



Trolejbus Ursus T-70116

Jan Wielgus, Dariusz Kasperek, Arkadiusz Małek, Tomasz Łusia

Generacje rozwojowe autobusów elektrycznych marki Ursus

W kwietniu 2017 r. na międzynarodowych targach Hannover Messe został zaprezentowany autobus elektryczno-wodorowy marki Ursus. Jest to już 3. generacja autobusów elektrycznych wprowadzona na rynek przez lubelskiego producenta. Artykuł zawiera prezentację 3 generacji autobusów elektrycznych. Prowadzone w sposób ciągły prace badawczo-rozwojowe skutkują zwiększeniem zasięgu kolejnych generacji – w niniejszym tekście przedstawiono zatem najważniejsze technologie wpływające na osiągi poszczególnych pojazdów. Firma Ursus rozwija również technologie w zakresie szybkiego bezobsługowego ładowania autobusów elektrycznych za pomocą pantografu. W artykule dokonano porównania wybranych parametrów poszczególnych generacji autobusów elektrycznych. Przedstawiono także ich wady oraz zalety w stosunku do tradycyjnego napędu opartego o silnik Diesla.

Słowa kluczowe: pojazd elektryczny, wodorowe ogniwa paliwowe, ładowanie baterii.

Wstęp

Ciągłe dążenie do polepszenia jakości powietrza w miastach generuje konieczność poszukiwania nowych rozwiązań, których celem jest redukcja emisji CO₂ – także w sektorze transportu miejskiego [2]. Istotnym działaniem w tym zakresie jest zastosowanie paliw i napędów alternatywnych [5]. Zaliczono do nich m.in. energię elektryczną i wodór [8].

Paliwa alternatywne, o niskiej emisji CO₂, są ważnym czynnikiem stopniowego obniżenia emisyjności transportu, stanowiącego podstawowy cel strategii „Europa 2020” [6], strategii zrównoważonego rozwoju transportu [9] oraz europejskiej polityki transportowej na pierwszą połowę XXI w. [3] dotyczącej obniżenia do 2050 r. o 60% emisji CO₂ w transporcie. Zastosowanie takich paliw będzie miało również korzystny wpływ na zdolność obszarów miejskich do spełnienia unijnych zobowiązań w zakresie jakości powietrza, m.in. poprzez wyeliminowanie do 2050 r. pojazdów o napędzie konwencjonalnym [4].

W realizację tego celu angażują się zarówno władze miast, zakłady transportu miejskiego, jak i producenci autobusów. Na postawione oczekiwania zdecydowała się odpowiedzieć także firma Ursus BUS S.A., rozwijając kolejne generacje autobusów z napędem elektrycznym, które już jeżdżą po ulicach polskich miast. Ale zerowa emisyjność autobusów elektrycznych i elektryczno-wodorowych w miejscu użytkowania jest tylko jedną z wielu ich zalet. Do kolejnych możemy zaliczyć brak generowania hałasu, wibracji oraz dużą dynamikę jazdy, wynikającą z charakterystyk silników elektrycznych. Artykuł przedstawia drogę rozwojową 3 generacji autobusów elektrycznych marki Ursus, zmierzającą do wprowadzenia na rynek autobusu elektryczno-wodorowego o zasięgu ponad 450 km.

Geneza

Pierwsze doświadczenia w zakresie produkcji pojazdów transportu zbiorowego zdobyła firma URSUS S.A. (producent ciągników



Panele fotowoltaiczne na dachu autobusu

rolniczych) podczas realizacji dostawy do lubelskiego Zakładu Transportu Miejskiego 38 trolejbusów. Ważnym atrybutem tych trolejbusów jest układ napędu autonomicznego w postaci baterii litowo-polimerowych o pojemności energetycznej 34 kWh. Umożliwia on przejechanie około 10 km poza siecią trakcyjną. To sprawia, że skonstruowanie trolejbusu Ursus T-70116 było również pierwszym krokiem w kierunku produkcji bateryjnych pojazdów elektrycznych.

