



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych dla Miasta Rzeszowa

ptc public
transport
consulting
marcin gromadzki

Gdynia – Rzeszów, październik 2021 r. – styczeń 2022 r.

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

**ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG
KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH
ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU, W KTÓRYCH DO NAPĘDU
WYKORZYSTYWANE SĄ WYŁĄCZNIE SILNIKI, KTÓRYCH CYKL PRACY
NIE POWODUJE EMISJI GAZÓW CIEPLARNIANYCH LUB INNYCH
SUBSTANCJI OBJĘTYCH SYSTEMEM ZARZĄDZANIA
EMISJAMI GAZÓW CIEPLARNIANYCH
DLA MIASTA RZESZOWA**

Spis treści

1. Wstęp	3
2. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia	7
2.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe.....	7
2.2. Definicje i określenia	8
3. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści	12
4. Charakterystyka Rzeszowa i rzeszowskiej komunikacji miejskiej	19
5. Tabor rzeszowskiej komunikacji miejskiej	31
5.1. Aktualny stan taboru.....	31
5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne.....	33
6. Identyfikacja wariantów.....	36
6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Rzeszowa	36
6.2. Wybór rodzaju napędu	46
6.3. Rozwiązania sposobów ładowania autobusów zeroemisyjnych	51
6.4. Proponowane warianty.....	61
6.5. Wybór linii do obsługi taboru zeroemisyjnym oraz optymalnej pojemności baterii autobusów.....	68
6.6. Planowane nakłady inwestycyjne	80
7. Analiza kosztów i korzyści	87
7.1. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści	87
7.2. Wyniki analizy kosztów i korzyści	94
7.3. Trwałość finansowa	98
7.4. Analiza wrażliwości i ryzyka	105
7.5. Określenie luki w finansowaniu	111
8. Podsumowanie	113
Załącznik nr 1 Model finansowy	118
Załącznik nr 2 Uzasadnienie	119

1. Wstęp

Wraz z postępowaniem cywilizacyjnym systematycznie rosną oczekiwania społeczeństwa – nie tylko w zakresie otoczenia, w którym przebywa się przez większość czasu, sposobów spędzania tego czasu i przebiegu kariery zawodowej, ale i również wobec sposobów przemieszczania się w obrębie miast. Wszystkie środki transportu generują zanieczyszczenia i hałas, przy czym najbardziej negatywnie oddziałują w tym zakresie samochody osobowe, które w przeliczeniu na liczbę pasażerów, w największym stopniu degenerują przestrzeń miejską i – wbrew powszechnej opinii – obniżają jakość życia. Negatywny wpływ motoryzacji indywidualnej na jakość życia w miastach wynika nie tylko z emisji zanieczyszczeń, ale również z powodu kształtowania przez nią niekorzystnych postaw społecznych – sprzyjającym licznym chorobom cywilizacyjnym, takim jak otyłość, nadciśnienie czy nowotwory. Polskie społeczeństwo zaczyna coraz bardziej dostrzegać tę sytuację, widzą ją również samorządy, które dążą do eliminacji lub przynajmniej ograniczenia intensywności ruchu samochodów osobowych w centrach miast, czy to likwidując miejsca parkingowe, czy też nawet radykalnie podnosząc opłaty za parkowanie i tworząc woonerfy, jednocześnie uprzywilejowując w ruchu środki publicznego transportu zbiorowego.

Jedną z najskuteczniejszych metod walki z problemami urbanistycznymi, ekologicznymi i społecznymi w powyższych aspektach, jest promowanie komunikacji miejskiej, zapewniającej najniższe szeroko rozumiane koszty jednostkowe przemieszczania się po mieście i generującej mniejszą uciążliwość dla środowiska naturalnego niż motoryzacja indywidualna. Za sprawą dynamicznego rozwoju technologii, ostatnie lata przyniosły możliwości wprowadzania w komunikacji miejskiej cichych, wygodnych i ekologicznych autobusów z napędem elektrycznym – mających przed sobą wyjątkowo dobre perspektywy na przyszłość, wynikające choćby z coraz większego udziału odnawialnych źródeł energii w polskim miksie energetycznym, czy też nieodległych perspektyw budowy pierwszych bezpiecznych, nowoczesnych reaktorów jądrowych, zdecydowanie bardziej wydajnych od przestarzałych elektrowni węglowych.

Elektromobilność, do niedawna jeszcze dość rzadko używane pojęcie, stanowi esencjonalną odpowiedź na współczesne problemy transportowe ośrodków miejskich – potencjalne panaceum na wielkomiejski hałas, spaliny emitowane z często już wyeksploatowanych samochodów osobowych, wszechobecne zjawiska kongestii ruchu i obszerne skupiska zaparkowanych pojazdów, skutecznie zakłócających niejednokrotnie obrazy zrewitalizowanych przestrzeni miejskich. Dalszy postęp techniczny, coraz większa pojemność baterii, niezawodność i wydajność silników elektrycznych, istotnie lepsza od silników spalinowych, a ponadto rosnąca powszechność tych rozwiązań, pozwalają mieć nadzieję, że to właśnie w elektromobilności

należy poszukiwać odpowiedzi na pytanie, jak efektywnie zarządzać miejską siecią transportową.

Podstawą prawną rozwoju elektromobilności w krajach Unii Europejskiej jest dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dz. Urz. UE z dn. 28.10.2014 r., L 307/1). Na grunt krajowy transponuje tę dyrektywę ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.) – stanowiąca ewaluację zmian proponowanych w „Krajowych ramach polityki rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych”, przyjętych przez Radę Ministrów w dniu 29 marca 2017 r.

Paliwa alternatywne w transporcie należy rozumieć jako paliwa lub źródła energii, które przynajmniej częściowo są substytutem dla źródeł energii pochodzących z przetworzenia surowej ropy naftowej. Paliwa alternatywne potencjalnie mogą przyczynić się do redukcji negatywnego wpływu transportu na klimat, zmniejszając globalną emisję gazów cieplarnianych. Znacznie szersze niż obecnie zastosowanie paliw alternatywnych w Polsce wpłynęłoby na poprawę ekologiczności sektora transportu. Do paliw alternatywnych zalicza się: energię elektryczną, wodór, biopaliwa, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny (CNG), skroplony gaz ziemny (LNG) oraz gaz płynny (LPG).

Zwiększenie zastosowania paliw alternatywnych wymaga utworzenia dedykowanej im infrastruktury – przeznaczonej do tankowania lub ładowania pojazdów samochodowych nimi napędzanych. Brak takiej infrastruktury zniechęca konsumentów do wyboru paliw alternatywnych jako źródła zasilania silników ich pojazdów. Jedynym wyjątkiem jest gaz płynny (LPG), który w Polsce jest powszechnie dostępny na stacjach benzynowych i stacjach dedykowanych tankowaniu LPG. W przeszłości niska cena i zarazem wysoka dostępność gazu płynnego, wpłynęły na dość dużą jego popularność u użytkowników samochodów osobowych i dostawczych. W zakresie pozostałych paliw alternatywnych przedsiębiorcy-dostawcy nie są zainteresowani rozwojem działalności gospodarczej ich dotyczącej – z uwagi na brak popytu.

Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych określa warunki rozwoju i zasady rozmieszczania infrastruktury paliw alternatywnych w transporcie, zasady świadczenia usług w zakresie ładowania pojazdów elektrycznych oraz tankowania pojazdów napędzanych gazem ziemnym i wodorem oraz wprowadza obowiązki informacyjne. Ustawa ta nakłada na organy administracji publicznej obowiązki korzystania z pojazdów zeroemisyjnych przez własne służby, a także przez przedsiębiorstwa realizujące usługi publiczne na ich zlecenie. Przepisy ustawy umożliwiają utworzenie przez gminy stref czystego transportu oraz określają zasady ich funkcjonowania.

Przywołana ustawa w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o ptz podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki wynosi co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach określonych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej.

Udziały te wynoszą odpowiednio:

- od dnia 1 stycznia 2021 r. – 5%;
- od dnia 1 stycznia 2023 r. – 10%;
- od dnia 1 stycznia 2025 r. – 20%.

Z art. 68 wynika, że wymogi powyższe dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej (więcej niż jednego operatora i nie tylko obszaru danej gminy).

Na mocy art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, każda jednostka samorządu terytorialnego – z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000 (wyłączenie to sprecyzowano w art. 36 ust. 1) – która świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, zobowiązana została do sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Gmina Miasto Rzeszów jest jednostką samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców – według danych GUS – w latach 2015-2020 wynosiła ponad 190 tys. i tym samym przekraczała przywołany limit demograficzny wynikający z art. 36 ust. 1 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Gmina Miasto Rzeszów jest więc prawnie zobowiązana do cyklicznego sporządzania analiz kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej.

Pierwszą analizę kosztów i korzyści wykonano w 2018 r. Wynik tej analizy nie wykazał przewagi korzyści nad kosztami z tytułu wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, Gmina Miasto Rzeszów zwolniona więc została z obowiązku osiągnięcia wymaganego udziału autobusów zeroemisyjnych w okresie do 3 lat od daty jej sporządzenia, czyli do końca

2021 r. Gmina Miasta Rzeszów nie musiała więc zapewnić od 1 stycznia 2021 r. minimum 5% udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej w komunikacji miejskiej flocie pojazdów. Kolejna analiza powinna zostać wykonana przed upływem 36 miesięcy od opracowania pierwszego takiego dokumentu. Przedmiotową analizę stanowi treść niniejszego opracowania.

2. Zakres i podstawy prawne opracowania oraz zastosowane definicje i określenia

2.1. Struktura analizy i dokumenty źródłowe

W ramach dokumentu przedstawiono:

- aktualną sytuację eksploatacyjną rzeszowskiej komunikacji miejskiej, w tym stan jej taboru;
- planowane do realizacji warianty wymiany taboru: konwencjonalny oraz dwa warianty zeroemisyjne wymiany taboru na autobusy elektryczne, których silniki zasilane są z baterii;
- podstawy i założenia wykonania analizy kosztów i korzyści;
- analizę kosztów i korzyści – opracowaną zgodnie z wymogami art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

W przygotowaniu opracowania uwzględniono w szczególności:

- obowiązujące przepisy prawa:
 - ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.);
 - ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2020 r. poz. 1077 ze zm.);
 - ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. 2021 r. poz. 1371);
 - rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r. poz. L 38/1, zmienione rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2018/277 z dnia 23.02.2018 r., L 54, rozporządzeniem wykonawczym Komisji (UE) 2019/256 z dnia 13.02.2019 r., L 43 oraz rozporządzeniem wykonawczym (UE) 2021/436 z dnia 3.03.2021 r., L 85);

- opracowania dotyczące sposobu wykonania analiz kosztów i korzyści, którymi są:
 - „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” Nowa edycja, Jaspers, sierpień 2015 r. (www.pois.gov.pl/strony/o-programie/dokumenty/niebieskie-ksiegi-dla-projektow-w-sektorze-transportu-publicznego-infrastruktury-drogowej-oraz-kolejowej/, dostęp: 20.09.2021 r.);
 - „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, opracowanie CUPT Warszawa, 2016 r. (www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analizy-kosztow-i-korzysci/vademecum-beneficjenta, dostęp: 20.09.2021 r.);
 - „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (www.funduszeuropejskie.gov.pl/media/5594/Przewodnik_AKK_14_20.pdf, dostęp: 20.09.2021 r.);
 - „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT, grudzień 2014 r. (www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/metodyka-analizy-kosztow-i-korzysci/podreczniki-akk/zakladki, dostęp: 20.09.2021 r.);
 - „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020” (<https://www.funduszeuropejskie.gov.pl/strony/o-funduszach/dokumenty/wytyczne-ministra-infrastruktury-i-rozwoju-w-zakresie-zagadnien-zwiazanych-z-przygotowaniem-projektow-inwestycyjnych-w-tym-projektow-generujacych-dochod-i-projektow-hybrydowych-na-lata-2014-2020-1/>, dostęp: 20.11.2021 r.);
 - „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, IGKM Warszawa, 2018 r.

Weryfikacja wszystkich przywołanych w dokumencie odnośników internetowych miała miejsce w dniu 1 grudnia 2021 r.

2.2. Definicje i określenia

Używane w opracowaniu wyrażenia, uszeregowane poniżej w kolejności alfabetycznej, zostały zdefiniowane w ustawach: o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz o publicznym transporcie zbiorowym lub w innych aktach prawnych i oznaczają odpowiednio:

- **autobus zeroemisyjny** – autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych

w nim ogniowach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym;

- **CUPT** – Centrum Unijnych Projektów Transportowych, pl. Europejski 2, 00-844 Warszawa;
- **infrastruktura ładowania drogowego transportu publicznego** – punkty ładowania baterii lub tankowania wodoru wraz z niezbędną dla ich funkcjonowania infrastrukturą towarzyszącą, przeznaczone do ładowania lub tankowania, w szczególności autobusów zeroemisyjnych, wykorzystywanych w transporcie publicznym;
- **komunikacja miejska** – sieć wszystkich linii komunikacyjnych o charakterze użyteczności publicznej organizowanych przez Miasto na obszarze jego właściwości – Miasta i gmin, które z Miastem zawarły porozumienia międzygminne;
- **linia komunikacyjna** – połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych, albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych – wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy;
- **Miasto** – Gmina Miasto Rzeszów, określana także jako **Miasto Rzeszów**;
- **MPK** – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Rzeszów Spółka z ograniczoną odpowiedzialnością, z siedzibą przy ul. Lubelskiej 54, 35-233 Rzeszów, określane w opracowaniu także jako **Spółka** albo **MPK-Rzeszów sp. z o.o.**;
- **NFOŚiGW** – Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, ul. Konstruktorska 3a, 02-673 Warszawa;
- **organizator** – organizator publicznego transportu zbiorowego, właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze;
- **operator** – operator publicznego transportu zbiorowego, samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego na linii komunikacyjnej określonej w umowie;
- **paliwa alternatywne** – paliwa lub energia wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych lub jednostek pływających stanowiące substytut dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa, w szczególności energia elektryczna, wodór, biopaliwa ciekłe, paliwa syntetyczne i parafinowe, sprężony gaz ziemny

(CNG), w tym pochodzący z biometanu, skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu lub gaz płynny (LPG);

- **podmiot wewnętrzny** – odrębna prawnie jednostka, powołana do świadczenia zadań własnych jednostki samorządu lokalnego, podlegająca kontroli właściwego organu lokalnego, a w przypadku grupy organów przynajmniej jednego właściwego organu lokalnego, analogicznej do kontroli, jaką sprawują one nad własnymi służbami;
- **pojazd elektryczny** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu wyłącznie energię elektryczną akumulowaną przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania, w opracowaniu nazywany także autobusem elektrycznym;
- **pojazd hybrydowy** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, o napędzie spalinowo-elektrycznym, w którym energia elektryczna jest akumulowana przez podłączenie do zewnętrznego źródła zasilania;
- **pojazd napędzany gazem ziemnym** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu sprężony gaz ziemny (CNG) lub skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu;
- **pojazd napędzany wodorem** – pojazd samochodowy w rozumieniu art. 2 pkt 33 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniach paliwowych, w opracowaniu w odniesieniu do autobusu nazywany także autobusem elektrycznym z wodorowymi ogniwami paliwowymi lub autobusem elektrycznym zasilanym z ogniw paliwowych;
- **praktyczny przewodnik** – publikacja pt. „Zasady opracowywania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”, wydana przez Izbę Gospodarczą Komunikacji Miejskiej w Warszawie, czerwiec 2018 r.;
- **punkt ładowania** – urządzenie umożliwiające ładowanie pojedynczego pojazdu elektrycznego, pojazdu hybrydowego i autobusu zeroemisyjnego oraz miejsce, w którym wymienia się lub ładuje akumulator służący do napędu tego pojazdu; punkt ładowania może być małej mocy (do 22 kW) lub dużej mocy (większej niż 22 kW);
- **punkt tankowania gazu ziemnego** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w gaz ziemny, w tym pochodzący z biometanu; w celu napędu silników tych pojazdów, wyróżnia się punkty tankowania gazu ziemnego CNG lub LNG;
- **punkt tankowania wodoru** – zespół urządzeń służących do zaopatrywania pojazdów samochodowych w wodór;

- **publiczny transport zbiorowy** – powszechnie dostępny regularny przewóz osób wykonywany w określonych odstępach czasu i po określonej linii komunikacyjnej, liniach komunikacyjnych lub sieci komunikacyjnej;
- **Rozporządzenie 1370/2007** – Rozporządzenie (WE) nr 1370/2007 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 23 października 2007 r. dotyczące usług publicznych w zakresie kolejowego i drogowego transportu pasażerskiego oraz uchylające rozporządzenia Rady (EWG) nr 1191/69 i (EWG) nr 1107/70 (Dz. Urz. UE, L. 315/1 z dnia 3.12.2007 r.), zmienione Sprostowaniem z dnia 3 grudnia 2007 r. (Dz. Urz. UE, L. 240/65 z dnia 16.09.2015 r.) oraz Rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/2338 z dnia 14 grudnia 2016 r. (Dz. Urz. UE, L. 354/22 z dnia 23.12.2016 r.);
- **sieć komunikacyjna** – układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru;
- **stacja ładowania** – urządzenie budowlane obejmujące punkt ładowania o normalnej mocy lub punkt ładowania o dużej mocy, związane z obiektem budowlanym, lub wyposażone w oprogramowanie umożliwiające świadczenie usług ładowania, wraz ze stanowiskiem postojowym oraz instalacją prowadzącą od punktu ładowania do przyłącza elektroenergetycznego;
- **umowa wykonawcza** – umowa o świadczenie usług w ramach publicznego transportu zbiorowego w komunikacji autobusowej na terenie Miasta oraz gmin, z którymi Miasto zawarło porozumienia w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego, zawarta pomiędzy Miastem jako organizatorem a operatorem;
- **ustawa o elektromobilności** – ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.);
- **ustawa o ptz** – ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 1371);
- **ZTM w Rzeszowie** – Zarząd Transportu Miejskiego w Rzeszowie, ul. Trembeckiego 3, 35-234 Rzeszów, jednostka budżetowa Miasta, która wypełnia zadania Miasta jako organizatora w zakresie publicznego transportu zbiorowego.

3. Podstawy opracowania analizy kosztów i korzyści

Jak już to zasygnalizowano we wstępie, ustawa o elektromobilności w art. 36 stanowi, że jednostka samorządu terytorialnego, której liczba mieszkańców przekracza 50 000 osób, świadczy usługę lub zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej, w rozumieniu ustawy o ptz podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki wynosi co najmniej 30%. Przepis ten, na mocy art. 86 pkt 4 przywołanej ustawy, wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 r.

Z kolei art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności nakłada na przekraczającą ten sam próg demograficzny jednostkę samorządu terytorialnego obowiązek zapewnienia w różnych latach określonych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej.

Udziały te wynoszą odpowiednio:

- od dnia 1 stycznia 2021 r. – 5%;
- od dnia 1 stycznia 2023 r. – 10%;
- od dnia 1 stycznia 2025 r. – 20%.

Z art. 68 ustawy o elektromobilności wynika, że wymogi powyższe dotyczą całej floty obsługującej przewozy w komunikacji miejskiej (więcej niż jednego operatora i nie tylko obszaru danej gminy).

Docelowy, obowiązujący od 1 stycznia 2028 r., udział taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej w jednostkach przekraczających 50 000 mieszkańców, określony został w art. 36 ust. 1 i wynosi minimum 30%, przy czym nie zostało to w ustawie o elektromobilności stwierdzone wprost, tylko wynika z przywołanego wyżej obowiązku świadczenia lub zlecenia świadczenia usługi komunikacji miejskiej wyłącznie podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze danej jednostki wynosi co najmniej 30%.

Różnica w brzmieniu art. 36 i art. 68 wskazuje na to, że udziały, które są wymagane zapisami art. 68, mogą być kumulowane u jednego operatora, nie ma zatem obowiązku zawierania z każdym operatorem wykorzystującym autobusy (lub autobusy i trolejbusy) umów nakazujących określony udział taboru zeroemisyjnego we flocie. Aby spełnić limity określone w art. 68, do dnia 31 grudnia 2027 r. wystarczy więc, gdy tylko jeden, wybrany operator, będzie posiadać i eksploatować tabor zeroemisyjny w liczbie wymaganej dla danej daty dla całej floty. W przypadku rzeszowskiej komunikacji miejskiej, w której jedynym operatorem jest MPK-Rzeszów sp. z o.o., rozróżnienie podmiotowe wymogów w okresach przejściowych i docelowym, nie ma specjalnego znaczenia.

Przedstawione zobowiązania są bardzo rygorystyczne, zwłaszcza że autobusem zeroemisyjnym może być wyłącznie autobus o napędzie elektrycznym – bez jakiegokolwiek emisji gazów cieplarnianych albo z wytwarzaniem energii elektrycznej w ogniach paliwowych – oraz trolejbus. Nie spełnia kryteriów zeroemisyjności autobus hybrydowy, jeżeli do jego napędu wykorzystywany jest w jakimkolwiek zakresie silnik emitujący gazy cieplarniane, np. silnik Diesla.

Gmina Miasto Rzeszów przekracza wynikający z przywołanych wcześniej przepisów próg 50 000 mieszkańców. Należy podkreślić, że określony w ustawie o elektromobilności próg dotyczy obszaru danej gminy świadczącej lub zlecającej świadczenie usług komunikacji miejskiej, a nie całego obszaru nią obsługiwanego lub każdej z pozostałych gmin – obsługiwanych na podstawie zawartych porozumień. Z drugiej strony, jeśli liczba mieszkańców miasta-organizatora przewoźów przekracza 50 000, to obowiązek zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych dotyczyć będzie zamówień usług przewoźowych w skali całego obsługiwanego obszaru, a nie tylko na potrzeby obsługi gminy, która przekroczyła próg.

Pomimo spełniania kryterium demograficznego, jednostka samorządu terytorialnego może uniknąć obowiązku uzyskania określonego udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów własnych operatorów lub zlecenia świadczenia przewoźów w komunikacji miejskiej podmiotowi zapewniającemu ten udział we flocie wykonującej przewozy w sytuacji, gdy sporządzona przez nią analiza kosztów i korzyści wykaże brak korzyści użytkowania autobusów zeroemisyjnych (art. 37 ust. 5 ustawy o elektromobilności).

Obowiązek sporządzania co 36 miesięcy takiej analizy, wynika z zapisów art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności i dotyczy tych jednostek samorządu terytorialnego, które zobowiązane są do zapewnienia określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów. Przepis ten wymaga wykonania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Załącznik do wskazanej ustawy zawiera wykaz gazów cieplarnianych i innych substancji wprowadzanych do powietrza, objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych. W wykazie tym na pozycji nr 1 znajduje się dwutlenek węgla (tlenek węgla – CO₂), a na pozycjach: 64, 65 i 66 – odpowiednio tlenek węgla oraz tlenki azotu i siarki. Zapis zawarty w ustawie o elektromobilności oznacza więc, że w analizie kosztów i korzyści uwzględnia się pojazdy,

których silniki nie korzystają z procesu spalania paliw emitujących w nim m.in. takie substancje. Opisane kryterium spełniają napędy zasilane energią elektryczną, w tym wytwarzaną w ogniwach paliwowych zasilanych czystym wodorem (H₂) – nieemitujące dwutlenku węgla – ale nie spełniają już go silniki, w których paliwem jest gaz (LPG, CNG lub LNG).

Przepisy ustawy o elektromobilności wymagają, aby analiza kosztów i korzyści obejmowała w szczególności:

- a) analizę finansowo-ekonomiczną;
- b) oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;
- c) analizę społeczno-ekonomiczną, uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.

