

**Marek Ziembicki**

Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. w Warszawie

**Dariusz Pyza**

Politechnika Warszawska, Wydział Transportu

## **WYBRANE ASPEKTY EKSPLOATACJI TABORU NISKOEMISYJNEGO W TRANSPORCIE PUBLICZNYM**

Rękopis dostarczono: kwiecień 2016

**Streszczenie:** W artykule przedstawiono wybrane zagadnienia dotyczące wdrażania pojazdów niskoemisyjnych w transporcie publicznym. Analiza wdrażania pojazdów niskoemisyjnych w transporcie publicznym przeprowadzona została na podstawie badań prowadzonych w Warszawie. Na podstawie wyników badań przedstawiono zasadność, wdrażania pojazdów niskoemisyjnych w transporcie publicznym oraz ich zalety i wady. Przedstawiono również problemy, jakie wynikają z eksploatacji pojazdów niskoemisyjnych.

**Słowa kluczowe:** tabor niskoemisyjny, eksploatacja autobusów elektrycznych

### **1. WSTĘP**

Europejska polityka transportowa zakłada zmniejszenie negatywnego oddziaływania transportu na środowisko naturalne oraz poprawę efektywności energetycznej środków transportu. Miasta europejskie podejmują liczne działania zmierzające do ograniczenia wykorzystania pojazdów zasilanych olejem napędowym oraz wprowadzenia rozwiązań wolnych od emisji toksycznych substancji w szczególności, CO<sub>2</sub>.

Wymogi prawne oraz oczekiwania społeczne co do jakości życia w miastach powodują, że transport publiczny stoi przed wyzwaniem ograniczania emisji spalin w perspektywie najbliższych kilkudziesięciu lat [5], [6]. Odpowiedzią na te wyzwania jest rozwój istniejących oraz budowa nowych tras dla elektrycznych pojazdów szynowych – metra, tramwajów i kolei aglomeracyjnej oraz promowanie pojazdów niskoemisyjnych [1], [2], [4], [6]. Z uwagi na kwestię kosztów czy ograniczenia przestrzenne nie wszędzie jest możliwe zastąpienie linii autobusowych trakcją szynową. W tych obszarach komunikacja autobusowa nadal stanowić będzie podstawowy środek transportu. Równoległe do rozwoju komunikacji szynowej czeka nas postępująca eliminacja paliw konwencjonalnych z systemów zasi-

lania autobusów. Rozwiązaniem pośrednim, niewymagającym budowy infrastruktury szynowej i wykorzystującym układ drogowy mogłyby być trolejbusy. Te jednak uzależnione są od budowy zasilającej trakcji napowietrznej. Komunikacja trolejbusowa ma jednak dwie wady. Pierwszą jest brak elastyczności w projektowaniu trasy. Druga wiąże się z niekorzystnym wpływem trakcji zasilającej na przestrzeń miasta, zwłaszcza obszary zabudowane. Zarówno jedną jak i drugą wadę można ograniczyć poprzez rozwiązania hybrydowe, tj. wyposażenie trolejbusów w dodatkowe zasilanie bateryjne lub spalinowy silnik generujący dodatkowy prąd lub całkowicie elektryczne. Pozwoli to na pokonanie kilkukilometrowych odcinków bez dostępu do sieci. Konsekwentny rozwój technologii w zakresie zasilania pojazdów powoduje, że już dziś stają się dostępne rozwiązania, które pozwalają myśleć o następcach trolejbusów – o pojazdach, które również nie emitują spalin w miejscu kursowania a jednocześnie nie wymagają budowy trakcji napowietrznej. Są to elektryczne autobusy bateryjne. Źródłem ich napędu jest energia zgromadzona w akumulatorach. W tym rozwiązaniu praktycznie eliminujemy wadę przypisaną trolejbusom - autobusy te nie muszą być przyporządkowane do konkretnej trasy. Pierwotne koncepcje budowy takich pojazdów zakładały możliwość zgromadzenia jak największej liczby baterii, które mogą zapewnić możliwość kursowania pojazdu przez cały dzień a ładowanie, odbywa się podczas nocnego postoju autobusu. To rozwiązanie ma jednak wiele wad. Pierwsza to cena pojazdu. Koszt baterii stanowi znaczący udział w cenie całego pojazdu. Druga wada, to ograniczenie pojemności pojazdu i aranżacja wnętrza, która czyni go mniej przyjaznym dla pasażerów. Ciężkie baterie powodują, że różnica pomiędzy dopuszczalną prawem masą całkowitą a masą własną pojazdu pozwala na zabranie dużo mniejszej liczby pasażerów w stosunku do analogicznego pojazdu napędzanego silnikiem diesla. Samo ułożenie baterii z kolei powoduje, że w pojeździe znajduje się wiele podestów czy wręcz część pojazdu nie jest niskopodłogowa. To czyni, że takie pojazdy są mniej dostępne dla osób niepełnosprawnych. Inna koncepcja zmierza w kierunku ograniczenia liczby i mocy baterii na rzecz potrzeby ich doładowywania w trakcie realizacji zadań przewozowych. Wówczas takie pojazdy w zakresie przestrzeni pasażerskiej w praktyce niewiele odbiegają od tych napędzanych w sposób konwencjonalny. Pojemność jest niewiele mniejsza a aranżacja wnętrza może nawet być korzystniejsza od „zwykłych” autobusów. Wówczas cena autobusu elektrycznego zbliża się do kosztu ceny trolejbusu. Z kolei koszt stacji doładowujących na mieście rozkłada się na liczbę autobusów.

