

**STANISŁAW JURGA**

dr inż., MPK SA w Krakowie,  
Dział Techniczny, ul. Jana Brożka 3,  
30-347 Kraków, e-mail:  
jurga@mpk.krakow.pl

**ADAM KANIEWSKI**

mgr inż. MPK SA w Krakowie,  
Dział Techniczny, ul. Jana Brożka 3,  
30-347 Kraków, e-mail:  
akaniew@mpk.krakow.pl

## Tramwaje z zasilaniem autonomicznym w Krakowie<sup>1</sup>

**Streszczenie:** Na rynku dostępne są systemy pozwalające na likwidację tramwajowej napowietrznej sieci trakcyjnej, które zgodnie z obecnymi trendami urbanistyki miast są w stanie zapewnić poprawę ich estetyki szczególnie w centrach historycznych miast lub w miejscach, w których montaż sieci trakcyjnej może być utrudniony. W ramach prac studialnych przeprowadzonych przez MPK Kraków analizowano możliwe warianty realizacji wyznaczonego celu na nowych pojazdach oraz już eksploatowanych przez przewoźnika. Rozmowy z potencjalnymi dostawcami wykluczyły możliwość dostosowania części posiadanych pojazdów niskopodłogowych do podjęcia pracy na linii pozbawionej sieci trakcyjnej oraz pozwoliły na określenie kierunku, w jakim obecnie podąża MPK Kraków w kwestii zakupu nowego taboru. Sformułowano wymagania, jakie muszą spełniać pojazdy, aby zrealizować stawiane cele. MPK Kraków w ramach dostaw na 50 nowych tramwajów zdecydowało się na zakup pojazdów pozwalających na przejazd odcinka bez zasilania z sieci trakcyjnej, z czego reszta ma być gotowa do doposażenia we wspomniany system. Obecnie oczekuje się, że rzeczywista eksploatacja pojazdów na wyznaczonych fragmentach trasy, na których w przyszłości przewiduje się likwidację sieci trakcyjnej, pozwoli na walidację założeń oraz odpowiedź na pytanie, czy stawiane wymagania dotyczące warunków eksploatacji są wystarczające w dłuższej perspektywie i jakie są rzeczywiste koszty utrzymania zasobników energii, co pozwoli określić ich trwałość oraz poznać wady i niedostatki dostępnych dziś rozwiązań.

Słowa kluczowe: miejski transport zbiorowy, komunikacja tramwajowa, tramwaj z zasilaniem autonomicznym

„Klasycznie” zbudowane tramwaje pobierają energię z górnej sieci trakcyjnej. Wraz z rozwojem nowych technologii, a szczególnie systemów magazynowania energii, zyskują na popularności alternatywne metody zasilania pojazdów, które obecnie pozwalają na likwidację napowietrznej sieci trakcyjnej na części odcinków linii tramwajowych obsługiwanych przez pojazdy. Jest to szczególnie pożądane w centrach historycznych miast, w których zabytkowe budowle stają się lepiej widoczne lub w miejscach, w których montaż górnej sieci trakcyjnej jest utrudniony. To rozwiązanie może znaleźć również zastosowanie w przypadkach zaniku zasilania na fragmencie odcinka trasy, jak też na wczesnym etapie budowy nowej trasy tramwajowej.

Dostawy pojazdów tego typu zaczęły pojawiać się w świecie w ciągu ostatniej dekady. Przykładem mogą być tramwaje firmy Inekon, która w 2016 roku zakończyła produkcję i testy prototypu tramwaju dla amerykańskiego miasta Seattle (fotografia 1). Tramwaj został dostarczony do zamawiającego. Część trasy tramwaj będzie w stanie pokonywać bez sieci trakcyjnej.

Tramwaj ten zestawiony jest z trzech członów i jest pojazdem dwukierunkowym. Został wyposażony w akumulatory litowo-jonowe. Dzięki akumulatorom, pojazd może pokonać do 16 kilometrów bez napowietrznej sieci trakcyjnej. W czasie, gdy tramwaj będzie wykorzystywał energię zgromadzoną w akumulatorach, pojazd będzie mógł rozpędzić się maksymalnie do 32 km/h. Tramwaj ten został zbudowany w zakładzie Ekova Electric w Ostrawie, gdzie również przeprowadzono jego pierwsze testy na tamtejszej sieci tramwajowej. Miasto Seattle przeznaczyło 30 mln dolarów na zakup siedmiu tramwajów, z opcją zwiększenia kontraktu o kolejne 19 pojazdów.