Przepisy ustawy nie wymagają więc przeprowadzania analizy wrażliwości oraz analizy ryzyka, co można uznać za uzasadnione, gdyż głównym celem analizy kosztów i korzyści, wynikającym z zapisów ustawy o elektromobilności, jest ewentualne wykazanie braku korzyści wynikających z użytkowania autobusów zeroemisyjnych. Analiza wymagana przepisami ustawy o elektromobilności różni się wymaganym zakresem i metodologią sporządzania od analogicznych analiz wykonywanych na potrzeby dokumentacji aplikacyjnych o dofinansowanie inwestycji ze wsparciem ze środków zewnętrznych.

Analiza, niezwłocznie po jej sporządzeniu, jest przekazywana trzem ministrom – właściwym do spraw energii, do spraw gospodarki i do spraw klimatu.

Jednocześnie, wykonanie analizy kosztów i korzyści zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, jest niezbędne do opracowania i przyjęcia zmian w planie zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego (planie transportowym), o którym mowa w rozdziale 2 ustawy o ptz.

Wymagana aktualizacja planu transportowego dotyczy:

- uwzględnienia wyników analizy (art. 12 ust. 2a);
- wyznaczenia linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, wraz z planowanym terminem rozpoczęcia ich użytkowania (art. 12 ust. 1 pkt 8);
- określenia geograficznego położenia stacji gazu ziemnego – wraz z miejscem jej przyłączenia do gazowej sieci dystrybucyjnej (art. 12 ust. 1a pkt. 1 i 3);
- określenia geograficznego położenia infrastruktury ładowania – wraz z miejscem jej przyłączenia do sieci elektroenergetycznej (art. 12 ust. 1a pkt. 2 i 3).

Przepisy art. 12 ust. 2b ustawy o ptz wprowadzają dodatkowy obowiązek skonsultowania projektu planu z operatorem systemu dystrybucyjnego elektroenergetycznego i operatorem

systemu dystrybucyjnego gazowego – jeżeli wyniki analizy wskazują na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym odpowiednio autobusów zeroemisyjnych lub napędzanych gazem ziemnym.

Ustawa o elektromobilności nie określiła zasad sporządzania analizy i nie upoważniła także żadnego z ministrów do wydania rozporządzenia określającego sposób jej opracowywania. Do końca I półrocza 2021 r. żadne z ministerstw lub jednostek organizacyjnych ministerstw, nie wydało również dokumentu o charakterze podręcznika, wytycznych lub zasad do sporządzania takiej analizy. Poradnik taki – praktyczny przewodnik dla samorządów – wydała natomiast Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej w Warszawie¹. Niniejsza analiza jest zgodna z wymogami przedstawionymi w tym przewodniku.

Analiza kosztów i korzyści jest obligatoryjnym elementem dokumentacji aplikacyjnej dużych projektów, w tym transportowych, ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej. Celem analizy wykonanej na użytek wniosku o dofinansowanie jest potwierdzenie, że pod względem kryteriów finansowo-ekonomicznych dany projekt kwalifikuje się do współfinansowania unijnego oraz wskazanie, w jakiej proporcji powinien on podlegać współfinansowaniu.

Ogólne zasady prowadzenia analizy kosztów i korzyści określono na poziomie rozporządzeń unijnych. W szczególności, w załączniku nr III do rozporządzenia wykonawczego Komisji (UE) 2015/207 z 20 stycznia 2015 r., określono metodykę przeprowadzania analizy kosztów i korzyści.

Zasady i metody przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych dużych projektów we wszystkich branżach zawiera „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści...”, przywołany w rozdziale 2.1 niniejszego opracowania. Zasady przeprowadzania analizy kosztów i korzyści dla planowanych projektów inwestycyjnych w sektorze transportu publicznego w Polsce określa także „Niebieska Księga...”, opracowana przez Inicjatywę Jaspers i również wymieniona w rozdziale 2.1 opracowania.

Analiza kosztów i korzyści wykonywana na potrzeby wniosków o dofinansowanie z Unii Europejskiej składa się z kilku obowiązkowych elementów, takich jak:

- identyfikacja projektu i określenie jego celu;
- analiza popytu i wariantów;
- analiza finansowa;
- analiza społeczno-ekonomiczna;

¹ „Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy korzyści i kosztów związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”. IGKM Warszawa, 2018 r.

- analiza wrażliwości;
- ocena ryzyka.

Podstawą do opracowania analizy są dane dotyczące stanu obecnego komunikacji miejskiej, w tym dane kosztowe oraz identyfikacja wariantów proponowanych rozwiązań. W przypadku niniejszej analizy jest to identyfikacja wariantów wymiany taboru wykorzystywanego w rzeszowskiej komunikacji miejskiej.

Identyfikacja wariantów polega na zdefiniowaniu co najmniej dwóch scenariuszy działań: realizacji zamierzeń inwestycyjnych zmierzających do spełnienia określonych w ustawie o elektromobilności wymogów udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów komunikacji miejskiej oraz rezygnacji ze spełnienia tych wymogów.

Brak spełnienia wymogów nie oznacza całkowitego zaniechania ponoszenia nakładów inwestycyjnych, lecz jedynie brak realizacji ocenianego wariantu – przy utrzymaniu ciągłości funkcjonowania komunikacji miejskiej w dotychczasowej formie i związanych z tym – w niezbędnym zakresie – inwestycji odtworzeniowych dotyczących taboru.

Następną częścią analizy – po identyfikacji wariantów – jest analiza finansowa, którą prowadzi się według ściśle określonych zasad – w przypadku inwestycyjnych projektów unijnych nieznacznie odbiegających od klasycznej analizy finansowej przedsięwzięć inwestycyjnych. Analiza finansowa służy sprawdzeniu efektywności finansowej projektu (wskaźniki FRR/c^2 , $FNPV/c^3$) oraz – w przypadku projektów unijnych – także określeniu efektywności finansowej dla wkładów krajowych i wysokości luki w finansowaniu.

Kolejnym etapem jest analiza społeczno-ekonomiczna, zwana także ekonomiczną lub społeczno-gospodarczą. Najprostszym sposobem jej wykonania jest sporządzenie bilansu kosztów i korzyści w wersji opisowej, który ma wówczas charakter jakościowej analizy społeczno-ekonomicznej. W niniejszym opracowaniu analiza społeczno-ekonomiczna wykonana została przy wykorzystaniu metody, która polega na sporządzeniu bilansu kosztów i korzyści w wersji ilościowej, opartej na ujęciu zmonetyzowanych efektów społeczno-ekonomicznych w rachunku przepływów z analizy finansowej.

Efekty inwestycji dla lokalnej społeczności oraz w zakresie oddziaływania na środowisko, można również skwantyfikować, czyli wyrazić kwotowo – za pomocą policzalnych parametrów i ich monetyzacji, co oznacza przeliczenie efektów społecznych na pieniądze. Zmonetyzowane efekty społeczno-ekonomiczne ujmuje się w rachunku przepływów z analizy finansowej i w efekcie powstaje ilościowa analiza kosztów i korzyści.

² FRR/c – finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji.

³ $FNPV/c$ – finansowa zaktualizowana wartość netto.

Metoda ilościowa pozwala na wyznaczenie wartości wskaźników ekonomicznej efektywności inwestycji, takich jak: ERR⁴, ENPV⁵ i BCR⁶. Metoda ilościowa przeprowadzona na zasadzie różnicowej jest zalecana w Praktycznym przewodniku.

W projektach transportowych ubiegających się o dofinansowanie środkami Unii Europejskiej wykonuje się co do zasady analizę ilościową – jeśli wskaźniki ERR lub ENPV są wymagane. Zasada ta nie dotyczy projektów dotyczących bezpieczeństwa w transporcie, gdyż uznaje się, że nie istnieje rozsądna metodyka wyrażenia bezpieczeństwa i poczucia bezpieczeństwa w kategoriach pieniężnych.

W przypadku projektów z dofinansowaniem unijnym niezaliczanych do projektów dużych, tj. o całkowitym koszcie kwalifikowalnym przekraczającym 50 mln euro, „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020” zalecają w podrozdziale 9.2., aby analiza ekonomiczna dla projektów niezaliczanych do dużych, została przeprowadzona w sposób uproszczony i opierała się na oszacowaniu ilościowych i jakościowych skutków realizacji projektu. Zaleca się, aby na etapie składania wniosku o dofinansowanie wymienić i opisać wszystkie istotne środowiskowe, gospodarcze i społeczne efekty projektu oraz – jeśli to możliwe – zaprezentować je w kategoriach ilościowych. Ponadto, wnioskodawca może odnieść się do analizy efektywności kosztowej – wykazując, że realizacja danego projektu inwestycyjnego stanowi dla społeczeństwa najtańszy wariant.

Koniecznym elementem analizy kosztów i korzyści jest ocena trwałości finansowej realizacji wariantów. Polega ona na ocenie zdolności organizatora i operatorów do realizacji przyjętych do analizy wariantów wymiany taboru oraz do zabezpieczenia przez organizatora i/lub operatora wystarczających środków finansowych na realizację planowanych zamierzeń inwestycyjnych. W niniejszym opracowaniu analizę trwałości przeprowadzono w sposób uproszczony.

Ostatnim elementem analizy kosztów i korzyści jest analiza wrażliwości i ryzyka. Pierwsza z nich ma na celu zbadanie skutków finansowych dla projektu w przypadku braku spełnienia przyjętych założeń. Polega ona na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o wartość określoną procentowo, na wartość finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu wraz z obliczeniem wartości progowych zmiennych – w celu określenia, jaka zmiana procentowa zmiennych krytycznych zrównałaby NPV (ekonomiczną lub finansową) z zerem.

⁴ ERR – ekonomiczna wewnętrzna stopa zwrotu.

⁵ ENPV – ekonomiczna wartość bieżąca projektu.

⁶ BCR – stosunek sumy zdyskontowanych korzyści projektu do zdyskontowanych kosztów.

Analiza ryzyka ma zaś na celu jego identyfikację, czyli określenie możliwych ryzyk realizacji projektu, ich analizę jakościową oraz przedstawienie możliwych działań zaradczych, jeśli poziom ryzyka nie jest akceptowalny.

Praktyczny przewodnik wymaga ponadto określenia wysokości ewentualnej luki finansowej, wyliczonej według zasad stosowanych dla projektów unijnych. Lukę finansową wylicza się w celu określenia niezbędnego poziomu wsparcia zewnętrznymi instrumentami finansowymi, w tym środkami pomocowymi, niezbędnego dla osiągnięcia celów wyznaczonych w ustawie o elektromobilności.

4. Charakterystyka Rzeszowa i rzeszowskiej komunikacji miejskiej

Rzeszów położony jest w południowo-wschodniej Polsce, w centralnej części województwa podkarpackiego. Miasto położone jest na granicy dwóch makroregionów – Kotliny Sandomierskiej (w części mezoregionu Pradoliny Podkarpackiej oraz Pogórza Rzeszowskiego) i Pogórza Środkowobeskidzkiego (w części mezoregionu Pogórza Dynowskiego) – nad rzeką Wisłok, uchodzącą do Sanu. Rzeszów zlokalizowany jest w niedużej odległości od granicy Polski z Ukrainą (ok. 62 km w linii prostej od granicy miasta, natomiast drogowo – 88 km) i Słowacją (ok. 60 km, drogowo – 89 km).

Miasto jest usytuowane poza dużymi obszarami ochrony przyrody i krajobrazu, jedynie w południowej części w dolinie Wisłoka znajduje się fragment obszaru Natura 2000 „Wisłok Środkowy z Dopływami” oraz rezerwat przyrody Lisia Góra z otuliną.

Rzeszów jest największym miastem województwa i ważnym ośrodkiem regionalnym, w którym koncentrują się funkcje wojewódzkie, a także ponadpowiatowe dla otaczającego go obszaru, w szczególności obejmującego powiaty rzeszowski i łańcucki.

Miasto Rzeszów graniczy z ośmioma gminami – miejsko-wiejskimi: Boguchwałą, Głogów Małopolski i Tyczyn oraz wiejskimi: Chmielnik, Krasne, Lubenia, Świlcza i Trzebownisko. Rzeszów jest jednostką centralną Rzeszowskiego Obszaru Metropolitalnego oraz najważniejszym uczestnikiem Stowarzyszenia Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego.

Rzeszów jest miastem na prawach powiatu, a także siedzibą Powiatu Rzeszowskiego. Miasto – jako odrębny powiat grodzki – graniczy z Powiatem Rzeszowskim, który obejmuje trzynaście okolicznych jednostek samorządu terytorialnego, położonych w większości na północ i południowy zachód od miasta.

Miasto podzielone jest na trzydzieści trzy jednostki pomocnicze gminy, nazwane i ponumerowane osiedla. Od 2006 r. miasto stale powiększa swoje terytorium poprzez przyłączanie sąsiedzkich wsi lub ich części. W stosunku do stanu z 2005 r. powierzchnia miasta powiększyła się 2,5-krotnie.

W opisywanym okresie przyłączono: Słocinę i Załęże z gminy Krasne (2006 r.), część Przybyszówki z gminy Świlcza (2007 r.), pozostałą część Przybyszówki i Zwiężycę z gminy Boguchwałą (2008 r.) oraz Białą z gminy Tyczyn (2009 r.). W 2010 r. miasto powiększyło swoje tereny o część Miłocina (z gminy Głogów Małopolski) i o Budziwój (gmina Tyczyn). Kolejne przyłączenia odbyły się w 2017 r., kiedy to do miasta przyłączono sołectwo Bzianka z gminy Świlcza oraz w 2019 r., kiedy przyłączono Matysówkę z gminy Tyczyn i pozostałą część Miłocina

(z gminy Głogów Małopolski) i w 2021 r. – przyłączono wówczas Pogwizdów Nowy z gminy Głogów Małopolski.

Zagospodarowanie Rzeszowa jest bardzo zróżnicowane. Obszar zurbanizowany miasta położony jest w jego centralnej części i otaczają go z niemal każdej strony tereny rolne, jedynie w części północno-wschodniej obszar zurbanizowany dociera do granic miasta.

Centrum stanowi zróżnicowana zabudowa mieszkaniowa i usługowa, która obejmuje osiedle Śródmieście oraz częściowo osiedla Pułaskiego i Grota-Roweckiego. Od wschodu obszar centrum ograniczony jest doliną rzeki Wisłok, a od północy – stacją kolejową i torami kolejowymi linii nr 91. Od południa i zachodu centrum graniczy z obszarami zabudowy wielorodzinnej i przemysłowo-składowymi. W centrum zlokalizowana jest większość obiektów historycznych, siedziba Urzędu Miasta, Starostwa Powiatowego, Urzędów Marszałkowskiego i Wojewódzkiego oraz wiele innych instytucji i urzędów. W północnej części centrum znajdują się dworce: kolejowy i dwa autobusowe oraz duże centrum handlowe z hotelem.

Obszar centrum od strony południowej i zachodniej otoczony jest rejonami intensywnej zabudowy wielorodzinnej. Osiedla zabudowy wielorodzinnej przeważają także na wschód od centrum, na prawobrzeżu Wisłoka. Centrum oraz sąsiednie osiedla zabudowy wielorodzinnej otoczone są szerokim pasem drogowym drogi krajowej nr 94. Zewnętrzny pierścień obszaru zurbanizowanego miasta wyznacza zabudowa o charakterze jednorodinnym lub mieszanym, w obniżeniach terenu poprzedzielana terenami zielonymi lub łąkowymi. Rejony przemysłowe dominują w części południowej obszaru zurbanizowanego oraz w części północnej: przy brzegach rzeki Wisłok, wzdłuż torów kolejowych, a także na terenie osiedla Przybyszówka (obszar Dworzysko).

Osiedla położone przy granicy miasta zachowały charakter zabudowy wiejsko-podmiejskiej skoncentrowanej wzdłuż dróg zbiorczych.

W pobliżu północnej granicy miasta, na terenie gminy Trzebownik, znajduje się międzynarodowe lotnisko Rzeszów Jasionka, z pasem startowym o długości 3,2 km. W pobliżu zlokalizowane są obszary przemysłowe Specjalnej Strefy Ekonomicznej Euro-Park Mielec.

Do czasu wybudowania autostrady A4, przez Rzeszów prowadziła droga krajowa nr 4, łącząca Niemcy – przez Wrocław, Katowice i Kraków – z Ukrainą. Początkowo ruch tranzytowy odbywał się przez ścisłe centrum miasta (al. Piłsudskiego). Następnie w wyniku rozbudowy miasta, drogę krajową nr 4 wyznaczono ulicami: Krakowską, al. Witosa, al. Batalionów Chłopskich, al. Powstańców Warszawy, al. Armii Krajowej i ul. Lwowską. Po wybudowaniu autostrady A4 dawna droga krajowa nr 4 otrzymała numer 94.

Przebieg autostrady A4 wytyczono na północ od granic miasta, przez obszar gmin Świlcza, Głogów Małopolski i Trzebownik. Miasto obsługiwane jest trzema węzłami: Rzeszów

Zachód – z odejściem drogi ekspresowej S19 (Via Carpatia), Rzeszów Północ – z odejściem drogi krajowej nr 9 i Rzeszów Wschód – na skrzyżowaniu z drogą ekspresową S19 (Via Carpatia) oraz drogą krajową nr 97, stanowiącą połączenie z drogą krajową nr 94. Droga krajowa nr 97 poprowadzona jest al. Żołnierzy I Armii Wojska Polskiego.

Od strony zachodniej zewnętrzną obwodnicę miasta stanowi odcinek drogi ekspresowej S19, z dwoma węzłami: Świlcza i Rzeszów Południe, gdzie kończy się część już wybudowana. Połączenie tego węzła z drogą krajową nr 19 i z siecią dróg miejskich stanowi ul. Żołnierzy 9 Dywizji Piechoty, będąca drogą wojewódzką nr 883.

Przez Rzeszów przebiega także odcinek drogi krajowej nr 19, rozpoczynający się od drogi krajowej nr 94 i poprowadzony ul. Podkarpacką.

Przez obszar całego miasta przebiega południkowo trasa drogi wojewódzkiej nr 878, w relacji: Sokołów Małopolski – Stobierna – Rzeszów – Dylągówka. W granicach miasta droga ta przebiega ulicami: Lubelską, Marszałkowską, al. Piłsudskiego, al. Rejtana, al. Sikorskiego. W granicach miasta zlokalizowana jest ponadto droga wojewódzka nr 882, przebiegająca od drogi krajowej nr 97 do al. Warszawskiej, wytyczona ulicami Rzecha i Krogulskiego.

Drogi krajowe i wojewódzkie poprowadzone są ważnymi ulicami miasta i pełnią istotną rolę w funkcjonowaniu jego systemu transportowego. Ruch tranzytowy, szczególnie ciężarowy, omija obecnie jednak w większości teren zwartej zabudowy miejskiej.

Przez Rzeszów przebiega zelektryfikowana, dwutorowa linia kolejowa nr 91, w relacji Kraków Główny – Medyka, o znaczeniu międzynarodowym. Na linii tej zlokalizowana jest stacja kolejowa Rzeszów Główny oraz przystanki: Rzeszów Zachodni – w północno-zachodniej części miasta i Rzeszów Załęże – przy wschodniej granicy. PKP PLK S.A. rozpoczęły ponadto budowę dodatkowego przystanku na tej linii w kierunku do Dębicy – Rzeszów Dworzysko. Budynek stacji kolejowej Rzeszów Główny oraz wejście na perony, zlokalizowane są po południowej stronie torów, a więc po tej samej stronie, co centrum miasta.

Na stacji Rzeszów Główny rozpoczyna się ponadto jednotorowa zelektryfikowana linia kolejowa nr 71 do Ocic, stanowiąca szlak kolejowy w kierunku Kielc i Lublina. Linia ta ma około dwukilometrowy wspólny przebieg z linią nr 91 do przystanku Rzeszów Zachodni, a następnie na wysokości osiedla Baranówka odbija na północ. Na linii tej w granicach miasta znajdują się dwa przystanki: Rzeszów Zachodni i Rzeszów Miłocin.

Na stacji Rzeszów Główny rozpoczyna się ponadto jednotorowa, niezelektryfikowana linia kolejowa nr 106 do Jasła, na której w granicach miasta znajduje się stacja kolejowa Rzeszów Staroniwa oraz dwa przystanki: Rzeszów Osiedle i Rzeszów Zwięczyca.

Według Banku Danych Lokalnych GUS, w dniu 31 grudnia 2020 r. liczba ludności miasta wynosiła 196 638 osób.

W ostatniej dekadzie liczba ludności miasta wzrastała, co jest zjawiskiem w skali kraju nietypowym, gdyż w innych podobnej wielkości samorządach najczęściej w tym okresie następował spadek liczby mieszkańców.

W tabeli 1 zaprezentowano liczbę mieszkańców, powierzchnię i gęstość zaludnienia Rzeszowa, a także obszar miasta oraz gmin, które z miastem Rzeszowem zawarły porozumienia, w latach 2011-2020 – według danych Banku Lokalnego GUS. Liczba ludności obszaru w analizowanym okresie stale rosła.

Zmiany powierzchni miasta Rzeszowa wynikały z przyłączenia sołectwa Bzianka oraz Małyszówki i części Miłocina.

Tab. 1. Liczba ludności, powierzchnia i gęstość zaludnienia Rzeszowa oraz gmin obsługiwanych rzeszowską komunikacją miejską w latach 2011-2020

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok									
		2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020
Miasto Rzeszów											
Liczba mieszkańców	[osób]	180031	182028	183108	185123	185896	187422	189662	191564	196208	196638
Powierzchnia ogółem	[ha]	11 363	11 363	11 363	11 363	11 363	11 363	12 041	12 041	12 661	12 661
Gęstość zaludnienia	[osób/km ²]	1547	1565	1574	1591	1598	1611	1575	1591	1548	1553
Obszar obsługiwany rzeszowską komunikacją miejską											
Liczba mieszkańców	[osób]	232791	235175	236727	239102	240134	242249	244479	246674	250177	250947
Powierzchnia ogółem	[ha]	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148	43 148
Gęstość zaludnienia	[osób/km ²]	540	545	549	554	557	561	567	572	579	580

Źródło: Bank Danych Lokalnych GUS.

Według stanu na dzień 31 grudnia 2020 r., miasto Rzeszów zajmowało 16. miejsce w kraju pod względem liczby ludności oraz 20. miejsce wśród miast pod względem zajmowanej powierzchni. Gęstość zaludnienia w Rzeszowie była wyższa od przeciętnej miast w Polsce, przyjmując wartość o około 55% większą od średniej krajowej dla miast.

W mieście Rzeszów oraz w gminach objętych rzeszowską komunikacją miejską – według Banku Danych Lokalnych GUS, na koniec 2020 r. zamieszkiwało łącznie niemal 250,9 tys. osób.

Jak już zasygnalizowano wcześniej, linie rzeszowskiej komunikacji miejskiej obsługują poza miastem Rzeszów także miejscowości w gminach ościennych. Są to miejscowości: Boguchwała, Bratkowice, Głogów Małopolski, Hermanowa, Jasionka, Kielanówka, Lutoryż, Mogielnica, Mrowla, Nowa Wieś, Raclawówka, Rudna Wielka, Siedliska, Świlcza, Tajęcina, Tyczyn, Trzciana, Trzebownisko, Zaczernie i Zarzecze oraz przysiółki: Kamyszyn, Mrowla Otoka i Zabierzów.

Organizatorem rzeszowskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Rzeszowa. Zadania organizatora wypełnia jednostka budżetowa Miasta – Zarząd Transportu Miejskiego w Rzeszowie, której zadania to m.in.: planowanie, organizowanie i zarządzanie transportem zbiorowym w mieście, w tym w szczególności: ustalanie rozkładów jazdy, emisja i sprzedaż biletów komunikacji miejskiej, zawieranie umów z operatorami i kontrola ich wykonywania oraz zarządzanie dworcami i przystankami.

