

C. INNOWACYJNA GOSPODARKA TRANSPORTOWA

C.6 TRANSPORT TRAMWAJOWY

C.6.1 LOKALIZACJA TRAS TRAMWAJOWYCH W PLANOWANIU PRZESTRZENNYM ROZWOJU AGLOMERACJI – ASPEKTY EKOLOGII, EKONOMII, ERGONOMII I ENERGII, W TYM POTRZEBA ROZWIĄZAŃ NIEKONWENCJONALNYCH

dr inż. Jeremi Rychlewski

Politechnika Poznańska, Stowarzyszenie Inżynierów i Techników Komunikacji RP

Rola tramwaju w systemie transportu publicznego

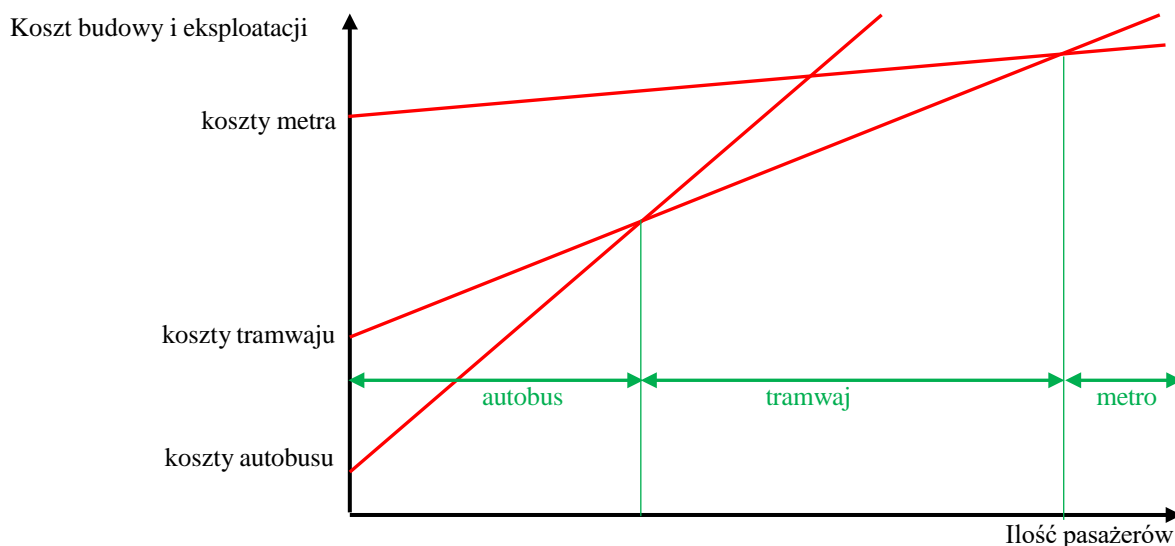
Optymalizacja sieci tramwajowej wymaga zrozumienia roli tramwaju w systemie transportu publicznego – w jakich sytuacjach czy lokalizacjach wskazana jest budowa trasy tramwajowej, a gdzie lepszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie innego środka transportu publicznego. Tramwaj jest pojazdem który wymaga większych nakładów na uruchomienie niż autobus, jest także od niego cięższy, więc przyspieszanie tramwaju wymaga też więcej energii. Z kolei w porównaniu z metrem tramwaj wymaga zdecydowanie mniej nakładów i energii. Z drugiej strony pojazdy szynowe lepiej nadają się do transportu dużej ilości pasażerów – są dłuższe, a dosiadanie się kolejnych pasażerów tylko w niewielkim stopniu zmienia, w przeciwieństwie do autobusu, bilans energetyczny. Opis koniecznych nakładów, wraz z kilkoma dodatkowymi parametrami, dla wybranych środków transportu publicznego pokazano w tabeli 1, a schemat kosztów przeliczony na pasażera na wykresie 1.

