

## TOROWISKO TRAMWAJOWE W PRZEKROJU ULICY DWUJEZDNIOWEJ<sup>1</sup>

---

### Jacek Makuch

dr inż., Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii  
Lądowej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego,  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.:  
71 320 3936, jacek.makuch@pwr.wroc.pl

---

### Adam Popiołek

mgr inż., Politechnika Wroclawska, Instytut Inżynierii  
Lądowej, Zakład Infrastruktury Transportu Szynowego,  
Wybrzeże Wyspiańskiego 27, 50-370 Wrocław, tel.:  
71 320 4899, adam.popiolek@pwr.wroc.pl

---

*Streszczenie: W artykule poddano dyskusji dwa możliwe sposoby poprowadzenia torowiska tramwajowego w przekroju ulicy dwujezdniowej: w osi albo z boku. Porównano zalety i wady obu rozważanych rozwiązań. Przeanalizowano przypadek częściowo zrealizowanej trasy tramwajowej wzdłuż ulic Długiej, Popowickiej i Pilczyckiej we Wrocławiu. Propozycje biura projektów i inwestora skonfrontowano z rozwiązaniem przedstawionym w studenckiej pracy dyplomowej. W podsumowaniu zawarto wnioski z przeprowadzonych analiz.*

*Słowa kluczowe: miejski transport zbiorowy, pasy autobusowo-tramwajowe.*

### 1. Wstęp

W polityce transportowej Wrocławia z roku 1999 zaplanowane zostało wybudowanie nowych linii tramwajowych do osiedli Gaj, Kozanów i Nowy Dwór. Co najmniej jedna z tych tras miała powstać do 2003 roku. Niestety tak się nie stało.

Dopiero w 2006 roku władze Wrocławia zleciły jednostce projektowej wybranej w ramach przetargu wykonanie koncepcji nowej trasy tramwajowej do Kozanowa wzdłuż ulic Długiej, Starogrobłowej, Popowickiej i Pilczyckiej.

Jedynie pierwszy odcinek planowanej trasy od skrzyżowania ul. Jagiełły i Dmowskiego do wiaduktu linii kolejowej w kierunku Warszawy posiadał przekrój pozwalający na umiejscowienie dwutorowej linii tramwajowej: dwie jezdnie w przeciwnych kierunkach (każda po dwa pasy ruchu) z szerokim pasem rozdziału. Odcinek drugi: obejmujący ostatnie 500 metrów ul. Długiej, ul. Starogrobłą i Popowicką posiadał przekrój jednojezdniowy z czterema pasami ruchu (po 2 pasy w przeciwnych kierunkach) i nie zapewniał w przekroju poprzecznym przestrzeni pod planowaną dwutorową linię tramwajową. Podobnie odcinek ostatni obejmujący ul. Pilczycką z jedną jezdnią posiadającą po jednym pasie ruchu w każdym kierunku, choć w ramach budowy linii tramwajowej zakładane było rozbudowanie przekroju do łącznie czterech pasów ruchu, po dwa w każdym z przeciwnych kierunków.

---

<sup>1</sup> Wkład autorów w publikację: Makuch J.: 40%, Popiołek A.: 60%.

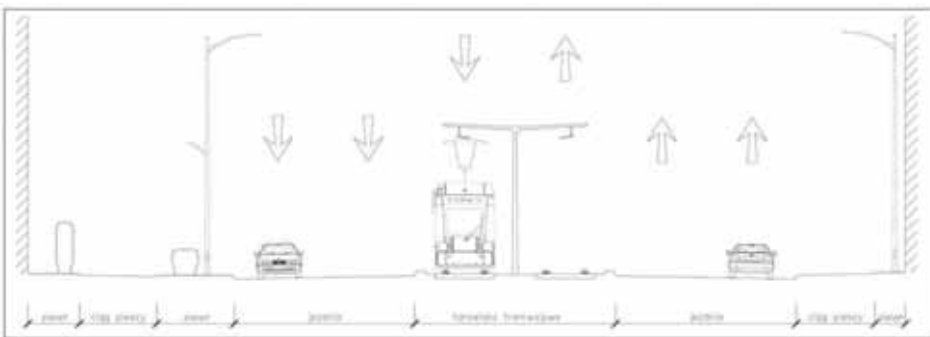
W przypadku odcinka drugiego i trzeciego pojawił się dylemat - jak najkorzystniej umiejscowić torowisko tramwajowe w przekroju dwujezdniowej ulicy: pomiędzy jezdniami prowadzącymi ruch kołowy w przeciwnych kierunkach, czy z boku ulicy? Niniejszy artykuł jest próbą odpowiedzi na to pytanie.

W 2010 roku, kiedy okazało się, że Polska będzie organizatorem EURO 2012 i za Kozanowem powstanie nowy stadion piłkarski do obsługi mistrzostw, plany inwestycyjne zostały zmodyfikowane: nową trasę tramwajową do Kozanowa w stosunku do pierwotnych planów postanowiono skrócić i poprowadzić od skrzyżowania ul. Legnickiej z Milenijną, za to przedłużyć ją poza Kozanów do nowego Stadionu Miejskiego przy ul. Śląskiej. Trasa ta została wybudowana i oddana do eksploatacji wiosną 2012 roku.

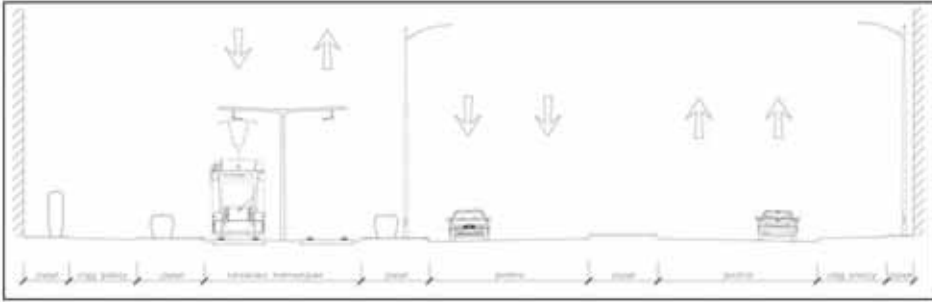
Jednakże obecną sytuację trudno uznać za docelową. Obie trasy tramwajowe zachodniego Wrocławia: stara do Pilczyc i Leśnicy oraz nowa do Kozanowa i Stadionu Miejskiego przebiegają jednym korytarzem ulicy Legnickiej i wystarczy wypadek albo remont, aby sparaliżować dojazd do tej części miasta. Niewybudowany odcinek linii tramwajowej wzdłuż ul. Długiej i Popowickiej czeka więc w przyszłości na realizację. Zagadnienie to stało się tematem pracy dyplomowej magisterskiej jednego z autorów niniejszego referatu [1].