Wg stanu na dzień 30 listopada 2021 r., Miasto wykorzystywało do realizacji usług przewozowych tylko jednego operatora – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Rzeszów sp. z o.o., ul. Lubelska 54, 35-233 Rzeszów. Przewozy pasażerów w komunikacji miejskiej odbywały się na podstawie umowy zawartej z Miastem w dniu 29 listopada 2019 r., określającej szczegółowy zakres zobowiązania Spółki do świadczenia usług przewozów w zakresie lokalnego transportu zbiorowego oraz przewozów dodatkowych, w zakresie ustalonym przez Organizatora. Przywołana umowa potwierdza, że MPK-Rzeszów sp. z o.o. jest podmiotem wewnętrznym Miasta w rozumieniu Rozporządzenia 1370/2007. Umowa stanowi, że Spółka prowadzi usługi przewozu w ramach komunikacji miejskiej, na terenie Miasta i gmin, które zawarły z Miastem porozumienia, z wykorzystaniem taboru własnego oraz wydierżawionego przez Miasto.

Wpływy ze sprzedaży biletów stanowią przychód Miasta. MPK-Rzeszów sp. z o.o. otrzymuje rekompensatę wyliczoną zgodnie z zasadami określonymi w Umowie, lecz nie wyższą niż wyliczona na podstawie postanowień Rozporządzenia 1370/2007.

Wg stanu na dzień 30 listopada 2021 r., w ramach rzeszowskiej komunikacji miejskiej funkcjonowały 64 całoroczne linie autobusowe, oznaczone handlowo numerami: 0A, 0B, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41, 42, 43, 44, 45, 46, 47, 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58, 59, 60, 61, N1, N2 i N3 – organizowane przez ZTM w Rzeszowie i obsługiwane przez MPK – Rzeszów sp. z o.o. Poza tymi liniami uruchamiane są także w miarę potrzeb linie okresowe, w szczególności oznaczone literami linie specjalne dowożące corocznie pasażerów do cmentarzy w okresie Wszystkich Świętych.

Kryterium zakresu funkcjonowania podzieliło linie rzeszowskiej komunikacji miejskiej na trzy kategorie:

- czterdzieści cztery linie całotygodniowe – 0A, 0B, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 22, 25, 26, 27, 28, 30, 31, 32, 33, 34, 35, 37, 38, 44, 47, 48, 53, 57, 58, 59, N1, N2 i N3;
- dwie linie funkcjonujące w dni powszednie od poniedziałku do piątku oraz w soboty – 20 i 36;
- szesnaście linii funkcjonujących tylko w dni powszednie – 23, 24, 29, 39, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 49, 51, 52, 54, 55 i 56;
- dwie linie funkcjonujące tylko w dni powszednie szkolne – 60 i 61.

Trasy trzydziestu jeden linii autobusowych z segmentu połączeń całotygodniowych: 0A, 0B, 1, 2, 5, 6, 9, 10, 11, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 25, 26, 27, 30, 31, 32, 33, 38, 47, 48, 57, 59, N1, N2 i N3 zawierały się w całości w granicach miasta Rzeszowa. Trasy pozostałych trzynastu linii całotygodniowych obsługiwały także pasażerów z obszaru podmiejskiego. Sześć z tych linii, tj. 4, 7, 8, 12, 34 i 37, odgrywała jednak także istotne znaczenie na obszarze miasta Rzeszowa, a obsługa obszaru podmiejskiego była dla nich rolą drugorzędną. Pozostałe siedem linii obsługiwało zaś przede wszystkim pasażerów obszaru podmiejskiego, choć większość na terenie miasta także odgrywało dość znaczącą rolę.

Trasy wszystkich linii rzeszowskiej komunikacji zawierają się w gminach należących do Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego (ROF) – graniczących z Rzeszowem, który stanowi rdzeń ROF. Autobusy komunikacji miejskiej obsługują, na podstawie zawartych porozumień komunalnych, miejscowości w gminach miejsko-wiejskich Boguchwała i Tyczyn oraz w gminach wiejskich: Lubenia i Świlcza. Autobusy zatrzymują się także na obszarze trzech innych gmin, które nie są objęte porozumieniami międzygminnymi, tj. Krasne, Głogów Małopolski i Trzebownisko. Przystanek na terenie gminy Krasne znajduje się tuż przy granicy miasta, na terenie Centrum Handlowego Auchan, a jego lokalizacja uwarunkowana jest przyczynami technicznymi – brakiem pętli umożliwiającej nawrót na obszarze miasta.

Częściowa obsługa przez ZTM Rzeszów terenu gmin Głogów Małopolski i Trzebownisko wynika z potrzeby zorganizowania dojazdu z Rzeszowa do Portu Lotniczego Rzeszów-Jasionka (znajdującego się na terenie gminy Trzebownisko), Parku Naukowo-Technologicznego oraz terenów Specjalnej Strefy Ekonomicznej. Linie 51 i 53 obsługują port lotniczy oraz strefy przemysłowe w Trzebownisku, linia 52 – tereny Podkarpackiego Parku Naukowo-Technologicznego przyległego do lotniska, zaś linia 54 – dojazdy do SSE w Głogowie Młp. (dawniej Rogoźnicy).

Trasy trzynastu linii funkcjonujących tylko w wybrane dni tygodnia zawierały się w całości w granicach miasta, są to linie: 23, 24, 29, 36, 39, 40, 41, 42, 43, 46, 49, 55 i 61. Pozostałe

linie z tego segmentu połączeń przekraczały granice miasta i miały charakter podmiejskich, z wyjątkiem linii 60, która obsługiwała tylko obszar miasta.

Oferta przewozowa rzeszowskiej komunikacji miejskiej jest mocno zróżnicowana. Niektóre linie charakteryzuje dość wysoka częstotliwość kursowania pojazdów, najczęściej jednak nierytmiczna, inne pełnią natomiast funkcję uzupełniającą lub są dedykowane obsłudze konkretnych grup pasażerów. Tę grupę linii charakteryzuje również nierytmiczna, ale i zarazem dość niska częstotliwość kursów.

Największą częstotliwością kursowania – co ok. 12 minut w szczytach przewozowych – charakteryzują się przeciwbieżne, jednokierunkowe linie okólne 0A i 0B oraz dwie linie o charakterze średnicowym – 18 i 19. Do połączeń o wysokiej częstotliwości kursowania można także zaliczyć linie: 4, 12, 13, 17 i 30 i 34.

Biorąc pod uwagę intensywność funkcjonowania, linie rzeszowskiej komunikacji miejskiej można podzielić na połączenia odpowiednio z:

- ponad siedemdziesięcioma kursami w jednym kierunku w skali dnia powszedniego, które funkcjonują w tym rodzaju dnia całodziennie i w miarę rytmicznie, z częstotliwością kursów co ok. 12 minut w szczytach przewozowych i co 20-30 minut w porach międzyszczytowych; są to cztery linie: **0A, 0B, 18 i 19; linie te wyłącznie dla potrzeb analizy kosztów i korzyści nazwano priorytetowymi;**
- przynajmniej czterdziestoma parami kursów w skali dnia powszedniego – są to linie: **4, 12, 13, 17, 30 i 34** – z częstotliwościami kursów w tym rodzaju dnia tygodnia zawierającymi się w przedziale pomiędzy 20 i 30 minut; **linie te wyłącznie dla potrzeb analizy kosztów i korzyści nazwano podstawowymi;**
- liczbą par kursów powyżej dziesięciu i nieprzekraczającą czterdziestu w dniu powszednim – to największa grupa linii: 1, 2, 3, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 14, 15, 16, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 31, 32, 33, 35, 36, 37, 38, 40, 42, 44, 45, 47, 51, 52, 53, 57, 58, 59, 61; **linie te nazwano uzupełniającymi;**
- jedynie kilkoma parami kursów w dniu powszednim: 20, 29, 39, 41, 43, 46, 48, 49, 50, 54, 55, 56 i 60 oraz nocne N1, N2 i N3, które można nazwać **marginalnymi** (dopasowanymi do zindywidualizowanych potrzeb ich grup pasażerów).

Dwie linie – 60 i 61 – mają charakter dowożących dzieci do szkół.

Układ tras większości linii rzeszowskiej komunikacji miejskiej ma charakter średnicowy, tylko kilka z nich omija ściśle centrum miasta, a niektóre (o charakterze podmiejskim) kończą w nim swoje trasy, mając przebieg promienisty.

Największa koncentracja połączeń komunikacji miejskiej występuje w bezpośrednim sąsiedztwie dworca kolejowego – na rondzie Dmowskiego (prowadzą tamtędy trasy aż 51 linii autobusowych), w al. Piłsudskiego (37 linii autobusowych) i w al. Ciepłińskiego (31 linii).

Część rzeszowskich linii posiada więcej niż jeden wariant trasy dla każdego z kierunków ruchu. Na ogół wynika to z wydłużania niektórych kursów albo też ze skracania niektórych kursów do przystanków w centrum.

Trasy licznych linii miejskich mają charakter mocno skomplikowany, meandrując przez osiedla lub co najmniej na nie zajeżdżając, co zdecydowanie wydłuża czas przejazdu pomiędzy głównymi celami podróży.

Aktualnie taborem zeroemisyjnym obsługiwane są głównie linie 0A i 0B. Trasa obydwu linii obejmuje główne ulice miasta o bardzo intensywnym ruchu miejskim i gęstej sieci przystanków – w obszarze intensywnej zabudowy śródmiejskiej. Linie 0A i 0B łączą wiele źródeł podróży i są jednocześnie głównymi liniami priorytetowymi o najwyższej częstotliwości kursowania pojazdów w skali całej sieci komunikacyjnej. Para przeciwbieżnych linii 0A i 0B obsługiwana jest autobusami elektrycznymi o standardowej długości 12 metrów, czego rezultatem jest dość duże zatłoczenie pojazdów – wskazywane jako niedogodność przez mieszkańców miasta – co ma szczególne znaczenie w okresie pandemii SARS-CoV-19. Operator rzeszowskiej komunikacji miejskiej nie dysponuje aktualnie taborem zeroemisyjnym o większej długości.

Liniami uznanymi za priorytetowe, o bardzo wysokiej częstotliwości kursowania, są poza wyżej wymienionymi 0A i 0B, także 18 i 19. Na liniach tych realizuje się najwięcej kursów w każdym rodzaju dnia tygodnia.

Trasa linii 18 prowadzi z osiedla Baranówka (pętla przy ul. Obrońców Poczty Gdańskiej), al. Wyzwolenia i ul. Marszałkowską do śródmieścia, następnie ulicami Ciepłińskiego, Lisa Kuli, Dąbrowskiego i al. Powstańców Warszawy – obok obiektów Politechniki Rzeszowskiej oraz centrów handlowych przy skrzyżowaniu z ul. Rejtana – a dalej al. Sikorskiego i ul. Łukasiewicza do osiedla Zalesie (pętla Łukasiewicza) i jednego z kampusów Uniwersytetu Rzeszowskiego. Linia 19 ma te same obydwa krańce co linia 18, z tym że jej trasa prowadzi z os. Baranówka do śródmieścia al. Okulickiego i ul. Krakowską, a ze śródmieścia do os. Zalesie – al. Piłsudskiego i al. Rejtana. Wybrane kursy linii 18 i 19 zostały wydłużone z pętli przy ul. Obrońców na os. Baranówka ul. Poczty Gdańskiej do ul. Miłocińskiej.

Trasę linii 4 wytyczono z centrum handlowego w Krasnem – zlokalizowanego tuż przy wschodniej granicy miasta Rzeszowa – ul. Lwowską przez osiedle Wilkowyja i Pobitno, następnie najprostszą drogą do centrum miasta – al. Piłsudskiego. Od ronda Dmowskiego trasa linii

4 prowadzi na os. Staromieście – ulicami Marszałkowską i Warszawską do nowo wybudowanych osiedli przy ul. Krogulskiego i ul. Lubelskiej, kończąc bieg przy zajezdni autobusowej MPK, położonej przy północnej granicy miasta.

Trasa linii 12 prowadzi z osiedla Budziwój (a w wybranych kursach także z sołectwa Siedliska w gminie Lubenia) w południowej części miasta – ulicami: Budziwojską, Jana Pawła II i Kwiatkowskiego do al. Powstańców Warszawy i ul. Hetmańskiej, a dalej w centrum miasta ulicami: Kilara, Szopena i Targową. Ze względu na przebudowę infrastruktury drogowej po wschodniej stronie stacji Rzeszów Główny, trasa linii 12 aktualnie wytyczona jest objazdem: zamiast ulicami Batorego i Żółkiewskiego, prowadzi al. Piłsudskiego oraz ulicami: Marszałkowską, Lubelską i Maczka do ul. Siemieńskiego i dalej do ul. Trembeckiego na osiedlu Staromieście.

Trasa linii 13 stanowi najbardziej osobliwy i jaskrawy przykład tego, jak mocno linie autobusowe w Rzeszowie meandrują – aby obsłużyć dużą liczbę źródeł i celów podróży znacznie wydłużoną trasą. Autobusy tej linii rozpoczynają bieg na pętli przy szpitalu przy ul. Lwowskiej, dalej przejeżdżając al. Armii Krajowej i al. Niepodległości do al. Rejtana – na tym odcinku trasy kompleksowo obsługując liczne obiekty handlowe w tej części Rzeszowa – obok osiedla Nowe Miasto. Dalej trasa linii prowadzi al. Powstańców Warszawy i ul. Hetmańską, dopiero w tym momencie obsługując obszar centralny – wokół ulic Kilara, Szopena, Targowej i al. Piłsudskiego. Następnie autobusy linii 13 obsługują północno-zachodnie osiedla (m.in. Tysiąclecia, Baranówka i Andersa), kursując ulicami: Marszałkowską, Lubelską, al. Wyzwolenia, Ofiar Katynia – aby obsłużyć kolejne osiedla w zachodniej części miasta: Kotuli (w tym penetrując Wzgórza Staroniwskie), Krakowska-Południe i Kmity.

Trasa linii 17 prowadzi po wschodniej stronie miasta od Szpitala Wojewódzkiego nr 2 – przy którym znajduje się duży przystanek krańcowy – ul. Lwowską, przez osiedla: Mieszka I, Paderewskiego i Nowe Miasto, następnie al. Rejtana – obok centrów handlowych i obiektów Uniwersytetu Rzeszowskiego – do al. Piłsudskiego w śródmieściu. Kolejny odcinek trasy tej linii prowadzi ul. Krakowską i al. Witosa na osiedle Kmity, a wybranymi kursami – do strefy zindustrializowanej przy ul. Przemysłowej. Wschodni odcinek trasy linii 17 charakteryzuje znaczące wydłużenie trasy.

Trasa linii 30 rozpoczyna się na osiedlu Andersa – na pętli przy ul. Mikołajczyka – i następnie prowadzi al. Wyzwolenia, al. Okulickiego i ul. Krakowską do śródmieścia oraz dalej al. Ciepelińskiego, al. Dąbrowskiego i ul. Podkarpacką – do pętli przy ul. Matuszczaka przy wiodącym obszarze przemysłowym, skupiającym głównie przedsiębiorstwa z branży lotniczej.

Trasa linii 34 rozpoczyna się na pograniczu Rzeszowa przy ul. Błękitne Wzgórze i sołectwa Kielanówka w gminie Boguchwała, prowadząc przez to sołectwo do granic rzeszowskiego

osiedla Staroniwa, a następnie przez osiedle Kmity i ulicami: Staroniwską, Wita Stwosza, Wyspiańskiego, al. Witosa i ul. Krakowską – do centrum miasta. Kolejny odcinek trasy linii – w centrum – prowadzi al. Ciepłińskiego i ul. Lisa Kuli, po czym dalej ulicami: Hetmańską, al. Powstańców Warszawy i al. Rejtana, następnie przez os. Paderewskiego i Mieszka I – ulicami: Paderewskiego, Krzyżanowskiego, al. Niepodległości i Mieszka I – do szpitala przy ul. Lwowskiej.

Linie z największą liczbą kursów w ciągu dnia, obsługujące główne rejony zabudowy mieszkaniowej (w tym intensywnej – wielorodzinnej) i przemysłowej oraz centrum miasta, mogą być docelowo przeznaczone do obsługi taborem zeroemisyjnym. Autobusy elektryczne w szczególności byłyby pożądane na ulicach centrum miasta oraz wewnątrz osiedli z zabudową wielorodzinną, przyczyniając się do redukcji hałasu emitowanego przez pojazdy komunikacji miejskiej. Autobusy elektryczne obsługujące linie 0A i 0B pełnią już obecnie dokładnie taką rolę.

Maksymalna liczba autobusów niezbędna do wykonania wszystkich zadań przewozowych zaplanowanych w sieci stałych linii autobusowych rzeszowskiej komunikacji miejskiej w dniu powszednim – według stanu na dzień 20 listopada 2021 r. – wyniosła 183 pojazdy.

Operator przewozów, w celu zoptymalizowania pracy kierowców i wykorzystania taboru, może układać zadania przewozowe ze zmianą dziennego przypisania pojazdów do obsługiwanych linii. Rozwiązanie takie można dowolnie stosować w przypadku wykorzystywania taboru zasilanego olejem napędowym, czyli paliwa uzupełnianego tylko jeden raz dziennie, w zajezdni operatora. W przypadku zastosowania taboru zeroemisyjnego doładowywanego także na pętlach, układ zadań przewozowych wymagałby dokonania pewnej przebudowy, uwzględniającej ten fakt – w celu wygospodarowania czasu postoju na doładowywanie autobusów. Ewentualna rotacja taboru byłaby natomiast możliwa wyłącznie pomiędzy liniami ze wspólną pętlą z ładowarką. Taką rotację już stosuje się w weekendy na liniach: 0A, 0B, 35 i 44 – aby zoptymalizować czasy wyrównawcze oraz czas potrzebny na doładowanie autobusów elektrycznych.

Część pętli autobusowych lub przystanków krańcowych połączeń rzeszowskiej komunikacji miejskiej – wg stanu na dzień 20 listopada 2021 r. – skupiała po kilka linii.

W szczególności, cztery lub więcej linii skupiały pętle:

- Bardowskiego – w centrum miasta, blisko dworca kolejowego, składająca się z trzech peronów – dziesięć linii: 20, 22, 29, 35, 41, 45, 51, 52, 54 i 55;
- Lubelska Zajezdnia MPK – w północnej części miasta, w sąsiedztwie zajezdni operatora – osiem linii: 4, 5, 23, 28, 31, 33, N1 i N3;
- Bł. Karoliny – przystanek krańcowy w zachodniej części miasta, na skraju osiedla Słoneczny Stok – siedem linii: 10, 27, 36, 40, 42, 60 i N2;

- Przemysłowa Urząd Celny – w południowej części miasta w obszarze zindustrializowanym – sześć linii: 17, 29, 39, 43, 49 i 59;
- Cienista Cmentarz – we wschodniej części miasta, przy cmentarzu komunalnym Wilkowyja – pięć linii: 15, 25, 26, 27 i 48;
- Dworzec Lokalny – w centrum miasta, przy dworcu autobusowym zarządzanym przez Organizatora – pięć linii: 7, 14, 16, 46 i 53;
- Łukasiewicza – w południowej części miasta, w pobliżu obiektów Uniwersytetu Rzeszowskiego – pięć linii: 10, 18, 40, 61 i N1;
- Obr. Poczty Gdańskiej – położona w północnej części miasta, przy os. Baranówka – pięć linii: 18, 19, 24, 32 i N1, z tym że część kursów niektórych z ww. linii przedłużona została do pętli Miłocińska;
- Trembeckiego – w północnej części miasta, obok siedziby Organizatora – cztery linie: 12, 29, 37 i 59;
- Matuszczaka – w południowej części miasta, w pobliżu obszaru przemysłowego z zakładami lotniczymi – cztery linie: 11, 23, 24 i 30.

Wspólne pętle dla wielu linii autobusowych stanowią okoliczność umożliwiającą nie tylko opisane wyżej stosowanie nowoczesnych technik zarządzania ofertą przewozową – zmian w przypisaniu pojazdów do linii w ciągu dnia, przeprowadzanych w celu zoptymalizowania liczby użytkowanych w ruchu autobusów, ale i ułatwiającą ewentualną eksploatację autobusów zeroemisyjnych – elektrycznych z zasilaniem bateryjnym. Łączenie kursów w brygady wieloliniowe stosuje się już obecnie m.in. na pętli przy ul. Bł. Karoliny (linie: 10, 40 i 42). Podobne działania prowadzone są także na krańcówkach przy ul. Wita Stwosza – dla linii 13 i 17 – oraz dla obu tych linii i dodatkowo dla linii 34 na przystanku końcowym Lwowska szpital pętla.

W tabeli 2 przedstawiono następujące dane charakteryzujące rzeszowską komunikację miejską (wykonanie w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.):

- liczbę wozokilometrów – w podziale na miasto Rzeszów i gminy ościenne obsługiwane komunikacją miejską;
- średnią liczbę autobusów komunikacji miejskiej MPK w inwentarzu i w ruchu;
- szacunkową liczbę pasażerów;
- przychody z biletów.

Jak wynika z tabeli 2, w latach 2018-2021 wielkość oferty przewozowej, wyrażona liczbą wozokilometrów, gdyby nie ograniczenia pandemiczne w 2020 r., stale by wzrastała.

Zwiększenie liczby pojazdów MPK sp. z o.o. we flocie w 2021 r. wynikało z realizacji zakupów taboru niskoemisyjnego przez Miasto. W latach 2020-2021 przyjęto na stan 60 autobusów marki Autosan, zasilanych sprężonym gazem ziemnym, kasując w zamian mniejszą

liczbę autobusów dotychczas eksploatowanych. Zwiększyło to poziom rezerwy taborowej, ograniczając ryzyko niewykonywania kursów w wyniku braku wystarczającej liczby sprawnego taboru.

Tab. 2. Podstawowe parametry charakteryzujące rzeszowską komunikację miejską w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r.

Wyszczególnienie	Jedn.	Rok			
		2018	2019	2020	2021 – plan
Liczba wozokilometrów		9 742,2	11 185,7	10 853,2	11 339,6
– w tym miasto Rzeszów	tys. km	9 508,5	10 725,8	10 393,3	10 870,9
– w tym gminy ościenne		233,7	459,9	459,9	468,7
Średnia liczba autobusów we flocie	szt.	194	217	211	226
Maksymalna liczba autobusów wyjeżdżających na trasy	szt.	166	170	183	183
Liczba pasażerów	tys. osób	42 631,5	51 705,6	19 405,8	21 000,0
Przychody z biletów brutto	tys. zł	35 112,0	36 490,0	23 329,2	25 185,6

Źródło: dane MPK sp. z o.o. oraz biuletyny „Komunikacja miejska w liczbach”, IGKM Warszawa.

W 2020 r. względem 2019 r. nastąpił znaczący spadek przychodów ze sprzedaży biletów, wynikający z wprowadzonych ograniczeń w mobilności mieszkańców z powodu pandemii koronawirusa, jak również wskutek wprowadzenia zdalnego nauczania w szkołach oraz niektórych przedsiębiorstwach. Stan ten z okresowymi zmianami utrzymywał się do końca kwietnia 2021 r. i w związku z powyższym należy spodziewać się niskich przychodów ze sprzedaży biletów w całym 2021 r.

W okresie analizy, tj. do 2036 r., w wariantcie konwencjonalnym przyjęto – z uwagi na przewidywane utrzymanie liczby wozokilometrów na poziomie 10,6 mln rocznie – stan floty jako 220 autobusów (w wariantcie konwencjonalnym).

Miasto zamierza w następnych latach prowadzić politykę korekt wielkości pracy eksploatacyjnej, na podstawie analizy popytu efektywnego. W najbliższej przyszłości (2022 r.) planowana jest rekonstrukcja siatki połączeń, zakładająca jej uproszczenie – zmniejszenie liczby linii i wyprostowanie tras części z nich – przy rytmizacji obsługi komunikacyjnej według stałych taktów, powtarzalnych w cyklu 60-minutowym.