Kolejnym krokiem było wyprodukowanie autobusu z napędem elektrycznym – Ekovolt, który posiada zasięg ok. 100 km na 1 ładowaniu baterii. Przedsięwzięcie zostało podjęte przez konsorcjum: Ursus S.A., MPK Lublin oraz Politechnika Lubelska. Zrealizowana inicjatywa stanowi jednocześnie wzorcowy przykład efektywnej współpracy przedsiębiorstwa transportowego, producenta autobusów i instytucji naukowej przy realizacji wspólnego projektu.

Dla realizacji kolejnych generacji autobusów została powołana odrębna spółka o nazwie Ursus Bus S.A., która wykonała autobus elektryczny City Smile, którego zasięg został zwiększony do



Pakiet baterii Ekovolta

160 km. Aktualnie firma testuje kolejny autobus, w którym prąd elektryczny wytwarzany jest w wodorowych ogniwach paliwowych. Ogniwa paliwowe są urządzeniami elektrochemicznymi, które charakteryzuje wysoka sprawność zamiany energii chemicznej zgromadzonej w wodorze na energię elektryczną [7]. Zasięg generacji wodorowej wynosi 450 km na 1 tankowaniu wodoru, który jest gromadzony na pokładzie pojazdu w wysokociśnieniowych zbiornikach kompozytowych.

Autobus elektryczny – generacja 1

Pierwszy elektryczny autonomiczny autobus marki Ursus otrzymał nazwę Ekovolt. Konstrukcję stanowi szkielet wykonany ze stali nierdzewnej z poszyciem z włókna szklanego i aluminium. Stanowi on kategorię autobusu miejskiego o DMC 18 t, a producent zapewnił 12-letnią żywotność nadwozia. Wszystkie pokładowe układy elektryczne zostały powiązane siecią CAN w celu sprawnego sterowania i ciągłego monitoringu poprawności działania. Autobus posiada układ odzyskiwania energii hamowania. Został wyposażony w pokładową ładowarkę o mocy 30 kW, w wyniku czego czas pełnego ładowania baterii wynosi około 6 h. Autobus Ekovolt posiada już możliwość ładowania za pomocą pantografu.

Trakcja elektryczna pierwszej generacji autobusów marki Ursus oparta była o pakiet baterii litowo-żelazowo-fosforanowych, mających możliwość ładowania w ujemnych temperaturach i charakteryzujących się podwyższonym poziomem bezpieczeństwa. Nad poprawnością pracy czuwa wbudowany BMS (Battery Management System).

12-metrowy pojazd napędzany jest silnikiem elektrycznym o wysokiej sprawności, synchronicznym z magnesami trwałymi. Silnik charakteryzuje się niską masą, chłodzeniem wodnym oraz możliwością pracy w charakterze prądnicy – umożliwiając odzyskiwanie energii hamowania. Moc ciągła 170 kW (chwilowa 250) oraz moment ciągły 1 600 Nm (chwilowy aż 3 400 Nm) zapewniają dużą dynamikę pojazdu w razie potrzeby oraz ekonomię podczas normalnej eksploatacji.

Oszczędzanie energii elektrycznej w autobusie jest wspomagane przez fotowoltaiczny system ładowania baterii pokładowych 24 V. Składa się on z zamontowanych na dachu autobusu elastycznych i odpornych na zmienne warunki atmosferyczne paneli.



Autobus elektryczny Ekovolt marki Ursus (generacja 1) podczas podjazdu do ładowania pantografem



Szybkie ładowanie za pomocą pantografu

Uzupełnianie energii w bateriach odbywa się poprzez ładowanie nocne z wykorzystaniem ładowarki pokładowej o mocy 30 kW oraz ładowanie szybkie, wykorzystujące zewnętrzne ładowarki o mocach dochodzących do 250 kW. Ładowanie szybkie odbywa się za pomocą wtyczki typu Combo – Phoenix Contact – lub pantografu.

