenie standardowe, można założyć, że efektywność ruchu tramwaju jest w tym miejscu ściśle skorelowana z momentem wykrycia tramwaju przez sterownik sygnalizacji. Wzdłuż analizowanego ciągu komunikacyjnego poza linią T6 poruszają się tramwaje linii T19 i T11.

Bytom Chorzowska-Selgros i Chorzowska-MediaMarkt

Skrzyżowanie Chorzowska-Selgros jest skrzyżowaniem trójwlotowym. Wlot północny i południowy tworzy ulica Chorzowska. Zachodni wlot skrzyżowania to droga dojazdowa do centrum handlowego zlokalizowanego w pobliżu skrzyżowania. Po wschodniej stronie ulicy Chorzowskiej biegnie dwukierunkowe torowisko tramwajowe, na którym na wysokości skrzyżowania wyznaczono przejście dla pieszych wyposażone w sygnalizację świetlną.

Dalej na północ, w odległości około 100m znajduje się kolejne trójwlotowe skrzyżowanie ulicy Chorzowskiej. Krzyżuje się ona w tym miejscu z wjazdem do sklepu wielkopowierzchniowego MediaMarkt, który zlokalizowany jest po wschodniej stronie torowiska, przez co wlot ten jest kolizyjny z ruchem tramwajów. Przejazd tramwaju przez skrzyżowanie odbywa się bezkolizyjnie, ponieważ relacje skątne z ul. Chorzowskiej sterowane są sygnałami z sygnalizatorów kierunkowych.

Z uwagi na niewielką odległość pomiędzy skrzyżowaniami, oraz wysokie natężenie ruchu na ul. Chorzowskiej, programy sygnalizacyjne na obu skrzyżowaniach muszą zapewniać wysoki stopień koordynacji. Układy faz działające na obu skrzyżowaniach przedstawiono na Rys. 62.



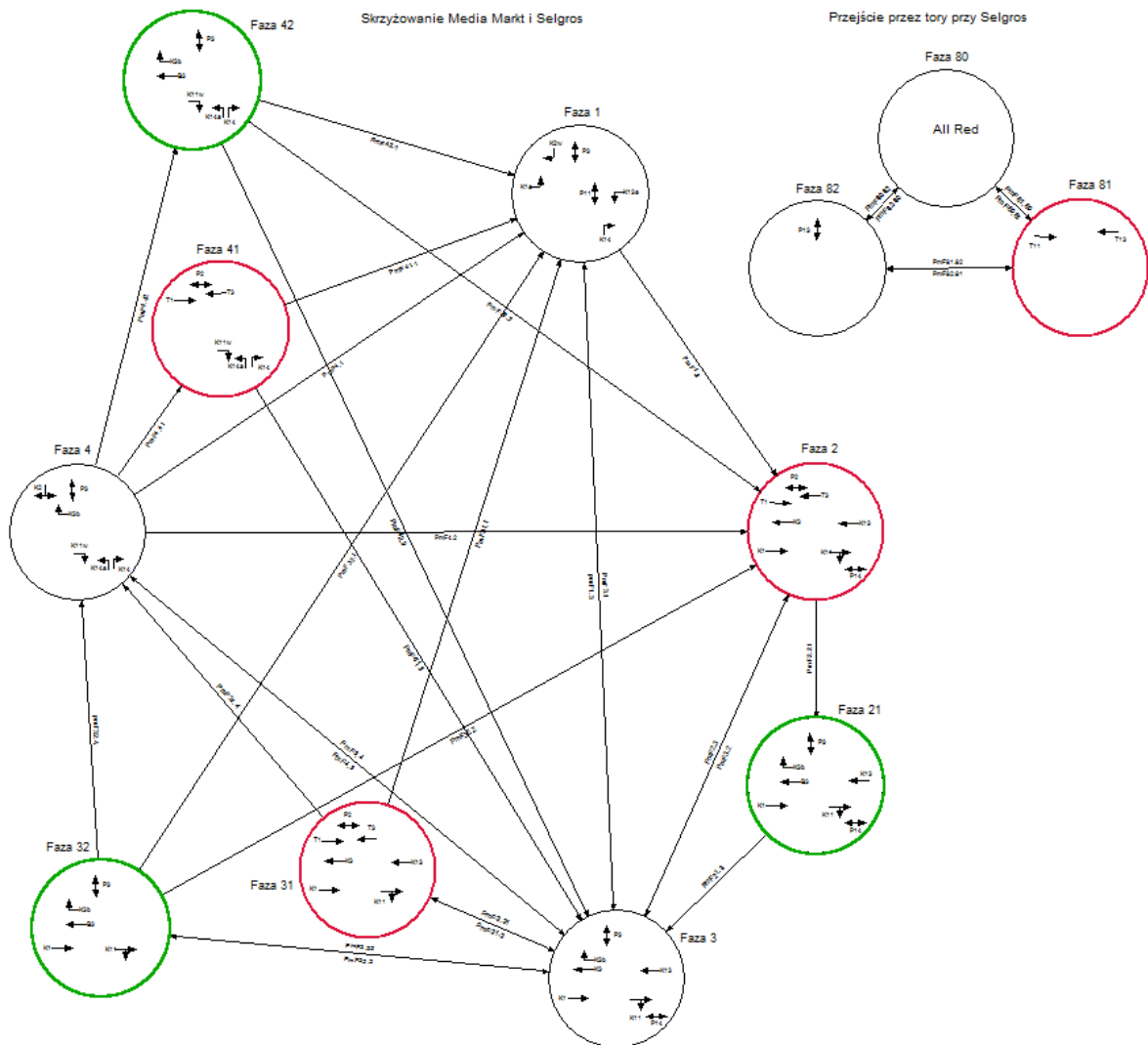
Rys. 62. Układ faz na skrzyżowaniach ul. Chorzowskiej z wjazdami do CH Selgros oraz CH MediaMarkt (Stan istniejący).

Aktualnie działające programy sterujące sygnalizacją na obu skrzyżowaniach mają oddzielny układ faz ruchu. W obu programach, na początku cyklu zostaje załączona faza zezwalająca na ruch wzdłuż ulicy Chorzowskiej, która zapewnia dobre warunki koordynacji (pierwszy rząd na powyższym rysunku). Na skrzyżowaniu z wjazdem do CH MediaMarkt, podczas trwania tej fazy możliwe jest załączenie sygnału zezwalającego na ruch tramwajów. Załączenie to jednak wymaga wyłączenia sygnału zielonego dla relacji do skrzytu w prawo z ul. Chorzowskiej.

Sterowanie grupami tramwajowymi na skrzyżowaniu z wjazdem do CH Selgros odbywa się niezależnie od podstawowego układu faz na skrzyżowaniu, ponieważ grupy te są kolizyjne wyłącznie z przejściem przez torowisko. Dzięki temu ruch tramwajów w tym miejscu nie jest obciążony wysokimi stratami czasu.

Inaczej wygląda sytuacja na skrzyżowaniu z CH Media Markt, na którym tramwaj przecina boczny wlot skrzyżowania. Z obiema relacjami tramwajowymi przecinają się aż 3 strumienie pojazdów. Dlatego sygnał zezwalający na ruch tramwajów może zostać załączony jedynie na krótki czas w cyklu, co przyczynia się do wzrostu strat dla tramwajów.

W ramach opracowywania nowego programu przygotowano jeden układ faz dla obu skrzyżowań (Rys. 63). Taka forma zapisu jest bardziej czytelna i pozwala lepiej zsynchronizować działanie sygnalizacji na obu skrzyżowaniach, zwłaszcza że są one sterowane z jednego sterownika.



Rys. 63. Układ faz na skrzyżowaniach ul. Chorzowskiej z wjazdami do CH Selgros oraz CH MediaMarkt (Stan projektowany).

Kluczowe znaczenie dla zmniejszenia strat czasu pojazdów w analizowanym układzie skrzyżowań ma ograniczenie czasu oczekiwania pojazdów przed skrzyżowaniem z CH MediaMarkt. Dlatego w programie wprowadzono trzy fazy priorytetowe dla tramwajów (na powyższym rysunku zostały one oznaczone na czerwono), które rozłożono w cyklu w taki sposób, aby ograniczyć maksymalny czas oczekiwania na obsłudze.

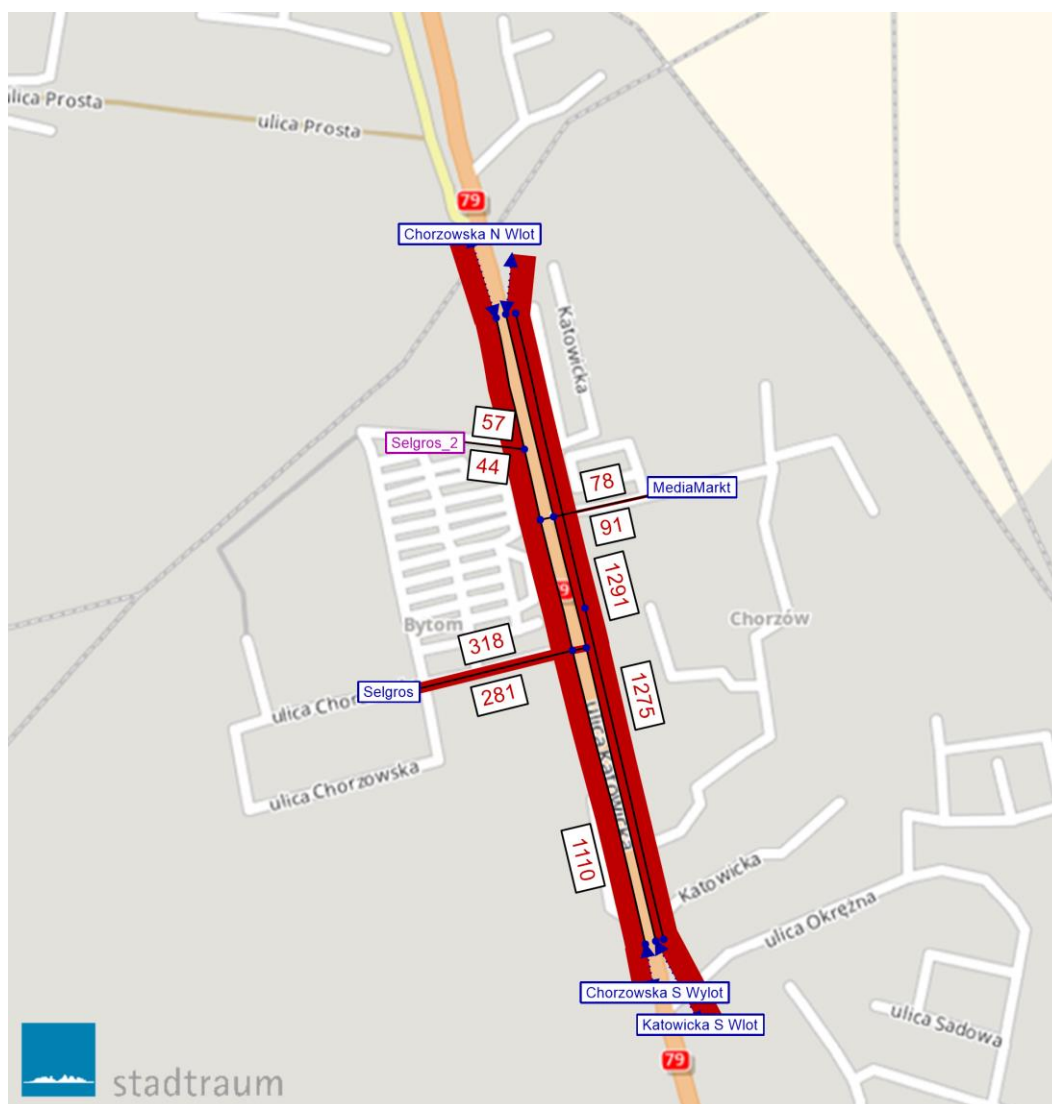
W programie uwzględniono także priorytetową obsługę autobusów, zatrzymujących się na przystanku i włączających się do ruchu przy pomocy śluzy. Pojazdy tego typu również mogą skorzystać z trzech faz priorytetowych (na rysunku powyżej zaznaczono je na zielono), przy czym przyjęto założenie, według którego autobusy mają niższy priorytet od tramwajów.

W przypadku przejścia przez tory w rejonie skrzyżowania z wjazdem do CH Selgros, utrzymano jego niezależne działanie, które gwarantuje wysoką efektywność sterowania.

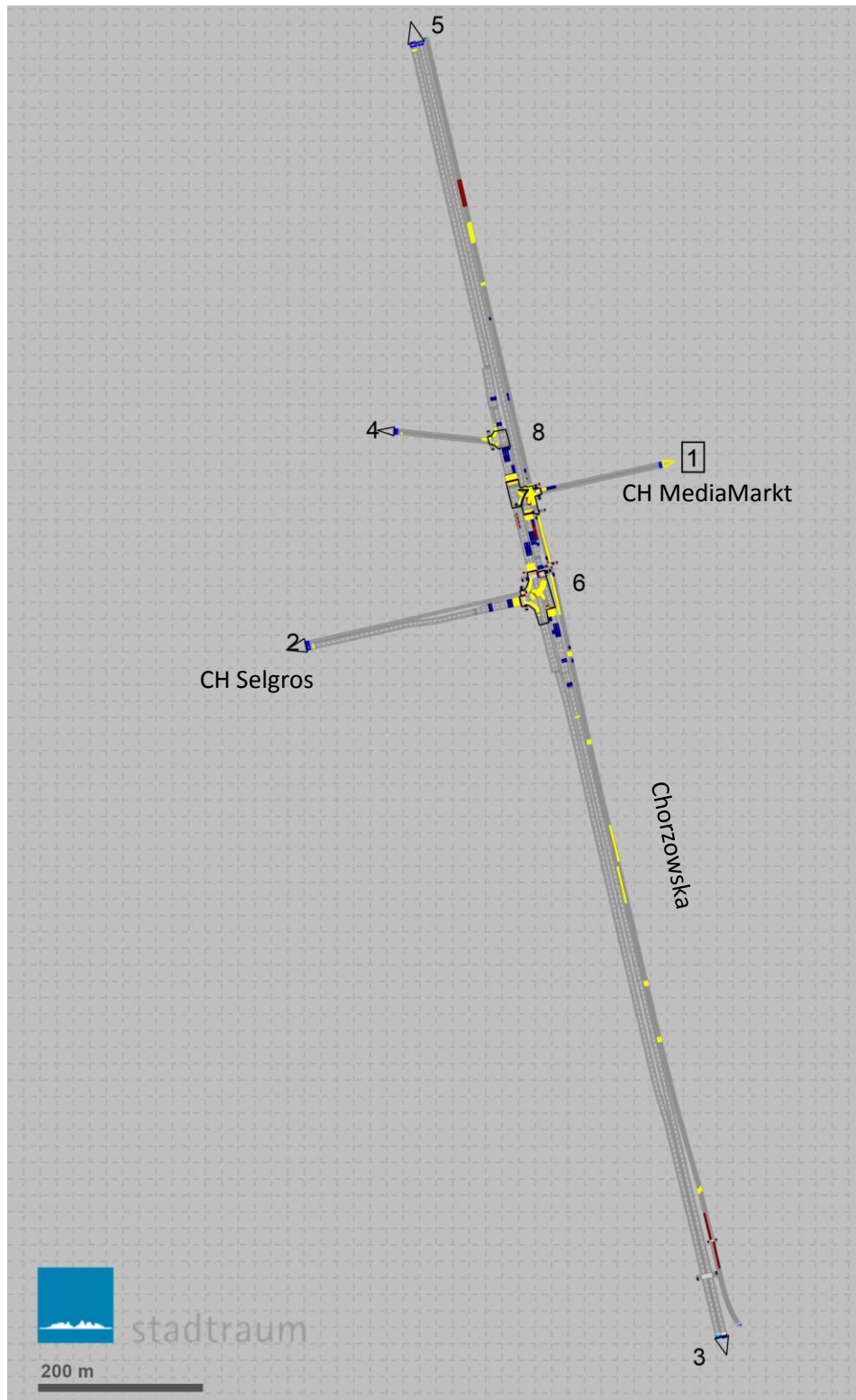
Zdecydowano się również na wprowadzenie wydajniejszego systemu detekcji tramwajów, pracującego w oparciu o telegramy zgłoszeniowe. Dzięki temu pojazdy są wykrywane dużo wcześniej, a co za tym idzie szybciej dostają sygnał zezwalający na ruch.

5.3.3.2. Charakterystyka uzyskanych rezultatów

Zgodnie z założeniami przyjętej metodyki prace nad modelem mikro symulacyjnym poprzedzone były analizą modelu makroskopowego w celu uzyskania wartości natężenia poszczególnych potoków ruchu w obszarze analiz. Po wygenerowaniu submodelu oraz jego kalibracji względem pomiarów ruchu, uzyskano rozkład natężenia przedstawiony na Rys. 64. Następnie, z wykorzystaniem narzędzia LISA+, przystąpiono do programowania wirtualnych sterowników sygnalizacji dla stanu istniejącego oraz projektowanego. Równoległe opracowano strukturę modelu mikrosymulacyjnego, którego reprezentacją jest Rys. 64.



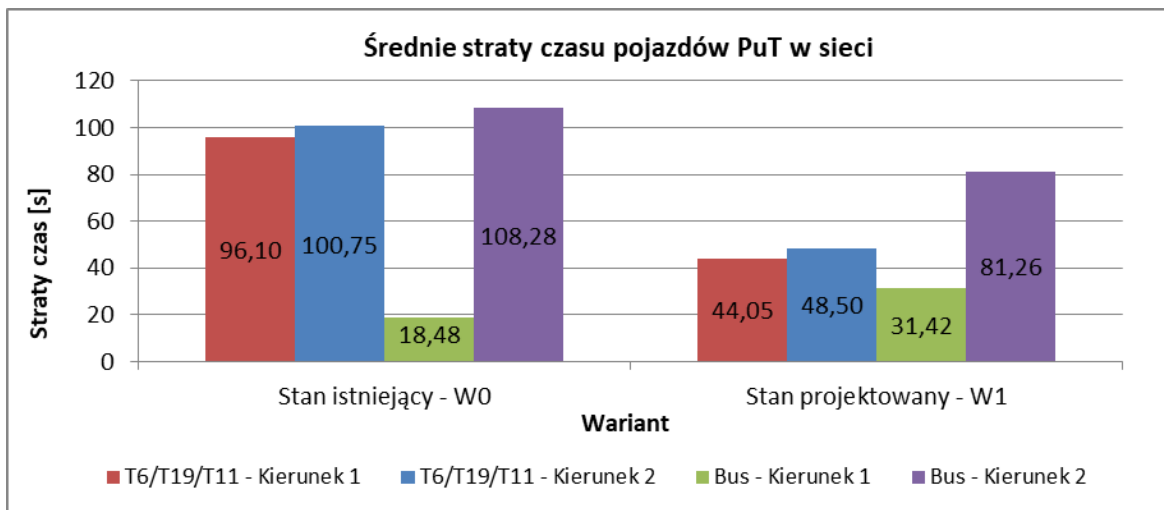
Rys. 64. Rozkład natężenia ruchu transportu indywidualnego (PrT) w czasie godziny szczytu dla odcinka W12-W15 linii T6 w narzędziu PTV Visum



Rys. 65. Struktura modelu mikrosymulacyjnego dla odcinka W15 linii T6 w narzędziu PTV Vissim

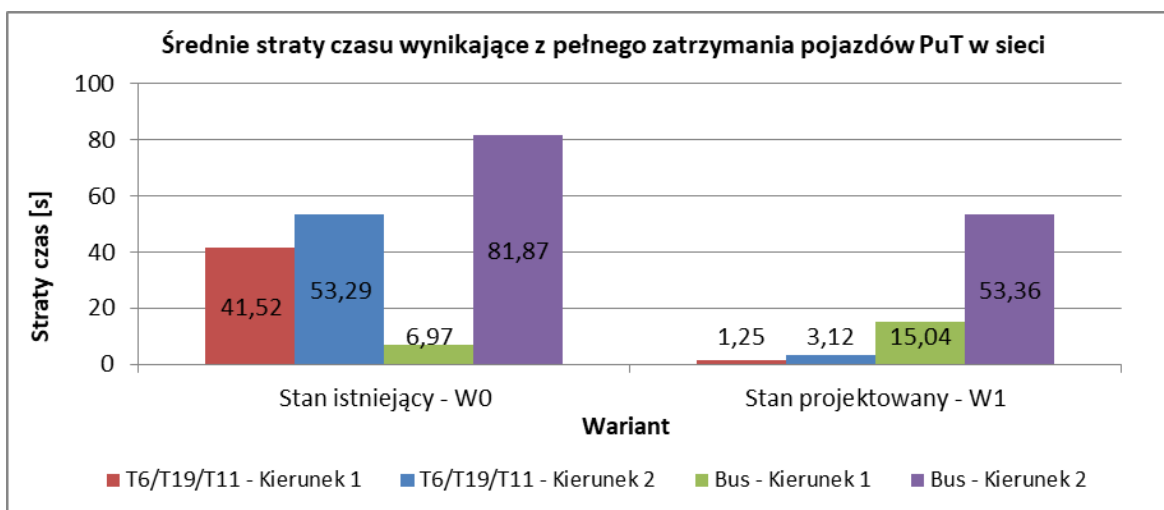
Ostatecznie po przeprowadzeniu serii eksperymentów uzyskano wyniki dotyczące efektywności ruchu w modelowanej sieci transportowej. Wprowadzenie przedstawionych usprawnień w algorytmie sterowania na obu skrzyżowaniach, pozwoliło na znaczną redukcję strat czasu

pojazdów publicznego transportu zbiorowego (Rys. 66). W przypadku ruchu tramwajów w całej modelowej sieci uzyskano ponad dwukrotną redukcję wartości tego parametru. Pogorszenie odnotowano jedynie dla autobusów kursujących w kierunku 1 (z północy na południe).



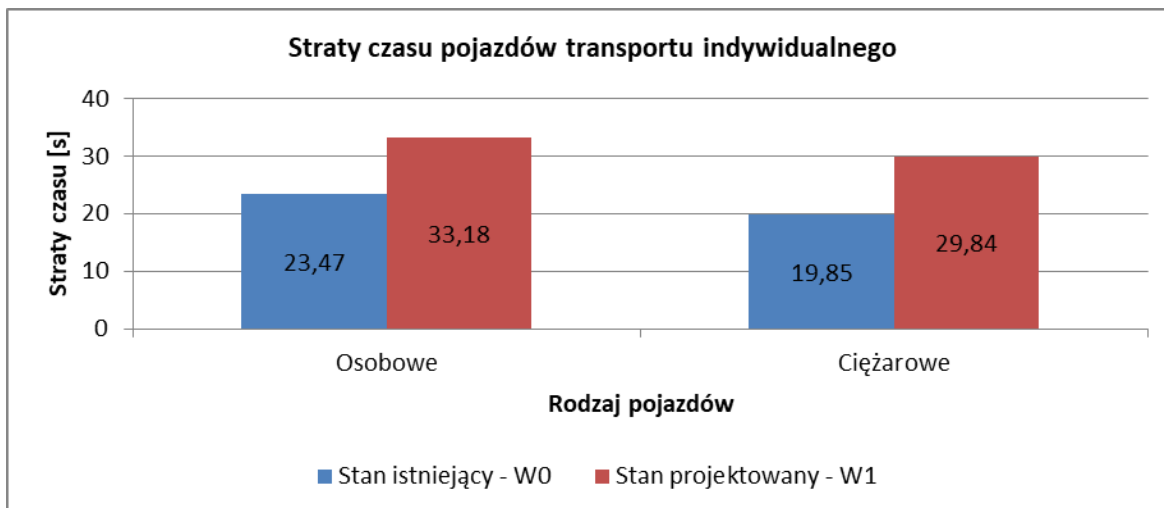
Rys. 66. Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Rezultaty dotyczące strat czasu, wynikających z pełnego zatrzymania pojazdów publicznego transportu zbiorowego, stanowią zawartość Rys. 67. Wartości zamieszczone na wykresie jeszcze bardziej uwypuklają niezaprzeczalne zalety wprowadzonych zmian w sposobie sterowania. Wprowadzenie priorytetu w zaproponowanej formie ograniczyło wartości tego parametru o ponad 94%. Oznacza to, że tramwaje pokonują badany fragment sieci praktycznie bez zatrzymania spowodowanego innym czynnikiem niż konieczność wymiany pasażerskiej na przystankach. Przeprowadzone analizy wskazują jednocześnie na możliwość zwiększenie średniej prędkości poruszania się tramwajów na modelowym odcinku o około 3km/h.



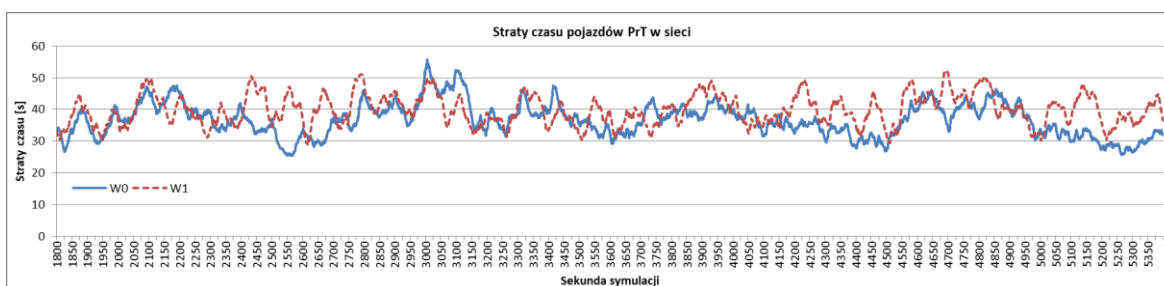
Rys. 67. Straty czasu pojazdów komunikacji miejskiej (PuT) wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Wraz z osiągniętymi, znacznymi korzyściami po stronie transportu publicznego nie zauważa się znacznego wzrostu strat czasu dla pozostałych uczestników ruchu (w ujęciu całego fragmentu sieci). W przypadku zarówno samochodów osobowych jak i ciężarowych, obserwuje się średni wzrost strat czasu na poziomie 10 sekund. Przy czym należy zaznaczyć, że wartości strat czasu, nieprzekraczające 40 sekund w dalszym ciągu świadczą o zachowaniu dobrych warunków ruchowych Rys. 68.



Rys. 68. Średnie straty czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1

Przedstawiony na Rys. 69 wykres przebiegu zmienności strat czasu pojazdów transportu indywidualnego, ukazany w funkcji czasu, potwierdza stabilność układu komunikacyjnego. Nie zauważa się wzrostów mogących świadczyć o powstawaniu kongestii o charakterze paraliżu komunikacyjnego. Układ pomimo znacznego uprzywilejowania ruchu tramwajów zachowuje się stabilnie.



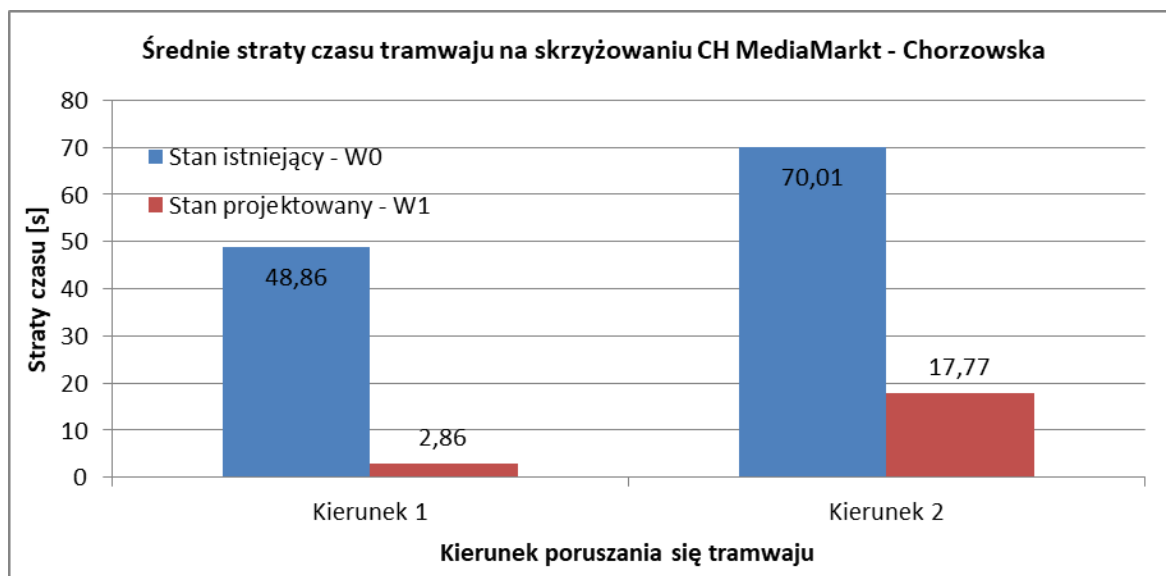
Rys. 69. Zmienność strat czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1

Szczegółowej analizie poddano też rezultaty uzyskane na poszczególnych relacjach analizowanych skrzyżowań. Szczegółowe zestawienie strat czasu osiąganych przez poszczególne grupy pojazdów zamieszczono w Tab.19. W przeważającej części analizowanych relacji zauważa się znaczne polepszenie warunków ruchu. W praktyce, jedynie w przypadku głównych potoków ruchu realizowanych przez transport indywidualny wzdłuż ul. Chorzowskiej, zauważa się nieznaczny przyrost czasu oczekiwania.