## 2. AUTOBUSY NISKOEMISYJNE W WARSZAWIE

W całej Europie reformowaniu ulega struktura publicznego transportu zbiorowego. Warszawa również przyłączyła się do tych rozwiązań i podejmuje działania zmierzające do ograniczenia wykorzystania pojazdów zasilanych olejem napędowym. Wprowadza się obszary miasta, w których ograniczeniu ulegnie emisja toksycznych substancji spalin [7], [8], [10]. W październiku 2014 roku, opublikowana została Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE dotycząca rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych. Na ogłoszenie Dyrektywy miały wpływ negatywne skutki gospodarcze i środowiskowe, stosowania paliw ropopochodnych. Przyjęta strategia, mająca na celu stopniowe zastępowanie

ropy naftowej paliwami alternatywnymi i rozbudowę niezbędnej infrastruktury, mogłaby przynieść znaczne oszczędności oraz pozytywnie wpływać na gospodarkę europejską i rynek pracy. W Polsce również uruchomiono kilka projektów mających na celu badanie przydatności paliw alternatywnych w transporcie publicznym. Projekt wprowadzenia autobusów niskoemisyjnych i paliw alternatywnych w największej polskiej spółce komunikacji miejskiej MZA Sp. z o.o., rozpoczął się od przeprowadzania testów różnych rodzajów paliw alternatywnych. Od roku 2011 Spółka wprowadziła do ruchu pierwsze pojazdy niskoemisyjne badając ich przydatność w aglomeracji miejskiej. Obecnie MZA Sp. z o.o. posiada:

- 4 autobusy hybrydowe 18 metrowe, zasilane ON norma emisji Euro 5,
- 35 autobusów gazowych 18 metrowych, zasilane LNG norma emisji Euro 6,
- 10 autobusów elektrycznych 12 metrowych,

W tablicach 1 i 2 przedstawione zostały podstawowe dane dotyczące posiadanego przez Spółkę taboru w podziale na koszty i możliwości jezdne każdego z typu taboru.

Tablica 1

**Charakterystyki taboru niskoemisyjnego w MZA Sp. z o.o w Warszawie**

Autobusy	Koszty zakupu	Czas tankowania /ładowania [min]	Zasięg [km]	Dodatkowa infrastruktura	Emisja sub-stancji normatywnych	Emisja CO <sub>2</sub>
Standard ON	100%	6	500	nie	Euro 6	100%
Gazowy LNG	115-125%	6	350	tak	Euro 6	95%
Hybrydowy ON	130-140%	6	500	nie	Euro 6	75%
Elektryczne – zasilenie bateryjne	190-230%	420 (obecnie tylko zajezdnie)	120-200	tak	0	0 / 82%
Elektryczne – zasilanie pantografowe	150%	300 (zajezdnie) 90 (krańce linii)	500	tak	0	0 / 82%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Tablica 2