5. Tabor rzeszowskiej komunikacji miejskiej

5.1. Aktualny stan taboru

Linie komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Rzeszów obsługiwane są wyłącznie autobusami – częściowo lub całkowicie niskopodłogowymi. Całą flotą pojazdów zarządza podmiot wewnętrzny – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Rzeszów sp. z o.o., ul. Lubelska 54, 35-233 Rzeszów.

Według stanu na dzień 30 października 2021 r. flota autobusów wykorzystywanych do przewozów pasażerów w rzeszowskiej komunikacji miejskiej liczyła 226 pojazdów. Większość pojazdów wyposażona została w silniki spalinowe (95,6%), w tym 98 autobusów (43,4% stanu floty) zasilanych było olejem napędowym, a 118 autobusów (52,2%) – sprężonym gazem ziemnym (CNG). W strukturze taboru komunikacji miejskiej MPK przeważały autobusy standardowe (12-metrowe, klasy maxi), które stanowiły 77% stanu floty (174 pojazdy), 30 autobusów było klasy mega (18-metrowe, przegubowe), 20 pojazdów klasy midi (10,5 metrowe), a 2 – klasy mini (7,8 m długości).

W tabeli 3 przedstawiono strukturę użytkowanego przez MPK taboru wykorzystywanego do realizacji przewozów w komunikacji miejskiej – wg kryterium wieku i spełniania norm czystości spalin – stan na dzień 30 października 2021 r.

Tab. 3. Struktura taboru użytkowanego przez MPK sp. z o.o. wg kryterium wieku i spełnianych norm czystości spalin – stan na 30 października 2021 r.

Lp.	Typ taboru	Rodzaj paliwa	Liczba sztuk	Długość [m]	Rok produkcji	Liczba miejsc	Norma czystości spalin	Własność
1	Solaris Urbino 12	ON	2	12	1999	105	EURO II	MPK
2	Solaris Urbino 12	ON	3	12	2002	104	EURO III	MPK
3	Solaris Urbino 12	CNG	1	12	2005	90	EURO III	MPK
4	Jelcz M125M/4	CNG	2	12	2005	85	EURO III	MPK
5	Jelcz M125M/4	CNG	1	12	2006	85	EURO III	MPK
6	Jelcz M120M/4	CNG	8	12	2006	90	EURO III	MPK
7	Solaris Urbino 12	CNG	7	12	2006	90	EURO III	MPK
8	Jelcz M121M/4	CNG	8	12	2007	87	EURO III	MPK
9	Autosan H7-20	ON	2	7,8	2008	44	EURO III	MPK
10	Mercedes-Benz Citaro 628	ON	30	12	2012	97	EEV	Miasto
11	Mercedes-Benz Citaro 628 CNG	CNG	30	12	2013	86-87	EEV	Miasto
12	Autosan Sancity 10	ON	20	10,5	2013	91	EEV	Miasto

Lp.	Typ taboru	Rodzaj paliwa	Liczba sztuk	Długość [m]	Rok produkcji	Liczba miejsc	Norma czystości spalin	Własność
13	Autosan Sancity M12LF	ON	1	12	2016	105	EURO VI	MPK
14	Autosan Sancity 12 LF CNG	CNG	1	12	2016	94	EURO VI	MPK
15	Autosan Sancity 12	ON	10	12	2018	106	EURO VI	Miasto
16	Solaris Urbino 18	ON	30	18	2018	140	EURO VI	Miasto
17	Solaris Urbino 12 electric	elektryczny	10	12	2018	78	-	Miasto
18	Autosan M12LF CNG	CNG	40	12	2020	94	EURO VI	Miasto
19	Autosan M12LF	CNG	20	12	2021	94	EURO VI	Miasto
	Ogółem	ON/CNG elektr.	226	7,8-18	1999-2021	44-140	EURO II-VI/elektryczny	-

Źródło: dane ZTM w Rzeszowie.

Polityka odtwarzania taboru wykorzystywanego do przewozów w komunikacji miejskiej realizowana była od wielu lat przez Miasto, które nabywało autobusy, przekazując je następnie do eksploatacji Spółce. W obecnej flocie pojazdów tylko 16% floty (36 autobusów) jest własnością MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Tabor, którym dysponuje MPK do komunikacji miejskiej, jest obecnie zróżnicowany pod względem pojemności pasażerskiej. Park taborowy komunikacji miejskiej składa się z autobusów o nominalnej pojemności pasażerskiej od 44 do 140 osób, posiadających od 19 do 42 miejsc siedzących.

Wg stanu na dzień 30 października 2021 r. średni wiek taboru autobusowego MPK-Rzeszów sp. z o.o. był stosunkowo niski i wynosił 6,2 lat. W całej flocie 34 autobusy były już w wieku ponad 10 lat – stanowiły one 15% stanu taboru, przy czym 24 pojazdy były w wieku 15 lat lub starsze (10,6% floty), w tym dwa autobusy przekroczyły wiek 20 lat (0,9%).

Strukturę taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin, wg stanu na dzień 30 października 2021 r., przedstawiono w tabeli 4.

Tab. 4. Struktura taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej w podziale na normy emisji spalin – stan na 30 października 2021 r.

Wyszczególnienie	Jednostka	Norma czystości spalin EURO					Razem
		II	III	EEV	VI	elektryczne	
Liczba pojazdów	szt.	2	32	110	72	10	226
Struktura	%	0,9	14,2	48,7	31,9	4,4	100,0

Źródło: dane ZTM w Rzeszowie.

W ostatnich dwóch latach średnia liczba pojazdów w ruchu była w zasadzie stała i wynosiła 183 sztuki.

Względnie wysoki stan ilościowy taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej na dzień 30 października 2021 r. w stosunku do liczby pojazdów w ruchu, wynikał m.in. z przyjęcia do eksploatacji 20 nowych pojazdów zakupionych ze wsparciem środkami pomocowymi Unii Europejskiej, zasilanych sprężonym gazem ziemnym, przy jednoczesnym braku wycofania ze stanu adekwatnej liczby autobusów dotychczas eksploatowanych.

W okresie analizy przyjęto, z uwagi na przewidywaną stabilizację liczby wykonywanych wozokilometrów, że stan floty pojazdów będzie w wariantie konwencjonalnym wynosił 220 autobusów.

5.2. Planowane zamierzenia inwestycyjne

W rzeszowskiej komunikacji miejskiej inwestycje w tabor i infrastrukturę prowadziło przez wiele lat zarówno Miasto, jak i MPK-Rzeszów sp. z o.o. W ostatnich kilku latach, w znacznej części z powodu uwarunkowań pozyskania środków wsparcia finansowego, zakupy taboru realizowało przede wszystkim Miasto.

W latach 2010-2015 Miasto Rzeszów zrealizowało dwa projekty inwestycyjne ze wsparciem środkami pomocowymi Unii Europejskiej, obejmujące zakup jednostek taborowych dla potrzeb komunikacji miejskiej i wykonanie infrastruktury.

W ramach projektu „Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie”, z dofinansowaniem z Programu Operacyjnego Polska Wschodnia, Oś Priorytetowa II Nowoczesna Infrastruktura Transportowa, Działanie 2.1 Zrównoważony transport miejski, w latach 2018-2019 zakupiono 50 autobusów niskopodłogowych. Wśród zakupionych pojazdów 30 szt. stanowiły autobusy przegubowe Solaris Urbino 18, 10 szt. to standardowe autobusy klasy maxi Autosan Sancity 12, obydwa rodzaje zasilane olejem napędowym. Dodatkowo 10 szt. stanowiły autobusy elektryczne Solaris Urbino 12 electric, z zasilaniem odwróconym pantografem. Jednocześnie na placu Dworcowym zainstalowano stacje ładowania szybkiego do zasilania na trasie nabytych autobusów zeroemisyjnych. W ramach projektu Miasto zakupiło także holownik Iveco Trakker Hi-Land 6x4, przeznaczony do holowania uszkodzonych autobusów.

Projekt obejmował ponadto budowę Dworca Lokalnego z parkingiem Kiss&Ride, przebudowę i budowę 137 zatok autobusowych i zespołów przystankowych, infrastrukturę systemów ITS oraz inwestycje infrastruktury pieszo-rowerowej oraz uzupełniającej drogowej.

Z kolei w latach 2020-2021, w ramach projektu „Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie”, z dofinansowaniem z Programu Operacyjnego Polska

Wschodnia, Oś Priorytetowa II Nowoczesna Infrastruktura Transportowa, Działanie 2.1 Zrównoważony transport miejski, Miasto zakupiło 60 niskopodłogowych autobusów Autosan M12LF, zasilanych sprężonym gazem ziemnym.

W ramach projektu realizowane są ponadto zadania związane z rozbudową systemów ITS oraz budowy i przebudowy wyposażenia infrastruktury przystankowej (przebudowa 30 zatok i wyposażenie 27 zespołów przystankowych oraz utworzenie centrum przesiadkowego), rowerowej i uzupełniającej drogowej.

Zakupione autobusy były niskopodłogowe, w kolorystyce miejskiej, klimatyzowane, z systemem GPS, z rampą i dedykowanym miejscem na wózek, wyposażone w wyświetlacze wewnętrzne i zewnętrzne informacji pasażerskiej oraz w głosowe zapowiedzi przystanków, bramki liczące pasażerów, automaty biletowe, a dodatkowo – w ładowarki USB.

Wszystkie wymienione pojazdy zostały wydierżawione MPK-Rzeszów sp. z o.o. i są na co dzień eksploatowane na liniach komunikacji miejskiej.

Miasto Rzeszów realizuje także projekt inwestycyjny „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie”, także z dofinansowaniem środkami pomocowymi Unii Europejskiej, w ramach Programu Operacyjnego Polska Wschodnia, Oś Priorytetowa II Nowoczesna Infrastruktura Transportowa, Działanie 2.1 Zrównoważony transport miejski. Jednym z głównych elementów tego projektu jest planowany zakup 20 autobusów niskoemisyjnych dla komunikacji miejskiej:

- 2 autobusów klasy mega zasilanych sprężonym gazem ziemnym;
- 16 autobusów klasy maxi zasilanych sprężonym gazem ziemnym;
- 2 autobusów klasy mega z napędem elektrycznym z zasilaniem w systemie odwróconego pantografu – wraz z mobilną ładowarką dwustanowiskową.

Dostawę taboru przewiduje się w okresie od kwietnia do sierpnia 2023 r.

Projekt obejmuje także budowę i przebudowę infrastruktury przystankowej (57 zatok i 55 zespołów przystankowych), budowę infrastruktury rowerowej, elementy systemów ITS (rozbudowa systemu Strefy Płatnego Parkowania) oraz rozbudowę infrastruktury drogowej.

Zakupione pojazdy zastąpią najstarsze i najbardziej wyeksploatowane autobusy z napędami spełniającymi normy czystości spalin EURO II i III. Nabyte autobusy elektryczne skierowane zostaną do eksploatacji na liniach już częściowo obsługiwanych tabor zeroemisyjnym – 0A i 0B.

Miasto rozważa także zakup określonej liczby autobusów zeroemisyjnych wyposażonych w ogniwa paliwowe. Miasto podpisało listy intencyjne, z Grupą Lotos S.A. oraz z SESCOM S.A. dotyczące dostaw wodoru wysokiej jakości oraz instalacji na terenie zajezdni MPK stacji tankowania wodoru. Warunkiem zakupu przez Miasto autobusów elektrycznych wyposażonych

w wodorowe ogniwa paliwowe jest pozyskanie satysfakcjonującego wsparcia finansowego ze środków krajowych lub europejskich.

Z uwagi na brak w Rzeszowie innych niż autobusy wielkopojemnych środków miejskiego publicznego transportu zbiorowego, Miasto będzie każdorazowo analizować zasadność zakupu autobusów przegubowych. Ewentualne wprowadzenie dodatkowych takich pojazdów wpłynie na zwiększenie komfortu korzystania z usług komunikacji miejskiej, zachęcając mieszkańców do przesiadania się z samochodów osobowych do komunikacji miejskiej.

Miasto rozważa udział w przyszłych naborach konkursowych na dofinansowanie ze środków krajowych i unijnych zakupu autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą zasilającą, w tym w ramach nowego horyzontu finansowania 2021-2027. Nie wyklucza się udziału w takich naborach także MPK, jeśli będą takie możliwości, a sytuacja finansowa MPK na to pozwoli.

MPK oraz Miasto, w ramach posiadanych możliwości finansowych, niezależnie od wybranego wariantu odtwarzania floty, dokonywać będą sukcesywnej odnowy posiadanego taboru zasilanego olejem napędowym – wycofując systematycznie pojazdy najbardziej wyeksploatowane.

Niezależnie od powyższego, Miasto uznało, że w przypadku wskazania przez niniejszą analizę konieczności spełnienia wymogów ustawy o elektromobilności, Miasto albo MPK-Rzeszów sp. z o.o. zakupią dla potrzeb obsługi sieci komunikacji miejskiej wyprzedzająco odpowiednią liczbę autobusów zeroemisyjnych wyposażonych w baterie trakcyjne z dodatkowym ładowaniem pantografowym albo alternatywnie – z ładowaniem na terenie zajezdni, w naj szybszym czasie, w jakim możliwe będzie ich uruchomienie.

6. Identyfikacja wariantów

6.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Rzeszowa

Przedmiotem niniejszej analizy jest identyfikacja kosztów i korzyści powstałych w wyniku zapewnienia przez Miasto Rzeszów świadczenia usług w ramach komunikacji miejskiej autobusami zeroemisyjnymi – zgodnie z wymogami art. 36 oraz art. 68 ust. 4 ustawy o elektromobilności. Zdefiniowanie wariantów możliwych inwestycji taborowych wymaga analizy – pod kątem zakładanych w tym zakresie inwestycji – opracowań strategicznych Rzeszowa.

Tabor użytkowany w komunikacji miejskiej w Rzeszowie wg stanu na dzień 30 października 2021 r. przedstawiono w tabeli 3 w rozdziale 5.

Problematyka odnowy taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej zawarta została w różnych dokumentach strategicznych województwa oraz miasta i jego obszaru funkcjonalnego.

W „Strategii rozwoju województwa – Podkarpackie 2030”⁷ przyjęto aż dziewięć różnych scenariuszy rozwoju województwa, trzy główne: realny – oparty na prognozie recesji przygotowanych przez NBP (5,4% w 2020 r.), optymistyczny – o zakładanej niższej recesji niż prognozy NBP (3,6-4,2%) oraz pesymistyczny – przyjmujący głębszą recesję niż prognozy NBP (7,%). W każdym ze scenariuszy przyjęto trzy jego warianty: bazowy – zakładający brak wsparcia środkami pomocowymi UE, spójnościowy – zakładający skorzystanie województwa z funduszy spójności UE oraz post-covidowy – zakładający poza wsparciem z funduszy spójności także wsparcie środkami pomocy post-COVID.

Strategia określa wizję województwa, a jako oraz cel główny – Odpowiedzialne i efektywne wykorzystanie zasobów endo- i egzogenicznych regionu, zapewniające trwałe, zrównoważony i terytorialnie równomierny rozwój gospodarczy oraz wysoką jakość życia mieszkańców województwa.

Strategia obejmuje cztery obszary tematyczne:

- 1) Gospodarka i nauka;
- 2) Kapitał ludzki i społeczny;
- 3) Infrastruktura dla zrównoważonego rozwoju i środowiska;
- 4) Dostępność usług.

W każdym z obszarów wyznaczono priorytety, cele główne obszarów tematycznych, cele szczegółowe, kierunki działań oraz zakładane działania.

⁷ Strategia przyjęta uchwałą nr XXVII/458/20 Sejmiku Województwa Podkarpackiego z dnia 28 września 2020 r.

W ramach obszaru 3. Infrastruktura dla zrównoważonego rozwoju i środowiska spójności przestrzennej wyróżniono osiem priorytetów, a wśród nich priorytet 3.3. – Poprawa dostępności komunikacyjnej wewnątrz regionu oraz rozwój transportu publicznego.

W ramach tego priorytetu jednym z dwóch kierunków działań jest kierunek 3.3.2. – Rozwój transportu publicznego. Obejmuje on m.in. zakładane działania:

- podwyższenie konkurencyjności publicznego transportu zbiorowego wobec indywidualnego transportu samochodowego poprzez udogodnienia dla osób korzystających z komunikacji miejskiej;
- rozwój transportu miejskiego w kierunku neutralnym klimatycznie m.in. poprzez wymianę taboru na niskoemisyjny bądź zeroemisyjny;
- rozwój warunków do elektromobilności;
- wprowadzenie systemów sterowania ruchem w celu jego upłynnienia i zmniejszenia emisji;
- wprowadzenie zintegrowanego systemu transportu publicznego uwzględniającego działania wielu przewoźników polegające na opracowaniu wspólnego biletu;
- budowa i rozbudowa infrastruktury typu P&R, B&R;
- wprowadzenie udogodnień drogowych tj. buspasów w celu usprawnienia przejazdu dla pojazdów komunikacji miejskiej i minimalizowania ryzyka powstawania korków drogowych;
- rozwój systemów zarządzania ruchem.

Strategia uznaje, że sprawny i dostępny transport publiczny decyduje o rozwoju regionu i jakości życia mieszkańców, wyzwaniem będzie wprowadzenie zintegrowanej zarówno przestrzennej, jak i funkcjonalnej oferty transportu publicznego, która zachęci uczestników ruchu do zmiany środka transportu z indywidualnego na zbiorowy. Zgodnie ze Strategią zintegrowany system transportu publicznego, uwzględniać będzie wielu przewoźników, a realizowany będzie poprzez np. opracowanie wspólnego biletu, uzupełnienie sieci obiektów dworcowych i przystanków. Istotne będzie również podniesienie efektywności transportu publicznego poprzez wprowadzenie buspasów, a ważnym elementem będzie budowa i rozbudowa infrastruktury typu P&R, B&R i K&R oraz rozwój infrastruktury dedykowanej mikromobilności.

Wśród zakładanych zadań wymienionych w ramach priorytetu 3.7 – Zapobieganie i minimalizowanie skutków zagrożeń antropogenicznych, znajdują się m.in.: ochrona jakości powietrza poprzez realizowanie programów mających na celu ograniczanie smogu i niskiej emisji, wymiana dużej części transportu publicznego na pojazdy niskoemisyjne i neutralne w zakresie hałasu, zwiększenie świadomości społeczeństwa w zakresie zapobiegania zanieczyszczaniu powietrza.

W ramach wymiaru terytorialnego w dokumencie wskazano Rzeszów i Rzeszowski Obszar Funkcjonalny jako jedno z regionalnych obszarów interwencji. Dla tego obszaru interwencji, w celu zapewnienia dobrej jakości życia i realizacji funkcji publicznych w Rzeszowskim Obszarze Funkcjonalnym (ROF), przedstawiono zakładane działania, w tym w szczególności – rozwój niskoemisyjnego transportu publicznego. Z kolei w celu rozwoju powiązań komunikacyjnych i zintegrowanego systemu transportu publicznego łączących Rzeszów z jego obszarem funkcjonalnym ROF, przedstawiono jako zakładane działania m.in.:

- wzmocnienie Rzeszowa jako zintegrowanego multimodalnego węzła przesiadkowego (w tym ośrodka rozrządowego ruchu turystycznego), w szczególności dalsza budowa Rzeszowskiego Centrum Komunikacyjnego;
- zapewnienie zrównoważonego systemu obejmującego transport zbiorowy i rowerowy na obszarze Rzeszowa i ROF z wykorzystaniem intermodalnych węzłów powiązanych z transportem rowerowym tj. P&R, B&R, K&R;
- poprawa jakości środowiska wskutek redukcji nadmiernej emisji spalin i hałasu przez środki transportu.

„Program Strategiczny Rozwoju Transportu Województwa Podkarpackiego do roku 2023”⁸, przygotowany został jako dokument ex-ante w ramach celu tematycznego 7 „Promowanie zrównoważonego transportu i usuwanie niedoborów przepustowości w działaniu najważniejszej infrastruktury sieciowej”. Program zawiera diagnozę stanu transportu w województwie, w tym w Rzeszowskim Obszarze Funkcjonalnym. Program wskazuje na ważną rolę organizatorów publicznego transportu zbiorowego – ZTM w Rzeszowie oraz Związku Gmin „Podkarpacka Komunikacja Samochodowa” oraz ważną rolę dojazdów do pracy do rdzenia ROF z gmin ościennych. Jako lukę infrastrukturalną Program wskazuje brak zintegrowanych węzłów transportowych oraz brak skomunikowania kolejowego lotniska w Jasionce z Rzeszowem.

Jedno z głównych wyzwań dokument określa m.in. poprawę systemu połączeń transportem publicznym lotniska w Jasionce z centrum Rzeszowa.

Program wyznacza cztery cele szczegółowe, w tym cel 4. – Integracja podsystemów transportowych oraz poprawa bezpieczeństwa w transporcie. W kierunkach rozwoju tego celu wymieniono m.in. integrację i rozwój niskoemisyjnego publicznego systemu transportowego, wśród kluczowych przedsięwzięć budowę zintegrowanego Rzeszowskiego Centrum Komunikacyjnego.

⁸ Przyjęty uchwałą Zarządu Województwa Podkarpackiego nr 129/2815/15.

„Strategia ZIT Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”⁹ wśród zidentyfikowanych potencjałów Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego (ROF) o niedostatecznym wykorzystaniu wymienia m.in.: niewystarczające działania w zakresie rozwoju niskoemisyjnego transportu publicznego oraz ograniczoną integrację transportu publicznego obejmującego teren ROF.

Jako potencjał natomiast dokument wymienia w szczególności zasoby organizacyjne i techniczne Miasta Rzeszowa niezbędne do budowy zintegrowanego systemu transportu zbiorowego.

Dokument określa wizję ROF, cel nadrzędny, trzy cele rozwojowe oraz odpowiadające im priorytety i działania. Jednym z celów rozwojowych jest ZIT 2. Podnoszenie jakości życia w ROF poprzez zwiększenie dostępu do nowoczesnych usług publicznych oraz rewitalizację przestrzeni publicznej. W ramach tego celu rozwojowego wyznaczono priorytet 2. – Promowanie strategii niskoemisyjnych, w tym wspieranie zrównoważonej, multimodalnej mobilności miejskiej, a w nim działanie 2.1. Rozwój systemu transportu publicznego.

W ramach tego działania przewidziano realizację projektu „Rozwój gospodarki niskoemisyjnej oraz poprawa mobilności mieszkańców poprzez usprawnienie zrównoważonego transportu publicznego na terenie ROF”, którego liderem jest Związek Gmin Podkarpacka Komunikacja Samochodowa.

W opracowaniu wymieniono także projekty komplementarne realizowane ze wsparciem środkami pomocowymi. Wśród tych projektów wymieniono w ramach działania 2.1. projekty podstawowe dofinansowane z Programu Operacyjnego Polska Wschodnia 2014-2020:

- Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie;
- Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie.

„Studium rozwoju transportu publicznego Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”¹⁰ przedstawia rozszerzoną diagnozę transportu zbiorowego na obszarze ROF, wyniki przeprowadzonych w 2014 r. badań preferencji i zachowań komunikacyjnych, badań napełnień oraz rekomendacje rozwojowe.

Badania preferencji i zachowań komunikacyjnych wykazały, że ponad ¼ mieszkańców ROF korzystała z transportu zbiorowego codziennie, a kilka razy w tygodniu – także ponad ¼ mieszkańców. Dominujący udział posiada rzeszowska autobusowa komunikacja miejska organizowana przez ZTM w Rzeszowie oraz przewozy autobusowe organizowane przez Związek Gmin PKS.

⁹ www.rof.org.pl, dostęp 30.10.2021 r.