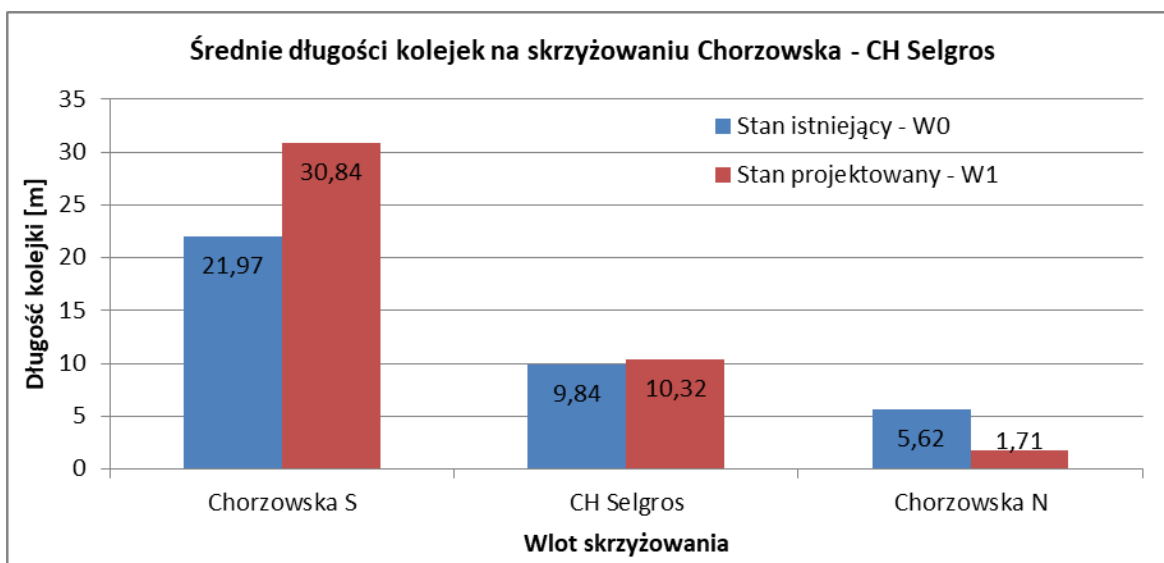
Tab.19. Zestawienie strat czasu dla poszczególnych relacji na skrzyżowaniach – Porównanie wariantów W0 i W1

Skrzyżowanie		Straty czasu [s]										
		Rodzaj pojazdu Wariant	Wszystkie		Tramwaje		Sam. os.		Sam. cięż.		Autobusy	
			W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1
Chorzowska - CH MediaMarkt	Relacja											
	CH MediaMarkt > Chorzowska N	65,18	33,84	-	-	64,17	34,06	136,88	19,14	-	-	
	CH MediaMarkt > Chorzowska S	75,95	48,29	-	-	75,71	47,79	88,54	66,22	-	-	
	Chorzowska N > CH MediaMarkt	69,93	45,44	-	-	70,02	45,36	62,88	46,30	-	-	
	Chorzowska N > Chorzowska S	7,42	25,33	-	-	7,40	25,31	7,65	25,97	9,65	25,84	
	Chorzowska S > CH MediaMarkt	33,66	13,48	-	-	33,57	13,27	42,21	27,72	-	-	
	Chorzowska S > Chorzowska N	4,01	7,13	-	-	3,27	6,86	3,67	3,12	93,90	57,40	
	Tramwaj N > S	48,86	2,86	48,86	2,86	-	-	-	-	-	-	
Tramwaj S > N	70,01	17,77	70,01	17,77	-	-	-	-	-	-		
Chorzowska - CH Selgros	CH Selgros > Chorzowska N	42,01	47,62	-	-	42,02	47,76	41,21	39,25	-	-	
	CH Selgros > Chorzowska S	24,33	21,03	-	-	24,31	21,00	25,64	23,51	-	-	
	Chorzowska N > CH Selgros	4,18	1,41	-	-	4,19	1,42	3,08	0,05	-	-	
	Chorzowska N > Chorzowska S	6,85	2,20	-	-	6,86	2,17	6,39	2,16	8,32	5,11	
	Chorzowska S > CH Selgros	49,75	41,94	-	-	49,67	41,88	57,70	46,89	-	-	
	Chorzowska S > Chorzowska N	12,68	25,35	-	-	12,67	25,35	12,85	26,22	13,19	22,49	

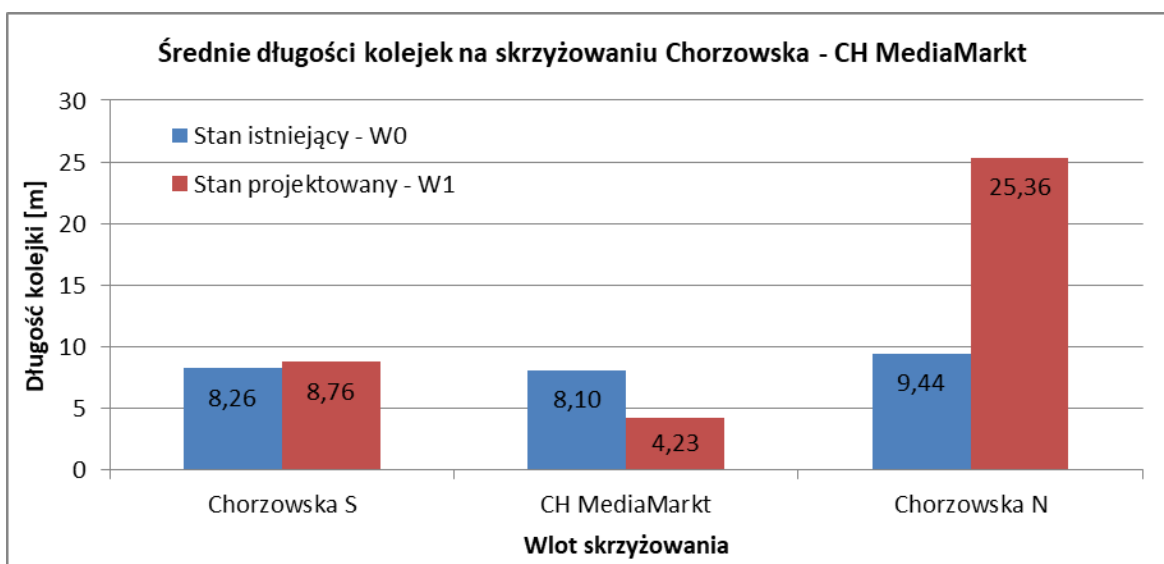
Bezpośrednie działanie sygnalizacji jest powodem ograniczenia czasu postoju tramwajów o 94% dla kierunku 1 i 70% dla kierunku 2 (Rys. 70). Wynik ten nie jest w dodatku skorelowany silnie z generowaniem długich kolejek pojazdów na skrzyżowaniach, czego dowodem są wykresy przedstawione na Rys. 71 i Rys. 72.


Rys. 70. Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu CH MediaMarkt - Chorzowska – Porównanie wariantów W0 i W1

Jedynie dla północnego wlotu ul. Chorzowskiej na skrzyżowaniu z CH MediaMarkt oraz południowego wlotu na skrzyżowaniu z CH Selgros zauważa się przyrost długości kolejki. Zakres zmiany wartości tego parametru w tych dwóch miejscach, nie świadczy o istotnym pogorszeniu warunków ruchu.



Rys. 71. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Chorzowska – CH Selgros – Porównanie wariantów W0 i W1



Rys. 72. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Chorzowska – CH MediaMarkt – Porównanie wariantów W0 i W1

Powyższe wyniki zakładają wdrożenie wariantu kosztowego W2, którego łączny koszt dla badanego odcinka oszacowano na 98 518 zł. Ewentualne rozszerzenie inwestycji o działania zdefiniowane w wariantcie kosztowym W3 może przyczynić się do dalszej redukcji strat. Wycena wariantu W3 dla powyższego odcinka znajduje się w załączniku nr 1 opracowania.

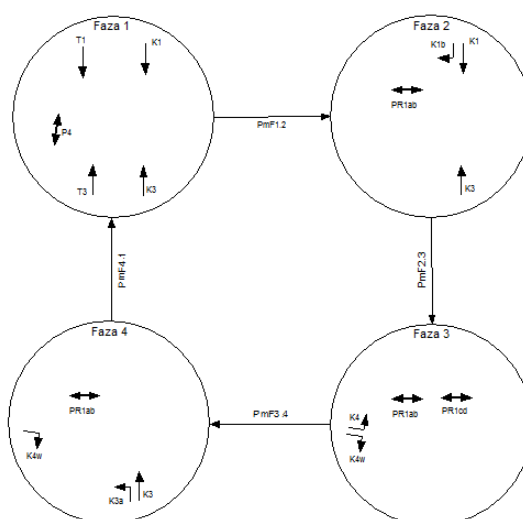
5.3.4. Linia T7 – Odcinek W12 – W15

5.3.4.1. Charakterystyka stanu istniejącego i wprowadzonych zmian

Przedmiotowy odcinek zlokalizowany jest w całości na terenie Świętochłowic i mierzy około 2100 metrów. Jego granice wyznaczają przystanki *Piaśniki Osiedle Skatka* i *Świętochłowice Mijanka*. Głównym powodem problemów z płynnością ruchu tramwajów w tym miejscu jest działanie sygnalizacji świetlnych na skrzyżowaniach: Bytomska - Krasickiego, Bytomska - DTŚ (składające się z dwóch skrzyżowań częściowych) oraz Katowicka - Wojska Polskiego. Odnotowane na nich średnie straty czasu stanowią najwyższe zarejestrowane wartości na wszystkich badanych liniach. Wzdłuż tej samej trasy, poza linią T7, poruszają się również tramwaje linii T17. Na skrzyżowaniu Katowickiej i Wojska Polskiego dodatkowo funkcjonuje linia T9.

Skrzyżowanie Bytomska-Krasickiego

Bytomska-Krasickiego jest skrzyżowaniem trójwlotowym. Po zachodniej stronie ul. Bytomskiej, równoległe do jezdni, biegną tory tramwajowe, które na skrzyżowaniu przecinają wlot ul. Krasickiego. Taka geometria sprzyja wprowadzeniu priorytetów, ponieważ relacja tramwajowa jest kolizyjna tylko z jednym wlotem, a strumienie kolizyjne skręcające z ul. Bytomskiej w Krasickiego są sterowane sygnalizatorami kierunkowymi. Podczas przejazdu tramwaju, taki układ grup pozwala selektywnie załączać sygnał czerwony, wyłączając na relacjach kolizyjnych, pozostawiając załączony sygnał zielony w grupach sterujących ruchem wzdłuż ul. Bytomskiej. Przyczynia się to do zmniejszenia utrudnień dla samochodów i zwiększa efektywność działania całej sygnalizacji. Obecnie sygnalizacja pracuje w trybie stałoczasowym, który załącza poszczególne sygnały zielone na stały, z góry ustalony czas, niezależnie od sytuacji ruchowej na skrzyżowaniu. Sygnalizacja ta ponadto pracuje w koordynacji wzdłuż ul. Bytomskiej. Zgodnie z aktualnym układem faz (Rys. 73), sygnał zielony dla tramwaju zapala się wyłącznie w fazie nr 1 a jego wypełnienie w 95-sekundowym cyklu stanowi jedynie około 22%.

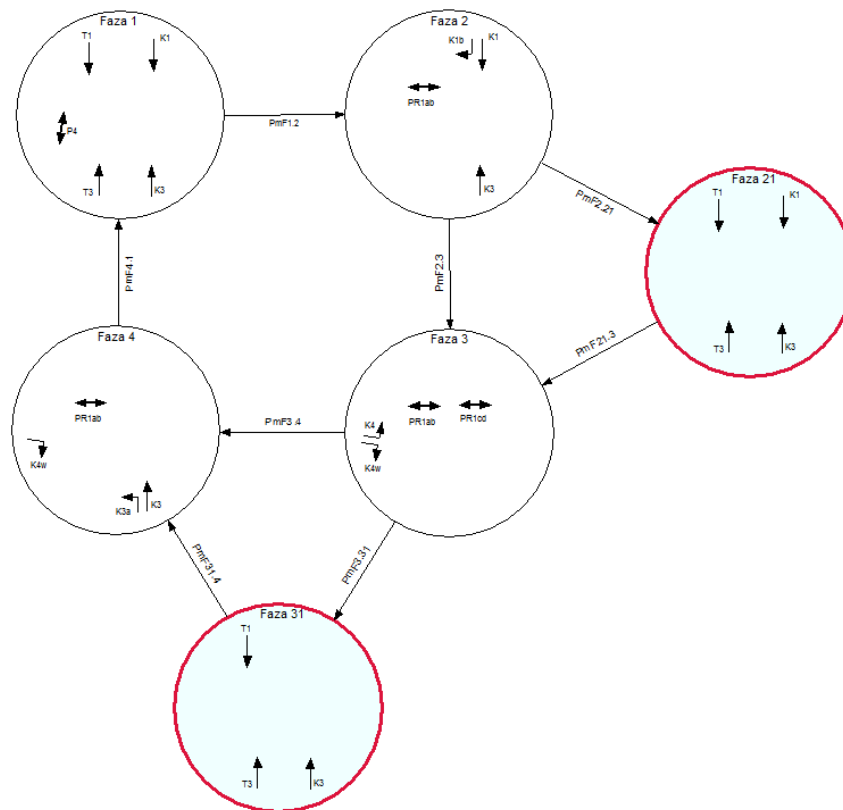


Rys. 73. Układ faz na skrzyżowaniu Bytomska – Krasickiego w Świętochłowicach (Stan istniejący)

W konsekwencji, w sytuacji gdy tramwaj nadjedzie w momencie zmiany sygnału z zezwalającego na ruch na zakazujący, musi poczekać, aż sterownik załączy pozostałe kolejne fazy w cyklu (F2, F3, F4) i ponownie fazę nr 1. Generuje to bardzo duże straty czasu dla tramwaju poruszającego się w obu kierunkach.

W związku z powyższym zdecydowano się na zmianę w sposobie sterowania. Program stałoczasowy został zamieniony na akomodacyjny, tzn. zależny od ruchu. Tego typu program dostosowuje układ faz oraz ich długość do sytuacji ruchowej na skrzyżowaniu, wykorzystując do tego sygnały z detektorów wykrywających pojazdy.

Wirtualny model skrzyżowania wyposażono w układ pętli indukcyjnych wykrywających samochody oraz rozmieszczono punkty meldunkowe, będące częścią systemu wykrywania tramwajów, pracującego w oparciu o przesyłanie telegramów zgłoszeniowych. Po uzupełnieniu infrastruktury opracowano nowy program sterujący, którego układ podstawowych faz ruchu przedstawiono na Rys. 74.



Rys. 74. Układ faz na skrzyżowaniu Bytomska – Krasickiego w Świętochłowicach (Stan projektowany)

Układ czterech podstawowych faz w programie (F1-F4) pozostawiono bez zmian, natomiast dodano możliwość dostosowywania ich długości w zależności od zapotrzebowania (lub zgłoszeń od tramwaju). Zachowano również działanie koordynacji w ciągu ulicy Bytomskiej. W ramach uprzywilejowania ruchu tramwajów przewidziano dwie fazy priorytetowe: F21 i F31, które uruchamiane są na żądanie i pozwalają załączyć sygnał zielony dla tramwajów w dowolnym

momencie cyklu. Jeżeli np. zgłoszenie od tramwaju pojawi się podczas trwania fazy 2, to sterownik możliwie najszybciej wyłącza fazę 2 i załącza fazę 21. Dzięki temu tramwaj nie będzie musiał czekać długo na sygnał zezwalający na ruch. Takie rozwiązanie pozwoli osiągnąć zyski czasowe dla tramwaju na poziomie średnio ok. 20 sekund dla kierunku 1 i 46s dla kierunku 2. Dokładna charakterystyka osiągniętych rezultatów stanowi zawartość punktu 5.3.4.2

Skrzyżowanie Bytomska-DTŚ

Skrzyżowanie Bytomska-DTŚ posiada złożoną geometrię – jest tzw. skrzyżowaniem podwójnym. Jedno skrzyżowanie tworzy ul. Bytomska i łącznice po północnej stronie DTŚ, a drugie ul. Bytomska i łącznice po południowej stronie DTŚ. Równoległe do ul. Bytomskiej, po jej zachodniej stronie, biegną tory tramwajowe, które przecinają obie łącznice. Przebieg torów sprzyja wprowadzeniu priorytetów, ponieważ są one kolizyjne ze stosunkowo niewielką liczbą relacji dla samochodów.

Obecność dwóch skrzyżowań w bliskiej odległości od siebie wymaga odpowiedniej koordynacji załączania sygnałów zielonych w grupach sygnalizacyjnych tak, aby w miarę możliwości, pojazdy przekraczające linię zatrzymania na pierwszym skrzyżowaniu przejechały bez zatrzymania również przez skrzyżowanie drugie.

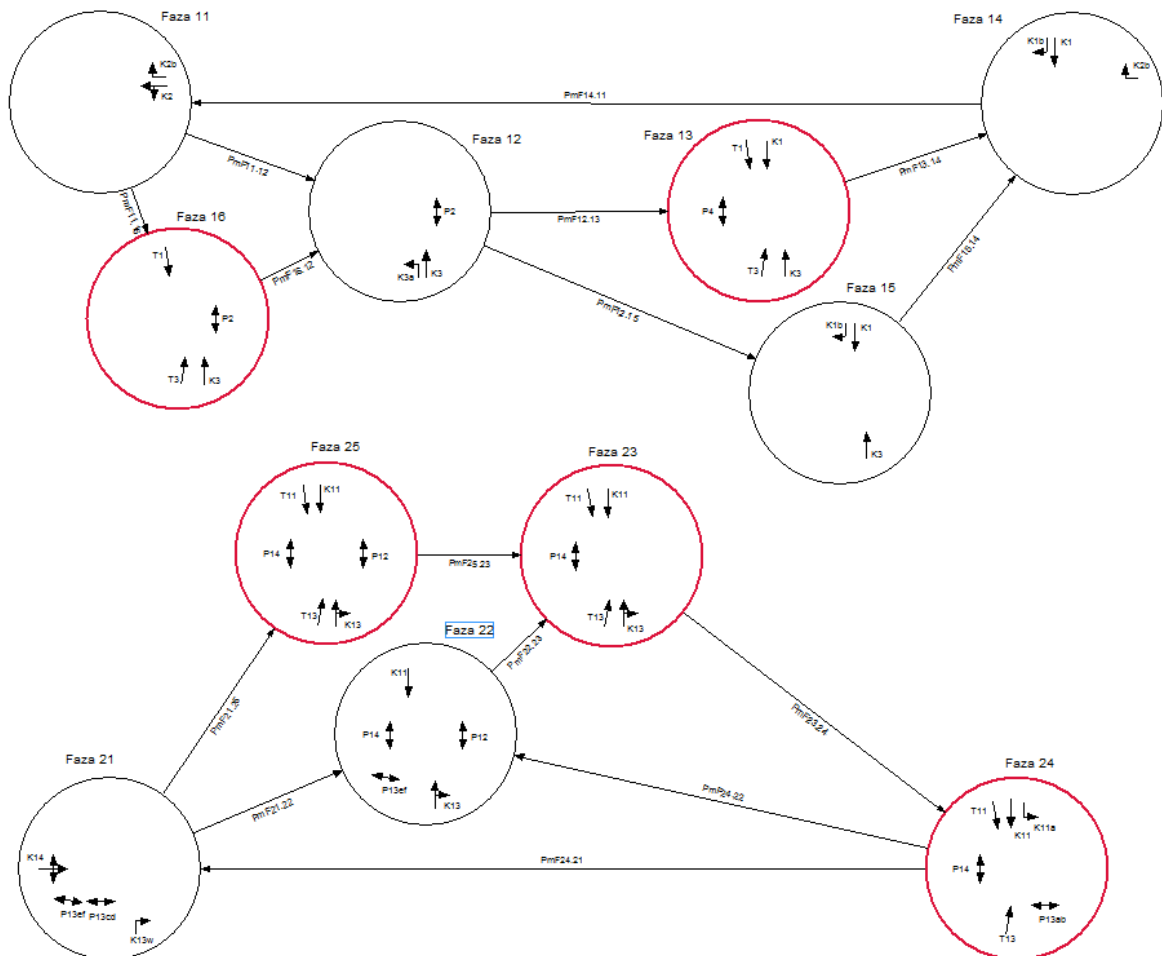


Rys. 75. Układ faz na skrzyżowaniu Bytomska – DTŚ w Świętochłowicach (Stan istniejący)

Obecnie na skrzyżowaniu działa program spełniający powyższe założenia. Jego wadą jest natomiast bardzo krótki sygnał zielony dla tramwaju na skrzyżowaniu północnym, załączany tylko raz w cyklu (Rys. 75).

Na skrzyżowaniu południowym panują dużo lepsze warunki dla ruchu tramwajów. Wynika to z faktu, że tramwaj jest kolizyjny tylko z jedną relacją samochodową (grupa K14 na łącznicy). W związku z tym, sygnał zielony dla tramwaju pozostaje załączony przez połowę długości cyklu.

W celu przyspieszenia obsługi tramwaju przygotowano nowy układ faz w programie. Program sterowania został podzielony na dwie części, osobno dla skrzyżowania północnego i południowego (Rys. 76).



Rys. 76. Układ faz na skrzyżowaniu Bytomska – DTŚ w Świętochłowicach (Stan istniejący)

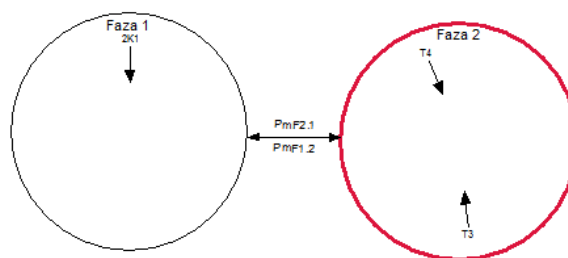
Zaproponowany, podstawowy układ faz bazuje na układzie istniejącym. W przypadku skrzyżowania północnego najważniejszą zmianą jest wprowadzenie fazy priorytetowej nr 16, która umożliwi załączenie sygnału zezwalającego na ruch tramwaju drugi raz w cyklu – i tym samym - ogranicza czas oczekiwania tramwaju na sygnał zielony.

Na skrzyżowaniu południowym przewidziano możliwość pominięcia fazy nr F21 oraz przyspieszenia załączenia grup tramwajowych w fazach 23 i 25. Dzięki temu wypełnienie cyklu

sygnałem zezwalającym zwiększono z 50% do 70%. Zastosowanie takich rozwiązań na obu skrzyżowaniach częściowych pozwoli osiągnąć zyski czasowe dla tramwaju na poziomie średnio ok. 48 sekund dla kierunku 1 i 30 sekund dla kierunku 2. Dokładna charakterystyka osiągniętych rezultatów stanowi zawartość punktu 5.3.4.2.

Świętochłowice Bytomska – przejazd na południe od DTŚ

Przejazd tramwajowy zlokalizowany jest ok. 170m na południe od DTŚ. Umożliwia on bezkolizyjny przejazd tramwaju po torowisku, które zmienia swój przebieg ze środka jezdni na jej zachodnią stronę. Program pracujący na przejeździe jest bardzo prosty i składa się jedynie z dwóch faz ruchu (Rys. 77).



Rys. 77. Układ faz na przejeździe tramwajowym przez ul. Bytomską w Świętochłowicach (Stan istniejący)

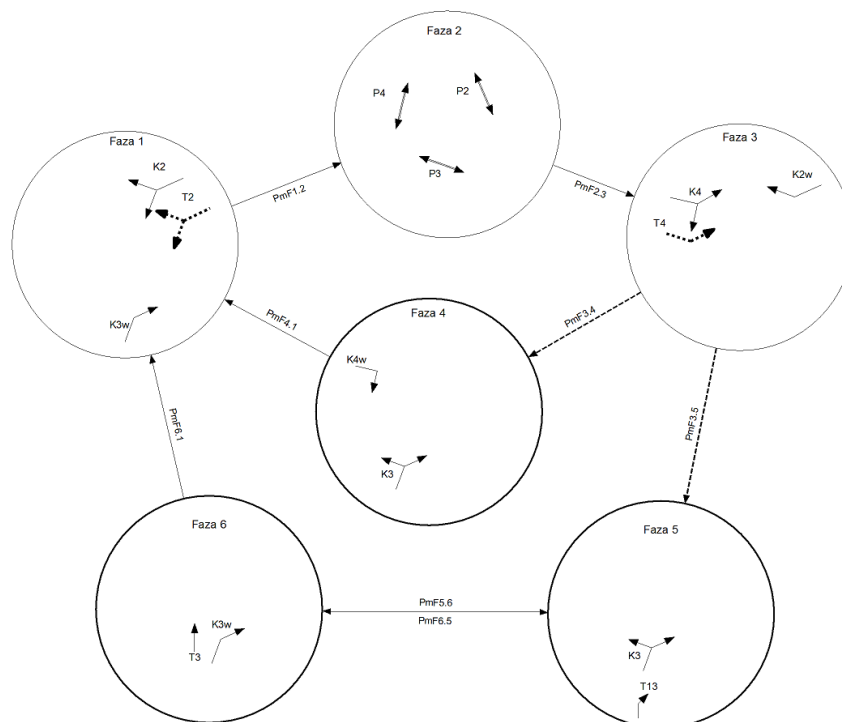
W podstawowym stanie załączona pozostaje faza 1, pozwalająca na ruch samochodów. W przypadku pojawienia się tramwaju, sterownik wyłącza fazę 1 i załącza fazę 2. Działanie obecnego programu jest na tyle proste i skuteczne, że nie zdecydowano się na wprowadzanie zmian na przedmiotowym przejeździe.

Świętochłowice Katowicka – Wojska Polskiego

Miejsce przecięcia ulic Katowickiej i Wojska Polskiego to skrzyżowanie trójwlotowe. Wloty zlokalizowane po północno-zachodniej oraz wschodniej jego części stanowiące przebieg ulicy Katowickiej, mają po dwa pasy ruchu, gdzie jeden przeznaczony jest do jazdy na wprost natomiast drugi przeznaczony jest do skrętu w ul. Wojska Polskiego. Na wlocie ul. Wojska Polskiego znajduje się jeden pas obsługujący obie relacje skrętne grup kołowych.

Tramwaje na tym skrzyżowaniu nie posiadają wydzielonego torowiska i współdzielą jezdnię z innymi pojazdami. Na północnym zachodzie z relacją na wprost, na wschodzie natomiast z relacją w lewo. Ruch tramwajowy odbywa się również wzdłuż ul. Wojska Polskiego. Dwukierunkowa relacja z wlotem wschodnim ul. Katowickiej jest obsługiwana przez tramwaj linii nr 9. Zaznaczyć należy, że torowisko biegnące wzdłuż ul. Wojska Polskiego, pomiędzy skrzyżowaniem z ul. Katowicką a skrzyżowaniem z ul. Hajduki jest odcinkiem dwukierunkowym z pojedynczym torem, po którym tramwaje poruszają się wahadłowo. Dodatkowo odcinek ten jest współdzielony z ruchem kołowym. Generuje to bardzo duże straty dla wszystkich tramwajów, ponieważ sygnalizacja musi uwzględnić czas międzydzielony wynikający z długiego czasu przejazdu tramwaju po jednokierunkowym odcinku torowiska. Ponadto płynną obsługę tramwaju utrudnia

fakt, że tramwaje linii T9 poruszające się ze wschodniego wlotu ul. Katowickiej w kierunku ul. Wojska Polskiego, zajmują torowisko stanowiące wylot dla tramwaju linii T7 i T17 w relacji z północnego zachodu na wschód. Sygnalizacja na skrzyżowaniu działa w sposób mało elastyczny, ponieważ realizuje program stałoczasowy z aktualizowaną jedynie fazą dla grup obsługujących tramwaj linii 9 (Rys. 78). Podstawowa sekwencja faz to 1->2->3->4. Jeżeli w trakcie działania faz 1-3 zostanie wykryte zapotrzebowanie na obsługę tramwaju linii T9 (na czujniku przy skrzyżowaniu z ul. Hajduki), następuje pominięcie fazy F4 i realizacja sekwencji Faz F5-F6. Sekwencja ta jest powtarzana do czasu wymeldowania tramwaju na tarczy skrzyżowania z ul. Katowicką.



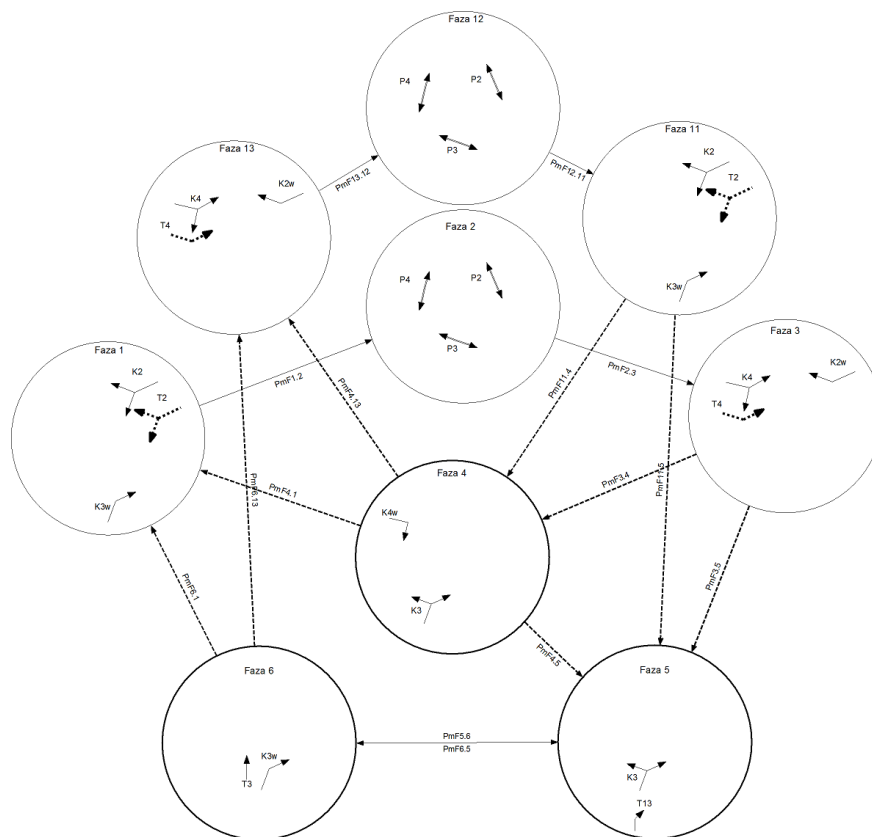
Rys. 78. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Katowickiej i Wojska Polskiego w Świętochłowicach (Stan istniejący)

Zaproponowany, nowy układ faz (Rys. 79) częściowo bazuje na dotychczasowym schemacie. Dodano możliwość przejścia z fazy nr 4 do fazy nr 5 w przypadku wykrycia tramwaju linii T9. Ponadto dodano możliwość wyboru sekwencji faz 13-12-11 lub 1-2-3 po fazach 4 i 6 w celu szybszej obsługi tramwajów przyjeżdżających z wlotów ul. Katowickiej. Skrzyżowanie wyposażono w szereg detektorów dla samochodów (w postaci pętli indukcyjnych) dzięki czemu czasy trwania faz 1, 3, 4, 11 i 13 mogą być dostosowane do aktualnego zapotrzebowania w zakresie od czasu minimalnego do maksymalnego. Tramwaje natomiast wykrywane są za pomocą systemu telegramów. Fazy 1, 3, 13, 11 mogą zostać wydłużone o dodatkowy czas w przypadku wykrycia tramwajów wzdłuż ul. Katowickiej. Takie rozwiązanie pozwoli osiągnąć zyski czasowe dla tramwaju wszystkich linii obsługiwanych przez to skrzyżowanie. Dla kierunku 1 linii T7/T17 można liczyć na ograniczenie strat czasu na poziomie średnio ok. 20 sekund dla kierunku 1. Dla kierunku 2 natomiast zyski czasowe kształtują się na poziomie 23 sekund. W przypadku tramwajów linii 9 dla

kierunku 1, wartość tej charakterystyki wynosi 36 sekund i dla kierunku 2 – 9 sekund. Dokładna charakterystyka osiągniętych rezultatów stanowi zawartość punktu 5.3.4.2.

Bardziej kompleksowym rozwiązaniem powyższych problemów jest przebudowa całego skrzyżowania. W trakcie przygotowywania niniejszego opracowania Zarząd Dróg w Świętochłowicach przekazał informacje na temat planów budowy Centrum Przesiadkowego Mijanka. Koncepcja budowy zakłada powstanie węzła na terenie skweru Mijanka, położonego ok. 140m na wschód od skrzyżowania Katowicka-WP. W ramach projektu przebudowie ulegnie układ ulic i torów, przebiegających w rejonie inwestycji. Podstawową zmianą jest przeniesienie skrzyżowania Katowicka-WP na wschód, w miejsce obecnego skrzyżowania ulicy Katowickiej z Cmentarną. Południowy wlot ulicy WP poprowadzony zostanie przez projektowany tunel do obecnego skrzyżowania WP-Hajduka. Dzięki temu w miejscu starego przebiegu ulicy WP będzie można poprowadzić dodatkowy tor tramwajowy, umożliwiający poruszanie się tramwajów w obu kierunkach, w sposób całkowicie bezkolizyjny. Torowisko w rejonie węzła zostanie całkowicie oddzielone od ruchu samochodowego. Z kolei na projektowanych skrzyżowaniach pojawi się sygnalizacja świetlna uwzględniająca priorytetową obsługę tramwajów i autobusów.

