

PASY AUTOBUSOWO-TRAMWAJOWE JAKO ROZWIĄZANIE SYSTEMOWE NA OBSZARZE CENTRUM MIASTA¹

W artykule zaproponowano nową, szerszą formę wykorzystania pasów autobusowo-tramwajowych. Przedstawiono argumenty przemawiające za stosowaniem proponowanego rozwiązania. Na przykładzie centrum Wrocławia przeprowadzono analizę możliwości zastosowania rozwiązania oraz określono podstawowe problemy techniczne i organizacyjne towarzyszące jego wprowadzaniu. W podsumowaniu sformułowano pewne wnioski, co do projektowania pasów autobusowych na trasach oraz w miastach nie posiadających komunikacji tramwajowej.

1. Wstęp

Idea wspólnego autobusowo-tramwajowego pasa ruchu, kiedy to zarówno tramwaj jak i autobus korzystają z tej samej przestrzeni w przekroju poprzecznym ulicy, nie jest niczym nowym. Rozwiązania takie funkcjonują już w niektórych miastach na całym świecie. W Polsce najwięcej zastosowań pasów autobusowo-tramwajowych, nazywanych w skrócie "PAT", miało jak dotychczas miejsce w Krakowie (rys.1) i Wrocławiu (rys.2) [1].



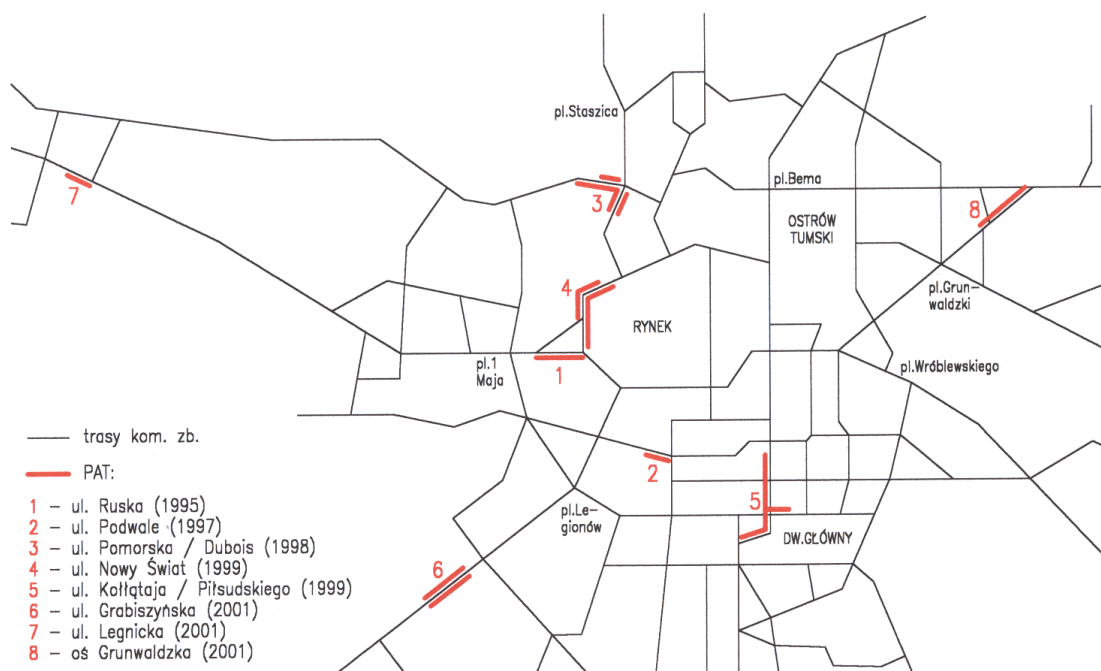
Rys.1 Kraków - ul. Grzegórzecka

¹ Artykuł jest pełną wersją referatu wygłoszonego na konferencji „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”, która odbyła się w Poznaniu w dniach 15-17 maja 2001 r.



Rys.2 Wrocław - ul. Kazimierza Wielkiego

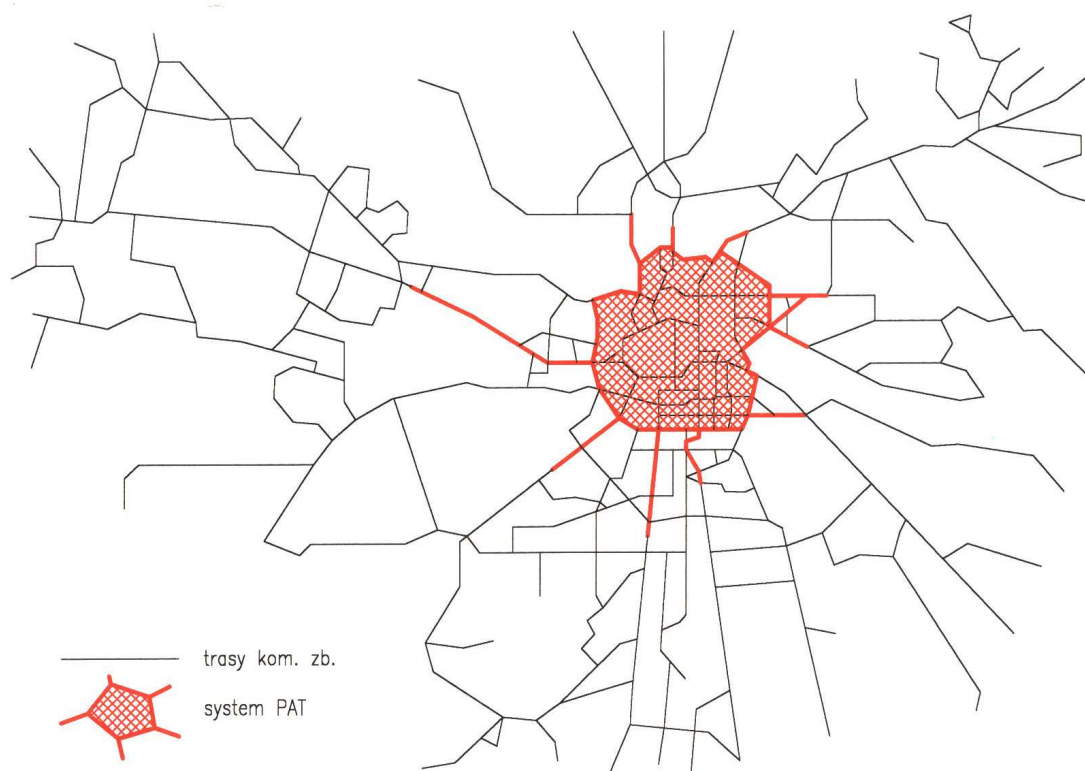
W przypadku Wrocławia są to rozwiązania o charakterze odcinkowym (rys.3), w których autobus wprowadza się na torowisko tramwajowe tylko na wybranych jego długościach, tak aby ominąć zakorkowane zwykle w szczycie fragmenty ulic oraz ułatwić przesiadanie się pasażerów w węzłach. Mimo niewątpliwych korzyści jakie daje zastosowanie tego typu rozwiązania pojawiają się nowe problemy, głównie na początkach i końcach tak zaprojektowanych PAT, powodujące pogorszenie płynności oraz bezpieczeństwa ruchu w tych miejscach.