Autobus elektryczny Ursus Ekovolt z powodzeniem obsługuje 1 z lubelskich linii komunikacji miejskiej. Dotychczasowa jego praca charakteryzuje się wyjątkową bezawaryjnością.

Autobus elektryczny – generacja 2

2. generacja autobusów elektrycznych marki Ursus została nazwana City Smile. Zyskała ona całkiem nowe nadwozie, jeszcze bardziej atrakcyjne i funkcjonalne. Także układ napędowy został zmodyfikowany i znacznie ulepszony w stosunku do generacji 1. Charakteryzują go przede wszystkim powiększone zasobniki energii, umożliwiające przejechanie 160 km na 1 ładowaniu.

Silnik elektryczny został usytuowany po lewej stronie pojazdu za tylną osią. Chłodzoną cieczą jednostkę charakteryzuje moc znamionowa 170 kW oraz moment mocy ciągłej 1 600 Nm. Baterie trakcyjne posiadają łączną pojemność energetyczną 175 kWh i zostały rozmieszczone na dachu i na zwisie tylnym. Podobnie jak 1. generacja, autobus posiada ładowarkę pokładową o mocy 30 kW oraz możliwość szybkiego ładowania z ładowarki zewnętrznej za pomocą wtyczki typu Combo – Phoenix Contact



Autobus elektryczny Ursus City Smile (generacja 2) na ulicach Lublina

– lub pantografu. Zastosowanie 2 razy dziennie, w przerwie pomiędzy kursami, szybkiego ładowania zwiększa zasięg pojazdu o kolejne 90 km.

Autobus elektryczno-wodorowy – generacja 3

Ostre regulacje prawne dotyczące czystości spalin bez wątpienia przyspieszają wdrożenie ogniw paliwowych do napędu samochodów osobowych i autobusów. Przemysł samochodowy jest z pewnością najaktywniejszym inwestorem w obszarze ogniw paliwowych i każdego roku inwestuje miliardy dolarów w ich badania i rozwój. Niemal wszystkie koncerny samochodowe są zaangażowane w badania nad ogniwami paliwowymi i posiadają prototyp zasilanego wodorem pojazdu.

Aby mówić o trwałości i niezawodności ogniwa paliwowego jako jednostki napędowej pojazdu, należy stworzyć odpowiedni projekt takiego układu [2]. W historii motoryzacji miały miejsce próby zastosowania wielu rodzajów ogniw paliwowych do napędu samochodu. Nie wszystkie z nich okazały się jednak do tego odpowiednie. Typem ogniwa paliwowego, które w największym stopniu spełnia wymogi dzisiejszej motoryzacji, jest ogniwo PEM (ang. Proton Exchange Membrane). Przypuszczenia te potwierdza tendencja u liderów w tej dziedzinie. Ogniwa PEM posłużyły do zbudowania wielu jeżdżących prototypów samochodów przyszłości.

