

INNOWACYJNE ROZWIĄZANIA SZANSĄ ROZWOJU SYSTEMÓW TRANSPORTU TROLEJBUSOWEGO NA PRZYKŁADZIE GDYNI I LUBLINA

Mikołaj Bartłomiejczyk¹, Sławomir Goliszek², Marcin Połom³

¹ Politechnika Gdańska

² Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. Stanisława Leszczyckiego PAN w Warszawie

³ Uniwersytet Gdański

Streszczenie. Historia miejskiej trakcji elektrycznej sięga lat osiemdziesiątych XIX w. i jej początki związane są z transportem tramwajowym, który na przełomie wieków XIX i XX stał się elementem krajobrazu wielu miast. Początek XX w. przyniósł popularyzację komunikacji trolejbusowej. Współcześnie nowym środkiem transportu miejskiego stał się autobus elektryczny.

W opracowaniu przedstawiono dwa środki zelektryfikowanego transportu miejskiego: trolejbus i autobus elektryczny (zamiennie nazywany elektrobusem). Zarysowano ewolucję obu rodzajów transportu miejskiego, skupiając się na upowszechnieniu napędów pomocniczych we współcześnie eksploatowanych trolejbusach, które umożliwiają przejazd odcinków bez zasilania z sieci trakcyjnej. Najczęściej stosowany w Europie jest pomocniczy napęd spalinowy, rozwój technologii bateryjnych spowodował popularyzację tego rozwiązania. Z tego powodu jest ono oceniane jako bardziej przyszłościowe. W pracy analizowano możliwość rozwoju dwóch systemów transportu trolejbusowego (w Gdyni i Lublinie) w oparciu o współcześnie dostępne rozwiązania techniczne.

Autobusy elektryczne także stają się coraz bardziej popularne. Poza rozwiązaniami o charakterze testowym, niektóre miasta zdecydowały się na obsługę komunikacyjną elektrobusem w szerszym zakresie, np. Kraków i Warszawa. W opracowaniu porównano szansę wprowadzenia do eksploatacji elektrobusem w ośrodkach posiadających system trolejbusowy.

Adres do korespondencji – Corresponding author: Marcin Połom, Uniwersytet Gdański, Katedra Geografii Rozwoju Regionalnego, ul. J. Bażyńskiego 4, 80-309 Gdańsk,
e-mail: marcin.polom@ug.edu.pl

© Copyright by Wydawnictwo Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego w Olsztynie, Olsztyn
2016

Celem opracowania jest wskazanie możliwości rozwoju istniejących systemów miejskiego transportu zelektryfikowanego (w oparciu o trolejbusy) jako rozwiązania konkurencyjnego względem autobusów elektrycznych, które dzięki szybkiemu rozwojowi technologii zdobywają rynek komunikacji miejskiej.

Słowa kluczowe: transport miejski, trolejbus, miejski transport elektryczny, elektrobus, elektromobilność

WSTĘP

W opracowaniu przedstawiono analizę dwóch systemów transportu publicznego w Gdyni i w Lublinie. Główna część pracy dotyczy uwarunkowań funkcjonowania klasycznego (spalinowego) transportu autobusowego i możliwości ograniczenia jego udziału w rynku na rzecz rozszerzenia tras trolejbusowych lub obsługiwanych autobusami elektrycznymi.

Biorąc pod uwagę możliwość zwiększenia udziału transportu elektrycznego w całym systemie komunikacji zbiorowej, należy rozważyć kwestie ekonomiczne, techniczne i organizacyjne. O ile doświadczenia eksploatacyjne w zakresie komunikacji trolejbusowej w Polsce są znaczne, o tyle elektrobusy są swoistym novum w sferze transportu. Niewielkie doświadczenia w zakresie eksploatacji takich pojazdów niosą za sobą ryzyko w podejmowaniu decyzji o ich wprowadzeniu do eksploatacji.

Transport trolejbusowy jest istotnym podsystemem transportu publicznego w Gdyni i Lublinie. W Gdyni 25%, a w Lublinie prawie 30% przewozów realizowanych jest trolejbusami. Systematyczny rozwój technologii transportu elektrycznego skłania do refleksji nad kierunkami rozwoju funkcjonujących podsystemów. Należy poszukiwać odpowiedzi na następujące pytania:

- czy transport trolejbusowy powinien pozostać istotnym elementem kształtowania transportu publicznego w miastach?
- czy obecny poziom rozwoju transportu trolejbusowego w Gdyni i Lublinie jest maksymalny?
- czy lepszą alternatywą dla rozwoju transportu trolejbusowego jest wprowadzenie do eksploatacji elektrobusów?
- czy można powiązać podsystem trolejbusowy (infrastrukturę trakcyjną) z autobusami elektrycznymi?
- czy obecny rozwój technologii alternatywnych źródeł zasilania (baterii trakcyjnych) jest wystarczający, by zrezygnować z trolejbusów?
- czy wprowadzanie autobusów elektrycznych do obsługi transportu publicznego w Gdyni i Lublinie, miastach z rozwiniętym podsystemem transportu trolejbusowego, jest zasadny z powodów ekonomicznych, technicznych i organizacyjnych?

Bezspornie transport trolejbusowy odpowiada na regulacje Unii Europejskiej w zakresie ochrony środowiska naturalnego. Rozwój i funkcjonowanie komunikacji miejskiej, w tym podsystemu transportu trolejbusowego, jest w Polsce zdeterminowany przez zapisy zawarte w dokumentach strategicznych Unii Europejskiej. Na podstawie uwarun-



kowań wynikających z polityki prowadzonej na poziomie europejskim ustalane są priorytety rozwojowe, w tym inwestycje, a także alokacje środków w ramach programów operacyjnych.

Do dokumentów determinujących funkcjonowanie komunikacji miejskiej w Unii Europejskiej, a więc także w Polsce, m.in. należą: „Biała księga. Europejska polityka transportowa w horyzoncie do 2010 r.: czas wyborów” [Biała księga... 2001], „Zielona księga. W kierunku nowej kultury mobilności w mieście” [Zielona księga... 2007] i „Biała księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu” [Biała księga... 2011]. Wszystkie wymienione dokumenty traktują o rozwoju zintegrowanego transportu, m.in. dzięki wprowadzaniu alternatywnych źródeł energii w transporcie i zachęcaniu pasażerów do korzystania z elektrycznego, proekologicznego transportu publicznego. Na podstawie regulacji unijnych powstawało w Polsce prawo krajowe. Zarówno w unijnych, jak i krajowych dokumentach zwrócono szczególną uwagę na rozwój transportu nieemisyjnego w obszarach miejskich, zasilanego energią elektryczną.

Na przestrzeni piętnastu lat znacznie zwiększono uwagę kierowaną na transport szynowy (tramwaj, metro, kolej miejską) i trolejbusowy. Komunikacja trolejbusowa w okresie po akcesji Polski do Unii Europejskiej zyskała silne umocowanie w prawie polskim determinowane przez prawodawstwo Komisji Europejskiej. W perspektywie budżetowej Unii Europejskiej na lata 2014–2020 przewiduje się głównie finansowanie transportu elektrycznego.

W Polsce, mimo iż transport trolejbusowy nie ma znaczącego udziału w transporcie publicznym, to trzy funkcjonujące systemy prezentują wysoki poziom rozwoju, zarówno pod względem organizacyjnym, jak i technicznym. W Polsce działa ponadto jeden z największych producentów trolejbusów niskopodłogowych na świecie – firma Solaris Bus & Coach. Polskie systemy trolejbusowe wykorzystały szanse rozwojowe i dzięki środkom pomocowym z budżetu Unii Europejskiej znacznie rozwinęły i zmodernizowały infrastrukturę i tabor w latach 2004–2014. Gdyński system transportu trolejbusowego dzięki podejmowanym inicjatywom wyróżniono w wielu programach i konkursach unijnych, a na szczególną uwagę zasługuje projekt Trolley, w którym komunikacja trolejbusowa w Gdyni była przedstawiana jako wzorcowa.