¹⁰ Przyjęte uchwałą nr XVI/319/2015 Rady Miasta Rzeszowa z dnia 13 października 2015 r.

Za pożądany standard taboru uznano w wyniku przeprowadzonych badań zwiększanie odsetka taboru dostosowanego do potrzeb osób niepełnosprawnych, wyposażonego w klimatyzację, monitoring, systemy informacji pasażerskiej. Przeciętny wiek taboru nie powinien być wyższy niż 8-10 lat, a pojazdy nie starsze niż 20-letnie. Za ważne uznano także zapewnienie zastępstwa na wypadek awarii w czasie do 20 minut na terenie Rzeszowa i do 40 minut na pozostałym obszarze ROF. Natomiast pożądany standard informacji pasażerskiej to: monitory LCD i zapowiedzi głosowe we wszystkich pojazdach komunikacji miejskiej, jednolity system witryn internetowych z wyszukiwarkami połączeń oraz z wzajemnymi przekierowywaniami, systemem powiadomień sms, newsletterem, zestawem FAQ i dostępem z urządzeń mobilnych.

„Plan gospodarki niskoemisyjnej Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”¹¹ przedstawia harmonogram działań dla całego obszaru funkcjonalnego oraz na poziomie lokalnym dla poszczególnych gmin. Działaniem wspólnym, związanym z transportem publicznym jest – ROF7 Rozwój niskoemisyjnego transportu publicznego.

Wśród działań naprawczych dotyczących miasta Rzeszów w dokumencie wymieniono działanie ROF_RZE23 „Promowanie strategii niskoemisyjnych, w tym wspieranie rozwoju miejskiego transportu multimodalnego. Wzrost konkurencyjności ofert transportu zbiorowego. Zastosowanie źródeł OZE dla wiat przystankowych”, a w nim m.in. projekty:

- Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie;
- Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- Alternatywny, ekologiczny transport publiczny – jednoszynowa kolej nadziemna;
- Budowa Podmiejskiej Kolei Aglomeracyjnej (PKA) – projekt partnerski; obecnie nosi ona nazwę: Podkarpacka Kolej Aglomeracyjna.

W dokumencie wymieniono także działanie ROF_RZE25 „Modernizacja taboru MPK – Rzeszów oraz wymiana floty samochodowej Urzędu Miasta i jednostek podległych, a także spółek miejskich, w tym promocja alternatywnych środków transportu”, a w nim projekt o tym samym tytule.

„Program Rewitalizacji dla Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”¹² obejmuje obszary rekomendowane do podjęcia działań rewitalizacyjnych w obszarze ROF. Obszary rekomendowane dla miasta Rzeszowa obejmują obszar śródmieścia, osiedla Dąbrowskiego i osiedla Generała W. Andersa. W ramach projektów rewitalizacyjnych wymieniono różne rodzaje działań

¹¹ Przyjęty uchwałą Rady Miasta Rzeszowa nr XVI/321/2015 z dnia 13 października 2015 r., zmienionej uchwałą nr XXXI/655/2016 z dnia 27 września 2016 r.

¹² Przyjęty uchwałą Rady Miasta Rzeszowa nr XVI/320/2015 z dnia 13 października 2015 r., zmieniony uchwałą nr XX/419/2015 z dnia 22 grudnia 2015 r.

infrastrukturalnych i społecznych, nie odnoszące się jednak do problematyki transportu zbiorowego.

W ramach zaplanowanych przedsięwzięć inwestycyjnych obejmujących kilka obszarów rewitalizacji przewidziano odpowiednio jako projekty dotyczące publicznego transportu zbiorowego:

- nr 2 – Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie;
- nr 3 – Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- nr 4 – Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie (zrealizowany jako pierwszy).

„Strategia rozwoju Miasta Rzeszowa do roku 2025”¹³ określa wizję i misję rozwoju miasta Rzeszowa, cele strategiczne oraz przedsięwzięcia i działania.

Strategia definiuje wizję jako: „Rzeszów – biegun wzrostu Podkarpacie – miasto przyjazne ludziom, posiadające i rozbudowujące liczne funkcje metropolitalne, gdzie warto mieszkać i gdzie można liczyć na wysoką jakość życia i środowiska zamieszkania, a przy tym wszechstronny rozwój: gospodarczy, społeczny i kulturalny”.

Strategia definiuje cztery główne cele strategiczne horyzontalne – odnoszące się do podsystemu zarządzania rozwojem miasta, powiązane z czterema głównymi celami strategicznymi sektorowymi dotyczącymi otoczenia i podsystemów miasta.

W dokumencie wymieniono główne cele strategiczne horyzontalne:

- CH.1. – Spójność terytorialna – zagospodarowywanie terenu miasta w sposób racjonalny pod względem przestrzennym i architektonicznym;
- CH.2. – Bogate (zasobne) Miasto – zapewnienie zdolności finansowania rozwoju Miasta z wykorzystaniem środków publicznych i prywatnych;
- CH.3. – Miasto współpracy – zapewnienie sprawnej komunikacji społecznej i współpracy Miasta z podmiotami publicznymi, gospodarczymi, społecznymi i mieszkańcami;
- CH.4. – Marka „Rzeszów” – wypracowanie rozpoznawalnego w kraju i za granicą wizerunku Rzeszowa jako centrum innowacji gospodarczych i społecznych, miasta gościnnego i przyjaznego dla odwiedzających;

oraz główne cele strategiczne sektorowe:

- C.1. – Inteligentne Miasto – tworzenie sprzyjających warunków dla rozwoju Rzeszowa jako atrakcyjnego miejsca dla prowadzenia działalności gospodarczej oraz rozwoju edukacji, szkolnictwa wyższego, nauki i kultury;

¹³ Strategia przyjęta uchwałą Rady Miasta Rzeszowa nr XXII/452/2016 z dnia 26 stycznia 2016 r., zmienioną uchwałą nr XXIII/489/2016 z dnia 1 marca 2016 r.

- C.2. – Miasto społecznie spójne i zintegrowane – poprawa warunków życia mieszkańców i stanu bezpieczeństwa publicznego;
- C.3. – Mobilność miejska i infrastruktura – rozwój i poprawa funkcjonowania systemu komunikacji i infrastruktury technicznej;
- C.4. – Wykorzystanie zasobów – czysta energia i bogate dziedzictwo – ochrona i zagospodarowywanie walorów i zasobów środowiska przyrodniczego i kulturowego.

W ramach głównych celów strategicznych w matrycy powiązań zdefiniowano ponad 50 strategicznych celów szczegółowych.

Zakresu miejskiego transportu publicznego dotyczą cele szczegółowe w ramach celu sektorowego C.3., w tym w szczególności – Zintegrowane systemy zrównoważonego transportu zbiorowego i rowerowego w skali ROF, wykorzystujące intermodalne węzły, powiązane z transportem rowerowym (P&R, B&R, K&R) oraz alternatywne formy kołowego i szynowego transportu publicznego, a w tym „Rzeszowskie Centrum Komunikacyjne jako zintegrowany intermodalny węzeł przesiadkowy dla wszystkich rodzajów komunikacji zbiorowej”.

Zakresu transportu zbiorowego dotyczą także pośrednio cele szczegółowe w ramach celu sektorowego C.4., w szczególności – „Ograniczona emisyjność gospodarki miejskiej dzięki wykorzystaniu środków UE, środków z budżetu państwa i innych środków zewnętrznych”.

Wśród wymienionych w załączniku przedsięwzięć i działań służących realizacji Strategii wymieniono związane z kompleksową przebudową Dworca Lokalnego (zrealizowane) oraz realizacją idei Rzeszowskiego Centrum Komunikacyjnego, a także:

- Rozwój i rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie;
- Wymiana autobusów i poszerzanie oferty przewozowej z rozbudową infrastruktury przystankowej.

„Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Rzeszowa”¹⁴ określa cel strategiczny, cele szczegółowe, działania naprawcze oraz projekty do realizacji.

Cel strategiczny zdefiniowano jako – „Miasto Rzeszów liderem działań na rzecz poprawy jakości powietrza, w tym również racjonalnego zużycia energii, wykorzystania technologii niskoemisyjnych, odnawialnych źródeł energii”.

Celami szczegółowymi są natomiast poziomy redukcji emisji CO₂, pyłów PM₁₀ i PM_{2,5}, benzo(a)pirenu i zużycia energii finalnej oraz wzrost udziału OZE, w odniesieniu do roku bazowego 2010.

¹⁴ Plan przyjęty uchwałą nr XLVIII/1031/2017 Rady Miasta Rzeszowa z dnia 29 sierpnia 2017 r.

Wśród działań naprawczych wymieniono jako działanie 16. – „Promowanie strategii niskoemisyjnych, w tym wspieranie rozwoju miejskiego transportu multimodalnego. Wzrost konkurencyjności ofert transportu zbiorowego. Zastosowanie źródeł OZE dla wiat przystankowych.” W ramach tego działania wymieniono projekty:

- nr 16.1 – Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie;
- nr 16.2 – Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie;
- nr 16.3 – Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie.
- nr 16.4 – Alternatywny, ekologiczny transport publiczny – monorail (Rzeszowska kolejka miejska).

Z kolei jako działanie nr 18 wskazano – „Modernizacja taboru MPK-Rzeszów oraz wymiana floty samochodowej Urzędu Miasta i jednostek podległych, a także spółek miejskich, w tym promocja alternatywnych środków transportu”, a w nim m.in. projekt o takiej samej nazwie.

„Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego na lata 2021-2030 z elementami strategii rozwoju elektromobilności dla miasta Rzeszowa i gmin ościennych, które zawarły z Gminą Miasto Rzeszów porozumienia w zakresie organizacji transportu publicznego”¹⁵ wyznacza wizję rozwoju elektromobilności w Rzeszowie oraz trzy cele strategiczne:

- nr 1 – Rozwój nisko- i bezemisyjnego transportu publicznego;
- nr 2 – Wsparcie rozwoju elektromobilności mieszkańców i przedsiębiorców;
- nr 3 – Wzrost świadomości ekologicznej mieszkańców Rzeszowa.

Dla każdego z celów strategicznych zdefiniowano cele operacyjne oraz zadania do wykonania. Dla celu strategicznego nr 1 w dokumencie wskazano cele operacyjne:

- A – Wyeliminowanie niespełniającego oczekiwań pasażerów taboru komunikacji miejskiej, a w nim zadania:
 - 1.A.1. Kontynuowanie wymiany taboru w ramach projektów „Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie” oraz „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie” (zadanie priorytetowe);
 - 1.A.2. Opracowanie koncepcji budowy jednoszynowej kolei nadziemnej oraz wymiany taboru komunikacji miejskiej na zeroemisyjny wraz z budową infrastruktury zasilającej autobusy zeroemisyjne na wybranych pętlach w ramach kolejnych projektów wymiany taboru;
 - 1.A.3. Systematyczna wymiana taboru komunikacji miejskiej starszego niż 15-letni na nisko- lub zeroemisyjny oraz utrzymanie średniego wieku taboru poniżej 9 lat;

¹⁵ Plan przyjęty uchwałą nr XLIII/901/2021 Rady Miasta Rzeszowa z dnia 23 lutego 2021 r.

- 1.A.4. Wdrożenie do eksploatacji autobusów autonomicznych kursujących na wybranych trasach;
- 1.A.5. Wdrożenie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych z ogniwami wodorowymi;
- B – Utrzymanie poziomu obsługi komunikacji miejskiej obszaru miasta i gmin ościennych, a w nim m.in. zadania dotyczące utrzymania dotychczasowego zakresu obsługi miasta i gmin (zadanie priorytetowe), przeprowadzania badań marketingowych, dostosowywania oferty do potrzeb i preferencji mieszkańców;
- C – Utrzymanie wysokiego poziomu jakości przewozów w komunikacji miejskiej, a w nim m.in. zadania dotyczące dalszego doposażania przystanków, rozbudowy systemu informacji pasażerskiej, rozwoju funkcjonalności Rzeszowskiej Karty Miejskiej;
- D – Zwiększenie dostępności komunikacji miejskiej a w nim zadania dotyczące budowy parkingów, w tym Park&Ride i Bike&Ride, rozszerzenie zakresu uprzywilejowań i innych ułatwień dla pojazdów komunikacji miejskiej;
- E – Integracja różnych form transportu pasażerskiego w Rzeszowie, a wśród zadań m.in. budowa i uruchomienie Rzeszowskiego Centrum Komunikacyjnego oraz wspólna oferta przewozowa komunikacji miejskiej i przewozów regionalnych kolejowych i autobusowych.

Plan przewiduje, że nowe autobusy będą fabrycznie nowe, niskopodłogowe, klimatyzowane, dostosowane do potrzeb osób niepełnosprawnych i w pełni wyposażone w nowoczesniejszą wersję informacji pasażerskiej.

W dokumencie wskazano, że Miasto przeanalizuje zasadność wprowadzenia do eksploatacji kolejnych autobusów zeroemisyjnych, przygotowując kompleksową koncepcję wymiany taboru komunikacji miejskiej w okresie do 2030 r. Przygotowane zostanie stanowisko zasilania autobusów zeroemisyjnych z ogniwami paliwowymi.

Plan przewiduje, że autobusy zeroemisyjne nabywane będą w systemie doładowywania na pętach z odwróconym pantografem oraz uzupełniającego plug-in na terenie zajezdni. W przypadku zakupu taboru zeroemisyjnego istniejący już system pantografowych stacji szybkiego ładowania na pętli na placu Dworcowym oraz wolnego ładowania w zajezdni zostanie więc odpowiednio uzupełniony, umożliwiając codzienne doładowywanie pojazdów zeroemisyjnych komunikacji miejskiej i ewentualnie innych pojazdów służb miejskich.

Plan wskazuje na wybór linii do elektryfikacji zgodny z propozycjami przedstawionymi w „Analizie Kosztów i Korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym dla miasta Rzeszowa” z 2018 r.

Poza już obsługiwanymi taborem elektrycznym liniami 0A i 0B plan przewiduje więc do elektryfikacji:

- w pierwszej kolejności – linie 10, 18 i 19 – ze stanowiskiem doładowania szybkiego na pętli Łukasiewicza lub opcjonalnie na pętli Obrońców Poczty Gdańskiej;
 - w drugiej kolejności – linia 42 – z wykorzystaniem istniejących stanowisk ładowania szybkiego przy pl. Dworcowym z ewentualną ich rozbudową oraz linia 30 ze stanowiskiem ładowania szybkiego na pętli Mikołajczyka;
 - w trzeciej kolejności – linie 13, 17 i 34 – ze stanowiskiem ładowania szybkiego na pętli Lwowska Szpital;
 - w czwartej kolejności – linie 23, 24 i 30 – ze stanowiskiem ładowania szybkiego na pętli Matuszczaka;
- z jednoczesną rozbudową stacji ładowania wolnego (nocnego) na zajezdni przy ul. Lubelskiej, poprzez instalację kolejnych stanowisk, docelowo po jednym na autobus.

Plan przewiduje, że potencjalną stację tankowania wodoru zostanie zainstalowana na obszarze zajezdni autobusowej przy ul. Lubelskiej albo opcjonalnie na wybranej stacji paliw LOTOS.

W zakresie integracji transportu regionalnego oraz miejskiego i kolejowego Plan przewiduje realizację inwestycji budowy Rzeszowskiego Centrum Komunikacyjnego, w celu stworzenia miejsca dogodnego przesiadania się z pociągów regionalnych i dalekobieżnych, autobusów komunikacji międzywojewódzkiej i regionalnej, obsługującej ciężący obszar gmin, do i z autobusów komunikacji miejskiej – wraz z prowadzącymi do nich ciągami pieszymi, a także parkingami rowerowymi i samochodowymi, budowę parkingów Park&Ride, Bike&Ride oraz Kiss&Ride, przy wybranych pętlach końcowych linii komunikacji miejskiej oraz doposażenie wybranych przystanków w parkingi Bike&Ride.

Dokument przewiduje, dla osiągnięcia pożądanego standardu usług przewozowych rzeszowskiej komunikacji miejskiej, m.in. systematyczną wymianę pojazdów komunikacji o wieku obecnie wyższym niż 12 lat, na pojazdy w standardzie wyposażenia zbliżonego do posiadanych autobusów hybrydowych, do całkowitego ich zastąpienia oraz osiągnięcie wskaźnika przeciętnego wieku taboru 6 do 8 lat.

Plan określa wymogi wyposażenia autobusów jako:

- jednolite barwy miejskie;
- niską podłogę (bez progów poprzecznych wewnątrz) w wykonaniu antypoślizgowym;
- ogrzewanie i klimatyzację przestrzeni pasażerskiej;
- miejsce na wózek inwalidzki lub dziecięcy z dedykowanym miejscem do siedzenia oraz platformę ułatwiającą wjazd osobom niepełnosprawnym na wózkach inwalidzkich;

- system przykłąku prawej strony pojazdu podczas otwarcia drzwi na przystanku;
- system elektronicznej informacji pasażerskiej (m.in. wyświetlacze, tablice z trasą linii z przesiadkami), lokalizujący także pojazd na tablicach przystankowej informacji dynamicznej oraz zapowiedzi głosowe przystanków wewnętrzne i zewnętrzne;
- dostęp do internetu oraz ładowarki USB;
- system monitoringu wizyjnego wewnętrznego i zewnętrznego wraz z rejestracją obrazu;
- oświetlenie wnętrza pojazdu, w tym w szczególności wszystkich miejsc, w których znajdują się przeszkody dla pasażerów, umożliwiające odczytanie wszelkich informacji umieszczonych wewnątrz dla pasażerów, piktogramy.

Jako ważny element dostosowania transportu zbiorowego do potrzeb osób niepełnosprawnych wymieniono budowę peronów przystanków o wysokości dostosowanej do poziomu podłogi pojazdu, likwidację barier architektonicznych na trasach dróg dojścia oraz wyposażanie w siedzące miejsca oczekiwania dla pasażerów – w miarę możliwości zadane i osłonięte przed wiatrem.

W zakresie realizacji inwestycji taborowych Plan wskazuje na potrzebę dokończenia realizacji projektów ze wsparciem środkami pomocowymi Unii Europejskiej, w szczególności w zakresie uruchamianych programów w ramach przyszłego horyzontu finansowania 2021-2027.

Źródłem finansowania mogą być także inne środki pomocowe krajowe i europejskie, w miarę ich uruchamiania.

6.2. Wybór rodzaju napędu

Wybór rodzaju napędu stosowanego w pojazdach komunikacji miejskiej zależy nie tylko od wyników analiz zawartych w dokumentach strategicznych związanych z rozwojem danego miasta i jego obszaru funkcjonalnego, w tym w obszarze publicznego transportu zbiorowego, ale także od wielu różnych uwarunkowań technicznych i finansowych.

Przesłankami przemawiającymi za zastosowaniem w eksploatowanym taborze autobusowym różnych źródeł zasilania, są możliwe do osiągnięcia następujące efekty:

- dywersyfikacja źródeł zasilania taboru (już posiadane – tabor autobusowy ON i CNG oraz z napędem elektrycznym bateryjnym z zasilaniem pantografowym) zwiększa bezpieczeństwo ekonomiczne przy wahaniami cen paliw i energii oraz zmianie warunków klimatycznych;
- zwiększenie bezpieczeństwa dostaw paliw i energii oraz ich stabilności cenowej;
- wydłużenie okresu eksploatacji pojazdów bez konieczności dokonywania poważnych napraw, ze względu na większą trwałość silników elektrycznych (z wyjątkiem baterii);
- zmniejszenie niekorzystnego oddziaływania transportu publicznego na mieszkańców w silnie zurbanizowanym obszarze miasta, w związku z brakiem emisji zanieczyszczeń do atmosfery

w miejscu użytkowania autobusów elektrycznych i zmniejszoną emisją zanieczyszczeń przez pojazdy zasilane CNG;

- realizacja wytycznych zawartych w „Krajowych Ramach Polityki Rozwoju Infrastruktury Paliw Alternatywnych”.

Nakłady finansowe na uruchomienie przewozów bateryjnymi autobusami elektrycznymi związane są nie tylko z wysokim kosztem zakupu pojazdów, ale także ze znacznymi dodatkowymi wydatkami na infrastrukturę służącą do ich zasilania. Z drugiej strony, w wyniku niższych kosztów zakupu energii elektrycznej niż oleju napędowego, możliwe są do osiągnięcia oszczędności wynikające z codziennej eksploatacji tego typu pojazdów.

Z kolei nakłady finansowe na uruchomienie przewozów autobusami elektrycznymi z wodorowymi ogniwami paliwowymi związane są ze znacznie wyższym kosztem zakupu pojazdów stosujących tę nowatorską technologię oraz z brakiem dostępu do stacji tankowania wodoru w Polsce. Koszt uruchomienia dedykowanej stacji tankowania wodoru jest bowiem wciąż kilku- lub nawet kilkunastokrotnie wyższy od kosztu wybudowania stacji szybkiego ładowania autobusów elektrycznych.

Wprowadzony ustawą o elektromobilności obowiązek systematycznego zwiększania udziału autobusów zeroemisyjnych w strukturze taboru wykorzystywanego w komunikacji miejskiej, stwarza konieczność zmiany dotychczasowej praktyki nabywania nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym na – w coraz większym zakresie – pojazdy zeroemisyjne. Zapisy tej ustawy wymagają, aby w miastach przekraczających 50 000 mieszkańców, począwszy od 1 stycznia 2028 r., flota pojazdów składała się przynajmniej w 30% z autobusów zeroemisyjnych. W skali kraju aktualnie udział takich autobusów w strukturze taboru operatorów komunikacji miejskiej jest nadal niewielki, tymczasem narzucone tempo wzrostu tego udziału, wynikające z przepisów ustawy o elektromobilności, należy uznać za wysokie.

Zastosowanie CNG do zasilania autobusów determinowane jest głównie kosztem jego zakupu. Cena gazu w dużej mierze jest zależna od polityki skarbowej państwa. Rozwój stacji z możliwością tankowania CNG i popularyzacji gazu ziemnego jako paliwa został zahamowany okresowym wprowadzeniem w 2013 r. akcyzy na to paliwo (w wysokości 0,34 zł/m³), zniesionej dopiero w II kwartale 2020 r. Nie bez znaczenia jest też fakt, że cena gazu ustalana jest przez jego dystrybutora – monopolistę – Grupę Kapitałową PGNiG.

Przy eksploatacji taboru zasilanego CNG istotne jest także to, że właścicielem infrastruktury do tankowania autobusów gazowych nie jest operator przewozów, lecz jedna ze spółek Grupy PGNiG. W miastach eksploatujących takie pojazdy, pewne problemy z codzienną eksploatacją autobusów CNG wynikają z częstych awarii stacji tankowania, w szczególności braku dostatecznej liczby zapasowych sprężarek.

Zasadność eksploatacji pojazdów zasilanych CNG i LNG w Polsce wzrosła także po wejściu w życie ustawy o elektromobilności, która stanowi podstawę do utworzenia ogólnopolskiej sieci tankowania pojazdów zasilanych tymi paliwami gazowymi. Priorytetowe zamiary tworzenia sieci stacji tankowania gazu ziemnego dotyczą ich utworzenia przy drogach sieci TEN-T.

Istotną kwestią, przy podejmowaniu decyzji o eksploatacji taboru zasilanego CNG, jest dostępność stacji tankowania sprężonego gazu ziemnego. W Rzeszowie funkcjonuje obecnie taka stacja na terenie zajezdni MPK-Rzeszów sp. z o.o., przy ul. Lubelskiej 52, z której korzystają także pojazdy operatora.

Zainteresowanie pojazdami zasilanymi CNG zapewne wzrośnie po wprowadzeniu planowanych zmian do ustawy o elektromobilności, w wyniku implementacji w polskim systemie prawnym dyrektywy (UE) 2019/1161¹⁶.

