

Wykorzystanie systemów transportu linowego w komunikacji miejskiej

Marian Wójcik, Grzegorz Olszyna, Tomasz Rokita

W artykule przedstawiono nowoczesne systemy transportu linowego stosowane w komunikacji miejskiej. Najbardziej popularne i nowoczesne układy kolei napowietrznych i tzw. tramwaju linowego są stosowane w miastach.

Artykuł opisuje możliwość zastosowania transportu linowego, jako systemu komunikacyjnego w ruchu miejskim. Przedstawiono rozwiązania zastosowanych urządzeń transportu linowego w komunikacji miejskiej w Europie i Świecie.

Artykuł recenzowany zgodnie z wytycznymi MNiSW

data zgłoszenia do redakcji: 12.04.2012

data akceptacji do druku: 25.05.2012



dr hab. inż.
Marian Wójcik
prof. AGH, AGH
w Krakowie, Katedra
Transportu Linowego
marianw@agh.edu.pl



mgr inż.
Grzegorz Olszyna
AGH w Krakowie,
Katedra Transportu
Linowego
olszyna@agh.edu.pl



dr inż. Tomasz Rokita
AGH w Krakowie, Katedra
Transportu Linowego
rokitom@agh.edu.pl



1. Kolej linowa w Lizbonie, źródło: [8]

W przepelnionych samochodami dużych aglomeracjach miejskich oraz centrach turystycznych miast coraz częściej samochód staje się „nieruchomy” tkwiąc w popularnych „korkach”. W takich sytuacjach należy postawić sobie pytanie: czy nadszedł już koniec bezgranicznej swobody i możliwości poruszania się człowieka samochodem?

W odpowiedzi na tak postawione pytanie dalekowzroczni i odpowiedzialni urbanisci miejscy i menadżerzy rozwoju miast wprowadzają strefy ograniczonego ruchu kołowego w centrach miast lub wręcz za-

mykają te centra dla ruchu samochodowego. Powszechnie stosowane systemy komunikacji zbiorowej wydają się rozwiązywać problem tylko częściowo. Burzliwy rozwój urbanistyczny, jaki obserwujemy w ostatnim ćwierćwieczu, spowodował wzrost zapotrzebowania między innymi na wydajne i bezpieczne środki transportu.

W ostatnich latach w Europie i na świecie popularnymi środkami komunikacji miejskiej stają się między innymi urządzenia transportu linowego. Są one przyjazne dla środowiska, bezpieczne oraz coraz lepiej dostosowane do rosnących potrzeb użytkowników. Celem niniejszego artykułu jest przybliżenie rozwiązań urządzeń linowych, które mogą spełniać rolę środków komunikacji w aglomeracjach miejskich.

Przykłady miejskich kolei linowych

W wielu miastach Europy i świata spotykamy koleje linowe spełniające funkcje komunikacyjne bądź widokowo-rozrywkowe.

W Polsce do miejskich kolei o charakterze widokowo-turystycznym można zaliczyć koleje na Szyndzielnię w Bielsku-Białej, Gubałówkę w Zakopanem, czy na Górę Parkową w Krynicy. Wiele kolei funkcjonujących w miastach spełnia funkcje transportowe pomiędzy centrami miast a rejonami parków rozrywki i wypoczynku, ogrodów zoologicznych czy obiektów sportowych. Typowym przykładem kolei o charakterze widokowo-turystycznym jest instalacja wybudowana w Grenoble (Francja) na górę Bastylę leżącą w granicach administracyjnych miasta. Tereny parku rozrywki Montjuïc w Barcelonie są połączone z centrum miasta koleją linową gruntownie przebudowaną przed olimpiadą. Przykładem kolei widokowej w mieście jest wybudowana wzdłuż wybrzeża kolej gondolowa w Lizbonie. Kolej tę wybudowano w związku ze Światową Wystawą EXPO'98 (fot. 1). Najnowsze koleje linowe wybudowane na terenach miast europejskich to kolej gondolowa na terenach Wystawy Ogrodniczej w Monachium BUGA,