Dzięki rozwojowi technologii bateryjnych, umożliwiających funkcjonowanie transportu elektrycznego w obszarach pozbawionych infrastruktury trakcyjnej, oraz przez lobbing producentów autobusów elektrycznych zwraca się coraz większą uwagę na autobusy elektryczne (elektrobusy). W ostatnich latach kilka polskich miast brało pod uwagę możliwość wprowadzenia do eksploatacji takich pojazdów i prowadzono w tym kierunku prace badawcze [Koncepcja... 2015a–c]. Podobne działania podejmowane są w innych państwach europejskich, jest to więc tendencja ogólnoeuropejska [Varga i Iclodean 2015]. Nowoczesne baterie trakcyjne, charakteryzujące się mniejszą masą i większą pojemnością, zachęcały przewoźników trolejbusowych i organizatorów transportu publicznego w miastach z trolejbusami do podejmowania działań zmierzających do wykorzystania nowych możliwości trolejbusów w ruchu liniowym [Bartłomiejczyk i in. 2013, Bartłomiejczyk i Połom 2011a, 2013a, 2013b, Połom i Bartłomiejczyk 2011].

W wyniku rozwoju technologicznego napędów elektrycznych, w szczególności ich alternatywnych źródeł zasilania, stawiane są pytania o sensowność dalszego utrzymywania i rozwoju komunikacji trolejbusowej [Bartłomiejczyk i Połom 2011b, Lindgren 2015]. Prezentowana analiza wpisuje się w nurt światowych badań nad publicznym transportem elektrycznym. W opracowaniu podjęto badania nad obecnym stanem komunikacji trolejbusowej w Polsce, szczególnie w Gdyni, na tle sytuacji w Europie. Uwagę skierowano na kierunki rozwoju transportu trolejbusowego, w szczególności alternatywnych źródeł zasilania. Na tym tle zbadano gdyński system transportu autobusowego pod kątem możliwości obsługi części tras autobusami elektrycznymi (elektrobusami). W Lublinie analizowano możliwość rozwoju połączeń obsługiwanych trolejbusami z alternatywnym zasilaniem. W obu przypadkach przedstawiono rekomendacje w sprawie kierunków dalszego rozwoju.

ZARYS ROZWOJU TROLEJBUSÓW I ELEKTROBUSÓW

Komunikacja trolejbusowa jest stosunkowo mało rozpowszechnioną formą transportu miejskiego w Polsce, ale odgrywa lokalnie dużą rolę. W niektórych krajach Unii Europejskiej i Europy Zachodniej udział tego podsystemu komunikacji miejskiej jest duży, np. w Szwajcarii, Czechach, Rumunii i Bułgarii i na Słowacji. W wielu krajach zachodnioeuropejskich, np. w Wielkiej Brytanii i Niemczech nawet ok. 100 miast posiadało jednocześnie sieci trolejbusowe. Na fali likwidacji elektrycznego transportu miejskiego większość z nich zlikwidowano. Nieco odmienna sytuacja miała miejsce w Europie Środkowej i Wschodniej, gdzie do dziś trolejbusy odgrywają ważną rolę.

Współcześnie transport trolejbusowy podlega procesom unowocześnienia, zarówno technologicznego, jak i organizacyjnego. Wpisując się w postulaty polityki transportowej UE o braku emisji spalin w miejscu eksploatacji (przede wszystkim w centrach obszarów zurbanizowanych), wiele miast skorzystało z szans, które dawały programy finansowane ze środków strukturalnych.

Obecnie poza wyzwaniem organizacyjnym istotnym elementem kształtującym komunikację trolejbusową jest rozwój technologii alternatywnego zasilania elektrycznych układów napędowych. Konieczność uelastyczenia komunikacji trolejbusowej względem napowietrznej sieci trakcyjnej była głównym postulatem w zakresie rozwoju tego typu pojazdów. Znaczący koszt budowy infrastruktury trakcyjnej i układu zasilania stwarzał bariery w rozwoju nowych połączeń. Transport trolejbusowy korzystnie było rozwijać przy znacznych potokach pasażerskich i dużej częstotliwości kursowania. Problemem stawało się przedłużanie kursów z pętli końcowej, które mogłyby być poprowadzone trasami wariantowymi. Alternatywne układy zasilania (niezależne od sieci napowietrznej) likwidują te bariery. Dodatkowo pokładowy zasobnik energii, bez względu na jej źródło, ogranicza konieczność utrzymywania autobusów zastępczych na wypadek zaniku zasilania czy większej awarii sieci trakcyjnej [Połom i Bartłomiejczyk 2011].

Dynamiczny rozwój zasobników akumulatorowych w ciągu ostatnich 15 lat wpływa korzystnie na postrzeganie istniejących systemów transportu trolejbusowego, ale jednocześnie stwarza zagrożenie ich całkowitej eliminacji. W związku z tym uwaga badaczy powinna się skupiać na odnalezieniu właściwej, najlepszej drogi rozwoju istniejących systemów

trolejbusowych. Autobusy elektryczne stają się atrakcyjnym substytutem trolejbusów, będąc ich naturalnym rozwinięciem. Wzrost pojemności energetycznej baterii trakcyjnych pozwala na zwiększanie zasięgu elektrobusesów i eliminacji ich największej wady – konieczności wielokrotnego doładowywania w ciągu dnia i braku możliwości obsługi całodziennego zadania przewozowego bez potrzeby wyłączenia pojazdu z ruchu. Omawiane środki transportu różni obecnie tylko sposób ich zasilania. Trolejbus z baterijnym źródłem zasilania doładowuje układ akumulatorowy w trakcie przejazdu pod siecią trakcyjną, a elektrobuses tylko w trakcie postojów na pętach końcowych lub na przystankach, co jest jednak rozwiązaniem nadal rzadkim. W obecnie dostępnej technologii największą wadą autobusów elektrycznych jest wielkość i waga baterii trakcyjnych, które są stale przewożone w pojeździe, a więc ograniczają jego pojemność.

W Europie (łącznie z całą Federacją Rosyjską) istnieje ponad 250 sieci trolejbusowych. Od okresu transformacji społeczno-gospodarczej zlikwidowano ok. 30. Liczba sieci trolejbusowych w Europie Zachodniej utrzymuje się w ciągu ostatnich 30 lat na porównywalnym poziomie. W ciągu ostatnich 15 lat uruchomiono kilka nowych sieci, m.in. w Landskronie w Szwecji, Castellon w Hiszpanii i w Rzymie we Włoszech. Większość istniejących systemów podlegała rozwojowi i modernizacji, w przypadku Europy Środkowo-Wschodniej głównie dzięki wsparciu budżetu Unii Europejskiej. Wśród 49 krajów europejskich, 18 nie posiada miast obsługiwanych trolejbusami, wśród nich jest m.in. Wielka Brytania, która w latach pięćdziesiątych XX w. miała ich najwięcej.

W odniesieniu do miast posiadających autobusy elektryczne jest to rozwiązanie stosunkowo nowe, a więc jeszcze nierozpowszechnione na szerszą skalę. Na szczególną uwagę zasługują próby wprowadzania do eksploatacji elektrobusesów w wybranych miastach europejskich. Wśród ważniejszych przykładów należy wskazać Berlin i Paryż, a w Polsce – Kraków i Warszawę. W Berlinie, wg opinii organizatora transportu publicznego, testy autobusów elektrycznych wypadły negatywnie i zdecydowano o odroczeniu zakupu tego typu pojazdów. Większość producentów autobusów spalinowych przygotowała wersje elektryczne, a jedną z wiodących marek w tej dziedzinie jest polski Solaris, który jednocześnie pozostaje ważnym producentem trolejbusów niskopodłogowych.

STAN I MOŻLIWOŚCI ROZWOJU TRANSPORTU TROLEJBUSOWEGO W GDYNI I LUBLINIE

Transport trolejbusowy funkcjonuje w Polsce w czterech miastach, w Gdyni z Sopotem, w Lublinie i Tychach. Udział komunikacji trolejbusowej w całym systemie transportu publicznego w skali krajowej jest minimalny, ale w wymienionych ośrodkach wynosi ok. 25–30%. W Gdyni i Lublinie, w których aspekt komunikacyjny podlegał analizom, funkcjonowanie komunikacji miejskiej ma podobny charakter. Istnieją organizatorzy przewozów (odpowiednio Zarząd Komunikacji Miejskiej w Gdyni i Zarząd Transportu Miejskiego w Lublinie) oraz gminne spółki przewozowe – operatorzy. W Gdyni od 1998 r. działa odrębny podmiot zajmujący się wyłącznie przewozami trolejbusowymi – Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej (PKT), a w Lublinie jeden operator autobusowo-trolejbusowy – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne (MPK). PKT posiada ok. 85 trolejbusów



liniowych wykonujących zadania przewozowe na ponad 70 zadaniach w dni powszednie. W Lublinie trolejbusów jest ponad 100 i obsługują ok. 90 brygad. W Gdyni park taborowy jest jednorodny pod względem pojemności i składa się wyłącznie z pojazdów solowych (12-metrowych). W Lublinie zakupiono kilkanaście trolejbusów przegubowych. Najważniejszym czynnikiem determinującym funkcjonowanie obu systemów, poza ogólnie bardzo dobrym stanem infrastruktury i taboru, które zmodernizowano w ostatnich latach w ramach wielu projektów inwestycyjnych, jest struktura taboru ze względu na dodatkowe wyposażenie w alternatywne źródła zasilania [por. Goliszek 2014, Goliszek i Połom 2015, Połom 2011, Połom i Tarnawski 2011, Połom 2015b]. W Gdyni połowa pojazdów posiada bateryjne zasobniki o różnej pojemności. 38 trolejbusów Mercedes i Solaris posiada akumulatory litowo-jonowe pozwalające na przejazd od 1 do 5 km bez zasilania sieciowego. Najnowsze pojazdy zakupione przez PKT (sześć Solarisów) mają baterie litowo-jonowe, które umożliwiają pokonanie od 15 do 30 km bez zasilania trakcyjnego. W szczególności najnowsze trolejbusy kwalifikują się do wykorzystania liniowego na trasach pozbawionych infrastruktury sieciowej.