Warto jednak podkreślić, że ustawa o elektromobilności nie uznaje autobusów zasilanych CNG za zeroemisyjne, zatem zastosowanie tego paliwa nie powoduje spełnienia wymogów określonego udziału taboru zeroemisyjnego we flocie obsługujących pojazdów, zawartych w przepisach tej ustawy.

Napędy elektryczne stosowane są do napędzania pojazdów od początku historii rozwoju motoryzacji. Podstawowym problemem – bardzo ograniczającym ich upowszechnienie – był brak zasobników energii o dużej pojemności. Pojazdy elektryczne stosowane były w przewozach kolejowych, a w przewozach drogowych, w tym w komunikacji miejskiej – tylko tam, gdzie możliwe było ich stałe zasilanie z sieci trakcyjnej (metro, tramwaje, trolejbusy). Małe pojazdy elektryczne do przewozu osób stosowane były głównie jako wózki golfowe i wózki transportowe w przemyśle.

Dostępными obecnie na rynku autobusami zeroemisyjnymi – nieemitującymi gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych – są pojazdy z napędem elektrycznym zasilane bateryjnie, z sieci zewnętrznej (trolejbusy), ze stacji doładowania różnych rodzajów lub w systemie mieszanym oraz autobusy elektryczne z wytwarzaniem energii w ogniwach paliwowych, ale tylko takich, dla których w efekcie spalania paliwa nie występuje emisja CO₂ – co przy obecnym stanie zaawansowania techniki – w praktyce ogranicza je do autobusów z ogniwami paliwowymi zasilanymi wodorem (H₂).

Od lat stosowanym napędem elektrycznym wykorzystywanym w pojazdach innych niż szynowe, jest napęd zasilany z sieci napowietrznej – system zwany trolejbusowym. Zgodnie

¹⁶ Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1161 z dnia 20 czerwca 2019 r. zmieniająca dyrektywę 2009/33/WE w sprawie promowania ekologicznie czystych i energooszczędnych pojazdów transportu drogowego

z definicją zawartą w ustawie Prawo o ruchu drogowym, trolejbusem jest autobus przystosowany do zasilania energią elektryczną z sieci trakcyjnej. Trolejbus jest, zgodnie z ustawą o elektromobilności, pojazdem zeroemisyjnym.

Obecnie w Polsce są trzy sieci komunikacyjne wykorzystujące w transporcie miejskim trolejbusy – Gdynia (z Sopotem), Lublin i Tychy. Głównym ograniczeniem rozwoju trolejbusów w komunikacji miejskiej jest wysoki koszt budowy sieci zasilającej wzdłuż trasy linii. Sieć naporciowa rozwieszona jest nad torem jazdy trolejbusu na odciągach zawieszanych na słupach – albo specjalnie dedykowanych, albo też jednocześnie oświetleniowych. Rozstaw takich słupów jest przeciętnie o 50% mniejszy niż słupów tylko oświetleniowych, a ciężka sieć wymaga masywnej ich budowy. W miejscach skrzyżowań i rozjazdów podwieszone są dodatkowo zwrotnice, krzyżówki, zjazdówki, prowadnice lub impulsatory. Powoduje to powstanie nad ulicą plątaniny przewodów i odciągów, co negatywnie wpływa na estetykę miasta i nie wszędzie jest akceptowane.

Pobór energii z sieci trolejbusowej lub ze stacji je zasilających, może natomiast stanowić dobre źródło do zasilania ładowarek dla pojazdów czerpiących energię podczas ruchu wyłącznie z baterii. Doświadczenia związane z napędzaniem drogowych pojazdów transportu miejskiego energią elektryczną (trolejbusów) przekładają się na wzmożone zainteresowanie autobusami elektrycznymi. Obecnie wprowadzane są one do eksploatacji w każdym z miast w Polsce posiadających sieć komunikacji trolejbusowej, tj. w Gdyni, Lublinie i Tychach. Na obecnym etapie rozwoju technologii autobusów elektrycznych należy zatem uznać, że trolejbusy są pojazdami komplementarnymi wobec autobusów elektrycznych, a ich eksploatacja stanowi okoliczność sprzyjającą zakupowi autobusów elektrycznych.

Istotną wadą wprowadzenia trolejbusów do eksploatacji jest długotrwałość procesu budowy sieci trakcyjnej i jej zasilania. Budowa taka wymaga znaczącej ingerencji w infrastrukturę okołodrogową, dlatego czas uzyskania niezbędnych uzgodnień jest znacznie dłuższy niż czas wymagany na budowę punktowych stacji zasilania dla autobusów elektrycznych pantografowych.

W Lublinie obecnie wykorzystywane są w codziennej pracy eksploatacyjnej na części odcinków tras dwa rodzaje trolejbusów z dodatkowym napędem: hybrydowe – z agregatem spalinowym albo wyposażone w dodatkowe zasobniki energii – baterie litowo-jonowe lub litowo-polimerowe. W pierwszym typie pojazdów, agregat poprzez generator zasila elektryczne silniki trakcyjne, w drugim – baterie służą jako zasobniki energii na okres pracy bez zasilania sieciowego i ponownie są ładowane podczas jazdy trolejbusu pod siecią. Trolejbusy te przejeżdżają pewien odcinek trasy bez zasilania sieciowego, włączając się jednak do sieci na większości trasy linii.

Trolejbusy z agregatem spalinowym trudno uznać za bezemisyjne, choć do tej pory są uznawane w ustawie o elektromobilności za pojazd zeroemisyjny. Ma to ulec zmianie dopiero po przyjęciu przygotowywanej nowelizacji ustawy o elektromobilności.

Podobnie w Gdyni, od wielu lat dodatkowy napęd bateryjny wykorzystywany jest do krótkich przejazdów trolejbusów podczas remontów dróg i awaryjnych objazdów. Od 2015 r. trolejbusy wyposażone w baterie litowo-jonowe wykorzystywane są do liniowej eksploatacji na krótkich odcinkach niewyposażonych w sieć trakcyjną. Obecnie w Gdyni eksploatowane są także pojazdy z podwójną homologacją, tzw. supertrolejbusy, marki Solaris Trollino 12 electric, posiadające homologację zarówno autobusu elektrycznego, jak i trolejbusu. Pojazdy te kierowane są do obsługi trasy mniej niż w połowie długości z siecią trakcyjną. Supertrolejbusy ładowane są podczas przejazdu pod siecią, a pozostałe odcinki trasy pokonują jako autobusy elektryczne – korzystając ze zmagazynowanej energii. Mogą być także ewentualnie doładowywane poprzez złącze plug-in, np. na pętli lub zajezdni.

W świetle obowiązujących przepisów za zeroemisyjny uważa się trolejbus lub bateryjny autobus elektryczny z ogrzewaniem zasilanym olejem napędowym lub paliwem gazowym, pomimo iż pojazd taki emituje jednak pewne zanieczyszczenia.

Opracowana w 2018 r. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym dla miasta Rzeszowa” przywołuje zaktualizowany w październiku 2017 r. dokument „Analiza potrzeb w zakresie wymiany taboru autobusowego przez Gminę Miasto Rzeszów w projektach realizowanych w latach 2014-2023. Analiza Wielokryterialna przechodzenia na ekologiczny tabor”. Dokument ten został przygotowany przez Miasto dla potrzeb opracowania wniosków aplikacyjnych do skorzystania ze środków pomocowych Programu Operacyjnego Polska Wschodnia w ramach horyzontu finansowania 2014-2020.

W powyższym opracowaniu analizie poddano zakup 130 pojazdów dla potrzeb komunikacji miejskiej w różnych konfiguracjach napędów: zasilane CNG, zasilane olejem napędowym i CNG, zasilane olejem napędowym i hybrydowe, zasilane olejem napędowym i elektryczne, zasilane CNG i elektryczne oraz mieszane – zasilane olejem napędowym, CNG, elektryczne i hybrydowe. Analizę przeprowadzono uwzględniając cztery grupy kryteriów: ekonomiczne, środowiskowe, techniczne i społeczne, przy czym największą wagę przyznano kryteriom środowiskowym. Pod względem ekonomicznym za najkorzystniejszy uznano wariant z taborem zasilanym olejem napędowym i CNG, a pod względem społecznym wariant z napędami mieszanymi, który wybrano do realizacji. Wariant ten przewidywał zakup 60 autobusów zasilanych

olejem napędowym, 40 autobusów zasilanych CNG, 20 autobusów hybrydowych oraz 10 elektrycznych. Analiza ta posłużyła do wyboru rodzaju napędu autobusów nabywanych w ramach trzech projektów inwestycyjnych ze wsparciem ze środków pomocowych Unii Europejskiej:

- „Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie” – w ramach którego zakupiono 40 autobusów zasilanych olejem napędowym – 10 szt. Autosan Sancity 12 LF oraz 30 szt. Solaris Urbino 18, a także 10 bateryjnych autobusów elektrycznych Solaris Urbino 12 electric, doładowywanych na pętlach poprzez odwrócony pantograf;
- „Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie” – w ramach którego zakupiono 60 autobusów Autosan Sancity 12LF CNG;
- „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie” – w ramach którego planuje się zakup 2 autobusów zasilanych CNG klasy mega, 16 autobusów zasilanych CNG klasy maxi oraz 2 bateryjnych autobusów elektrycznych klasy mega, dostosowanych do zasilania na pętli za pomocą odwróconego pantografu.

W wyniku realizacji powyższych trzech projektów Miasto nabędzie łącznie 130 autobusów, w tym: 40 zasilanych olejem napędowym, 78 zasilanych CNG oraz 12 elektrycznych wyposażonych w baterie doładowywane na pętli poprzez odwrócony pantograf.

Miasto Rzeszów – z uwagi na stwierdzony, w przywołanej „Analizie kosztów i korzyści ...” z 2018 r., brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego – nie miało obowiązku planowania zakupów autobusów zeroemisyjnych. Zakup takich pojazdów nastąpił w wyniku realizacji wybranej strategii, zdefiniowanej w opisanej w niniejszym punkcie „Analizie potrzeb ...”.

Z uwagi na brak w Rzeszowie sieci trolejbusowej i bardzo wysokie koszty jej uruchomienia od podstaw, w celu spełnienia w wymaganym krótkim czasie wymogów ustawy o elektromobilności, Miasto Rzeszów może rozważyć zastosowanie jedynie dwóch typów napędów autobusów zapewniających zeroemisyjność, które stanowią odpowiednio elektryczne silniki napędowe zasilane bateryjnie – z okresowym doładowywaniem baterii oraz elektryczne silniki napędowe zasilane z lokalnego źródła – wodorowego ogniwa paliwowego.

6.3. Rozwiązania sposobów ładowania autobusów zeroemisyjnych

Rozpoczęcie eksploatacji w komunikacji miejskiej elektrycznych autobusów zeroemisyjnych wprowadza w miastach nowy rodzaj napędu, nieemitującego z zastosowanych silników, w miejscu ich użytkowania, gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń powietrza. Koszty codziennej eksploatacji taboru autobusowego z silnikami elektrycznymi są jak dotychczas istotnie niższe niż autobusów zasilanych olejem napędowym, co przekłada się na zmniejszenie kosztów bieżącego funkcjonowania komunikacji miejskiej. Nowy rodzaj napędu wymaga jednak dostosowania obiektów zajezdni operatorów i przeszkolenia załogi w zakresie eksploatacji oraz obsługi autobusów zeroemisyjnych – wymagającej zupełnie innych czynności, niż obsługa

autobusów z napędem konwencjonalnym. Autobusy zeroemisyjne wymagają posiadania przez pracowników zaplecza technicznego oraz zespoły naprawczo-remontowe dodatkowych umiejętności i uprawnień, związanych z obsługą pojazdów z silnikami elektrycznymi. Zakres i koszty dostosowania obiektów zajezdni oraz przeszkolenia załogi, należy uznać za znaczące. W Rzeszowie część tych kosztów, w związku z wprowadzeniem do codziennej eksploatacji 10 pierwszych autobusów elektrycznych, została już poniesiona. Nie bez znaczenia jest także nabyte przez służby operatora doświadczenie z eksploatacji napędów elektrycznych i zasilania bateryjnego.

Pojazdy z napędem elektrycznym wydają się być najlepszym rozwiązaniem dla średnich i dużych miast – z uwagi na niemal zerową emisję zanieczyszczeń, mniejszą emisję hałasu oraz korzystniejsze parametry pracy silnika elektrycznego, pretendujące go do wykonywania trudnej pracy eksploatacyjnej autobusu w mieście.

Pojazdy zasilane z baterii stanowią obecnie zdecydowaną większość nowowprowadzanych do użytkowania autobusów z napędem elektrycznym. Istotną kwestią, związaną z ich codzienną eksploatacją, jest wybór strategii ładowania baterii.

Rozwój pojazdów elektrycznych poruszających się samodzielnie był i jest ograniczony dostępnymi zasobnikami energii. Początkowo zasobniki takie stanowiły akumulatory kwasowo-ołowiowe, potem niklowo-kadmowe (NiCd), a obecnie: niklowo-metalowo-wodorkowe (NiMH) oraz litowo-jonowe (Li-Ion), litowo-polimerowe (Li-Poly), litowo-manganowe (Li-MN₂O₄) i litowo-żelazowo-fosforanowe (Li-FePO₄). Systematycznie wprowadzane są na rynek także inne typy baterii, np. baterie litowo-niklowo-kobaltowo-aluminiowe czy litowo-niklowo-kobaltowo-manganowe (NMC). W niektórych zastosowaniach preferowane są baterie pozwalające na rozładowywanie i ładowanie wysokim prądem (3C i 4C), takie też stosowane są w autobusach elektrycznych i hybrydowych. Przyszłością rozwoju baterii będą rozwiązania ze stałym elektrolitem, o większym bezpieczeństwie użytkowania oraz pozwalające na zwiększenie zasięgu pojazdu.

Sporadycznie stosowane były i są w autobusach elektrycznych także superkondensatory – pozwalające na bardzo szybkie oddawanie energii, czyli na generowanie dużej mocy zasilania, ale o niskiej gęstości energii. Superkondensatory, z powodu niższej wagi niż akumulatory, stosowane są natomiast do magazynowania energii w niektórych autobusach hybrydowych.

Wszystkie zasobniki energii elektrycznej charakteryzuje ograniczona pojemność z jednostki ich objętości lub masy (gęstość energii), ograniczony prąd rozładowania i ładowania oraz ograniczona liczba cykli. Gęstość energii w jednostce masy akumulatorów niklowo-kadmowych jest wyższa niż kwasowo-ołowiowych. Gęstość energii akumulatorów litowo-jonowych

jest natomiast około 3-krotnie wyższa niż akumulatorów niklowo-kadmowych. Żaden z akumulatorów nie jest także odporny na jego całkowite rozładowanie, które może nawet doprowadzić do jego zniszczenia, a zwykle powoduje istotne zmniejszenie pojemności. Podobnie, przeładowanie akumulatora może spowodować jego zniszczenie – jeśli nieprawidłowo działa regulator napięcia albo gdy akumulator jest zbyt głęboko rozładowany.

Producenci akumulatorów zalecają dopuszczalny stopień rozładowania (do 20-30% pojemności) oraz obszar codziennej pracy akumulatora (np. rozładowania do 50%) – w celu zwiększenia jego żywotności. W miarę zwiększania się liczby cykli zmniejsza się także efektywność akumulatora – mierzona dostępną pojemnością i oddawanym prądem.

Rozwój pojazdów elektrycznych nastąpił wraz z rozwojem akumulatorów litowych, o znacznie niższej wadze. Akumulatory te są łączone w duże pakiety (o pojemności zazwyczaj 20-100 kWh), odpowiednio zabezpieczone – z wewnętrznym chłodzeniem i ogrzewaniem oraz z odizolowaniem od wpływów warunków atmosferycznych. Akumulatory litowe wymagają stabilnych warunków pracy, przy ładowaniu nagrzewają się, co może spowodować ich zapalenie się, a w akumulatorach litowo-jonowych nawet wybuch, wymagają więc odpowiednich zabezpieczeń.

Żywotność baterii litowych określana jest, przy właściwych warunkach eksploatacji, na co najwyżej 10 lat, dlatego we wcześniejszym okresie (np. po 8 latach lub po określonym przebiegu), cała bateria akumulatorów powinna być wymieniona, co jest związane zawsze z wysokim kosztem dla użytkownika. W zależności od zastosowanego typu akumulatorów, różne są także dopuszczalne parametry ich doładowywania.

Parametry ładowania zależą także od stosowanej ładowarki. Na rynku występują ładowarki o małej mocy (40-60 kW) – do codziennego ładowania postojowego (nocnego) oraz o dużej mocy (do 500 kW, a niekiedy nawet większej) – do szybkiego ładowania. Podstawową metodą dostarczania energii jest złącze kablowe plug-in, które ma jednak zwykle moc przekazywaną ograniczoną do 120 kW oraz dla autobusów miejskich – pantografy zwykłe i odwrócone – pozwalające na szybkie ładowanie wysokim prądem na stanowisku postojowym na trasie pojazdu. Innymi sposobami ładowania pojazdów są automatyczne stacje ładowania indukcyjnego – poprzez pętle zamontowane w nawierzchni jezdni, na przystanku lub na placu postojowym. Pętle indukcyjne muszą mieć system bezpiecznej automatyki – załączający dostawę prądu wyłącznie podczas postoju pojazdu nad pętlą i odłączający je wraz z rozpoczęciem jazdy autobusu.

W każdym przypadku użytkowania większej liczby autobusów elektrycznych konieczne jest jednoczesne dostosowanie sieci energetycznej w zajezdni oraz na pętlach i przystankach – o ile wybrano taki sposób ładowania – do możliwości poboru dużych mocy. Najczęściej wiąże

się to z jednoczesną budową dedykowanej stacji trafo oraz rozdzielni z automatyką, układami pomiarowymi i zabezpieczeniami.

Najprostszym rozwiązaniem jest wyposażenie pojazdów w baterie pozwalające na wykonanie pełnego dziennego cyklu pracy w danej sieci komunikacji miejskiej – podobnego jak dla autobusów zasilanych olejem napędowym – czyli na zapewnienie przynajmniej 250-300 km przejazdu z pełnym obciążeniem bez doładowywania baterii. Ładowanie pojazdów odbywałoby się w tym przypadku w zajezdni, w czasie nocnego postoju autobusów.

Czas ładowania zależy nie tylko od stosowanego typu baterii, ale także od używanej ładowarki i ograniczeń stawianych przez energetyczną sieć zasilającą. Standardowy czas ładowania nocnego jednego autobusu elektrycznego poprzez złącze plug-in wynosi od 3 do 6 godzin, co oznacza, że dla każdego użytkowanego pojazdu elektrycznego powinna być zakupiona oddzielna ładowarka i najczęściej zagwarantowane oddzielne miejsce postojowe, a sieć energetyczna powinna pozwolić na jednoczesne ładowanie standardowe wszystkich użytkowanych pojazdów elektrycznych.

Autobusy elektryczne posiadają zasobniki energii (baterie), których pojemność determinuje z jednej strony zasięg pojazdów pomiędzy ładowaniami, a z drugiej strony – cenę pojazdów i ich masę własną, która przy ograniczonej dopuszczalnej masie całkowitej, ma wpływ na nominalną pojemność pasażerską.

Aktualnie na rynku w segmencie autobusów elektrycznych klasy maxi, o długości około 12 m, wyraźnie ścierają się ze sobą dwa rozwiązania. Pierwsze zakłada wyposażenie autobusów w baterie o relatywnie małej pojemności i zapewnienie ich okresowego doładowywania szybkiego podczas pracy na linii, najczęściej poprzez pantograf. W najmniejszej pojemności baterie wyposażane są trolejbusy, pokonujące bez sieci trakcyjnej w miarę krótkie odcinki tras i następnie doładowywane z tej sieci w ruchu (In Motion Charging) lub podczas postojów wyrównawczych na pętłach, także pod siecią. W Gdyni, Lublinie i Tychach nabyto trolejbusy o pojemności baterii 58 kWh. Większą pojemność baterii (87 kWh) mają supertrolejbusy, posiadające homologację zarówno autobusu elektrycznego, jak i trolejbusu, eksploatowane już w Gdyni i zakontraktowane dla Tychów.

Baterie o pojemności jedynie 90 kWh, zakładając ich doładowywanie nie rzadziej niż co pół godziny na obsługiwanej linii, zastosowano wprawdzie w partii 43 autobusów Ursus CS 12 LF dla Zielonej Góry, ale po pierwsze było to rozwiązanie przyjęte w autobusach kontraktowanych w 2017 r. i dostarczonych rok później, a po drugie – stanowiło odpowiedź jednego z oferentów na wymóg przetargowy zapewnienia możliwości pokonania przez autobus przynajmniej 50 km pomiędzy ładowaniami. Drugi z oferentów określił minimalną pojemność baterii przy takim wymogu na 120 kWh.

W realiach 2021 r., w warunkach niższych cen zasobników energii dostępnych na rynku, dla pojazdów, które mają być doładowywane na trasie, standardem jest wymaganie, aby w okresie udzielonej gwarancji, zdolność magazynowania energii w pojeździe powinna umożliwić zgromadzenie co najmniej 150 kWh energii elektrycznej i aby przy tym pojemność użyteczna dostępna dla użytkownika, nie była mniejsza od 120 kWh. W miastach o wysokim poziomie kongestii drogowej lub z rozkładami jazdy zakładającymi okresową minimalizację postojów wyrównawczych – w wąskich szczytach zaangażowania największej liczby pojazdów w ruchu – często zakłada się możliwość ładowania elektrobusów co 2 lub 3 pełne kółka nawet w ekstremalnych warunkach pogodowych (silny mróz lub upał), wskutek czego minimalna wymagana pojemność baterii wzrasta nawet do 240 kWh dostępnych dla użytkownika.

Takie autobusy elektryczne zapewniają zasięg na poziomie do 200 km przy zastosowaniu ogrzewania paliwowego (olej opałowy, olej napędowy lub gaz ziemny) albo tylko do 150 km – przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego. Z powyższych przyczyn strategia ładowania wyłącznie wolnego pojazdów klasy maxi o użytecznej pojemności baterii do 240 kWh, powinna mieć zastosowanie przede wszystkim w przypadku używania ogrzewania paliwowego, a także przy przeznaczaniu takich autobusów elektrycznych do obsługi krótkich (szczytowych) zadań przewozowych. Z uwagi na bardzo wysokie koszty zakupu taboru elektrycznego, pojazdy takie nie powinny być jednak alokowane do obsługi tego rodzaju zadań w pierwszej kolejności – takie działanie jest nieefektywne ekonomicznie.

Celem organizatorów i operatorów jest zwykle optymalizacja masy baterii, umożliwiająca zmniejszenie zużycia energii, a także likwidacja koniecznych do zrealizowania przejazdów technicznych do i z bazy autobusowej, w celu podłączenia do źródła zasilania i związanych z dłuższym ładowaniem wyłączeń autobusów z ruchu. Jest to realizowane poprzez zastosowanie dodatkowych punktów ładowania na trasie linii – w ramach strategii szybkiego ładowania. Stosowany czas ładowania autobusu poprzez pantograf zainstalowany na pętli lub przystanku zależy od dopuszczalnego czasu postoju autobusu i waha się od kilku do ok. 20 minut.

W przypadku doładowywania autobusów na pętlach, w zajezdni docelowo powinny być zarówno stanowiska ładowarek wolnych – po jednej dla każdego pojazdu, jak i dodatkowe stanowisko ładowania szybkiego. Pojazdy zeroemisyjne z ładowarek zajezdniowych wolnych korzystałyby przede wszystkim w celu prawidłowego uformowania baterii, natomiast z ładowarki szybkiej do uzupełnienia energii w autobusach po remontach i w sytuacjach awaryjnych.