Rys.3 Pasy autobusowo-tramwajowe we Wrocławiu

2. Idea systemu PAT

Problemy te można znacznie ograniczyć jeżeli PAT zastosujemy w formie rozwiązania systemowego (rys.4), to znaczy na całej długości wszystkich wspólnych tras tramwajowych i autobusowych w obszarze centrum miasta oraz tych tras wylotowych, gdzie jest to uzasadnione. Dla potrzeb niniejszego artykułu rozwiązanie takie nazwano "**systemem PAT**".



Rys.4 Idea systemu PAT

3. Argumenty przemawiające za stosowaniem systemu PAT

Można zarzucić, że system taki nie jest w ogóle potrzebny, gdyż sieć komunikacji zbiorowej należy tak kształtować, aby linie autobusowe w ogóle nie pokrywały się z tramwajowymi (nie wjeżdżały do centrum albo korzystały z ulic bez linii tramwajowych). Niestety praktyka pokazuje, że niewielu miastom udaje się taką zasadę utrzymać. Dzieje się tak dlatego, ponieważ rozwój komunikacji tramwajowej zwykle nie nadąża za rozwojem miasta. Tak było w latach 70-tych i 80-tych, kiedy to budowano nowe osiedla mieszkaniowe, tak jest obecnie - w przypadku powstawania nowych dużych centrów handlowo-usługowo-rozrywkowych. Inną przyczyną powodującą wprowadzanie komunikacji autobusowej do centrów miast jest tendencja polegająca na łączeniu linii autobusowych o przebiegu promienistym w średnicowe, spowodowana likwidacją pętli przesiadkowych na obrzeżach centrum, w wyniku sprzedaży przez gminy atrakcyjnych terenów miejskich.

Pokrywanie się tras autobusowych z tramwajowymi w centrach miast jest więc faktem i staje się podstawowym argumentem przemawiającym za rozpoczęciem stosowania systemu PAT.

Drugim, równie ważnym argumentem, są **rezerwy przepustowości torowisk tramwajowych**, w stosunku do wyczerpania przepustowości ogólnodostępnych pasów ruchu kołowego. Od roku 1986 nastąpił ponad 40 % spadek przewozów w komunikacji zbiorowej, który spowodował zmniejszenie ilości lub częstotliwości kursujących linii tramwajowych, przy czym na niektórych trasach tramwajowych położonych w centrach miast, nawet przed rokiem 1986 istniały rezerwy przepustowości.

Trzecia grupa argumentów to **korzyści dla ruchu autobusowego**, w wyniku przeniesienia linii autobusowych z ogólnodostępnych pasów ruchu kołowego na torowiska tramwajowe, dzięki czemu uzyskujemy:

- mniejsze zakłócenia ruchu spowodowane pojazdami: zaopatrzenia, zepsutymi lub źle zaparkowanymi,
- lepsze parametry geometryczne dla skrętów w prawo na skrzyżowaniach, dla pasów ruchu w osi ulicy, niż przy prawym krawężniku.

Czwarty argument to **korzyści dla innych uczestników ruchu miejskiego** w postaci lepszego wykorzystania przekroju ulicy, kiedy to miejsce po zatokach autobusowych i przystankach przeznaczamy na: parkowanie, obsługę obiektów, ruch pieszy albo rowerowy.

Piąta grupa argumentów to **korzyści dla pasażerów**:

- skrócenie czasu oczekiwania na rozpoczęcie podróży (odjazdy linii tramwajowych i autobusowych jadących w tym samym kierunku odbywają się z jednego, a nie dwu osobnych, oddalonych od siebie przystanków),
- ułatwienie przesiadek (łatwiej jest skupić w węźle przystanki zlokalizowane w osi ulicy, niż przy jej zewnętrznych krawężniach),
- poprawienie atrakcyjności komunikacji nocnej, zarówno w przypadku miast użytkujących dwa osobne systemy komunikacji nocnej: autobusowy i tramwajowy (współdziałanie obu systemów, co jest szczególnie wskazane biorąc pod uwagę fakt, że komunikacja nocna kursuje rzadko); jak i w przypadku miast z tylko jednym systemem komunikacji nocnej, najczęściej autobusowym (przeplatanie się ostatnich kursów linii tramwajowych dziennych i pierwszych autobusowych nocnych, rano na odwrót),
- zmniejszenie uciążliwości zatrzymań komunikacji tramwajowej, zarówno chwilowych - spowodowanych wypadkami i awariami, jak i długotrwałych - w wyniku remontów i objazdów (autobusowa komunikacja zastępcza zabiera pasażerów z przystanków tramwajowych),
- przejrzystość systemu (pasażer w danym miejscu nie musi się zastanawiać, czy autobusy odjeżdżają z przystanków osobnych, czy wspólnych z tramwajowymi).

Szоста grupa argumentów to **korzyści z punktu widzenia sterowania i zarządzania ruchem miejskim**:

- ułatwienie organizowania priorytetów w sterowaniu sygnalizacją świetlną (tramwaje i autobusy jadą w jednym wspólnym strumieniu a nie w dwu osobnych, dzięki czemu uzyskujemy mniejszą ilość strumieni wymagających detekcji oraz mniejszą ilość punktów kolizji strumieni z priorytetem),
- wzrost elastyczności sieci komunikacji zbiorowej (uzyskanie dodatkowych tras autobusowych w centrum),
- wzrost elastyczności taborowej systemu komunikacji zbiorowej, rozumianej jako łatwość zastępowania tramwajów autobusami (zagadnienie to wynika z braku

zakupów nowych tramwajów od ostatnich 10 lat w większości miast polskich, co może spowodować konieczność ograniczania ilości tramwajów kierowanych do ruchu za około 20 lat).

Siódma grupa to **argumenty nie związane bezpośrednio z komunikacją zbiorową**. Istnieją powody, dla których nawet jeśli linie tramwajowe w centrum miasta nie pokrywają się z autobusowymi, uzasadniona jest ich zabudowa:

- "pasy życia" czyli torowiska przystosowane do ruchu pojazdów służb ratowniczych (w celu ominięcia korków),
- estetyka wyglądu ulic (naciski architektów i konserwatorów zabytków na stosowanie bezpodsypkowych, zabudowanych torowisk).