**Charakterystyki taboru niskoemisyjnego w MZA Sp. z o.o w Warszawie**

Typ Autobusu	Liczba taboru	Przebieg	Zużycie energii	Cena jednostkowa	Emisja CO <sub>2</sub> [Mg]	Emisja CO <sub>2</sub> [g/km]	Różnica emisji [Mg/%]	Różnica emisji [g/km/%]
Przegubowy hybrydowy ON	4	177492	77560 dm <sup>3</sup>	3,37 zł	205,5	1158	-58,8	-331
Przegubowy standardowy ON	4	177492	99756 dm <sup>3</sup>	3,37 zł	264,4	1489	-22%	-22%

Tablica 2 cd

## Charakterystyki taboru ... cd

Typ Autobusu	Liczba	Przebieg	Zużycie energii	Cena jednostkowa	Emisja CO <sub>2</sub> [Mg]	Emisja CO <sub>2</sub> [g/km]	Różnica emisji [Mg/%]	Różnica emisji [g/km/%]
Przegubowy LNG	35	1351521	693100 kg	2,19 zł	1863,1	1379	102,2	-76
Przegubowy standardowy ON	35	1352521	693100 dm <sup>3</sup>	3,37zł	1965,3	1454	-5%	-5%
Elektryczny klasy max	10	104056	114141 kWh	0,32 zł	101,6	976	-22,2	-213
Standardowy ON klasy max	10	104056	46695 dm <sup>3</sup>	3,37 zł	123,7	1189	-18%	-18%

Zródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Z analiz danych podstawowych w tablicach 1 i 2 wynika, że koszt zakupu autobusu niskoemisyjnego jest znacznie wyższy od autobusu zasilanego paliwem tradycyjnym. Dla autobusów zasilanych LNG jest to koszt wyższy o 15÷25%, natomiast dla autobusów elektrycznych o 90÷130%. Zaletą użytkowania autobusów niskoemisyjnych jest natomiast znaczne ograniczenie emisji związków szkodliwych spalin.

### 3. EKSPLOATACJA AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH W WARSZAWIE

W ramach prowadzonych testów, autobusy eksploatowane były na linii 222, której krańce znajdują się na ulicy Bielańskiej i Spartańskiej, a trasa przebiega przez Trakt Królewski. Natężenie i wielkość potoków pasażerskich była odpowiednia dla pojemności autobusów. Zarząd Transportu Miejskiego dostosował rozkład jazdy linii do możliwości jezdnych autobusów elektrycznych, *max dzienny przebieg dla brygady przyjęto około 200 km*. Ocenie podlegało przede wszystkim zużycie energii oraz sposób i proces ładowania akumulatorów. Oceniany był także sposób eksploatacji, awaryjność, estetyka i odbiór społeczny. Wszystkie przypadki konieczności interwencji serwisowej zgłaszane były pracownikowi serwisu obsługującemu autobusy elektryczne.

#### **Przebieg testów eksploatacyjnych**

Autobusy elektryczne eksploatowane były na linii specjalnej 222 dedykowanej dla tej grupy pojazdów wg rozkładu przedstawionego w tablicy 3.

Tablica 3

## Rozkład jazdy autobusów elektrycznych

Dzień Powszedni						Liczba półkursów
Brygada	Oddział	Wyjazd	Zjazd	Czas pracy	Km całkowite	
A1	R x	5:15	22:28	17:13	208,439	24
A2	R x	5:30	22:58	17:28	208,439	24
A3	R x	6:57	21:48	14:51	173,613	19
Dzień Powszedni						Liczba półkursów
Brygada	Oddział	Wyjazd	Zjazd	Czas pracy	Km całkowite	
A5	R x	6:00	21:28	15:28	174,824	21
Sobota i Święto						
A1	R x	4:55	20:47	15:52	194,653	21
A2	R x	6:13	23:28	17:15	213,265	21
A3	R x	5:25	22:28	17:03	208,439	22
A5	R x	7:38	22:58	15:20	188,613	20

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Od listopada 2014 roku do lutego 2015 roku autobusy przejechały łącznie 60 263 km, w tym kilometry dojazdowo/zjazdowe. Zestawienie kilometrów całkowitych wykonanych przez autobusy elektryczne w miesiącach listopad – grudzień 2014 oraz styczeń – luty 2015 r. przedstawiono w tablicy 4.