W Lublinie wymieniono i rozbudowano park taboru trolejbusowego. Zakupione pojazdy w większości posiadają alternatywne źródła zasilania. Są to zarówno agregaty spalinowe, jak i baterie litowo-jonowe. Początkowo zdecydowano się na układy spalinowe, ale ze względu na kosztochłonność eksploatacji i znaczną emisję hałasu pracującego agregatu, pomijając aspekty środowiskowe, kolejne zakupy realizowano w oparciu o układy bateryjne.

Od strony organizacji układu przestrzennego komunikacji zbiorowej sytuacja w obu miastach jest zróżnicowana. Lublin jest miastem o układzie koncentrycznym, z centralnie zlokalizowanym zabytkowym śródmieściem. Istotne z punktu widzenia funkcjonowania transportu trolejbusowego jest wyłącznie z ruchu kołowego od 1994 r. ul. Krakowskie Przedmieście, po której kursowało wiele linii. Przekształcenie fragmentu wymienionej ulicy w deptak rozregulowało cały układ połączeń. Brak możliwości poprowadzenia obejścia (alternatywnej trasy) ze względu na zabytkowy charakter ul. 3 Maja i Dolnej 3 Maja (jedynego dostępnego wariantu, gdzie miejski konserwator zabytków nie zezwolił na rozwieszenie sieci trakcyjnej) pogorszył i ograniczył przewozy trolejbusowe w Lublinie. Obecna technologia alternatywnego zasilania pozwoliłaby ten dylemat rozwiązać. Podobne dylematy pojawiały się w Gdyni.

W obu ośrodkach funkcjonują rozbudowane układy zasilania sieci trakcyjnej, które po odpowiednim dostosowaniu mogłyby zostać wykorzystane do rozwoju połączeń obsługiwanych autobusami elektrycznymi.

METODOLOGIA BADAŃ

W 2011 r. współautorzy artykułu (M. Bartłomiejczyk i M. Połom) wykonali opracowanie pt. „Analiza zastosowania dodatkowego napędu dla trolejbusów w Lublinie” na zlecenie Zarządu Transportu Miejskiego w Lublinie [Bartłomiejczyk i Połom 2011c]. Główne pytanie badawcze postawione we wskazanej ekspertyzie dotyczyło rodzaju napędu alternatywnego pod kątem wyznaczonych tras, które mogłyby być obsługiwane trolejbusami bez

konieczności budowy infrastruktury trakcyjnej. Podobnie w 2015 r. ten sam zespół autorów przygotował syntetyczne opracowanie pt. „Trolejbus czy elektrobus na przykładzie Gdyni. Analiza porównawcza” na zlecenie EDF Polska SA. Przedstawiono w nim metodologię badania zasadności zastąpienia autobusów spalinowych elektrobusami lub rozwoju połączeń trolejbusowych w warunkach gdyńskiego transportu publicznego [Bartłomiejczyk, Połom 2011a–b, Bartłomiejczyk i Połom 2015]. Ze względu na ograniczone ramy opracowania w dalszej jego części przedstawiono w ujęciu syntetycznym najważniejsze założenia badania i główne wyniki.

Kryteria przyjęte w opracowaniu lubelskim były związane z przebiegiem tras, po których miałyby kursować trolejbusy wyposażone w alternatywne źródło zasilania. Dominującymi czynnikami był profil wysokościowy trasy, średnie i maksymalne napętnienie pojazdów, czas przejazdu (liczba zatrzymań na przystankach i skrzyżowaniach z sygnalizacją świetlną) oraz trudna w uchwyceniu i uśrednieniu kongestia. Analiza wymienionych czynników miała umożliwić wybór najlepszego w warunkach lubelskich rozwiązania oraz wybór baterii do pojazdów, które miałyby być eksploatowane liniowo.

W opracowaniu gdyńskim przyjęto natomiast odmienną drogę postępowania. Przyjmując *a priori*, że zdecydowano się w transporcie trolejbusowym w Gdyni wykorzystywać baterie trakcyjne jako alternatywne źródło zasilania, wyznaczono warunki brzegowe do obsługi tras autobusowych trolejbusami lub elektrobusami. Na podstawie tych kryteriów wybrano linie, które spełniają możliwość zmiany środka transportu do ich obsługi.

Od strony metodologicznej w obu przypadkach istotne były wyliczenia przejazdu teoretycznego, który wskazał na potencjalnie maksymalne rozładowanie baterii trakcyjnych. Akumulatory zasilania dodatkowego mają ograniczoną żywotność. Można uogólnić, że im częściej nastąpi rozładowanie poniżej stanu krytycznego (np. 20% pojemności), tym krótszy cykl życia baterii. Dodatkowo częstotliwość cyklu rozładowanie/doładowanie wpływa na wybór technologii baterii. Z tego powodu w Gdyni zdecydowano się na zakup akumulatorów niklowo-kadmowych, ponieważ zakładano sporadyczne wykorzystanie baterii w sytuacjach awaryjnych. Tego typu rozwiązanie charakteryzuje się dłuższą żywotnością. Jednak gdyby te same baterie wykorzystywać regularnie, to ich żywotność znacznie by spadła, w odróżnieniu od baterii litowo-jonowych dedykowanych codziennemu wykorzystaniu w ruchu liniowym. Takie akumulatory dla odmiany muszą jednak być eksploatowane regularnie, ponieważ gdy nie są używane, to szybko postępuje ich degradacja i utrata właściwości.

WYBRANE REKOMENDACJE W ZAKRESIE ROZWOJU TRANSPORTU TROLEJBUSOWEGO W GDYNI I LUBLINIE

W analizie funkcjonowania układu zasilania gdyńskiej sieci trolejbusowej wykazano, że jest on w znacznym stopniu niewykorzystany i stanowi potencjał do dalszej ekspansji komunikacji trolejbusowej. Z punktu widzenia dotychczas zrealizowanych inwestycji w trolejbusowy system energetyczny, należy rozważyć:

1. Budowę linii trolejbusowej do osiedla Witomino ulicą Kielecką, Rolniczą i Wielkokacką. Do zasilania tej linii trolejbusowej zbudowano podstację *Kielecka*, na której znajdują się obecnie trzy niewykorzystane pola zasilaczy prądu stałego przeznaczone do zasilania trasy Witomino.
2. Budowę linii trolejbusowej do osiedla Witomino ulicami Stryjską i Małokacką. Trasa ta może być zasilona z podstacji trolejbusowej *Redłowo*, która po ograniczeniu jej obszaru zasilania jest w dużym stopniu niewykorzystana. Dysponuje ponadto jednym wolnym polem zasilacza w rozdzielni prądu stałego. Głównym problemem z budową tej linii jest jednak zbyt niski wiadukt kolejowy na ulicy Stryjskiej.
3. Budowę linii trolejbusowej na Płytę Redłowską. Jak w poprzednim przypadku może być ona zasilana z podstacji *Redłowo*.
4. Budowę linii trolejbusowej do Gdańska-Oliwy. Na potrzeby zasilania tej linii zbudowano podstację *Sopot Reja*, która dysponuje obecnie wolnym polem zasilacza prądu stałego.
5. Budowę linii trolejbusowej do osiedla Brodwinno w Sopocie wzdłuż ulic Kolberga i Obodrzyców bądź ulicy Jacka Malczewskiego. Budowa tej linii była już planowana w latach osiemdziesiątych. Linia ta może być zasilana z podstacji *Sopot*, która po uruchomieniu podstacji *Sopot Reja* w znacznym stopniu jest niewykorzystana, ponadto na podstacji *Sopot* jest miejsce dla rozbudowy rozdzielnic prądu stałego.
6. Budowę trolejbusowej sieci trakcyjnej na ulicy Władysława IV, która może być zrealizowana bez jakichkolwiek inwestycji w układ energetyczny. Możliwe jest jej zasilanie z odcinka *10 Lutego*, który zasilany jest z nowej podstacji trolejbusowej *Wendy*. Zasilanie to odbywałoby się za pomocą zdalnie sterowanych odłączników na sieci trakcyjnej.
7. Budowę sieci trolejbusowej na osiedle Fikakowo, która była jedną z podstaw podjęcia decyzji o budowie podstacji *Wielkopolska*. Obecnie przewiduje się wykorzystanie trolejbusów z pomocniczym napędem bateryjnym, jednak wskazana jest elektryfikacja podjazdu na ulicy Gryfa Pomorskiego.

