

Tomasz Magiera<sup>1</sup>

# NAPOWIETRZNE KOLEJE LINOWE JAKO CZĘŚĆ SYSTEMU KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Napowietrzne koleje linowe po raz pierwszy zostały wprowadzone jako część komunikacji miejskiej w dwóch miastach Ameryki Południowej. W artykule przedstawiono dwa rozwiązania miejskich systemów transportowych z udziałem kolei linowych, ich wpływ na lokalny transport oraz korzyści z nich płynące.

## Wprowadzenie

System komunikacji publicznej, szczególnie w dużych miastach, ma istotny wpływ na codzienne życie wielu mieszkańców. Niezawodność środków transportu pod względem technicznym oraz czas przejazdu i ich punktualność powinny być priorytetami przedsiębiorstw świadczących usługi przewozowe. Niestety, nie wszystkie te założenia da się spełnić, żeby uzyskać całkowite zadowolenie klienta.

Inwestowanie przedsiębiorstw komunikacyjnych w nowy tabor zdecydowanie wpływa na jakość komfortu jazdy, a rozwiązania techniczne wykorzystane w najnowszych autobusach i tramwajach podnoszą poziom bezpieczeństwa podróży. Działania te w prosty sposób zaspokajają zapotrzebowanie klientów na poprawę jakości podróży, jednakże drugą kwestią jest czas przejazdu oraz punktualność środków komunikacji miejskiej, która nie zawsze zależy od firm świadczących usługi transportowe.

W godzinach szczytu większe miasta są zakorkowane, a podróż przepelnionymi autobusami nie należy do przyjemności. Punktualność, szczególnie środków transportu, które współdzielą pas ruchu z innymi samochodami, już w pierwszych porannych kursach często zostaje zaburzona. Rozwiązaniami, które sprawdzają się w większych miastach, są m.in. tzw. bus-pasy, po których kursują jedynie środki transportu publicznego oraz taksówki. Jednakże nie wszędzie na trasie autobusów istnieje możliwość, aby te pasy powstały – za przykład służyć mogą mosty lub ulice, których, ze względu na zbyt bliską odległość od budynków, nie da się poszerzyć. W wyniku tego autobusy muszą uczestniczyć w ruchu z innymi samochodami, co w godzinach szczytu powoduje niejednokrotnie wydłużenie czasu podróży nawet do 50%.



Fot. 1. Poranny ruch w Krakowie (Zdjęcie: Tomasz Magiera)

Najczęściej proponowanymi rozwiązaniami transportowymi, które nie są kolizyjne z innymi środkami komunikacji, są metro oraz pociągi podmiejskie łączące głównie duże aglomeracje.

Powstanie metra wiąże się z potrzebą bardzo dużych nakładów finansowych i czasowych. Dodatkowo inwestycja w miastach o wielowiekowej tradycji obciążona jest dużym prawdopodobieństwem znalezienia archeologicznych odkryć, co może przyczynić się do wydłużenia czasu powstania infrastruktury. Sam proces budowy, mimo iż wykonywany głównie pod ziemią, nie pozostaje bez wpływu na komunikację naziemną (np. utrudnienia komunikacyjne podczas budowy drugiej linii metra w Warszawie).

Podmiejska kolej dobrze spełnia swoje zadania w zakresie dowozu pasażerów do dużych miast, jednakże, jeżeli w miastach nie ma rozwiniętej infrastruktury kolejowej, to nie może ona być brana pod uwagę jako alternatywny środek transportu wewnątrz miasta.

Zatem, czy nie należy rozwiązywać problemów transportu miejskiego w miejscach, w których one faktycznie występują?

Jedną z takich propozycji jest implementacja środków do przewozu ludzi, które będą wspomagać już istniejący system komunikacji publicznej. Do takich rozwiązań możemy zaliczyć transport linowy, który kojarzony jest głównie z wypożyczynkiem zimowym, a jednocześnie staje się coraz bardziej doceniany przez władarzy dużych miast na świecie.

W artykule zostaną przedstawione dwa rozwiązania wdrożeń kolei linowych do istniejącego systemu komunikacyjnego na przykładzie miast, które jako pierwsze je wprowadziły.