4. Argumenty przeciw stosowaniu systemu PAT

Niestety istnieją również argumenty przemawiające przeciwko rozpoczęciu stosowania proponowanego rozwiązania:

- **wyższe koszty inwestycji**, w porównaniu z tworzeniem klasycznych wydzielonych pasów autobusowych,
- **pogorszenie płynności ruchu tramwajowego**,
- **pogorszenie dostępu pieszych do przystanków autobusowych**,
- **zwiększenie ilości przystanków na liniach autobusowych**, oczywiście w przypadku miast, w których przystanki tramwajowe rozmieszczone są częściej niż autobusowe, a tak jest we Wrocławiu.

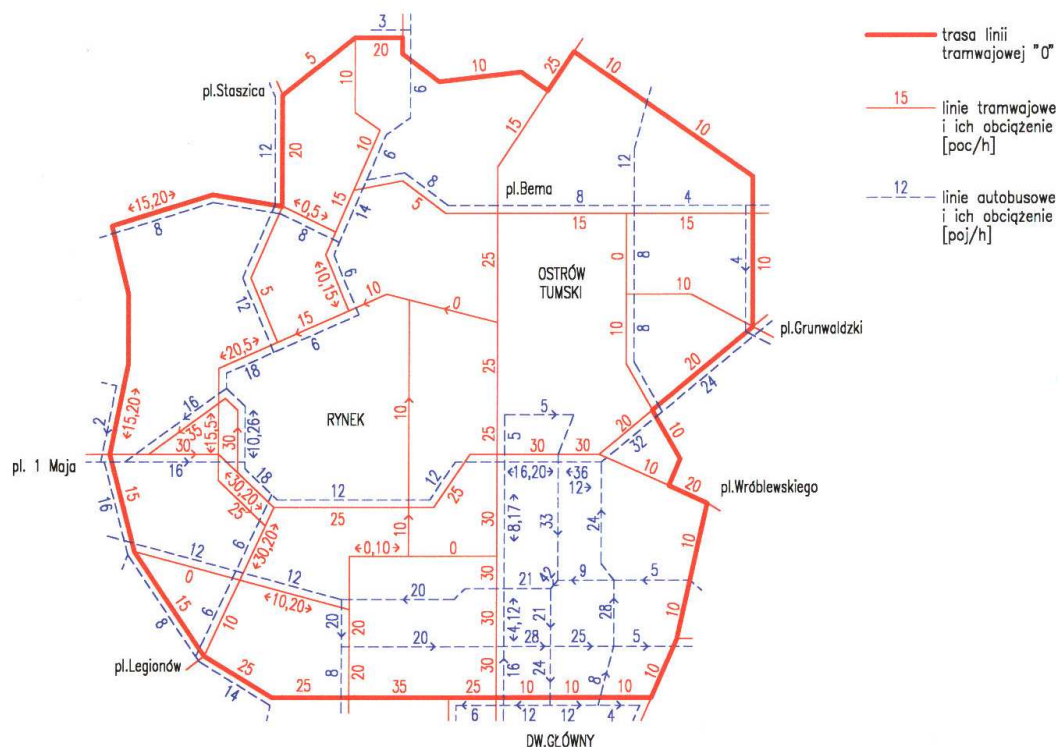
Co do pierwszego argumentu - niestety, zwykle rozwiązania lepsze są droższe, ale często tylko na początku, w dłuższym okresie eksploatacji poniesione wyższe koszty zwracają się. Co do dwóch następnych argumentów - ich ujemny wpływ należy zrekompensować (co niestety jeszcze bardziej podnosi koszty wprowadzenia systemu). W przypadku ostatniego argumentu, jeżeli generalnie nastąpi skrócenie czasu przejazdu, to zwiększenie ilości przystanków jest zaletą, a nie wadą, gdyż uzyskujemy krótszą drogę dojścia do częściej rozmieszczonych przystanków.

5. Analiza możliwości zastosowania systemu PAT we Wrocławiu

Dokonano ogólnej analizy możliwości zastosowania systemu PAT w centrum Wrocławia. Celem nie było jednak opracowanie konkretnego, gotowego rozwiązania (które znacznie przekracza ramy niniejszego artykułu) lecz określenie podstawowych problemów jakie mogą towarzyszyć tworzeniu systemu. Dlatego do rozważań przyjęto obecny (styczeń 2001) układ linii tramwajowych i autobusowych, w pełni zdając sobie sprawę, że nie jest to optymalne rozwiązanie docelowe, na którym powinno planować się dalszy rozwój, o czym świadczą opracowania dotyczące restrukturyzacji obecnego układu [2]. Jako obszar wymagający zastosowania systemu PAT przyjęto umownie teren ograniczony trasą okólnej linii tramwajowej "0" (rys.5).

W pierwszym etapie przeprowadzanej analizy stwierdzono, że Wrocław posiada dobre predyspozycje do utworzenia systemu PAT:

- ma wyraźnie określony obszar centrum, z gęstą siatką połączeń komunikacji zbiorowej, w którym w okresach szczytu autobusy i tramwaje na niewydzielonych torowiskach grzęzną w korkach.



Rys.5 Analizowany obszar centrum Wrocławia

W granicach analizowanego obszaru:

- trasy autobusowe w znacznym stopniu pokrywają się z tramwajowymi (w 81 %), a obecne wykorzystanie PAT jest znikome (około 2 %),
- torowiska tramwajowe posiadają rezerwy przepustowości - średnie obciążenie torowisk liczone po ich długości wynosi 15 poc/h, a jego rozkład jest następujący:

obciążenie torowisk [poc/h]	0	5	10	15	20	25	30	35
procent długości torowisk	5	7	35	16	15	12	7	2

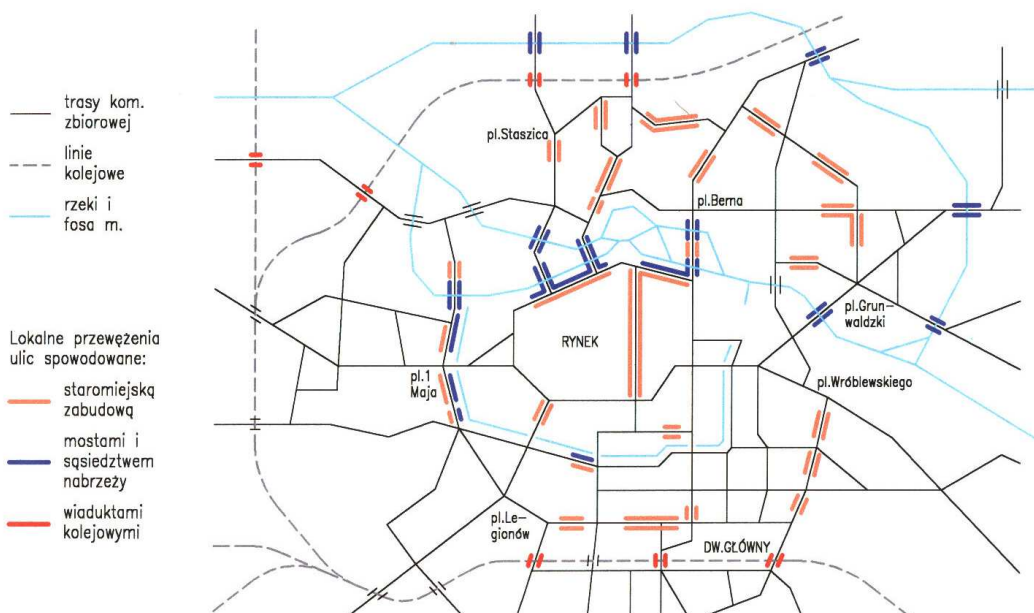
- bardzo mały procent stanowią torowiska usytuowane z boku jezdni dwukierunkowych (2,6 %; po planowanej przebudowie mostu Pokoju i ul. Wyszyńskiego pozostanie tylko 0,9 %),
- duży procent torowisk tramwajowych posiada konstrukcję wbudowaną w nawierzchnię ulic (78 %),
- występuje duża ilość skrzyżowań o ruchu sterowanym sygnalizacją świetlną (55 skrzyżowań).