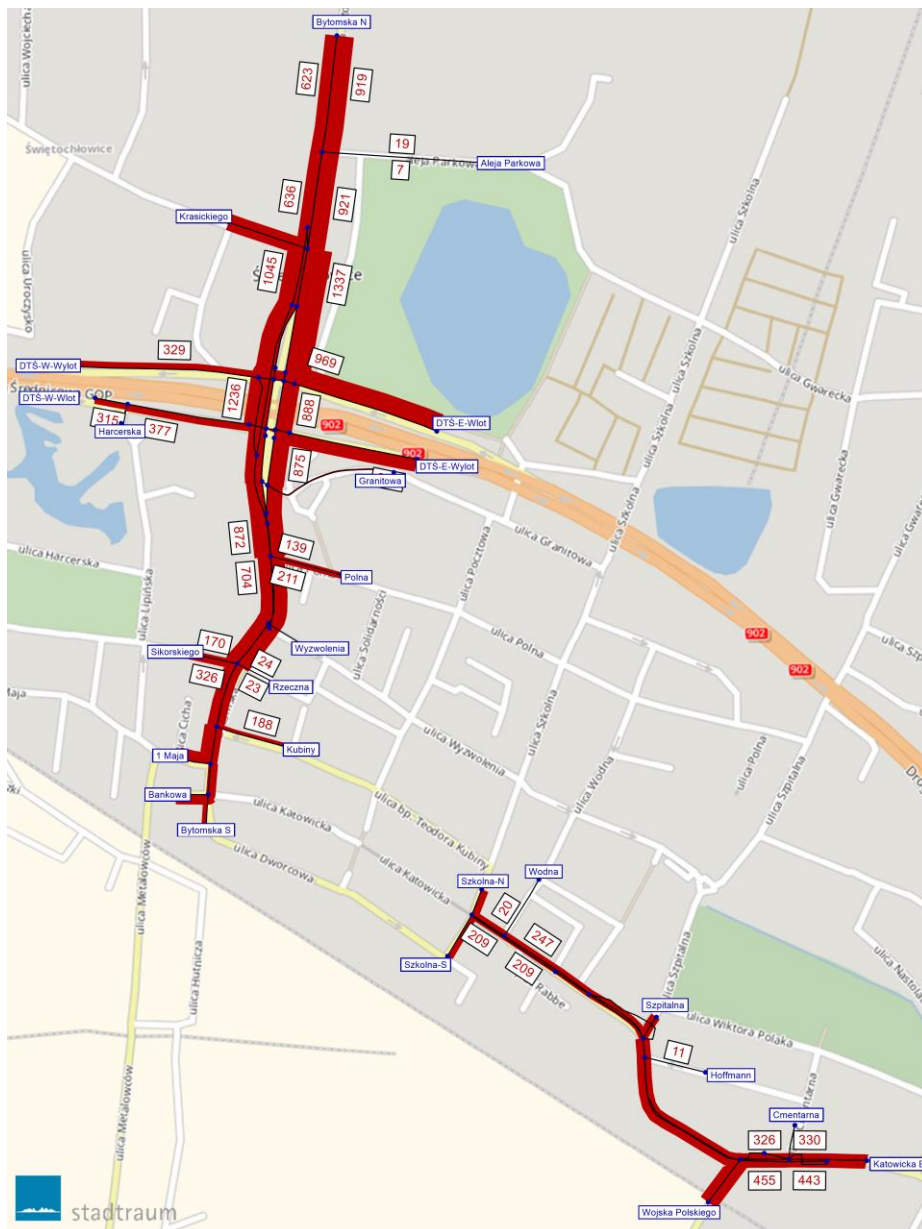
Cała inwestycja przyczyni się do znacznego zmniejszenia strat czasu na skrzyżowaniu.



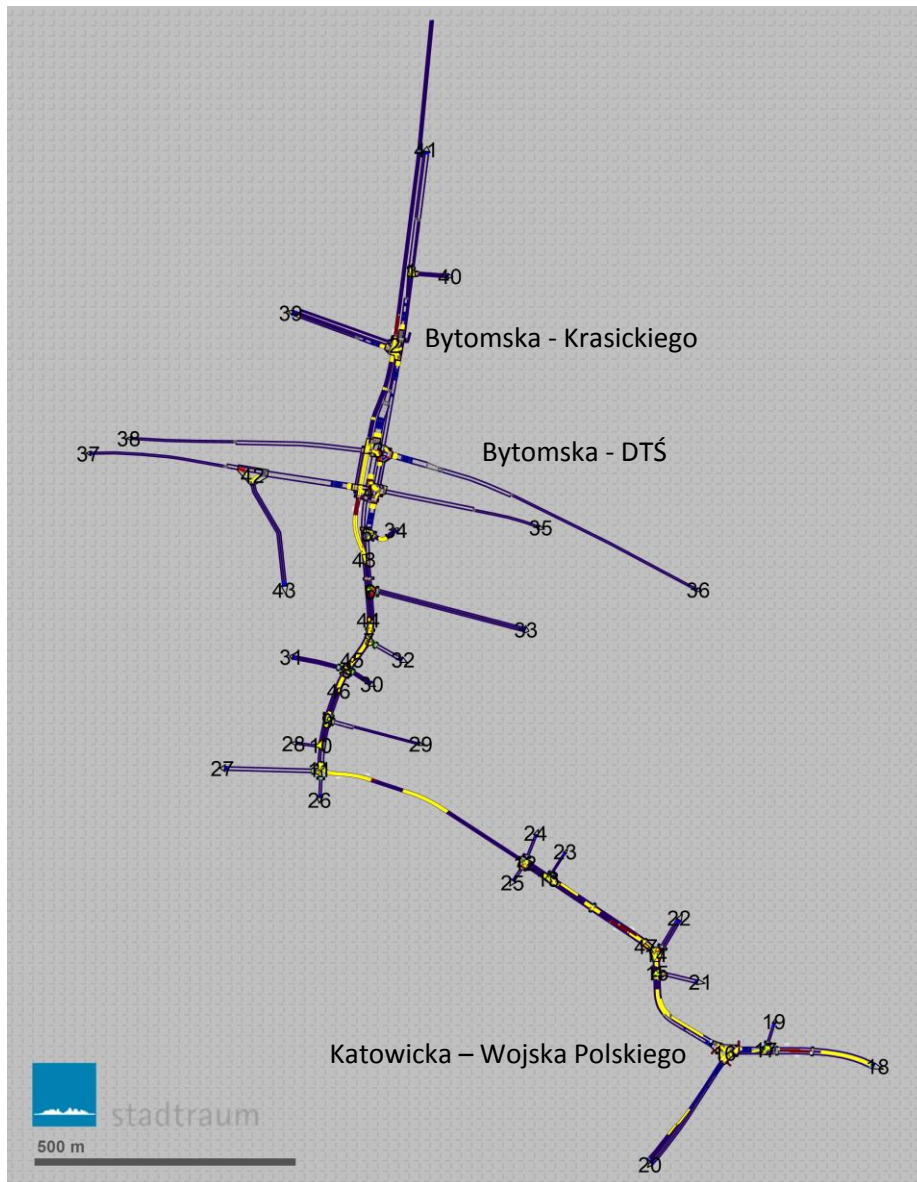
Rys. 79. Układ faz na skrzyżowaniu ul. Katowickiej i Wojska Polskiego w Świętochłowicach (Stan projektowany)

5.3.4.2. Charakterystyka uzyskanych rezultatów

Zgodnie z założeniami przyjętej metodyki prace nad modelem mikro symulacyjnym poprzedzone były analizą modelu makroskopowego w celu uzyskania wartości natężenia poszczególnych potoków ruchu w obszarze analiz. Po wygenerowaniu submodelu oraz jego kalibracji względem pomiarów ruchu, uzyskano rozkład natężenia przedstawiony na Rys. 80. Następnie, z wykorzystaniem narzędzia LISA+, przystąpiono do programowania wirtualnych sterowników sygnalizacji dla stanu istniejącego oraz projektowanego. Równoległe opracowano strukturę modelu mikrosymulacyjnego, którego reprezentacją jest Rys. 81.

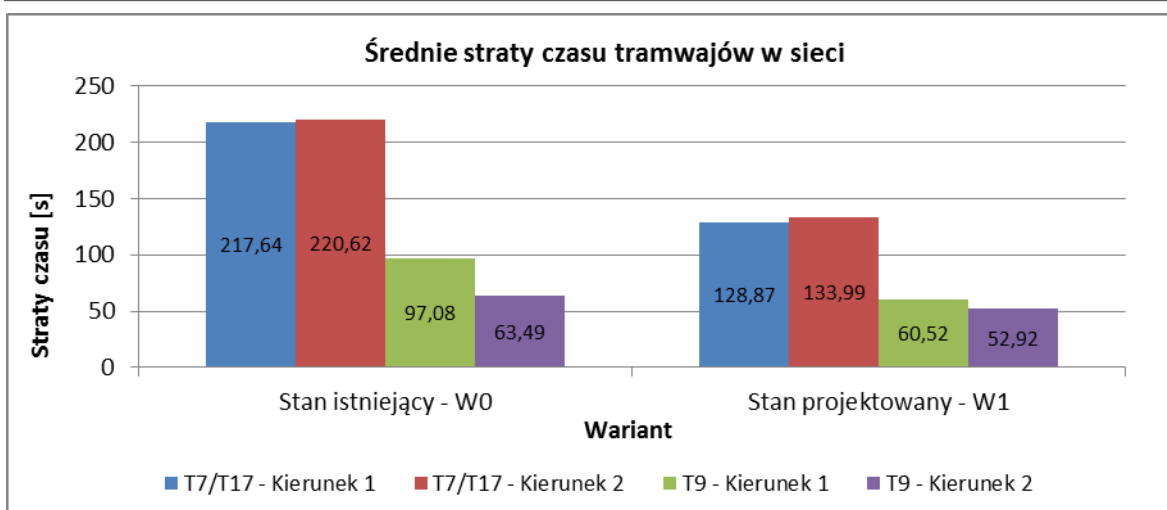


Rys. 80. Rozkład natężenia ruchu transportu indywidualnego (PrT) w czasie godziny szczytu dla odcinka W12-W15 linii T7 w narzędziu PTV Visum



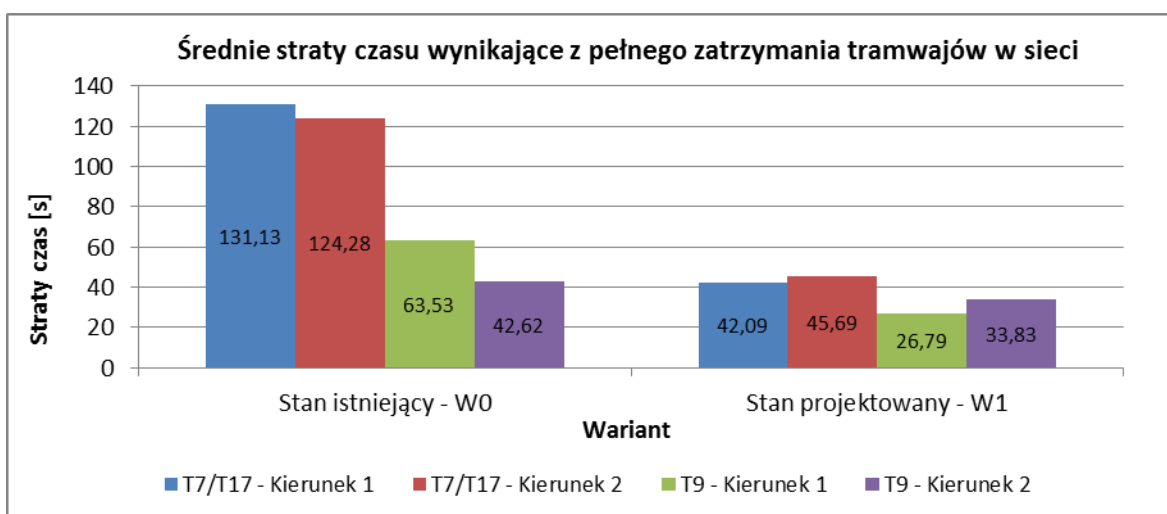
Rys. 81. Struktura modelu mikrosymulacyjnego dla odcinka W12-W15 linii T7 w narzędziu PTV Vissim

Ostatecznie po przeprowadzeniu serii eksperymentów uzyskano wyniki dotyczące efektywności ruchu w modelowej sieci transportowej. Wprowadzenie przedstawionych usprawnień pozwoliło znacznie zredukować straty czasu tramwajów na wszystkich liniach poruszających badanym fragmencie, tj. T7, T17, T9 (Rys. 82). Dla linii T7 oraz T17, biegnących wzdłuż całego zamodelowanego fragmentu, zyski czasowe są największe. Dla obu kierunków uzyskano około 40% spadek wartości tego parametru. Dla linii T9 pomimo bardzo niekorzystnego układu drogowego uzyskano spadki na poziomie 38% dla kierunku 1 i 17% dla kierunku 2.



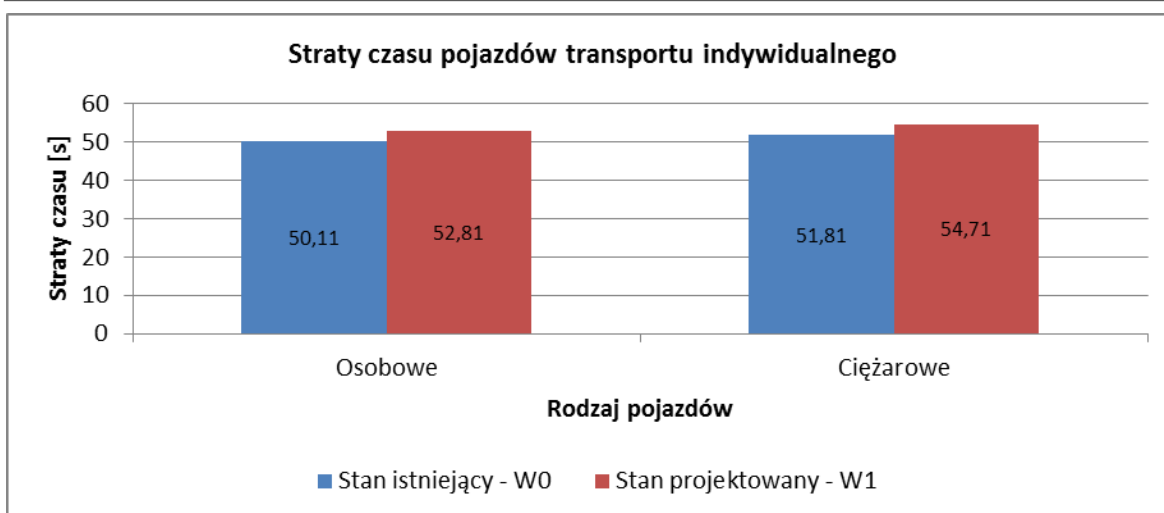
Rys. 82. Straty czasu tramwajów w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Jeszcze bardziej optymistyczne rezultaty udało się uzyskać względem strat czasu wynikających z pełnego zatrzymania tramwaju (Rys. 83). Pod tym względem dla tramwajów linii T7 i T17 można osiągnąć ponad 60% redukcję strat czasu. Niewiele mniej, tj. 57% osiągnięto dla kierunku 1 linii T9. Dla kierunku 2 można spodziewać się ograniczenia czasu zatrzymania na poziomie 20%.



Rys. 83. Straty czasu tramwajów wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Wraz z osiągniętymi rezultatami dla transportu publicznego, nie zauważa się wysokiego wzrostu strat czasu dla pozostałych uczestników ruchu (w ujęciu całego fragmentu sieci). Kształtują się one na poziomie 50 i 52 sekund, odpowiednio dla pojazdów osobowych i ciężarowych, dla stanu istniejącego. Wprowadzenie priorytetyzacji tramwajów wiąże się z pogorszeniem tej charakterystyki o nieco ponad 5%. W ciągu symulacji godziny szczytu popołudniowego nie zauważono istotnych, chwilowych odchyleń względem strat czasu, czego potwierdzeniem jest wykres ukazany na Rys. 85.



Rys. 84. Straty czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1



Rys. 85. Zmienność strat czasu pojazdów transportu indywidualnego w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Na skutek wprowadzonych zmian w sposobie sterowania sygnalizacją świetlną na przedmiotowych skrzyżowaniach zwiększono średnią prędkość poruszania się tramwajów (Tab.20).

Tab.20. Prędkość poruszania się tramwajów na odcinkach międzyprzystankowych, objętych zmianą sterowania – Porównanie wariantów W0 i W1

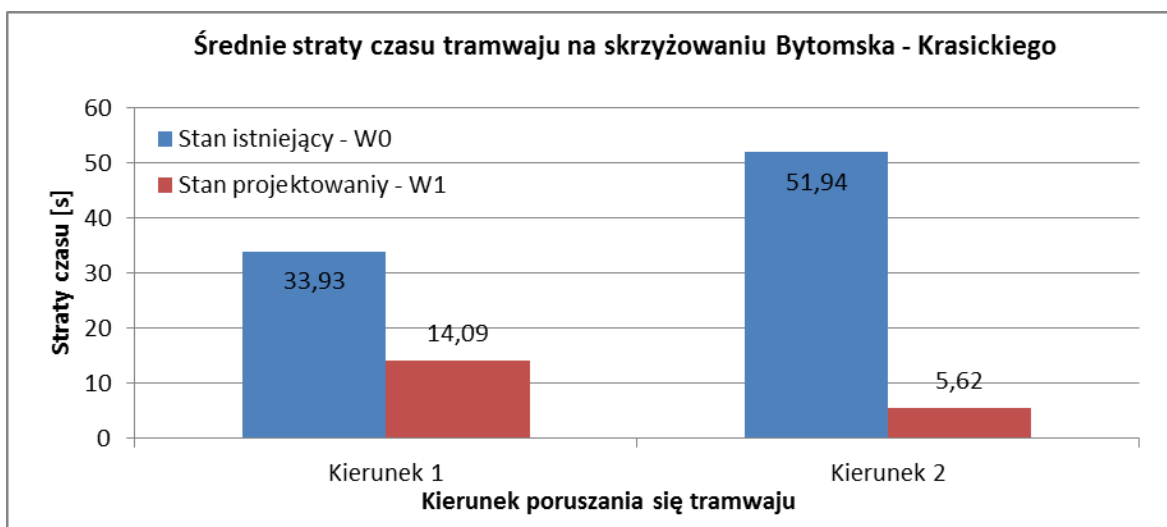
		Prędkość tramwaju linii T7/T17 na odcinku międzyprzystankowym [km/h]			
Odcinek międzyprzystankowy	Kierunek	Pomiar ŚKUP	Model W0	Model W1	Poprawa [%]
W12	K1	8,33	7,87	13,11	66,58
	K2	8,19	8,07	13,83	71,38
W15	K1	13,96	11,97	13,87	15,87
	K2	12,31	11,08	13,08	18,05

W ramach realizowanego zadania, szczegółowej analizie poddano rezultaty uzyskane na skrzyżowaniach, na których dokonano zmian. Zestawienie danych dotyczących strat czasu ponoszonych przez uczestników ruchu na poszczególnych relacjach zamieszczono w Tab.21.

Tab.21. Zestawienie strat czasu dla poszczególnych relacji na skrzyżowaniach – Porównanie wariantów W0 i W1

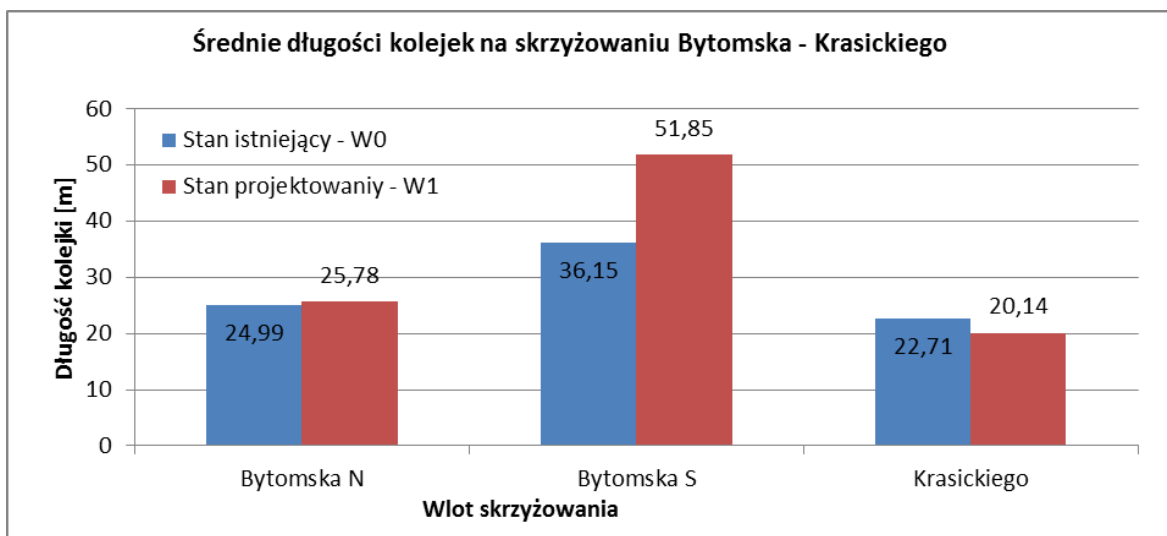
		Straty czasu [s]							
Skrzyżowanie	Rodzaj pojazdu	Wszystkie		Tramwaje		Sam. os.		Sam. cięż.	
	Wariant	W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1
	Relacja								
Krasickiego - Bytomska	Bytomska N > Bytomska S	21,61	20,97	-	-	21,62	20,95	21,28	21,17
	Bytomska N > Krasickiego	36,90	53,97	-	-	36,73	53,83	48,16	63,42
	Bytomska S > Bytomska N	11,04	11,73	-	-	11,10	11,84	9,71	9,25
	Bytomska S > Krasickiego	41,39	60,07	-	-	41,35	60,04	43,54	62,02
	Krasickiego > Bytomska N	50,36	49,05	-	-	50,36	49,05	-	-
	Krasickiego > Bytomska S	25,87	22,38	-	-	25,92	22,39	23,58	21,91
	Tramwaj N>S	33,93	14,09	33,93	14,09	-	-	-	-
Tramwaj S>N	51,94	5,62	51,94	5,62	-	-	-	-	
DTŚ - Bytomska I (N)	Bytomska N > Bytomska Środek	19,90	20,53	-	-	20,00	20,66	16,30	15,98
	Bytomska N > DTŚ W	17,07	17,34	-	-	17,54	17,76	12,68	13,39
	Bytomska Środek > Bytomska N	1,36	2,81	-	-	1,37	2,80	1,03	2,95
	Bytomska Środek > Bytomska W	18,44	21,13	-	-	18,38	20,99	19,71	25,71
	DTŚ E > Bytomska N	34,07	41,46	-	-	34,05	41,47	34,45	41,27
	DTŚ E > Bytomska Środek	42,79	42,73	-	-	42,76	42,71	43,09	42,97
	DTŚ E > DTŚ W	45,28	48,33	-	-	45,28	48,33	-	-
	Tramwaj N>S	72,81	23,33	72,81	23,33	-	-	-	-
Tramwaj S>N	36,11	15,46	36,11	15,46	-	-	-	-	
DTŚ - Bytomska I (S)	Bytomska S > Bytomska Środek	27,95	25,99	-	-	27,97	25,97	27,34	26,70
	Bytomska S > DTŚ E	19,34	17,68	-	-	19,28	17,68	21,11	17,49
	Bytomska Środek > Bytomska S	9,49	10,02	-	-	9,42	9,94	13,81	14,31
	Bytomska Środek > DTŚ E	3,47	4,39	-	-	3,53	4,45	2,34	3,09
	DTŚ W > Bytomska S	53,70	53,09	-	-	53,41	52,74	56,49	56,67
	DTŚ W > Bytomska Środek	41,09	41,09	-	-	41,15	41,14	40,52	40,53
	DTŚ W > DTŚ E	45,05	44,92	-	-	45,08	44,95	38,11	38,11
	Tramwaj N>S	0,08	1,63	0,08	1,63	-	-	-	-
Tramwaj S>N	29,17	20,60	29,17	20,60	-	-	-	-	
Katowicka - Woj. Polskiego	Wojśka Polskiego > Katowicka E	30,21	29,91	-	-	30,21	29,91	-	-
	Wojśka Polskiego > Katowicka W	36,03	34,07	-	-	36,03	34,07	-	-
	Katowicka W > E	74,58	65,35	-	-	74,58	65,35	-	-
	Katowicka W > Wojśka Polskiego	40,19	42,89	-	-	40,19	42,89	-	-
	Katowicka E > Wojśka Polskiego	43,92	43,94	-	-	43,92	43,94	-	-
	Katowicka E > Katowicka W	27,72	24,47	55,34	35,34	25,98	23,80	-	-
	Tramwaj E > S	48,01	39,03	48,01	39,03	-	-	-	-
	Tramwaj S > E (na skrzyżowaniu)	8,33	10,15	8,33	10,15	-	-	-	-
	Tramwaj S > E (od ul. Hajduka)	97,08	60,52	97,08	60,52	-	-	-	-
Tramwaj W > E	57,62	34,11	57,62	34,11	-	-	-	-	

Na skrzyżowaniu ul. Bytomskiej i Krasickiego wprowadzenie priorytetu w programie sygnalizacji pozwoliło znacznie przyspieszyć przejazd tramwaju. Dla kierunku 1 średni czas obsługi na poziomie 34 sekund zredukowano do 14, co stanowi ok. 60% poprawy. Straty czasu tramwaju wynikają z redukcji prędkości podyktowanej koniecznością obsługi przystanku. Dla kierunku drugiego, który w stanie istniejącym odnotowuje straty na poziomie 52 sekund, wartość tego parametru zredukowano blisko dziesięciokrotnie. Wraz z wprowadzeniem zaproponowanej inwestycji na skrzyżowaniu Bytomskiej i Krasickiego można spodziewać się, że tramwaj w przeważającej części przypadków pokonywać będzie to skrzyżowanie bez zatrzymania (Rys. 86).



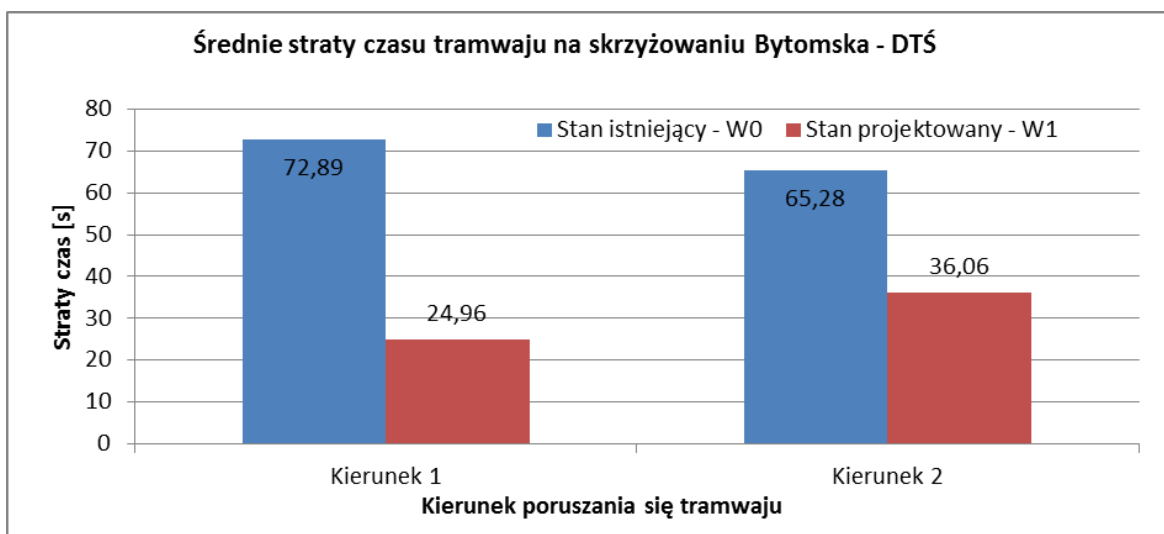
Rys. 86. Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Bytomska – Krasickiego – Porównanie wariantów W0 i W1

Dla transportu indywidualnego zauważa się niewielkie spadki strat czasu na wszystkich relacjach poza tymi które kończą się na wlocie ul. Krasickiego. Relacje skrzyżunkowe z ul. Bytomskiej są kolizyjne z trasą poruszania się tramwajów, dlatego wprowadzenie priorytetu może wpłynąć negatywnie na efektywność ruchu na tych relacjach, czego przejawem może być wydłużenie średniej długości kolejki (Rys. 87).



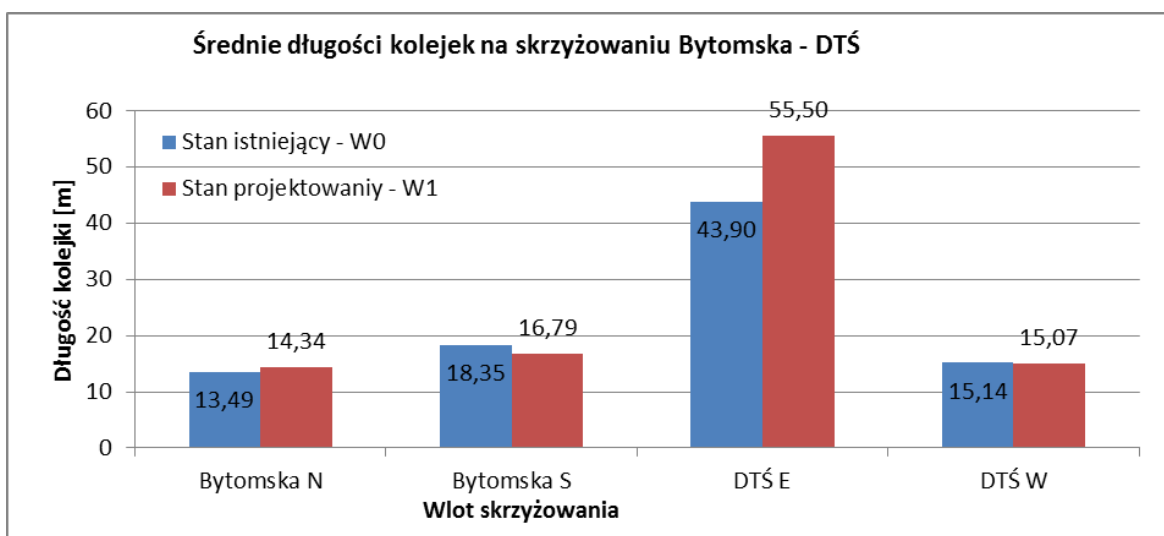
Rys. 87. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Bytomska – Krasickiego – Porównanie wariantów W0 i W1.

Na skrzyżowaniu ul. Bytomskiej i DTŚ wprowadzenie priorytetu w programie sygnalizacji również dało efekt w postaci znacznego przyspieszenia tramwaju. Dla kierunku 1, sumaryczne straty czasu wynikające z działania programu sygnalizacji zredukowano z ok. 73 sekund do 25, co stanowi ponad 65% poprawy. Dla kierunku drugiego, który w stanie istniejącym osiąga straty na poziomie średnio 65 sekund, wartość tego parametru zredukowano o blisko połowę, tj. do 36 sekund (Rys. 88).



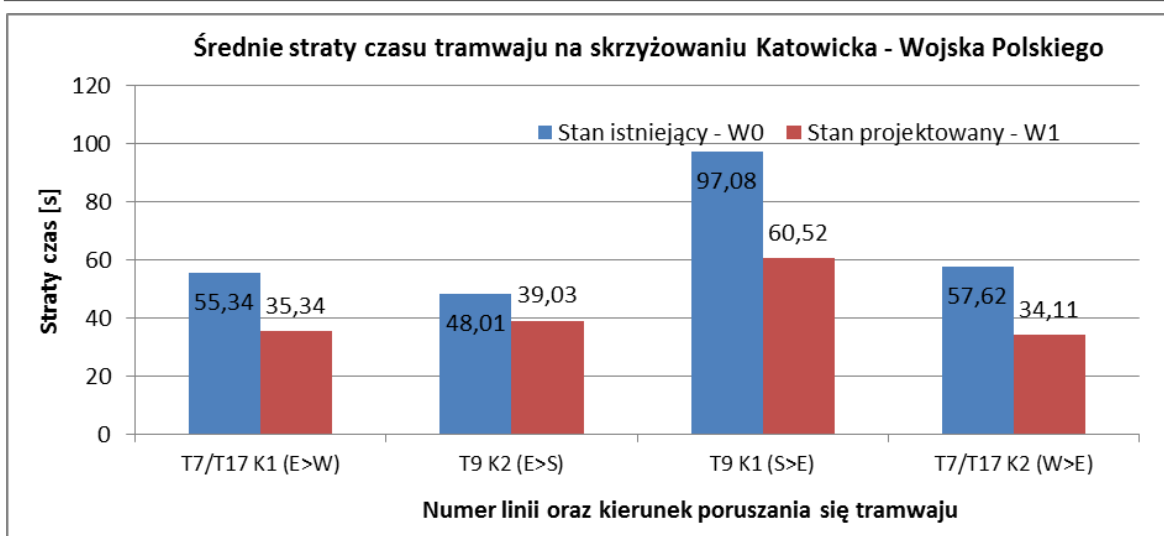
Rys. 88. Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Bytomska – DTŚ – Porównanie wariantów W0 i W1

Dla transportu indywidualnego, w rezultacie wprowadzonych zmian, nie odnotowano istotnego pogorszenia w zakresie strat czasu. Najwyższa zmiana wartości tego parametru dotyczy relacji prawoskrętu na wschodnim wlocie DTŚ (wzrost o 7,39s), jednak nie stanowi ona przesłanki o znacznym pogorszeniu efektywności ruchu pojazdów. Świadczyć może o tym tylko nieznaczne wydłużenie kolejki na wschodnim wlocie (Rys. 89).