Tabela 1. Orientacyjne porównanie istotnych nakładów dla uruchomienia wybranych form transportu publicznego. Podane wartości są uśrednione, mogą istotnie różnić się w konkretnych rozwiązaniach.							
	Autobus	Autobus elektryczny, wodorowy	Trolejbus	Tramwaj klasyczny	Tramwaj szybki	Metro	Szybka Kolej Miejska
Tabor	1,0	1,5	1,0	3,0	3,0	10,0	20,0
Przystanki	Peron, zatoka	Peron, zatoka	Peron, zatoka	Peron	Peron, (schody)	Peron, schody, tunele	Peron, schody
Droga	---	---	---	Torowisko	Torowisko	Torowisko	Torowisko
Trakcja	---	---	sieć	sieć	sieć	3-ci tor	sieć
Trasa	W terenie	W terenie	W terenie	W terenie	W terenie (2poziom)	2poziom	2poziom (w terenie)
Zużycie energii	Odległość	Odległość	Odległość	Rozruch	Rozruch	Rozruch, wyposażenie	Rozruch
Pojemność	1,0	1,0	1,0	2,5	2,5	10,0	14,0
Odległość między przystankami (zal.)	200 400 m	200 400 m	200 400 m	300 500 m	600 1000 m	1000 2000 m	2000 7000 m

Na dużym poziomie ogólności można stwierdzić, że im bardziej dany segment transportu publicznego jest zaawansowany, tym potrzebuje [30]:

- więcej pasażerów,
- większej odległości transportu,
- większej prędkości, zarówno eksploatacyjnej (mniej pojazdów) jak i transportowej

(liczonej „od drzwi do drzwi” czyli od źródła do celu podróży pasażera) [14]. Powyższa zależność dotyczy konkretnych relacji przestrzennych, ale też czasowych. Tramwaj efektywny ekonomicznie w godzinach szczytu i pokrywający swoje koszty eksploatacyjne w pozaszczytowych godzinach dnia może być nieefektywny nocą: mała liczba pasażerów nie tylko da mizerny wpływ z biletów, ale też generować będzie większe niż dla autobusu koszty energetyczne związane z rozpędzaniem tramwaju.



Wykres 1. Progi efektywności trasy autobusowej, tramwajowej i metra w zależności od ilości pasażerów. Rys. własny na podstawie [35].

Potencjalni pasażerowie

Skoro efektywność trasy tramwajowej zależy od ilości pasażerów, to pierwszym elementem analizy jest sprawdzenie ilu pasażerów mogłoby skorzystać z tego środka transportu [3,9]. Innymi słowy dla ilu potencjalnych pasażerów przebieg trasy byłby atrakcyjny. W obecnych warunkach gospodarczo-urbanistycznych przyjmuje się, że tramwaj powinien łączyć obszary zabudowy wielorodzinnej z centrum miasta i innymi dużymi celami podróży. Jednocześnie trasa powinna zapewniać przejazd tramwaju w godzinie szczytu nie rzadziej niż co 6-7 minut, wyłączając krótkie odcinki łącznikowe gdzie mniejsza częstotliwość może być uzasadniona.

Wymownym przykładem niedostatecznej liczby potencjalnych pasażerów jest faktycznie zlikwidowana trasa z Łodzi do Ozorkowa (rys. 2a). Trasa ta przebiega przez tereny leśne oraz podmiejskiej rozproszonej zabudowy, kończąc się w mieście Ozorków. Dopóki stan techniczny linii pozwalał na przejazd tramwaju, utrzymywano jeżdżącą tam linię tramwajową – była ona atrakcyjna dla mieszkańców pomimo małej częstotliwości (co 30 minut, po redukcji prędkości ze względu na stan toru co 40 minut). Koszty naprawy głównej trasy są jednak tak duże (istotną rolę odgrywa odległość z Ozorkowa do Łodzi), że jej odbudowa nie ma uzasadnienia ekonomicznego i szans na sfinansowanie. Jedynie odcinek trasy leżący w Zgierzu, a więc mieście przylegającym do Łodzi, zostanie prawdopodobnie odbudowany.

Innym przykładem jest obwodowa trasa tramwajowa w Ludwigshafen, zbudowana w standardzie premetra (rys. 2b). Ze względu na omijanie celów podróży i utrudnienia w dojeździe na perony zrezygnowano z obsługi tej trasy, pomimo dobrego stanu nawierzchni (pewien wpływ mógł również wyrzucić kryzys gospodarczy w mieście). Tymczasem trasy tramwaju klasycznego przez centrum miasta są nadal obsługiwane i nie ma planów ich zamykania.



Rys. 2a. Tramwaje na obecnie zlikwidowanej trasie Zgierz – Ozorków. Zbyt duża odległość nie uzasadnia odbudowy trasy, zamkniętej ze względu na awaryjny stan toru.

Rys. 2b. Zamknięty przystanek na obwodowej trasie tramwajowej w Ludwigshafen (Niemcy).