Inekon wygrał również kontrakt na dostawę sześciu nowych dwukierunkowych tramwajów dla linii M1 w Detroit. Te tramwaje będą również wyposażone w baterie litowo-jonowe, co jest bardzo ważnym elementem zamówienia, ponieważ linia będzie zelektryfikowana tylko w 40% długości. Pojazdy będą miały również wieszaki na rowery i WiFi [1].

Innym przykładem może być program PrimoveCity, który Bombardier Transportation w 2010 roku ogłosił jako rozpoczęcie nowego rozwiązania e-mobilności. Projekt PrimoveCity ma na celu zlikwidowanie ograniczeń w zasilaniu i ładowaniu pojazdów elektrycznych, łącząc w sobie możliwość zasilania różnych pojazdów, w tym tramwajów, autobusów, taksówek i samochodów, przy wykorzystaniu jednej technologii.

Technologia BOMBARDIER PrimoveCity została zastosowana przy produkcji tramwaju dla Augsburga (Niemcy). Pole magnetyczne jest wytwarzane z urządzeń umieszczonych pod powierzchnią drogi. System zasila urządzenia tylko wówczas, gdy pole jest w pełni pokryte przez pojazd. Pojazdy i urządzenia zostały zaprojektowane tak, aby spełniać wszystkie normy bezpieczeństwa. Niezawodność jest zapewniona nawet w niekorzystnych warunkach pogodowych, takich jak śnieg, deszcz, lód, piasek lub woda.



Fot. 1. Tramwaj dla amerykańskiego miasta w Seattle  
Źródło: [1]

<sup>1</sup> ©Transport Miejski i Regionalny, 2020. Procentowy udział wkładu autorów w publikację: S. Jurga 50%, A. Kaniewski 50%.

Rozwiązanie Bombardiera PrimoveCity zmienia zasady funkcjonowania transportu elektrycznego i ma być głównym bodźcem do osiągnięcia prawdziwie zrównoważonego transportu miejskiego. Żadne inne rozwiązanie w dziedzinie e-mobility nie dostarcza porównywalnych korzyści z dynamicznego ładowania, elastyczności, bezpieczeństwa i intermodalności. [2]

Innym rozwiązaniem jest system ALSTOM APS, który opiera się na 10-metrowych segmentach, z 8-metrową częścią zasilaną. W podwoziu trzeciego członu tramwaju zabudowane są dwa odbieraki, a każdy z nich posiada specjalny ślizg. Ramiona odbieraka to dwa wahacze, które za pomocą siłownika powodują, że odbierak jest unoszony i odłączany lub opuszczany i dociskany do zasilanego pasa w torowisku. Na podobnej zasadzie funkcjonuje system Ansaldo STS TramWave, który również opiera się na bezpośrednim połączeniu galwanicznym, przy tym charakteryzuje się o połowę krótszymi odcinkami zasilania oraz zapewnia połączenie dwóch biegunów zasilania. [3][4]

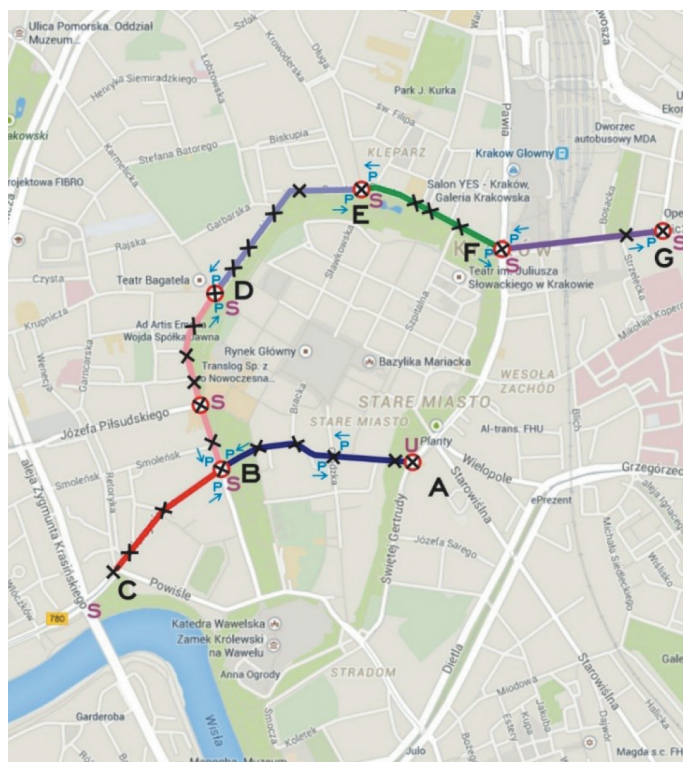
Zasilanie tramwaju z torowiska, to rozwiązania wciąż niespotykane w Polsce, zaś na świecie stopniowo znajdują one zastosowanie w kolejnych ośrodkach miejskich. Najbardziej znanym miastem z tramwajami bez sieci trakcyjnej pozostaje wciąż francuskie Bordeaux. W ostatnich latach dołączyły do niego Reims i Angers, zaś kolejnym francuskim miastem z tramwajami niewykorzystującymi sieci górnej będzie Orlean. [5]