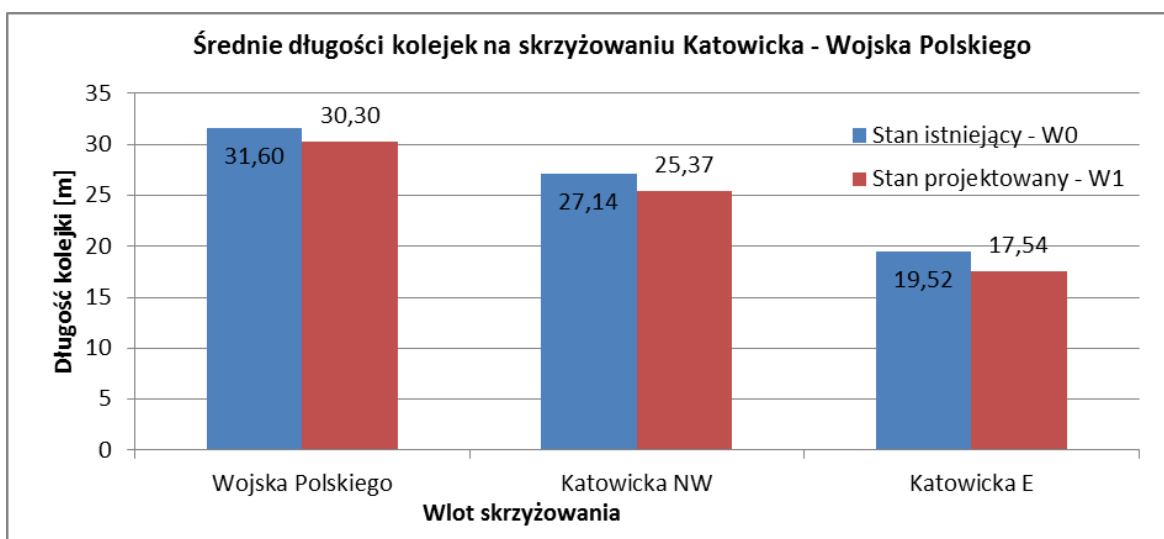
Rys. 89. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Bytomska – DTŚ – Porównanie wariantów W0 i W1.

Na skrzyżowaniu ulic Wojska Polskiego i Katowickiej, czyli na ostatnim analizowanym skrzyżowaniu, wyposażonym w sygnalizację świetlną, również udało się uprzywilejować ruch tramwajów. Efekt ten osiągnięto pomimo niekorzystnego układu infrastruktury torowo-drogowej. Co więcej, zadowalające rezultaty dotyczą wszystkich linii obsługiwanych przez to skrzyżowanie (Rys. 90).



Rys. 90. Straty czasu tramwajów na skrzyżowaniu Bytomska – DTŚ – Porównanie wariantów W0 i W1

Tramwaje linii T7 i T17, poruszające się wzdłuż ul. Katowickiej w kierunku 1 (tj. od północno-zachodniego wlotu do wschodniego) dla stanu istniejącego obciążone są średnimi stratami czasu na poziomie 58 sekund. Wprowadzenie zaproponowanych zmian pozwala zredukować wartość tego parametru do 34 sekund. Oznacza to poprawę na poziomie 40%. Niewiele gorszy rezultat, w postaci 36% osiągnięto dla kierunku przeciwnego (redukcja strat czasu z 55 sekund do 35). Na linii nr 9 najlepsze rezultaty osiągnięto dla relacji tramwaju poruszającego się od ul. Wojska Polskiego w kierunku wschodniego wlotu ul. Katowickiej. Straty czasu na poziomie 97 sekund obniżono do około 60 sekund, co stanowi poprawę o 37%. Dla kierunku przeciwnego, czas oczekiwania tramwaju zmniejszono o średnio 9 sekund.



Rys. 91. Średnie długości kolejek na skrzyżowaniu Katowicka – Wojska Polskiego – Porównanie wariantów W0 i W1.

Co warto podkreślić, wraz ze wzrostem efektywności ruchu tramwajów udało się ograniczyć straty czasu dla pojazdów transportu indywidualnego prawie na wszystkich relacjach (poza prawoskrętem z północno-zachodniego wlotu ul. Katowickiej, gdzie odnotowano niewielki wzrost). Zastosowanie w pełni akomodacyjnego algorytmu dało również efekt w postaci obniżenia średnich długości kolejek obserwowanych na przedmiotowym skrzyżowaniu (Rys. 91).

Powyższe wyniki zakładają wdrożenie wariantu kosztowego W2, którego łączny koszt dla analizowanego fragmentu oszacowano na 249 277 zł. Ewentualne rozszerzenie inwestycji o działania zdefiniowane w wariantcie kosztowym W3 może przyczynić się do dalszej redukcji strat. Wycena wariantu W3 dla powyższego odcinka zamieszczona została w załączniku nr 2 niniejszego opracowania.

5.3.5. Linia T15 – Odcinek W20 – W21

5.3.5.1. Charakterystyka stanu istniejącego i wprowadzonych zmian

Badany odcinek trasy mierzy ok. 1100m metrów i rozciąga się pomiędzy przystankami Sosnowiec Sobieskiego i Sosnowiec Dworzec. Na odcinku tym znajdują się dwa skrzyżowania z wyspą centralną: Piłsudskiego-Sobieskiego (po stronie zachodniej) i Piłsudskiego-3-go Maja (po stronie wschodniej). Konieczność pokonania dwóch skrzyżowań tego rodzaju w niewielkiej odległości od siebie (ok. 270m) znacząco utrudnia warunki ruchu dla tramwajów. Sytuację pogorsza fakt, że na odcinku pomiędzy skrzyżowaniami znajduje się wiadukt, pod którym torowisko biegnie bardzo blisko jezdni. Z uwagi na bezpieczeństwo tramwaje pokonują ten odcinek stosunkowo wolno.

Pomiędzy skrzyżowaniami poruszają się tramwaje linii T15, T21 i T35. Na skrzyżowaniu Piłsudskiego-3-go Maja, w relacji północ -> wschód, dodatkowo poruszają się tramwaje linii T26 i T27, co dodatkowo obciąża cały układ drogowo torowy. Skrzyżowanie ulic Piłsudskiego, Sobieskiego i Kilińskiego wyposażone jest w sygnalizację i zaproponowana w ramach wariantu W2 reorganizacja dotyczy zmiany sposobu sterowania nią.

Sosnowiec Piłsudskiego-Sobieskiego-Kilińskiego

Skrzyżowanie Piłsudskiego – Sobieskiego – Kilińskiego jest skrzyżowaniem czterowłotowym z wyspą centralną. Zasady pierwszeństwa na skrzyżowaniu wyznaczono oznakowaniem C-12+A-7 („ruch okrężny” + „ustąp pierwszeństwa”).

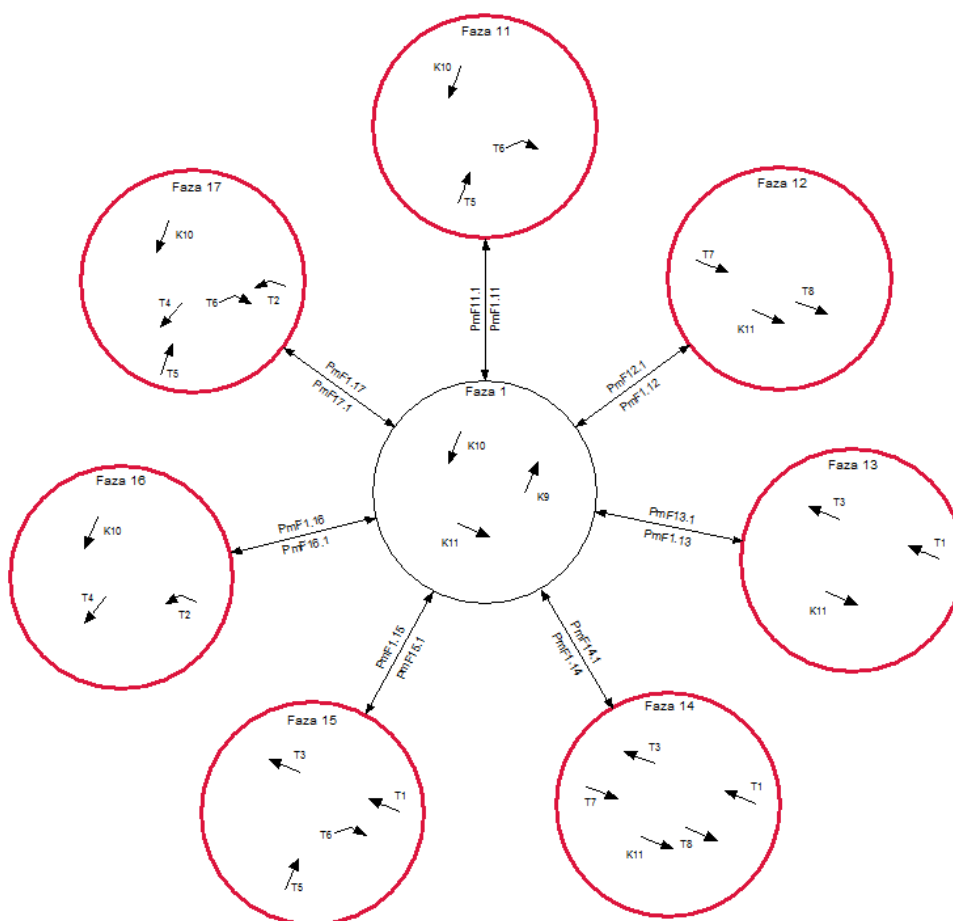
Zgodnie z tymi zasadami, pierwszeństwo na skrzyżowaniu posiadają samochody zjeżdżające ze skrzyżowania, a pojazdy na nie wjeżdżające muszą im pierwszeństwa ustąpić.

W przypadku pojazdów szynowych, tramwaj wjeżdżający na rondo musi ustąpić pierwszeństwa samochodom, a tramwaj opuszczający wyspę centralną ma pierwszeństwo przed samochodami. Niestety kierowcy często mają problem z prawidłowym zachowaniem się na tego typu skrzyżowaniach i wymuszają pierwszeństwo, utrudniając tym samym ruch pojazdom komunikacji publicznej.

Zapewne z tego powodu zdecydowano się na wyposażenie skrzyżowania w sygnalizację świetlną typu przejazdowego. Sygnalizacją objęto trzy kolizyjne miejsca, w których tory tramwajowe przecinają się z jezdnią. Do sterowania ruchem samochodowym zastosowano sygnalizatory dwukomorowe, wyświetlające sygnał żółty pulsujący w przypadku braku obecności tramwaju lub czerwony, w przypadku gdy tramwaj chce przejechać przez miejsce kolizji.

Program sygnalizacji działa wg prostego algorytmu. Kiedy w rejonie skrzyżowania nie znajduje się żaden tramwaj, wszystkie sygnalizatory dla pojazdów wyświetlają sygnały żółte pulsujące, które pokazują kierowcom, że powinni zachować szczególną ostrożność i poruszać się zgodnie z regułami ustalonymi znakami drogowymi.

W przypadku gdy do skrzyżowania zbliży się tramwaj, sterownik załącza jedną z faz aby zablokować ruch samochodów na odpowiednim fragmencie torowiska. Ideę tego sterowania przedstawia poniższy rysunek (Rys. 92).

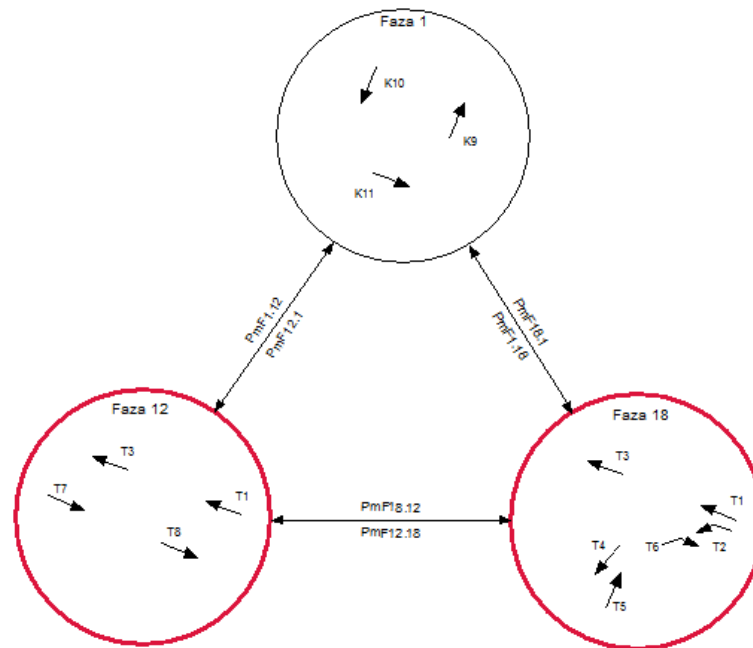


Rys. 92. Układ faz na skrzyżowaniu Piłsudskiego - Sobieskiego w Sosnowcu (Stan istniejący)

Wadą tego układu faz jest brak możliwości załączania dwóch lub więcej faz tramwajowych po sobie. W związku z tym, w przypadku gdy do skrzyżowania zbliżą się dwa tramwaje, będące na kolizyjnych relacjach, sterownik pomiędzy fazami tramwajowymi musi załączyć fazę dla pojazdów, co znacząco opóźnia przejazd drugiego tramwaju przez skrzyżowanie.

Kolejną wadą obecnie działającej sygnalizacji jest brak oddalonych detektorów do wykrywania tramwajów na wschodnim wlocie Piłsudskiego i Sobieskiego. Sygnalizacja może załączyć sygnał zezwalający na ruch dopiero gdy tramwaj dojedzie do sygnalizatora.

W celu wyeliminowania powyższych wad zaprojektowano nowy program sygnalizacji działający w oparciu o układ faz przedstawiony na Rys. 93.



Rys. 93. Układ faz na skrzyżowaniu Piłsudskiego - Sobieskiego w Sosnowcu (Stan projektowany)

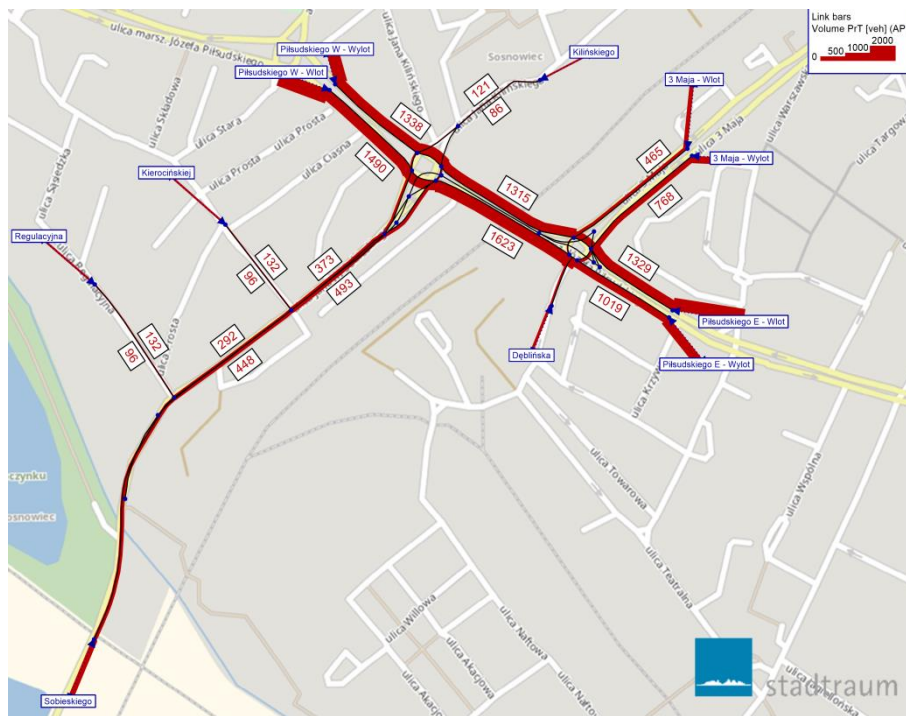
Wynika z niego, że liczba faz przeznaczonych dla tramwajów została ograniczona do dwóch. Okazało się, że dwie fazy są wystarczające do obsłużenia wszystkich relacji tramwajowych. Dzięki odpowiedniemu doborowi grup sygnalizacyjnych w fazie 18 (grupa T1+T2), pozwala ona na wykorzystanie potencjału oddalonego detektora, który zaprojektowano na wlocie wschodnim. Dzięki niemu, niezależnie od trajektorii obranej przez motorniczego (prosto lub w lewo), sterownik załączy sygnał zezwalający na ruch z odpowiednim wyprzedzeniem.

Dopuszczono też możliwość załączania faz tramwajowych po sobie, co usprawni ruch w przypadku pojawienia się dwóch tramwajów na relacjach kolizyjnych. Sterownik nie musi bowiem załączyć fazy przeznaczonej dla samochodów.

Ostatnim czynnikiem wpływającym na efektywność obsługi tramwaju jest umieszczenie dodatkowego detektora na przystanku zlokalizowanym na wlocie południowym. Pozwala on na wczesne wykrycie tramwaju, a tym samym, szybsze załączenie sygnału zezwalającego w grupie T5.

5.3.5.2. Charakterystyka uzyskanych rezultatów

Zgodnie z założeniami przyjętej metodyki prace nad modelem mikro symulacyjnym poprzedzone były analizą modelu makroskopowego w celu uzyskania wartości natężenia poszczególnych potoków ruchu w obszarze analiz. Po wygenerowaniu submodelu oraz jego kalibracji względem pomiarów ruchu, uzyskano rozkład natężenia przedstawiony na Rys. 94. Następnie, z wykorzystaniem narzędzia LISA+, przystąpiono do programowania wirtualnego sterownika sygnalizacji dla stanu istniejącego oraz projektowanego. Równolegle opracowano strukturę modelu mikrosymulacyjnego, którego reprezentacją jest Rys. 95. Uwzględniono w nim cały układ drogowy mieszczący się na odcinku W20-W21 i przeanalizowano wpływ inwestycji polegającej na zmianie algorytmu sterowania na cały wspomniany układ.

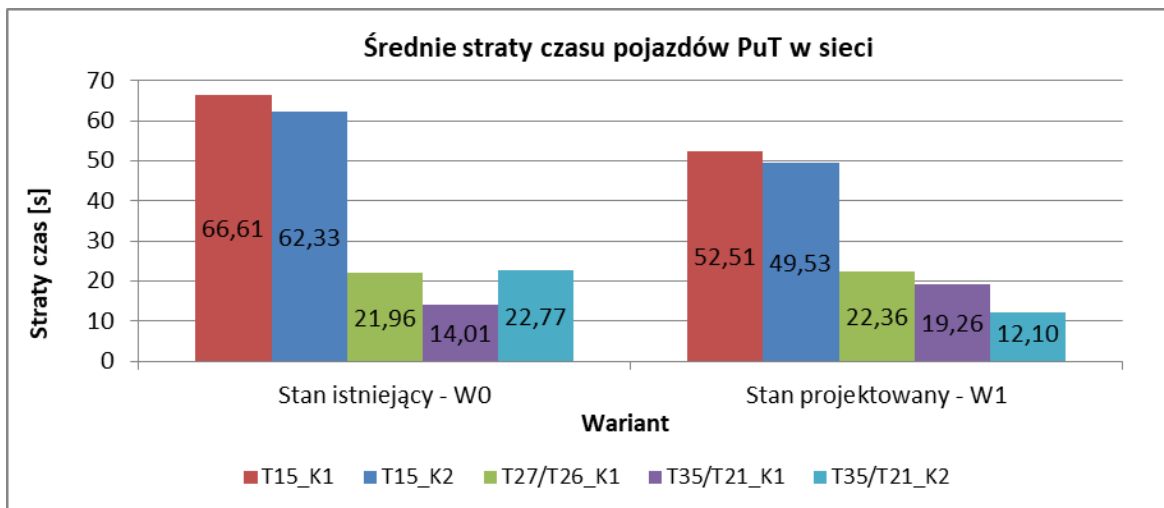


Rys. 94. Rozkład natężenia ruchu transportu indywidualnego (PrT) w czasie godziny szczytu dla odcinka W20-W21 linii T15 w narzędziu PTV Visum

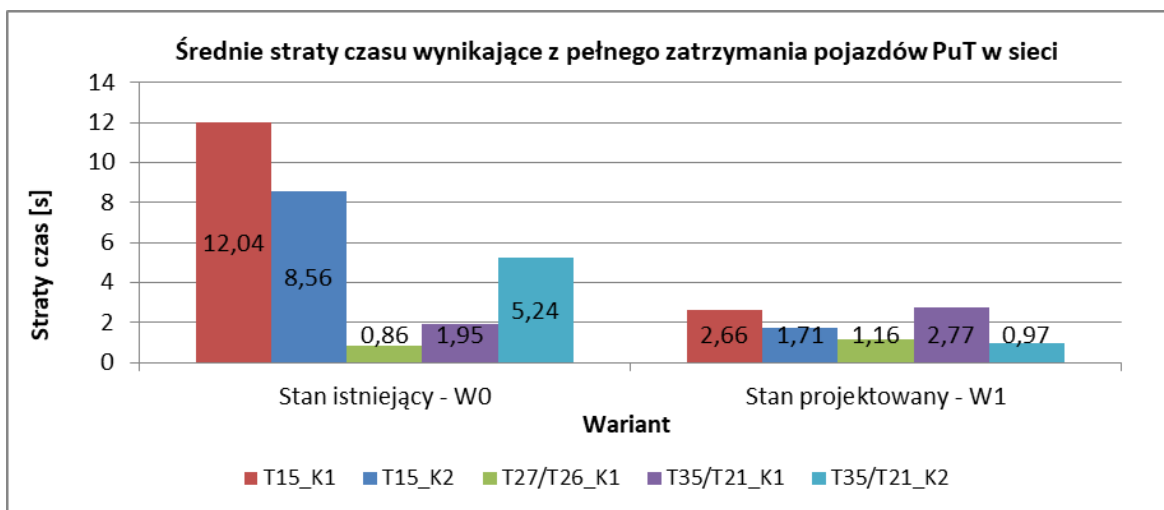


Rys. 95. Struktura modelu mikrosymulacyjnego dla odcinka W20-W21 linii T15 w narzędziu PTV Vissim

Ostatecznie po przeprowadzeniu serii eksperymentów uzyskano wyniki dotyczące efektywności ruchu w modelowej sieci transportowej. Wprowadzenie przedstawionych usprawnień pozwoliło zredukować straty czasu tramwajów linii T15. Dla obu kierunków spadek wartości tego parametru wynosi około 21% (14,1s – K1, 12,8s – K2). Dla kierunku 2 linii T35 i T21, odnotowuje się przyspieszenie na poziomie ok. 11 sekund co stanowi poprawę o 46% względem stanu obecnego. Dla kierunku przeciwnego oraz pozostałych, uwzględnionych w modelu relacji tramwajowych obserwuje się nieznaczne pogorszenie warunków ruchu. Graficzne zestawienie średnich strat czasu tramwajów w modelowej sieci zamieszczono na Rys. 96.



Rys. 96. Straty czasu tramwajów w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1



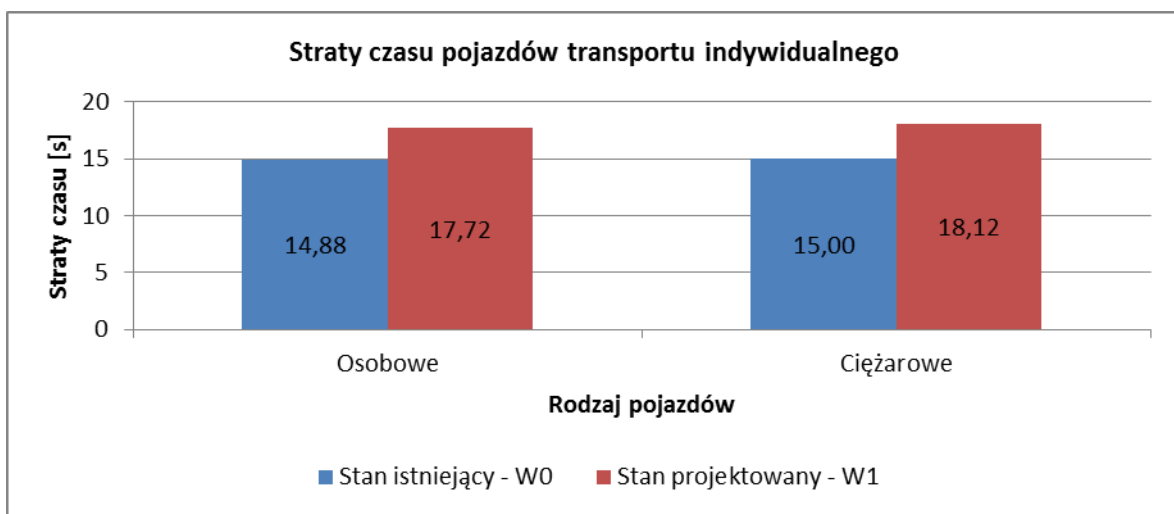
Rys. 97. Straty czasu tramwajów wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Rezultaty w zakresie opóźnienia wynikającego z pełnego zatrzymania tramwajów stanowią zawartość Rys. 97. Pod tym względem różnica między stanem projektowanym i istniejącym jest bardziej znacząca. Ograniczenie tego typu strat czasu do wartości nieprzekraczających 3 sekund oznacza, że ruch tramwajów w modelowej sieci jest płynny w przeważającej części przypadków. Najwyższe zmiany obserwuje się dla obu kierunków linii T15. Najwyższy zarejestrowany średni

zysk czasowy na poziomie 9,38 sekundy dotyczy kierunku 1. Dla relacji przeciwniej różnica względem stanu wyjściowego kształtuje się na poziomie 6,85s.

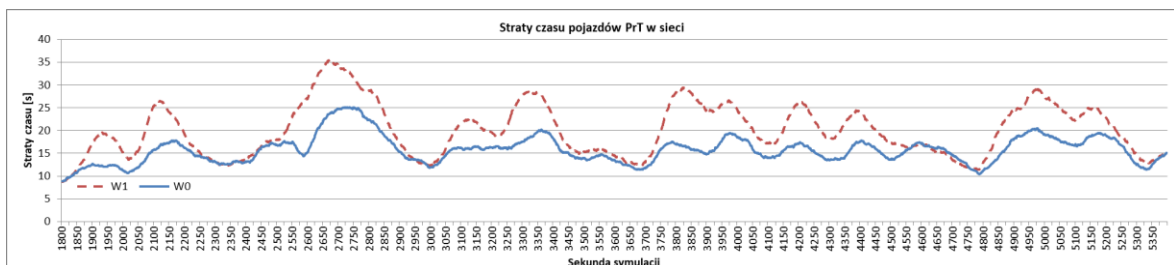
Zwiększenie efektywności priorytetu dla tramwajów, najczęściej wiąże się ze zmianą (większą lub mniejszą) warunków ruchu innych pojazdów poruszających się w sieci. Taka korelacja zachodzi również w przedmiotowym fragmencie. Z tego też względu podobnie jak w przypadku tramwajów, analizie pod względem strat czasu poddano również ruch pojazdów transportu indywidualnego oraz autobusów.

Pomimo wprowadzenia bardziej efektywnego mechanizmu priorytetyzacji tramwajów nie wykryto znaczących utrudnień w realizacji podróży przez samochody osobowe i ciężarowe, czego dowodem jest zestawienie zamieszczone na Rys. 98.



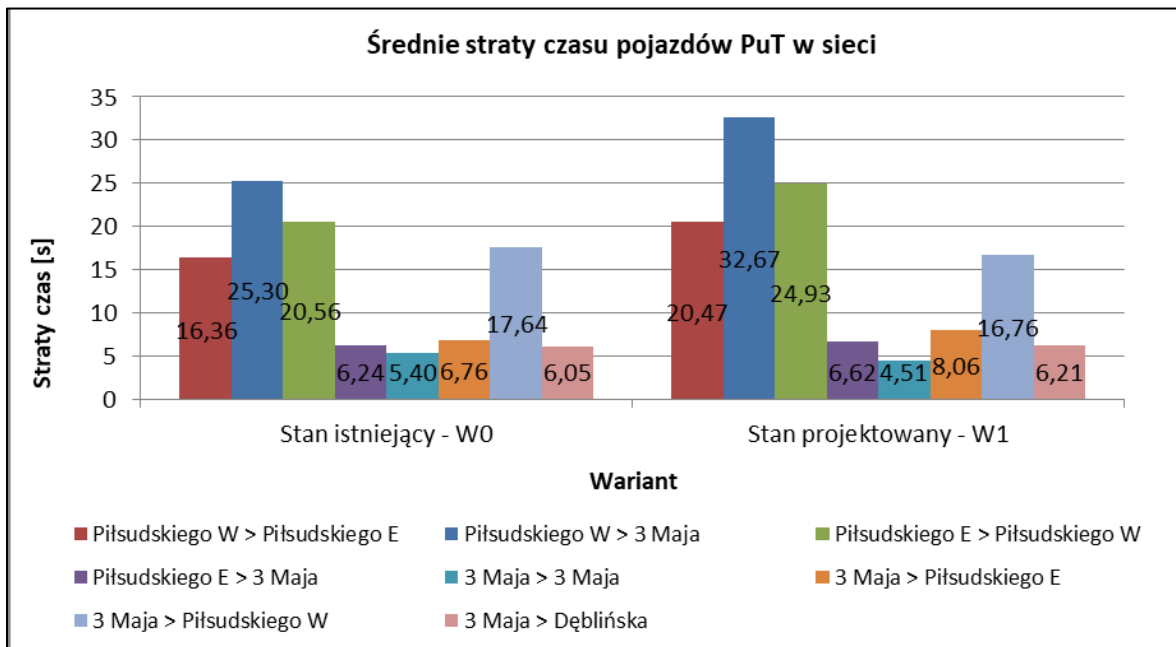
Rys. 98. Straty czasu pojazdów transportu indywidualnego – Porównanie wariantów W0 i W1

Przebieg zmienności tego parametru w czasie symulowanej godziny szczytu ukazany na Rys. 99 wskazuje, że wprowadzone zmiany mogą w pewnych przedziałach czasowych wpłynąć na intensyfikację strat czasu po stronie samochodów. Jednak wspomniane przedziały mają zawsze charakter przejściowy, wynikający zwykle z większego chwilowego natężenia ruchu lub/i priorytetowej obsługi tramwaju.