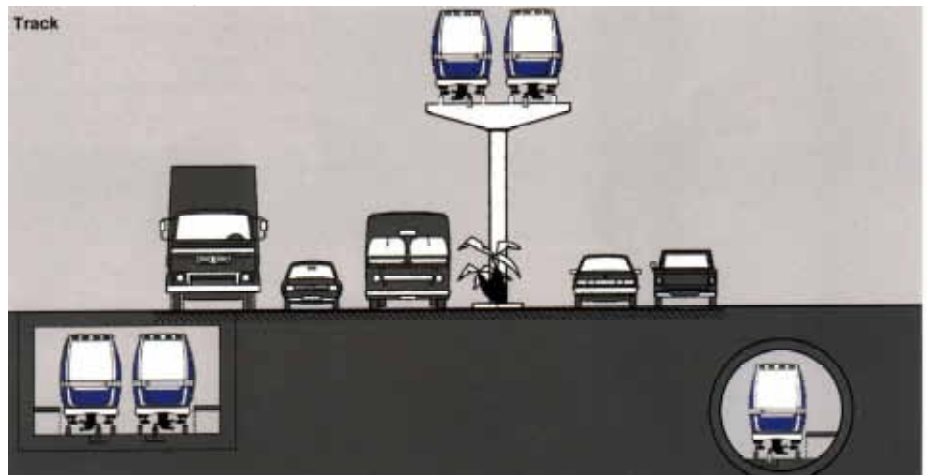
kolej w nadmorskim Rostocku [2], czy kolej przez Ren w Koblenji.

Zdolność przewozowa kolei napowietrznych zależy od wielu parametrów technicznych zastosowanego systemu, ale może osiągnąć obecnie wartość nawet 4000 osób/godz. Obserwowany postęp techniczny w rozwoju różnorodnych systemów kolei linowych sprawia, że wspomniana powyżej zdolność przewozowa będzie wzrastać.

W ostatnich latach w krajach Afryki Północnej (Algieria) czy Ameryki Południowej (Kolumbia, Brazylia, Argentyna) wybudowano szereg kolei linowych służących bezpośrednio do komunikacji miejskiej. Obserwując kolejne realizacje linowych systemów transportowych należy stwierdzić, że systemy te coraz lepiej i częściej rozwiązują problemy komunikacyjne miast wspomagając klasyczne systemy komunikacji autobusowej, czy tramwajowej.

Tramwaj linowy

Protoplastą miejskiego tramwaju linowego jest system w San Francisco z XIX wieku do dzisiaj funkcjonujący w swojej historycznej formie. Tramwaj ten jest jedną z największych atrakcji turystycznych tego miasta. Natomiast napowietrzne koleje linowe z kabinami wyprzęganymi stworzyły podstawę techniczną dla budowy systemów miejskiej kolei z wyprzęganymi pojazdami poruszającymi się po konstrukcji jezdnej [3]. Periodyczne podjeżdżanie na przystanki pojazdów tej kolei w bardzo krótkich odstępach czasowych daje możliwość uzyskania wysokiej zdolności przewozowej. System tramwaju linowego w założeniu nie koliduje z normalnym ruchem kołowym ponieważ pojazdy poruszają się po specjalnej konstrukcji jezdnej ułożonej nad drogami komunikacyjnymi lub pod nimi (rys. 2). Na podstawie analizy kosztów przeprowadzonej w ramach pracy [4] stwierdzono, że koszty eksploatacyjne tramwaju linowego w stosunku do innych środków komunikacji miejskiej są bardzo konkurencyjne. W tabeli 1 zamieszczono porównanie kosztów na podstawie prac Uniwersytetu Technicznego w Wiedniu [4].



2. Możliwości usytuowania tramwaju, źródło: [3]

Charakterystyka systemów tramwaju linowego

Tramwaj linowy może występować w dwóch rozwiązaniach:

- z niewyprzęganymi z liny napędowej pojazdami, gdzie zatrzymanie pojazdu wymaga zatrzymania liny napędowej;
- z wyprzęganymi samoczynnie na przystankach pojazdami, gdzie wyprężanie oraz wprężanie pojazdów do liny odbywa się samoczynnie, a lina napędowa porusza się ze stałą prędkością.

Trasę tramwaju linowego stanowi konstrukcja jezdna, umieszczona na gruncie, estakadzie bądź w tunelu. Konstrukcja ta jest wykonana z profili metalowych w formie kratowej, co sprawia że całość toru jezdnego jest bardzo wytrzymała, a jednocześnie bardzo lekka.

Dobór jednego z rozwiązań układu torów jest uzależniony od rodzaju tramwaju linowego oraz od jego zdolności przewozowej, jak również od długości trasy. Ze względu na potrzebę uzyskania znacznie większej zdolności przewozowej, w tramwajach linowych stosuje się układ o dwóch torach jezdnych, z wieloma pojazdami.