Jedynym niekorzystnym elementem w przypadku Wrocławia jest duża ilość lokalnych przewężeń ulic (rys.6), co może skutkować brakiem ciągłości systemu PAT albo ograniczeniami w ruchu komunikacji indywidualnej. Przewężenia te są spowodowane:

- wąskimi odcinkami ulic ze staromiejską zabudową,
- mostami (8 mostów wewnątrz analizowanego obszaru, w tym tylko 2 nie powodujące przewężenia ulicy; 7 mostów na trasach wylotowych z analizowanego obszaru, w tym tylko 3 nie powodujące przewężenia ulicy),
- sąsiedztwem nabrzeży (rzeki Odry i Fosy Miejskiej),

- wiaduktami kolejowymi (co prawda nie ma ich wewnątrz analizowanego obszaru, ale już na trasach wylotowych występuje aż 12 wiaduktów, w tym tylko 5 nie powodujących przewężenia ulicy).

Wewnątrz analizowanego obszaru, na około 15 % długości tras komunikacji zbiorowej uzyskanie przekroju dla każdego kierunku składającego się z PAT i jednego pasa ruchu kołowego może być niemożliwe, ewentualnie bardzo kosztowne.



Rys.6 Lokalne przewężenia ulic

W oparciu o te same kryteria można analizować podatność układów komunikacyjnych na zastosowanie systemu PAT dla innych miast polskich.

6. Podstawowe problemy techniczne i organizacyjne, towarzyszące tworzeniu systemu PAT

6.1 Możliwe konfiguracje PAT

W przekroju poprzecznym dwukierunkowej ulicy PAT mogą być tworzone w następujących czterech podstawowych konfiguracjach:

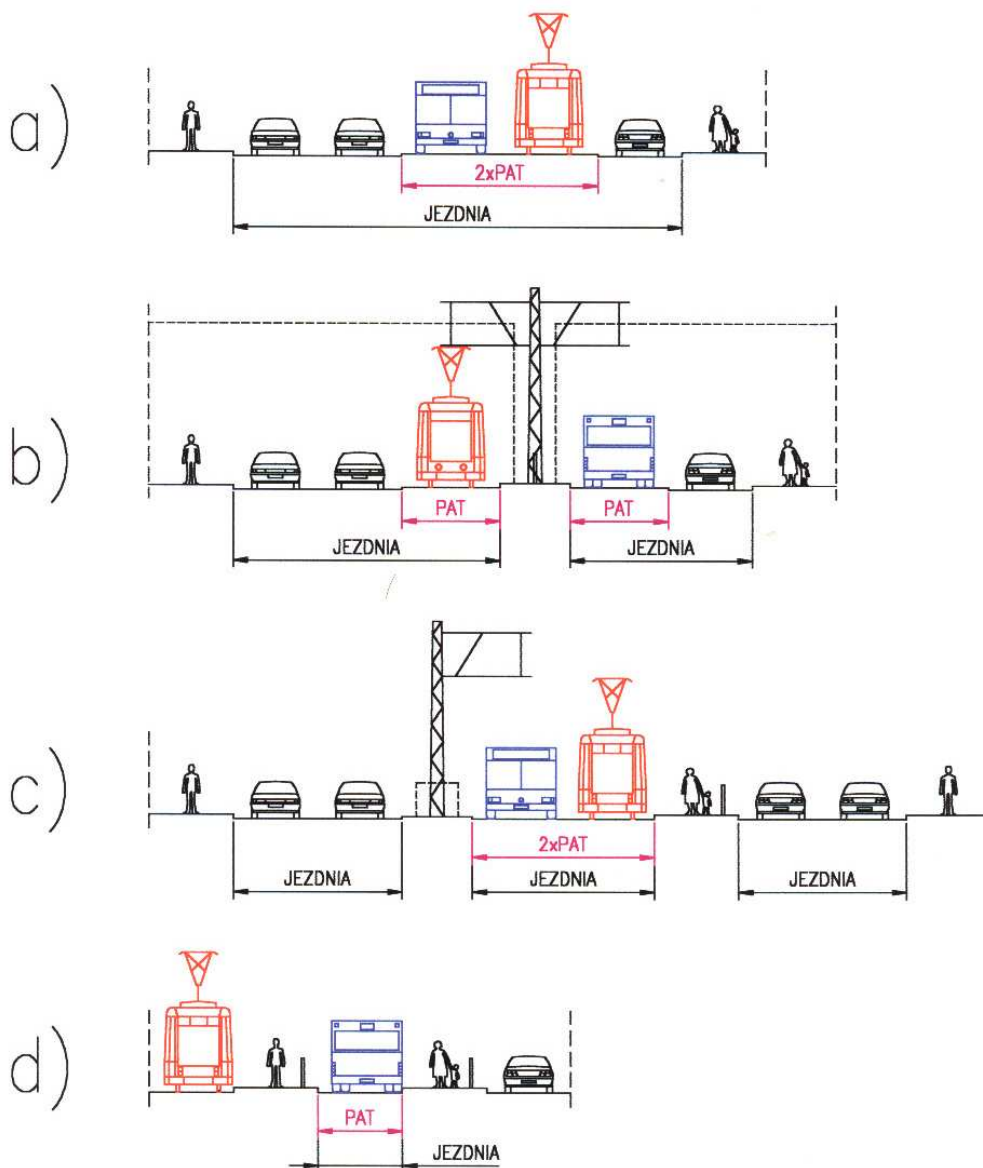
1. Centralne dwa pasy jednojezdniowej ulicy (rys.7a),
2. Skrajne lewe pasy obu jezdni dwujezdniowej ulicy (rys.7b),
3. Osobna dwupasowa jezdnia w środku dwujezdniowej (rys.7c) albo z boku dowolnej ulicy (rys.8c i d),
4. Osobne jednopasowe jezdnie w dowolnych miejscach dowolnych ulic (rys.7d).