## 2. Porównanie analizowanych rozwiązań

Wybór położenia torowiska w stosunku do pozostałych elementów ulicy, w szczególności w stosunku do jezdni, jest jedną z podstawowych decyzji w procesie projektowania linii tramwajowej. W przypadku ulic dwujezdniowych należy wybrać, czy tory prowadzić będą między jezdniami, czy z boku. Oba rozwiązania posiadają szereg zalet i wad.



Rys. 1. Schemat przekroju poprzecznego ulicy z torowiskiem tramwajowym między jezdniami



Rys. 2. Schemat przekroju poprzecznego ulicy z torowiskiem tramwajowym obok jezdni

Jedną z grup cech analizowanych rozwiązań, według których można je porównywać, są warunki ruchu. Klasyczne rozwiązanie z torowiskiem tramwajowym w osi ulicy, dzięki wysokiemu poziomowi separacji od innych uczestników ruchu drogowego, ma w założeniu zapewniać duże prędkości jazdy tramwajów, a przez to atrakcyjne z punktu widzenia pasażera czasy przejazdu. Warunki te są spełnione dla odcinków ulic o podwyższonych parametrach ruchu pojazdów samochodowych, które wchodzi w skład układu podstawowego miejskiej sieci drogowej. W punktach węzłowych rozpatrywanego odcinka znajdują się wtedy węzły drogowe lub ulice poprzeczne włączone są poprzez prawoskręty (dotyczy to np. włączeń ulic układu obsługującego obszar przyległy do trasy komunikacyjnej, w przypadku terenów mieszkaniowych tzw. „ulic osiedlowych”). Sytuacją typową jest jednak występowanie na opisywanych ciągach komunikacyjnych silnie obciążonych skrzyżowań z dużą liczbą relacji skrętnych sterowanych sygnalizacją świetlną (dotyczy to również węzłów drogowych grupy B, w których torowiska tramwajowe prowadzone są zwykle na poziomie kolizyjnym). Powoduje to znaczące pogorszenie warunków ruchu tramwajów, w tym blokowanie relacji tramwajowych na wprost przez relacje skrętne przy braku preselekcji (rozdzielenia przed skrzyżowaniem strumieni ruchu tramwajów jadących na wprost i skręcających w postaci rozplotu torów). Łatwe jest natomiast wkomponowanie do programu sygnalizacji świetlnej strumieni tramwajowych: tramwaje jadące przez skrzyżowanie na wprost poruszają się razem ze strumieniami ruchu ogólnego na wprost oraz skręcającymi w prawo, a tramwaje skręcające - z samochodami na wydzielonych lewoskrętach. Sposobem na poprawę warunków ruchu tramwajów w opisywanej sytuacji jest priorytetowanie ich za pomocą punktowej sygnalizacji akomodacyjnej lub inteligentnych systemów sterowania ruchem. Wyposażone w ten sposób trasy tramwajowe określane są często mianem „tramwaju szybkiego”, jednak z powodu ich coraz większej popularności, konieczności stosowania ze względu na coraz bardziej uciążliwy wpływ ruchu drogowego na warunki ruchu komunikacji zbiorowej oraz obejmowanie nierzadko całych (szczególnie mniejszych) sieci, można uznać je za typowe wyposażenie współczesnych systemów tramwaju klasycznego. Warto jednak zwrócić uwagę, że na silnie obciążonych skrzyżowaniach (np. w miejscach przecięcia drogowych tras promienistych z obwodnicami), systemy te dopuszczają zwiększone straty czasu, przez co stają się mniej skuteczne.

Jeśli skrzyżowania mają nieregularny kształt lub są nierównomiernie obciążone, zarówno od strony ruchu samochodowego, jak i tramwajowego, mogą ujawnić się korzyści ruchowe wynikające z lokalizacji torowiska tramwajowego z boku ulicy. Będą one dotyczyć przede wszystkim sytuacji ruchowej na relacjach skrajnych. Jeśli węzeł torowy jest trójwlotowy lub niesymetryczny w ten sposób, że relacje skrajne znajdują się po jednej stronie w stosunku do dużego strumienia ruchu ogólnego, to zlokalizowanie ich w sposób bezkolizyjny może mieć niebagatelne znaczenie dla przepustowości torowisk. Uzyskuje się bowiem stosunkowo długi czas, w którym tramwajowe relacje skrajne mogą otrzymać pozwolenie na ruch (czas trwania sygnału zezwalającego dla strumienia samochodowego na wprost oraz dla relacji lewo-skrajnych). Znika wtedy także problem blokowania tramwajów jadących na wprost przez skrajające. Kolizje pomiędzy relacjami tramwajowymi mogą być zabezpieczone za pomocą sygnalizacji wzbudzonej kierunek słabiej obciążony. Z położenia torowiska z boku ulicy dla strumienia tramwajowych pokrywających się z największymi strumieniami ogólnymi można natomiast uzyskać korzyści wtedy, gdy część relacji na skrzyżowaniu jest niedostępna (lub przebiegają one w sposób bezkolizyjny w innym poziomie). Skrajnym przypadkiem jest tu skrzyżowanie trójwlotowe (z punktu widzenia układu drogowego). W kwestiach ruchowych lokalizacja torowiska z boku ulicy ma także znaczenie, gdy mamy do czynienia z wjazdami na pętle i krańcówki pośrednie, do zajezdni, gdy istnieje możliwość zlokalizowania węzła torowego w całości poza skrzyżowaniem lub trasa tramwajowa odgałęzia się w głąb przyległego obszaru w celu jego obsługi od środka.