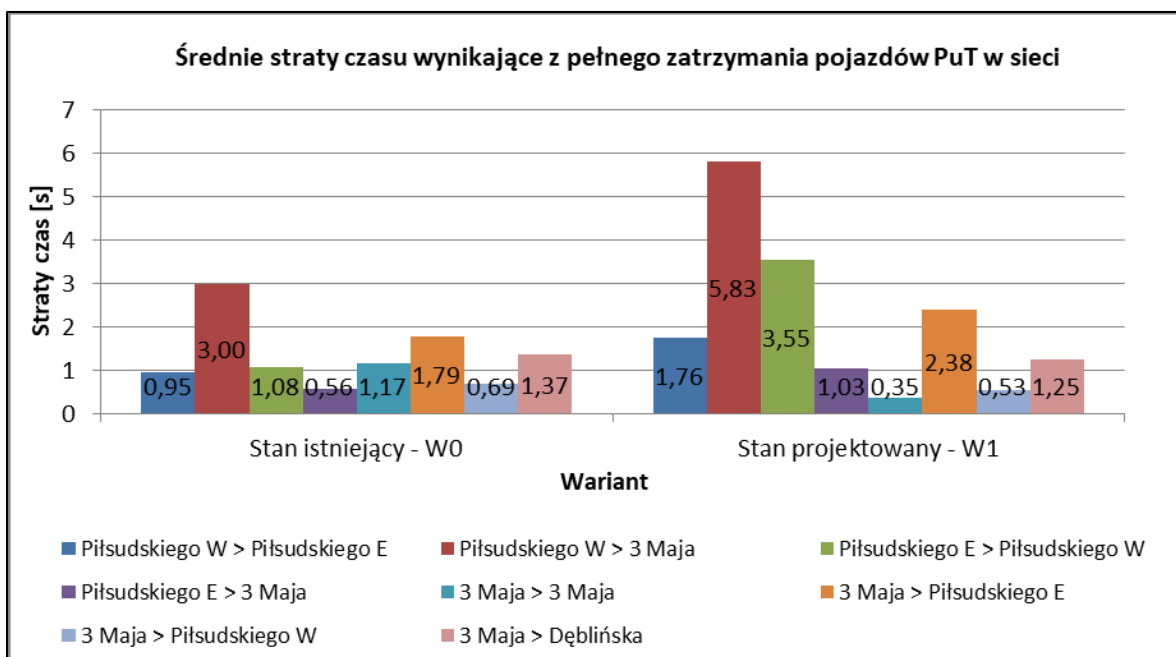


Rys. 99. Zmienność strat czasu pojazdów transportu indywidualnego w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Zmniejszenie efektywności ruchu pojazdów transportu indywidualnego, z racji współdzielenia infrastruktury jezdnej, indukuje podobny efekt dla publicznego transportu zbiorowego realizowanego przy pomocy autobusów. W badanym obszarze, funkcjonuje bardzo wysokie natężenie ruchu autobusowego. Jego efektywność uległa pogorszeniu pod wpływem działań na rzecz uprzywilejowanie pojazdów szynowych, co przedstawiono na Rys. 100.



Rys. 100. Straty czasu autobusów w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1



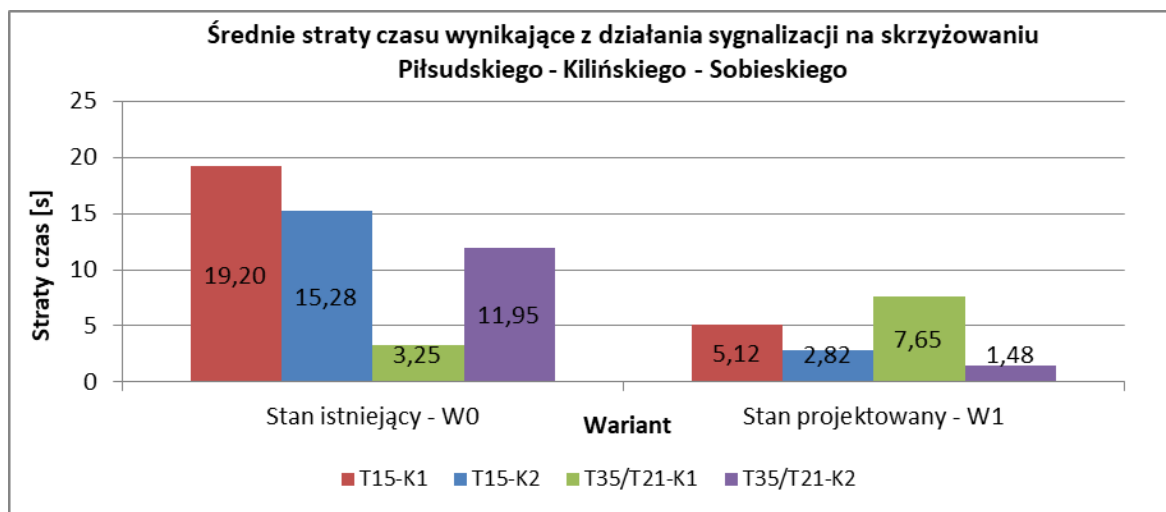
Rys. 101. Straty czasu autobusów wynikające z pełnego zatrzymania w modelowej sieci – Porównanie wariantów W0 i W1

Przyrost odnotowanych strat czasu nie jest jednak znaczny. Pod względem ogólnych strat czasu ponoszonych przez autobusy, najwyższa zarejestrowana różnica wynosi 7,37 sekundy, podczas gdy dla pozostałych relacji nie przekracza ona wartości 4 sekund. Jeszcze mniejsze różnice obserwuje się w zakresie opóźnień wynikających z zatrzymania pojazdu, co zaprezentowano na kolejnym wykresie (Rys. 101).

Zakres wprowadzonych zmian w analizowanym wariancie reorganizacji ruchu zakłada zmianę sposobu sterowania na skrzyżowaniu, w taki sposób, żeby przyspieszyć ruch szynowy. W Tab.22 oraz na Rys. 102 zamieszczono zestawienie strat czasu tramwajów, które wynikają bezpośrednio z funkcjonowania sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ul. Piłsudskiego, Sobieskiego i Kilińskiego. Różnica pomiędzy wartościami uzyskanymi dla obu wariantów jest tożsama z różnicą w średnim czasie oczekiwania na zielone światło dla tramwaju. Dla prawie wszystkich relacji odnotowano co najmniej kilkukrotne zmniejszenie wartości tego parametru. Jedynym obserwowanym wyjątkiem są tramwaje linii T35 i T21, poruszające się w kierunku 1, dla których, wynik symulacji wskazuje przyrost na poziomie ok. 4 sekund.

Tab.22. Zestawienie strat czasu tramwajów, wynikających wyłącznie z działania sygnalizacji – Porównanie wariantów W0 i W1

Straty czasu [s]			
Sygnalizacja na skrzyżowaniu	Linia tramwajowa	Stan istniejący - W0	Stan projektowany - W1
Piłsudskiego - Kilińskiego - Sobieskiego	T15-K1	19,20	5,12
	T15-K2	15,28	2,82
	T35/T21-K1	3,25	7,65
	T35/T21-K2	11,95	1,48

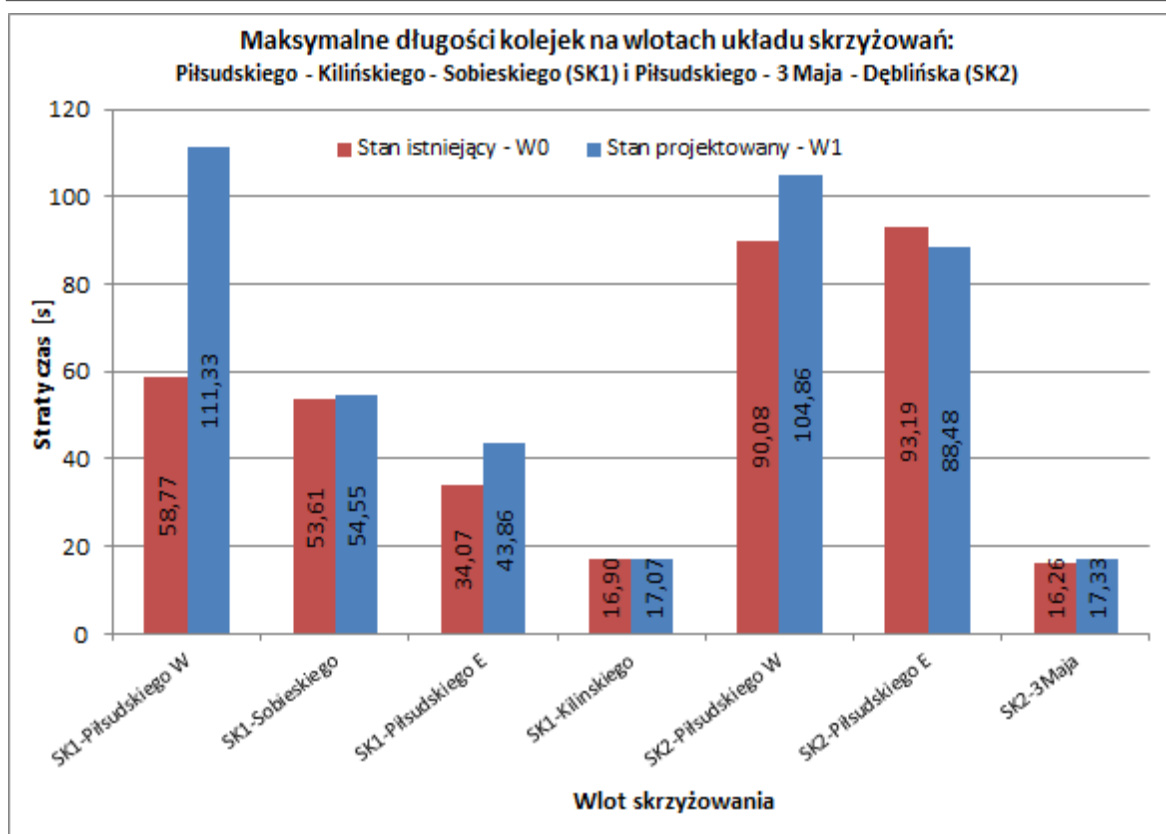


Rys. 102. Straty czasu tramwajów wynikające wyłącznie z działania sygnalizacji na skrzyżowaniu – Porównanie wariantów W0 i W1

Tab.23. Zestawienie strat czasu dla poszczególnych relacji w układzie skrzyżowań – Porównanie wariantów W0 i W1

UKŁAD	Rodzaj pojazdu	Straty czasu [s]											
		Wariant	Wszystkie		Tramwaje		Sam. os.		Sam. cięż.		Autobusy		
			W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1	W0	W1	
Pilsudskiego - Sobieskiego - Kilińskiego - 3 Maja - Dęblńska	Relacja												
	3 Maja > Kilińskiego	5,56	5,59	-	-	5,50	5,62	11,82	2,58	-	-	-	-
	3 Maja > Sobieskiego	8,86	11,57	-	-	8,86	11,55	8,78	13,74	-	-	-	-
	3 Maja > Dęblńska	5,92	6,16	-	-	5,86	6,06	9,06	11,60	6,06	6,41	-	-
	3 Maja > 3 Maja	5,36	4,35	-	-	-	-	-	-	5,36	4,35	-	-
	3 Maja > Pilsudskiego E	4,04	3,93	-	-	3,82	3,53	2,84	5,27	6,72	8,01	-	-
	3 Maja > Pilsudskiego W	6,48	6,89	-	-	6,45	6,89	6,29	7,02	7,75	7,07	-	-
	Kilińskiego > 3 Maja	23,12	27,72	-	-	23,12	27,72	-	-	-	-	-	-
	Kilińskiego > Dęblńska	20,15	25,02	-	-	20,15	25,02	-	-	-	-	-	-
	Kilińskiego > Kilińskiego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Kilińskiego > Pilsudskiego E	21,53	25,50	-	-	21,52	25,29	21,90	49,41	-	-	-	-
	Kilińskiego > Pilsudskiego W	7,51	8,64	-	-	7,49	8,63	12,47	15,06	-	-	-	-
	Kilińskiego > Sobieskiego	14,75	18,67	-	-	14,75	18,67	-	-	-	-	-	-
	Pilsudskiego E > 3 Maja	8,40	9,02	-	-	8,49	9,10	7,21	8,85	5,60	6,01	-	-
	Pilsudskiego E > Dęblńska	11,21	11,44	-	-	11,24	11,51	8,73	6,54	-	-	-	-
	Pilsudskiego E > Kilińskiego	15,14	16,30	-	-	15,14	16,30	-	-	-	-	-	-
	Pilsudskiego E > Pilsudskiego E	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pilsudskiego E > Pilsudskiego W	14,88	15,91	-	-	14,91	15,93	14,22	15,35	10,39	15,29	-	-
	Pilsudskiego E > Sobieskiego	17,02	20,63	-	-	17,02	20,59	15,34	21,69	-	-	-	-
	Pilsudskiego W > 3 Maja	13,43	20,19	-	-	13,09	19,83	13,74	21,00	25,07	32,35	-	-
	Pilsudskiego W > Dęblńska	10,95	17,64	-	-	10,94	17,60	11,29	18,66	-	-	-	-
	Pilsudskiego W > Kilińskiego	7,42	12,02	-	-	7,48	12,11	2,29	1,56	-	-	-	-
	Pilsudskiego W > Pilsudskiego E	10,87	17,93	-	-	10,87	17,94	10,59	17,35	16,21	20,30	-	-
	Pilsudskiego W > Pilsudskiego W	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Pilsudskiego W > Sobieskiego	3,53	8,17	-	-	3,53	8,18	3,40	6,35	-	-	-	-
	Sobieskiego > 3 Maja	26,57	27,75	-	-	26,61	27,80	24,44	24,24	-	-	-	-
	Sobieskiego > Dęblńska	23,02	22,95	-	-	23,07	22,97	14,76	23,17	-	-	-	-
	Sobieskiego > Kilińskiego	21,12	23,21	-	-	21,12	23,21	-	-	-	-	-	-
	Sobieskiego > Pilsudskiego E	23,79	25,69	-	-	23,89	25,78	14,74	19,24	-	-	-	-
	Sobieskiego > Pilsudskiego W	18,40	21,15	-	-	18,41	21,19	14,94	17,53	-	-	-	-
	Sobieskiego > Sobieskiego	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tramwaj T15 K1: Sobieskiego > 3 Maja	26,50	12,42	26,50	12,42	-	-	-	-	-	-	-	-
	Tramwaj T15 K2: 3 Maja > Sobieskiego	16,88	4,32	16,88	4,32	-	-	-	-	-	-	-	-
Tramwaj T27/T26 K1: 3 Maja > Pilsudskiego E	2,11	2,50	2,11	2,50	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tramwaj T35/T21 K1: Pilsudskiego W > 3 Maja	5,24	10,49	5,24	10,49	-	-	-	-	-	-	-	-	
Tramwaj T35/T21 K2: 3 Maja > Pilsudskiego W	13,72	3,06	13,72	3,06	-	-	-	-	-	-	-	-	

Kolejny etap charakterystyki wyników badań wybranego fragmentu infrastruktury transportowej Sosnowca, poświęcony jest analizie strat czasu na poszczególnych połączeniach układu dwóch sąsiadujących ze sobą skrzyżowań o ruchu okrężnym. Ich zestawienie, uwzględniające zarówno podział na poszczególne relacje oraz różnych uczestników ruchu zamieszczono w Tab.21. W żadnym z wyszczególnionych w tabeli przypadku nie odnotowano pogorszenia warunków ruchu, w zakresie które mogłoby stanowić przyczynę powstawania uciążliwej kongestii transportowej. Uzyskane wartości opóźnienia, według wyników symulacji mogą prowadzić do generowania kolejek pojazdów o długości nie przekraczającej zwykle wartości zamieszczonych na Rys. 103.



Rys. 103. Maksymalne długości kolejek na wlotach układu skrzyżowań – Porównanie wariantów W0 i W1

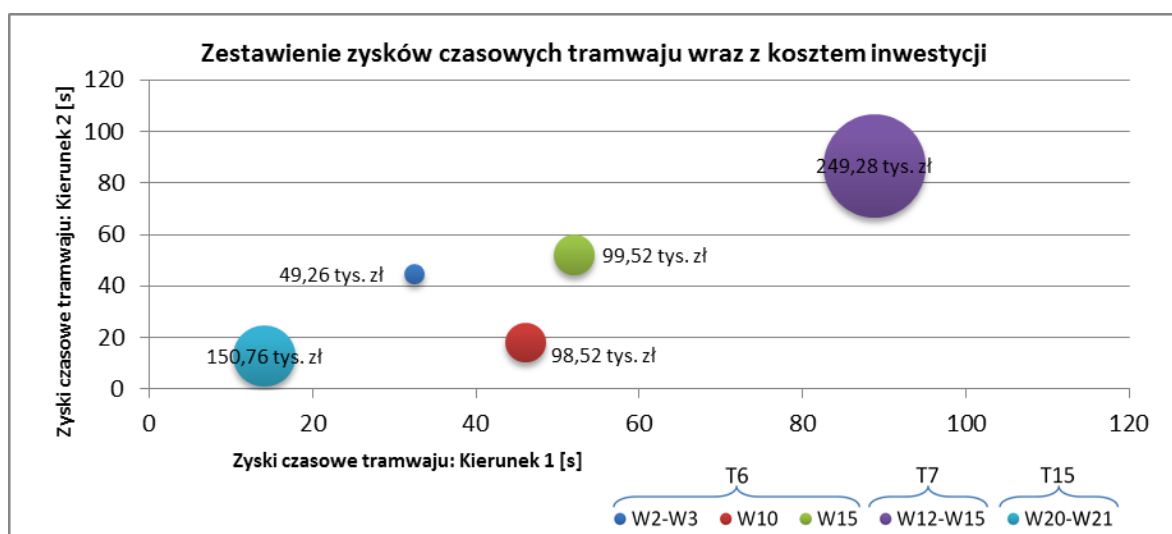
Powyższe wyniki zakładają wdrożenie wariantu kosztowego W2, którego łączny koszt dla badanego odcinka oszacowano na 150 759 zł. Ewentualne rozszerzenie inwestycji o działania zdefiniowane w wariantcie kosztowym W3 może przyczynić się do dalszej redukcji strat. Wycena wariantu W3 dla powyższego odcinka stanowi zawartość załącznika nr 3 opracowania.

5.4. Zestawienie uzyskanych wyników wraz z kosztami inwestycji

Dla wyznaczonych, newralgicznych fragmentów poszczególnych linii tramwajowych opracowano ogólną syntezę kosztów oraz wyników otrzymanych na skutek badań symulacyjnych. Tabełaryczne zestawienie jej rezultatów zamieszczono w Tab.24, natomiast jego graficzną reprezentację stanowi Rys. 104

Tab.24. Synteza kosztów i efektów przyspieszenia wybranych fragmentów linii tramwajowych T6, T7, T15

LINIA	Odcinek	Nazwy przystanków granicznych	Kierunek ruchu	Straty czasu w analizowanym odcinku sieci [s]		Szacowane zyski czasowe tramwaju [s]	Szacowany koszt wdrożenia [tys. zł]
				W0	W1		
T6	W2 - W3	Bytom Szkoła Medyczna - Bytom Wallisa	1	93,49	61,00	32,49	49,259
			2	106,98	62,33	44,65	
	W10	Bytom Głęboka - Rozbark Siemianowicka	1	85,20	39,04	46,16	98,518
			2	49,59	31,46	18,13	
	W15	Łagiewniki Cmentarz - Łagiewniki Media Markt	1	96,10	44,05	52,05	99,518
			2	100,75	48,50	52,25	
T7	W12 - W15	Piaśniki Osiedle Skalka - Świętochłowice Mijanka	1	217,64	128,87	88,77	249,277
			2	220,62	133,99	86,63	
T15	W20 - W21	Sosnowiec Sobieskiego - Sosnowiec Dworzec	1	66,61	52,51	14,1	150,759
			2	62,33	49,53	12,8	



Rys. 104. Synteza kosztów i efektów przyspieszenia wybranych fragmentów linii tramwajowych T6, T7, T15

6. ANALIZA PROBLEMÓW KOMUNIKACYJNYCH WYSTĘPUJĄCYCH NA LINIACH T6, T7 I T15

6.1. Wstęp

W kolejnym etapie prac przeprowadzono szczegółowe analizy problemów występujących na liniach T6, T7 i T15. Ocenie poddano działanie sygnalizacji świetlnej, stan infrastruktury torowej oraz organizację ruchu na trasach badanych linii.

6.2. Założenia analiz

Na bazie wyników uzyskanych podczas inwentaryzacji w terenie, badań ankietowych, analiz prędkości przejazdu oraz analizy materiałów filmowych z kamer umieszczonych w tramwajach oszacowano potencjalne zyski czasowe, możliwe do uzyskania po wprowadzeniu odpowiednich zmian w infrastrukturze. Na prośbę Zamawiającego zaproponowano 3 warianty rozwiązania zainwentaryzowanych problemów:

- 1) Wariant 1 – bezkosztowy,
- 2) Wariant 2 – niskie nakłady finansowe,
- 3) Wariant 3 – wysokie nakłady finansowe.

Wariant 1 jest wariantem bezkosztowym. Założono, że zmiana harmonogramów odbywa się siłami własnymi Zamawiającego lub podległego mu podmiotu.

Na wstępie, należy zauważyć, że weryfikacja rozkładu jazdy jest zadaniem bardzo trudnym. Osoba pomiarowa nie posiada pełnej wiedzy i umiejętności motorniczego, aby jednoznacznie stwierdzić, że wolny przejazd tramwaju wynika z chęci dopasowania się motorniczego do rozkładu. Niska prędkość może wynikać z warunków ruchu, przepisów prawa lub gorszego stanu torowiska. Dlatego do wyszukiwania odcinków, na których potencjalnie może zachodzić obniżenie prędkości, związane z dopasowaniem się do rozkładu, wykorzystano metodę opartą na statystycznej analizie parametrów przejazdu uzyskanych z hurtowni ŚKUP.

Uzyskane wyniki wskazały odcinki na liniach, które posiadają pewien potencjał do skrócenia rozkładowego czasu przejazdu. Są to miejsca, które charakteryzowały się dużą liczbą przejazdów z niską prędkością, dla których odnotowano równocześnie redukcję przyspieszenia kursu względem rozkładu jazdy oraz stosunkowo niewielkie straty czasu wynikające z warunków ruchowych. Może to sugerować, że motorniczy ograniczał znacznie prędkość przejazdu, aby jechać zgodnie z rozkładem. W celu identyfikacji tych odcinków wykorzystano następujący algorytm postępowania:

Algorytm 1

Dla każdego odcinka międzyprzystankowego, osobno dla obu kierunków, wyliczono procentowy udział przejazdów charakteryzujących się:

- *prędkością niższą od średniej prędkości na tym odcinku,*
- *rozbieżnością od harmonogramu na przystanku końcowym o wartości nie większej niż 1 minuta opóźnienia;*
- *rozbieżnością od harmonogramu na przystanku początkowym o wartości nie większej niż na przystanku końcowym.*

Następnie sprawdzono czy:

- *uzyskane w ten sposób udziały przejazdów (przejazdy spełniające powyższe warunki), są większe niż kwantyl80 zbioru wszystkich udziałów dla danej linii w danym kierunku;*
- *czy sumaryczne straty czasu na odcinku są mniejsze niż kwantyl90 zbioru wszystkich strat czasu zarejestrowanych dla wszystkich odcinków w danym kierunku.*

W przypadku spełnienia wszystkich powyższych warunków uznano, że na danym odcinku międzyprzystankowym może dochodzić do celowego spowolnienia ruchu tramwaju, niepodyktowanego stratami czasu wynikającymi z utrudnień na trasie.

Metoda ta nie pozwala określić konkretnych wielkości strat, w konsekwencji zysków czasowych. W tym celu zaleca się wykonanie dedykowanego badania w formie serii pozarozkładowych przejazdów testowych na wskazanych odcinkach, podczas których motorniczy będzie starał się utrzymywać możliwie wysoką prędkość przejazdu, a osoba pomiarowa odnotuje poszczególne czasy przejazdu. Brak konieczności kontroli rozkładu przez motorniczego wskaże rzeczywiste, możliwe do osiągnięcia czasy przejazdu.

W **wariancie 2** założono wykonanie niewielkich prac projektowo-naprawczych, obejmujących punktowe miejsca na trasie. Z przeprowadzonych badań wynika, że duże straty czasu generowane są przez dwa czynniki, które często można dość łatwo i szybko wyeliminować.

Pierwszym z nich jest optymalizacja programu sygnalizacji świetlnej pod kątem priorytetowego przydzielania sygnału zielonego dla tramwajów. Straty czasu na danej sygnalizacji zostały pomierzone podczas przeprowadzonych badań. Należy mieć na uwadze, że straty wprowadzone przez sygnalizację bardzo rzadko udaje się zmniejszyć do zera. W praktyce, nawet na dobrze działających sygnalizacjach, można zauważyć nieznaczne opóźnienia. Dlatego potencjalny zysk czasowy wynikający z optymalizacji programu oszacowano jako wartość średnią z zarejestrowanych strat.

Wprowadzenie dobrze działającego priorytetu wymaga przygotowania nowego projektu organizacji ruchu, w ramach którego opracowany zostanie algorytm sterowania. Zgodnie z opisem z pkt.3.2, sygnalizacja, przed którą nie znajduje się przystanek, wymaga również przystosowania układu detekcji tramwaju, tak aby był on wykrywany ok. 200-300m przed sygnalizatorem. Oba powyższe elementy uwzględniono w wycenie tego wariantu.

W poniższej tabeli przedstawiono średnie, orientacyjne koszty jednostkowe przystosowania sygnalizacji, aktualne na dzień sporządzania opracowania. W przyszłości prezentowane ceny, chociażby ze względu na inflację, mogą ulegać znaczącym zmianom.

Tab.25. Koszty jednostkowe dla wariantu 2 - sygnalizacja

Usługa	Średni koszt [zł. brutto]
Opracowanie projektu organizacji ruchu	16 692
Przeprogramowanie sterownika	14 550
Przebudowa układu detekcji (przesunięcie dwóch, istniejących detektorów)	18 016
Suma:	49 259

Drugim problemem zauważonym podczas badań jest konieczność ręcznego przestawiania zwrotnicy przez motorniczego. Jest to czynność zajmująca relatywnie dużo czasu, a więc ma ona istotny wpływ na czas przejazdu tramwaju. Jednocześnie problem ten można dość szybko usunąć. Wielkość potencjalnych zysków czasowych oszacowano na bazie przeprowadzonych pomiarów – wyliczono średni czas potrzebny na wykonanie tej czynności na danym odcinku. Do oszacowania kosztów usunięcia problemu przyjęto koszt wymiany zwrotnicy.

Tab.26. Koszty jednostkowe dla wariantu 2 - zwrotnice

Usługa	Średni koszt [zł. brutto]
Wymiana zwrotnicy	101 500
Suma:	101 500

Wariant 3 przewiduje kompleksową przebudowę odcinka, potrzebną do wydzielenia torowiska, jego naprawy i likwidacji większości punktów kolizji.

Duża liczba potencjalnych kolizji sprawia, że osoba prowadząca tramwaj może czuć się niepewnie i w związku z tym ogranicza prędkość tramwaju. Zmniejszenia prędkości w miejscu potencjalnie niebezpiecznym wymagają od niej także wewnętrzne przepisy dla motorniczych.

Dlatego usunięcie kolizji spowoduje, że motorniczy będzie mógł prowadzić tramwaj z większą prędkością niż obecnie.

Potencjalne zyski czasowe, jakie można uzyskać dzięki przebudowie infrastruktury, obliczono na podstawie danych statystycznych na temat prędkości przejazdów. Założono, że w przypadku przebudowy drogi i/lub torowiska, średnia, pomierzona prędkość techniczna tramwaju wzrośnie do wartości normatywnej, zdefiniowanej jako kwantyl $k_{v0,9}$ z próby wszystkich zarejestrowanych przejazdów (rozdział 4.2.1.5). Kwantyl $k_{v0,9}$ reprezentuje prędkość, którą osiągnięto lub przekroczono podczas 10% najszybszych przejazdów. Można więc przyjąć, że podczas tych szybkich przejazdów motorniczy poruszał się z ponadprzeciętną prędkością, ponieważ mały ruch samochodowy nie powodował znaczących utrudnień dla tramwaju. Taka sytuacja jest zbliżona do warunków jakie powinny panować na torowisku po przebudowie.

Założono również, że kompleksowa przebudowa odcinka wyeliminuje punktowe straty czasu spowodowane przez źle ułożony rozkład jazdy, sygnalizację świetlną i uszkodzone zwrotnice. Całkowite zyski czasowe osiągnięte w wariantcie 3 są zatem sumą zysków poprzednich wariantów i zysków wynikających ze zwiększenia średniej prędkości przejazdowej odcinka.

Na potrzeby oszacowania kosztów modernizacji przyjęto katalog pięciu możliwych działań w ramach reorganizacji infrastruktury torowo-drogowej. Zestawienie kosztów jednostkowych dla każdego z nich przedstawia poniższa tabela.

W poniższej tabeli przedstawiono średnie, orientacyjne koszty jednostkowe przebudowy infrastruktury, aktualne na dzień sporządzenia opracowania. W przyszłości prezentowane ceny, chociażby ze względu na inflację, mogą ulegać znaczącym zmianom.

Tab.27. Koszty jednostkowe dla wariantu 3

Usługa	Średni koszt [zł. brutto]
Projekt + Zmiana organizacji ruchu (oznakowanie poziome i pionowe, urz. brd.) – 1km drogi	250 000
Projekt + Przebudowa jezdni (poszerzenie obustronne) – 1km drogi	2 000 000
Projekt + Przebudowa sygnalizacji – 1 szt.	155 500
Projekt + budowa sygnalizacji – 1 szt.	340 000
Projekt + Wymiana torowiska – 1km, 2 tory	3 000 000

6.3. Szczegółowa charakterystyka problemów komunikacyjnych

W ramach opracowania wykonano szczegółową charakterystykę problemów komunikacyjnych z podziałem na poszczególne odcinki międzyprzystankowe. Zebrane informacje zestawiono w poniższych tabelach. Umieszczono tam również opisy proponowanych rozwiązań naprawczych w ramach zdefiniowanych wcześniej wariantów.

Na końcu rozdziału umieszczono tabelaryczne zestawienie informacji dla każdej z linii (tabele 21-23).

LINIA T6

Odcinek międzyprzystankowy:

W2 Bytom Szkoła Medyczna - Bytom Łużycka dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na skrzyżowaniu ulic Wrocławska-Łużycka wstrzymuje dłuższy czas przejazd tramwaju. W połowie odcinka znajduje się duży zjazd na drogę równoległą do ulicy Wrocławskiej, który może pozostawać w kolizji z nadjeżdżającym tramwajem.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Bytom Szkoła Medyczna - Bytom Łużycka
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Wrocławska-Łużycka i Wrocławska - Reja.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł.

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0, dla kierunku 2: 24,9 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W3 Bytom Łużycka - Bytom Wallisa dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na skrzyżowaniu ulic Wrocławska-Łużycka wstrzymuje dłuższy czas przejazdu tramwaju. Z uwagi na wydzielone torowisko, odcinek posiada duży potencjał do szybkiego przemieszczania się tramwajów. Na całym odcinku stwierdzono jednak nierówne torowisko, które ogranicza prędkość.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Bytom Łużycka - Bytom Wallisa
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów dla sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu ulic Wrocławska-Łużycka i Wrocławska - Reja.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 14,3 s, dla kierunku 2: 0 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 900 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 17,8 s, dla kierunku 2: 10,0 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W4 Bytom Wallisa - Bytom Kąpielisko dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Z uwagi na wydzielone torowisko, odcinek posiada duży potencjał do szybkiego przemieszczania się tramwajów. Na całym odcinku stwierdzono jednak nierówne torowisko, które ogranicza prędkość. Przystanek Kąpielisko znajduje się zbyt blisko przystanku Wallisa, wymuszając podwójne zatrzymanie tramwaju.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Bytom Wallisa - Bytom Kąpielisko

Wariant 2: Brak

- Wariant 3: Remont torowiska.
Do rozważenia usunięcie przystanku "Kąpielisko", który znajduje się zaledwie 200m od przystanku Wallisa. W przypadku usunięcia przystanku osygnalizować wjazd na teren kąpieliska.