Rozwiązanie pierwsze jest wskazane dla ulic z torowiskami położonymi w ich osi:

- wbudowanymi konstrukcyjnie w jezdnię (ul. Świdnicka, Sądowa),
- wydzielonymi, ale bez słupów trakcyjnych i ogrodzeń na międzytorzu (ul. Sienkiewicza od pl. Bema do ul. Wyszyńskiego).

Rozwiązanie drugie nadaje się dla ulic z torowiskami wydzielonymi, położonymi w ich osi:

- ze słupami trakcyjnymi i ogrodzeniem na międzytorzu (ul. Kazimierza Wielkiego od skrzyżowania z ul. Krupniczą do przystanków nad przejściem podziemnym w ciągu ul. Świdnickiej)
- z elementami obiektów inżynierskich na międzytorzu (podpory wiaduktu - ul. Legnicka przy ul. Zachodniej).



Rys.7 Podstawowe konfiguracje PAT - przypadki ogólne

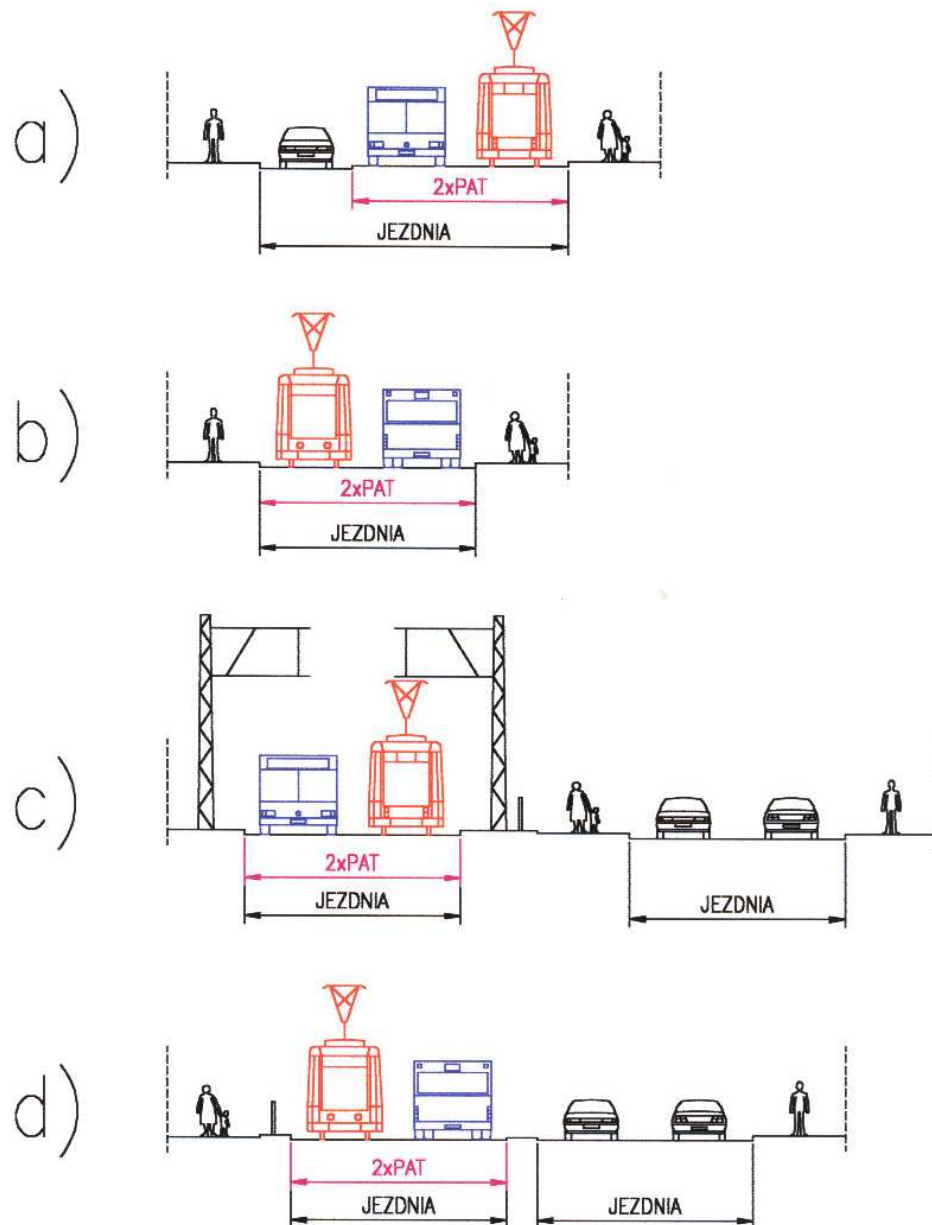
Rozwiązanie trzecie jest wskazane dla:

- ulic z torowiskami wydzielonymi, położonymi w ich osi, ze słupami trakcyjnymi na zewnątrz toru (ul. Powstańców Śl. od hotelu Wrocław do ul. Hallera),
- odcinków wzdłuż przystanków na wysepkach w układzie poprzecznym (pl. Wróblewskiego),
- odcinków wzdłuż elementów obiektów inżynierskich zlokalizowanych na zewnątrz torów (ściany wjazdu do tunelu - pl. Dominikański; podpory wiaduktów - ul.

Legnicka przy ul. Niedźwiedziej; krawędzie przęsła mostu - nowe mosty Mieszczańskie),

- torowisk z boku ulic dwukierunkowych (odcinek pl. Staszica - pl. Powstańców Wlkp.).

Rozwiązania czwartego, ze względu na brak możliwości wyprzedzenia zepsutego tramwaju albo autobusu, należy unikać i stosować tylko wzdłuż wysepek przystanków w tym samym kierunku, w układzie poprzecznym (ul. Kazimierza Wielkiego / Ruska).



Rys.8 Podstawowe konfiguracje PAT - przypadki szczególne

Szczególnymi przypadkami rozwiązania pierwszego są ulice przeznaczone wyłącznie dla komunikacji zbiorowej w jednym (rys.8a) albo obu kierunkach (rys.8b). Rozwiązania takie jest wskazane dla jednojezdniowych ulic, na których możliwe jest uzyskanie odpowiednio jedynie trzech (południowy most Pomorski, ul. Łokietka) albo

tylko dwóch pasów ruchu (ul. Św. Jadwigi, ul. Szewska po dodaniu toru w drugim kierunku).

PAT usytuowany z boku ulicy dwukierunkowej (rys.8c) jest rozwiązaniem mniej korzystnym ze względu na włączenia i wyłączenia autobusów oraz pojazdów służb ratowniczych, dlatego przy analizowaniu obszaru centrum Wrocławia, torowiska z boku ulic dwukierunkowych potraktowano jako argument pomniejszający zasadność zastosowania systemu PAT, co nie przekreśla definitywnie tego rozwiązania. Wspomniane niedogodności można zminimalizować umieszczając PAT bezpośrednio przy jezdni (rys.8d).

