ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2005
Seria: TRANSPORT z. 58 Nr kol. 1688

Eugeniusz DMOCHOWSKI [1]

ZMODYFIKOWANA KOLEJ JEDNOSZYNOWA NADZIEJĄ MIEJSKIEJ KOMUNIKACJI ZBIOROWEJ

Streszczenie. Przedstawiono propozycję takiego zmodyfikowania kolei jednoszynowej (monorail), aby stała się ona alternatywnym dla metra, atrakcyjnym (tanim i bardzo szybkim) środkiem miejskiego transportu zbiorowego, podstawowym w aglomeracjach liczących 0,4 – 1,0 mln mieszkańców i uzupełniającym w wielkich, posiadających już metro, miastach.

THE MODIFIED MONORAIL A HOPE AN URBAN PUBLIC TRANSPORT

Summary. The report presents the proposal of a modification of the monorail. This solution would be un alternative for the underground and attractive (because cheap and very fast) means of an urban public transport. It is applicable in aglomerations of the population between 400 thousands and 1 mln and complementary in large cities that already have the subway.

1. WPROWADZENIE

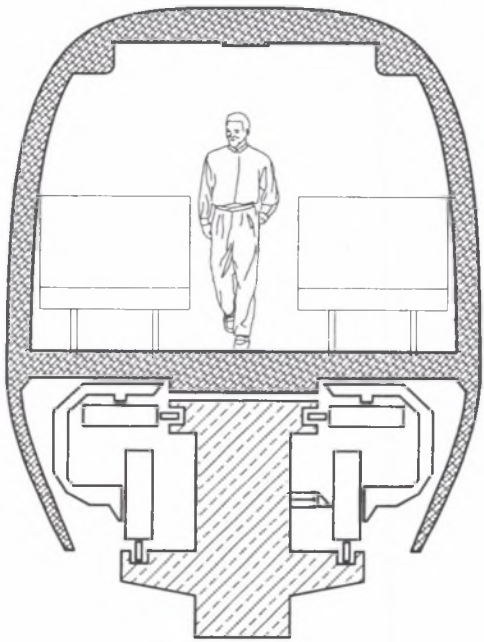
W wielu dużych i średnich miastach coraz większym problemem staje się wzrost zatłoczenia ulic samochodami, zwłaszcza w godzinach szczytu. Stan ten systematycznie się pogarsza, ponieważ wysiłki podejmowane dla poprawy tej sytuacji są niewystarczające i nie nadążają za wzrostem natężenia ruchu. Ilość samochodów wzrasta szybciej, niż przybywa nowych ulic, obwodnic i wielopoziomowych węzłów drogowych. Nie dają pożądanych rezultatów próby rozwiązania problemu przez zwiększenie udziału komunikacji zbiorowej w osobowym transporcie miejskim. Miejska komunikacja zbiorowa jest niezbyt atrakcyjna z powodu małej średniej prędkości komunikacyjnej i z uwagi na stosunkowo wysokie opłaty. Kto tylko może, woli poruszać się po mieście samochodem osobowym jako środkiem szybszym i na ogół tańszym niż tramwaj czy autobus. Przyjęte powszechnie w wielkich miastach świata doskonałe wsparcie i uzupełnienie konwencjonalnej sieci komunikacji tramwajowo-autobusowej w postaci metra nie ma, praktycznie rzecz biorąc, żadnych szans na szerokie zastosowanie, na przykład w Polsce, głównie ze względu na ogromne koszty budowy. Nawet Warszawa ma z budową metra poważne kłopoty finansowe, a mniejszych miast po prostu ani teraz ani w przyszłości nie będzie stać na tak wielki wydatek. Poważną przeszkodą w pozyskiwaniu środków na duże przedsięwzięcia komunikacyjne, takie na przykład jak metro, jest bardzo niekorzystny z reguły ich wskaźnik ekonomicznej efektywności. Inwestycje te zwykle generują straty zamiast przynosić zyski. Nie są w stanie

[1] Eugeniusz Dmochowski, ul. Hermanowska 18 A, 54-314 Wrocław, tel +48 71 357 66 75, e.mail: genekd1@wp.pl

przyciągnąć prywatnych inwestorów, a środki publiczne są z reguły ograniczone i wydatkowane na pilniejsze, doraźne potrzeby.