Omawiany sposób analizy warunków ruchu tramwajów w węzłach sieci drogowej oraz torowej warto odnosić do serii następujących po sobie skrzyżowań na rozpatrywanym odcinku ulicy. Należy jednak zwrócić uwagę, że kierowanie się w wyborze położenia torowiska w stosunku do jezdni jedynie kryterium ruchowym, może spowodować pogorszenie dostępności do przystanków w stosunku do lokalizacji w środku, a nawet po przeciwnej stronie ulicy. Wszystkie te kryteria należy więc rozpatrywać razem. Zalety torowisk położonych z boku ulicy widoczne są bowiem szczególnie, gdy obsługiwany przez komunikację tramwajową rejon ciężenia znajduje się w całości lub dużej części po jednej stronie trasy komunikacyjnej. Często dzieje się tak w przypadku osiedli mieszkaniowych skomunikowanych z układem transportowym miasta za pomocą lokalnych obwodnic, obszarów położonych w sąsiedztwie parków, rzek, zbiorników wodnych, terenów przemysłowych itp. Poza skróceniem drogi dojazdu do przystanków (m.in. przez nieskrępowany dostęp na całej ich długości), uzyskuje się także duży poziom bezpieczeństwa pasażerów pomiędzy przystankiem a celem podróży, z uwagi na to, że wnętrza struktur przestrzennych, w szczególności osiedli mieszkaniowych, stanowią zwykle strefy ruchu uspokojonego. Warto zaznaczyć, że w omawianych przypadkach może wystąpić duża liczba przecięć torowiska z lokalnymi ulicami dojazdowymi. W przypadku decyzji o zabezpieczeniu ich sygnalizacją świetlną należy pamiętać o zapewnieniu tramwajom wysokiego poziomu priorytetu w ruchu. Rozwiązaniem korzystnym może być chwilowe zamykanie ruchu samochodowego w poprzek torowiska (normalnie odbywającego się na zasadach ogólnych) za pomocą sygnalizacji wzbudzonej.

Zalety przystanków zlokalizowanych z boku ulicy uwidaczniają się także, gdy mamy do czynienia z punktowymi generatorami dużego ruchu pieszych w kierunku komunikacji zbiorowej. Są to między innymi rejony hal sportowych i stadionów, centrów handlowych, zgrupowania dużej liczby budynków użyteczności publicznej (urzędy, kampusy uczelniane), poniekąd także miejskie place i duże strefy piesze. Szczególnym przypadkiem są dworce kolejowe i autobusowe oraz przystanki kolejowe, w tym kolei miejskich, gdzie często nie występują dworce i place przeddworcowe, a dojścia z peronów kolejowych prowadzą wprost na perony dla komunikacji miejskiej. Powyższe zalety można także odnieść częściowo do węzłów przystankowych w obrębie skrzyżowań, w których występuje duża liczba przesiadek. Gdy przystanki występują w układzie mieszanym na dwóch wlotach skrzyżowania, a jedna z przecinających się tras biegnie z boku ulicy po stronie przyległej do przystanków na wlocie poprzecznym, to uzyskujemy poprawę komfortu i bezpieczeństwa przesiadania z powodu braku konieczności przekraczania przez pasażerów jednej z jezdni. Przykładem takiego rozwiązania jest węzeł przystankowy położony na Pirnaischer Platz w Dreźnie (rys. 3). W sytuacji, gdyby istniała możliwość zlokalizowania torowisk obu przecinających się tras tramwajowych z boku ulic, można doprowadzić do ukształtowania węzła przesiadkowego całkowicie bezkolizyjnego z ruchem samochodowym z punktu widzenia pieszych. Rozwiązaniem pokrewnym jest sytuacja, gdy torowisko tramwajowe na jednym z wlotów skrzyżowania znajduje się w strefie pieszej (jak na węźle tramwajowym przy dworcu głównym w Dreźnie).



Rys. 3. Schemat urządzenia Pirnaischer Platz w Dreźnie pod kątem komunikacji zbiorowej. Warto zwrócić uwagę, że w miejscu tym między 2006 a 2011 rokiem zlikwidowano przejścia podziemne na rzecz przejść w poziomie terenu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie zdjęć satelitarnych Google Earth



Kolejną z własności porównywanych rozwiązań, które należy wziąć pod uwagę przy decyzji o lokalizacji torowiska w przekroju ulicy, jest wielkość koniecznej ingerencji w istniejącą infrastrukturę, a co za tym idzie, koszty budowy. Na korzyść rozwiązania z torowiskiem w osi ulicy działa fakt, że wiele ulic prowadzących m.in. w kierunku gęsto zaludnionych osiedli mieszkaniowych, pochodzących z czasów rozkwitu urbanistyki modernistycznej, posiada szerokie pasy rozdziału. Część z nich jest nawet celowo pozostawioną dla torowiska tramwajowego rezerwą terenu z czasu, kiedy rozwój transportu miejskiego nie nadążał za rozwojem zabudowy. Z drugiej jednak strony mamy do czynienia z sytuacją zbyt wąskich pasów rozdziału, kiedy rozwiązaniem tańszym jest budowa torowiska z boku ulicy. W tym miejscu warto również zwrócić uwagę na stosunkowo nowe zjawisko związane z fizycznym wydzielaniem torowisk tramwajowych znajdujących się dotychczas w jezdni. W przypadku, gdy mamy do czynienia z wydzieleniem torowiska znajdującego się w osi ulicy, powstają dwie jezdnie, czasami nawet o przekroju jednopasowym. W ten sposób tworzy się także nowe trasy tramwajowe w obszarach gęstej zabudowy, w których poszerzenie ulic jest niemożliwe lub niepożądane. We wszystkich przypadkach może okazać się, że wybór lokalizacji torowiska w osi jezdni nie będzie wymagał przebudowy niektórych elementów wyposażenia ulicy, np. kanalizacji deszczowej, oświetlenia, chodników, co byłoby konieczne dla radykalnej zmiany przekroju poprzecznego dla torowiska z boku. Kryterium o dwojakim charakterze może być także fakt, że w przypadku ulic, gdzie nie ma miejsca na wydzielenie wysepek przystankowych w środku ulicy, trzeba projektować inne rozwiązania, często mniej komfortowe dla pasażerów. Warto jednak zaznaczyć, że stosowanie antyzatok i przystanków wiedeńskich oraz ich pochodnych oznacza wprowadzenie do przestrzeni ulicznej skutecznych środków uspokojenia ruchu.