Węzły przesiadkowe

Pasażerów mogą tramwajom dowozić również autobusy: podmiejskie, peryferyjne lub lokalne. Linie te obsługują obszary o mniejszej gęstości zaludnienia, bądź poprawiają dostęp dla osób mniej sprawnych [6,7,10,17,33]. Taki system przesiadkowy poprawia efektywność energetyczną i eksploatacyjną, a przez to ekonomiczną i ekologiczną, ale stanowi utrudnienie dla pasażerów (pogarsza efektywność ergonomiczną).

Węzeł przesiadkowy często ma charakter pętli, gdzie z jednej strony kończą bieg linie tramwajowe, a z drugiej autobusowe. Nazwa może być jednak myląca, bo dobrym węzłem przesiadkowym może być kompaktowy wspólny przystanek tras tramwajowej i autobusowej [18] (rys. 3) lub ich poprzeczne przecięcie z dobrymi drogami przejścia między peronami (rys. 4). Można też znaleźć rozwiązania pośrednie, gdzie trasy autobusowe kończą się, a trasa tramwajowa prowadzi dalej, np. Rondo Rataje w Poznaniu, czy (w przypadku metra) stacja Wilanowska w Warszawie. Powstaje oczywiście pytanie na ile trasa tramwajowa, na odcinku na którym jest pozbawiona pasażerów z autobusów, będzie efektywna [10,28,29]. Z drugiej strony lokalizacja pętli na węzle przesiadkowym jest terenochłonna i może utrudnić dostęp do atrakcyjnego z punktu widzenia pasażera obszaru inwestycyjnego.



Rys. 3. Kompaktowy węzeł przesiadkowy na Naramowicach w Poznaniu – 2 jednokrawędziowe perony tramwajowo-autobusowe.



Rys. 4. Przesiadka między autobusami (jadącymi górą) a poprzeczną do nich trasą tramwajową Poznańskiego Szybkiego Tramwaju (dołem), bez miejsca na pętlę.

Nowe trasy tramwajowe zazwyczaj nie tworzą nowych ciągów transportu publicznego, lecz zastępują dotychczasowe trasy autobusowe. Ma to uzasadnienie – duże natężenie ruchu autobusowego udowadnia potencjał danego połączenia dla obsługi tramwajami, a pasażerowie (oraz okoliczne zagospodarowanie terenu) są przyzwyczajeni do transportu zbiorowego. Budowa trasy tramwajowej na osiedle jednocześnie z budową tego osiedla, jak to miało miejsce we Fryburgu Bryzgowijskim [5], w Polsce praktycznie nie występują (może się co najwyżej zdarzyć że nowa trasa zwiększy intensywność zabudowy lub skatalizuje budowę osiedla).

Uruchomienie nowej trasy tramwajowej zazwyczaj oznacza ekonomiczną konieczność skrócenia tras autobusowych – a więc zmiany węzłów przesiadkowych. Wymaga to analizy nowych połączeń, szczególnie ewentualnego zwiększenia liczby przesiadek, których w mieście nie powinno być więcej niż 2 podczas jednej podróży. Istotne mogą być też skutki urbanistyczne takiego działania. Przykładem będzie analiza dla planowanego wydłużenia trasy tramwajowej od pętli Ogrody w Poznaniu [29].

Obecny węzeł przesiadkowy Ogrody stanowi krańcówkę (pętlę) trasy tramwajowej obsługiwanej 4-ma liniami oraz peryferyjnych i podmiejskich linii autobusowych. Przez węzeł przejeżdżają również 3 miejskie linie autobusowe. W rezultacie węzeł Ogrody zapewnia połączenia do wszystkich innych węzłów przesiadkowych Poznania [28]. Dodatkowo wokół węzła rozwinęło się lokalne centrum dzielnicy, ze sklepami i usługami, ale też pobliskim liceum i ogrodem botanicznym wraz z budynkami Uniwersytetu Przyrodniczego.

Przewidziano dwa warianty wydłużenia trasy tramwajowej (rys. 5) – przesunięcie całego węzła o około 800 m bądź wydłużenie trasy o 2-3 km w kierunku granic miasta. Przesunięcie węzła, korzystne ekonomicznie dla organizatora transportu zbiorowego i uwalniające cenne urbanistycznie tereny, oddaliłoby pasażerów podmiejskich autobusów od usług zlokalizowanych przy obecnym węźle – wymagałoby przesiadki na ten krótki odcinek. Powstał też dylemat co zrobić z linią nr 191 – trasowanie jej przebiegiem:

- dotychczasowym zlikwidowałyby połączenie nowego węzła z terenami Piątkowa,
- przez nowy węzeł utrudniłoby dostęp do ważnych usług przy dotychczasowym węźle,
- przez oba węzły zauważalnie wydłużyłoby linię.