2. A MOŻE KOLEJ JEDNOSZYNOWA?

Alternatywę dla bardzo drogiego (w budowie) metra może stanowić nadziemna kolejka typu Alweg (od nazwiska szwedzkiego wynalazcy), znana w świecie już od dość dawna pod nazwą „monorail" – jednoszynowa. Przez pojęcie „szyna" należy w tym przypadku rozumieć wspartą na słupach, podłużną wąską belkę nośną, po której porusza się szynowy lub (częściej) kołowy, ale poruszający się po ściśle określonym torze pojazd usytuowany na tej belce „okrakiem". Pojazd ten oprócz metalowych lub pneumatycznych kół jezdnych posiada odpowiedni układ umieszczonych poziomo kół prowadzących [1]. Poniżej pokazano ideowy przekrój poprzeczny kolei jednoszynowej.



Rys.1. Schemat przekroju poprzecznego kolei jednoszynowej
Fig.1. Monorail's cross-section scheme

Budowa kolejki „monorail" jest wielokrotnie (nawet kilkunastokrotnie) tańsza niż budowa metra przy niemal równorzędnym z metrem efekcie przewozowym.

Podobnie jak metro kolej jednoszynowa może przebiegać w mieście prawie niezależnie od istniejącej zabudowy, bez kolizji z wszelkimi innymi użytkownikami terenu, omijając uliczne sygnalizacje świetlne, zatory w godzinach szczytu i inne przeszkody. Może być prowadzona nawet nad niewysokimi budynkami.

Słupowe podpory estakad takiej kolei zajmują niewiele więcej miejsca niż na przykład uliczne słupy oświetleniowe czy trakcyjne. Wąskie, podłużne belki estakad prawie niczego nie zasłaniają, nie psują miejskiego ulicznego „krajobrazu", a mogą nawet stanowić jego urozmaicenie.

Pewną uciążliwość może oczywiście stanowić hałas wywołany szybkim poruszaniem się pojazdów około 6 m nad terenem. Niedogodność ta może być znacznie ograniczona przy zastosowaniu odpowiednich środków zmniejszających hałaśliwość oraz wykorzystując fakt, że podstawowe źródło hałasu, styk koła i nawierzchni, jest z natury rzeczy osłonięte.

3. PRZYCZYNY NIEPOWODZEŃ W UPOWSZECHNIENIU SIĘ MONORAIL'I

Wymienione istotne zalety kolejek typu „monorail" nie znalazły jednak aż tak wielkiego uznania, aby tego rodzaju środek został zastosowany powszechnie w miejskiej komunikacji zbiorowej. Właściwie tylko w Japonii zrealizowano kilka kolejek tego rodzaju o znacznej długości, odgrywających istotną rolę w miejskim transporcie osobowym. Pozostałe, dość liczne realizacje miały przeważnie charakter eksperymentalny, budowano je zwykle jako obiekty o niewielkiej długości w celu i obsługi komunikacyjnej wystaw światowych bądź też jako atrakcje turystyczne w wesołych miasteczkach [2]. Jedyną poważniejszą ostatnio podjętą realizacją jest budowa kilkunastokilometrowej kolejki w stolicy Malezji – Kuala Lumpur.

Prawdopodobnie źródło małej popularności tego wspaniałego, zdawałoby się, środka publicznego transportu miejskiego tkwi w rozproszeniu wysiłków podejmowanych w różnych stronach świata dla budowy bardzo nieraz różnorodnych kolejek. Realizacje są jednostkowe, podejmowane na małą skalę. Powoduje to ogromne koszty wykonania specjalnych projektów oraz budowy unikalnego taboru i urządzeń w małych ilościach. Mimo znacznie mniejszych niż w przypadku metra kosztów budowy samych linii ogólne koszty przedsięwzięć są bardzo wysokie zarówno w sferze projektowej, jak i wykonawczej. Wpływy ze sprzedaży biletów niewiele na ogół przewyższają koszty eksploatacji, dając znikomy zysk, który nie zapewnia zwrotu nakładów, czyniąc takie inwestycje nierentownymi. Zniechęca to całkowicie inwestorów, którzy nie chcą się angażować w ryzykowne przedsięwzięcia.