Szacowany koszt inwestycji 1 252 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 10,0 s, dla kierunku 2: 10,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W5 Bytom Kąpielisko - Bytom Wrocławska dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Z uwagi na wydzielone torowisko, odcinek posiada duży potencjał do szybkiego przemieszczania się tramwajów. Na całym odcinku stwierdzono jednak nierówne torowisko, które ogranicza prędkość. Dodatkowo na wysokości skrzyżowania Wrocławska - gen. Okulickiego-Niedźwiadka, znajduje się nieosygnalizowane przejście.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Z uwagi na duży potencjał wydzielonego torowiska zalecany jest jego remont oraz budowa sygnalizacji na przejściu dla pieszych w rejonie skrzyżowania Wrocławska - gen. Okulickiego-Niedźwiadka.

Szacowany koszt inwestycji 1 540 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 11,6 s, dla kierunku 2: 12,0 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W6 Bytom Wrocławska - Bytom Urząd Miasta dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku Urząd Miasta znajduje się skrzyżowanie Tarnogórska-Chrzanowskiego, na którym odnotowano niekorzystną organizację ruchu. Tramwaj musi ustąpić pierwszeństwa samochodom, ponieważ przy torach ustawiono znak "stop".

W rejonie skrzyżowania Chrzanowskiego - Parkowa znajduje się przejście dla pieszych.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Zmiana organizacji ruchu na skrzyżowaniu Tarnogórska - Chrzanowskiego - przede wszystkim usunięcie znaków "stop" dla tramwajów - wtedy zgodnie z przepisami ogólnymi tramwaj ma pierwszeństwo na przejeździe. Ewentualnie budowa sygnalizacji na skrzyżowaniu. Przejście w rejonie skrzyżowania Chrzanowskiego - Parkowa przenieść bliżej skrzyżowania i łuku, dzięki czemu tramwaj będzie miał dłuższy bezkolizyjny odcinek na utrzymanie większej prędkości. Na łuku i tak prędkość musi zostać ograniczona.

Szacowany koszt inwestycji 402 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 9,8 s, dla kierunku 2: 10,8 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W7 Bytom Urząd Miasta - Bytom Batorego dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Ukośne parkowanie na odcinku 137m w rejonie sądu, po lewej stronie jezdni, mocno ogranicza widoczność motorniczemu. Wstępna analiza wykazała, że wyznaczone parkowanie nie spełnia wymagań rozporządzenia o znakach i sygnałach drogowych odnośnie długości miejsc postojowych i jezdni manewrowej.

Na skrzyżowaniu Sądowa - Powstańców Warszawy znajduje się sygnalizacja świetlna.

Od ul. Powstańców Warszawy do przystanku Urząd Miasta stwierdzono bardzo zły stan torowiska.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzić priorytet na sygnalizacji Sądowa - Powstańców Warszawy.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 20,0 s

- Wariant 3: Zmienić sposób parkowania przy sądzie: wprowadzić zakaz parkowania po prawej stronie jezdni i ustawić np.: słupki. Po lewej stronie zmienić sposób parkowania na równoległy. Wymiana torowiska na odcinku od ul. Powstańców Warszawy do przystanku Urząd Miasta.

Szacowany koszt inwestycji 1 475 000,0 zł,

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 13,4 s, dla kierunku 2: 17,6 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W8 Bytom Plac Sikorskiego - Bytom Sąd dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Torowisko współdzielone z samochodami na łącznie 737m. Samochody teoretycznie poruszają się obok torów, ale może zdarzyć się że wjadą przed tramwaj.

Na odcinku od Jagiellońskiej do Kościuszki wyznaczono parkowanie po lewej stronie, bez wprowadzenia zakazu parkowania po stronie prawej. W efekcie samochody parkują po obu stronach ulicy, a ruch pojazdów odbywa się wyłącznie środkiem jezdni - po torowisku. Obecność blisko zaparkowanych samochodów po obu stronach ogranicza prędkość tramwaju.

Dodatkowo od strony Kościuszki wyznaczono postój dla taksówek, wymuszający ruch środkiem jezdni po torowisku.

W rejonie przystanku „Bytom Sąd” odnotowano nielegalne parkowanie po prawej stronie jezdni.

Na odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wyeliminować straty czasu generowane przez zwrotnicę, poprzez jej naprawę.

Szacowany koszt inwestycji 101 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 2: 35,0 s

- Wariant 3: Na odcinku od Jagiellońskiej do Kościuszki wprowadzić zakaz parkowania po prawej stronie jezdni.
Usunąć postój taksówek lub przenieść na drugą stronę jezdni kosztem parkingu.

Szacowany koszt inwestycji 175 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 2: 13,8 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W8* Bytom Batorego - Bytom Plac Sikorskiego dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na ulicy Powstańców Warszawskich, od przystanku Batorego do ul. Moniuszki torowisko jest wydzielone, ale znajduje się blisko chodnika. Motorniczy z uwagi na możliwość wtargnięcia na torowisko musi zwalniać. Na powyższym odcinku znajdują się również 2 zjazdy (wjazd i wyjazd). Odcinek ten ma długość ok 180m i kończy się łukiem, na którym torowisko skręca w ul. Moniuszki.

Na ul. Moniuszki torowisko położone jest na środku jezdni, a po jego obu stronach wyznaczono miejsca do parkowania równoległego. Samochody poruszające się ulicą muszą jechać po torowisku i mogą blokować tramwaj. Należy mieć na uwadze, że ewentualne uszkodzenie samochodu może całkowicie zablokować ruch na dłuższy czas.

Po ruszeniu z przystanku z przystanku Moniuszki, przed skrzyżowaniem z ul. Dworcową tramwaj ma znak B-20 "Stop", chociaż ul. Dworcowa jest swojego rodzaju deptakiem.

Od ul. Dworcowej do Jagiellońskiej (ok. 100m) sytuacja analogiczna jak na odcinku wcześniejszym. Na skrzyżowaniu z Jagiellońską tramwaj również musi ustąpić pierwszeństwa przejazdu, ponieważ ma znak "stop".

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Zaleca się oddzielenie torowiska od chodnika barierką, która da większe poczucie bezpieczeństwa motorniczemu. W celu przyspieszenia tramwaju należy zmienić charakter ulicy, tak aby stanowiła ona deptak - wprowadzić zakaz ruchu samochodów, w zamian poszerzyć chodniki lub wprowadzić tzw. pieszo-jezdnię (160m).

Mniej restrykcyjny wariant to usunięcie parkowania z prawej strony ulicy, aby zrobić miejsce dla przejeżdżających samochodów. Torowisko wydzielić przynajmniej linią przerywaną, aby zminimalizować ruch samochodów po torach.

Usunąć znak "stop" dla tramwajów - zmienić reguły pierwszeństwa na skrzyżowaniu Moniuszki-Dworcowa.

Za przystankiem Moniuszki, do ul. Jagiellońskiej również proponuje się przebudowę jezdni.

Na skrzyżowaniu Moniuszki-Jagiellońska wybudować sygnalizację świetlną z priorytetami dla tramwajów.

Szacowany koszt inwestycji 990 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 25,5 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W9 Bytom Plac Sikorskiego - Bytom Głęboka dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Tramwaje na tym odcinku poruszają się wolno, ponieważ w większości odcinek objęty jest strefą ograniczonej prędkości "tempo 30". Na odcinku tym torowisko jest współdzielone z samochodami, a szerokie chodniki znajdują się blisko torów i nie są od nich oddzielone barierą. Biorąc pod uwagę mieszkalny charakter ulicy, strefa ograniczonej prędkości jest uzasadniona, wobec tego nie zaproponowano zmian mających na celu zwiększenie prędkości tramwaju ponad 30km/h.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W10 Bytom Głęboka - Rozbark Siemianowicka dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

W rejonie przystanku „Rozbark Siemianowicka” znajduje się skrzyżowanie z sygnalizacją. Kolejna sygnalizacja znajduje się na skrzyżowaniu Siemianowicka -Chorzowska -Witczaka.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Zapewnienie bezwzględnego priorytetu na obu sygnalizacjach.

Szacowany koszt inwestycji 98 518,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 46,2 s, dla kierunku 2: 17,7 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W11 Rozbark Siemianowicka - Bytom Teatr Tańca-Rozbark dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

W pobliżu przystanku „Bytom Teatr Tańca-Rozbark” znajduje się nieosygnalizowany przejazd przy ul. Pszczyńskiej. Ze względów bezpieczeństwa tramwaj na przejeździe musi ograniczać prędkość.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji przejazdowej przy ul. Pszczyńskiej.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 9,3 s, dla kierunku 2: 8,8 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W12 Bytom Teatr Tańca-Rozbark - Bytom Park Mickiewicza dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na badanym odcinku nie stwierdzono przeszkód dla tramwaju, jednak na odcinku znajduje się kilka zakrętów ograniczających prędkość przejazdu.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Bytom Park Mickiewicza - Bytom Teatr Tańca-Rozbark
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W13 Bytom Park Mickiewicza - Bytom Arki Bożka dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

W rejonie przystanku Park Mickiewicza znajduje się skrzyżowanie bez sygnalizacji świetlnej.

Z uwagi na fakt, że przed skrzyżowaniem zlokalizowano przystanki. Nie zasadna jest budowa sygnalizacji, gdyż tramwaj i tak musi się zatrzymać.

Brak priorytetu dla tramwajów na skrzyżowaniu Chorzowska-Arki Bożka

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Bytom Arki Bożka - Bytom Park Mickiewicza
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej Chorzowska-Bożka.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 23,4 s

- Wariant 3: W przypadku wzrostu natężenia ruchu na skrzyżowaniu, skutkującego blokadą torów - budowa sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 9,8 s, dla kierunku 2: 20,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W14 Bytom Arki Bożka - Łagiewniki Cmentarz dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Zły stan torowiska.

Brak priorytetu dla tramwajów na skrzyżowaniu Chorzowska-Arki Bożka

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Łagiewniki Cmentarz - Bytom Arki Bożka
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej Chorzowska-Bożka.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,7 s, dla kierunku 2: 0 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 2 850 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 24,1 s, dla kierunku 2: 14,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W15 Łagiewniki Cmentarz - Łagiewniki Media-Markt dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Bardzo zły stan torowiska.

Duża ilość zjazdów na badanym odcinku.

Sygnalizacja bez priorytetów przy wjeździe do Media-Markt.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Łagiewniki Media-Markt - Łagiewniki Cmentarz

- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej przy wjeździe do Media Markt

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 46,0 s, dla kierunku 2: 52,2 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Osygnalizować zjazdy. W tym celu rozważyć podpięcie dodatkowych sygnalizatorów do istniejącej sygnalizacji na skrzyżowaniu DK79-Pszczelna.

Szacowany koszt inwestycji 1 055 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 19,6 s, dla kierunku 2: 24,6 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W16 Łagiewniki Media-Markt - Łagiewniki Zajezdnia dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Bardzo zły stan rozjazdów w rejonie zajezdni.

Zły stan torowiska do przystanku „Łagiewniki Media-Markt”.

Sygnalizacje bez priorytetów na przejściu przez torowisko przy wyjeździe z Selgros.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Łagiewniki Zajezdnia - Łagiewniki Media-Markt
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na przejściu dla pieszych przy wjeździe do Selgros

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 5,4 s, dla kierunku 2: 1,1 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 1 500 000 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 11,4 s, dla kierunku 2: 14,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W17 Łągiewniki Zajezdnia - Chorzów Polna dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Pomiędzy przystankami „Łągiewniki Zajezdnia” – „Chorzów Polna” zinwentaryzowano zły stan torowiska, wymuszający ograniczenie prędkości, obecność licznych zjazdów indywidualnych oraz nieosygnalizowane skrzyżowania: Katowicka -Miła i Katowicka -Okrężna.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Remont torowiska.
Budowa sygnalizacji przejazdowej na skrzyżowaniu Katowicka -Miła i Katowicka -Okrężna.
Rozważyć likwidację jednego skrzyżowania - dojazd może się odbywać drugą ulicą.

Szacowany koszt inwestycji 2 380 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 11,8 s, dla kierunku 2: 14,5 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W18 Chorzów Polna - Chorzów Nowa dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Większość trasy na tym odcinku jest kręta, co uniemożliwia osiągnięcie wysokich prędkości.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W19 Chorzów Nowa - Chorzów Metalowców dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Zły stan torowiska. Bardzo kręta trasa tramwajowa.

W rejonie przystanku „Chorzów Nowa” znajduje się skrzyżowanie Nowa - Kruszcowa z przejazdem tramwajowym.

Brak sygnalizacji na skrzyżowaniu powoduje utrudnienia dla tramwajów.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Remont torowiska - z uwagi na krętą trasę może nie przynieść dużych zysków czasowych. Budowa sygnalizacji z priorytetami na skrzyżowaniu Nowa - Kruszcowa, analogicznie jak na skrzyżowaniu Kruszcowa - Stacyjna.

Szacowany koszt inwestycji 2 140 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 13,1 s, dla kierunku 2: 14,0 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W20 Chorzów Metalowców - Chorzów Rynek dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Brak priorytetu dla tramwajów na skrzyżowaniu Katowicka - Meitzena.

Bardzo zły stan torowiska od wiaduktu nad torami kolejowymi do ul. Metalowców.

Skrzyżowanie Katowicka - Metalowców - pojazdy oczekujące na znaku "Stop" blokują tory.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na skrzyżowaniu Katowicka - Meitzena.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł, szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 33,4 s, dla kierunku 2: 41,1 s

- Wariant 3: Wymiana torowiska od wiaduktu nad torami kolejowymi do ul. Metalowców.
Budowa sygnalizacji z obsługą priorytetów na skrzyżowaniu Katowicka - Metalowców.

Szacowany koszt inwestycji 1 600 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 21,7 s, dla kierunku 2: 38,8 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W21 Chorzów Rynek - Chorzów Teatr Rozrywki dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna dla pieszych wyłącznie przez torowisko, w rejonie przystanku „Chorzów Teatr Rozrywki”.

Sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu Katowicka - Konopnickiej.

Sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu Kościuszki-Rynek.

Tramwaj na odcinku 170m porusza się po torowisku współdzielonym z pojazdami, jednak ruch samochodów na nim ograniczony jest przy użyciu środków organizacji ruchu - znak B-1 z tabliczką.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Zastosować bezwzględny priorytet na sygnalizacji w rejonie przystanku „Chorzów Teatr Rozrywki” lub usunąć sygnalizację. Tramwaj wjeżdżający na peron lub ruszający z peronu i tak porusza się z ograniczoną prędkością.
Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji Katowicka - Konopnickiej i Kościuszki-Rynek.

Szacowany koszt inwestycji 147 777,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 63,1 s, dla kierunku 2: 45,1 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W22 Chorzów Teatr Rozrywki - Chorzów AKS dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna na przejeździe przy przystanku „Chorzów AKS”.

W rejonie Śląskiego Centrum Przedsiębiorczości, w bliskiej odległości od siebie znajduje się przejazd i przejście przez torowisko, które ograniczają prędkość.

Na łuku, przy przystanku „Chorzów Teatr Rozrywki” znajduje się zieleń blisko torowiska, która ogranicza widoczność.

Podczas inwentaryzacji odnotowano również miejsca ze złym stanem torowiska.





Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji na przejeździe przy przystanku „Chorzów AKS”.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 3,6 s, dla kierunku 2: 2,2 s

- Wariant 3: Usunąć przejście przy Śląskim Centrum Przedsiębiorczości, budowa sygnalizacji na przejeździe. Uporządkowanie zieleni na łuku, remont wybranych odcinków torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 952 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,0 s, dla kierunku 2: 11,4 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W23 Chorzów AKS - Chorzów Stadion Śląski dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu Chorzowska-Parkowa.

Bardzo zły stan torowiska, mocno ograniczający prędkość podróży.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji Chorzowska-Parkowa.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 15,9 s, dla kierunku 2: 35,3 s

- Wariant 3: Wymiana torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 1 200 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 26,7 s, dla kierunku 2: 27,1 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W24 Chorzów Stadion Śląski - Park Śląski Wejście Główne dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na odcinku znajduje się duży zjazd na drogę wewnętrzną w kierunku stadionu. Po północno-zachodniej stronie zjazdu znajdują się rozjazdy (zwrotnice) umożliwiające wjazd na pętlę. Biorąc pod uwagę konieczność ograniczenia prędkości na rozjazdach nie zasadna jest budowa sygnalizacji na zjeździe, ponieważ tramwaj i tak musi ograniczyć prędkość na rozjazdach.

Podobna sytuacja ma miejsce przy przystanku „Chorzów Stadion Śląski” - tu również znajduje się pętla, połączona licznymi rozjazdami z trasą linii nr 6.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu Park Śląski Wejście Główne - Chorzów Stadion Śląski
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Rozważyć wyłączenie z użytkowania jednej z pętli i przebudować torowisko w celu usunięcia niepotrzebnych rozjazdów. W przypadku usunięcia rozjazdów przy zjeździe na stadion, rozważyć budowę sygnalizacji przejazdowej.

Szacowany koszt inwestycji 640 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 16,8 s, dla kierunku 2: 19,2 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W25 Park Śląski Wejście Główne - Park Śląski Ogród Zoologiczny dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na odcinku znajduje się nieosygnalizowany zjazd w stronę kortów tenisowych.

Zwrócono również uwagę na nierówne tory, które są główną przyczyną ograniczenia prędkości.

Przy przystanku „Park Śląski Ogród Zoologiczny”, dla kierunku Brynow, znajdują się dwa nieosygnalizowane przejścia dla pieszych. Z uwagi na niesymetryczne ułożenie przystanku tramwaj jadący w kierunku Bytomia musi zwalniać na tych przejściach.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Park Śląski Ogród Zoologiczny - Park Śląski Wejście Główne
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Usunięcie jednego przejścia (po stronie PD) przy przystanku „Park Śląski Ogród Zoologiczny” w stronę Brynowa. Remont torowiska.
Budowa sygnalizacji przejazdowej na zjeździe w stronę kortów tenisowych.

Szacowany koszt inwestycji 2 915 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,1 s, dla kierunku 2: 17,0 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W26 Park Śląski Ogród Zoologiczny - Park Śląski Wesołe Miasteczko dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Podczas badań zwrócono uwagę na nierówne tory, który są przyczyną ograniczenia prędkości.

Na odcinku znajduje się również duża liczba zjazdów - w tym duży zjazd do firmy Nissan.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Park Śląski Wesołe Miasteczko - Park Śląski Ogród Zoologiczny
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Remont torowiska.
Budowa sygnalizacji przejazdowej na zjeździe do Nissana.

Szacowany koszt inwestycji 2 290 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 13,3 s, dla kierunku 2: 17,1 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W27 Park Śląski Wesołe Miasteczko - Dąb Kościół dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Duże straty czasu na odcinku generowane są przez sygnalizacje na skrzyżowaniu Chorzowska - Dębowa i Chorzowska - Żłota.

Podczas badań zwrócono uwagę na nierówne tory, który są przyczyną ograniczenia prędkości.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Dąb Kościół - Park Śląski Wesołe Miasteczko
- Wariant 2: Zmiana algorytmu sterowania uwzględniająca zmianę systemu detekcji tramwajów na skrzyżowaniu Chorzowska - Dębowa i Chorzowska - Żłota.

Szacowany koszt inwestycji 98 518,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 17,6 s, dla kierunku 2: 16,2 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 1 350 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,6 s, dla kierunku 2: 13,2 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W28 Dąb Kościół - Dąb Silesia City Center dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Podczas badań zwrócono uwagę na nierówne tory, który są przyczyną ograniczenia prędkości.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 1 650 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,7 s, dla kierunku 2: 13,4 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W29 Dąb Silesia City Center Dąb Huta Baildon dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Podczas badań zwrócono uwagę na nierówne tory, który są przyczyną ograniczenia prędkości.

W rejonie ul. Ściegiennego znajduje się przejazd, na którym tramwaje ograniczają prędkość pomimo sygnalizacji.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Zmiana programu sygnalizacji i/lub systemu detekcji na przejeździe przez ul. Ściegiennego

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 4,4 s, dla kierunku 2: 6,2 s

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji 1 350 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 19,2 s, dla kierunku 2: 15,7 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W30 Dąb Huta Baildon - Katowice Stęślickiego dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Za straty czasu na odcinku odpowiada działanie programu sygnalizacji na skrzyżowaniu Chorzowska - Stęślickiego.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Dąb Huta Baildon - Katowice Stęślickiego
- Wariant 2: Należy wprowadzić efektywny priorytet poprzez zmianę algorytmu sterowania oraz modernizację detekcji tramwaju na skrzyżowaniu Chorzowska - Stęślickiego.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 20,8 s, dla kierunku 2: 45,8 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W31 Katowice Stęślickiego - Katowice Sokolska dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Za straty czasu na odcinku odpowiada działanie programu sygnalizacji na skrzyżowaniu Sokolska - Chorzowska.

Oba przystanki są zlokalizowane blisko siebie (ok. 400m). Zatrzymanie na dwóch przystankach generuje straty czasu.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Należy wprowadzić efektywny priorytet poprzez zmianę algorytmu sterowania oraz modernizację detekcji tramwaju na skrzyżowaniu Sokolska - Chorzowska.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 3,7 s, dla kierunku 2: 40,1 s

- Wariant 3: Rozważyć wyłączenie z użytkowania przystanku Stęślickiego. Decyzja o wyłączeniu przystanku powinna zostać poprzedzona badaniami dostępności transportowej oraz badaniami popytu i podaży na usługi przewozowe.

Szacowany koszt inwestycji 12 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 8,9 s, dla kierunku 2: 29,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W32 Katowice Sokolska - Katowice Rondo dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Za straty czasu na odcinku odpowiada działanie programu sygnalizacji na skrzyżowaniu Sokolska - Chorzowska.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzić efektywny priorytet poprzez zmianę algorytmu sterowania oraz modernizację detekcji tramwaju na skrzyżowaniu Sokolska - Chorzowska.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 41,4 s, dla kierunku 2: 11,3 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W33 Katowice Rondo - Katowice Rynek dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na krótkim odcinku tramwaj ma do pokonania 4 sygnalizacje świetlne. Podczas badań odnotowano zatrzymanie na sygnalizacji przy Ryнку.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Należy wprowadzić efektywny priorytet poprzez zmianę algorytmu sterowania oraz modernizację detekcji tramwaju na sygnalizacji przy Ryнку.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 15,6 s, dla kierunku 2: 3,8 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W34 Katowice Rynek - Katowice Św. Jana dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na tym odcinku tramwaj porusza się w strefie uspokojonego ruchu.

Na rynku odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Katowice Św. Jana - Katowice Rynek
- Wariant 2: Z uwagi na charakter dzielnicy (deptak) brak możliwości zwiększenia prędkości. Można natomiast wyeliminować straty czasu generowane przez zwrotnicę, poprzez jej naprawę.

Szacowany koszt inwestycji 101 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 38,0 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W35 Katowice Św. Jana - Katowice Plac Miarki dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na skrzyżowaniu Dworcowa - Kościuszki.

Na ul. Kościuszki na łącznym odcinku 400m dopuszczono parkowanie przy torowisku tramwajowym. Bliska obecność pojazdów i możliwość ich wjechania na tory ograniczają prędkość z jaką motorniczy prowadzi tramwaj.

Na odcinku znajdują się nieosygnalizowane przejścia dla pieszych: przy ul. Konopnickiej, Andrzeja i pl. Miarki. Przy pl. Miarki występują dodatkowe punkty kolizji z samochodami.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzić efektywny priorytet poprzez zmianę algorytmu sterowania na skrzyżowaniu Dworcowa - Kościuszki.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 8,2 s, dla kierunku 2: 10,0 s

- Wariant 3: Usunięcie parkowania po wschodniej stronie ul. Kościuszki. W zamian poszerzyć chodnik dla pieszych i oddzielić go barierką od torowiska. Budowa sygnalizacji na skrzyżowaniu Kościuszki-pl. Miarki i przejściu przy ul. Andrzeja. Na przejściach przy Konopnickiej i Kochanowskiego prędkość tramwaju ograniczają łuki, więc obecność sygnalizacji nie przyniesie dużych zysków.

Szacowany koszt inwestycji 680 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 16,4 s, dla kierunku 2: 19,0 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W36 Katowice Plac Miarki - Katowice Jordana dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu Plac Miarki-Kopernika, tuż za przystankiem znajdują się 3 przejścia dla pieszych.

Na ulicy Kościuszki dopuszczono ruch samochodów po torowisku. Chodnik znajduje się blisko torowiska i nie jest oddzielony barierą na całym odcinku.

Przy ulicy Ligonja znajduje się nieosygnalizowane przejście dla pieszych, kolejne - ok 60m dalej, przy skrzyżowaniu z ul. Żwirki i Wigury.

Na odcinku od Żwirki i Wigury do PCK wyznaczono pas do lewoskrętu na torowisku. Na samym skrzyżowaniu znajduje się sygnalizacja świetlna.

Przy przystanku „Katowice Jordana” przejścia znajdują się po obu stronach peronu, zmuszając motorniczego do ograniczenia prędkości.

Na odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Katowice Jordana - Katowice Plac Miarki
- Wariant 2: Na sygnalizacji Kościuszki – PCK wprowadzić priorytet dla tramwaju. Wylimitować straty czasu generowane przez zwrotnicę, poprzez jej naprawę.

Szacowany koszt inwestycji 150 759,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 25,3 s, dla kierunku 2: 5,3 s

- Wariant 3: Zoptymalizować organizację ruchu w rejonie skrzyżowania Plac Miarki-Kopernika np. poprzez usunięcie wyspy z przystankiem na łuku, która generuje konieczność zwiększenia liczby przejść. Dodatkowo wprowadzić sygnalizację z priorytetem. Uzupełnić bariery ochronne wzdłuż torowiska na ul. Kościuszki. Wykonać badania ruchu pieszego i rozważyć zlikwidowanie istniejących przejść dla pieszych przy Ligonja oraz przy Żwirki i Wigury. W zamian wyznaczyć jedno, osygnalizowane przejście pomiędzy skrzyżowaniami. Sygnalizacją objąć również skrzyżowanie z ul. Ligonja. Na skrzyżowaniu Kościuszki-PCK rozważyć wprowadzenie zakazu lewoskrętu w ul. Powstańców. Zlikwidować przejście po północnej stronie peronu na przystanku Jordana.

Szacowany koszt inwestycji 1 195 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 17,5 s, dla kierunku 2: 12,8 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W37 Katowice Jordana - Katowice Stadion AWF dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu Jordana pojazdy wyjeżdżające z wlotu podporządkowanego blokują torowisko.

Na odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wyeliminować straty czasu generowane przez zwrotnicę, poprzez jej naprawę.

Szacowany koszt inwestycji 101 500,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 25,0 s

- Wariant 3: Wybudować sygnalizację z priorytetami na skrzyżowaniu Kościuszki-Jordana.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 14,8 s, dla kierunku 2: 11,7 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W38 Katowice Stadion AWF - Katowice Kościuszki Szpital dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Brak uwag - tramwaj porusza się szybko po wydzielonym torowisku.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W39 Katowice Kościuszki Szpital - Katowice Kościuszki Basen dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku „Katowice Kościuszki Szpital” znajduje się skrzyżowanie bez sygnalizacji świetlnej. Tramwaj, zwłaszcza jadący od strony południowej musi ograniczać prędkość.

Piesi wysiadający z tramwaju często przechodzą przez tarczę skrzyżowania blokując przejazd tramwaju.

Na skrzyżowaniu Kościuszki-Ceglana znajduje się sygnalizacja świetlna.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków
- Wariant 2: Wprowadzić bezwzględny priorytet dla tramwaju na sygnalizacji Kościuszki-Ceglana.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0,2 s, dla kierunku 2: 4,2 s

- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu przy przystanku „Katowice Kościuszki Szpital”. Obecność sygnalizacji pozwoli też przenieść przejście dla pieszych przez ul. Kościuszki na stronę peronów przystankowych.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 13,1 s, dla kierunku 2: 10,2 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W40 Katowice Kościuszki Basen - Brynów Zgrzebnioka dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku „Brynów Zgrzebnioka” znajduje się skrzyżowanie bez sygnalizacji świetlnej. Tramwaj, zwłaszcza jadący od strony południowej musi ograniczać prędkość.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki - Zgrzebnioka.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 8,2 s, dla kierunku 2: 8,9 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W41 Brynów Zgrzebnioka - Brynów Gawronów dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku „Brynów Gawronów” znajduje się skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Brynów Zgrzebnioka - Brynów Gawronów
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki-Gawronów.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 4,0 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W42 Brynów Gawronów - Brynów Drozdów dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Tramwaje na tym odcinku poruszają się szybko. Wokół zjazd do Zakładu Zieleni Miejskiej panują dobre warunki widoczności i nie powoduje od opóźnień dla tramwajów. Przy przystanku „Brynów Gawronów” znajduje się skrzyżowanie z sygnalizacją świetlną.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki-Gawronów.

Szacowany koszt inwestycji 24 629,5 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 4,0 s, dla kierunku 2: 0 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W43 Brynów Drozdów - Brynów Słowików dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku „Brynów Słowików” znajduje się skrzyżowanie bez sygnalizacji świetlnej. Tramwaj, zwłaszcza jadący od strony południowej musi ograniczać prędkość.

Na skrzyżowaniu Kościuszki-Drozdów znajduje się sygnalizacja świetlna.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki-Drozdów.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł, szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 8,3 s, dla kierunku 2: 11,2 s

- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki-Słowików.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 10,6 s, dla kierunku 2: 10,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W44 Brynów Słowików - Brynów Centrum Przesiadkowe dla linii T6

Zidentyfikowane problemy:

Na badanym odcinku znajduje się skrzyżowanie Kościuszki-św. Huberta z sygnalizacją świetlną, na którym odnotowano zatrzymania tramwajów na sygnale czerwonym.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Brynów Centrum Przesiadkowe - Brynów Słowików
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Kościuszki-św. Huberta.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 9,0 s, dla kierunku 2: 6,8 s

- Wariant 3: Brak

LINIA T7

Odcinek międzyprzystankowy:

W1 Bytom Plac Sikorskiego - Bytom Jagiellońska dla linii T7Zidentyfikowane problemy:

Na odcinku ul. Katowickiej, od pl. Sikorskiego do ul. Jagiellońskiej torowisko biegnie środkiem jezdni i jest współdzielone z pojazdami.

Po lewej stronie jezdni wyznaczono równoległe miejsca postojowe. Po prawej stronie wprowadzono zakaz parkowania, lecz mimo to odnotowano samochody parkujące na chodniku, które zmuszają inne, jadące pojazdy, do wykonania manewru ominięcia i wjazdu na torowisko.

Na pierwszym odcinku ul. Jagiellońskiej, od ul. Katowickiej do łuku, torowisko biegnie po prawej stronie jezdni. Po lewej stronie wyznaczono ukośne miejsca postojowe, wymagające dużej szerokości jezdni manewrowej, przez co samochody poruszają się po torowisku.

Od łuku do skrzyżowania z ul. Moniuszki tory biegną środkiem jezdni. Tramwaj musi mocno ograniczyć prędkość, aby ograniczyć prawdopodobieństwo kolizji z pojazdami znajdującymi się po jego prawej i lewej stronie.

W obecnym stanie na przystanku „Bytom Jagiellońska” piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji 203 000,0 zł, szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 22,0 s, dla kierunku 2 20,0 s

- Wariant 3: Na ul. Katowickiej należy skutecznie wyegzekwować zakaz parkowania np. poprzez montaż słupków, barier. Wydzielić torowisko za pomocą oznakowania poziomego. Na pierwszym odcinku ul. Jagiellońskiej zmienić sposób parkowania z ukośnego na równoległy. Dzięki temu powstanie przestrzeń do poruszania się pojazdów, a torowisko może zostać wydzielone oznakowaniem poziomym lub separatorem. Przebudowa torowiska od łuku do Moniuszki w celu przełożenia torowiska na prawą stronę jezdni. Pozwoli to wydzielić torowisko środkami organizacji ruchu jak w przypadku odcinka pierwszego. W przypadku braku zmiany położenia torowiska można wybudować przystanek wiedeński na Jagiellońskiej co ograniczy prędkość pojazdów, zwiększy bezpieczeństwo pasażerów i skróci czas wymiany pasażerskiej.