W Polsce pierwsze prace badawcze nad tramwajem z akumulatorowym zasobnikiem były realizowane przez Instytut Elektrotechniki przy współudziale Tramwajów Warszawskich [6], jednak dopiero dziś dostępne ogniwa baterii pozwalają uzyskać zadowalający czas ładowania, zasięg, masę pojazdu oraz trwałość zasobnika, bez zauważalnego dla pasażerów pogorszenia komfortu przejazdu oraz dynamiki.

W 2015 roku MPK SA w Krakowie testowało prototypowy tramwaj Tramino S100 firmy Solaris. Z technicznego punktu widzenia jedną z największych innowacji, jakie oferował prezentowany tramwaj, był zasobnik energii z systemem superkondensatorów. Dzięki nim pojazd mógł gromadzić energię elektryczną podczas hamowania pojazdu, która później mogła być wykorzystywana na potrzeby rozpędzenia pojazdu. Był to też tramwaj, którego układ superkondensatorów mógł być potencjalnie wykorzystywany dla zapewnienia poruszania się tramwaju przy jeździe bez zasilania zewnętrznego (z sieci).

W tym samym roku MPK rozpoczęło pierwsze prace studialne, które miały za zadanie określenie możliwości eksploatacji tramwajów bez zasilania z sieci napowietrznej, w zabytkowej części miasta (rysunek 1).

Trasa w tym wariantcie obejmuje 6 przestanków, jednak z uwagi na fakt, że mamy do czynienia ze ścisłym centrum miasta, w którym ruch pieszych jest znaczący, przewiduje się znacznie większą ilość wymaganych postojów. W założeniach na obecnym etapie nie dopuszczono do doładowywania pojazdu na żadnym z przystanków w wyznaczonej strefie – bez zasilania z sieci trakcyjnej. Zasobniki w tram-



Rys. 1. Przebiegi tras bez zasilania z sieci trakcyjnej (Trasa 1: C – B – D – E – F – G; Trasa 2: A – B – C; Trasa 3: A – B – D – E – F – G).

waju mają być doładowywane po zjeździe z odcinka bez sieci zasilającej na torowiska z zasilaniem.

Na rynku znane są dwa rozwiązania pozwalające na likwidację górnej sieci trakcyjnej. Zalicza się do nich systemy zasilania ciągłego poprzez linię zasilającą wbudowaną w torowisko lub zabudowane na pojazdach magazyny/zasobniki energii elektrycznej, oparte najczęściej o baterię np. litowo-jonową, superkondensatory lub ogniwa paliwowe. W Krakowie zdecydowano się na system oparty o rozwiązania bateryjne. W pierwszej fazie prac założono, że do tego celu zostaną przystosowane tramwaje niskopodłogowe, które już są eksploatowane w mieście. Dotyczyło to więc tramwajów produkcji Bombardier Transportation (BT) typu NGT6 i NGT8. W ramach spotkań z przedstawicielami BT oraz VKD Vossloh Kiepe (dostawcą aparatury elektrycznej do tych tramwajów) sformułowano pierwsze wnioski, z których wynikało, że ze względu na możliwości techniczne tj. konieczność instalacji dodatkowej aparatury (zasobników energii) oraz masy pojazdów (wynikające z przepisów odnoszących się do nacisków zestawów kołowych) należy zrezygnować z koncepcji instalacji tej aparatury w tramwajach NGT6. Warunki modernizacji tramwajów NGT8 pod kątem zastosowania aparatury trakcyjnej, pozwalającej na jazdę bez zasilania z sieci napowietrznej na odcinku około 3000 m zostały przedstawione przez BT i VKD. Równolegle, w celach porównawczych oraz ewentualnej dywersyfikacji potencjalnych dostawców niezbędnej aparatury, zwrócono się do polskiego dostawcy aparatury do pojazdów szynowych – firmy Medcom. Rozmowy potwierdziły, że zakres ten jest możliwy do realizacji również przez ten podmiot. Uzyskano niezbędne dane oraz wiedzę i wymagania, które należy spełnić, aby osiągnąć wspomniany cel.