Drugim powodem niepowodzeń w szerokim zastosowaniu kolei jednoszynowej może też być stosunkowo mała *realna prędkość komunikacyjna*, niezmienna prawie od ponad 40 lat, od kiedy zastosowano w Japonii ten rodzaj kolei po raz pierwszy na większą skalę. Pojęcie *realna prędkość komunikacyjna* jest nowym terminem, który proponuje się wprowadzić dla stworzenia możliwości bardziej wyrazistego porównania efektywności różnych środków transportu miejskiego. Oznacza ono, w odróżnieniu od pojęcia *prędkość komunikacyjna*, uwzględnienie przy obliczaniu prędkości podróżowania po mieście nie tylko czasu postoju pojazdu na przystankach i przed światłami sygnalizacji ulicznej, ale również czasu potrzebnego na dostanie się do pojazdu z ogólnie dostępnego chodnika ulicy, czasu wydostania się z pojazdu do ogólnie dostępnego miejsca oraz czasu oczekiwania na środek transportowy.

4. TRADYCYJNE SPOSOBY POPRAWY SYTUACJI

Trzeba tak zmodyfikować kolej jednoszynową, aby nie tylko budowa jej torów była tania, ale żeby również jej wyposażenie w tabor oraz urządzenia było znacznie mniej kosztowne niż dotychczas.

Trzeba tę kolej zorganizować w sposób zapewniający znaczną przewagę przychodów ze sprzedaży biletów nad kosztami eksploatacji. Uzyskane tą drogą wysokie zyski przeznaczone mogą być na szybką spłatę kredytów zaciągniętych na budowę i wyposażenie kolei lub na wypłatę zachęcających dywidend dla udziałowców.

Ulepszona kolej jednoszynowa musi być dla pasażerów znacznie bardziej atrakcyjna niż wszystkie inne środki miejskiego transportu. Musi być łatwo dostępna, a przede wszystkim powinna charakteryzować się zdecydowanie większą *realną prędkością komunika-*

cyjną niż samochód osobowy i niż tradycyjna komunikacja tramwajowo – autobusowa. Ceny biletów powinny być skalkulowane na poziomie cen biletów autobusów pospiesznych. Tylko wtedy ludzie przesiądą się z samochodów osobowych do tej ulepszonej wersji komunikacji zbiorowej.

Spełnienie pierwszego postulatu będzie możliwe, jeżeli uda się osiągnąć szerokie międzynarodowe porozumienie w sprawie niemal całkowitej unifikacji projektu, taboru, urządzeń i oprogramowania tak, aby możliwa była wielkoseryjna, a więc tania produkcja pojazdów i innych elementów wyposażenia.

Niskie koszty eksploatacji może częściowo zapewnić wykorzystanie okazji, jaką daje budowa całkiem nowego systemu komunikacyjnego, niezależnego od istniejących układów i rozwiązań, opartego w znacznej mierze na ich konstruktywnie krytycznej analizie, wprowadzającego nowe technologie i osiągnięcia w dziedzinie automatyzacji i komputeryzacji. Pełna automatyzacja pozwoli na poczynienie dużych oszczędności na kosztach osobowych i ich pochodnych. Pewne korzystne efekty w zakresie obniżania kosztów eksploatacyjnych może przynieść wdrożenie dwu zasad dających się skrótowo wyrazić: „nie wozić powietrza" oraz „nie wozić balastu". Sprzyjać ma temu stworzenie sieci tras bardzo intensywnie wykorzystywanych, elastyczne dostosowywanie wydajności przewozowej (długości pociągów, częstotliwość kursowania) do aktualnych potrzeb oraz zastosowanie taboru lekkiego, w dużej mierze wykonanego z tworzyw sztucznych i z kompozytów, takiego, który warunki bezpiecznej jazdy zapewnia nie przez masywność pojazdów, lecz w sposób „inteligentny", za pomocą czujników, poduszek powietrznych, dużych ale lekkich stref zgniotu itp.