Wydłużenie trasy tramwajowej na Smochowice uzasadniałoby wydłużenie jedynie 2 z 4 linii tramwajowych. W rezultacie:

- pasażerowie podmiejskich linii autobusowych uzyskaliby gorszą częstotliwość dojazdu z centrum miasta do węzła;
- konieczne byłoby wytrasowanie 2 nowych obwodowych linii autobusowych dla zapewnienia połączeń z węzłami przesiadkowymi dzisiaj obsługiwanymi miejskimi liniami autobusowymi i tymi liniami tramwajowymi które pozostałyby na dotychczasowej pętli.



Rys. 5. Lokalizacja pętli tramwajowej Ogrody i potencjalne lokalizacje pętli po wydłużeniu trasy tramwajowej. Źródło podkładu z 2020 r.: ZTM Poznań na bazie Openstreetmap.

Pomimo pokazanych w tym rozdziale problemów trasę tramwajową należy wydłużyć. Uzyskanie pełnego efektu trasy, w tym w zakresie 4E, wymaga jednak dobrej analizy skutków, zarówno pozytywnych, jak i negatywnych, i niekiedy podjęcia działań kompensujących uboczne niedogodności.

Dojście na przystanki i wejście na perony

Zasięg oddziaływania przystanku zależy od roli, ale też jakości, transportu zbiorowego [8]. Przyjmuje się, że właściwy zasięg przystanku tramwajowego to 500 m, ale konkurencyjność wobec samochodu wymaga często skrócenia tej odległości do 300-400 m. Z kolei dobra jakość transportu wydłuża zasięg przystanku – dla Poznańskiego Szybkiego Tramwaju konkurencyjną odległością dojazdu jest 600-800 m.

Powyższe odległości należałoby liczyć po linii krzywej, zgodnie z trasą dojścia pieszego [8]. W tym kontekście należy zwrócić uwagę na dojścia na perony – lokalizacja takiego dojścia tylko z jednego krańca peronu może wydłużyć drogę od 40 m do nawet 150 m, znacząco, nawet o 1/3, redukując zasięg oddziaływania takiego przystanku [25]. Zasadą, ostatecznie wpisaną do nowych wytycznych projektowania tras tramwajowych, powinno być zapewnienie dojścia z obu stron i z obu krańców peronu tramwajowego [21,39], z dopuszczeniem odstępstw tylko w uzasadnionych urbanistycznie przypadkach (np. braku zagospodarowania przyległego terenu).

Problem ograniczania dojścia na perony do jednego ich krańca wynika w dużej mierze z modernistycznego planowania przestrzennego, zakładającego trasowanie tras tramwajowych wzdłuż ważnych ulic. W rezultacie pojawiał się konflikt między dbałością o jakość ruchu samochodowego, uzasadnioną wysoką klasą ulicy, a interesem transportu zbiorowego i pasażerów – nieaktualne już rozporządzenie niekiedy zabraniało wręcz budowy dodatkowych dojść. Obostrzenia te były w wielu miejscach przesadne (rys. 6, 7a) [23,26,30], gdyż:

- korzystając z sygnalizacji świetlnej można tak sterować ruchem aby dostęp do peronu nie zakłócał płynności głównych strumieni ruchu samochodowego – szczególnie łatwo taki program sygnalizacji zaprojektować dla jezdni jednokierunkowych i przy braku koordynacji przejść dla pieszych;
- przejścia w oddaleniu od tarczy skrzyżowania są często bezpieczniejsze, gdyż kierowcy mogą skupić swoją uwagę – na skrzyżowaniu zwracają uwagę na wielu użytkowników;
- w wielu miejscach piesi swoim zachowaniem wskazują potrzebę lepszego dojścia (rys. 6b).

Problemem, szczególnie dla osób z niepełnosprawnością ruchową [25], są też dojścia dwupoziomowe. Poprawiają one bezpieczeństwo, ale pogarszają dostępność do peronu, stąd w wielu miejscach są one obecnie uzupełniane o dojścia w poziomie torowiska (rys. 7b).



Rys. 6a. Przejście na drugim krańcu peronu zlikwidowane w latach 80-tych ze względu na klasę ulicy – nominalnie głównej (G).