Tablica 4

## Zestawienie kilometrów całkowitych wykonanych przez autobusy elektryczne

Brygady	Listopad /2014/	Grudzień /2014/	Styczeń /2015/	Luty /2015/
A1	4 629	4 589	2 823	1 671
A2	4 656	5 430	3 686	4 428
A3	4 638	4 787	2 650	1 242
A5	4 614	3 846	3 368	3 206
Razem	18 537	18 652	12 527	10 547

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Zestawienie kilometrów wykonanych przez autobusy elektryczne oraz zużyta energia na km [kWh/km] w miesiącach listopad – grudzień 2014 oraz styczeń – luty 2015 r. przedstawiono w tablicy 5 oraz na wykresie 1.

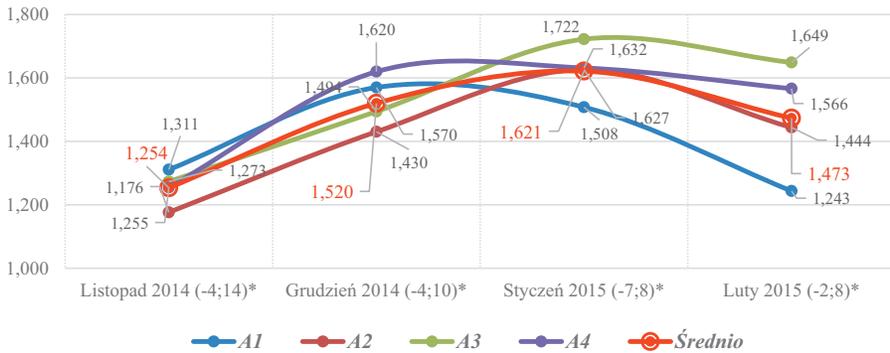
Tablica 5

## Zestawienie kilometrów wykonanych przez autobusy elektryczne

Brygady	Listopad 2014 (-4;+14) <sup>a)</sup>			Grudzień 2014 (-4;+10) <sup>a)</sup>			Styczeń 2015 (-7;+8) <sup>a)</sup>			Luty 2015 (-2;+8) <sup>a)</sup>		
	km	kWh	kWh/km	km	kWh	kWh/km	km	kWh	kWh/km	km	kWh	kWh/km
A1	4629	6068	1,311	4589	7205	1,570	2823	4257	1,508	1671	2078	1,243
A2	4656	5477	1,176	5430	7767	1,430	3686	5996	1,627	4428	6394	1,444
A3	4638	5905	1,273	4787	7153	1,494	2650	4564	1,722	1242	2048	1,649
A4	4614	5790	1,255	3846	6230	1,620	3368	5495	1,632	3206	5021	1,566
Śr.	18537	23240	1,254	18652	28354	1,520	12527	20311	1,621	10547	15540	1,473

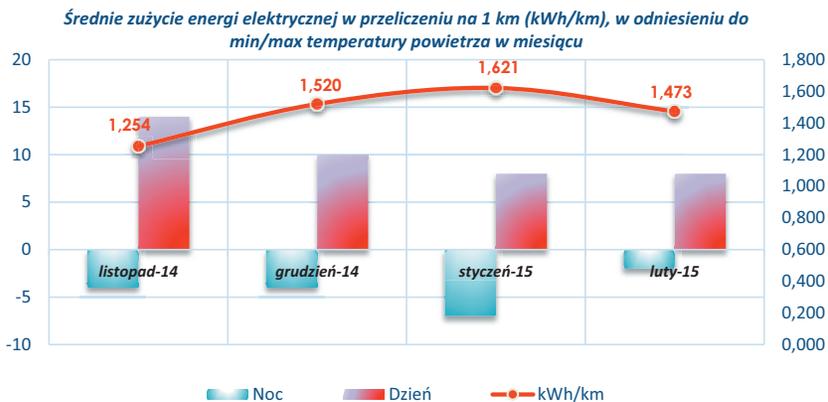
<sup>a)</sup> zakres temperatury otoczenia, w jakiej pracowały autobusy

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.



Wykres. 1. Średnie zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na 1 km (kWh/km) w miesiącu  
 Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Na wykresie 2 przedstawiono średnie zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na 1 km oraz podano min i max temperaturę w miesiącu.