Znaczne zwiększenie *realnej prędkości komunikacyjnej* nie jest możliwe bez zastosowania radykalnych zmian w funkcjonowaniu obecnie istniejących systemów zarówno metra, jak i tradycyjnych kolei jednoszynowych. Występują obecnie trudne do pokonania bariery. Jedną z nich są stosunkowo małe odległości między przystankami, co powoduje konieczność zatrzymywania nawet na małych stacjach całego pociągu, mimo że tylko niewielka część ogólnej ilości pasażerów wsiada tam lub wysiada. Następuje duże marnotrawstwo energii potrzebnej do częstego ruszania i rozpędzania całego ciężkiego pociągu. Stosowanie dużych przyspieszeń przy ruszaniu pociągu i opóźnień przy hamowaniu w celu skrócenia czasu przejazdu napotyka nie tylko barierę techniczną. Ludzki organizm ma ograniczone możliwości znoszenia tych zjawisk. Nie można zbyt zmniejszać czasu postoju pociągu na stacji w celu poprawienia *prędkości komunikacyjnej*, gdyż może to zmniejszyć bezpieczeństwo pasażerów i spowodować wypadki. Na dostanie się z poziomu ogólnie dostępnego chodnika ulicy na poziom operacyjny kolei (w dół na peron metra lub w górę na peron kolei jednoszynowej) i odwrotnie, na przejście wzdłuż peronu od drzwi wagonu do schodów wyjściowych (lub wejściowych) potrzeba dość dużo czasu. Zmniejsza to *realną prędkość komunikacyjną*, pociągając za sobą zmniejszenie atrakcyjności metra i kolei jednoszynowej w odniesieniu do samochodu osobowego i do autobusu lub tramwaju.

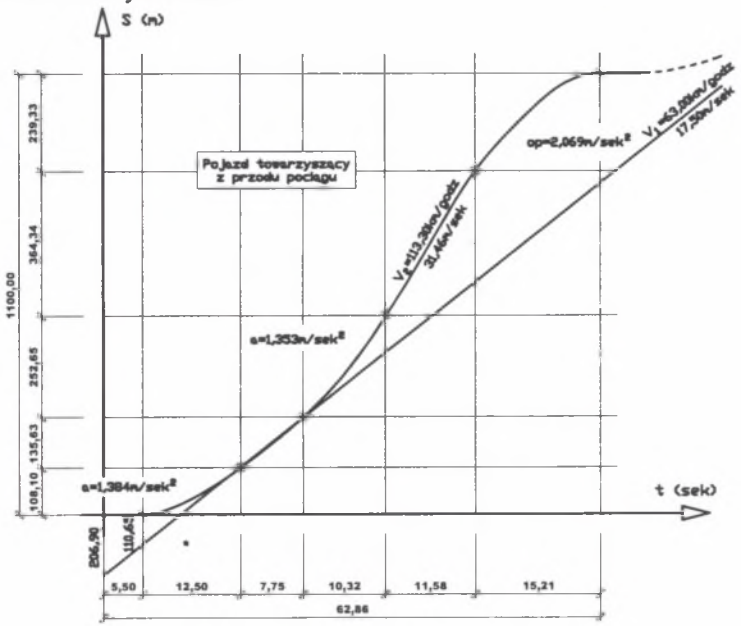
5. NOWATORSKIE ZMODYFIKOWANIE KOLEI JEDNOSZYNOWEJ

Przedstawia się poniżej trzy podstawowe, innowacyjne założenia proponowanej modyfikacji kolei jednoszynowej (również metro mogłoby być w podobny sposób udoskonalone), dającej możliwość zdecydowanego powiększenia, w stosunku do istniejących rozwiązań, *realnej prędkości komunikacyjnej* oraz stwarzającej szansę zaoszczędzenia około 50% energii – jednego z głównych składników kosztów eksploatacyjnych. *Realna prędkość komunikacyjna* zmodyfikowanej kolei jednoszynowej (około 50 km/h) może być nawet około dwukrotnie większa niż realna prędkość komunikacyjna metra (około 23km/h) lub

samochodu osobowego (około 25 km/h) i ponad trzykrotnie większa niż taka prędkość wyliczona dla tradycyjnej komunikacji autobusowo-tramwajowej (około 14 km/h).