Następną grupą cech charakterystycznych dla analizowanych rozwiązań jest ich lokalizacja w przestrzeni, ich wpływ na tą przestrzeń oraz sposób zagospodarowania najbliższego otoczenia. Warto zwrócić uwagę na fakt, że ulice dwujezdniowe, z uwagi na to, że prowadzą duży ruch, są źródłem uciążliwości związanych z hałasem i wibracjami. W związku z tym prowadzone są często obrzeżami struktur funkcjonalno-przestrzennych, co jest widoczne szczególnie w przypadku osiedli mieszkaniowych. Umieszczenie torowiska tramwajowego w osi ulicy powoduje lepsze tłumienie pochodzących od niego hałasu i wibracji. Obecnie można jednak stwierdzić, że zdecydowana większość uciążliwości od tras prowadzących mieszany ruch samochodowo-tramwajowy pochodzi od tych pierwszych. Nowoczesna linia tramwajowa, posiadająca położone pomiędzy jezdnią a zabudową, wytłumione za pomocą szeregu sposobów torowisko, po którym poruszają się ciche wagony, może stanowić dodatkową barierę oddzielającą intensywny ruch od budynków. Z drugiej jednak strony odpowiednio urządzone torowisko (np. zatrawione) może mieć pozytywny wpływ na estetykę szerokiej ulicy i przynajmniej wizualnie redukować efekt bariery przestrzennej. Zagospodarowuje także pas rozdziału, który w innym przypadku byłby przestrzenią niewykorzystaną.

Pomijając wspomniany wyżej fakt, że ulice wielojezdniowe znajdują się na obrzeżach struktur urbanistycznych, co w naturalny sposób pogarsza dostępność

zlokalizowanych na nich przystanków komunikacji miejskiej, warto wspomnieć, że trasy linii tramwajowych prowadzonych wzdłuż ulic o wysokich parametrach ruchowych, przejmują zwykle ich parametry geometryczne w planie, co pozwala na rozwijanie dużych prędkości technicznych. Wiąże się z tym jednak pewne zagrożenie, na które bardziej podatne są torowiska zlokalizowane między jezdniami. Naturalną formą przystanków są bowiem w takiej sytuacji perony na wysepkach, które wymuszają zarezerwowanie dodatkowej szerokości pasa rozdziału. Gdy mamy do czynienia z przystankami w obrębie skrzyżowania zlokalizowanymi na jego wlotach oraz dodatkowo pojawiają się wydzielone pasy do skrętu w lewo, torowiska tramwajowe są często na długości peronów przesuwane poprzecznie w stosunku do osi ulicy, co powoduje powstanie przed skrzyżowaniem oraz w jego środku układów łuków odwrotnych. Ze względu na zazwyczaj niskie parametry geometryczne, powodują konieczność przejazdu ze zmniejszoną prędkością oraz pogorszenie komfortu jazdy (warto zwrócić uwagę, że rejon przystanków jest miejscem, w którym duża liczba pasażerów w pojeździe stoi, przemieszcza się w kierunku drzwi lub siedzeń, kasowników, itp). Opisane wyżej zjawiska występują w mniejszym stopniu w przypadku przystanków na wysepkach położonych na wlotach skrzyżowania (poszerzenie pasa drogowego z jednej strony wykorzystywane jest przez peron, a z drugiej przez wydzielony pas do skrętu w lewo).

Zaletą torowisk tramwajowych położonych między jezdniami jest wyższy (łatwiejszy do uzyskania) stopień separacji od osób postronnych, w szczególności niechronionych uczestników ruchu drogowego (pieszych i rowerzystów) w miejscach niedozwolonych (niebezpiecznych), czyli w praktyce poza przejściami i przejazdami. Z drugiej jednak strony oznacza to utrudniony dostęp do przystanków. Na ruchliwych trasach komunikacyjnych istnieje konieczność zabezpieczenia dojść do peronów, co oznacza konieczność poniesienia znacznych kosztów na budowę i utrzymanie urządzeń: sygnalizacji świetlnej, kładek, tuneli. Dojścia w różnych poziomach wymagają specjalnego zadbania o możliwość korzystania z nich przez osoby z ograniczoną mobilnością. Koszty urządzeń oraz troska o warunki ruchu ogólnego powodują, że w zdecydowanej większości przypadków, dojście do wysepek przystankowych jest tylko z jednej strony. Skłania to do wzrostu liczby zachowań niebezpiecznych przy przekraczaniu przez pieszych jezdni w okolicach przystanków. Rozwiązaniem tego problemu może być wykonywanie dojść obustronnych lub w środku długich przystanków (np. podwójnych). Jedną z zalet torowisk w osiach ulic jest także nieskrępowany dostęp z krawędzi jezdni do istniejącej zabudowy (parkowanie pojazdów, zaopatrzenie). Praktycznie nie istnieje także ryzyko zablokowania torowiska przez nieprawidłowo zaparkowane samochody. Jeśli chodzi o dostęp do torowisk pojazdów innych niż tramwaje, to w przypadku wspólnych pasów autobusowo-tramwajowych, łatwiejszy wjazd i wyjazd zapewniają torowiska pomiędzy jezdniami (nawet na bardzo krótki odcinek, np. tylko na długości przystanku).