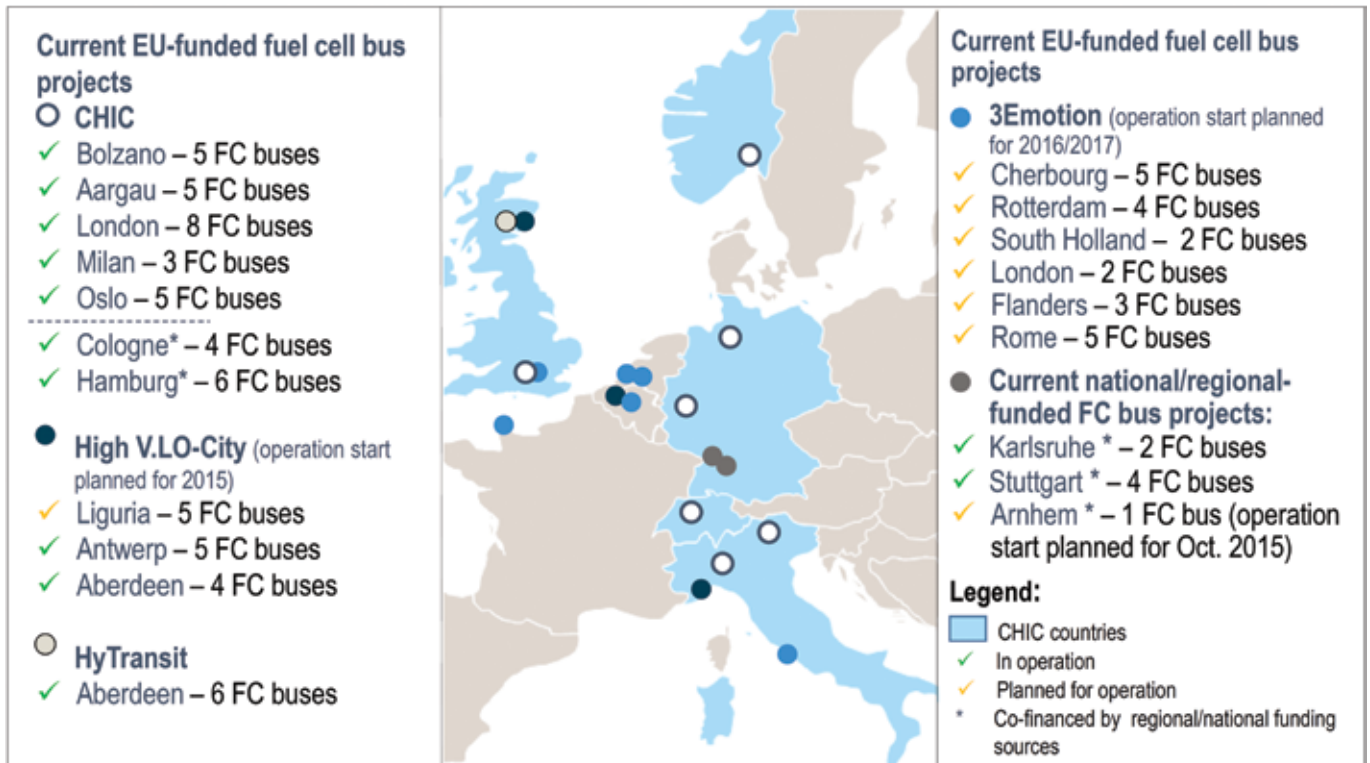
Praktycznym przykładem układu zasilania opartego na tym ogniwie jest napęd nowego Ursusa Demo Hydrogen – rys. 1. Pojazd wykorzystuje system ogniw PEM o mocy 60 kW, współpracujący z zestawem baterii litowo-jonowych. Wodór jest przechowywany na pokładzie w formie sprężonej pod ciśnieniem 35 MPa. Obecny zasięg pojazdu wynosi około 450 km i przewiduje się jego zwiększenie. Zakładany przez producenta okres eksploatacji wynosi 20 tys. godzin pracy, co odpowiada przebiegowi 700 tys. km.

Układ napędowy „lubelskiego wodorowca” stanowią silniki elektryczne umieszczone w piastach kół, zamontowane na dachu baterie trakcyjne (pojemność energetyczna 70 kWh) oraz 2 moduły wodorowych ogniw paliwowych. Na szczególną uwagę zasługuje zastosowane rozwiązanie osi tylnej autobusu w postaci osi portalowej.

Autobus elektryczny z wodorowym range extenderem posiada wiele zalet:



Autobus elektryczno-wodorowy Ursus (generacja 3) podczas swojej premiery na targach w Hanowerze



Source: CHIC project – Element Energy

Rys. 1. Elementy systemu zasilania autobusu elektryczno-wodorowego FCEB (Fuel Cell Electric Bus)

- ♦ właściwości trakcyjne przewyższające typowe autobusy elektryczne – zasięg pojazdu bez ładowania baterii to ok. 450 km;
- ♦ możliwość przejazdu na międzymiastowych liniach komunikacyjnych;
- ♦ szybko rozwijająca się technologia wytwarzania energii elektrycznej – 15 lat europejskich doświadczeń;
- ♦ szybkie tankowanie wodoru do zbiorników pokładowych, trwające ok. 15 min;
- ♦ wysoki komfort podróżowania – „płynna jazda”, brak hałasu oraz wibracji;

Autobus elektryczno-wodorowy Ursus FCEB przeszedł pozytywnie wszystkie badania i uzyskał homologację w kategorii M3.