Syntetyzując, koszty, które należałoby ponieść, uruchamiając opisane trasy wynoszą od 3 do 5 mln zł. W pierwszym przypadku należałoby zbudować 3 km sieci i 1,5 km linii kablowej, a w kolejnych odpowiednio 2,2 km/1,0 km, 1,5 km/1,0 km, 2,0 km/0,5 km, 2,0 km/1,5 km, 2,0 km/0, a w przypadku pkt. 7 – 1,0 km sieci w jednym kierunku.

Trolejbusowa sieć trakcyjna może być także wykorzystana do ładowania autobusów elektrycznych. Zasadniczym problemem z tym związanym jest wybór odpowiedniego systemu ładowania. Z energetycznego punktu widzenia w każdym miejscu sieci trolejbusowej możliwa jest instalacja urządzeń do ładowania elektrobusów. Mając jednak na względzie lokalizacje podstacji trakcyjnych i punktów zasilania, można wyszczególnić miejsca najbardziej odpowiednie do tego celu: pętlę *Sopot Reja*, *Karwiny Tesco*, *Węzeł Franciszki Cegielskiej*, *Grabówek SKM*, *plac Dworcowy w Chyloni*, *Cisowa SKM*, *Dworzec Główny PKP*.

Wśród 55 linii autobusowych, które kwalifikowały się do dalszej analizy jako możliwe do obsługi trolejbusami, sklasyfikowano następujące: linie pospieszne R, S i W, linie zwykle 114, 172 i 181 oraz warunkowo – linię szczytową 159 i 180.

Większość z wymienionych linii spełniała podstawowe kryteria. Były całoroczne, całotygodniowe i całodzienne. Niestety trzy z nich były liniami pospieszonymi niezatrzymującymi się na wszystkich przystankach, co utrudnia obsługę trolejbusami na odcinkach wyposażonych w sieć trakcyjną. Linie 159 i 180 spełniały wszystkie kryteria za wyjątkiem okresu funkcjonowania w czasie doby – były liniami szczytowymi. Ze względu na konieczność zakupu nowych trolejbusów do obsługi linii autobusowych, należy odrzucić linie szczytowe. Wyjątek powinna stanowić linia 159, której cały przebieg wytyczono pod siecią trakcyjną i do jej obsługi można skierować starsze trolejbusy z bateriami niklowo-kadmowymi. Linie 114 i 172 są obsługiwane taborem 12-metrowym, a linia 181 mieszanym, 12-metrowym i 18-metrowym.

W trakcie analizy dostrzeżono, mając na uwadze wcześniej opisane kryteria, że budowa niewielkich odcinków sieci trakcyjnej umożliwiłaby obsługę dodatkowych, pełnowartościowych linii autobusowych trolejbusami. Ze względu na historyczne uwarunkowania linie autobusowe nie kursują ul. Świętojańską, na której zamontowana jest sieć trakcyjna, a jedynie na równoległą do niej ul. Władysława IV pozbawioną takiej infrastruktury. Wykonano dodatkową analizę wariantową związaną z możliwością wybudowania sieci trakcyjnej o długości 1,8 km (na długości 1,5 km w dwóch kierunkach) na ul. Władysława IV. Po przeprowadzeniu takiej inwestycji dodatkowe linie zyskałyby możliwość obsługi trolejbusami i są to: linia pospieszna, sezonowa G, linie zwykłe 119, 133 i 172 (wydłużenie przejazdu pod siecią trakcyjną).

Linie G ze względu na sezonowy charakter i obsługę autobusami przegubowymi należy wykluczyć z dalszej analizy. Z kolei pozostałe dwie linie (119 i 133) spełniają wszystkie kryteria, a linia 172 zwiększa długość przejazdu pod siecią trakcyjną o ponad 10%. Linie 119 i 133 mają odpowiednią częstotliwość, są obsługiwane autobusami 12-metrowymi, funkcjonują całorocznie, całotygodniowo (119 od poniedziałku do piątku) i przez cały dzień. Co ważne obsługa trolejbusami linii 119 wiązałaby się z obsługą ważnego dla miasta obszaru dawnego Dworca Morskiego, w którym obecnie mieści się Muzeum Emigracji, a w nieodległej przyszłości w najbliższej okolicy zostanie zbudowany nowy terminal promowy.

Poza budową dodatkowego odcinka sieci trakcyjnej na ul. Władysława IV analizowano możliwość budowy sieci trakcyjnej do dzielnicy Witomino¹ przez ul. Kielecką, a także Witomińską i dalej ul. Rolniczą oraz rozwidlenie w dwóch wariantach do pętli Witomino Sosnowa przez ul. Chwarznieńską i pętlę Witomino Leśniczówka przez Wielkokacką i 2 Morskiego Pułku Strzelców. W przypadku realizacji opisanych odcinków sieci trolejbusowej kolejne linie autobusowe zyskują możliwość obsługi trolejbusami: linia pospieszna W, linie zwykłe 121, 137, 141, 150, 160 i 190.

Linia pospieszna W ze względu na jej charakter podlega odrzuceniu. Linie 121 i 190 mają charakter szczytowy i nie spełniają uwarunkowań ekonomicznych ze względu na konieczność zakupu nowego taboru. Linia 150 obsługiwana jest taborem przegubowym, a linia 160 – 12-metrowym. Ich eksploatacja trolejbusami wymagałaby budowy sieci

¹ W 2004 r. Rada Miasta Gdyni przyjęła Zintegrowany plan rozwoju transportu publicznego na lata 2004–2013, w którym zawarła możliwość budowy sieci trolejbusowej do Witomina przez ul. Kielecką, Rolniczą, Wielkokacką i 2 Morskiego Pułku Strzelców.

trakcyjnej na ul. Kieleckiej o długości 1,6 km. Pozostałe dwie linie – 137 i 141 spełniają wszystkie kryteria (linia 137 kursuje w dni powszednie i soboty). Obie linie obsługiwane są taborem standardowym i mają odpowiednią częstotliwość.

W świetle przedstawionych analiz, należy rozważyć możliwość obsługi linii autobusowych trolejbusami:

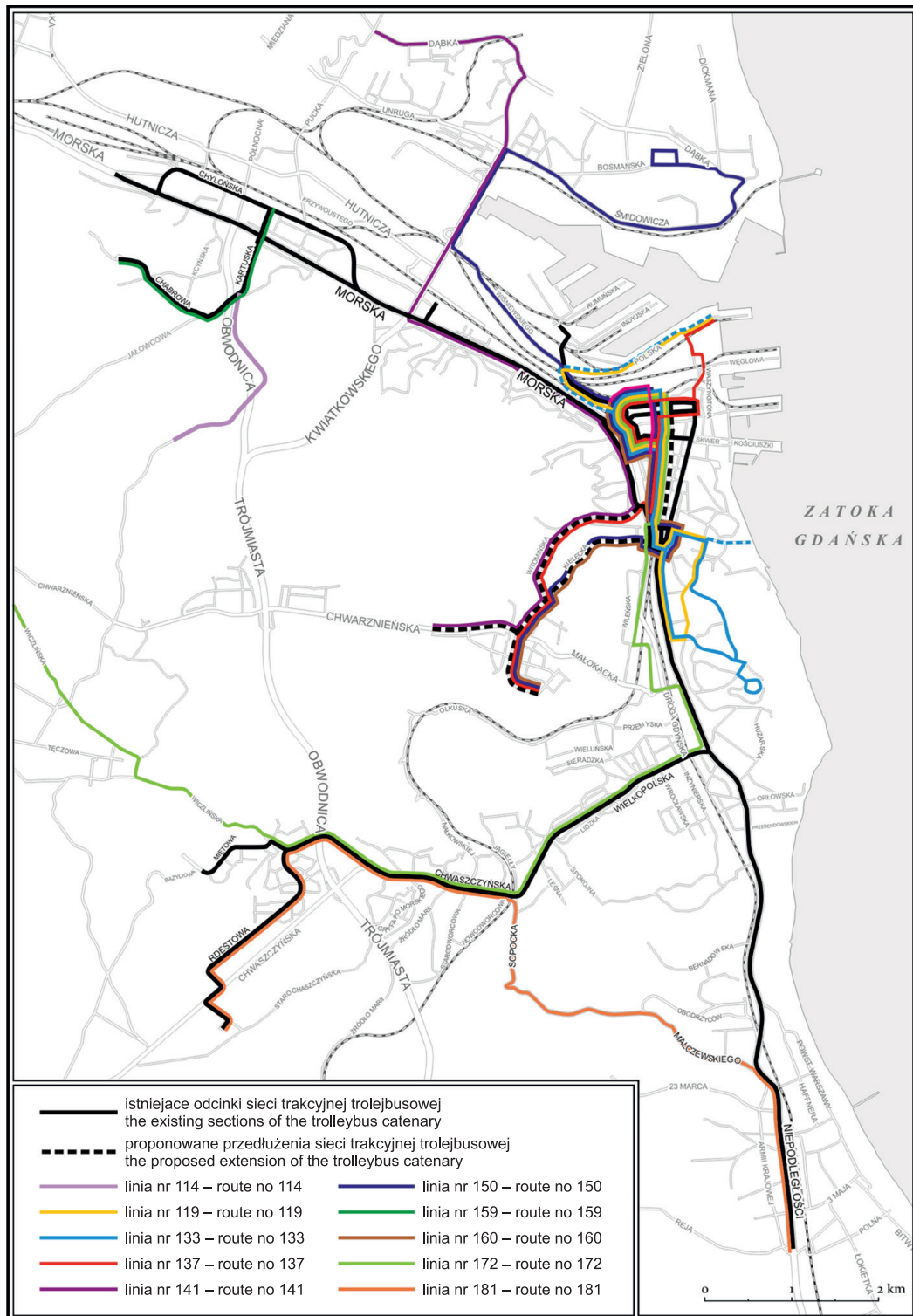
- linie: 114, 159, 181 – brak inwestycji infrastrukturalnych,
- linia 172 – brak inwestycji infrastrukturalnych, dobudowa odcinka traktacji trolejbusowej na ul. Władysława IV poprawia efektywność energetyczną,
- linie 119 i 133 – konieczność budowy sieci na ul. Władysława IV,
- linia 137 – konieczność budowy sieci na ul. Władysława IV, Witomińskiej, Rolniczej, Wielkokackiej i 2 Morskiego Pułku Strzelców,
- linia 141 – konieczność budowy sieci na ul. Witomińskiej, Rolniczej, Chwarznieńskiej do pętli Sosnowa,
- linia 150 – konieczność budowy sieci na ul. Władysława IV, Kieleckiej, Rolniczej, Wielkokackiej, 2 Morskiego Pułku Strzelców,
- linia 160 – konieczność budowy sieci na ul. Władysława IV, Kieleckiej, Rolniczej, Chwarznieńskiej do pętli Witomino Sosnowa.

Podkreślić należy, że za szczególnie zasadne należy uznać budowę sieci trolejbusowej na ul. Władysława IV, która byłaby często eksploatowana, oraz wariant minimalny budowy sieci do dzielnicy Witomino – trasa przez ul. Witomińską do pętli Sosnowa (obsługa trolejbusami linii 141 – wysoka częstotliwość). Pętla Sosnowa jest zlokalizowana przy ul. Chwarznieńskiej w kierunku Chwarzna, obszar Gdyni Zachód, o szczególnie dynamicznym wzroście ludności. Obsługa linii autobusowych 141, 150 i 160 wprowadziłaby nieemisyjny transport publiczny do nowych dzielnic – Pogórza Górnego, Obłuża, Chwarzna. Budowa sieci trakcyjnej do pętli Witomino Sosnowa przy ul. Chwarznieńskiej stwarzałaby perspektywiczną możliwość obsługi dzielnicy Chwarzno i Wiczlino trolejbusami z alternatywnym źródłem zasilania w większym zakresie. Na rysunku 1 zaprezentowano potencjalne nowe trasy trolejbusowe niezbędne do zbudowania.

Za zasadną przyjmuje się budowę odcinków sieci trakcyjnej, trolejbusowej na:

- ul. Władysława IV od skrzyżowania ul. Władysława IV i Piłsudskiego do ul. Jana z Kolna (na odcinku od ul. 10 Lutego do Jana z Kolna w jednym kierunku do Jana z Kolna), ze zwrotnicami umożliwiającymi relacje skątne do ul. 10 Lutego w kierunku ul. Podjazd (lub z ul. 10 Lutego w kierunku ul. Podjazd),
- ul. Kieleckiej,
- ul. Witomińskiej,
- ul. Rolniczej,
- ul. Wielkokackiej,
- ul. 2 Morskiego Pułku Strzelców,
- ul. Chwarznieńskiej od skrzyżowania z ul. Rolniczą do pętli Witomino Sosnowa.

W przeprowadzonej analizie wykazano, że na ul. Władysława IV, 16–17 razy na godzinę w dni powszednie przejeżdżałby trolejbus i jest to bardzo duża częstotliwość, wyższa niż dla wielu innych tras trolejbusowych w Gdyni. Wysoka częstotliwość występowałaby także na ul. Rolniczej w dzielnicy Witomino, ze względu na fakt, że na tej ulicy



Rys. 1. Schemat linii autobusowych wyznaczonych jako potencjalne do obsługi trolejbusami z bateriami
 Fig. 1. Diagram of the bus routes designed as potential to use trolleybuses with batteries

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

zbiegają się linie kursujące ul. Witomińską i Kielecką od strony centrum i ul. Wielkokacką i Chwarznieńską od strony Witomina Leśniczówki i Chwarzna. Wysoka częstotliwość na wszystkich wyznaczonych trasach stwarza szansę pozytywnego bilansu ekonomicznego przedsięwzięcia.

Wprowadzenie do eksploatacji elektrobusów musi być poprzedzone wyborem odpowiedniego systemu ładowania dla pojazdów. Na rynku dostępne są pojazdy pracujące w dwóch systemach:

- w systemie ładowania w nocy,
- w systemie Plug-In, czyli ładowanie odbywa się na pętlach końcowych.

Obecnie w eksploatacji są autobusy elektryczne o zasięgu 100–200 km po pojedynczym ładowaniu. Jest to wartość niewystarczająca do obsługi linii kursującej całodzienne. Z technicznego punktu widzenia możliwa jest natomiast eksploatacja takich pojazdów na liniach szczytowych i doładowywanie elektrobusów w trakcie przerw międzyszczytowych. Jednak koszt zakupu elektrobusów znacznie przewyższa zakup autobusów, dlatego nie jest opłacalna ich eksploatacja na liniach o małej pracy przewozowej, czyli liniach szczytowych. Z tego powodu dla obsługi komunikacji miejskiej w Gdyni nie zaleca się stosowania autobusów elektrycznych ładowanych w trybie nocnym.

Z kolei obsługa linii komunikacyjnych elektrobusami ładowanymi w systemie Plug-In wiąże się z koniecznością budowy stacji szybkiego ładowania na jednej z pętli końcowych lub obydwu pętlach. W analizie finansowej określono minimalny próg częstotliwości kursowania na poziomie 10 minut. Jest to dolny próg, przy którym koszty budowy stacji szybkiego ładowania oraz koszty zakupu zwiększonej liczby pojazdów (konieczne postoje na ładowanie) są równoważone przez mniejsze koszty zużycia energii. W gdyńskiej sieci komunikacyjnej kryterium to spełniają jedynie linie zwykłe 141 i 194.

Linia 194 jest obsługiwana pojazdami przegubowymi. Obecnie na rynku pojazdów elektrycznych nie są dostępne sprawdzone konstrukcje elektrycznych autobusów przegubowych, dlatego obsługę tej linii autobusami elektrycznymi należy rozpatrywać w kryteriach przyszłościowych. Linia 141 natomiast przebiega w znacznej części pod trolejbusową siecią trakcyjną i została już wytypowana do obsługi trolejbusami z bateriami trakcyjnymi.