Rys. 6b. Piesi przechodzą w miejscu niedozwolonym, robią to jednak bezpiecznie i bez zakłócania płynności ruchu. W ten sposób zyskują ok. 100 m.



Rys. 7a. Dojście na peron tramwajowy z obu jego krańców.



Rys. 7b. Dojście na peron z kładki uzupełniono o dojście w poziomie terenu na drugim krańcu peronu.

Jak wykazano w [30], a po części również w [2,12,15,32] dodatkowe przejścia nie usuną wad wspólnego trasowania tras tramwajowych z ulicami wyższych klas, gdyż:

- duże natężenie ruchu samochodowego i koordynacja strumieni będą ograniczały częstość wyświetlania zielonego światła dla pieszych dochodzących na perony;
- na węzłach tramwajowych powyższy problem obejmie również pasażerów przesiadających się [24];
- koordynacja strumieni samochodowych i tramwajowych będzie często rozbieżna;
- węzły sieci tramwajowej będą krytyczne dla przepustowości ruchu samochodowego, ograniczając możliwość stosowania priorytetu tramwajowego;
- stosowane na ulicach wyższych klas skrzyżowania z wyspą centralną również skutecznie ograniczają możliwość stosowania priorytetu dla tramwajów.

W związku z tym należy zmienić paradygmat kształtowania ulic i tras tramwajowych: trasy tramwajowe powinny być prowadzone środkiem obszaru zabudowanego / osiedla, zaś ulice układu podstawowego obrzeżami tych terenów (np. ul. X Radziejewskiego w Poznaniu, zwana potocznie trasą Kórnicką, podobnie trasa Winiarska w Poznaniu). Pozwoli to zapewnić atrakcyjny czasowo, ale też estetycznie [2,20,38] dostęp do przystanków tramwajowych.

Prędkość tramwaju

Na efektywność tramwaju istotny wpływ ma jego prędkość. Można jednak rozdzielić zagadnienie na:

- prędkość handlową oraz eksploatacyjną, istotną z punktu widzenia pasażera, zasięgu oraz ilości taboru i obsługi [13];
- płynność ruchu, mającą wpływ na zużycie energii i spokojność jazdy.

Beim [4] dzieli projektowanie tras tramwajowych na trasy bliskie pasażerowi i trasy szybkie. Optymalnym rozwiązaniem byłoby połączenie zalet tych koncepcji poprzez ograniczenie prędkości tramwaju jedynie w rejonie przystanków. Przystanki wymuszają zatrzymanie tramwajów (z wyjątkiem przejazdów technicznych, które w tym rozważaniu można pominąć), więc spowolnienie przejazdu w ich rejonie, czy to z powodu geometrii trasy, rozjazdów, czy przejść dla pieszych, nie będzie się wiązało z istotną stratą czasu [34]. Poza przystankami tramwaje powinny natomiast jeździć szybko, nawet, o ile jest to uzasadnione odpowiednio dużą odległością między przystankami, ponad 50 km/h (rys. 8a).



Rys. 8a. Dozwolona prędkość tramwaju większa niż dla samochodów.

Rys. 8b. Przejście sugerowane na nowej trasie tramwajowej do Górki Narodowej w Krakowie – na wejściu na peron przystanku.

Dużą prędkość tramwaju można zapewnić, o ile jest taka wola, prawie wszędzie poza ulicami staromiejskiej zabudowy wymagającej wyznaczenia stref zamieszkania [20,30,36]. Do metod zwiększania tej prędkości można zaliczyć:

- trasowanie między przystankami po linii prostej lub z wykorzystaniem łuków o dużych promieniach;
- rezygnację z lokalizowania rozjazdów poza obszarami przystanków oraz integrację węzłów sieci tramwajowej w celu ograniczenia ich liczby [16,22];
- stosowanie pierwszeństwa ruchu tramwajowego, w miejscach większego natężenia ruchu samochodowego sygnalizacji z priorytetem pełnym lub wysokim [11,31], a w razie braku możliwości zastosowania tego priorytetu – rozwiązania dwupoziomowego [37];
- ochronę trasy tramwajowej przed zatorami poprzez separację od ruchu samochodowego w miejscach narażonych na zatory lub blokowanie torowiska przez pojazdy skręcające [1,19,27];
- pierwszeństwo tramwaju nad pieszymi poprzez wyznaczenie, poza obszarem przystanków, przejść sugerowanych zamiast przejść dla pieszych;
- rozszerzenie systemu ITS o przystanki na żądanie – wymagające odpowiednio wcześniejszego sygnalizowania w tramwaju i rozpoznające czy na peronie pasażerowie czekają na tramwaj.