Ursus Bus S.A., realizując projekt, w ramach którego powstał Ursus FCEB, dołączył do elitarnego grona europejskich producen-

tów autobusów wykorzystujących wodorowe ogniwa paliwowe. Projekty takie są najczęściej realizowane przez konsorcja producentów autobusów, uczelni wyższych, instytutów badawczych, parków naukowych oraz technologicznych. Przykłady projektów europejskich w tym obszarze przedstawiono na rys. 2.

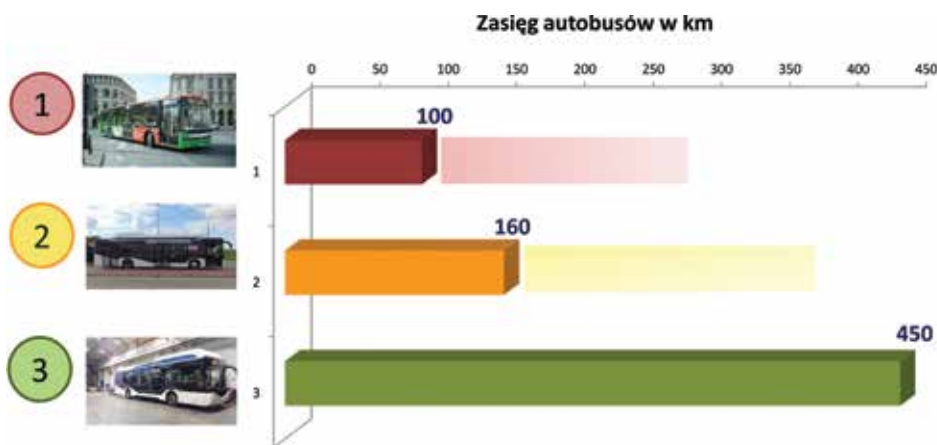
Porównanie parametrów i osiągnięć 3 generacji autobusów elektrycznych

Kolejne generacje rozwojowe autobusów elektrycznych marki charakteryzują się coraz większym zasięgiem. Elektryczna 1. generacja była w stanie na 1 pełnym ładowaniu baterii przejechać ok. 100 km w warunkach ruchu miejskiego (por. rys. 3). Kolejne 90 km autobus jest w stanie przejechać dzięki 2 krótkim doładowaniom baterii w trybie szybkiego ładowania. Zasięg 160 km, odpowiadający dziennemu zapotrzebowaniu na wybranych trasach miejskich, jest w stanie pokonać już 2. generacja autobusów elektrycznych na 1 pełnym naładowaniu baterii. Kolejne doładowania są w stanie zwiększyć ten zasięg o kolejne 200 km. 3. generacja charakteryzuje się największym zasięgiem ze względu na zmianę sposobu gromadzenia energii na pokładzie autobusu. Energia nie jest gromadzona w postaci energii elektrycznej w bateriach, lecz w postaci energii chemicznej sprężonego wodoru. Dzięki temu rozwiązaniu zasięg pojazdu został zwiększony do 450 km, co umożliwia jego wykorzystanie na trasach międzymiastowych. Ogromną zaletą rozwiązania elektryczno-wodorowego jest bardzo krótki czas tankowania wodoru. Proces tankowania 35 kg wodoru pod ciśnieniem 350 bar trwa jedynie ok. 15 min.