Na budowanych wspólnie trasach tramwajowych występują często oba opisane sposoby prowadzenia torowisk w stosunku do jezdni. Na etapie projektowania należy zwrócić szczególną uwagę na sposoby projektowania miejsc przejścia

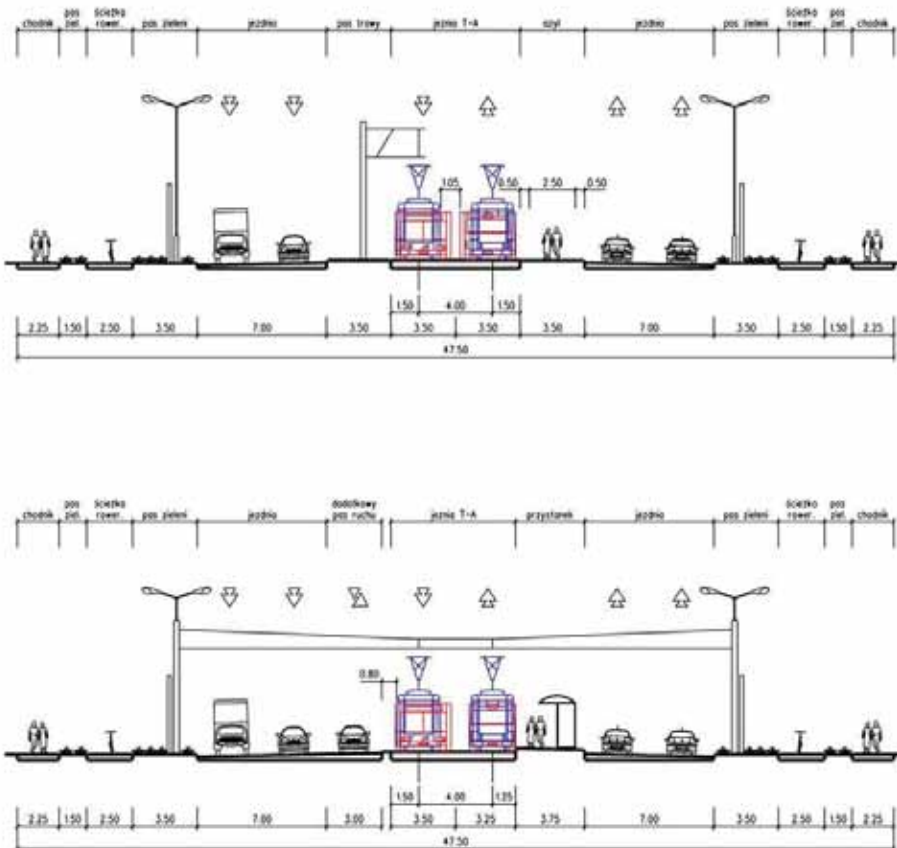
z jednego typu przekroju do drugiego, ponieważ są to miejsca, w których mogą występować straty czasu. Dotyczy to w szczególności skrzyżowań, gdzie istnieje konieczność wprowadzenia dodatkowej fazy w programie sygnalizacji, kolizyjnej z większością pozostałych. Na odcinkach między skrzyżowaniami można tego dokonać w sposób bezkolizyjny (dwupoziomowo) lub w jednym poziomie z zabezpieczeniem sygnalizacją lub bez. Przejazd taki może mieć charakter podobny do przejazdu kolejowego, gdy zabezpieczony jest sygnalizacją wzbudzaną.

### 3. Przypadek trasy tramwajowej Długa-Popowicka-Pilczycka we Wrocławiu

#### 3.1. Rozwiązanie zaproponowane przez projektantów {2}

W korytarzu ulic Długa-Popowicka-Pilczycka obsługa komunikacją zbiorową przed wybudowaniem linii tramwajowej opierała się wyłącznie na autobusach.

#### PRZEKRÓJ TYPOWY TRASY GŁÓWNEJ NA ODCINKU: UL. JACIELŁY - UL. GWARECKA



Rys. 4. Przekrój poprzeczny rozwiązania zaproponowanego przez projektantów



Założono, że po powstaniu trasy tramwajowej przejmie ona część obsługi autobusowej (np. 60 %) oraz, że komunikacja autobusowa również zostanie obniżona do porównywalnego poziomu. Sumarycznie nastąpi więc poprawa oferty komunikacją zbiorową (do poziomu 120 %), ale pod warunkiem że tramwaje będą odjeżdżać z tych samych przystanków co autobusy. W przeciwnym razie wybudowanie linii tramwajowej paradoksalnie zamiast polepszyć, pogorszyłoby obsługę komunikacją zbiorową, gdyż oferta obsługi w postaci częstotliwości odjazdów na osobnych przystankach tramwajowych i autobusowych byłaby gorsza niż przed inwestycją.

Aby uniknąć tego paradoksu założono na całej długości projektowanej linii tramwajowej wspólne pasy oraz przystanki tramwajowo-autobusowe (PAT).

Ze względu na łatwiejszy wjazd i wyjazd autobusów z PAT w przypadku torowiska umieszczonego w osi ulicy (pomiędzy jezdniami dla ruchu kołowego w przeciwnych kierunkach) zdecydowano się na właśnie takie umiejscowienie nowej linii tramwajowej w przekroju ulicy (rys. 4) na całej długości rozważanego korytarza.

### *3.2. Rozwiązanie wybrane przez inwestora*

Inwestor wybrał i podał do publicznej wiadomości (w postaci wizualizacji) koncepcję, w której torowisko tramwajowe znajduje się częściowo w środku, a częściowo z boku ulicy, po jej północnej stronie. Torowisko między jezdniami miałyby znaleźć się na odcinku ulic Dmowskiego i Długiej - tam, gdzie występuje szeroki pas rozdziału stanowiący celową rezerwę dla linii tramwajowej z czasów rozbudowy ulicy. Warto jednak zwrócić uwagę, że pomimo pozostawienia wolnego pasa terenu dla dwutorowej linii tramwajowej, w trakcie eksploatacji ulicy nastąpiło dobudowanie dodatkowych pasów do skrzyżowania w lewo, które znalazły się w jej obrębie. Ważnym powodem, dla którego położenie torowiska tramwajowego w osi ulicy na początkowym odcinku nowej trasy jest optymalne, jest w pełni wykształcony węzeł torowy na skrzyżowaniu ulic Dmowskiego-Jagielli, wprowadzający torowisko w pas rozdziału, oraz istniejący gotowy do przyjęcia torowiska most. Przejście z położenia w osi na bok ulicy miałyby następować na długości ulicy Starogroblowej po to, aby na pozostałym odcinku trasy torowisko znalazło się po północnej stronie ulic Popowickiej i Pilczyckiej.