Szacowany koszt inwestycji 437 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 94,3 s, dla kierunku 2 10,6 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W2 Bytom Jagiellońska - Bytom Łagiewnicka dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na dojeździe do skrzyżowania z ul. Kolejową (z sygnalizacją) tramwaj współdzieli pas z samochodami. Grupa kołowa obsługiwana jest przez 2 pasy w tym jeden współdzielony.

Odnotowano bardzo duże straty czasu na sygnalizacji.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Zmiana organizacji ruchu poprzez wyłączenie pasa ruchu tylko dla ruchu tramwaju (1 pas dla transportu indywidualnego, 1 pas dla tramwaju). W konsekwencji konieczna będzie zmiana organizacji ruchu również na skrzyżowaniu. Działanie może mieć istotny wpływ na przepustowość układu drogowego, szczególnie w godzinach szczytu. W przypadku problemów z przepustowością, zamiast całkowitego wydzielenia, rozważyć skrócenie pasa wspólnego przed skrzyżowaniem.

Szacowany koszt inwestycji 361 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 60,0 s, dla kierunku 2 47,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W3 Bytom Łagiewnicka - Bytom Urząd Pracy dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Przystanek „Bytom Urząd Pracy” znajduje się bardzo blisko przystanku „Bytom Łagiewnicka” (ok. 250m). Tramwaj musi się zatrzymywać dwukrotnie i nie może rozwinąć dużej prędkości pomiędzy przystankami.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Rozważyć usunięcie przystanku Urząd Pracy. W zamian przesunąć przystanek Gojny ok. 200m w stronę urzędu pracy. Rozmieszczenie przystanków będzie odpowiadać przystankom autobusowym.

Szacowany koszt inwestycji 225 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 11,6 s, dla kierunku 2 8,5 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W4 Bytom Urząd Pracy - Łagiewniki Gojny dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Przystanek „Bytom Urząd Pracy” znajduje się bardzo blisko przystanku „Łagiewniki Gojny”. Tramwaj musi się zatrzymywać dwukrotnie i nie może rozwinąć dużej prędkości pomiędzy przystankami.

Na odcinku znajduje się skrzyżowanie ulic Łagiewnicka - Młyńska o ograniczonej widoczności.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji na skrzyżowaniu ulic Łagiewnicka - Młyńska. Jest to szczególnie istotne w przypadku przesunięcia przystanku Gojny, ponieważ tramwaj na prostym, wydzielonym odcinku może osiągać wysokie prędkości.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 11,3 s, dla kierunku 2 13,5 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W5 Łagiewniki Gojny - Łagiewniki Szyby Rycerskie dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Przed przystankiem „Łagiewniki Szyby Rycerskie” znajduje się skrzyżowanie z tramwajem.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Zmiana organizacji ruchu poprzez dodanie znaku B-20 "STOP" przed torowiskiem lub budowa sygnalizacji świetlnej.

Szacowany koszt inwestycji 390 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 15,6 s, dla kierunku 2 14,3 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W6 Łagiewniki Szyby Rycerskie - Łagiewniki Krzyżowa dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu ulic Szyby Rycerskie - Łagiewnicka pojazdy ustępujące pierwszeństwa z wlotu podporządkowanego zatrzymują się na torowisku. Może to skutkować zablokowaniem przejazdu.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Łagiewniki Szyby Rycerskie - Łagiewniki Krzyżowa
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej z priorytetem dla tramwaju.

Szacowany koszt inwestycji 340 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 13,2 s, dla kierunku 2 18,6 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W7 Łagiewniki Krzyżowa - Łagiewniki Fabryczna dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Brak pełnowymiarowego przejścia dla pieszych przez torowisko bezpośrednio za przystankiem „Łagiewniki Krzyżowa”. Pieszy, żeby dostać się na przystanek musi przejść przez niezabezpieczone torowisko w obrębie skrzyżowania ul. Świętochłowskiej z ul. Spacerową.

Brak sygnalizacji znacznie ogranicza prędkość tramwaju nadjeżdżającego od strony południowej, który dla bezpieczeństwa musi zwolnić.

Pomiędzy przystankami znajduje się też nieosygnalizowane przejście i przejazd w rejonie stawu Amendy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Dobudowanie przejścia dla pieszych przez torowisko wraz z budową chodnika w rejonie skrzyżowania ul. Świętochłowickiej z ul. Spacerową. Ma to na celu zwiększenia bezpieczeństwa pieszych, przez minimalizację ryzyka wkraczania pieszych na torowisko w miejscu niedozwolonym. Budowa sygnalizacji świetlnej na skrzyżowaniu Świętochłowicka –Spacerowa dodatkowo zwiększy bezpieczeństwo pieszych, a jednocześnie ograniczy straty czasowe tramwaju nadjeżdżającego z południa.
Budowa sygnalizacji na przejściu i przejeździe w rejonie stawu Amendy.

Szacowany koszt inwestycji 765 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 10,2 s, dla kierunku 2 13,1 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W8 Łągiewniki Fabryczna - Targowisko dla linii T7Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu Świętochłowicka -Fabryczna znajduje się sygnalizacja świetlna.

W rejonie Świętochłowickiej 9 znajduje się zjazd gruntowy do obsługi posesji i dużej liczby garaży.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Optymalizacja działania sygnalizacji na skrzyżowaniu Świętochłowicka - Fabryczna poprzez wprowadzenie bezwzględnego priorytetu dla tramwajów.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł, szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 14,6 s, dla kierunku 2 3,6 s

- Wariant 3: Likwidacja zjazdu przez torowisko w rejonie Świętochłowickiej 9. Obsługiwany teren skomunikować przez ulicę po wschodniej stronie torów, obsługującą bloki na ul. Ostatniej.

Szacowany koszt inwestycji 125 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 21,7 s, dla kierunku 2 24,2 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W9 Łagiewniki Targowisko - Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Przy granicy miasta Bytom występuje ograniczenie prędkości do 40km/h.

Na skrzyżowaniu ulic Świętochłowicka - Ostatnia znajduje się sygnalizacja, która wstrzymuje tramwaj.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak

- Wariant 2: Wprowadzić priorytet dla tramwaju na skrzyżowaniu ulic Świętochłowicka -Ostatnia. Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 14,9 s, dla kierunku 2 24,6 s

- Wariant 3: Zmienić oznakowanie – ograniczenie prędkości przenieść na słup trakcyjny, tak jak na dalszym odcinku. Przy obecnym położeniu obowiązuje on również tramwaje. Szacowany koszt inwestycji 2 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 26,2 s, dla kierunku 2 19,4 s

Odcinek międzyprzystankowy:

W10 Chropaczów Osiedle Na Wzgórzu - Piaśniki Skrzyżowanie dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na skrzyżowaniu ulic Bytomska - Ślężan może być powodem strat czasu. Bardzo wąski azył pomiędzy jezdnią a torowiskiem powoduje konieczność włączania fazy obsługującej przejście dla pieszych na minimalny czas potrzebny do przejścia całego przekroju drogi. Cały przekrój ma około 19m. Przy założeniu prędkości pieszego na poziomie 1,4m/s faza kolizyjna musi trwać min. 14s + czas przejść międzyfazowych.



Przed skrzyżowaniem ul. Bytomskiej z ul. Stawową występuje bardzo długie przejście dla pieszych (3 pasy ruchu + 2 torowiska). Z punktu widzenia BRD rozwiązanie niebezpieczne.



Sygnalizacja na skrzyżowaniu Bytomska-Chorzowska.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzić priorytet dla tramwaju na skrzyżowaniu Bytomska-Chorzowska.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł, szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 7,3 s, dla kierunku 2 6,0 s

- Wariant 3: Poprawić organizację ruchu na skrzyżowaniu ulic Bytomska - Ślężan poprzez wymalowanie przejścia przez torowisko oznakowaniem P-10 oraz dołożyć znak D-6 dla tramwaju jadącego w kierunku przeciwnym.
Poszerzenie azylu pomiędzy jezdnią a torowiskiem kosztem azylu pomiędzy pasami ruchu kołowego.
W konsekwencji sterowanie niezależne przejściem przez torowisko.
Budowa azylu dla pieszych pomiędzy torowiskiem i jezdnią oraz budowa sygnalizacji na skrzyżowaniu Bytomska-Stawowa.

Szacowany koszt inwestycji 608 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 21,1s, dla kierunku 2 26,5s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W11 Piaśniki Skrzyżowanie - Piaśniki Osiedle Skatka dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Przy przystanku „Piaśniki Skrzyżowanie” znajduje się nieosygnalizowany "zjazd do Tesco". Geometria zjazdu jest bardzo niekorzystna i przez niefortunne posadowienie bramownicy wydłuża obecność samochodu na torowisku.

Na odcinku znajduje się nieosygnalizowane skrzyżowanie ulic Bytomska - Powstańców Śląskich. Brak sygnalizacji i ograniczona widoczność wymuszają redukcję prędkości tramwaju.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Usunąć zieleń ograniczającą widoczność tramwaju nadjeżdżającego od strony południowej. Przebudować zjazd przy Tesco - zmienić jego geometrię. W tym celu usunąć lub przesunąć bramownicę. Budowa sygnalizacji świetlnej z priorytetem dla tramwajów na skrzyżowaniu Bytomska-Powst. Śląskich.

Szacowany koszt inwestycji 407 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 16,9 s, dla kierunku 2 45,2 s.

Odcinek międzyprzystankowy:**W12 Piaśniki Osiedle Skalka - Świętochłowice Polna dla linii T7**Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na skrzyżowaniu ulic Bytomska-Krasickiego.

Bardzo duże straty czasu na skrzyżowaniu Bytomska - DTŚ przy salonie Renault.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Optymalizacja działania sygnalizacji na skrzyżowaniu ulic Bytomska-Krasickiego i Bytomska - DTŚ przy salonie Renault poprzez wprowadzenie priorytetu dla tramwajów.
Konieczna zmiana algorytmu sterowania.

Szacowany koszt inwestycji 98 518 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 67,8 s, dla kierunku 2 75,5 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W13 Świętochłowice Polna - Świętochłowice Kościół dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Zaraz za przystankiem „Świętochłowice Polna” zaczyna się długi na 390 metrów odcinek współdzielenia pasa z samochodami, który ciągnie się aż do przystanku „Świętochłowice Kościół”. Formalnie jest to jeden bardzo szeroki pas.

Za przystankiem „Świętochłowice Polna” znajduje się przejazdowa sygnalizacja pozwalająca na włączenie się tramwaju na jezdnię. Kawałek dalej, przy skrzyżowaniu ulic Bytomska - Polna wyznaczono przejście dla pieszych, które zmusza motorniczego do ograniczenia prędkości.

Niecałe 100m dalej znajduje się kolejne przejście przy skrzyżowaniu z ul. Wyzwolenia. Na pozostałym odcinku również znajdują się skrzyżowania, które stanowią potencjalnie niebezpieczne miejsca, wymuszające ograniczenia prędkości tramwaju.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Warto rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu warto wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Bytomskiej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Warto również zredukować liczbę przejść dla pieszych. Na skrzyżowaniach, na których pozostaną dopuszczone relacje kolizyjne z tramwajem - budowa sygnalizacji. Przy wydzieleniu torowiska może zająć konieczność poszerzenia jezdni (przynajmniej od strony zachodniej).

Szacowany koszt inwestycji 750 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 14,4 s, dla kierunku 2 15,7 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W14 Świętochłowice Kościół - Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Od przystanku „Świętochłowice Kościół” do skrzyżowania ul. Katowickiej z ul. Szkolną tramwaj porusza się w strefie ograniczonej prędkości o charakterze deptaku. Ruch samochodowy nie stanowi tu problemu, jednak z uwagi na charakter ulicy tramwaj nie może rozwijać wyższych prędkości.

Od ul. Szkolnej zaczyna się odcinek współdzielenia torowiska z samochodami. Po stronie północnej dopuszczono parkowanie równoległe, które wymusza jazdę samochodów bezpośrednio po torowisku. Po drodze znajdują się dwa przejścia dla pieszych oraz skrzyżowania z innymi ulicami.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak

- Wariant 3:

Warto rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu warto wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Katowickiej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Na skrzyżowaniach, na których pozostaną dopuszczone relacje kolizyjne z tramwajem – budowa sygnalizacji. Należy też wyeliminować parkowanie na ul. Katowickiej.

Szacowany koszt inwestycji 150 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 13,6 s, dla kierunku 2 12,8 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W15 Świętochłowice Muzeum Powstań Śląskich - Mijanka dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Od początku odcinka funkcjonuje współdzielenie torowiska z samochodami. Do skrzyżowania z ul. Wojska Polskiego tramwaj musi pokonać dwa ostre zakręty, na których nie jest w stanie rozwinąć dużej prędkości.

Od zjazdu na wysokości marketu „Biedronka” do skrzyżowania z ul. Wojska Polskiego tramwaj może zwiększyć prędkość. Na skrzyżowaniu z ul. Wojska Polskiego odnotowano bardzo duże straty czasu. Dodatkowo na wlotach ul. Katowickiej wyznaczono po dwa pasy ruchu dla samochodów, przy czym jeden jest wyznaczony w całości na torowisku.

W rejonie skrzyżowania z ul. Cmentarną, zaledwie 70m od przejścia przy ul. Wojska Polskiego, znajduje się kolejne przejście. Pojazdy skręcające w lewo w ul. Cmentarną mogą blokować tramwaj.

Na badanym odcinku odnotowano też konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.





Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrótnicy, przeprogramowanie istniejącego sterownika bez zmiany organizacji ruchu.

Szacowany koszt inwestycji 150 759 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 20 s, dla kierunku 2 23,5 s.

- Wariant 3: Zmiana algorytmu sterowania - większy priorytet dla tramwajów na skrzyżowaniu z ul. Wojska Polskiego. Dodatkowo należy usunąć pasy ruchu z torowiska. Pomiędzy ul. Wojska Polskiego a przystankiem „Mijanka” wprowadzić zakaz skrętu w lewo w Cmentarną i nakaz jazdy w prawo na Cmentarnej (wyeliminowanie kolizji z tramwajem). Usunąć przejście dla pieszych przy Cmentarnej.

Szacowany koszt inwestycji 280 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 40,9 s, dla kierunku 2 42,6 s.

- Wariant 3a: Powyższe założenia uwzględnia też przygotowywany obecnie przez Świętochłowice projekt Centrum Przesiadkowego Mijanka, który zakłada całkowitą przebudowę układu komunikacyjnego w rejonie skrzyżowania Katowicka-WP. Z uwagi na wczesny etap projektowy nie można precyzyjnie ocenić kosztów inwestycji. Kosztorys zostanie opracowany w ramach projektu.

Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 40,9 s, dla kierunku 2 42,6 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W16 Świętochłowice Mijanka - Świętochłowice Gazownia dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Świętochłowice Mijanka” piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Pojazdy i tramwaj współdzielą bardzo szeroki pas jezdni. Pomiędzy przystankiem „Świętochłowice Mijanka” i zatoką autobusową znajduje się przejście dla pieszych.

Kolejne dwa przejścia umieszczone blisko siebie znajdują się w rejonie przystanku „Świętochłowice Gazownia”.

Na tym odcinku odnotowano również zły stan torowiska.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Wydzielić torowisko za pomocą zmiany organizacji ruchu, np. separatory. W razie konieczności poszerzyć jezdnie. Przejście przy zatoce przenieść w rejon ulicy Żołnierskiej i Konstytucji 1997r. oraz wybudować sygnalizację świetlną obejmującą powyższe ulice. Usunąć przejście po zachodniej stronie przystanku Gazownia.
Przeprowadzić remont torowiska.
Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusiłoby kierowców do zachowania większej czujności w obrębie przystanku.

Szacowany koszt inwestycji 2 100 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 11,8 s, dla kierunku 2 15,3 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W17 Świętochłowice Gazownia - Chorzów Batory Hotel dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Świętochłowice Gazownia” piesi wchodzą na jezdnię gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Pojazdy i tramwaj współdzielą bardzo szeroki pas jezdni.

Na południowy - wschód od skrzyżowania z ul. Wolności, za zjazdem, znajduje się kolejne przejście.

Następne przejście znajduje się w rejonie Urzędu Skarbowego. Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Dąbrowskiego tramwaj współdzieli torowisko z samochodami.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Wydzielić torowisko za pomocą zmiany organizacji ruchu, np. separatory.

Przejście przy urzędzie skarbowym usunąć.

Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej -Dąbrowskiego skrócić pas do lewoskrętu współdzielony z torowiskiem na wlocie północno-zachodnim. Na wlocie południowo-wschodnim wydzielić całkowicie torowisko - zrobić jeden pas ruchu do jazdy na wprost i w prawo, opracować nowy program sygnalizacji z priorytetami dla tramwajów. W razie konieczności poszerzyć jezdnię. Na przejściu po wschodniej stronie przystanku wraz ze skrzyżowaniem ulic Katowicka -Wolności wybudować sygnalizację świetlną z priorytetem dla tramwaju. Przejście po południowo-wschodniej stronie skrzyżowania z ul. Wolności przybliżyć do jego tarczy i objąć sygnalizacją. Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusiłoby kierowców do zachowania większej czujności w obrębie przystanku.

Szacowany koszt inwestycji 1 776 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 21,4 s, dla kierunku 2 21,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W18 Chorzów Batory Hotel - Chorzów Batory Dworzec PKP dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Chorzów Batory Dworzec PKP” piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Szpitalna tramwaje współdzielą torowisko z samochodami. Na wlocie północno-zachodnim jest to pas do jazdy na wprost i w lewo, a na wlocie południowo-wschodnim - wydzielony lewoskręt.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Szpitalna wydzielić częściowo torowisko. Na wlocie północno-zachodnim skrócić maksymalnie pas do skrętu w lewo. Na wlocie południowo-wschodnim zlikwidować pas do skrętu w lewo z torowiskiem. Pojazdy chcące skręcić w lewo można pokierować objazdem przez ulice Stwosza, Ratuszową i BoWiD. Na al. BoWiD, od skrzyżowania z Raclawicką, wydzielić tor prowadzący w stronę ul. AK. Następnie opracować nowy program sygnalizacji z priorytetami dla wszystkich relacji tramwajowych. Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusiłoby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku.

Szacowany koszt inwestycji 330 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju T7 dla kierunku 1 17,7 s, dla kierunku 2 36,0 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W19 Chorzów Batory Dworzec PKP - Chorzów Batory Piekarska dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Bardzo długie przejście dla pieszych przy placu Waryńskiego.

Wydzielony pas do lewoskrętu z ul. Armii Krajowej w ul. Wita Stwosza. Przy skrzyżowaniu znajduje się również przejście dla pieszych. Jest ono stosunkowo blisko przejścia przy placu Waryńskiego (<100m).

Dalej znajduje się skrzyżowanie z ul. Zamenhofs, również z przejściem dla pieszych oraz przejście po wschodniej stronie tunelu przy ul. Piekarskiej.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Warto rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu należy wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Armii Krajowej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Część ruchu dojazdowego powinna przejąć ul. Ratuszowa.
Warto również ograniczyć liczbę przejść dla pieszych. Przejście przy pl. Waryńskiego przesunąć na wschód i osygnalizować (bezpieczne dojście do dworca). Przejścia przy Wita Stwosza i Zamenhofs usunąć. Pozostawić i osygnalizować przejście przy tunelu na Piekarskiej umożliwiające dojście do pobliskiej szkoły i do tunelu na południu.

Szacowany koszt inwestycji 830 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 30,9 s, dla kierunku 2 10,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W20 Chorzów Batory Piekarska - Chorzów Batory Zajezdnia dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Chorzów Batory Piekarska” piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Na odcinku znajduje się skrzyżowanie ulic Armii Krajowej - Jasińskiego, przy którym zaprojektowano przejście dla pieszych.

Przy przystanku „Chorzów Batory Zajezdnia” znajduje się skrzyżowanie ulic Armii Krajowej -Chodkiewicza - Inwalidzka. W rejonie skrzyżowania tramwaj przejeżdża z małą prędkością po rozjazdach.

Odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Chorzów Batory Zajezdnia - Chorzów Batory Piekarska.
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji 101 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 12,0 s, dla kierunku 2 0 s.

- Wariant 3: Budowa sygnalizacji na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Jasińskiego. Wprowadzenie lewoskrętu z ul. Armii Krajowej w ul. Jasińskiego. Dla pozostałego odcinka uniemożliwić przejeżdżanie przez torowisko do i ze zjazdów.

Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Chodkiewicza nie proponuje się budowy sygnalizacji z uwagi na fakt, że tramwaj mocno ogranicza prędkość przejazdu przez skrzyżowanie ze względu na rozjazdy.

Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusioby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku.

Szacowany koszt inwestycji 565 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 22,2 s, dla kierunku 2 12,3 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W21 Chorzów Batory Zajezdnia - Załęże Szkoła dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Chorzów Batory Zajezdnia” piesi wchodzą na jezdnię gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Wysockiego dopuszczono skręt w lewo przez torowisko z ul. Wysockiego. Dodatkowo w rejonie skrzyżowania znajduje się przejście dla pieszych.

Na skrzyżowaniu Gliwicka - Gałeczki nie odnotowano znacznych strat czasu tramwaju. Z analizy wynika jednak, że tramwaj musi zwolnić przed sygnalizatorem.

Podobna sytuacja występuje na sygnalizacji przy węźle z DTŚ.

Odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji 200 018 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 17,7 s, dla kierunku 2 37,8 s.

- Wariant 3: Na skrzyżowaniu ulic Armii Krajowej - Wysockiego wprowadzić nakaz jazdy w prawo na wlocie ul. Wysockiego. Alternatywnie można wybudować sygnalizację, która obejmie również przejście dla pieszych.

Na skrzyżowaniu ulic Gliwicka - Gałeczki oraz na przejazdach przy węźle DTŚ zweryfikować czy detektory tramwaju są zlokalizowane dostatecznie daleko od sygnalizatora. Wcześniejsze wykrycie tramwaju wyeliminuje konieczność zwalniania przed sygnalizatorem. Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusiłoby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku. Dodatkowo należałoby podwyższyć chodnik i ograniczyć parkowanie w obrębie przystanku.

Szacowany koszt inwestycji 25 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 17,5 s, dla kierunku 2 21,7 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W22 Załęże Szkoła - Załęże Dom Kultury dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na odcinku od przystanku Szkoła do skrzyżowania ulic Gliwicka - Jana Pawła II znajduje się kilka zjazdów indywidualnych i przejście dla pieszych w rejonie kościoła ewangelickiego.

Na skrzyżowaniu Gliwicka - Jana Pawła II nie odnotowano znacznych strat czasu tramwaju. Z analizy nagrań wynika, że priorytet w tym miejscu jest efektywny.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Rozważyć przesunięcie przejścia do zjazdu na teren kościoła i osygnalizować. Jednocześnie przebudować jezdnię, aby uzyskać azyl pomiędzy torami i jezdnią.

Szacowany koszt inwestycji 565 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 18,1 s, dla kierunku 2 16,0 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W23 Załęże Dom Kultury - Załęże Wiśniowa dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Nie stwierdzono utrudnień dla tramwajów.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W24 Załęże Wiśniowa - Załęże Dwór dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu ulic Bracka - Gliwicka - zarówno przed, jak i za przystankiem „Załęże Dwór” odnotowano bardzo duże straty czasu na sygnalizacji. Po części wynikają one z faktu, że torowisko jest zastawione przez samochody.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzić priorytet dla tramwaju na skrzyżowaniu Bytomska - Chorzowska.

Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł, Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 63,7 s, dla kierunku 2 24,1 s.

- Wariant 3: Na odcinku ok. 150m przed skrzyżowaniem Bracka-Gliwicka rozważyć poszerzenie jezdni ul. Gliwickiej kosztem chodnika po stronie północnej. Pozwoli to na wydzielenie torowiska środkami organizacji ruchu i upłynni przejazd tramwaju przez skrzyżowanie.

Szacowany koszt inwestycji 300 000 zł, Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 2 13,3 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W25 Załęże Dwór - Załęże Janasa dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Współdzielony pas ruchu, obecność wielu skłonnych relacji kolizyjnych. Tramwaj jedzie dość wolno. Przed przystankiem Janasa znajdują się 4 przejścia dla pieszych blisko siebie - 2 szczególnie blisko.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu należy - w miarę możliwości - wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Gliwickiej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Część ruchu dojazdowego na południu powinna przejść ul. Pośpiecha. Na skrzyżowaniach, na których pozostaną dopuszczone relacje kolizyjne z tramwajem budowa sygnalizacji.
Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusioby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku. Po stronie północnej nie ma równoległej ulicy do Gliwickiej - rozważyć budowę ulicy od węzła Bracka – zjazd z DTŚ do Grundmana.

Szacowany koszt inwestycji 137 500,0 zł (bez budowy węzła). Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 41,9 s, dla kierunku 2 13,5 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W26 Załęże Janasa - Załęże Kościół dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Załęże Janasa” piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma.

Współdzielony pas ruchu, obecność wielu skrętnych relacji kolizyjnych. Tramwaj jedzie dość wolno.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla obu kierunków
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu należy - w miarę możliwości - wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Gliwickiej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Część ruchu dojazdowego na południu powinna przejąć ul. Pośpiecha. Na skrzyżowaniach, na których pozostaną dopuszczone relacje kolizyjne z tramwajem budowa sygnalizacji.
Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusioby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku. Poszerzenie jezdni w celu wydzielenia torowiska. Po stronie północnej nie ma równoległej ulicy do Gliwickiej – w przyszłości rozważyć budowę ulicy od węzła Bracka - zjazd z DTŚ do Grundmana (nie wyceniono).

Szacowany koszt inwestycji 75 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 9,4 s, dla kierunku 2 8,1 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W27 Załęże Kościół - Załęże Pośpiecha dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku Załęże Pośpiecha 2t piesi wchodzą na jezdnie gdy tramwaj dopiero dojeżdża do przystanku. Formalnie mogą to zrobić dopiero gdy tramwaj się zatrzyma. Brak choćby oznakowania P-17.

Współdzielony pas ruchu. Tramwaj jedzie dość wolno.

Sygnalizacja na skrzyżowaniu Gliwicka - Żelazna - Pośpiecha wstrzymuje przejazd tramwaju.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Załęże Kościół - Załęże Pośpiecha
- Wariant 2: Na skrzyżowaniu Gliwicka – Żelazna - Pośpiecha wprowadzić priorytet dla tramwaju.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 3,3 s, dla kierunku 2 4,2 s.

- Wariant 3: Rozważyć zmianę organizacji ruchu na całej długości odcinka, w ramach której ograniczona zostanie liczba punktów kolizji z tramwajem. W tym celu należy - w miarę możliwości - wprowadzić zakaz skrętu w lewo z ul. Gliwickiej, a na wlotach bocznych wprowadzić nakaz jazdy w prawo. Takie podejście może wymagać zmiany organizacji ruchu na ulicach poprzecznych np. zaprojektowania odpowiedniego układu ulic jednokierunkowych. Część ruchu dojazdowego na południu powinna przejść ul. Pośpiecha.

Na skrzyżowaniach, na których pozostaną dopuszczone relacje kolizyjne z tramwajem – budowa sygnalizacji.

Budowa przystanku wiedeńskiego wpłynie pozytywnie na czas wymiany pasażerskiej oraz zmusiłoby kierowców co zachowania większej czujności w obrębie przystanku.

Wydzielenie torowiska może wymagać poszerzenia jezdni.

Po stronie północnej nie ma równoległej ulicy do Gliwickiej – w przyszłości rozważyć budowę ulicy od węzła Bracka - zjazd z DTŚ do Grundmana (nie wyceniono).

Szacowany koszt inwestycji 75 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 8,9 s, dla kierunku 2 7,0 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W28 Załęże Pośpiecha - Katowice Sobieskiego dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Współdzielenie torowiska z samochodami.

Na skrzyżowaniu Gliwicka - Grundmana sygnalizacja bez priorytetu, na której występuje współdzielenie pasa samochodów skręcających w lewo z torami.

Za skrzyżowaniem Gliwicka - Grundmana znajduje się blisko kolejne przejście dla pieszych. Odnotowano parkowanie częściowo na jezdni wymuszające ruch pojazdów na torach.

Na skrzyżowaniu z Sobieskiego - dwa PDP blisko siebie.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji Gliwicka - Grundmana, wyeliminowanie, bądź skrócenie pasa do skrzyżowania w lewo, współdzielonego z torowiskiem.
Za skrzyżowaniem wprowadzenie zakazu parkowania, usunąć przejście dla pieszych blisko skrzyżowania.
Poszerzenie jezdni w celu wydzielenia torowiska kosztem parkowania.
Na skrzyżowaniu Gliwicka -Sobieskiego wybudować sygnalizację.

Szacowany koszt inwestycji 2 070 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 30,3 s, dla kierunku 2 25,8 s.

Odcinek międzyprzystankowy:**W29 Katowice Sobieskiego - Katowice Dworzec PKP dla linii T7**Zidentyfikowane problemy:

Brak niedogodności na początku odcinka - duża wyspa centralna, potem ruch na deptaku uniemożliwia osiągnięcie dużych prędkości.

Jedynym elementem wprowadzającym utrudnienia jest sygnalizacja świetlna przy ul. Słowackiego.

Odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji 3 Maja-Słowackiego. Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji 150 759 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 12,3 s, dla kierunku 2 37,1 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W30 Katowice Dworzec PKP - Katowice Rynek /Teatr Śl./ dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Ruch na deptaku przy rynku - brak możliwości osiągnięcia wyższych prędkości.

Odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji 101 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 44,8 s, dla kierunku 2 0,0 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W31 Katowice Rynek /Teatr Śl./ - Katowice Damrota dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Dwie sygnalizacje świetlne, które spowalniają tramwaj: przy ul. Szkolnej i Francuskiej.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji Warszawska-Szkolna i Warszawska-Francuska.

Szacowany koszt inwestycji 98 518 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 6,9 s, dla kierunku 2 12,6 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W32 Katowice Damrota - Katowice Graniczna dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Tramwaj czeka na sygnał zielony na przystanku przy skrzyżowaniu z ul. Damrota. Podobnie na skrzyżowaniu z Graniczną.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji Warszawska-Damrota i Warszawska-Graniczna.

Szacowany koszt inwestycji 98 518 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 6,9 s, dla kierunku 2 12,6 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W33 Katowice Graniczna - Zawodzie Paderewskiego dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na PDP przy ul. Miarki.

Przystanek „Zawodzie Paderewskiego” znajduje się w małej odległości od przystanku „Katowice Graniczna” (ok. 250m).

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Zawodzie Paderewskiego - Katowice Graniczna
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji przy ul. Miarki.

Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 0,4 s, dla kierunku 2 9,4 s.

- Wariant 3:
Rozważyć usunięcie przystanku Paderewskiego.

Szacowany koszt inwestycji 12 500 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 10,6 s, dla kierunku 2 13,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W34 Zawodzie Paderewskiego - Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja przy ul. Bogucickiej.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji 1 Maja - Bogucicka..

Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 12,8 s, dla kierunku 2 11,0 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W35 Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny - Zawodzie Ośrodki Sportowy dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na PDP przy Staszica i na skrzyżowaniu z ul. Boh. Monte Cassino.

Przystanek „Zawodzie Ośrodki Sportowy” za daleko od skrzyżowania z ul. Boh. Monte Cassino. Powoduje to konieczność zastosowania dodatkowego PDP.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2:
Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji 1 Maja - przejście przy Staszica oraz 1 Maja - Boh. Monte Cassino.

Szacowany koszt inwestycji 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 11,8 s, dla kierunku 2 7,4 s.