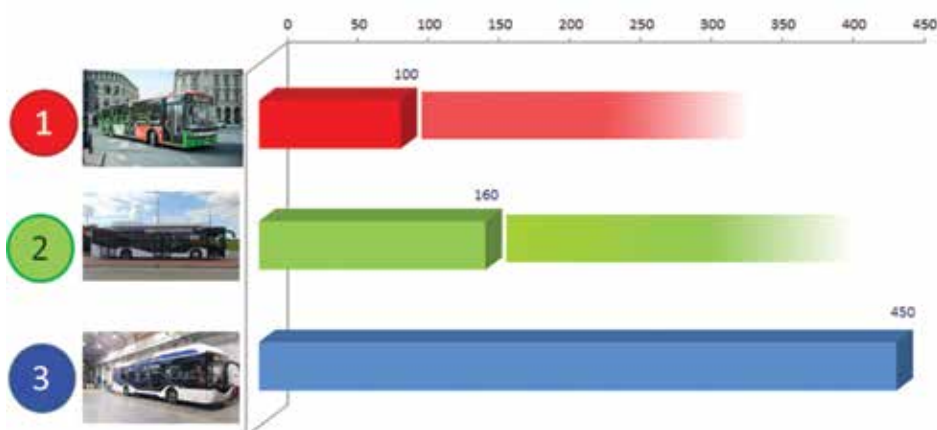
Zwiększenie zasięgu poszczególnych generacji było możliwe w wyniku odpowiedniego doboru komponentów układu napędowego. Zauważyć tu można stosowanie w nowszych generacjach rozwiązań bardziej nowoczesnych i odważnych, dzięki którym możliwe było zwiększanie sprawności, a przez to lepsze wykorzystanie zgromadzonej na pokładzie energii. Energia w 1. i 2.



Oś tylna autobusu elektryczno-wodorowego generacji 3 [materiały reklamowe firmy Ziehl-Abegg]



Rys. 2. Projekty europejskie dotyczące autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi [2]



Rys. 3. Porównanie zasięgu 3 generacji autobusów elektrycznych marki Ursus

generacji jest gromadzona jedynie w bateriach trakcyjnych; 3. generacja gromadzi energię zarówno w bateriach, jak i w postaci wodoru. To właśnie drugi akumulator wodorowy jest w stanie zgromadzić ponad 1 100 kWh energii, przyczyniając się do osiągnięcia zasięgu ponad 450 km na 1 tankowaniu (por. tab. 1). Taki zasięg oznacza ok. 45-procentową sprawność zamiany energii chemicznej wodoru na energię mechaniczną przekazywaną na koła pojazdu. Jest to sprawność o wiele większa niż tradycyjnych napędów wykorzystujących silniki spalinowe. Po wyczerpaniu całego zapasu wodoru autobus posiada jeszcze autonomię (ok. 65 km) w celu dojechania do stacji tankowania sprężonym wodorem.

Wszystkie 3 generacje są również pojazdami typu plug-in, mającymi możliwość doładowania baterii elektrycznych. Jest to realizowane dzięki możliwościom technicznym rozwijanych stacji szybkiego ładowania za pomocą pantografu, a także logistycznemu planowaniu tras przejazdu uwzględniającemu takie procesy.

Rozwiązaniem niewymagającym w ciągu dnia doładowywania baterii ze źródeł zewnętrznych jest 3. generacja – elektryczno-wodorowa. Jednak w tym przypadku ograniczeniem jest brak rozwiniętej infrastruktury tankowania sprężonym wodorem. Pocięciem jest fakt, że zarówno w krajach Europy Zachodniej, jak i w Skandynawii, z każdym rokiem przybywa takich stacji. W naszym kraju również jest planowane budowanie infrastruktury tankowania pojazdów sprężonym wodorem. Według deklaracji Instytutu Transportu Samochodowego w Warszawie do roku 2030 ma powstać w Polsce 9 stacji tankowania wodorem,

Tab. 1. Energia na pokładzie i zasięg poszczególnych generacji autobusów elektrycznych Ursus