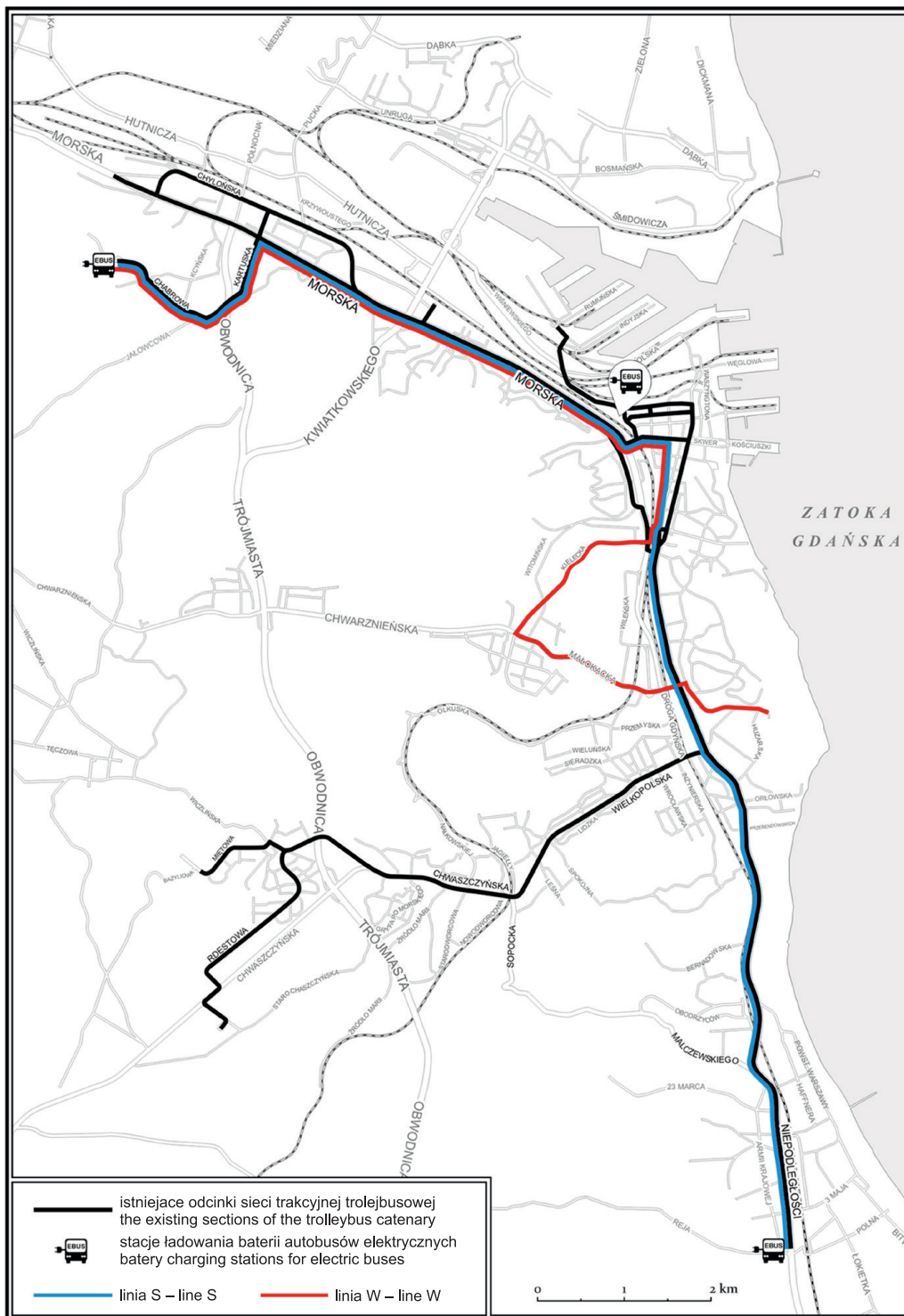
Budowa stacji ładowania może być opłacalna gdy:

- z jednej pętli odjeżdża kilka linii autobusowych o łącznej częstotliwości przekraczającej 10 minut,
- możliwe jest ograniczenie kosztów budowy stacji ładowania przez jej integrację z trolejbusową siecią trakcyjną.

Częstotliwość odjazdów jest większa niż 10 minut na następujących pętlach:

- Chwarzno Sokółka: linie zwykłe 103, 121, 160,
- Pogórze Górne: linie zwykłe 141, 194, 282.

Na rysunku 1 i rysunku 2 przedstawiono trasy linii autobusowych rekomendowanych do obsługi trolejbusami z bateriami trakcyjnymi i autobusami elektrycznymi.



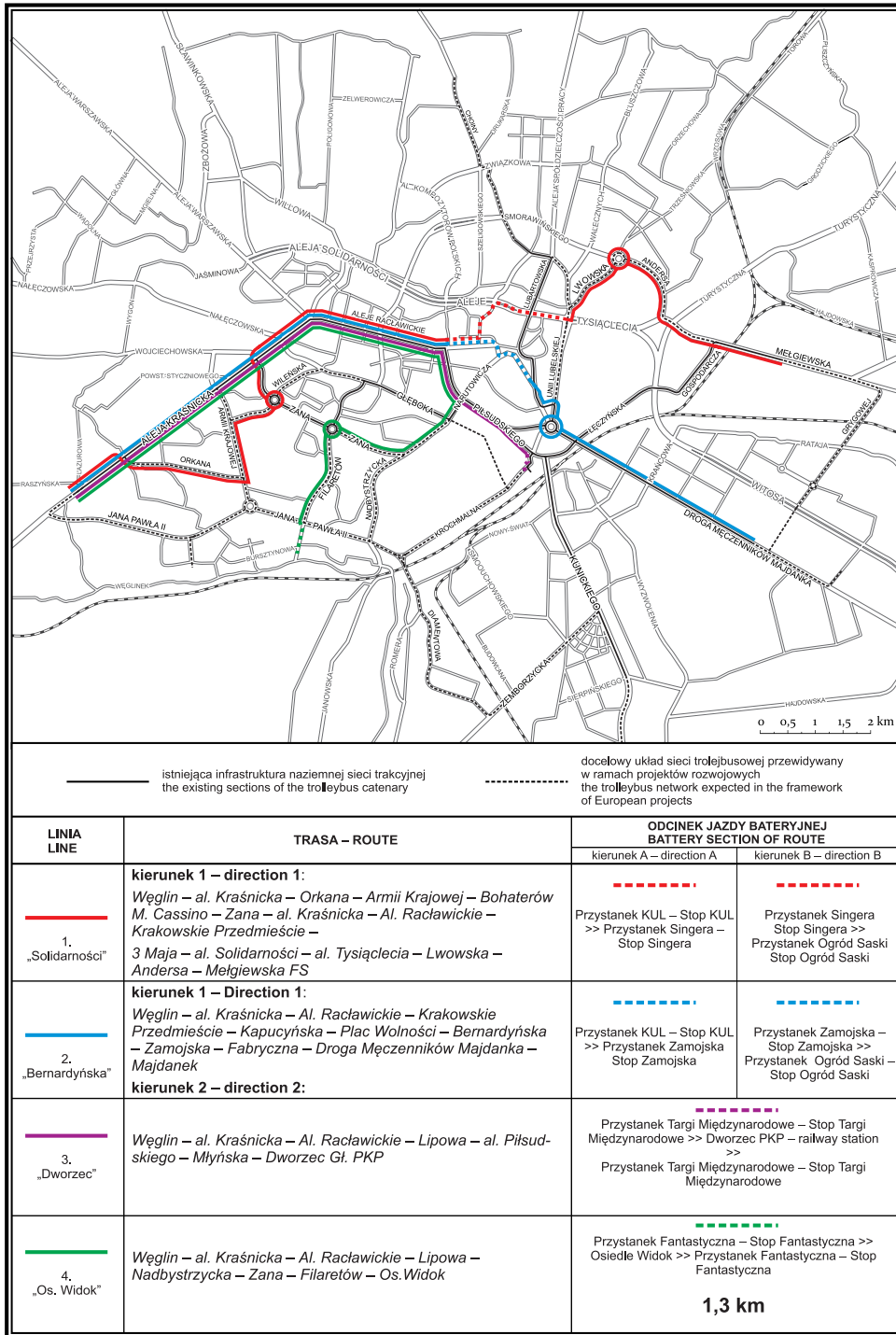
Rys. 2. Schemat linii autobusowych wyznaczonych jako potencjalne do obsługi autobusami elektrycznymi (elektrobusami)

Fig. 2. Diagram of bus lines designated as potential to use electric buses

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration





Rys. 3. Schemat linii komunikacyjnych w Lublinie wyznaczonych jako potencjalne do obsługi trolejbusami z zasilaniem alternatywnym

Fig. 3. Diagram of public transport lines in Lubline designated as potential to use trolleybuses with alternative drive

Źródło: opracowanie własne

Source: own elaboration

Wedle założeń władz Lublina transport trolejbusowy powinien odgrywać kluczową rolę w komunikacji zbiorowej jako proekologiczny i charakteryzujący się brakiem emisji spalin w miejscu eksploatacji. Podjęta przez samorząd droga skutkowała wieloma inwestycjami infrastrukturalnymi i taborowymi w latach 2005–2016. Wśród głównych działań należy wymienić zakup wielu nowych trolejbusów wyposażonych w alternatywne źródła zasilania.