W wersji rozwiązania z pojazdami niewyprzęganymi lina napędowa jest połączona z wagonami za pomocą wpręgieł stałych. Sterowanie prędkością tramwaju, zatrzy-

mywanie oraz rozruch pojazdów odbywa się poprzez sterowanie napędem. Tramwaj linowy wymaga na przystankach drzwi peronowych. Wygodne wsiadanie i wysiadanie jest możliwe dzięki wyrównaniu płaszczyzn peronów i podłogi pojazdów. Do przystanków usytuowanych nad terenem pasażerów transportuje dźwig osobowy lub schody ruchome.

W systemach tramwaju linowego można stosować pojazdy o budowie modułowej. Na jeden moduł (rys. 3) wchodzi 5 wagonów po 32 osoby, co daje łączną możliwość transportu w jednym module 160 osób. Tramwaj linowy może poruszać się z prędkością od 0÷45 km/godz.

W drugiej wersji rozwiązania tramwaju linowego pojazdy są samoczynnie wyprężane i wprężane do liny napędowej na przystankach trasowych.

W polu widzenia z przystanków znajdują się zwykle dwa pojazdy jeden nadjeżdżający i jeden już odjeżdżający. Minimalne odstępy kursowania pojazdów co ok. 35 sekund gwarantują zdolność przewozową około 3000 osób na godzinę w obu kierunkach jazdy.

Po wejściu wszystkich pasażerów drzwi samoczynnie zamykają się, pojazd, jest przyspieszany, a po osiągnięciu prędkości liny wprężany na linę i tak przebywa drogę do następnego przystanku, gdzie cykl powta-



3. Tramwaj linowy (pojazd modułowy) o pojemności 160 osób, źródło: [3]



4. Przykład zastosowania tramwaju linowego na lotnisku w Birmingham w Wielkiej Brytanii, źródło: [5]



5. Widok trasy „Minimetro” w Perugii, źródło: [6]

rza się. Poza szczytowymi okresami ruchu pasażerskiego, przy zmniejszonej frekwencji podróży, można dowolnie zmniejszać liczbę pojazdów w obiegu.

Pojazdy mają bardzo prostą, lekką konstrukcję. Odległość pomiędzy pojazdami ustalana i kontrolowana jest automatycznie przez system. Zasada ta została zaczerpnięta z kolei linowych napowietrznych z kabinami wyprężanymi z liny.

Dzięki niewielkim wymiarom gabarytowym przystanków i innych zespołów system ten daje się łatwo zintegrować z istniejącą zabudową. Omawiany system ma możliwości pokonywania zakrętów przy pełnej pręd-

kości o minimalnym promieniu 30 m oraz odcinków pochyłych o nachyleniu do 15%.

System tramwaju linowego jest szczególnie przyjazny dla środowiska, jeździ bez emisji tzn. bez hałasu, bez spalin, cechuje go niezwykle oszczędne wykorzystanie powierzchni. Centralny napęd liny znajduje się z reguły na końcu odcinka w wytłumionej stacji napędowej.

Modułowa forma budowy systemu umożliwia obok bezkolizyjności i braku przeszkód ze strony innych systemów komunikacyjnych późniejszą dobudowę w istniejącą infrastrukturę. Zdolność przewozową systemu tramwaju linowego można porów-

nać z 3-minutowym odstępem kursowania autobusu przegubowego z 100 miejscami względnie 5-sekundowym odstępem kursowania samochodu osobowego z 4 podróżującymi pasażerami; bez przeszkód w obu kierunkach jazdy. Dzięki krótkim odstępom kursowania pojazdów można przyjąć że system ten działa w sposób ciągły.

Przykłady zastosowań tramwaju linowego

Poniżej podano znane z Europy i świata przykłady eksploatowanych systemów tramwaju linowego.

Instalacja zlokalizowana przy porcie lotniczym w Birmingham zapewnia bezpośrednie połączenie pomiędzy siecią transportu miejskiego a terminalem portu lotniczego (fot. 4).

System ma trasę o długości 585 m, na którą składają się dwie niezależne linie tramwajowe. Po każdej z tras porusza się dwuczłonowy pojazd o pojemności 54 osób. Całość sterowania jest w pełni zautomatyzowana, a pojazdy na trasie poruszają się z prędkością 36 km/godz., co daje zdolność przewozową 1608 osób na godzinę w jednym kierunku. Dzięki „SkyRail” pasażerowie przemieszczają się do portu lotniczego Airport Stadion w ciągu 91 sekund.