<sup>1</sup> Mgr inż., Akademia Górniczo-Hutnicza w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Transportu Linowego, magiera@agh.edu.pl

## Kolej linowa w Caracas (Wenezuela) [6]

Miasto o populacji ok. 1,8 miliona osób, które geograficznie położone jest w dolinie i na zboczach otaczających ją gór. Mimo bardzo rozbudowanego systemu transportu publicznego, który zapewniony jest przez autobusy, minibusy oraz linie metra, miasto miało problem z odpowiednim skomunikowaniem niektórych dzielnic, szczególnie tych leżących na zboczach wzgórz. Komunikację dla obszarów zwanych *barrios*, zamieszkałych przez biedniejszą część społeczeństwa, przez wiele lat zapewniały jedynie minibusy. Niska cena ropy (ok. 12 gr/litr) przyczyniła się do tak dużego natężenia ruchu, że szybka komunikacja wewnątrz dzielnic stała się prawie niemożliwa. [3], [5]

W celu podniesienia standardu życia władze lokalne wprowadziły w jednej z dzielnic tzw. system transportu za pomocą liny (tzw. CPT – Cable Propelled Transit) – w tym przypadku zespół napowietrznych kolei linowych.

Firma Doppelmayr na potrzeby przedsiębiorstwa Caracas Telecabine zaprojektowała i uruchomiła cztery koleje linowe połączone w jeden system. Wdrożonym typem urządzeń było tzw. rozwiązanie kolei jednolinowej z przegłami rozłącznymi (MDG – mono detachable grip), którego zaletą są stosunkowo niskie koszty oraz łatwość w sterowaniu wydajnością godzinową.



Fot. 2. Metro linowe w Caracas (Zdjęcie: Steven Dale – udostępnione na licencji Creative Commons)

Cztery koleje linowe, połączone ze sobą pięcioma stacjami (dwie stacje główne i trzy pośrednie), umożliwiają szybki transport wewnątrz dzielnicy oraz połączenie z już istniejącymi liniami metra. Na każdej stacji istnieje możliwość wyjścia i wejścia do gondoli, bądź kontynuowania podróży do następnego przystanku. Pojazdy gondole mogą pomieścić dziesięć pasażerów, mając po osiem miejsc siedzących i dwa stojące.

Długość całego systemu wynosi 1,8 km, natomiast maksymalna założona zdolność przewozowa jest na poziomie 3000 osób/godzinę. Koleje linowe poruszają się ze stałą prędkością równą 5 m/s, czyli 18 km/h. [1]

Innowacyjnym rozwiązaniem technicznym zastosowanym przez inżynierów firmy Doppelmayr było wprowadzenie

nie zakrętów kolei linowych o kącie 90°, co spowodowało bardzo dobre dopasowanie całego systemu – czterech kolei linowych do otaczającej ją infrastruktury. Na stacjach pośrednich zamontowano podwójne koła napędowe, które dzięki połączeniu z jednostką przekazującą napęd, zapewniają ruch gondoli na dwóch kolejach. Pozwoliło to na zredukowanie liczby jednostek napędowych do dwóch sztuk, co zdecydowanie przełożyło się na koszt inwestycji (ok. 2 milionów USD). Rozwiązanie to dodatkowo zmniejszyło złożoność oraz rozmiar instalacji całego systemu.



Fot. 3. Metro linowe w Caracas – stacja z podwójnym kołem napędowym (Zdjęcie: Steven Dale – Udostępnione na licencji Creative Commons)

Usytuowanie napędów w dwóch stacjach kątowych nie tylko wpływa na zmniejszenie kosztów systemu, ale przy jakiegokolwiek awarii jednej z kolei istnieje możliwość dalszej eksploatacji drugiego odcinka poprzez przekierowanie gondol z powrotem na tok powrotny tej samej kolei. Dzięki temu przy awarii jednej części systemu kolej nie jest unieruchamiana w całości, a jedynie częściowo.