Rys. 5. Wizualizacja planowanej trasy według koncepcji inwestora - odcinek z torowiskiem między jezdniami na ulicy i moście Dmowskiego {3}

Jak już zostało wspomniane, przed Euro 2012 wybudowano ostatni odcinek trasy tramwajowej wzdłuż ulicy Pilczyckiej. Jego położenie, z powodu zasadniczo jednostronnego zagospodarowania otoczenia (wielkopłytkowe osiedle mieszkaniowe Kozanów), można uznać za korzystne. Problemem jest jednak porzucenie realizacji widniejącej w koncepcji z 2006 roku gałęzi wzdłuż ulicy Kozanowskiej, co spowodowało, że północne krańce zabudowy położonej pomiędzy ulicami Kozanowską a Pilczycką leżą poza obszarem ciążenia przystanków tramwajowych. W świetle obecnie widocznych w Europie i na świecie trendów w budowie nowych tras tramwajowych, należałoby także zrewidować koncepcję rozgałęziania linii na ich końcowych odcinkach na rzecz prowadzenia ich centralnie przez obszary zabudowane. Działanie takie może zasadniczo poprawić ofertę komunikacyjną poprzez zwiększenie częstotliwości kursowania. Może mieć także szereg innych korzystnych wpływów natury urbanistycznej.

Na środkowym odcinku przedmiotowej trasy, koncepcja inwestora przewiduje prowadzenie torowiska po północnej stronie ulicy Popowickiej. Charakteryzuje się ona bardzo małą liczbą przecięć z ulicami poprzecznymi, co sugeruje możliwość istnienia bardzo dobrych warunków ruchu tramwajów. Mała liczba ulicy poprzecznych wynika jednak z faktu, że prawie cała zabudowa otoczenia ulicy znajduje się po jej południowej stronie. Wynika z tego, że dostęp do przystanków tramwajowych byłby bardzo utrudniony z powodu oddzielenia ich od osiedla szeroką, dwujezdniową ulicą. Warto również zwrócić uwagę na fakt, że już w chwili obecnej występuje na ulicy Popowickiej nasilający się problem z bezpieczeństwem pieszych. Ulica ma obecnie przekrój 1x4 z wąskim pasem rozdziału utworzonym za pomocą oznakowania poziomego, ponadto inwestor nie przewidział na żadnym odcinku przedmiotowej trasy budowy pasów autobusowo-tramwajowych.



Rys. 6. Wizualizacja planowanej trasy według koncepcji inwestora - odcinek z torowiskiem z boku ulicy Popowickiej {3}

Istotnym faktem w kwestii budowy linii tramwajowej na środkowym odcinku jest istnienie dwóch wiaduktów kolejowych, bez przebudowy, których umieszczenie w przekroju ulicznym torowiska tramwajowego jest niemożliwe. Oba z nich wymagają całkowitej przebudowy. Przy wiadukcie zlokalizowanym na ulicy Popowickiej znajduje się przystanek kolejowy, który z uwagi na kształt układu torowego stacji Wrocław Popowice, położony jest po północnej stronie ulicy. Lokalizacja torowiska tramwajowego według koncepcji inwestora umożliwiłaby więc stworzenie bezpośredniego dojazdu z peronu kolejowego na perony tramwajowe. Przebudowa wiaduktu jest realizowana obecnie według tej koncepcji w ramach modernizacji dolnośląskiego odcinka magistrali kolejowej E59.

### *3.3. Rozwiązanie zaproponowane w pracy dyplomowej*

Przedmiotowa praca dyplomowa magisterska została zrealizowana na Wydziale Budownictwa Lądowego i Wodnego Politechniki Wrocławskiej w ramach specjalizacji Infrastruktura Transportu Szynowego w roku akademickim 2012/2013. Dotyczyła budowy linii tramwajowej wzdłuż ulic Długiej i Popowickiej od ulicy Jagielly do ulicy Milenijnej. Autorem pracy był Adam Popiołek, a opiekunem dr inż. Jacek Makuch. W jej ramach zaproponowano koncepcję alternatywną dla dwóch opisanych powyżej. W kwestii stanowiącej przedmiot zainteresowania niniejszego artykułu, zakłada ona zlokalizowanie torowiska tramwajowego częściowo w osi, a częściowo z boku ulicy. Lokalizacja w osi występuje na początkowym odcinku i jest związana, analogicznie do wariantu inwestorskiego, z formą węzła torowego i istnieniem mostu. W dalszej części następuje przejście torowiska w położenie po południowej stronie ulicy przed skrzyżowaniem z ulicą Poznańską i doprowadzenie go w tym położeniu do okolic skrzyżowania z ulicą Wejherowską, gdzie następowaloby przejście na północną stronę ulicy w celu dowiązania do stanu istniejącego w ulicy Pilczyckiej.