Wykres. 2. Średnie zużycie energii elektrycznej w przeliczeniu na 1 km (kWh/km) w odniesieniu do min/max temperatury powietrza w miesiącu

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

## 4. AWARYJNOŚĆ AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH

W badanym okresie autobusy elektryczne nie wykonały 3 484 planowanych półkursów, co stanowi 35% półkursów planowanych. Główną przyczyną nie wykonania pracy przewozowej, były usterki techniczne oraz dodatkowe prace związane z modyfikacją pojazdów

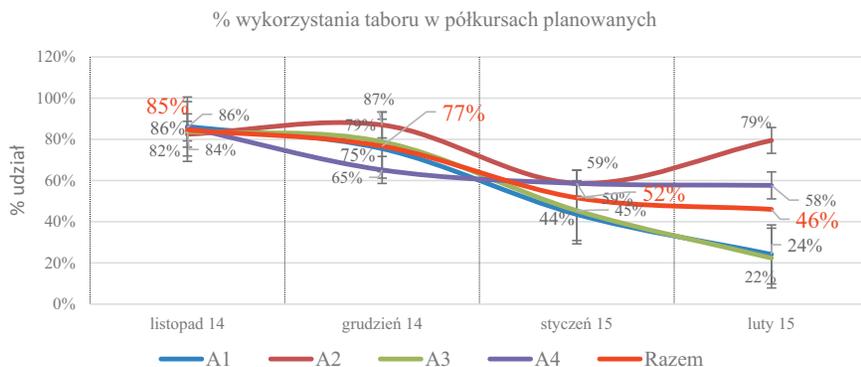
takie jak zabudowa kabiny kierowcy oraz montaż dodatkowego systemu ogrzewania przestrzeni pasażerskiej. W omawianych miesiącach wpływ na niewykonanie półkursów miała również temperatura powietrza, która w znacznym stopniu wpływała na zwiększenie zużycia energii. Ogrzewanie przedziału pasażerskiego przy ujemnych temperaturach ograniczało mobilność pojazdów, o około 50%, co było powodem częstych zjazdów autobusów w celu doładowania. Zestawienie awaryjności autobusów elektrycznych przedstawiono w tablicy 6, natomiast wykorzystanie taboru w półkursach planowanych na wykresie 3.

Tablica 6

## Zestawienie awaryjności autobusów elektrycznych

Numer tabor	Listopad -14			Grudzień -14			Styczeń -15			Luty -15		
	Półkursy planowane	Półkursy wadliwe	% wykorzystanie tabo-ru w planowanych pół-kursach	Półkursy planowane	Półkursy wadliwe	% wykorzystanie tabo-ru w planowanych pół-kursach	Półkursy planowane	Półkursy wadliwe	% wykorzystanie tabo-ru w planowanych pół-kursach	Półkursy planowane	Półkursy wadliwe	% wykorzystanie tabo-ru w planowanych pół-kursach
A1	589	81	86%	657	161	75%	654	369	44%	592	449	24%
A2	605	106	82%	660	86	87%	656	271	59%	595	122	79%
A3	593	96	84%	656	139	79%	630	344	45%	581	451	22%
A4	578	82	86%	640	223	65%	648	268	59%	581	246	58%
Razem	2365	365	85%	2613	609	77%	2588	1252	52%	2349	1268	46%

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.



Wykres. 3. Wykorzystanie taboru w półkursach planowanych

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych Miejskich Zakładów Autobusowych Sp. z o.o.

Na gotowość autobusów do ruchu miał również wpływ brak części zamiennych oraz obsługujący je serwis. Brak zaplecza narzędziowego i serwisowego miał znaczący wpływ na sprawność pojazdów, powodem przedłużających się napraw było oczekiwanie na spro-

wadzenie części zamiennych, które trwa od tygodnia do około miesiąca przy eksploatacji pojazdów testowych.