Zastosowanie rozwiązania kolei MDG powoduje, że na każdej stacji gondole są wypręgane i poruszają się dzięki przenośnikowi ze specjalnymi kołami gumowymi, które poprzez siły tarcia przesuwiają kabiny od strefy wysiadania do strefy wsiadania. Prędkość ok. 0,3 m/s umożliwia bardzo łatwe wejście i wyjście z gondoli, a równe poziomy peronu i pojazdu pozwalają na bezproblemowe poruszanie się osób niepełnosprawnych lub starszych. [1]

Największym wydatkiem poniesionym podczas budowy były budynki, w których znajdują się stacje. Oprócz urządzeń stacyjnych zainstalowanych w nich – budynki są



Fot. 4. Metro linowe w Caracas – peron stacji (Zdjęcie: Steven Dale – Udostępnione na licencji Creative Commons)

kompleksami – znajdują się w nich także obiekty użyteczności publicznej (m.in.: przedszkola, szkoły, przychodnie, dentyści, sklepy handlowo-usługowe itp.). Koszt całego systemu wyniósł ok. 265 mln dolarów amerykańskich, przy czym sam system kolei linowych kosztował tylko 18 milionów USD (nie wliczając budynków stacyjnych oraz badań poprzedzających powstanie kolei linowej). Wydatki na stację możemy oszacować na ok. 15–20 milionów USD, co w sumie daje ok. 35 milionów USD całkowitego kosztu inwestycji.

W oparciu o własne doświadczenia, władze Caracas w przyszłości planują włączyć kolejnych siedem kolei linowych w system komunikacji miejskiej.

### Kolej linowa w Medellin (Kolumbia) [6]

Miasto pod wieloma względami jest bardzo podobne do Caracas. Charakterystyczne położenie zabudowań w dolinie i na zboczach otaczających ją gór również wymusiło na władzach miasta inwestycje w niekonwencjonalne środki transportu. Duży dysonans społeczny pod względem ilości posiadanych środków finansowych przekłada się na warunki życia ludności. Dzielnice, które zostały skomunikowane systemem kolei linowych zamieszkałe były przez najbiedniejszą część społeczeństwa, gdzie bezrobocie sięgało nawet 90%, a duży wskaźnik przestępczości był odbierany jako rzecz naturalna.

Plan usprawnienia komunikacji miejskiej za pomocą kolei linowych powstał w 2001 roku, jednakże inwestycja została zrealizowana dopiero pięć lat później. W roku 2006 powstała pierwsza część systemu nazwana „The Metrocable” (nazwa taka sama jak w Caracas), co możemy przetłumaczyć, jako „metro linowe”. Cały system został zaprojektowany i zbudowany w kooperacji przez grupę Leitner-Poma, a wszystkie koleje linowe są typu MDG. [2], [3]

Pierwszą linią, która połączyła istniejący system metra podziemnego z dzielnicą Santo Domingo była tzw. Linea K.

Linea K posiada cztery stacje, które położone są na długości 1,8 kilometra. Całkowity koszt powstania tej linii, uwzględniając elementy elektromechaniczne kolei oraz budynki stacyjne, wyniósł ok. 26 milionów USD.

Powstanie pierwszej kolei linowej w dzielnicy Santo Domingo z perspektywy czterech lat można uznać za sukces i to nie tylko pod względem komunikacyjnym. Powstanie Linea K wpłynęło na zdecydowany rozkwit lokalnej gospodarki w dzielnicy. Zatrudnienie mieszkańców wzrosło o 300%, przestępczość zdecydowanie spadła, a wzdłuż kolei powstały placówki bankowe i wiele innych punktów usługowo-handlowych.

Dwa lata później powstała druga linia kolei linowej łącząca dwie mniejsze dzielnice na zachodzie miasta z systemem metra podziemnego i została ona nazwana Linea J. Dzielnice La Aurora i Vallejuelos nie są tak gęsto zaludnione jak Santo Domingo, co przekłada się na mniejsze zapotrzebowanie pod względem wydajności godzinowej tego systemu i sprawia, że do tego środka transportu nie ma kolejek.