- Wariant 3: Przesunięcie przystanku Ośrodek Sportowy w kierunku skrzyżowania z Boh. Monte Cassino.

Szacowany koszt inwestycji 225 000 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 17,2 s, dla kierunku 2 17,2 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W36 Zawodzie Ośrodek Sportowy - Zawodzie Łączna dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu 1 Maja - Marcinkowskiego.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Zawodzie Łączna - Zawodzie Ośrodek Sportowy
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji 1 Maja - Marcinkowskiego.

Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 3,2 s, dla kierunku 2 6,0 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W37 Zawodzie Łączna - Zawodzie Centrum Przesiadkowe dla linii T7

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna przy „Zawodzie Centrum Przesiadkowe”.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji przy „Zawodzie Centrum Przesiadkowe”.

Szacowany koszt inwestycji 49 259 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1 4,9 s, dla kierunku 2 7,3 s.

- Wariant 3: Brak

LINIA T15

Odcinek międzyprzystankowy:

W1 Katowice Plac Wolności - Katowice Dworzec PKP dla linii T15Zidentyfikowane problemy:

Na wyspie centralnej nie zidentyfikowano znacznych utrudnień. Ruch odbywający się na deptaku uniemożliwia osiągnięcie dużych prędkości przez tramwaj.

Sygnalizacja świetlna zlokalizowana przy ul. Słowackiego powoduje zatrzymanie tramwaju.

Na przedmiotowym odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji przy ul. Słowackiego. Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 150 759,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 44,7 s, dla kierunku 2: 6,2 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W2 Katowice Dworzec PKP - Katowice Rynek /Teatr Śl./ dla linii T15Zidentyfikowane problemy:

Ruch na deptaku uniemożliwia osiągnięcie dużych prędkości przez tramwaj.

Na przedmiotowym odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 101 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 39,0 s, dla kierunku 2: 22,0 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W3 Katowice Rynek /Teatr Śl./ - Katowice Damrota dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Dwie sygnalizacje świetlne zlokalizowane na skrzyżowaniach Warszawska-Szkolna i Warszawska-Francuska, spowalniają ruch tramwaju.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na obu sygnalizacjach.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 98 518,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 13,9 s, dla kierunku 2: 11,7 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W4 Katowice Damrota - Katowice Graniczna dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Na przystanku „Katowice Damrota” odnotowuje się straty czasu spowodowane oczekiwaniem tramwaju na sygnał zielony na sygnalizacji świetlnej.

Na skrzyżowaniu z ul. Graniczną znajduje się kolejna sygnalizacja powodująca obniżenie prędkości tramwaju.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na obu sygnalizacjach.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 98 518,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 48,3 s, dla kierunku 2: 60,9 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W5 Katowice Graniczna - Zawodzie Paderewskiego dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na przejściu dla pieszych przy ul. Miarki powoduje częste zatrzymywanie się tramwaju.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł, szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 1,0 s, dla kierunku 2: 24,1 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W6 Zawodzie Paderewskiego - Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja przy ul. Bogucickiej powoduje częste zatrzymywanie się tramwaju przed sygnalizatorem.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 4,8 s, dla kierunku 2: 7,6 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W7 Zawodzie Uniwersytet Ekonomiczny - Zawodzie Ośrodek Sportowy dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na przejściu dla pieszych przy ul. Staszica i na skrzyżowaniu z ul. Bohaterów Monte Cassino powodują zatrzymanie tramwaju.

Przystanek „Zawodzie Ośrodek Sportowy” jest za daleko od skrzyżowania z ul. Bohaterów Monte Cassino. Powoduje to konieczność zastosowania dodatkowego przejścia dla pieszych, przy którym tramwaj musi zwolnić lub zatrzymać się w celu przepuszczenia pieszych.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 15,5 s, dla kierunku 2: 5,9 s.

- Wariant 3: Przesunięcie przystanku „Zawodzie Ośrodek Sportowy” w kierunku skrzyżowania z ul. Bohaterów Monte Cassino, pozwoli wyeliminować jedno przejście.

Szacowany koszt inwestycji wynosi: 12 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 17,2 s, dla kierunku 2: 16,8 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W8 Zawodzie Ośrodek Sportowy - Zawodzie Łączna dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna na skrzyżowaniu ulic 1 Maja i Marcinkowskiego jest powodem strat czasu tramwaju, który oczekuje na sygnał zezwalający na ruch.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Zawodzie Ośrodek Sportowy - Zawodzie Łączna.
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 7,3 s, dla kierunku 2: 6,0 s

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W9 Zawodzie Łączna - Zawodzie Centrum Przesiadkowe dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna przy Zawodzie Centrum Przesiadkowe jest powodem strat czasu tramwaju, który oczekuje na sygnał zezwalający na ruch.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji. Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 2,1 s, dla kierunku 2: 8,3 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W10 Zawodzie Centrum Przesiadkowe - Zawodzie Zajezdnia dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja świetlna przy wjeździe do zajezdni powoduje zatrzymywanie się tramwaju. Na przedmiotowym odcinku odnotowano konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrótnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Usprawnić program sygnalizacji np. poprzez wdrożenie sterowania typu "all-red" - kto pierwszy dojedzie do sygnalizacji dostaje sygnał zielony. Ponadto zaleca się diagnozę stanu technicznego zwrótnicy i jej ewentualną naprawę.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 150 759,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 33,8 s, dla kierunku 2: 2,1 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W11 Zawodzie Zajezdnia - Szopienice Roździeńska dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Nierówności na wydzielonym torowisku ograniczają prędkość tramwaju. Odnotowano konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrótnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Roździeńska - Zawodzie Zajezdnia.
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrótnicy.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 101 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 0 s, dla kierunku 2: 10,0 s.

- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 1 350 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 15,7 s, dla kierunku 2: 13,5 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W12 Szopienice Roździeńska - Szopienice Wodociągi dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Nierówności na wydzielonym torowisku ograniczają prędkość tramwaju.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Wodociągi - Szopienice Roździeńska.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Remont torowiska.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 1 050 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 9,8 s, dla kierunku 2: 15,0 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W13 Szopienice Wodociągi - Burowiec dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Sygnalizacja na przejeździe.

Za sygnalizacją występuje współdzielony z samochodami odcinek o długości ok. 300m.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Burowiec - Szopienice Wodociągi.
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 49 259,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 0,4 s, dla kierunku 2: 0 s.

- Wariant 3: Przebudowa ulicy - wydzielenie torowiska.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 1 300 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 13,1 s, dla kierunku 2: 19,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:
W14 Burowiec - Szopienice Poczta dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Od strony przystanku „Szopienice Poczta” znajduje się wydzielone torowisko, które jest miejscami nierówne. Na fragmencie odcinka tramwaj musi pokonać skrzyżowanie Bednorza-Westerplatte, na którym organizacja ruchu jest niejasna pod względem pierwszeństwa przejazdu. Na wszystkich wlotach (łącznie z torami) znajdują się znaki nakazujące ustąpienia pierwszeństwa, przy jednoczesnym braku wyznaczenia drogi z pierwszeństwem przejazdu. W przypadku awarii sygnalizacji wzbudzonej, tramwaj musi się zatrzymać przed skrzyżowaniem.



Następnie za skrzyżowaniem ulic Obrońców Westerplatte i Morawa znajduje się tuk, na którym gęsta zieleń powoduje ograniczenie widoczność motorniczego.

Na kolejnym, współdzielonym odcinku torowiska, długim na ok. 400m, tramwaj przejeżdża przez 2 skrzyżowania bez sygnalizacji: Obrońców Westerplatte-Korczaka i Obrońców Westerplatte-Hallera. W rejonie obu tych skrzyżowań znajdują się przejścia dla pieszych. Ponadto skrzyżowanie z ul. Hallera posiada rozległą tarczę, która zwiększa powierzchnię kolizyjną z innymi uczestnikami ruchu.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Poczta – Burowiec.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Naprawa torowiska w wymaganych miejscach i uporządkowanie zieleni na łuku. Ponadto zaleca się zmianę organizacji ruchu na skrzyżowaniu Bednorza-Westerplatte, która ułatwi przejazd tramwaju w przypadku awarii sygnalizacji. W ramach alternatywy warto rozważyć rozbudowę sygnalizacji na trójkolorową. Dla przedmiotowego odcinka zaleca się również budowa sygnalizacji na skrzyżowaniach Obrońców Westerplatte-Hallera i Westerplatte-Korczaka.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 3 723 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 18,7 s, dla kierunku 2: 28,4 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W15 Szopienice Poczta - Szopienice Kościół dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

W rejonie skrzyżowania z ul. Brynica znajduje się przejście dla pieszych, które zlokalizowane jest przy łuku, co powoduje konieczność ograniczenia prędkości tramwaju.

Na tym samym łuku znajduje się również wjazd na parking przy restauracji i innych punktach usługowych. Z uwagi na obecność budynków, brakuje w tym miejscu możliwości przebudowy.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Kościół - Szopienice Poczta.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W16 Szopienice Kościół - Szopienice Dwór dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Ulica Westerplatte do Wiosny Ludów ma charakter deptaku. Dlatego tramwaj porusza się na niej z ograniczoną prędkością.

Na przejeździe, przy rondzie, brakuje sygnalizacji przejazdowej co przekłada się na ograniczenie prędkości tramwaju. Dalej na ul. Wiosny Ludów, torowisko jest współdzielone z samochodami na długości ok. 340m.

Przy skrzyżowaniu z ul. Ratuszową znajduje się sygnalizacja świetlna, ale tylko na poprzecznym przejściu. Z uwagi na ograniczoną widoczność tramwaj zwalnia, pomimo że ma pierwszeństwo.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Dwór - Szopienice Kościół.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Wprowadzenie sygnalizacji przejazdowej przy rondzie Westerplatte-Wiosny Ludów. Rozbudowa sygnalizacji na skrzyżowaniu ulic Wiosny Ludów-Ratuszowa. Zgodnie z rozporządzeniem o znakach i sygnałach drogowych, sygnalizacją objąć wszystkie wloty skrzyżowania.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 495 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 17,9 s, dla kierunku 2: 22,5 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W17 Szopienice Dwór - Szopienice Morawa dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Skomplikowany układ rozjazdów za przystankiem „Szopienice Dwór”. Odnotowano w tym miejscu niestandardową sekwencję sygnałów dla tramwajów, przy jednoczesnym braku sygnalizatorów na wlotach dla samochodów.

Na wydzielonym torowisku, przed przystankiem Morawa blisko torowiska znajduje się zieleń, która ograniczana widoczność przy torach.

Ponadto odnotowano częstą konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrótnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji. Diagnoza i naprawa zwrótnicy

Szacowany koszt inwestycji wynosi 150 759,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 37,9 s, dla kierunku 2: 0 s.

- Wariant 3: Rozbudowa sygnalizacji na rozjeździe za przystankiem Szopienice Dwór. Sygnalizacją należy objąć wloty dla samochodów. Ponadto konieczne jest wprowadzenie efektywnego priorytetu dla tramwaju. Następnie zaleca się uporządkowanie zieleni przy torach w celu polepszenia widoczności.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 155 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 21,6 s, dla kierunku 2: 20,7 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W18 Szopienice Morawa - Szopienice Stawiki dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu Sosnowiecka - Morawa torowisko łączy się ponownie z jezdnią.

W tym miejscu odnotowuje się ograniczoną widoczność, przez co tramwaj, pomimo pierwszeństwa, przejeżdża przez skrzyżowanie z ograniczoną prędkością.

Na odcinku wspólnym, przy wzroście ruchu może dochodzić do ograniczania prędkości tramwaju.

W przypadku awarii samochodu, ruch tramwaju może zostać całkowicie zatrzymany.





Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Szopienice Morawa - Szopienice Stawiki.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej umożliwiającej wjechanie tramwaju na skrzyżowanie z większą prędkością. Ponadto zaleca się budowa zatok awaryjnych lub poszerzenie jezdni w celu wydzielenia torowiska.

Szacowany koszt inwestycji wynosi: 1 840 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 13,7 s, dla kierunku 2: 17,3 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W19 Szopienice Stawiki - Sosnowiec Brynica dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Za przystankiem „Szopienice Stawiki” rozpoczyna się droga dla rowerów, która biegnie bardzo blisko torowiska. Brakuje w tym miejscu dodatkowego zabezpieczenia w postaci barier ochronnych.

Z tego względu motorniczy może ograniczać prędkość tramwaju w przypadku gdy jedzie po niej rowerzysta.

Na odcinku od granicy Sosnowca do przystanku „Sosnowiec Brynica” znajduje się duża liczba przejść dla pieszych, ograniczających prędkość tramwaju.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Zastosowanie urządzeń bezpieczeństwa ruchu drogowego w postaci bariery separującej ruch rowerowy od tramwajowego. Ponadto zaleca się przeanalizowanie zasadności stosowania wszystkich przejść dla pieszych na wskazanym odcinku. Na części z nich rekomenduje się wprowadzenie sygnalizacji świetlnej.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 817 500,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 12,4 s, dla kierunku 2: 15,2 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W20 Sosnowiec Brynica - Sosnowiec Sobieskiego dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Torowisko współdzielone z samochodami. Pomędzy przystankami znajdują się dwa przejścia dla pieszych.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej na przejściach dla pieszych.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 680 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 11,0 s, dla kierunku 2: 20,0 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W21 Sosnowiec Sobieskiego - Sosnowiec Dworzec PKP dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Na skrzyżowaniu Sobieskiego - Piłsudskiego (wyposażonego w wyspę centralną) znajduje się sygnalizacja świetlna, która często wstrzymuje przejazd tramwaju po ruszeniu z przystanku..

Druga sygnalizacja znajduje się na skrzyżowaniu Piłsudskiego-3-go Maja.

Na badanym odcinku odnotowano również zły stan torowiska oraz konieczność ręcznej zmiany nastawy zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Naprawa zwrotnicy. Wprowadzenie priorytetów na sygnalizacji.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 150 759,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 14,1 s, dla kierunku 2: 12,5 s.

- Wariant 3: Naprawa torowiska

Szacowany koszt inwestycji wynosi: 2 100 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 18,1 s, dla kierunku 2: 38,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W22 Sosnowiec Dworzec PKP - Sosnowiec Estakada dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Na całym odcinku torowisko jest wydzielone z jezdni, dzięki czemu tramwaj porusza się relatywnie szybko. Jedyny punkt ograniczający prędkość tramwaju znajduje się tuż przed przystankiem - jest nim wjazd/zjazd na wyspę centralną skrzyżowania, na którym funkcjonuje ruch okrężny.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej - przejazdowej dla tramwajów przy przystanku „Sosnowiec Estakada”.

Szacowany koszt inwestycji wynosi: 170 000,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 18,9 s, dla kierunku 2: 17,1 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W23 Sosnowiec Estakada - Sielec Park dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Po ruszeniu z przystanku „Sosnowiec Estakada” tramwaj musi opuścić wyspę centralną skrzyżowania. Pomimo pierwszeństwa tramwaju, kierowcy na relacjach kolizyjnych często wymuszają je, ograniczając prędkość tramwaju i powodując niebezpieczne sytuacje.



Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Sosnowiec Estakada - Sielec Park.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej - przejazdowej dla tramwajów przy przystanku „Sosnowiec Estakada”.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 170 000,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 15,1 s, dla kierunku 2: 10,8 s.

Odcinek międzyprzystankowy:

W24 Sielec Park - Sielec Kąpielisko dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Torowisko jest wydzielone od ruchu transportu indywidualnego, co przekłada się na wysoką prędkość tramwaju. Jedyny zidentyfikowany problem dotyczy konieczności ręcznej zmiany nastawy zwrotnicy.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1:
- Wariant 2: Diagnoza i naprawa zwrotnicy.

Szacowany koszt inwestycji wynosi: 101 500,0 zł. Szacowane przyspieszenie tramwaju dla kierunku 1: 32,0 s, dla kierunku 2: 4,0 s.

- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W25 Sielec Kąpielisko - Sielec Osiedle Zamkowa dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Pomiędzy przystankami znajduje się nieosygnalizowane przejście i przejazd dla pojazdów.

Oba przystanki są zlokalizowane blisko siebie (ok. 350m). Zatrzymanie na dwóch przystankach generuje duże straty czasu.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Przeprowadzenie badań mających na celu skrócenie rozkładowego czasu przejazdu dla kierunku Sielec Kąpielisko - Sielec Osiedle Zamkowa.
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Budowa sygnalizacji świetlnej na przejściu i przejeździe. Rozważyć wyłączenie z użytkowania jednego z przystanków lub budowa jednego, w środku odcinka, w rejonie przejścia. Decyzja o zmianie lokalizacji przystanku powinna zostać poprzedzona badaniami dostępności transportowej oraz badaniami popytu i podaży na usługi przewozowe.

Szacowany koszt inwestycji wynosi 352 500,0 zł. Szacowane przyspieszenia tramwaju dla kierunku 1: 10,4 s, dla kierunku 2: 9,9 s.

Odcinek międzyprzystankowy:
W26 Sielec Osiedle Zamkowa - Śródula Osiedle dla linii **T15**

Zidentyfikowane problemy:

Brak uwag - torowisko wydzielone, tramwaj porusza się szybko.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:
W27 Śródula Osiedle - Zagórze Małe dla linii **T15**

Zidentyfikowane problemy:

Brak uwag - torowisko wydzielone, tramwaj porusza się szybko.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

Odcinek międzyprzystankowy:

W28 Zagórze Małe - Zagórze Pętla dla linii T15

Zidentyfikowane problemy:

Brak uwag - torowisko wydzielone, tramwaj porusza się szybko.

Sugerowane rozwiązania:

- Wariant 1: Brak
- Wariant 2: Brak
- Wariant 3: Brak

6.4. Podsumowanie i wnioski

Przeprowadzona analiza wykazała, że badane linie cechuje duży potencjał do poprawy. W Tab.28 oraz na Rys. 105, Rys. 106 przedstawiono zestawienie wyników końcowych dla wszystkich trzech analizowanych linii tramwajowych.

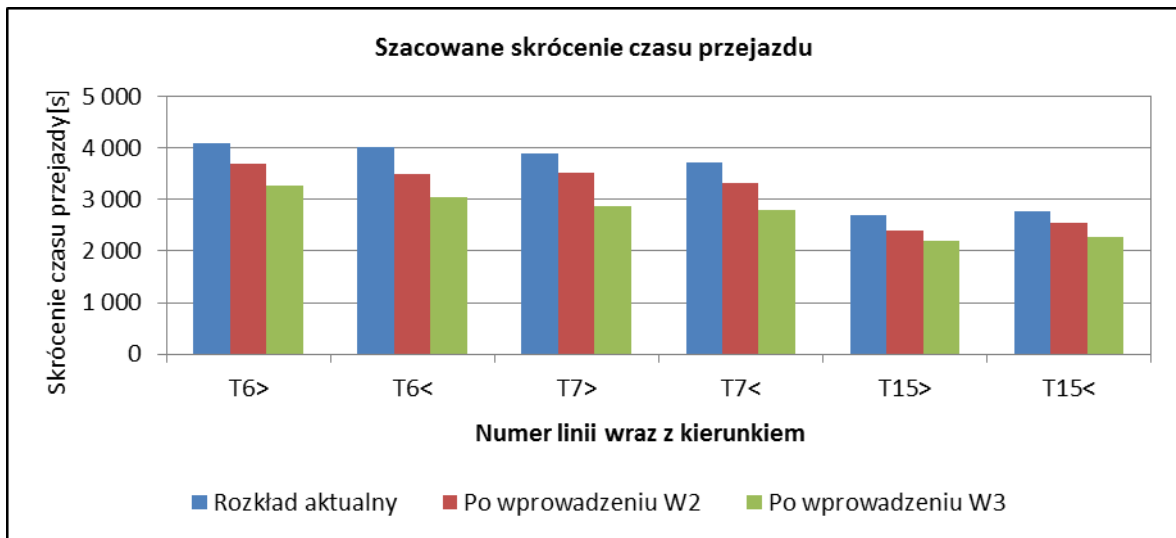
W przypadku linii **T6**, w zależności od kierunku jazdy, szacowane, całkowite zyski czasowe wynoszą 799 sekund (kierunek 1) i 965 sekund (kierunek 2). Stanowi to odpowiednio 22% i 27% całkowitego czasu jazdy tramwaju oraz 19% i 23% rozkładowego czasu przejazdu, który wynosi 4080s i 4020s (68 i 67 min). Warto zauważyć, że około połowa tych wartości to zyski czasowe, możliwe do osiągnięcia wyłącznie dzięki poprawie działania sygnalizacji świetlnej i naprawie wadliwych rozjazdów (wariant 2). Są one więc osiągalne stosunkowo niskim kosztem (1,69 mln. zł). Dalsze skrócenie czasów przejazdu wymaga zdecydowanie większych nakładów finansowych (36,22 mln zł), ponieważ za małą prędkość tramwaju na linii odpowiada głównie torowisko, które charakteryzuje się złym stanem technicznym. Na drodze tramwaju znajduje się również dużo punktów kolizji wynikających z obecności skrzyżowań, przejść dla pieszych oraz zjazdów. Dlatego w wariant 3 zaproponowano budowę wielu nowych sygnalizacji świetlnej, które potencjalnie ograniczą liczbę możliwych kolizji i umożliwią motorniczemu prowadzenie tramwaju z większą prędkością.

Prognozowane zyski czasowe dla linii **T7** wynoszą 1017s dla kierunku pierwszego i 935s dla drugiego. Stanowi to ok. 30% całkowitego czasu jazdy tramwaju oraz ok. 25% rozkładowego czasu przejazdu, który wynosi 3900s i 3720s (65 i 62 min). W przypadku linii T7, możliwe do osiągnięcia dzięki sygnalizacji i naprawie zwrotnic zyski czasowe (wariant 2) stanowią ok. 36 i 43% całości. Koszt wprowadzenia wariantu 2 oszacowano na 1,69 mln zł. Przyczyną pozostałych strat czasu na tej linii jest przede wszystkim konieczność współdzielenia torowiska z samochodami. Poprzez podkreślane często w analizie wydzielenie torowiska, należy rozumieć nie tylko usunięcie pojazdów z odcinków prostych torowiska, ale również ograniczenie punktów kolizji tramwaju z ruchem poprzecznym. Można to osiągnąć przez ograniczenie relacji skrętnych przecinających torowisko np. przez wprowadzenie zakazu skrętu w lewo z jezdni równoległej do torowiska lub wprowadzenie nakazu skrętu w prawo na wlotach poprzecznych. W miejscach, gdzie nie da się zlikwidować relacji kolizyjnej, rekomendowana jest budowa sygnalizacji, która może zapewnić tramwajowi bezkolizyjny przejazd.

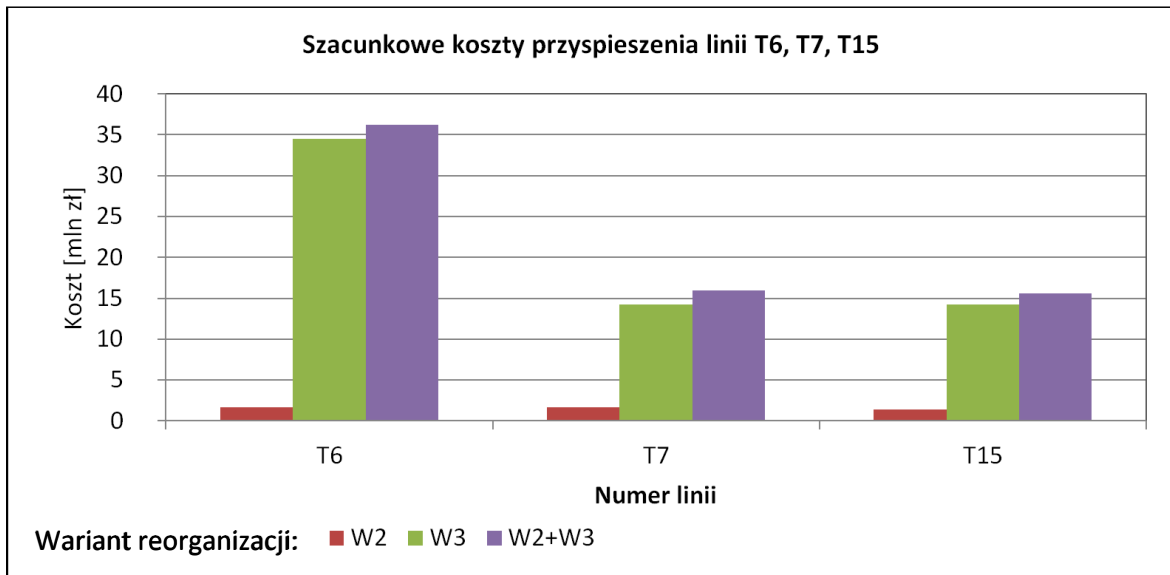
Trzeba również pamiętać, że po wydzieleniu torowiska należy zapewnić dla ruchu transportu indywidualnego pas o normatywnej szerokości. Z tego względu, na wielu odcinkach założono konieczność przebudowy jezdni, zakładającą najczęściej jej poszerzenie. Mając to na uwadze, koszty związane z wprowadzeniem wariantu 3 oszacowano na 15,96 mln zł.

Dla linii **T15** prognozowane zyski czasowe wynoszą 512s (kierunek 1) i 479s (kierunek 2), co stanowi odpowiednio 23% i 22% całkowitego czasu jazdy tramwaju oraz 19% i 17% rozkładowego czasu przejazdu, który wynosi 2700s i 2760s (45 i 46 min). Za dużą część strat czasu odpowiedzialne są sygnalizacje świetlne, zlokalizowane głównie na pierwszym odcinku trasy. Z przedstawionych szacunków wynika, że odpowiednie korekty programów oraz naprawa

zwrotnic (wariant 2) pozwolą zaoszczędzić około 298s dla kierunku pierwszego i 213s dla drugiego. W przypadku kierunku na Zagórze stanowi to aż 57% wszystkich możliwych zysków. W drugim kierunku, zysk czasowy jest nieco mniejszy i wynosi 44%. Szacowany koszt wprowadzenia wariantu 2 wynosi 1,4 mln zł. Pozostałe straty czasu dla linii T15 wynikają głównie ze złego stanu torowiska oraz konieczności jego współdzielenia z samochodami. Łączny koszt wdrożenia wariantu 3, gwarantującego osiągnięcie maksymalnych korzyści oszacowano na 15,62 mln zł.



Rys. 105. Skrócenie czasów przejazdu - podsumowanie



Rys. 106. Szacunkowe koszty przyspieszenia badanych linii - podsumowanie



Tab.28. Zestawienie wyników końcowych dla wszystkich linii

Linia	Kierunek	Wariant 1 - brak kosztów (wykonanie własne)		Wariant 2 - niskie nakłady (poprawa istniejącej infrastruktury w punktach trasy; zawiera zyski z wariantu 1)		Wariant 3 - wysokie nakłady (kończąca przebudowa całego odcinka, zawiera zyski z wariantu 1 i 2)		Podsumowanie											
		Podsumowanie war. 1		Podsumowanie war. 2		Podsumowanie war. 3		Koszt całkowity uwzględniający warianty 1, 2 i 3 [s]		Szacowane sumaryczne zyski czasowe, uwzględniające warianty 1, 2 i 3 [s]		Obecny czas przejazdu netto (bez przystanków) [s]		Rozkładowy czas przejazdu* [s]		Czas przejazdu po wprowadzeniu wariantu 2 [s]		Czas przejazdu po wprowadzeniu wariantu 3 [s]	
T6	T6>	0 zł		395		404		36 222 234 zł		799		3 425		4 080		3 685		3 281	
	T6<			520		445		34 535 500 zł		965		3 480		4 020		3 500		3 055	
T7	T7>	0 zł		388		629		15 964 680 zł		1 017		3 262		3 900		3 512		2 883	
	T7<			400		536		14 269 000 zł		935		3 117		3 720		3 320		2 785	
T15	T15>	0 zł		298		213		15 616 626,0 zł		512		2 201		2 700		2 402		2 188	
	T15<			213		266		14 216 500 zł		479		2 199		2 760		2 547		2 281	

Należy zauważyć, że niezależnie od numeru linii, wdrożenie wariantu 3 pozwoli również na znaczne poprawienie poziomu bezpieczeństwa uczestników ruchu, w tym pasażerów publicznego transportu zbiorowego. Na obecnie funkcjonujących trasach występuje wysoka intensyfikacja punktów kolizji, które najczęściej znajdują się na skrzyżowaniach i zjazdach. Bardzo liczną grupę stanowią pod tym względem również długie, niewyposażone w sygnalizację świetlną przejścia dla pieszych. Przecinają one często dwie szerokie jezdnie przeznaczone dla ruchu samochodów oraz dwukierunkowe torowisko. Dodatkowo, wiele tego typu przejść rozmieszczono bardzo blisko siebie. Zmiana organizacji ruchu, proponowana w ramach wykonania wariantu 3, przyczyni się nie tylko do poprawy prędkości przejazdu, ale zwiększy znacznie bezpieczeństwo pieszych, których zaliczyć można w dużej mierze do grupy użytkowników komunikacji zbiorowej.

Przedstawione w tym rozdziale wartości zysków czasowych dla wariantu W2 oszacowano na podstawie analizy statystycznej strat czasu uzyskanych w wyniku pomiarów własnych oraz na bazie prędkości rozwijanych przez tramwaje pozyskanych z hurtowni danych ŚKUP. Część z nich została zweryfikowana badaniami symulacyjnymi, które wykazały duży potencjał do poprawy działania sygnalizacji świetlnej. Największe możliwości poprawy odnotowano na skrzyżowaniach, na których tramwaj porusza się równolegle do samochodowego kierunku głównego. W takich przypadkach znaczne ograniczenie strat czasu tramwajów nie przyczynia się do generowania dużych strat dla pozostałych uczestników ruchu. Na skrzyżowaniach, na których tramwaj porusza się w poprzek kierunku głównego, wprowadzenie wysokiego poziomu priorytetu generuje relatywnie wyższe straty dla transportu indywidualnego. W żadnym z analizowanych przypadków zastosowania mechanizmów uprzywilejowania tramwajów, nie stwierdzono symptomów kongestii transportowej w formie dążącej do paraliżu komunikacyjnego.

Ponadto uwadze należy poddać fakt, że wraz z samochodami, po drogach poruszają się również autobusy stanowiące ważne ogniwo łańcucha komunikacji publicznej. W kilku przypadkach odnotowano niewielki wzrost strat czasu dla tego rodzaju komunikacji. Dlatego podczas kształtowania polityki transportowej należy podejmować szeroko zakrojone działania prowadzące do uprzywilejowania transportu zbiorowego. Poza priorytetami dla tramwajów, warto przeanalizować możliwość wprowadzania buspasów, a także ułatwić pieszym przechodzenie przez jezdnię poprzez wydłużenie sygnału zielonego i jego automatyczne załączanie. Tylko kompleksowe podejście do uprzywilejowania komunikacji zbiorowej pozwoli osiągnąć maksymalne efekty, widoczne w zmianie przyzwyczajeń transportowych mieszkańców Metropolii.

W ramach niniejszego opracowania wykazano również, jak niezwykle ważną rolę w projektach i koncepcjach infrastrukturalnych pełnią badania symulacyjne oraz prognozy ruchu. Powinny one stanowić nieodzowny element procesu opracowywania programów sygnalizacji, szczególnie akomodacyjnych. Dzięki nim istnieje możliwość przygotowania efektywnego programu i jego sprawdzenia w warunkach bliskich rzeczywistości. Podmioty zarządzające ruchem czy drogą mogą więc korzystać z narzędzi analitycznych, które pozwalają potwierdzić z dużym stopniem prawdopodobieństwa, czy wdrażane rozwiązanie będzie działać efektywnie. Biorąc pod uwagę niski koszt tego typu badania w stosunku do wdrożenia całej potencjalnej inwestycji zaleca się, aby w przyszłości symulacje stanowiły jeden z etapów drogowych prac projektowych prowadzonych na terenie Metropolii.

Podkłady mapowe