Punktem wyjścia do projektu koncepcyjnego w zakresie układu drogowego i torowego było opracowanie założeń dla układu linii komunikacji miejskiej po budowie nowej trasy tramwajowej. Przyjęto, że w związku z wysokimi kosztami budowy infrastruktury tramwajowej i koniecznością zapewnienia jej efektywności ekonomicznej, należy skupić zdecydowaną większość potoku pasażerskiego z obsługiwanego przez przedmiotowy korytarz transportowy obszaru (Kozanowa, Popowic i Szczepina, a także przez linie autobusowe stanowiących sieć dystrybutorów - Maślic, Stabłowic i Prac Odrzańskich) w kierunku śródmieścia na nowej trasie tramwajowej. Mowa tu o dwóch potokach o charakterze promienistym w stosunku do obszaru centralnego: z przedmiotowej trasy tramwajowej na jedną z południkowych tras średnicowych Śródmieścia oraz w kierunku Placu Grunwaldzkiego (analogicznie do linii autobusowych C i 128), która co prawda nie prowadzi przez obszar Starego Miasta, ale charakteryzuje się dużym obciążeniem. Warto również zwrócić uwagę, że potencjał tych połączeń może wzrosnąć po zagospodarowaniu położonej na trasie wyspy - Kępy Mieszczkańskiej, która przeznaczona jest pod intensywną zabudowę mieszkaniową, a w chwili obecnej nie posiada połączenia

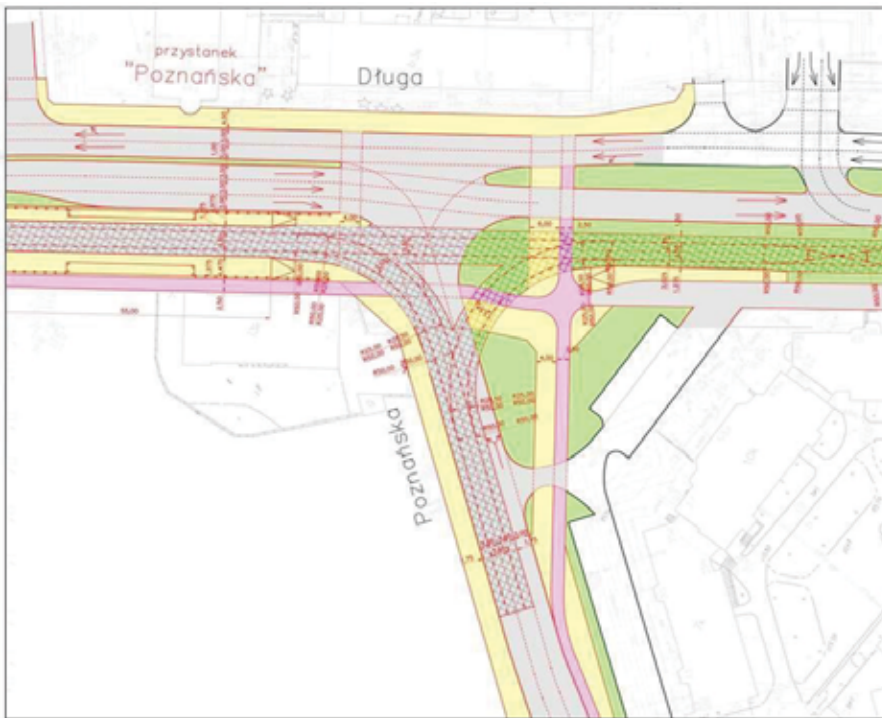
komunikacją zbiorową ze ścisłym śródmieściem. Komunikacja autobusowa w analizowanym ciągu projektowanej linii tramwajowej powinna pozostać natomiast na odcinku między ulicami Wejherowską i Poznańską. Związane jest to z istniejącym potokiem pasażerskim w kierunku ulicy Zachodniej i Placu Jana Pawła II, którego likwidacja mogłaby spowodować znaczne pogorszenie jakości oferty komunikacyjnej. W skali miasta połączenia te mają charakter obwodowy, uzupełniający promienistą sieć tramwajową. Na podstawie przedstawionych założeń ustalono, że na odcinku pomiędzy ulicami Jagiełły i Poznańską oraz Wejherowską i Milenijną, torowisko tramwajowe będzie posiadało zabudowę trawiastą, a na pozostałym odcinku wspólnym z komunikacją autobusową, będzie miało formę PAT.

Podstawowym czynnikiem, który zdecydował o położeniu torowiska na większej części trasy po południowej stronie ulicy, jest sposób zagospodarowania otoczenia - tam, gdzie znajduje się intensywna zabudowa mieszkaniowa osiedli Szczepin i Popowice. Zapewniono w ten sposób przede wszystkim wygodny i bezpieczny dostęp do przystanków. Wloty ulic osiedlowych, których wpływ na warunki ruchu komunikacji miejskiej w stosunku do wariantu inwestorskiego jest większy, zostały zabezpieczone za pomocą szeregu sygnalizacji wzbudzanych. Ruch ogólny wstrzymywany jest tylko na czas przejazdu pojazdów komunikacji zbiorowej, natomiast w pozostałym czasie odbywa się (jak dotychczas) na zasadach ogólnych. Schemat układu faz sygnalizacji pokazany jest na rys. 7. W szczególny sposób rozwiązano także problem pozostałych miejsc kolizyjnych na trasie, w szczególności miejsc przejścia torowiska z jednego położenia w inne oraz początków i końców PAT.



Rys. 7. Schemat ogólny faz ruchu sygnalizacji świetlnej wzbudzanej na skrzyżowaniach bez sygnalizacji stałoczasowej

Miejsce przejścia torowiska z osi ulicy na jej południową stronę pomiędzy mostem Dmowskiego a skrzyżowaniem z ulicą Poznańską, wykonano na odcinku między skrzyżowaniami i założono zabezpieczenie za pomocą wzbudzonej sygnalizacji, wstrzymującej ruch ogólny na czas przejazdu tramwaju. Zaproponowano dwa warianty tego rozwiązania, w dwóch różnych położeniach. Decyzja o zlokalizowaniu torowiska z boku ulicy już na skrzyżowaniu ulic Długiej i Poznańskiej, poddyktowana była przesłankami ruchowymi. Pomimo, że jest to skrzyżowanie trójwlotowe, trasa komunikacji zbiorowej znalazła się nie w położeniu bezkolizyjnym do wlotu poprzecznego, a w sposób go przecinający. W związku z poczynionymi założeniami do układu linii komunikacyjnych, na skrzyżowaniu tym występuje bowiem stosunkowo duży ruch w relacjach skrzętnych. Położenie torowiska po stronie wlotu poprzecznego zabezpiecza więc możliwość blokowania pojazdów jadących na wprost przez skrzęcające. Występuje co prawda kolizja z relacjami skrzętnymi strumieni ogólnych, ale możliwość ruchu przez cały czas trwania fazy najdłuższej (obsługującej strumienie ogólne w relacjach na wprost) zapewnia stosunkowo dobre warunki ruchu komunikacji zbiorowej. Na skrzyżowaniu tym występuje także początek PAT, na który autobusy wjeżdżają z wlotu poprzecznego. Dodatkowo, w związku z istnieniem koncepcji rozwoju wrocławskiej sieci tramwajowej, w których planowana jest budowa linii w ulicy Poznańskiej, zaprojektowano pełny węzeł trójkątny i założono, że z uwagi na charakter ulicy, torowisko znajdzie się w jezdni. Schemat skrzyżowania pokazano na rys. 8.