Generacja	Energia w bateriach [kWh]	Energia w wodorze [kWh]	Zasięg na jednym tankowaniu [km]
1	120	–	100
2	175	–	160
3	70	1 166	65 + 450

przy czym 2 z nich muszą pojawić się do 2020 r. [7]. Zasilą one europejską sieć stacji wodorowych. Sieć ma umożliwić przejazd samochodem wodorowym wokół Morza Bałtyckiego oraz na trasie północ-południe: od Morza Bałtyckiego po Morze Adriatyckie. Ekspertzy twierdzą, że urynkowanie technologii wodorowej w transporcie nastąpi dopiero w latach 2040–2050. Nic dziwnego, biorąc pod uwagę liczbę obecnie oferowanych z taką formą zasilania samochodów oraz liczbę odpowiednich stacji. Na początku 2015 r. było ich na świecie jedynie 184, z czego 82 w Europie. W 2020 r. globalnie powinno być ich już jednak ponad 1 000, a w 2030 r. – ok. 4 000 [1].

Wnioski

Autobusy miejskie z napędem elektrycznym są coraz częściej obiektem zainteresowania ekologów i przewoźników [10], ale przede wszystkim ich bezpośrednich użytkowników, czyli pasażerów. Ursus Bus S.A.

oferuje pojazdy zdolne pracować z wykluczeniem niekorzystnego oddziaływania na środowisko naturalne. Prowadzone w Ursusie w sposób ciągły prace badawczo-rozwojowe przyczyniają się do zwiększania sprawności elektrycznych układów napędowych, co przekłada się na lepsze wykorzystanie zgromadzonej w bateriach trakcyjnych energii i przedstawionego w artykule zwiększenia zasięgu kolejnych generacji autobusów.

Wszystkie 3 generacje autobusów elektrycznych marki Ursus są pojazdami zeroemisyjnymi, tzw. ZEV (ang. *Zero-emissions Vehicle*). Zarówno w pełni elektryczna generacja 1. i 2., jak i elektryczno-wodorowa 3., nie powodują emisji szkodliwych zanieczyszczeń z pojazdów w miejscu jego użytkowania. Jest to ogromna zaleta pojazdów eksploatowanych w centrach dużych miast, ciągle borykających się z problemem emisji z dużej ilości pojazdów zasilanych przez silniki spalinowe. Ekologiczne napędy elektryczne i elektryczno-wodorowe są odpowiedzią na ogólnopolską kampanię „Komunikacja miejska – oddechem dla miasta”. Pojazdy takie mogą być również całkowicie zeroemisyjne (nie tylko w miejscu eksploatacji) w wyniku pozyskania energii do ładowania baterii oraz generowania wodoru z odnawialnych źródeł energii.

Bibliografia:

1. Barycki P., *Polska białą plamą na mapie Europy, czyli rzecz o tankowaniu auta na wodór*: <http://www.spidersweb.pl/2016/01/tankowanie-wodoru-w-polsce.html> (dostęp: 23.09.2016 r.).

2. Berger R., *Fuel Cell Electric Buses – Potential for Sustainable Public Transport in Europe. A Study for the Fuel Cells and Hydrogen Joint Undertaking*: http://www.fch.europa.eu/sites/default/files/150909_FINAL_Bus_Study_Report_OUT_0.PDF (dostęp: 23.09.2016 r.).
3. *Biała Księga Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu*, COM (2011) 144.
4. Dyr T., *Europejska polityka transportowa na pierwszą połowę XXI wieku*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2011, nr 10.
5. Dyr T., *Europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2013, nr 11.
6. *Europa 2020 Strategia na rzecz inteligentnego i zrównoważonego rozwoju sprzyjającego włączeniu społecznemu*, COM (2010) 2020.
7. *Informator techniczny BOSCH, Napędy hybrydowe, ogniw paliwowe i paliwa alternatywne*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2010.
8. Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów *Czysta energia dla transportu: europejska strategia w zakresie paliw alternatywnych*, COM (2013) 17.
9. Komunikat Komisji *Zrównoważona przyszłość transportu: w kierunku zintegrowanego, zaawansowanego technologicznie i przyjaznego użytkownikowi systemu*, COM (2009) 279.
10. Małek A., Grabowski Ł., Wendeker M., *Ekologiczne systemy generowania mocy oparte na ogniwach paliwowych typu PEM*, „Autobusy – Technika, Eksploatacja, Systemy Transportowe” 2010, nr 11.
11. Merkisz J., Pielecha J., Radzymirski S., *Emisja zanieczyszczeń motoryzacyjnych w świetle nowych przepisów Unii Europejskiej*, Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 2012.
12. Merkisz J., *Pojazdy hybrydowe i elektryczne a sprawa Polska*, Instytut Transportu Samochodowego, Warszawa 2012.
13. *Nadciągająca wodorowa rewolucja. W Polsce powstanie pionierska sieć stacji do tankowania*: <http://tvn24bis.pl/tech,80/w-polsce-powstanie-siec-stacji-tankowania-wodoru,596917.html> (dostęp: 23.09.2016 r.).
14. *Technology Roadmap Electric and plug-in hybrid electric vehicles*, International Energy Agency, Paris 2011: http://www.iea.org/publications/freepublications/publication/EV_PHEV_Roadmap.pdf (dostęp: 23.09.2016 r.).