Przygotowując się do zakupu nowych pojazdów w 2011 r., przeprowadzono badania na podstawie czterech hipotetycznych tras wyznaczonych przez organizatora transportu miejskiego w Lublinie. Były to trasy, w przebiegu których trolejbusy pokonywałyby pewien fragment pozbawiony zasilania sieciowego (rys. 3). Analizy pozwoliły pozytywnie zweryfikować możliwość obsługi wyznaczonych tras trolejbusami z alternatywnym źródłem zasilania, zaznaczając, że najlepszym byłyby baterie litowo-jonowe.

PODSUMOWANIE I WNIOSKI

Konfrontując autobusy elektryczne z trolejbusami pod względem baterii trakcyjnych dostępnych na rynku, można dość jednoznacznie określić, że wedle aktualnego poziomu rozwoju obu konstrukcji, zdecydowanie wygrywają trolejbusy. W przypadku miasta posiadającego podsystem transportu trolejbusowego zalety trolejbusów jeszcze bardziej dystansują elektrobusesy. Cechą, która przemawia za trolejbusami jest przede wszystkim unifikacja taboru, nowe pojazdy mogą obsługiwać wszystkie trasy, a w przypadku elektrobusesów są to trasy dedykowane (główną determinantą jest miejsce ich ładowania). Trolejbusy z alternatywnym źródłem zasilania są lżejsze, a przez to mają więcej miejsc pasażerskich. Koszt zakupu trolejbusu jest niższy od porównywalnego elektrobusego o ok. 15% (por. tab. 1.).

Tabela 1. Główne cechy trolejbusów i elektrobusesów
Tabela 1. The main features of trolleybuses and electric buses

Cechy trolejbusów z bateriami Features of the trolleybus with battery	Cechy elektrobusesów Features of the electric buses
Unifikacja z posiadanym taborem Unification of the own fleet	nietypowy pojazd, konieczność zatrudnienia nowej kadry w przypadku spółek autobusowych not typical vehicle, the need for employment of new staff in the case of bus company
Mniejsza masa = więcej miejsc pasażerskich Less weight = more passenger seats	brak możliwości obsługi elektrobusesami dowolnych linii komunikacyjnych inability to service all public transport lines by electric buses
Niższy koszt zakupu od elektrobusego Trolleybus is cheaper than electric bus	Wyższy koszt zakupu od trolejbusu electric bus is more expensive than trolleybus
Większa elastyczność eksploatacyjna (mogą być wszędzie eksploatowane) Greater operational flexibility (can be operated anywhere)	Większa masa = mniej miejsc pasażerskich greater weight = less passenger seats

Źródło: opracowanie własne
Source: own elaboration

Wychodząc z założenia, że istniejące, rozwinięte systemy transportu trolejbusowego w Gdyni i Lublinie są bardzo dobrą podstawą do rozwijania transportu elektrycznego, przeanalizowano możliwości zastąpienia autobusów spalinowych elektrobusem (autobusami zasilanymi energią elektryczną) lub trolejbusami (wyposażonymi w odpowiednie baterie trakcyjne). Układ miasta determinujący kształt sieci transportu publicznego nie wpływa pozytywnie na możliwości tworzenia rozbudowanej sieci połączeń elektrobusem w przypadku Gdyni. Autobusy elektryczne potrzebują odpowiedniego miejsca do ładowania przynajmniej na jednej z pętli końcowych. Mnogość pętli w Gdyni nie sprzyja zasadności ekonomicznej budowania takich urządzeń w konkretnych miejscach. Ich cena oscylująca na poziomie 800 tys. PLN zdecydowanie wpływa na bilans ekonomiczny przedsięwzięcia. Analizowano takie miejsca budowy „ładowarek” elektrobusem, aby skorzystać z bliskości infrastruktury zasilającej komunikację trolejbusową. Tylko trzy miejsca w Gdyni: Pustki Cisowskie, Dworzec Główny PKP i Sopot Reja mają warunki sprzyjające do budowy tego typu urządzeń. Dwie linie autobusowe, które mogłyby być obsługiwane elektrobusem, to pospieszne linie S i W, które ze względów organizacyjnych nie mogłyby być obsługiwane trolejbusami na odcinkach pod siecią trakcyjną (autobusy tych linii nie zatrzymują się na wszystkich przystankach). Do obsługi obu linii potrzebny byłby zakup 15 elektrobusem 12-metrowych.

Ze wszystkich linii autobusowych w Gdyni wyselekcjonowano te, które mogłyby być obsługiwane trolejbusami. Wśród 55 potencjalnych linii, zakładając odpowiednią częstotliwość dobową, funkcjonowanie całotygodniowe i całoroczne oraz obsługę pojazdami 12-metrowymi (warunkowo dopuszczono pojazdy przegubowe 18-metrowe), wybrano dziesięć linii, które mają predyspozycje do tego, aby były obsługiwane trolejbusami. Rekomendowano następujące linie: 114, 119, 133, 137, 141, 150, 159, 160, 172 i 181. Do obsługi wyznaczonych tras potrzebny byłby zakup min. 33 pojazdów 12-metrowych i 15 przegubowych (18-metrowych). Do odpowiedniego funkcjonowania części tras niezbędna byłaby budowa dodatkowych fragmentów sieci trakcyjnej na: ul. Władysława IV, ul. Kieleckiej, ul. Witomińskiej, ul. Rolniczej, ul. Wielkokackiej/ 2 Morskiego Pułku Strzelców, ul. Chwarznieńskiej do pętli Witomino Sosnowa. Znaczna liczba linii możliwych do obsługi trolejbusami, po stosunkowo niewielkich inwestycjach infrastrukturalnych, skłania do etapowania rozwoju. Poszczególne warianty takiej rozbudowy to zróżnicowane koszty, w zależności od przyjętego wariantu. Na przykład, bez inwestycji infrastrukturalnych, 26 mln zł potrzebnych byłoby na zastąpienie wybranych linii autobusowych trolejbusami wyłącznie na zakup pojazdów.

Dotychczas Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni wykonywało w skali roku ok. 4,7–4,9 mln wozokilometrów. Udział trolejbusów stanowi 25% całości transportu publicznego w Gdyni. Realizacja poszczególnych wariantów rozwoju sieci połączeń obsługiwanych trolejbusami z bateriami (oraz autobusami elektrycznymi) wiązałaby się ze wzrostem pracy przewozowej od ok. 600 tys. wkm (wariant bez rozbudowy infrastruktury) do ok. 2,52 mln wkm w skali roku, czyli oznaczałoby to wzrost o ponad 50% pracy przewozowej obecnie realizowanej przez trolejbusy (w przypadku wariantu maksymalnego, włącznie z dwoma liniami elektrobusem).

Rozwój technologii baterii trakcyjnych pozwala na zminimalizowanie skutków braku możliwości zbudowania infrastruktury trakcyjnej, np. w ścisłym centrum miasta o charak-

terze zbyt wysokim tak jak w przypadku Lublina. Możliwość wykorzystania alternatywnego źródła zasilania pozwala poprowadzić nowe trasy trolejbusowe i zwiększyć dostępność proekologicznego transportu w obszarach szczególnie narażonych na emisję spalin.

Gdynia i Lublin eksploatują jedne z najnowocześniejszych sieci trolejbusowych w Europie. Sieć ta może stanowić doskonałą podstawę infrastrukturalną do ekspansji ekologicznej, zelektryfikowanej komunikacji miejskiej. Optymalnym środkiem zbiorowego transportu publicznego dla Gdyni jest trolejbus z pomocniczymi bateriami trakcyjnymi. Łączy w sobie zalety trolejbusu i elektrobusu. Z jednej strony, jest elastyczny jak elektrobus, z drugiej zaś jest sprawdzonym rozwiązaniem technicznym jak trolejbus i może korzystać z istniejącej trolejbusowej infrastruktury. Co nie jest bez znaczenia, zakup taboru trolejbusowego jest tańszy niż autobusowego, a częściowe wykorzystanie sieci trakcyjnej obniża koszty eksploatacyjne związane z wymianą baterii akumulatorów.