Rys. 8. Schemat skrzyżowania ulic Długiej i Poznańskiej z torowiskiem z boku ulicy po stronie wlotu poprzecznego





Rys. 9. Wariant klasyczny przejścia torowiska na przeciwną stronę ulicy Popowickiej na skrzyżowaniu z ulicą Wejherowską



Rys. 10. Wariant alternatywny przejścia torowiska na przeciwną stronę ulicy Popowickiej na przed skrzyżowaniem z ulicą Wejherowską

Druga ze zmian położenia torowiska w przekroju ulicy i drugi koniec PAT znajduje się w rejonie skrzyżowania z ulicą Wejherowską. Zaproponowano dwa warianty tego rozwiązania. Jeden z nich, klasyczny, przewiduje przejście torowiska z południowej na północną stronę ulicy na skrzyżowaniu, po jego przekątnej, co wymaga rezerwacji dodatkowej fazy sygnalizacji świetlnej, kolizyjnej z prawie wszystkimi strumieniami ruchu ogólnego. Wjazd i wyjazd na PAT odbywają się z wlotu poprzecznego, analogicznie, jak na skrzyżowaniu z ulicą Poznańską. W wariantcie tym udało się uzyskać wspólny przystanek autobusowo-tramwajowy po stronie zabudowy. Wariant drugi przewiduje przejście torowiska przez jezdnie przed skrzyżowaniem, na zasadzie podobnej do przejazdu kolejowego, zabezpieczonej sygnalizacją wzbudzaną. Wjazd na PAT i zjazd z niego odbywają się w miejscu przecięcia torowiska z jezdnią,

po czym przez skrzyżowanie z ulicą Wejherowską autobusy poruszają się w ruchu ogólnym. Przystanki tramwajowe i autobusowe w rejonie skrzyżowania są oddzielne. Przystanki tramwajowe znajdują się po przeciwnej do osiedla stronie ulicy. Warto jednak zwrócić uwagę, że po tej stronie w niewielkiej odległości znajduje się hala sportowa Orbita, w której organizowane są imprezy masowe.

W odniesieniu do proponowanej koncepcji należy także zwrócić uwagę na punkty przecięcia trasy tramwajowej z liniami kolejowymi pod kątem możliwych lokalizacji przystanków przesiadkowych. Z uwagi na układ geometryczny torów kolejowych okazuje się, że lepszym położeniem peronów kolejowych, zarówno istniejących (na stacji Wrocław Popowice), jak i proponowanych (potencjalny przystanek „Wrocław Szczepin” pomiędzy Mikołajowem a Nadodrzem) jest północna strona ulicy. W obu przypadkach mamy jednak możliwość utworzenia bezpośredniego, bezkolizyjnego dojazdu na stronę południową wprost na perony tramwajowe. O ile w przypadku przebudowywanego już obecnie wiaduktu w sąsiedztwie Popowic oznaczałoby to konieczność dodania w przyszłości dodatkowej kładki dla pieszych pomiędzy przęslami kolejowymi, tak w przypadku wiaduktu Szczepińskiego, możliwe jest jeszcze każde rozwiązanie.

#### 4. Podsumowanie

Decyzja o wyborze położenia torowiska tramwajowego w przekroju ulicy dwujezdniowej jest jedną z kluczowych kwestii podejmowanych we wstępnych fazach projektowania nowej lub przebudowy istniejącej trasy tramwajowej. Jest ona oparta na analizie wielu czynników, które mogą mieć charakter ruchowy (w odniesieniu zarówno do pojazdów, jak i pieszych), urbanistyczny czy wreszcie konstrukcyjny i finansowy. Złożony charakter tego problemu sprawia, że nie istnieje jednoznaczna rekomendacja dla jednej z możliwych opcji. Każdy przypadek trzeba więc rozpatrywać indywidualnie, uwzględniając łącznie wszystkie decydujące o nim czynniki. Decyzja zazwyczaj jest wynikiem kompromisu i wagi nadawanych poszczególnym właściwościom. Określone położenie infrastruktury dedykowanej komunikacji publicznej może bowiem przyczynić się do uprzywilejowania jej w ruchu ulicznym, kreowania przestrzeni miejskiej, wpływać znacząco na odbiór społeczny inwestycji oraz oddziaływać na bezpieczeństwo komunikacyjne i osobiste użytkowników. W artykule przedstawiono pełen zakres możliwych wariantów odnośnie części przykładowej trasy tramwajowej, której budowa planowana jest we Wrocławiu.

#### Literatura

- [1] Popiołek A., Budowa nowej linii tramwajowej wzdłuż ul. Długiej i Popowickiej od ul. Jagiełły do ul. Milenijnej we Wrocławiu. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Wroclawska 2012/13.

- 
- [2] Biprogeo-Projekt: Opracowanie koncepcji budowy trasy tramwajowej od ul. Władysława Jagiełły do pętli na osiedlu Kozanów we Wrocławiu, 2006.
- [3] <http://www.biprogeo.wroc.pl>.
- [4] Chmielewski J. M., Teoria urbanistyki w projektowaniu i planowaniu miast. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2010.
- [5] Wesołowski J., Tramwaj współczesny – spojrzenie urbanisty. Technika Transportu Szynowego 2000/9, str.: 14-21.