## 5. OCENA WŁASNOŚCI UŻYTKOWYCH AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH

W okresie testowania, autobusy obsługiwane były przez jeden z Oddziałów Przewozów MZA Sp. z o.o., w którym kierowcy tego Oddziału zostali szczegółowo przeszkoleni w zakresie zasad prowadzenia tych pojazdów. Przeprowadzając testy przyjęto strategię, że w dwóch miejscach na terenie Warszawy zainstalowano ładowarki, jednym z nich był teren Żoliborza gdzie zainstalowano cztery stacje ładowania – akumulatory autobusów były ładowane w porze nocnej. Drugim natomiast teren Mokotowa, gdzie autobusy ładowane były w okresie pozaszczytowym.

Przyjęte rozwiązanie przez producenta pojazdów to: ładowarka wyposażona w 2 kable ładujące, rozwiązanie to pozwalało na wybór odpowiedniej, z punktu widzenia użytkownika, opcji ładowania:

- dwie wtyczki pracujące – max czas ładowania rzędu 5,5 godzin, dla większego poboru prądu i przy całkowitym rozładowaniu akumulatorów,
- jedna wtyczka pracująca – max czas ładowania rzędu 9 godzin, dla standardowego poboru prądu i przy całkowitym rozładowaniu akumulatorów,

Ładowarka wyposażona jest w automatyczny system regulacji ładowania i poboru prądu, włącznie z automatycznym zakończeniem ładowania.

Rola kierowcy sprowadzona została, do czynności włożenia i wyjęcia wtyczek z gniazd ładowania. W ocenie kierujących prowadzenie autobusu elektrycznego praktycznie nie odbiega od zasad i zakresu czynności kierowcy pojazdu na olej napędowy.

### **Ocena efektywności eksploatacyjnej autobusu:**

Przeprowadzone testy autobusu elektrycznego wykazały, że:

- montaż, instalacja i eksploatacja stacji ładowania jak i sam proces ładowania autobusu był prosty i nie nastęczył żadnych problemów,
- pojazdy ładowane są w zależności od potrzeb wynikających z poziomu zużycia energii, z przerwą techniczną na sprzątanie i mycie pojazdów,
- w trakcie jednego dnia pracy autobus może przejechać około 200 km (zależne od warunków pogodowych),
- czas pracy przewozowej był ograniczony stopniem rozładowania akumulatorów – dzienne rozładowanie baterii nie przekraczało 98% ich nominalnej pojemności,
- przejechanie jednego kilometra autobusu elektrycznego w omawianym okresie wiązało się ze zużyciem średnio 1,45 kWh.

Kolejnym elementem ograniczającym możliwości jezdne pojazdów jest duże zapotrzebowanie na energię w układzie pojazdowym. Wygórowane potrzeby organizatora przewozów mają znaczący wpływ na koszty zakupu pojazdów, eksploatacji pojazdów oraz obsługi podsystemów. Mają również ogromne znaczenie w ograniczeniu zużycia paliwa,

a w tym ochronę środowiska naturalnego. Wprowadzanie do pojazdów coraz bardziej zaawansowanych układów informatycznych wiąże się z zapotrzebowaniem na dodatkową energię, którą obecne układy zasilania nie są w stanie dostarczyć. Aby jednak zaspokoić oczekiwania pasażerów wprowadza się w autobusach systemy zasilania solarnego. Obecnie w autobusach komunikacji miejskiej w Warszawie funkcjonują następujące systemy i podsystemy: informacja pasażerska (tablice zewnętrzne i wewnętrzne, monitory); system reklam; system monitoringu; system biletowy; system kasownikowy; klimatyzacja; system liczenia pasażerów; system alkotestu; wi-fi; system ładowania urządzeń zewnętrznych; system łączności i bezpieczeństwa; system GPS (podsystem zarządzania ruchem); system zapowiedzi głosowej.

Do obsługi wszystkich przedstawionych systemów i podsystemów montuje się w autobusach silniki o wyższej mocy i większym zużyciu paliwa. Dodatkową moc silników wykorzystuje się również do napędu dodatkowych alternatorów, które zasilają opisywane podsystemy oraz zestawy akumulatorów podtrzymujące funkcjonujące na postoju podsystemy. Wprowadzenie pojazdów niskoemisyjnych do obsługi transportu publicznego na obszarze miasta Stołecznego Warszawy wymaga zmiany w podejściu do zakresu obsługi ww. pojazdów. Przedstawione autobusy wymagają rozbudowanej infrastruktury wewnętrznej jak i zewnętrznej na terenie miasta. Rozbudowie powinna ulec infrastruktura zajezdni oraz krańce linii, które umożliwiłyby ładowanie pojazdów, a za tym zwiększenie ich możliwości eksploatacyjnych.