Istotą pierwszego założenia (pomysłu) jest doprowadzenie do wsiadania pasażerów do pociągu i ich wysiadania z pociągu „w biegu". Polega to na tym, że cały, duży i ciężki skład pociągu zatrzymuje się tylko tam, gdzie jest to niezbędne, tam gdzie trzeba obsłużyć dużą ilość pasażerów, tzn. na dużych stacjach końcowych i węzłowych. Na małych stacjach pośrednich, o małej ilości wymienianych podróżnych, zatrzymuje się tylko mała, odłączająca się od głównego składu część pociągu – pojazd towarzyszący, który po dokonaniu się wymiany pasażerów pomiędzy daną stacją pośrednią i pojazdem rozpędza się i łączy się z zasadniczym składem pociągu, po czym dokonuje się „w biegu", w czasie wspólnej jazdy, kolejna wymiana pasażerów pomiędzy pojazdem towarzyszącym i zasadniczym składem pociągu. Tym razem jest to wymiana pasażerów nowo przybyłych z tymi, którzy zamierzają wysiąść na następnej małej stacji pośredniej. W ten sposób bardzo energochłonnemu częstemu zatrzymywaniu i ponownemu gwałtownemu ruszaniu ze stacji podlega tylko lekki pojazd towarzyszący głównemu składowi pociągu, pojazd o masie około dziesięciokrotnie mniejszej niż masa całego składu pociągu. To właśnie pozwala na uzyskanie wydatnej oszczędności energii – jednego z głównych składników kosztów eksploatacyjnych.

Drugi pomysł polega na zastosowaniu stacji *bezperonowych* i *bezschodowych,* wyposażonych tylko w szybowe dźwigi osobowe (windy), kursujące pomiędzy poziomem chodników ulicznych i poziomem napowietrznej kolei jednoszynowej. Precyzyjna synchronizacja ruchu dźwigów i wagonów, przy dokładnym, wzajemnie dopasowanym umiejscowieniu drzwi wagonów i drzwi dźwigów, pozwala na bezpośrednie dostawanie się pasażerów z wagonów do środka transportu pionowego i odwrotnie, bez budowania kosztownych i zajmujących dużo miejsca, znajdujących się na znacznej wysokości, peronów i zwykłych lub ruchomych schodów.



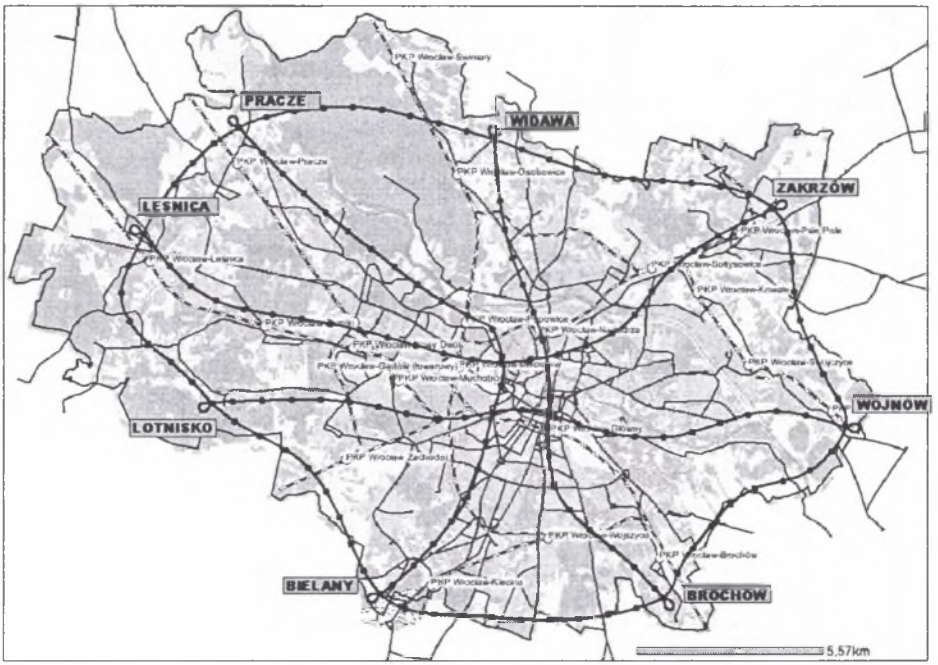
Rys.2. Wykres ruchu pociągu i pojazdu towarzyszącego w rejonie małej stacji pośredniej
Fig. 2. Train and attendant vehicle's displacement-time diagram at the small station