Cała Linea J ma długość 2,7 km i posiada również cztery stacje, tak jak pierwsza kolej gondolowa w Medellin. Koszt

całej inwestycji wyniósł ok. 48 milionów USD, co obejmuje głównie inwestycje związane z budynkami stacyjnymi.

Najnowszą inwestycją w systemie The Metrocable jest Linea L, zwana również Arvi Cable. Nie jest ona bezpośrednio połączona z istniejącą komunikacją miejską, a jedynie za pomocą Linea K.

Powstanie gondoli Arvi Cable na początku miało za zadanie połączenie miasta z parkiem Arvi, który leży na terenach górzystych otaczających Medellin. Wcześniej obszary te, ze względu na stosunkowo utrudniony dojazd i dość duże koszty z nim związane, były dostępne jedynie dla bogatszej części społeczeństwa. Obecnie za małą kwotę można dostać się na wzgórze parkowe i czerpać przyjemność z obcowania z naturą.



Fot. 4. Linea K (Zdjęcie: Steven Dale – udostępnione na licencji Creative Commons)



Fot. 5. Linea J (Zdjęcie: Steven Dale – udostępnione na licencji Creative Commons)

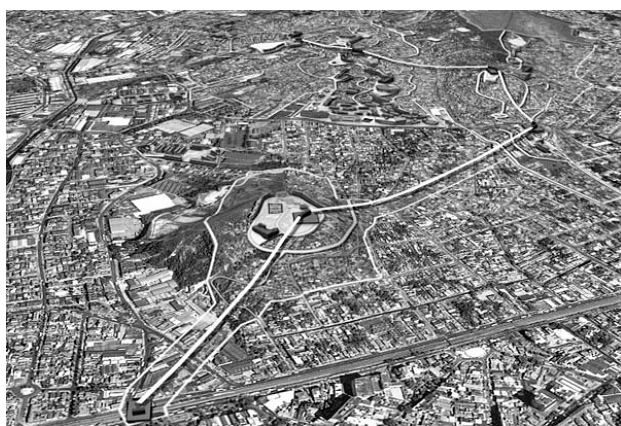


Fot. 6. Stacje Linea K i Arvi Cable (Zdjęcie: Steven Dale – udostępnione na licencji Creative Commons)

Mimo długości 4,8 km kolej kosztowała jedynie 25 mln USD i z założenia władz lokalnych i pobieranych opłat za przejazd nie będzie ona rentowna. Ma ona służyć jako inwestycja, która podniesie poziom lokalnej turystyki wśród mieszkańców regionu.

Koszt przejazdu kolejami linowymi The Metrocable wynosi ok. 0,5 USD, natomiast za dowóz do parku należy dopłacić ok. 1 USD. Pozwala to na dostęp do terenów rekreacyjnych nie tylko zamożnym mieszkańcom Medellin. Porównując ceny przewozu systemem z kosztami, jakie trzeba ponieść w Europie, żeby podróżować kolejami linowymi – są one kilkakrotnie niższe na kontynencie południowoamerykańskim.

Koleje linowe, szczególnie w Ameryce Południowej, zacinają być bardzo poważnie traktowane jako środek komunikacji miejskiej. Obecnie planowana jest najnowsza inwestycja w Rio de Janeiro w Brazylii. Kolej linowa ma mieć długość 3,4 km i będzie posiadać 6 stacji. [4], [6].



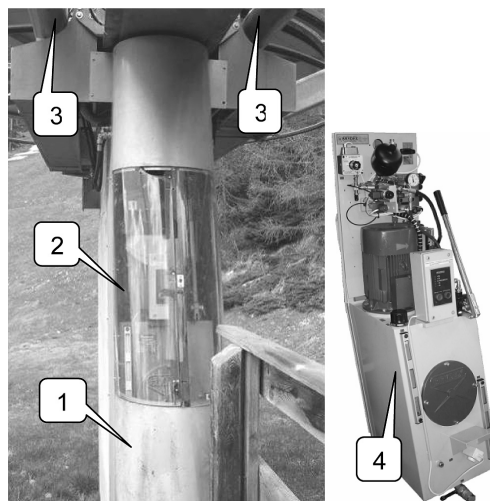
Fot. 7. Planowany system kolei linowych w Rio de Janeiro (materiały promocyjne firmy Piniweb)