Drugi z trendów rynkowych polega na wyposażaniu elektrobusów w baterie o pojemności użytecznej ponad 300 kWh w pojeździe 12-metrowym – w celu zapewnienia możliwości obsługi pomiędzy ładowaniami większości nawet dwuzmianowych zadań przewozowych, w szczegól-

ności w miastach małych i średnich, charakteryzujących się z reguły węższym zakresem czasowym funkcjonowania komunikacji miejskiej niż miasta największe. Takie rozwiązanie zastosowano w autobusach kilku marek, dostępnych na krajowym rynku. Elektrobus MAN Lion's City 12E o nieco większej od standardowej długości (12,2 m) wyposażony został w baterie o pojemności nominalnej 480 kWh oraz użytkowej 387 kWh, autobus Solaris Urbino electric 12 wyposażono w wersji testowej w baterie o pojemności nominalnej 395 kWh, a użytkowej 316 kWh, natomiast autobus Yutong E12LF – w zasobniki energii o pojemności użytecznej 374 kWh.

Autobusy te nie są jeszcze dostosowane do ładowania szybkiego na pętlach – uzupełnianie energii odbywa się w nich na terenie zajezdni, poprzez złącze plug-in. Przy przeciętnych warunkach pracy pojazdu (brak ekstremalnie wysokich temperatur powietrza lub silnych mrozów, stosunkowo płaski teren) taka pojemność baterii powinna wystarczyć do obsługi większości zadań całodziennych zaplanowanych w sieciach komunikacyjnych polskich miast.

Zastosowanie wyłącznie ogrzewania elektrycznego w tego rodzaju pojazdach wciąż jednak nie zapewnia w polskim klimacie w trudnych warunkach użytkowania, pewności pokonania przez autobus 250-300 km bez konieczności doładowania (doświadczenia z testów w różnych miastach).

Istotnym utrudnieniem byłoby występowanie silnych mrozów, upałów albo obsługa terenu o znaczących deniwelacjach (energia zużyta na pokonanie różnicy wysokości podczas podjazdu, przy zjeździe jest odzyskiwana tylko w niewielkim stopniu).

Podkreślić jednak należy, że wskutek postępu technicznego, w najbliższych latach systematycznie wzrastać będzie dostępność autobusów umożliwiających pokonywanie pomiędzy ładowaniami dystansu ponad 300 km – wykorzystujących baterie nowej generacji i urządzenia o większej efektywności energetycznej.

Barierą w dalszym zwiększaniu zasięgu autobusów elektrycznych poprzez instalację baterii o jeszcze większej pojemności użytkowej (znacznie ponad 400 kWh) są – poza wysokimi kosztami takiego rozwiązania – ograniczenia w dopuszczalnej masie całkowitej pojazdów klasy maxi (dla autobusu o dwóch osiach – do 19,5 t) oraz w dopuszczalnym nacisku na oś (do 11,5 t na oś napędową i do 10 t na pojedynczą oś nienapędową). Większy ciężar baterii w opisanych uwarunkowaniach przekłada się na znaczące ograniczenie maksymalnej pojemności pasażerskiej w porównaniu do analogicznego autobusu ze standardowym napędem Diesla. W rezultacie, większe pojemności baterii stosuje się przeważnie tylko w autobusach trzyosiowych lub przegubowych, jak np. Irizar ie bus 18 m obsługujący trasy w Luksemburgu, który wyposażono w baterie o użytecznej pojemności 525 kWh.

Masa własna takich pojazdów klasy maxi wzrasta do ponad 14 ton. Większy ciężar pojazdu wymaga także dostosowania nawierzchni dróg i placów, szczególnie pętli z miejscami do odbywania postojów. Z tego względu operowanie pojazdami ładowanymi wyłącznie w zajezdni, nie zawsze jest zalecane. Pojazdy z bateriami o większej pojemności są jednocześnie znacznie droższe, a dodatkowo koszt ich użytkowania podnosi konieczność wymiany kosztownych baterii po kilku latach eksploatacji.

Aktualnie produkowane autobusy elektryczne pozwalają – przy doładowywaniu na pętach – na swobodną obsługę całodziennych, dwuzmianowych zadań przewozowych, o przebiegu rzędu nawet 350 km, także w warunkach dużej kongestii i na trasach bardzo obciążonych. Zmniejszenie wagi baterii, a w jej rezultacie – zwiększenie pojemności pasażerskiej pojazdu i zmniejszenie kosztu przewozu pojedynczego pasażera – może być wówczas znaczące. Ogranicza jednak wykorzystanie pojazdu z baterijnym napędem elektrycznym do dedykowanych tras – obejmujących pętle, na których zainstalowano ładowarki.

Na pętach stosuje się zwykle ładowarki szybkie, o dużej mocy (nawet do 500 kW) z systemem pantografowym. W Chinach oraz w wybranych krajach Europy Zachodniej stosowane są także systemy ładowania indukcyjnego na przystankach, lecz z uwagi na bardzo wysoką cenę takiej instalacji, stosowane są one jedynie na wybranych, dedykowanych trasach w dużych miastach i aglomeracjach. Taki sposób ładowania wymaga wydłużenia czasu postoju na przystanku, a ponadto wiąże się z zapewnieniem wolnego miejsca na danym przystanku w określonym czasie, przeznaczonym na ładowanie. Ładowaniu indukcyjnemu na przystankach nie sprzyja także polski klimat, w którym normalnym zjawiskiem atmosferycznym są opady śniegu.

Najczęściej stosowane jest ładowanie pantografowe, które odbywa się w czasie od kilku do kilkunastu minut – wielokrotnie w czasie użytkowania autobusu w ciągu dnia. Instalacja ładowarki pantografowej wiąże się ze znacznymi kosztami jej budowy, w tym zasilania energetycznego o dużej mocy. Niezależnie od powyższego, w celu pełnego naładowania baterii oraz ich ustabilizowania, pojazd musi być też ostatecznie codziennie doładowywany podczas postoju w zajezdni.

W przypadku korzystania z instalacji zasilania z sieci tramwajowej, punkt ładowania autobusu elektrycznego także występuje jako stacjonarny – z koniecznym postojem pojazdu – z uwagi na stosowaną w tramwajach sieć powrotną wykorzystującą szyny, których nie może wykorzystywać podczas ruchu pojazd z kołami pneumatycznymi.

Odmierna, korzystna sytuacja występuje w przypadku napowietrznych sieci trolejbusowych. Sieci te są zasilane dwuprzewodowo prądem stałym o standardowym napięciu 600 V, co umożliwia podłączenie do niej każdego pojazdu drogowego wyposażonego w odpowiednie

urządzenia odbiorcze (pantograf, przetwornice, elementy sterowania). Przykładem jest linia BRT w Marrakeszu. Pojazdy tam stosowane mogą być uznawane za autobusy o małej pojemności baterii z ładowaniem w ruchu albo też za trolejbusy o dużej pojemności baterii. W każdym przypadku będą one jednak, zgodnie z ustawą o elektromobilności, autobusami zeroemisyjnymi.

Obszar pętli autobusowych stanowi teren miejski, jedynie udostępniony operatorowi, także przeważająca większość jednostek taborowych stanowi własność Miasta i także jest jedynie wydierżawiona operatorowi. Inwestycje zakupu taboru zeroemisyjnego oraz budowy stacji ładowania szybkiego powinno więc realizować Miasto, przekazując wybudowane urządzenia operatorowi do eksploatacji. W takim przypadku podmiotem zarządzającym stacjami ładowania mógłby być operator – MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Rozwiązania wymaga również kwestia dostosowania obiektu przyszłej zajezdni operatora do zasilania wielu pojazdów w okresie postoju nocnego. Przy zastosowaniu pojazdów zeroemisyjnych doładowywanych na pętlach, konieczne jest jednoczesne naładowanie ich baterii w okresie nocnego na placu zajezdni. Dla docelowo 69 takich autobusów i mocy pojedynczej ładowarki 40 kW, niezbędna moc urządzeń zasilających instalacje do ładowania autobusów, przy rezerwie taborowej 15%, to ok. 2,4 MWh.

Rozwiązaniem alternatywnym, wobec zastosowania autobusów elektrycznych z szybkim ładowaniem na pętlach, jest zakup autobusów zeroemisyjnych wyposażonych w baterie o dużej pojemności, z ładowaniem wyłącznie w zajezdni operatora. Ładowanie takich autobusów odbywa się w okresie ich postoju nocnego na placu zajezdni. Obecnie baterie takich autobusów klasy maxi mogą mieć pojemność użytkową nawet przekraczającą 320 kWh, co czyni to rozwiązanie atrakcyjniejszym. Pewną przeszkodą w zastosowaniu tego rozwiązania jest duża okresowa kongestia w mieście, a także brak szerszych doświadczeń polskich miast z eksploatacji autobusów zeroemisyjnych z bateriami o dużej pojemności, ładowanych wyłącznie w porze postoju nocnego (wcześniejsze wyczerpanie baterii wymaga awaryjnego zjazdu do zajezdni).

W przypadku zastosowania autobusów ładowanych wyłącznie w porze nocnego postoju, przy pojemności użytkowej baterii 320 kWh na pojazd oraz dostępnym czasie 6 godzin na jej naładowanie, moc ładowarki dla każdego autobusu powinna wynosić ok. 60 kW (przy 90% sprawności). Każdej nocy baterie wszystkich użytkowanych autobusów elektrycznych musiałyby być w pełni naładowane, zatem dostępna moc dla zajezdni powinna wynosić ponad 3,5 MW.

MPK-Rzeszów sp. z o.o. dysponuje odpowiednim terenem dla jednoczesnego ładowania 69 pojazdów, rozbudowy wymagałaby jednak instalacja zasilania zajezdni oraz stanowisk ładowania autobusów.

Na uruchomienie zasilania terenu zajezdni operatora oraz doposażenie w urządzenia do ładowania baterii w pojazdach, łącznie z pracami przygotowawczo-projektowymi i procedurą przetargową, potrzeba czasu od kilkunastu miesięcy do nawet trzech lat. Nieco krótszy jest zwykle czas budowy stacji ładowania szybkiego na pętlach.

Pierwsze autobusy elektryczne, użytkowane w Rzeszowie od 2019 r., wyposażone są w baterie Solaris High Power o pojemności 87,6 kWh i są dostosowane do ładowania za pomocą odwróconego pantografu, z maksymalnym prądem 550A. Na pętli przy ul. Grottgera zainstalowana jest dwumasztowa szybka ładowarka pantografowa, przeznaczona dla ładowania tych autobusów.

W „Analizie kosztów i korzyści ...” z 2018 r., w wariantcie elektrycznym założono budowę czterech stacji szybkiego ładowania autobusów na wybranych pętlach, wybrano więc wariant zakupu autobusów wyposażonych w mniejsze baterie z częstym, szybkim doładowywaniem na trasie.

Jeszcze innym rozwiązaniem jest napęd elektryczny z podstawowym zasilaniem energią elektryczną wytwarzaną podczas jazdy w wodorowym ogniwie paliwowym. Autobus wyposażony w taki napęd posiada baterie o znacznie mniejszej pojemności – mające jedynie charakter wyrównawczy – podobnie jak zestawy baterii w autobusach hybrydowych, pojazdach z rekuperacją energii, czy też z systemem start-stop.

Autobusy wyposażone w ogniwa paliwowe zasilane H_2 mają zbiorniki sprężonego wodoru zainstalowane na dachu, o pojemności wystarczającej na przejazd nawet do 350-400 km.

Wadą tego rodzaju rozwiązania jest wysoki koszt ogniw paliwowych, co wpływa na zwiększoną cenę autobusów elektrycznych w nie wyposażonych oraz mocno ograniczona dostępność źródeł wodoru. Nie bez znaczenia są także wysokie koszty zapewnienia bezpieczeństwa eksploatacji takich pojazdów, gdyż wodór, przy odpowiednim stosunku objętościowym, tworzy z powietrzem mieszaninę wybuchową.

Zaletą pojazdów elektrycznych z ogniwami paliwowymi, przy pewności dostaw wodoru, jest ich funkcjonowanie podobne do autobusów zasilanych olejem napędowym – codzienne jednorazowe tankowanie przed wyjazdem z zajezdni oraz brak utrudnień związanych z koniecznością okresowych doładowań na trasie przejazdu. Autobus taki posiada natomiast wszystkie zalety autobusu elektrycznego.

Istotnym utrudnieniem jest nadal brak w Polsce dostępnych stacji tankowania wodoru. Plany budowy ogólnodostępnych stacji tankowania wodoru posiadają zarówno Grupa ORLEN, jak i LOTOS. Budowę stacji tankowania wodoru w Koninie zapowiada także inwestor prywatny (pierwsza, mobilna stacja tankowania wodoru została uruchomiona przy ul. Łubinowej w War-

szawie). Także inwestor prywatny deklaruje w Rzeszowie podobny zamiar, budowy stacji tankowania wodoru na terenie zajezdni MPK. Budowę stacji tankowania wodoru w Rzeszowie zainteresowana jest także Grupa LOTOS S.A.

Brak jest także wciąż w Polsce pewnego dostawcy wodoru o wysokiej czystości w niskiej cenie i w wystarczającej ilości. Produkcję wodoru o wysokiej czystości zamierzają realizować metodą reformingu parowego obydwie polskie koncerny paliwowe, w tym w Gdańsku Grupa LOTOS, w Trzebini i we Włocławku – Grupa ORLEN, a także Grupa PGNiG, a metodą elektrolizy ZE PAK SA (Zespół Elektrowni Pątnów Adamów Konin), a w przyszłości – inne koncerny energetyczne.

Oferowane na rynku są także lokalne stacje tankowania z wykorzystaniem elektrolizerów, do instalacji na przykład na terenie zajezdni autobusowej, wymagają jednak poniesienia znaczących dodatkowych nakładów inwestycyjnych. Koszt wyprodukowania wodoru w takich stacjach jest jednak wysoki.

Wadą pojazdów z wodorowymi ogniwami paliwowymi są także znaczące koszty ich eksploatacji wynikające z wciąż wysokiej ceny wodoru o wymaganej czystości (cena detaliczna na stacjach paliw w Niemczech rzędu 9-9,5 euro za kg). Brak jest także pewności co do jej wysokości w najbliższej przyszłości. Dla zapewnienia kosztów eksploatacyjnych takich pojazdów na poziomie zbliżonym do kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych z bateriami doładowywanymi na pętlach, cena wodoru powinna być dla przedsiębiorstwa przewozowego nawet o połowę niższa od obecnie spotykanej na stacjach paliw.

Listy intencyjne podpisane przez Miasto z potencjalnymi dostawcami instalacji do tankowania wodoru oraz samego wodoru stwarzają podstawy do uwzględnienia w analizie wariantu wyposażenia floty pojazdów także w autobusy z wodorowymi ogniwami paliwowymi. Potencjalną lokalizacją stacji tankowania wodoru jest zajezdnia autobusowa MPK-Rzeszów sp. z o.o. przy ul. Lubelskiej.

Budowa stacji tankowania wodoru jest przedsięwzięciem kapitałochłonnym, dla utrzymania ceny dostarczanego wodoru na akceptowalnym poziomie wymagane jest pozyskanie wsparcia finansowego budowy stacji tankowania ze środków pomocowych krajowych lub europejskich. Z uwagi na długotrwałość procesu pozyskiwania takiego wsparcia oraz realizacji inwestycji przez dostawcę instalacji, dostawy wodoru mogłyby się rozpocząć najwcześniej za okres 2-3 lat.

Ze względu na opisane wyżej uwarunkowania, w niniejszej analizie ujęto dwa warianty zastosowania autobusów zeroemisyjnych: wyłącznie z doładowaniem na pętlach – uznając to za rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania przewozów także w trudnych

warunkach eksploatacyjnych oraz częściowo takie autobusy, a częściowo autobusy wyposażone w ogniwa paliwowe.

6.4. Proponowane warianty

W opracowanej w 2018 r. „Analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym dla miasta Rzeszowa” przeanalizowano dwa warianty inwestycyjne:

- konwencjonalny – w którym założono kontynuację dotychczasowej polityki sukcesywnej wymiany taboru na pojazdy zasilane olejem napędowym, w tym hybrydowe oraz autobusy napędzane CNG i elektryczne, zgodnie z założeniami analizy wielokryterialnej;
- elektryczny – w którym założono sukcesywną wymianę taboru MPK-Rzeszów sp. z o.o. na pojazdy elektryczne, w tym zastąpienie autobusami elektrycznymi planowanego zakupu 20 fabrycznie nowych pojazdów zasilanych olejem napędowym oraz 20 autobusów hybrydowych.

Warianty te porównano ze scenariuszem bazowym, w którym założono wykonywanie przewozów w rzeszowskiej komunikacji miejskiej przy ponoszeniu niższych nakładów na odnowienie taboru przez operatora – po zakończeniu realizacji obecnych programów inwestycyjnych wymianę wyłącznie na używane autobusy zasilane olejem napędowym.

W rezultacie przeprowadzonej w poprzednich podrozdziałach wstępnej analizy, dla potrzeb bieżącego opracowania (tj. dla uwarunkowań 2021 r.), zidentyfikowano trzy warianty możliwych zmian wyposażenia taborowego rzeszowskiej komunikacji miejskiej. W każdym wariantcie uwzględniono :

- konwencjonalny, w którym założono:
 - w okresie po 2027 r. – wprowadzanie, według harmonogramu MPK dla autobusów wodorowych, bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z szybkim doładowaniem pantografowym na pętlach i uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni;
 - w pozostałym zakresie – sukcesywną wymianę wyeksploatowanego taboru na nowe pojazdy spalinowe z silnikami Diesla;
- wodorowy, w którym założono:
 - wprowadzanie do eksploatacji według harmonogramu określonego przez MPK autobusów elektrycznych wyposażonych w wodorowe ogniwa paliwowe;
 - w okresie do 2027 r. – uzupełniające sukcesywne wprowadzanie kolejnych bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z ładowaniem wyłącznie plug-in na terenie zajezdni – w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności;
 - w pozostałym zakresie – wprowadzanie autobusów zasilanych olejem napędowym.

▪ elektryczny, w którym założono:

- w okresie do 2027 r. – uzupełniające sukcesywne wprowadzanie kolejnych bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z ładowaniem wyłącznie plug-in na terenie zajezdni – w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności;;
- w kolejnych latach – wprowadzanie, według harmonogramu MPK dla autobusów wodorowych, bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z szybkim doładowaniem pantografowym na pętlach i uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni;
- w pozostałym zakresie – wprowadzanie autobusów spalinowych z silnikami Diesla.

Zakup autobusów elektrycznych w wariantcie konwencjonalnym w okresie po 2028 r. wprowadzono dla zachowania porównywalności wariantów i właściwej oceny efektywności ekonomicznej różnych form wymiany taboru w okresie do 1 stycznia 2028 r.

We wszystkich wariantach przyjęto wprowadzenie do eksploatacji autobusów planowanych do zakupu w ramach projektu „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie”.

We wszystkich wariantach przyjęto sukcesywne wycofywanie wyeksploatowanych jednostek taborowych z napędem spalinowym na fabrycznie nowe, do 2026 r. według harmonogramu przygotowanego przez MPK, a w latach następnych po upływie 15-16 lat eksploatacji.

We wszystkich wariantach założono, że obecnie użytkowane autobusy elektryczne będą eksploatowane do końca okresu analizy.

W wariantach elektrycznym i wodorowym uwzględniono fakt braku eksploatacji w rzeszowskiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych w procencie wymaganym ustawą o elektromobilności, spowodowany wynikiem analizy kosztów i korzyści przeprowadzonej w 2018 r., niewprowadzającej takiego obowiązku. Uznając realną możliwość wprowadzenia do eksploatacji dodatkowego taboru zeroemisyjnego i budowy instalacji jego zasilania najwcześniej po upływie dwóch lat (okres pozyskania finansowania, procedur przetargowych, uzyskania pozwoleń na budowę, realizacji inwestycji i zakupu taboru), przyjęto wprowadzenie dodatkowych autobusów zeroemisyjnych do codziennej eksploatacji w komunikacji miejskiej dopiero w 2024 r. Założono także nabywanie autobusów elektrycznych w klasach proponowanych przez MPK.

W wariantach elektrycznym i wodorowym przyjęto zasadę zastępowania pojazdów spalinowych w ruchu zależną od rodzaju zasilania taboru. Dla autobusów elektrycznych doładowywanych na pętlach, przyjęto zasadę zastępowania siedmiu autobusów spalinowych ośmioma autobusami elektrycznymi – z uwagi na konieczny dodatkowy czas postoju na pętli, niezbędny na doładowanie baterii. Dla autobusów wodorowych przyjęto zastępowanie autobusów spalinowych analogiczną liczbą autobusów zeroemisyjnych.

We wszystkich wariantach założono nabywanie w procesie wymiany taboru spalinowego nowych pojazdów klasy takiej, jak dany pojazd wycofywany z ruchu.

Poza opisanymi wyżej wariantami inwestycyjnymi utworzono scenariusz bazowy, o charakterze wyłącznie porównawczym, w którym założono sukcesywną wymianę jednostek taborowych po 18 latach eksploatacji na analogiczne używane, zasilane olejem napędowym w średnim wieku 8 lat albo fabrycznie nowe zasilane CNG, z uwagi na brak na rynku dostatecznej dostępności używanych autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym.

We wszystkich wariantach analizy przyjęto, przez cały okres objęty analizą, stały zakres wykonywanej pracy eksploatacyjnej, wyrażonej liczbą wozokilometrów, na poziomie 10 600 tys. wozokilometrów. Powyższe założenie służy jedynie porównaniu kosztów i korzyści w poszczególnych wariantach, w związku z czym ma znaczenie wyłącznie teoretyczne, ponieważ rzeczywisty zakres pracy eksploatacyjnej będzie wynikał z potrzeb mieszkańców miasta i okolicznych gmin oraz możliwości finansowych budżetów gmin.

Pracę eksploatacyjną pojazdów elektrycznych przyjęto od 2022 r. na poziomie 43 tys. km rocznie na jeden pojazd na stanie floty. Pracę eksploatacyjną dla autobusów zasilanych CNG przyjęto od 2022 r. w wysokości 50 tys. km rocznie. Dla autobusów klasy mega zasilanych olejem napędowym pracę eksploatacyjną przyjęto w wysokości 40 tys. km rocznie, z uwagi na ich wykorzystywanie w okresach zwiększonej liczby pasażerów, natomiast dla pozostałych pojazdów ustalono wynikowo.

Uwzględniając obecnie przyjętą zasadę wydierżawiania operatorowi zakupionych przez Miasto autobusów, a także umiarkowaną zdolność finansową MPK-Rzeszów sp. z o.o. do kolejnych inwestycji, uznano że w okresie analizy zakupy części nowego taboru realizować będzie Miasto, udostępniając następnie tabor operatorowi. Jest to jednak wyłącznie założenie przyjęte do celów analizy porównawczej wariantów, niezamykające absolutnie możliwości nabywania taboru przez Spółkę.

W tabeli 5 przedstawiono planowane zmiany struktury taboru w wariantcie konwencjonalnym, natomiast w tabelach 6 i 7 w wariantach elektrycznym i wodorowym. W tabelach przeanalizowano zmiany struktury taboru autobusowego komunikacji miejskiej – bez uwzględniania pojazdów przeznaczonych do realizacji innych przewozów. W tabeli uwzględniono zaplanowany do realizacji w 2023 r. zakup przez Miasto pojazdów zasilanych CNG oraz elektrycznych, w ramach projektu inwestycyjnego „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie”, i ich udostępnienie MPK do eksploatacji.