Trzecim pomysłem (założeniem) jest wprowadzenie zasobnikowego (kapsułowego) przemieszczania osób w relacjach: dźwig – pojazd towarzyszący oraz: pojazd towarzyszący – pociąg. Zapewnia to podróżnym (również niepełnosprawnym) bezpieczeństwo i wygodę i pozwala radykalnie skrócić czas postoju pojazdu towarzyszącego na małej stacji pośredniej.

Istotę funkcjonowania małej stacji pośredniej według opisanych trzech pomysłów ilustruje przedstawiony wykres ruchu (rys. 3).

6. PRZYKŁADOWE ROZWIĄZANIE DLA WROCŁAWIA

Dla miasta wielkości np. Wrocławia (około 640 tys. mieszkańców, aglomeracja-około 800 tys.) zaproponować można budowę sieci niezależnych od siebie, krzyżujących się w różnych poziomach, pięciu dwutorowych linii. Cztery z nich przebiegają (w przybliżeniu) ze wschodu na zachód i z północy na południe (zbliżając się do centrum miasta, ale omijając zabytkową zabudowę po jej obrzeżach. Piąta linia jest linią obwodową. Łączna długość tej kolei to około 114 km (4 x 16 km + 1 x 50 km). Średnia odległość między przystankami – około 1,1 km (od ok. 0,8 km w pobliżu centrum miasta do ok. 1,4 km na peryferiach). Taki układ (rys. 3) sprzyja wyraźnemu wyodrębnieniu stacji dużych (węzłowych i końcowych) oraz stacji małych (pośrednich), funkcjonujących w sposób specjalny – „w biegu" i „bezperonowo".



Rys. 3. Przykładowy przebieg tras kolei jednoszynowej we Wrocławiu
Fig. 3. Examplary monorail's lines in Wrocław

W pobliżu stadionów, hal widowiskowych itp. będą stacje „uniwersalne", działające w różny sposób w zależności od potrzeby. Układ taki pozwala na bezpośredni, w zasięgu

pieszego dojścia, dostęp do kolejki około czterdziestu procentom mieszkańców. Przewiduje się, że większość potencjalnych „klientów" kolejki, potrzebujących dostać się do najbliższego przystanku z odległości większej niż np. 800 m, skorzysta z roweru (prywatnego lub komunalnego) jako z ekologicznego i taniego środka transportu uzupełniającego kolej jednoszynową. Tylko stosunkowo nieliczni, lepiej sytuowani mieszkańcy dojeżdżaliby do stacji kolejki (głównie do stacji końcowych) samochodami osobowymi lub wspomagaliby się autobusem bądź tramwajem. Na stacjach końcowych, dla sprawnego manewrowania taborem na oszczędnie wykorzystywanym terenie, przewiduje się specjalne urządzenia: obrotnice i przesuwnice.

7. ZARYS BIZNESPLANU I ORIENTACYJNA KALKULACJA

Przewidziana na około 20 lat (dla jednego miasta, np. dla Wrocławia) budowa systemu wymaga połączonego wysiłku miasta, czynników państwowych i konsorcjum lub silnej grupy kapitałowej albo spółki akcyjnej specjalnie powołanej do wyposażenia i eksploatacji zmodyfikowanej kolei jednoszynowej.

Możliwe są różne wersje programu działania na rzecz zrealizowania tego rodzaju przedsięwzięcia. W jednej z nich, która wydaje się być wersją optymalną, rola miasta będzie polegać na wybudowaniu, kosztem około 1,3 mld zł, wszystkich torów nadziemnej kolei wraz z pozyskaniem terenu pod inwestycję i załatwieniem niewielkiej prawdopodobnie ilości wywłaszczeń i wyburzeń. Tory będą później wynajmowane odpłatnie przedsiębiorstwu (konsorcjum) zajmującemu się eksploatacją.