6.2 Poszerzenia skrajni

Najbardziej odpowiednie szerokości PAT w jednym kierunku, na prostej wynoszą [1]:

3,5 m - na odcinku szlakowym,

3,0 m - w obrębie przystanku.

Najczęściej spotykane w eksploatowanych obecnie torowiskach skrajnie dla tramwaju poruszającego się na prostej w jednym kierunku są węższe i wynoszą:

3,15 m - na odcinku szlakowym

2,70 m - przy przystanku na wysepce.

Podobnie sytuacja wygląda w łukach. Dla tramwajów stosuje się poszerzenie skrajni o wartości 10/R (łącznie po obu stronach), czyli czterokrotnie mniejsze niż w przypadku pasów ruchu kołowego prowadzących komunikację autobusową - 40/R [3].

Zastosowanie PAT w miejscach dotychczasowych torowisk wymaga więc ich poszerzenia, co można uzyskać poprzez:

- poszerzenie całej jezdni kosztem zmniejszenia szerokości chodników,
- zmniejszenie szerokości samych pasów ruchu kołowego (np. do 2,75 m - na co zezwalają przepisy [3] w przypadku uspakajania ruchu),
- zmniejszenie ilości lub likwidację pasów ruchu kołowego,
- zmniejszenie szerokości wysepki przystankowej (niewskazane),
- likwidację albo zmniejszenie szerokości pasa zieleni,
- likwidację ogrodzenia,
- likwidację albo przeniesienie na chodniki słupów trakcyjnych.

Wykonanie poszerzeń może okazać się niemożliwe w przypadku sąsiadowania z obiektami inżynierskimi (wiadukty, mosty, wyjścia z przejść podziemnych, zejścia z kładek dla pieszych). Niewielkie przesunięcia krawężników przy poszerzaniu ulic mogą okazać się kosztowne, gdy będą wymagały przebudowy uzbrojenia podziemnego. W przypadku likwidacji słupów trakcyjnych i podwieszenia sieci do budynków należy liczyć się z brakiem zgody właścicieli budynków na takie rozwiązanie. Likwidacja ogrodzeń wydaje się być rozwiązaniem najmniej problemowym, jednak uzyskane poszerzenie jest niewielkie (10 cm), następuje natomiast pogorszenie bezpieczeństwa ruchu (wtargnięcia pieszych na jezdnię).

Zastosowanie PAT w miejscach dotychczasowych torowisk, w przypadku konieczności ich poszerzenia wymaga również zmiany rozstawu osiowego torów, gdyż wzajemne położenie osi pasa autobusowego w stosunku do osi toru tramwajowego powinno być inne na szlaku (pokrywanie się osi) i na przystankach (wspólna krawędź przystanku).

6.3 Zwiększenie przepustowości

Jeżeli zsumujemy natężenia kursowania tramwajów i autobusów na wspólnych trasach (przedstawione na rys.5) okaże się, że przekraczają one przepustowości

znacznej części skrzyżowań z sygnalizacją świetlną wewnątrz analizowanego obszaru. Zastosowanie systemu PAT wymaga więc innego systemu sterowania ruchem.

Większość obecnie stosowanych systemów wywodzi się od prostych sygnalizacji świetlnych, które tworzą głównie z myślą o sterowaniu ruchem pojazdów komunikacji indywidualnej. W ostatnich latach wyposażano je w elementy usprawniające ruch pojazdów komunikacji zbiorowej (detekcja, akomodacja), ale przeważnie w ujęciu lokalnym. Podstawą systemu zawsze pozostawało sterowanie ruchem pojazdów komunikacji indywidualnej.

Zastosowanie systemu PAT wymaga zbudowania systemu sterowania ruchem od nowa i to na odwrotnej zasadzie. Podstawą systemu powinno być sterowanie ruchem pojazdów komunikacji zbiorowej, a dopiero w drugiej kolejności komunikacji indywidualnej. W tej drugiej grupie również należy dokonać pewnej zamiany: ruch pieszy należy preferować w stosunku do ruchu samochodów. Nowy system, w zakresie sterowania ruchem pojazdów komunikacji zbiorowej, powinien przypominać systemy stosowane na kolei:

- powinien znać aktualne położenie pojazdów,
- powinien podawać światło zielone tylko dla nadjeżdżającego pojazdu,
- powinien "przepuszczać" pojazdy pośpieszne przed zwykłymi (w tym wypadku opóźnione przed pojazdami bez opóźnień, a generalnie komunikacji zbiorowej przed indywidualnymi),
- powinien sterować przestawianiem zwrotnic tramwajowych.

Najprostszym rozwiązaniem wydaje się być połączenie w jedno centralnego systemu sterowania pracą sygnalizacji świetlnych z systemem nadzoru ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej rozpoznającym aktualne ich położenie.

Zaproponowany system sterowania ruchem stanowi element rekompensaty za pogorszenie płynności ruchu tramwajowego, które określono wcześniej jako argument przeciw stosowaniu systemu PAT. Urządzeniami wykonawczymi systemu sterowania ruchem będą oczywiście sygnalizacje świetlne na ulicach, dlatego przy analizowaniu obszaru centrum Wrocławia, dużą ilość istniejących skrzyżowań o ruchu sterowanym sygnalizacją świetlną potraktowano jako element sprzyjający wprowadzeniu systemu PAT.

W obowiązujących przepisach [4], wychodząc na przeciw rozwiązaniom typu PAT, dopuszczono nadawanie sygnałów zarówno autobusom jak i tramwajom z tego samego sygnalizatora. Szkoda tylko, że nie wybrano tramwajowego sygnalizatora STT, który bardziej nadaje się do podawania sygnałów zezwalających na wjazd w różnych kierunkach z jednego pasa ruchu.

Zwiększeniu przepustowości tras komunikacji zbiorowej służą również dwa inne środki:

- przeniesienie przystanków ze skrzyżowań na odcinki pomiędzy nimi,
- skrócenie czasu wymiany pasażerów na przystanku.

Zastosowanie pierwszego rozwiązania w przypadku centrum Wrocławia prawdopodobnie wywołałoby więcej zamieszania niż pożytku. Należy jedynie zaznaczyć, że w przypadku miast, które posiadają już tak zlokalizowane przystanki w centrum, jest to element sprzyjający wprowadzeniu systemu PAT. Drugi z wymienionych środków należy analizować z punktu widzenia inżynierii ruchu pieszego:

- właściwa aranżacja wnętrza pojazdów komunikacji zbiorowej (ilość i rozmieszczenie siedzeń, drzwi; niska podłoga),

- właściwa aranżacja przystanków (szerokość przystanku; rozmieszczenie wiat, ławek, słupów, kubłów, automatów do sprzedaży biletów, paneli reklamowych; rezygnacja ze stosowania kiosków; wzniesienie krawędzi peronu),
- stosowanie przystanków podwójnych,
- stosowanie dojść do przystanków z obu końców wysepek (oczywiście z sygnalizacją świetlną).