Trasa tramwajowa powinna zapewnić pasażerowi dobrą prędkość „od drzwi do drzwi”, powinna więc biec mniej więcej po linii prostej. Negatywnym, obecnie poprawianym, przykładem jest nieefektywna obwodowa linia U-2 w Wiedniu. Jednocześnie należy jednak pamiętać że linie okrężne mogą być efektywne gdy pasażerowie podróżują na części jej trasy, ale łącznie zapewniają napełnienie na całej długości, np. linia nr 7 w Poznaniu.

Zaletą przyspieszania tramwaju jest również zwiększanie jego zasięgu – długości trasy. Tramwaj został zaprojektowany dla obsługi ruchu miejskiego, z gęsto rozmieszczonymi przystankami i ograniczoną prędkością. Do obsługi bardziej oddalonych lokalizacji (ponad 8 km dla tramwaju klasycznego i 12 km dla tramwaju szybkiego) należy rozważyć metro, kolej metropolitalną i podobne środki transportu rozwijające większe prędkości maksymalne.

Masa tramwaju

Elementem optymalizacji w zakresie 3E (pomijając ergonomię) powinna być też masa tramwaju. Tramwaj musi mieć odpowiednią sztywność aby chronić pasażerów w razie zderzenia, nie ulega jednak wątpliwości że 100 lat temu tramwaje były lżejsze. Oprócz optymalizacji materiałowej można przyjrzeć się, na ile wyposażenie jest konieczne (np. duża ilość informacji pasażerskiej, ekrany dla emitowania reklam) i ile potrzebuje ono dodatkowego sprzętu, np. odpowiednich prądnic. Ciężkim elementem są chociażby systemy klimatyzacji, latem poprawiające komfort, ale czy potrzebne zimą? Można więc przyjrzeć się tym dodatkowym systemom na ile są potrzebne, na ile zarabiają na sobie, na ile wskazane byłoby ich demontowanie w czasie kiedy nie będą używane.

Podobnie można rozważyć dołączanie i odłączanie wagonów doczepnych na końcowych odcinkach tras, jak to jest chociażby stosowane w Berlińskim Woltersdorfie.

Podsumowanie

Cztery opisywane w tym artykule aspekty funkcjonowania transportu tramwajowego, a więc jego efektywność ekonomiczna, energetyczna, ekologiczna i ergonomiczna (4E), są ze sobą powiązane. Tramwaj potrzebuje sporo energii przy rozruchu (rozpędzaniu się) i to zużycie musi być uzasadnione przewozem odpowiedniej ilości pasażerów – tylko wtedy uzyskuje się pożądaný efekt ekonomiczny i ekologiczny.

Nie wystarczy jednak przeprowadzić trasę tramwajową przez obszar gęsto zaludniony – pasażer musi chcieć korzystać z tramwaju poprzez łatwy i bezpieczny dostęp do peronu (ergonomię przestrzenną) i atrakcyjny czas przejazdu. Atrakcyjny czas przejazdu wiąże się z trasowaniem tras mniej więcej po linii prostej oraz z ograniczeniem zatrzymań i spowolnień tramwaju – wpływa to również na poprawę efektywności ekonomicznej poprzez ograniczenie zużycia energii i ilości potrzebnego taboru, wraz z koniecznym personelem.

Efektywna pod względem 4E trasa tramwajowa musi być więc przede wszystkim odpowiednio zaplanowana (dużo pasażerów w zasięgu dojścia, prosty przebieg, odpowiednia lokalizacja przesiadek z linii autobusowych), a następnie wykonana ze starannością (dojścia na perony z każdej strony, inteligentne sterowanie) i odpowiednio utrzymana.

Kształtowanie tras tramwajowych wymaga więc innowacyjności w łączeniu potrzeb pasażera i operatora (organizatora) transportu publicznego zgodnie z regułami 4E. Przykładami innowacji mogą być:

- tworzenie kompaktowych węzłów przesiadkowych,
- inteligentne systemy sterowania ruchem,
- wyznaczanie korytarzy tras tramwajowych poza ulicami, bądź głównymi ulicami,
- wyznaczanie przystanków na żądanie,
- wyznaczanie przejść sugerowanych zamiast przejść dla pieszych,
- ograniczanie liczby węzłów sieci tramwajowej, w tym rezygnację z dwóch węzłów 3- kierunkowych na rzecz jednego węzła 4-kierunkowego,
- ograniczanie masy pojazdów – np. poprzez zdejmowanie systemów klimatyzacji lub różnych gadżetów elektronicznych.