## 6. PODSUMOWANIE

Przeprowadzone testy autobusów o napędzie elektrycznym potwierdziły, że możliwości jezdne testowanych autobusów są niewystarczające do realizacji obowiązujących rozkładów jazdy. Dwunastometrowe pojazdy posiadają ograniczoną zdolność przewozową ze względu na niewielką ilość miejsc dla pasażerów. Większość linii komunikacyjnych w Warszawie przewidziana jest do obsługi przez autobusy wielkopojemne, testowane autobusy elektryczne mogą służyć do przewozu osób na liniach osiedlowych lub peryferyjnych. Opisane ograniczenia oraz niewielkie możliwości wykorzystania tego typu taboru w warunkach miejskich przewozów pasażerskich na poziomie wymaganym przez Zarząd Transportu Miejskiego, wymaga indywidualnego podejścia do obecnie proponowanych rozwiązań technicznych, takich jak chociażby edytowanego opracowania rozkładów jazdy oraz trasy. Z tej przyczyny możliwość wykorzystania elektrycznego taboru do realizacji przewozów na innych liniach komunikacyjnych jest mocno ograniczona. Pozytywne rezultaty ekologiczne, na poziomie miasta, są bezsprzeczne. Realizacja przewozów pasażerskich autobusami z napędem elektrycznym staje się coraz bardziej realna, aczkolwiek jest jeszcze szereg problemów mających wpływ na ich rozpowszechnienie.

### Bibliografia

1. Jackiewicz J., Czech P., Barcik J.: *Standardy jakości usług w komunikacji miejskiej*, Zeszyty Politechniki Śląskiej seria Transport z. 68, Katowice 2010.
2. Kadziński A.: *Analiza procesu eksploatacji autobusów na przykładzie wybranego operatora transportu zbiorowego*, Czasopismo Problemy eksploatacji 2/2007, Radom 2007.
3. Dyr T.: *Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Rocznik 2011, Tom R. 12, nr 10, Radom 2011.
4. Wyszomirski O.: *Transport miejski. Ekonomika i organizacja*, Wydawnictwo Uniwersytetu Gdańskiego, Gdańsk 2008.
5. Dyr T.: *Konkurencyjna zasobooszczędna mobilność w miastach*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Rocznik 2015, Tom R. 16, nr 1-2, Radom 2015.
6. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady Europejskiego Komitetu Ekonomicznego – Społecznego i Komitetu Regionów: *Wspólne dążenie do osiągnięcia konkurencyjnej i zasobooszczędnej mobilności w miastach*, COM(2013)913.
7. Ziółkowski K.: *Strefa ultra niskiej emisji spalin w Londynie*, Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe, Rocznik 2015, Tom R. 22, nr 1-2, Radom 2015.
8. Pyza D.: *Modelowanie procesów logistycznych w przedsiębiorstwach transportowych*. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej, Transport, z. 63, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2007.
9. Pyza D.: *Modelowanie systemów przewozowych w zastosowaniu do projektowania obsługi transportowej podmiotów gospodarczych*, Prace Naukowe Transport, z. 85, ISSN 1230-9265, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2012.
10. Ziembicki M., Krawczyk G.: *Analiza powstawania braków taboru w komunikacji miejskiej*, Czasopismo Logistyka 4/2012, Poznań 2012.
11. Ziembicki M., Pyza D., *Rezerwa taboru jako kluczowy element realizacji zadań przewozowych w transporcie publicznym*, Logistyka 4/2015, Poznań 2015.

### SELECTED ASPECTS EXPLOITATION OF LOW-EMISSION VEHICLES IN PUBLIC TRANSPORT

**Abstract:** The article presents selected issues on the implementation of low-emission buses for public transport. Analysis of the implementation of low-emission buses in public transport was carried out on the basis of research carried out in Warsaw. Based on the results of research the legitimacy of implementation of low-emission buses for public transport and their advantages and disadvantages was presented. Also the problems that arise from the operation of low-emission buses were presented.

**Keywords:** low-emission vehicles, electric buses exploitation