Zarówno gdyńska, jak i lubelska sieć trolejbusowa mogą stanowić doskonałą bazę do celów ładowania trolejbusów z pomocniczym napędem. Jak przedstawiono w opracowaniu, nawet istniejąca infrastruktura trakcyjna pozwala na zastąpienie części linii autobusowych trolejbusami (Gdynia) lub poprowadzenie nowych tras w miejscach gdzie nie ma możliwości zbudowania infrastruktury sieciowej (Lublin). Działania takie odpowiadają postulatowi polityki transportowej Unii Europejskiej w zakresie wzrostu elektromobilności [Połom 2015a]. Co więcej, nawet nieznaczna rozbudowa trolejbusowej sieci trakcyjnej umożliwia znaczną ekspansję komunikacji trolejbusowej w oparciu o trolejbusy wyposażone w baterie trakcyjne.

PIŚMIENNICTWO

- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2011a). Dwa lata eksploatacji trolejbusów z baterijnym źródłem zasilania w Gdyni (Two years of operation of the trolley bus with the battery power source in Gdynia). *Pojazdy Szynowe* 3, 68–71.
- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2011b). Trolejbus versus elektrobus (Trolleybus versus electrobus), w: *Vybrané aspekty provozování veřejné dopravy v střední a východní Evropě: příklady z České republiky*. Red (Eds.) M., Bartłomiejczyk, M., Połom, Polska a Slovenska, PTG, 129–142.
- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2011c). Analiza zastosowania dodatkowego napędu do trolejbusów w Lublinie (Analysis of the application of an additional drive to trolley buses in Lublin). ZTM Lublin, Gdynia (maszynopis).
- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2013a). Perspektywa wykorzystania napędu alternatywnego w lubelskiej komunikacji trolejbusowej (The perspective of the use of alternative propulsion in Lublin trolleybus). Cz. I (Part I), TTS Technika Transportu Szynowego, 7–8, 68–70.
- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2013b). Perspektywa wykorzystania napędu alternatywnego w lubelskiej komunikacji trolejbusowej (The perspective of the use of alternative propulsion in Lublin trolleybus). Cz. II (Part II), TTS Technika Transportu Szynowego 10, 26–32.
- Bartłomiejczyk, M., Styskała, V., Hrbac, R., Połom, M. (2013). Trolleybus with traction batteries for autonomous running, *Proceedings of the 7th International Scientific Symposium on Electrical Power Engineering Elektroenergetika*, ss. 204–206.
- Bartłomiejczyk, M., Połom, M. (2015). Trolejbus czy elektrobus na przykładzie Gdyni. Analiza porównawcza (Trolleybus or electrobus for example. Comparative analysis). EDF Polska SA, Gdynia (maszynopis).

- Biała księga. Europejska polityka transportowa w horyzoncie do 2010 r.: czas wyborów (The white paper. European transport policy for 2010: time horizon choices). COM (2001) 370, Komisja Europejska, Bruksela 2001 (European Commission, Brussels 2001).
- Biała księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu (The white paper. Plan the creation of a single European transport area – towards a competitive and resource-efficient transport system). COM(2011) 144, Komisja Europejska, Bruksela 2011 (European Commission, Brussels 2011).
- Goliszek, S. (2014). Zmiany dostępności miejskim transportem zbiorowym w Lublinie w wyniku inwestycji infrastrukturalnych finansowanych z funduszy UE do roku 2020 (Changes the availability of urban collective transport in Lublin as a result of infrastructure investment financed from EU funds by the year 2020). *Transport Miejski i Regionalny* 9, 15–21.
- Goliszek, S., Połom, M. (2016). Porównanie dostępności komunikacyjnej transportem zbiorowym w ośrodkach wojewódzkich Polski Wschodniej na koniec perspektywy UE 2007–2013 (Comparison of accessibility transport collective agreement in the provincial Polish East at the end of the perspective of the EU 2007–2013). *Transport Miejski i Regionalny* 3, 16–27.
- Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej Cz. 1. Analiza rozwiązań stosowanych obecnie (The concept of entry into service of buses within the Lublin transport. Part 1. Analysis of the solutions used currently) (2015a). Politechnika Poznańska, ss. 107.
- Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej. Cz. 2. Ocena wybranych linii komunikacji miejskiej pod kątem obsługi przez autobusy elektryczne (The concept of entry into service of buses within the Lublin transport. Part 2. Evaluation of selected lines of public transport for use by electric buses) (2015b). Politechnika Poznańska, ss. 111.
- Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej. Cz. 3. Analiza ekonomiczna (The concept of entry into service of buses within the Lublin transport. Part 3. Economic analysis) (2015c). Politechnika Poznańska, ss. 14.
- Lindgren, L. (2015). Full electrification of Lund city bus traffic. A simulation study, *Industrial Electrical Engineering and Automation*. Lund Institute of Technology, ss. 48.
- Połom, M. (2011). Projekt rewitalizacji i rozwoju komunikacji trolejbusowej w Gdyni współfinansowany ze środków unijnych (The project of revitalization and development of trolleybus in Gdynia, co-financed by the EU). *Transport Miejski i Regionalny* 6, 23–27.
- Połom, M. (2015a). European Union Funds as a growth stimulant of electromobility on the example of electric public transport in Poland. *Barometr Regionalny* 13(3), 89–96.
- Połom, M. (2015b). Przemiany funkcjonowania komunikacji trolejbusowej w Polsce w latach 1989–2013 (The transformation of the operation of the trolleybus in Poland in the years 1989–2013), Uniwersytet Gdański (maszynopis rozprawy doktorskiej – manuscript of the doctoral dissertation).
- Połom, M., Bartłomiejczyk, M. (2011). Alternatywne źródła zasilania w trolejbusach – przegląd rozwiązań stosowanych w miastach europejskich (Alternative power source in trolleybuses-review solutions used in European cities). *Transport Miejski i Regionalny* 8, 16–20.
- Połom, M., Tarnawski, R. (2011). Wsparcie modernizacji i rozwoju komunikacji miejskiej w Lublinie z funduszy strukturalnych (Support o the modernisation and development of public transport in Lublin from the structural funds). *Transport Miejski i Regionalny* 10, 35–41.
- Varga, B., Iclodean, C. (2015). Electric buses for urban transportation: assessments on cost, infrastructure and exploitation. *Annals of the Oradea University* 1, 253–258.
- Zielona księga. W kierunku nowej kultury mobilności w mieście (The Green Paper. Towards a new culture of urban mobility), COM(2007) 551, Komisja Europejska, Bruksela 2007 (European Commission, Brussels, 2007).

INNOVATIVE SOLUTIONS AS THE CHANCE OF TRANSPORTATION SYSTEMS DEVELOPMENT ON THE EXAMPLE OF THE TROLLEYBUS TRANSPORT IN GDYNIA AND LUBLIN

Summary. The history of the electric public transport dates back to the eighties of nineteenth century. Its origins are linked with the tramway transport, which at the turn of the nineteenth and twentieth centuries has become part of the landscape of many cities. The beginning of the twentieth century brought the popularization of trolleybus transport. Today, new mode of public transport has become the electric bus.

The paper presents two modes of the electrified public transport: trolleybus and bus electric (interchangeably called electrobus). Authors outlined the evolution of both types of urban transport focusing on auxiliary drives in the contemporary trolleybuses, which allow to go without power from the catenary in the part of the route. The most frequently used in Europe is an auxiliary combustion engine, but the development of battery technology led to the popularization of this solution. For this reason, the batteries are evaluated as a solution for the future. The study analyzed the possibility of the development of two trolleybus transport systems (in Gdynia and Lublin) based on innovative battery technology.

Some cities have decided to put electric buses into public transport in a wider range, for example in Krakow and Warsaw. The study compared the chances to put electric buses into operation in the cities with the trolleybus transport system.

Key words: public transport, trolleybus, urban electric transport, electrobus, electromobility

Zaakceptowano do druku – Accepted for print: 23.12.2016

Do cytowania – For citation:

Bartłomiejczyk, M., Goliszek, S., Połom, M. (2016). Innowacyjne rozwiązania szansą rozwoju systemów transportu trolejbusowego na przykładzie Gdyni i Lublina. *Acta Sci. Pol. Administratio Locorum* 15(4), 7–25.