Literatura

- [1] Bauer M., Klimontowska N.: Możliwości przyspieszenia linii nr 50 Krakowskiego Szybkiego Tramwaju. w: Krych A.: Celowość, efektywność i skuteczność projektu transportowego, SITK RP, Poznań 2015, str. 249-268.
- [2] Beim A., Rychlewski J.: Ocena jakości przestrzeni ruchu pieszego na przykładzie śródmieścia Poznania. w: Kaczmarek M., Krych A.: Skuteczne zmniejszanie zatłoczenia miast, SITK, Poznań 2009, str. 236-247.
- [3] Beim M.: Długoterminowe planowanie inwestycji w systemy tramwajowe. Materiały Instytutu Sobieskiego, Warszawa 2012.
- [4] Beim M.: Trzy szkoły planowania tramwajów. <http://www.transport-publiczny.pl>.
- [5] Beim M., Hague M.: Freiburg's way to sustainability: the role of integrated urban and transport planning. Proceedings of Real Corp, 2010.
- [6] Chaturvedi N.: Last-mile connectivity for efficient public transport systems. Praca magisterska TERI University New Delhi, 2015.
- [7] Currie G., Delbosc A.: Exploring the trip chaining behaviour of public users in Melbourne. Transport Policy nr 18/2011, str. 204-210.
- [8] Gadziński J.: Lokalizacja przystanków a konkurencyjność transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej. w: Kaczmarek T. (red.): Transport publiczny w aglomeracji poznańskiej – propozycje usprawnień, Biblioteka Aglomeracji Poznańskiej CBM UAM nr 19, Bogucki, Poznań 2012, str. 69-90.