Autorzy:

mgr inż. **Jan Wielgus** – Ursus Bus S.A.

mgr inż. **Dariusz Kasperek** – Ursus Bus S.A.

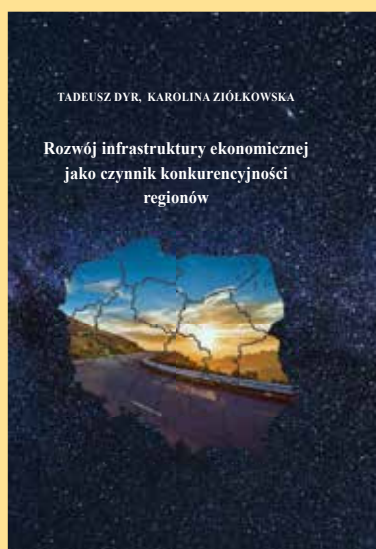
dr inż. **Arkadiusz Małek** – Wyższa Szkoła Ekonomii i Innowacji w Lublinie

dr inż. **Tomasz Łusiak** – Politechnika Lubelska

Developed generations of electric buses produced by Ursus

In April 2017 at Hannover Messe presented electric-hydrogen bus produced by Ursus. It is already the third generation of electric buses introduced on the market by the manufacturer from Lublin. The article contains a thorough description of three generations of electric buses. It presents the most important technologies influencing the performance of each generation. Conducted in a continuous research and development activities result in expanding the autonomy of the next generations. Ursus company also develops technology for rapid maintenance-free charging systems for electric buses using the pantograph. In the article there was presented a comparison of selected parameters of each generation of electric buses. Article ends with the review of their advantages and disadvantages compared to the conventional power drivetrains based on Diesel engines

Key words: electric vehicle, hydrogen fuel cell, battery charging.



Tadeusz Dyr, Karolina Ziółkowska

Rozwój infrastruktury ekonomicznej jako czynnik konkurencyjności regionów

ISBN 978-83-62805-47-1

Liczba stron: 192

Format: B5

Oprawa: twarda

Rok wydania: 2017

Cena 39,00 zł (w tym 5% VAT)

W publikacji tej, na tle rozważań teoretycznych, przedstawiono wyniki badań, przeprowadzonych z wykorzystaniem modeli ekonometrycznych i narzędzi statystycznych, dotyczących zróżnicowania przestrzennego konkurencyjności regionów i rozwoju infrastruktury ekonomicznej oraz współzależności występujących pomiędzy tymi kategoriami. Stanowić może ona zatem źródło wiedzy dla ekspertów, w tym pracowników administracji publicznej, zajmujących się problematyką rozwoju regionalnego oraz programowania inwestycji infrastrukturalnych. Odbiorcami mogą być także pracownicy nauki i studenci kierunków takich jak ekonomia, gospodarka przestrzenna, logistyka i transport oraz inne osoby zainteresowane zagadnieniami konkurencyjności regionów.

Pełna oferta wydawnicza na stronie www.inw-spatium.pl