Ostatni z wymienionych elementów wraz z postawieniem pieszych ponad samochodami w hierarchii udzielania priorytetów przy projektowaniu działania sygnalizacji świetlnej stanowi element rekompensaty za pogorszenie pieszym dostępu do przystanków autobusowych, które określono wcześniej jako argument przeciw stosowaniu systemu PAT.

6.4 Włączenia i wyłączenia PAT

Istnieją dwie możliwości włączeń i wyłączeń autobusów na styku PAT i torowisk przeznaczonych wyłącznie dla tramwajów:

- w obrębie skrzyżowań,
- na odcinkach pomiędzy nimi.

Pierwszy sposób jest właściwy dla autobusów dojeżdżających do PAT poprzecznymi ulicami, choć i w tym wypadku wskazane byłoby wykonanie krótkich pasów autobusowych w osiach tych ulic na odcinkach przed skrzyżowaniem aby włączenia przenieść na odcinki międzywęzłowe. W przypadku włączeń i wyłączeń autobusów na kierunkach równoległych do PAT umieszczonego w osi ulicy, zastosowanie pierwszego sposobu powoduje zmniejszenie przepustowości skrzyżowań (dodatkowe kolizyjne strumienie), dlatego najbardziej wskazana jest w tym przypadku forma zmiany pasa ruchu na długim odcinku pomiędzy skrzyżowaniami. Należy oczywiście zapewnić fizyczny "styk podłużny" krawędzi PAT i pasa ruchu kołowego. Jeżeli odległość pomiędzy skrzyżowaniami jest zbyt krótka albo wyłączenie nie jest płynne z powodu zatłoczenia pasów ruchu kołowego należy zastosować służę sygnalizacyjną. Służa taka jest również konieczna w przypadku włączeń i wyłączeń poza skrzyżowaniami dla PAT umieszczonego z boku dwukierunkowej ulicy.

PAT w "styku poprzecznym" niekoniecznie musi graniczyć z torowiskiem przeznaczonym wyłącznie dla tramwajów. Może to być jezdnia albo pas ruchu ogólnodostępnego (tramwaje + autobusy + samochody osobowe). Sytuacje takie będą występowały w miejscach nieciągłości systemu PAT spowodowanych lokalnymi przewężeniami ulic (np. most Grunwaldzki) oraz na niektórych trasach wylotowych. Włączenie się autobusu do PAT nie stanowi w tym przypadku problemu, inaczej jest z wyłączeniem. Tramwaje w tej sytuacji posiadają pierwszeństwo wynikające z przepisów [5], celowe więc wydaje się wprowadzenie analogicznej zasady dotyczącej autobusów korzystających z PAT do ustawy (art.16, ust.6). Innym sposobem rozwiązania tego problemu jest zastosowanie służby sygnalizacyjnej.

6.5 Wydzielenie PAT z jezdni

Najprostszą formą wydzielenia PAT od pozostałych pasów ruchu kołowego jest linia ciągła oznakowania poziomego. Doświadczenia eksploatacyjne z wydzielania torowisk tramwajowych pokazują jednak, że rozwiązanie takie nie zniechęca wystarczająco skutecznie kierowców samochodów osobowych do wjeżdżania na torowisko, dlatego malowaną linię ciągłą należy stosować wyłącznie na długości odcinków włączeń i wyłączeń PAT.

Wydzielenie powinno zapewnić bezpieczny wjazd i zjazd pojazdów służb ratowniczych oraz autobusów w sytuacjach awaryjnych (ominięcie zepsutego pojazdu).

Stosowane w Krakowie żelbetowe separatory są zdaniem autora artykułu zbyt solidnym wygrodeniem. Najbardziej odpowiednie wydaje się być wyniesienie krawędzi PAT w stosunku do poziomu jezdni przy pomocy klasycznego krawężnika drogowego, ale tylko na połowę jego normalnej wysokości (ok. 8 cm). Korzystne byłoby również wprowadzenie do przepisów pojęcia owego "półkrawężnika", w sąsiedztwie którego nie byłoby potrzeby stosowania jezdni o szerokości minimum 5 m [6], ale tylko o minimalnej szerokości jednego pasa ruchu.

W przypadku oddzielenia PAT od jezdni ruchu samochodowego trawnikami należy również pamiętać o awaryjnych wjazdach i zjazdach, dlatego nie powinno się na ich długości sadzić żywopłotów, ustawiać kwietników gazonowych lub wygrodzień (jak to zrobiono na ul. Dubois we Wrocławiu), a humus przewidziany do zatrawienia należy odpowiednio wzmocnić (np. kratką z tworzywa sztucznego).

6.6 Nawierzchnie PAT

Jako nawierzchnie PAT nadają się wszystkie rozwiązania stosowane w torowiskach wbudowanych konstrukcyjnie w jezdnię z jednym wyjątkiem: na długości PAT położonego przy przystanku nie należy stosować nawierzchni bitumicznych (podobnie jak w przypadku zatok autobusowych [3]).

6.7 Przystanki przy PAT

W przypadku przystanków położonych na wysepkach, podstawowe problemy dotyczą krawędzi przystanku od strony PAT:

- jej położenia w poziomie i w pionie, które powinno być właściwe zarówno dla autobusów jak i tramwajów,
- materiału i kształtu elementu, z którego jest wykonana (ograniczenie niszczenia bocznej powierzchni kół autobusów),
- pojawiania się jej przed przystankiem (przeciwdziałanie ujemnym skutkom niewłaściwego najechania autobusu na początek przystanku) - powinna w planie przybliżać się łagodnym łukiem do kierunku równoległego do osi PAT.

W przypadku przystanków bez wysepek wskazana jest ich przebudowa i wykonanie wysepki pomiędzy PAT a pasami ogólnodostępnego ruchu kołowego. Jeżeli jednak nie ma na nią miejsca, należy stosować służbę sygnalizacyjną i pozostać przy zasadzie wsiadania i wysiadania jak na przystankach tramwajowych bez wysepek, również w przypadku zatrzymywania się przy nich autobusów (autobus nie podjeżdża do krawężnika na granicy jezdni i chodnika tylko zatrzymuje się na PAT). Należy zaznaczyć, że obowiązujące przepisy [5] dopuszczają taki przypadek (art.26, ust.6: "... przepisy te stosuje się odpowiednio przy ruchu innych pojazdów komunikacji publicznej").

Pozostałe problemy dotyczące przystanków to ich szerokości, rozmieszczenie urządzeń przystankowych oraz dojść (opisane w punkcie 6.3).

6.8 Zimowe utrzymanie PAT

W przypadku PAT na odcinkach poza przystankami można stosować metody zimowego utrzymania jak na normalnych jezdniach, konieczne jest jedynie zwiększenie ilości kursów wykonywanych przez pługi i piaskarki. W przypadku PAT położonych przy przystankach wskazane jest zastosowanie innego sprzętu (zabierającego śnieg, a nie zgarniającego) albo odśnieżanie ręczne.