- [9] Gadziński J., Beim M.: Dostępność przestrzenna lokalnego transportu publicznego w Poznaniu. *Transport miejski i regionalny* 5/2009, str. 10-16.
- [10] Jara-Diaz S. R., Gschwender A., Ortega M.: Is public transport based on transfers optimal? A theoretical investigation. *Transportation Research B* nr 46/2012, str. 808-816.
- [11] Kaczmarek M., Rychlewski J.: Sterowanie zależne od ruchu z priorytetem dla tramwajów na skrzyżowaniu ulic. *Materiały VI Konferencji Naukowo - Technicznej "Transport a rozwój zrównoważony"*, SITK RP, Poznań 2007, str. 455-462.
- [12] Kruszyna M.: Ocena efektów zaawansowanego sterowania ruchem na trasie Łódzkiego Tramwaju Regionalnego. w: Krych A.: *Nowoczesny transport publiczny w obszarach zurbanizowanych*, SITK RP, Poznań 2011, str. 423-434.
- [13] Krych A.: Prędkość normatywna i straty czasu w ruchu tramwajowym. w: Kaczmarek M., Krych A.: *Skuteczne zmniejszanie zatłoczenia ulic*, SITK RP, Poznań, 2009, str. 285-298.
- [14] Krych, A.: Straty i koszty strat czasu w komunikacji publicznej. w: *Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”*, SITK RP, Poznań 2001, str. 229-244.
- [15] Krych A. i inni: Efektywność priorytetów dla ruchu tramwajów w ruchu ulicznym. w: Krych A.: *Nowoczesny transport publiczny w obszarach zurbanizowanych*, SITK RP, Poznań 2011, str. 450-486.
- [16] Kupś R., Majchrzycki A., Rychlewski J.: Wpływ rozjazdów na jakość ruchu tramwajowego. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej* nr 3/2007, str. 183-196.
- [17] Li X., Quadrioglio L.: Feeder transit services: Choosing between fixed and demand responsive policy. *Transportation Research C* nr 18/2010, str. 770-780.
- [18] Makuch J.: Pasy autobusowo-tramwajowe jako rozwiązanie systemowe na obszarze miasta. *Materiały III Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”*, SITK RP, Poznań 2001, str. 257-267.
- [19] Makuch J., Kruszyna M.: Separacyjny model uprzywilejowania transportu zbiorowego na poziomie ulicy. w: *Materiały IV Konferencji Naukowo-Technicznej „Problemy komunikacyjne miast w warunkach zatłoczenia motoryzacyjnego”*, SITK RP, Poznań 2003, str. 321-332.
- [20] Molecki A.: Trasy tramwajowe wbudowane w deptaki atrakcyjną formą urbanistyczną. *Transport Miejski i Regionalny* 6/2006, str. 8-14.
- [21] Molecki B.: Czas dostępu jako miara efektywności przebudowy węzłów komunikacji miejskiej – na przykładzie Placu Grunwaldzkiego we Wrocławiu. w: Woch J., Janecki R., Sierpiński G.: *Współczesne systemy transportowe – wybrane problemy teorii i praktyki*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2009.
- [22] Molecki B.: Dobór rozjazdów tramwajowych a efektywność węzłów komunikacyjnych. w: Krych A., Rychlewski J.: *Wydajność systemów transportowych*, SITK RP, Poznań 2013, str. 243-256.
- [23] Molecki B., Skupień E.: Zachowania pieszych w obrębie dużych skrzyżowań z sygnalizacją świetlną na przykładzie Placu Grunwaldzkiego we Wrocławiu. *Transport Miejski i Regionalny* 6/2010, str. 31-16.
- [24] Plucińska E.: Kształtowanie przesiadek w miejskim transporcie zbiorowym. w: Krych A.: *Celowość, efektywność i skuteczność projektu transportowego*. SITK RP, Poznań 2015, str. 169-182.
- [25] Plucińska E., Rychlewski J., Pawłowski M.: Dostępność infrastruktury jako istotny element modernizacji linii kolejowych. w: *Drogi kolejowe 2023 Jubileuszowa XX Konferencja Naukowo-Techniczna: materiały konferencyjne*. SITK RP, Oddział w Krakowie, Kraków 2023, str. 279-295.
- [26] Rychlewski J.: Accessibility of Public Transport Stops on the Example of the City of Poznań. w: Janecki R., Sierpiński G.: *The Development of Transportation Systems*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2010, str. 341-350.
- [27] Rychlewski J.: Dylematy między współdzieleniem przestrzeni ulicy a separacją różnych jej użytkowników. w: Krych A., Rychlewski J.: *Wydajność systemów transportowych*, SITK RP, Poznań 2013, str. 433-448.
- [28] Rychlewski J.: Kształt sieci transportu publicznego a obligatoryjność przesiadek. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej* nr 20/2015, str. 103-120.
- [29] Rychlewski J.: Kształtowanie sieci transportu zbiorowego na przykładzie Poznania. w: *Horyzont 2050 - lepszy transport & lepsze miasto*, red. Krych A., Rychlewski J., SITK RP 2021, str. 417-432.
- [30] Rychlewski J.: Planowanie tras tramwajowych w miejskiej sieci ulic. *Przegląd Komunikacyjny* 8/2015, str. 63-67.
- [31] Rychlewski J.: Priorytet tramwajowy w Poznaniu. *Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej*, 12/2012, str. 33-60.
- [32] Rychlewski J.: Street classification problems. w: Janecki R., Krawiec S.: *Contemporary Transportations Systems. Selected theoretical and practical problems – Modelling of change in transport subsystems*. Wyd. Politechniki Śląskiej, Gliwice 2011, str. 255-264.

- [33] Rychlewski J., Bul R.: Kolej aglomeracyjna jako podstawowy element systemu transportu publicznego w aglomeracji poznańskiej. w: Kaczmarek T. (red.): Transport publiczny w aglomeracji poznańskiej – propozycje usprawnień, Biblioteka Aglomeracji Poznańskiej CBM UAM nr 19, Bogucki, Poznań 2012, str. 35-48.
- [34] Rychlewski J., Firlik B., Straszewski W.: Wytyczne projektowania torów tramwajowych a obecnie używany tabor tramwajowy. Archiwum Instytutu Inżynierii Lądowej 2017/25, str. 335-355.
- [35] Podoski J.: Transport w miastach. WKiŁ, Warszawa 1985.
- [36] Schmidt M.: Straßenbahnen in Fußgängerzonen. Imove, TU Kaiserslautern, 2008.
- [37] South Yorkshire supertram information. South Yorkshire Passenger Transport Authority, Sheffield 1995.
- [38] Walker J.: Human Transit. Island Press 2011.
- [39] Wytyczne projektowania infrastruktury transportu zbiorowego. Część 3: Projektowanie infrastruktury transportu tramwajowego (WR-D-43-3). Ministerstwo Infrastruktury, Warszawa 2024.