Nigdzie w Europie nie wdrożono jeszcze kolei linowych jako typowego środka transportu miejskiego. Mówi się, że najtrudniej zrobić pierwszy krok. W tym przypadku było to wprowadzenie takiego systemu przez miasta w Ameryce Południowej. Obecnie, korzystając z doświadczeń Medellin i Caracas, można podjąć próbę implementacji kolei linowych jako środka komunikacji wspomagającej podstawową w tych miejscach, w których inne systemy transportu są niemożliwe do zastosowania. Dodatkowymi korzyściami z istnienia takiego systemu jest postrzeganie go jako atrakcji turystycznej, która na pewno przyczyni się do wzrostu liczby turystów. Natomiast miasta, posiadające rejony o dużych walorach turystycznych na okolicznych wzgórzach, powinny zdecydowanie rozważyć wprowadzenie tego środka transportu i skomunikowania go z systemem miejskiej komunikacji.

## Literatura

1. Materiały informacyjne firmy Doppelmayr.
2. Materiały informacyjne firm Leitner i Poma.
3. Materiały promocyjne firm transportowych miast Medellin i Caracas.
4. Materiały promocyjne firmy Piniweb.
5. [www.geographia.com/venezuela/caracas/index.htm](http://www.geographia.com/venezuela/caracas/index.htm)
6. [www.gondolaproject.com](http://www.gondolaproject.com)

Dokończenie tekstu ze strony 20



Fot. 4. Podzespoły stacji napinania liny: 1 – podpora, 2 – ostona, 3 – cylindry hydrauliczne, 4 – agregat hydrauliczny

## Podsumowanie

Występująca różnorodność rozwiązań urządzeń napinających, przy szybkim postępie technicznym, wymaga coraz bardziej specjalistycznej wiedzy na różnych etapach powstawania oraz funkcjonowania kolei linowych. Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, jako jedna z nielicznych jednostek naukowo-badawczych w Europie, od wielu lat zajmuje się zagadnieniami transportu linowego. W odpowiedzi na najnowsze oferty współpracy inwestorów, wykonawców i użytkowników kolei linowych, podjęto wielostronne działania związane z problematyką urządzeń napinających linę. Obejmują one nie tylko zdobywanie i gromadzenie wiedzy oraz doświadczeń w tym zakresie, ale zmiernają także do opracowania i stosowania krajowych rozwiązań systemów napinających. W związku z dość szybko rosnącą w Polsce liczbą użytkowanych kolei linowych, należy rozwijać własną myśl techniczną i utrzymywać zaplecze naukowo-badawcze oraz produkcyjne. Dotychczasowe doświadczenia, poparte praktyką z eksploatacji i badań różnych urządzeń napinających, a także wdrożeniami krajowych rozwiązań, przemawiają za stosowaniem urządzeń opracowanych i wykonanych w Polsce. Nie ustępują one konstrukcjom zagranicznym, są tańsze i łatwiej je serwisować, co w okresie wzmożonego ruchu ma istotne znaczenie dla właścicieli kolei.

## Literatura

1. Doppelmayr A., *Warunki projektowania napowietrznych kolei linowych o ruchu okrężnym*, Wyd. Katedra Transportu Linowego, Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Kraków 2003.
2. Pluta J., *Hydrauliczne układy napinania liny w kolejach linowych napowietrznych*, „Hydraulika i Pneumatyka”, 2005, nr 5.
3. Wójcik M., *Koleje linowe w Europie i świecie. Systemy bezpieczeństwa transportu linowego*, Zeszyty Naukowo-Techniczne Katedry Transportu Linowego AGH, z. 20, Kraków 2000.
4. Wójcik M., *Nowoczesne systemy transportu linowego w komunikacji i turystyce*. Zeszyty Naukowe Podkarpackiej Szkoły Wyższej im. bł. ks. Władysława Findysza w Jaśle, Jasło 2009.