7. Podsumowanie

Utworzenie w centrum miasta sprawnie funkcjonującego systemu PAT jest zadaniem wieloetapowym, a jego realizację należy planować na kilka, a nawet kilkanaście lat. W przypadku Wrocławia, jeżeli władze miasta zdecydowałyby się na zastosowanie proponowanego rozwiązania, scenariusz działań mógłby być następujący:

1. Opracowanie projektu restrukturyzacji połączeń i systemu taryfowego, w celu określenia rozwiązania docelowego, na którym można planować dalszy rozwój.
2. Określenie granic systemu PAT oraz tras wchodzących w jego skład.
3. Określenie docelowych konfiguracji PAT (przekrojów poprzecznych) na wszystkich trasach systemu.
4. Stopniowe korekty lokalizacji elementów kolidujących z przebiegiem planowanych PAT (słupy trakcyjne, oświetleniowe, uzbrojenie podziemne) - najlepiej w ramach ich wymiany spowodowanej zużyciem eksploatacyjnym.
5. Stopniowa modernizacja istniejących tras (przy okazji ich remontów wynikających ze zużycia eksploatacyjnego) oraz budowa nowych tras.
6. Opracowanie i wdrożenie centralnego systemu sterowania ruchem składającego się z dwu podsystemów: nadzoru ruchu pojazdów komunikacji zbiorowej (z możliwością określania lokalizacji tych pojazdów) oraz sterowania sygnalizacją świetlną.

Zastosowanie systemu PAT w przypadku analizowanego obszaru Wrocławia okazuje się być korzystne nawet z punktu widzenia wyłącznie komunikacji tramwajowej:

- następuje wzrost udziału długości torowisk wydzielonych z 46 % do 74 % (co prawda torowiska przestają być wydzielone wyłącznie dla tramwajów - pojawiają się na nich również autobusy),
- następuje wzrost przepustowości skrzyżowań z sygnalizacją świetlną dla tramwajów, w wyniku zastosowania nowego systemu sterowania ruchem.

Zaprezentowane w niniejszym artykule rozwiązanie cechuje duża uniwersalność. Może ono być zastosowane w następujących wariantach:

- pełnym - wszystkie linie autobusowe pokrywające się trasą z tramwajowymi korzystają z ich torowisk,
- częściowym - tylko w wybranych obszarach albo tylko wybrane linie autobusowe (np. tylko o przebiegu średnicowym albo tylko pośpieszne).

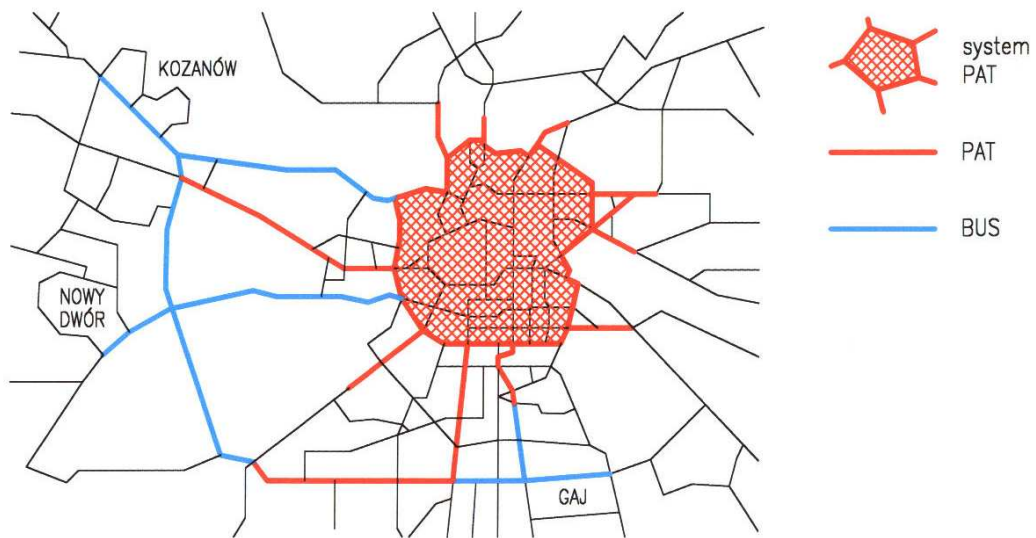
Innym aspektem uniwersalności jest fakt, że dotychczasowe rozważania pozostają również aktualne w przypadku projektowania wydzielonych pasów, ale wyłącznie autobusowych czy trolejbusowych:

- zaproponowana idea systemu wydzielonych pasów dla komunikacji zbiorowej, łącznie ze sposobem ich wydzielania, może być z powodzeniem wykorzystywana w miastach nie posiadających w ogóle komunikacji tramwajowej,
- w miastach posiadających komunikację tramwajową, przedłużeniem systemu PAT w kierunku przedmieść mogą być trasy bez komunikacji tramwajowej z pasami autobusowymi lub trolejbusowymi wydzielonymi nie w sposób klasyczny, ale na zasadach jak dla systemu PAT - we Wrocławiu mogłyby to być trasy na osiedla: Kozanów, Nowy Dwór i Gaj oraz pomiędzy nimi (rys.9), które jak dotąd nie doczekały się sprawnych połączeń.

W przypadku zastosowania systemu PAT ulega zatarciu klasyczny podział linii komunikacji zbiorowej na tramwajowe i autobusowe, nabiera natomiast znaczenia nowy, inny podział na:

- linie podstawowe - wykorzystujące system PAT (tramwajowe i główne autobusowe),
- linie pomocnicze - pozostające poza systemem PAT (inne linie autobusowe).

Taki system cechuje większa elastyczność w dostosowywaniu go do zmian w popycie na usługi transportowe.



Rys.9 Przedłużenie systemu PAT w kierunku przedmieść Wrocławia

Literatura:

- [1] Kruszyna M., Makuch J., Trzciniowicz B., *"Autobus na torowisku tramwajowym we Wrocławiu"*. Transport Miejski 99/9, str. 2-7.
- [2] *"Założenia restrukturyzacji sieci połączeń i systemu taryfowego komunikacji zbiorowej we Wrocławiu"*. Transport Consult, 1999.
- [3] *"Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej z dnia 2 marca 1999 r. w sprawie warunków technicznych jakim powinny odpowiadać drogi publiczne i ich usytuowanie"*. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 43, pozycja 430.
- [4] *"Rozporządzenie Ministra Transportu i Gospodarki Morskiej oraz Spraw Wewnętrznych i Administracji z dnia 21 czerwca 1999 r. w sprawie znaków i sygnałów drogowych"*. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 58, pozycja 622.
- [5] *"Prawo o ruchu drogowym. Ustawa z dnia 20 czerwca 1997"*. Dziennik Ustaw Rzeczypospolitej Polskiej Nr 98.
- [6] *"Wytyczne projektowania ulic"*. GDDP, Warszawa 1992.