Pomoc instytucji państwowych polegałaby głównie na udzieleniu preferencyjnych kredytów na budowę i wyposażenie kolejki oraz na przyznaniu konsorcjum np. wakacji podatkowych, przynajmniej na czas, kiedy zyski z eksploatacji pierwszych linii przeznaczane będą na budowę i wyposażenie następnych linii.

Przedsiębiorstwo (spółka, konsorcjum – obejmujące działaniem jedno lub wiele miast), w pierwszej kolejności zakupuje tabor, wyposażenie stacji, urządzenia sterowania ruchem, oprzyrządowanie naprawcze oraz oprogramowanie i sprzęt komputerowy. Na te cele, np. dla Wrocławia potrzeba by było około 1,5 mld. zł w ciągu około 20 lat. Przedsięwzięcie może być finansowane z kredytów lub z wkładów akcjonariuszy zachęconych perspektywą wysokiej rentowności zamierzenia (około 12% rocznie). Budowie każdej następnej linii posłużyć mogą częściowo zyski z eksploatacji linii wcześniej oddanych do użytku.

Orientacyjna kalkulacja przedsięwzięcia (przykładowo dla Wrocławia):

Ilość przewozów (docelowo) – dziennie 800 tys., rocznie 240 mln pasażerów
Roczne wpływy ze sprzedaży biletów: 240mln x 2,50 zł/szt. = 600 mln zł
Roczny koszt eksploatacji (wraz z kosztem dzierżawienia torów): 350 mln zł
Zysk roczny: 600 – 350 = 250 mln zł
Teoretyczny okres zwrotu nakładów: 1500 mln zł / 250 mln zł = 6 lat (16,7 % rocznie)
Przybliżona wielkość wskaźnika IRR (wewnętrzna stopa wzrostu): ~11 % (korzystna)

8. PODSUMOWANIE

Zdecydowana poprawa sytuacji komunikacyjnej w dużych miastach wymaga skłonienia znacznej części użytkowników samochodów osobowych do korzystania z komunikacji zbiorowej. Nie powinno się to odbywać drogą represji i przymusu, przez

rozszerzanie ponad miarę stref zamkniętych dla ruchu, bardzo wysokie opłaty parkingowe i inne podobne restrykcje. Trzeba stworzyć przekonywającą zachętę do podróżowania po mieście transportem publicznym. Obecnie istniejąca miejska komunikacja zbiorowa w zbyt małym stopniu spełnia to zadanie. Nadzieję na radykalną poprawę sytuacji dostrzega się w upowszechnieniu zmodyfikowanej kolei jednoszynowej – środka taniego, bardzo szybkiego, wygodnego i bezpiecznego. Duży udział w osiągnięciu zamierzonego celu może mieć wdrożenie trzech niekonwencjonalnych rozwiązań:

- „wsadzanie" pasażerów do pociągu i ich „wysadzanie" na małych stacjach - „w biegu", za pośrednictwem pojazdu towarzyszącego,
- stacje *bezperonowe* i *bezschodowe* (bezpośrednia komunikacja pomiędzy wagonami i środkami transportu pionowego),
- pojemnikowe (kapsułowe) przemieszczanie pasażerów w relacjach: winda – pojazd towarzyszący oraz: pojazd towarzyszący – pociąg i odwrotnie, wszędzie tam, gdzie dla osiągnięcia dużej *realnej prędkości komunikacyjnej* potrzebne jest wydatne skrócenie czasu operacji przesiadkowych przy zachowaniu pełnego bezpieczeństwa.

Istnieją przesłanki dla ekonomicznego uzasadnienia celowości przedsięwzięcia.

Literatura

1. Schneigert Z.: Koleje niekonwencjonalne. WKiŁ, Warszawa 1971.
2. Akira Nehashi: New Types of Guided Transport. Japan Railway & Transport Revue, Tokio, luty 2001.