Lotnisko w Toronto w 2004 roku wyposażono w system tramwaju linowego łączącego terminale. Trasa długości 1473 m posiada 3 stacje i zdolność przewozową 2150 osób/godz. przy średniej prędkości pojazdów 43,2 km/godz. Wcześniej ten system o długości około 3,5 km zastosowano na lotnisku w Mexico City.

Typowo miejskim zastosowaniem tramwaju linowego w jest tzw. „Minimetro” w Perugii (Włochy). System ten ma długość 3015 m, 7 przystanków, 25 pojazdów poruszających się z prędkością 25,2 km/godz. i zdolność przewozową 3000 osób/godz.. „Minimetro” zostało oddane do użytku w styczniu 2007 r. (fot. 5).

W 2010 roku otwarto do komunikacji publicznej tramwaj linowy w Wenecji łączący wyspę Tronchetto z placem Piazzale Roma. System nazwany jako „People Mover” (fot. 6) jest eksploatowany przez 17 godzin na dobę, a trasa usytuowana jest średnio 5 metrów nad terenem na konstrukcji stalowej. Na trasie o długości 830 m poruszają się 2 moduły (50 osobowych) z 4 pojazdami. Prędkość jazdy wynosi 29 km/godz., a zdolność przewozowa 3000 osób/godz. Pojazdy ze względu na ograniczone miejsce dla zabudowy trasy poruszają się po jednym torze z tzw. „mijanką”.

Ostatnio do użytku publicznego system tramwaju linowego został oddany na lotnisku w Frankfurt nad Menem.

Podsumowanie

W ostatnich latach obserwuje się w wielu miastach Europy coraz liczniejsze przykłady szerokiego zastosowania urządzeń linowych do celów komunikacyjnych. Nowe rozwiązania techniczne urządzeń linowych przeznaczonych do transportu osób stwarzają coraz większe możliwości techniczne zastosowania tych urządzeń w komunikacji.

Z racji braku kolizji z ruchem ulicznym, który może odbywać się normalnie, systemy transportu linowego mogą stanowić doskonałe uzupełnienie systemów komunikacji miejskiej, konkurując w ograniczonym zakresie z metrem. Ostatnie stwierdzenie dotyczy głównie systemów tzw. tramwaju linowego. Obserwując kolejne zastosowania tych systemów w postaci kolei linowych czy tramwajów linowych należy stwierdzić, że obszar zastosowania tych systemów ciągle się zwiększa.

Napowietrzna kolej kabinowa w Medelin (Kolumbia) funkcjonując przez 22 godziny na dobę spełnia rolę głównego środka komunikacji miejskiej. Podobną rolę spełniają koleje wybudowane w ostatnich latach w Algierii. Tramwaje linowe w Perugii (tzw. minimetro) i w Wenecji są trwałym nowoczesnym elementem systemu komunikacji.



Materiały źródłowe

- [1] Doppelmayr A., Rokita T., Wójcik M.: Nowe systemy miejskiej sieci linowej, Zeszyty Naukowe KTL-AGH, Kraków 2000, nr 20 s. 94-104
- [2] Wójcik M.: Koleje linowe w Europie i na świecie. Zeszyty Naukowe KTL-AGH, Kraków 2000, nr 20 s. 14-30.
- [3] Veronesi D.: Innovation in rope transport systems, Sistemi di trasporto. Congress 23.10.2003, Politecnico di Torino
- [4] Fischer W.: Die Analyse der Bau und Betriebskosten des DCC im Vergleich Diplomarbeit am Institut für Transportwirtschaft, Technische Universität Wien, 1994
- [5] Strona internetowa <http://www.hows.org.uk>, dostęp 05.03.2012
- [6] Strona internetowa <http://www.minimetrospa.it>, dostęp 05.03.2012
- [7] Strona internetowa <http://www.apmvenezia.com>, dostęp 05.03.2012
- [8] Strona internetowa <http://fotolizbona.pl>, dostęp 05.03.2012



6. Tramwaj linowy „People Mover” w Wenecji, źródło: [7]

Tab.1: Porównanie kosztów eksploatacyjnych

Środek komunikacji	Liczba miejsc	Koszt przejazdu w EURO/km	Koszt przejazdu w EURO os./km
Tramwaj linowy	30	1,02	0,03
Autobus miejski	27	3,15	0,10
Autobus przegubowy	125	4,36	0,03
Autobus	50	3,30	0,04
Tramwaj	182	14,20	0,07

Źródło: Opracowanie własne na podstawie [4]