Tab. 5. Harmonogram wymiany taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariacie konwencjonalnym

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	Autobusy ON																
1a	Zakup/wycofanie	-/-	-/5	-/-	-/-	2/2	10/10	10/10	25/25	-/-	5/5	2/1	5/10	15/15	15/15	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	98	93	93	93	93	93	93	93	93	93	94	89	89	89	89	89
2	Autobusy CNG																
2a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	18/21	6/6	-/-	-/-	20/20	6/10	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	20/20	20/20
2b	Stan na koniec roku	118	118	115	115	115	115	115	111	111	111	110	110	110	110	110	110
3	Autobusy elektryczne																
3a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	2/-	-/-	-/-	-/-	-/-	4/-	-/-	-/-	-/-	6/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	10	10	12	12	12	12	12	16	16	16	16	22	22	22	22	22
4	Ogółem stan taboru na koniec roku																
5	Razem emisyjne	216	211	208	208	208	208	208	204	204	204	204	199	199	199	199	199
6	Zeroemisyjne	10	10	12	12	12	12	12	16	16	16	16	22	22	22	22	22
6a	Udział we flocie [%]	4,4	4,5	5,5	5,5	5,5	5,5	5,5	7,3	7,3	7,3	7,3	10,0	10,0	10,0	10,0	10,0
7	Średni wiek floty [lat]	6,2	7,2	7,9	7,3	7,8	8,7	9,0	8,0	6,5	7,5	8,2	9,0	9,3	9,3	9,2	8,9

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Tab. 6. Harmonogram wymiany taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie elektrycznym

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	Autobusy ON																
1a	Zakup/wycofanie	-/-	-/5	-/-	-/22	-/-	-/-	-/10	-/15	-/-	5/5	2/1	5/10	15/15	15/15	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	98	93	93	71	71	71	61	46	46	46	47	42	42	42	42	42
2	Autobusy CNG																
2a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	18/21	-/6	-/-	-/-	8/20	21/10	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	20/20	20/20
2b	Stan na koniec roku	118	118	115	109	109	109	97	108	108	108	107	107	107	107	107	107
3	Autobusy elektryczne																
3a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	2/-	33/-	-/-	-/-	24/-	4/-	-/-	-/-	-/-	6/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	10	10	12	45	45	45	69	73	73	73	73	79	79	79	79	79
4	Ogółem stan taboru na koniec roku																
5	Razem emisyjne	216	211	208	180	180	180	158	154	154	154	154	149	149	149	149	149
6	Zeroemisyjne	10	10	12	45	45	45	69	73	73	73	73	79	79	79	79	79
6a	Udział we flocie [%]	4,4	4,5	5,5	20,0	20,0	20,0	30,4	32,2	32,2	32,2	32,2	34,6	34,6	34,6	34,6	34,6
7	Średni wiek floty [lat]	6,2	7,2	7,9	7,3	6,5	7,5	8,5	7,5	6,8	7,8	8,4	9,3	9,6	9,6	9,6	9,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Tab. 7. Harmonogram wymiany taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej w latach 2021-2036 w wariantcie wodorowym

Lp.	Typ taboru – napęd	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	Autobusy ON																
1a	Zakup/wycofanie	-/-	-/5	-/-	-/22	-/-	-/-	-/10	-/15	-/-	5/5	2/1	5/10	15/15	15/15	-/-	-/-
1b	Stan na koniec roku	98	93	93	71	71	71	61	46	46	46	47	42	42	42	42	42
2	Autobusy CNG																
2a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	18/21	-/6	-/-	-/-	8/20	21/10	-/-	-/-	-/1	-/-	-/-	-/-	20/20	20/20
2b	Stan na koniec roku	118	118	115	109	109	109	97	108	108	108	107	107	107	107	107	107
3	Autobusy elektryczne																
3a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	2/-	33/-	-/-	-/-	20/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-	-/-
3b	Stan na koniec roku	10	10	12	45	45	45	65	65	65	65	65	65	65	65	65	65
4	Autobusy wodorowe																
4a	Zakup/wycofanie	-/-	-/-	-/-	-/-	2/-	-/-	2/-	4/-	-/-	-/-	-/-	5/-	-/-	-/-	-/-	-/-
4b	Stan na koniec roku	0	0	0	0	2	2	4	8	8	8	8	13	13	13	13	13
5	Ogółem stan taboru na koniec roku																
6	Razem emisyjne	216	211	208	180	180	180	158	154	154	154	154	149	149	149	149	149
7	Zeroemisyjne	10	10	12	45	47	47	69	73	73	73	73	78	78	78	78	78
7a	Udział we flocie [%]	4,4	4,5	5,5	20,0	20,7	20,7	30,4	32,2	32,2	32,2	32,2	34,4	34,4	34,4	34,4	34,4
8	Średni wiek floty [lat]	6,2	7,2	7,9	7,3	6,5	7,4	8,4	7,5	6,8	7,7	8,3	9,1	9,4	9,6	9,4	9,2

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Przy kolejnych zakupach autobusów elektrycznych założono jednoczesny zakup ładowarek zajezdniowych – po jednej na każdy autobus. Ponadto, przy zakupie autobusów elektrycznych założono budowę stacji ładowania szybkiego na pętlach – po jednej dla każdej dostarczonej kolejnej partii sześciu autobusów elektrycznych, w tym jednej stacji szybkiego ładowania na terenie zajezdni.

W każdym wariantcie założono, że nabywane pojazdy fabrycznie nowe będą niskopodłogowe w kolorystyce miejskiej, a ich wyposażenie będzie obejmować co najmniej: klimatyzację całopojazdową, rampę, przyklęk i miejsce na wózek, system elektronicznej informacji pasażerskiej z zapowiedziami głosowymi przystanków i wyświetlaczami dla niedowidzących, system GPS, kasowniki, bramki liczące pasażerów, Wi-Fi, ładowarki USB oraz monitoring wewnętrzny i zewnętrzny.

Liczbę pasażerów we wszystkich wariantach oszacowano na podstawie danych MPK z lat 2018-2020 oraz prognozy na 2021 r.

Należy przypuszczać, że zamiana autobusów z silnikami Diesla na pojazdy elektryczne nie będzie w najbliższych latach skutkowałą efektem w postaci jeszcze większego zainteresowania mieszkańców podróżami komunikacją miejską. Bardziej uzasadnione jest przyjęcie założenia, że czasem stopniowego, ewolucyjnego powrotu mieszkańców do korzystania z pojazdów transportu publicznego będzie okres kilku lat po uchyleniu stanu pandemii.

Przychody z biletów przyjęto na podstawie prognozowanej liczby pasażerów, z uwzględnieniem zmiany struktury pasażerów w miarę powrotu do stanu sprzed pandemii.

W tabeli 8 przedstawiono wskaźniki krotności – o ile razy większa jest gęstość zaludnienia w obszarze obsługiwanym liniami miejskimi rzeszowskiej komunikacji miejskiej (obszar miasta) w stosunku do średniej dla całego obsługiwanego obszaru, miast w Polsce i terenu całej Polski oraz wskaźniki wzrostu – o ile procent jest wyższa gęstość zaludnienia w obszarze obsługiwanym liniami miejskimi w porównaniu do średniej gęstości zaludnienia w polskich miastach. Wskaźniki te uwzględniono w wycenie wpływu emisji substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane na zdrowie i życie mieszkańców w analizie kosztów i korzyści w dalszej części opracowania.

Dane zaprezentowane w tabeli 8 wskazują, że gęstość zaludnienia Rzeszowie jest znacznie wyższa niż przeciętna dla kraju (niemal 13-krotnie), a także o ponad połowę wyższa w porównaniu do miast w kraju, a więc liczba mieszkańców narażonych na tzw. niską emisję, w tym pochodzącą z zanieczyszczeń ze środków transportu, jest także w Rzeszowie proporcjonalnie większa niż przeciętnie w Polsce.

Tab. 8. Parametry i wskaźniki dotyczące ludności i powierzchni Rzeszowa na tle kraju i miast w kraju – stan na 31 grudnia 2020 r.

Parametry charakteryzujące Rzeszów			Wskaźniki		
liczba mieszkań- ców [tys.]	powierzchnia [km ²]	gęstość zaludnienia [osób/km ²]	krotności w stosunku do		wzrostu wobec miast w Polsce [%]
			miast w Polsce	Polski	
196,6	43,24	1 553	1,55	12,9	55

Źródło: dane Banku Danych Lokalnych GUS.

Emisja zanieczyszczeń w obszarach o tak dużej gęstości zaludnienia wpływa więc w większym stopniu na stan zdrowia mieszkańców, niż przeciętna emisja zanieczyszczeń z oddalonych od ośrodków miejskich dużych elektrowni, nawet jeśli ich paliwem jest węgiel brunatny lub kamienny.

6.5. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym oraz optymalnej pojemności baterii autobusów

W ramach programu stymulowania rynku projektowania, produkcji i sprzedaży polskich pojazdów elektrycznych na potrzeby transportu publicznego przeprowadzono cykl warsztatów mających na celu wypracowanie księgi dobrych praktyk w zakresie elektromobilności w transporcie miejskim. Warsztaty te współorganizowały: Ministerstwo Rozwoju, Ministerstwo Energii, Polski Fundusz Rozwoju i Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej.

Przedstawiciele miast i operatorów zainteresowanych elektromobilnością w transporcie miejskim zobligowano do zdefiniowania przesłanek, dla których reprezentowane przez nich samorządy decydują się wprowadzać do eksploatacji w transporcie miejskim autobusy elektryczne (warsztaty odbywały się w czasie, kiedy nie obowiązywała jeszcze ustawa o elektromobilności, której zapisy obligują samorządy do określonych działań).

Uzyskane odpowiedzi wskazały na cztery grupy przesłanek:

- środowiskowe (ekologiczne);
- społeczne;
- wizerunkowe (prestż, innowacyjność);
- ekonomiczne.

Niemal we wszystkich miastach reprezentowanych w warsztatach zaplanowano wykorzystanie autobusów elektrycznych do uruchomienia nowych połączeń. Miałyby one obejmować ściśle centra miast i osiedla o gęstej zabudowie mieszkaniowej, co byłoby istotą kampanii promujących nowe linie. Pomimo to zakładano, że autobusy elektryczne obsługiwać będą

przede wszystkim już istniejącą sieć linii. Zastrzegano przy tym, że kształt tej sieci może, a nawet i powinien ewoluować, np. pod wpływem wyników badań marketingowych, które powinny stanowić jedną z determinant podejmowania decyzji o alokacji pojazdów elektrycznych na poszczególnych zadaniach przewozowych.

Za środowiskowy cel wprowadzenia autobusów elektrycznych uznano zmniejszenie lokalnej emisji spalin oraz poziomu hałasu.

Przesłanki środowiskowe silnie wiążą się z przesłankami społecznymi – niższa emisja hałasu emitowanego przez autobusy elektryczne oraz brak spalin, stanowią ważny argument za wprowadzeniem komunikacji autobusowej do ścisłych centrów miast, wewnątrz stref uzdrowiskowych i innych miejsc, w których nie ma zgody społecznej na eksploatację autobusów z napędem konwencjonalnym. Zauważalne i kompleksowe unowocześnienie taboru komunikacji miejskiej – związane z wprowadzeniem do eksploatacji autobusów elektrycznych – skutkuje także zwiększeniem akceptacji społecznej dla restrykcji wobec motoryzacji indywidualnej.

Przedstawiciele największych miast wyrazili przekonanie, że ze względu na relatywnie wysoki koszt zakupu autobusów elektrycznych, ich eksploatacja ułatwi też przeforsowanie pasów ruchu przeznaczonych wyłącznie dla autobusów (bądź autobusów i tramwajów). Pojazdy te są bowiem zbyt drogie w zakupie, aby zamiast przewozić możliwie najwięcej pasażerów, tkwiły w zatorach drogowych.

Wraz z wprowadzeniem autobusów elektrycznych do systemów transportowych, zwiększa się prestiż miasta oraz wzrasta jakość usług transportu miejskiego postrzegana przez jego mieszkańców (także tych niekorzystających w ogóle z komunikacji miejskiej). W rezultacie transport zbiorowy staje się bardziej konkurencyjny w stosunku do samochodu osobowego, zaś nowe środki transportu w większym stopniu zachęcają mieszkańców do korzystania z oferty komunikacji miejskiej.

Autobus elektryczny może być też dobrym sposobem na wprowadzenie lub poszerzenie zakresu obsługi komunikacyjnej opartej na drugiej trakcji (elektrycznej) w miastach, w których są takie ambicje.

Zewnętrzne finansowanie zakupów taboru ma podstawowe znaczenie dla rozwoju elektromobilności w transporcie miejskim, gdyż – w określonych uwarunkowaniach – koszty bieżącej eksploatacji bateryjnych autobusów elektrycznych w stosunku do pojazdów z napędem spalinowym są niższe.

Samorządy i operatorzy mają też świadomość, iż pewne cechy autobusów elektrycznych, wynikające z ich napędu i jego charakterystyki, stwarzają określone bariery w przeznaczaniu danej linii do obsługi tym rodzajem taboru. Autobusy elektryczne zasilane z baterii nie nadają

się do obsługi linii o trasach wyznaczonych drogami o podwyższonej prędkości przejazdu dotyczącej autobusów (np. drogami ekspresowymi, wykorzystywanymi przez linie pospieszne), gdyż w takich warunkach zużycie energii elektrycznej bardzo mocno się zwiększa.

Z punktu widzenia producentów taboru, główne przesłanki wprowadzenia autobusów elektrycznych do obsługi danego połączenia lub sieci połączeń, zdefiniowano następująco:

- funkcjonowanie na danym obszarze (mieście lub jego rejonie) komunikacji tramwajowej bądź trolejbusowej, umożliwiające wpięcie się z infrastrukturą zasilającą w już istniejący system – korzyścią jest brak konieczności budowy kosztownego przyłącza do stacji ładującej;
- lokalne wspieranie odnawialnych źródeł energii (OZE) – z założenia autobusy elektryczne powinny być „eko”, czego nie można w pełni osiągnąć, gdy energia wprowadzana do systemu wytwarzana jest z wykorzystaniem paliw konwencjonalnych, np. w uciążliwej lokalnie elektrowni węglowej;
- zdecydowana preferencja dla krótkich tras, z przerwami na doładowanie na punktach krańcowych.

Efektem sesji warsztatowych programu były określone rekomendacje w zakresie alokacji autobusów elektrycznych na liniach komunikacyjnych w zależności od charakteru tras – pojazdy takie mogą być przeznaczane do obsługi danej linii przede wszystkim w sytuacji, gdy:

- obejmuje ona obszary miejskie o intensywnej zabudowie wielorodzinnej – ze względu na brak emisji hałasu, szczególnie dotkliwego wśród wysokich i gęsto rozlokowanych budynków;
- występuje duża intensywność dobowego i rocznego wykorzystania taboru – środki transportu o wysokich kosztach stałych powinny być eksploatowane w sposób maksymalnie intensywny (dominantę stanowiły wartości od 65 do 80 tys. wozokilometrów rocznie w przeliczeniu na pojazd w inwentarzu, aczkolwiek próg opłacalności eksploatacji elektrobusów wyznaczono na 100 tys. wozokilometrów rocznie – zauważając przy tym, że obecny poziom techniki poważnie utrudnia lub nawet uniemożliwia jego osiągnięcie);
- ma miejsce wysoka dostępność przestrzenna przystanków – cechy techniczno-eksploatacyjne elektrobusów predestynują je do obsługi linii o dużej gęstości przystanków;
- trasa ma względnie płaski profil pionowy – przy obecnym zaawansowaniu i sprawności procesu rekuperacji powinno się preferować linie bez znacznych deniwelacji w przebiegu trasy;
- linia stanowi element systemu skoordynowanej obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami – wymagane synchronizacją rozkładów jazdy dłuższe postoje wyrównawcze na pętłach mogą być dzięki temu efektywnie wykorzystane na doładowanie zasobników energii;

- jest ona podatna na kongestię drogową – jej trasa charakteryzuje się dużą liczbą zatrzymań autobusów pomiędzy przystankami i niewielką prędkością jazdy pomiędzy tymi zatrzymaniami;
- niska prędkość techniczna zdeterminowana jest także przyczynami innymi niż kongestia (np. przebieg trasy przez strefy ograniczonego ruchu – z pierwszeństwem pieszych i rowerzystów, obszary uspokojonego ruchu „Tempo 30” i inne);
- przebieg trasy obejmuje planowane przyszłe strefy ekologiczne dla pojazdów mechanicznych (w szczególności okolice obiektów zabytkowych).

Kierując się powyższymi przesłankami, można nakreślić scenariusz wprowadzania pojazdów zeroemisyjnych do obsługi poszczególnych zadań przewozowych w sieci komunikacyjnej rzeszowskiej komunikacji miejskiej.

Celem, jaki Miasto zamierza osiągnąć określonym wyborem linii, jest ograniczenie wykorzystania autobusów z napędem spalinowym w zurbanizowanej części Rzeszowa, w szczególności w centrum miasta i w największych osiedlach mieszkaniowych. Liniami komunikacyjnymi, które byłyby odpowiednie do obsługi taborem zeroemisyjnym, powinny być więc takie, których trasa w głównej mierze obejmuje centralną część miasta, o gęstej zabudowie mieszkaniowej oraz największe osiedla mieszkaniowe. Liniami obsługiwanymi taborem zeroemisyjnym powinny być jednocześnie linie o wysokiej częstotliwości kursowania.

W opracowanej w 2018 r. „Analizie kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych i napędzanych gazem ziemnym dla miasta Rzeszowa” uwzględniono realizację projektu „Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie”, w którym dokonano wyboru pierwszych linii do obsługi taborem zeroemisyjnym – przeciwbieżnych linii okólnych 0A i 0B – z trasami prowadzącymi przez centralne dzielnice miasta. Linie te jako łączące wiele źródeł podróży przeznaczono więc do obsługi taborem zeroemisyjnym w pierwszej kolejności. Obsługa tych linii autobusami elektrycznymi została uruchomiona w 2019 r. Trasa obydwu linii obejmuje główne ulice miasta o bardzo intensywnym ruchu miejskim i gęstej sieci przystanków – w obszarze intensywnej zabudowy śródmiejskiej. Stacja szybkiego ładowania wybudowana przy ul. Grottgera na pl. Dworcowym, dedykowana liniom 0A i 0B, jest już obecnie intensywnie wykorzystywana nie może być przeznaczona do zasilania pojazdów zeroemisyjnych innych linii.

Do obsługi taborem zeroemisyjnym wskazano w Analizie kosztów i korzyści z 2018 r., poza liniami 0A i 0B, następujące linie komunikacyjne:

- w pierwszej kolejności – linie 10, 18 i 19 – ze stacją ładowania szybkiego na pętli Łukasiewicza (opcjonalnie na pętli Obrońców Poczty Gdańskiej);

- w drugiej kolejności – linia 42 – z wykorzystaniem stanowisk doładowania na pl. Dworcowym z ewentualną ich rozbudową oraz linia 30 ze stacją ładowania szybkiego na pętli Mikołajczyka;
- w trzeciej kolejności – linie 13, 17, 27 i 34 – ze stacją ładowania szybkiego na pętli Lwowska Szpital;
- w czwartej kolejności – linie 23, 24 i 30 – ze stacją ładowania szybkiego na pętli Matuszcza.

Jednocześnie przewidziano budowę stanowisk ładowania wolnego (nocnego) na placu zajezdni przy ul. Lubelskiej, docelowo po jednym na autobus.

W stosunku do propozycji opracowanych w 2018 r. występuje, wobec stanu obecnego funkcjonowania sieci komunikacji miejskiej, potrzeba aktualizacji założeń sprzed trzech lat.

Według stanu z 20 listopada 2021 r. połączeniami o charakterze priorytetowym są cztery linie – 0A, 0B, 18 i 19, kursujące co ok. 12 minut w szczytach przewozowych. Linie 0A oraz 0B są już obsługiwane autobusami zeroemisyjnymi, do ich obsługi mają być także przeznaczone dwa dodatkowe autobusy klasy mega, planowane do zakupu w 2023 r.

Liniami o wysokiej częstotliwości kursowania, o charakterze linii podstawowych, jest sześć linii: 4, 12, 13, 17, 30 i 34, dla których liczba kursów w dniu powszednim przekracza 40. Trasa linii 4 przekracza minimalnie granicę miasta, korzystając z pętli przy Centrum handlowym Auchan już na terenie gminy Krasne. Z kolei linia 12 wybranymi kursami obsługuje miejscowość Siedliska, położoną poza granicami miasta w gminie Lubenia. Trasy linii: 13, 17, 30 i 34 zawierają się w granicach Rzeszowa. Linie te powinny być w pierwszej kolejności brane pod uwagę przy wyborze linii obsługiwanych taborem zeroemisyjnym.

W rozkładach jazdy linii autobusowych obsługiwanych przez MPK-Rzeszów sp. z o.o. zasada rytmiczności odjazdów występuje w ograniczonym zakresie. Dla części linii można zauważyć – w pewnych porach dnia – rytmiczne odjazdy, ale bardzo często zasada rytmiczności jest zakłócona dostosowaniem niektórych, wybranych kursów do określonych potrzeb (szkół lub zakładów pracy), a przesunięcie nawet jednego kursu powoduje konieczność dostosowania innych kursów w zadaniu przewozowym. Warto jednak zaznaczyć, że pełna rytmiczność kursów jest rozwiązaniem bardzo korzystnym dla pasażerów, gdyż takie rozkłady jazdy powodują łatwiejszą koordynację pomiędzy różnymi liniami autobusowymi na wspólnych odcinkach tras, a to daje poczucie znacznie wyższej częstotliwości kursowania, niż w przypadku zupełnie indywidualnych rozkładów jazdy, konstruowanych odrębnie dla poszczególnych linii.

Rytmiczne rozłożenie kursów linii pomiędzy sobą ustala się na pierwszym wspólnym przystanku dla różnych linii. Zakłócenia rytmiczności spowodowane są funkcjonowaniem zasady

dynamicznej zmiany poróżnicowania czasów przejazdu, co powoduje „luki” pomiędzy kolejnymi kursami, bądź „zbliżenie się” kolejnego kursu do poprzedniego. Ewentualna zmiana sposobu wyznaczaniu pór zmienności czasów jazdy na statyczne, spotęgowałby natomiast opóźnienia lub spowodowałaby konieczność oczekiwania na przystankach w kursach rozpoczynających się tuż przed zmianą strefy czasowej.

W większości przypadków w rzeszowskiej komunikacji miejskiej rozkłady jazdy nie przewidują jednak rytmicznej częstotliwości (np. 20, 40 czy 60 minut), ale jedynie częstotliwość do takich zbliżoną – wskutek dostosowywania poszczególnych kursów pod określone potrzeby.

Aby jednak z jednej strony zapewnić pasażerom w miarę rytmiczne odjazdy, a z drugiej – optymalizować długość postoju na pętlach, w Rzeszowie stosuje się zmiany w przypisaniu pojazdów do linii. Konieczne jest to w szczególności w przypadku linii, których rozkłady jazdy wzajemnie się uzupełniają – na przykład na liniach 18 i 19. Przyjmuje się utrzymanie tej zasady także po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego w takim zakresie, aby autobusy zeroemisyjne były optymalnie wykorzystane w okresie całego dnia. Zachowana byłaby przy tym zasada z ładowywaniem baterii co kilka kursów na pętlach z ładowarkami.

Trasy linii wybieranych do elektryfikacji powinny przebiegać przez obszary o gęstej zabudowie mieszkaniowej, wskutek czego korzyści środowiskowe wynikające z wyeliminowania emisji zanieczyszczeń oraz obniżenia hałasu, dotyczyłyby znacznej liczby mieszkańców Rzeszowa.

Przy poszukiwaniu możliwości wprowadzenia do eksploatacji taboru elektrycznego, wręcz samo nasuwa się rozwiązanie polegające na instalacji stacji szybkiego ładowania autobusów urządzonych na pętlach, które stanowią przystanki początkowo-końcowe dla wielu linii autobusowych.

Takimi pętlami są niżej wymienione – obsługujące odpowiednio następującą liczbę linii:

- Bardowskiego – 10;
- Lubelska Zajeżdźnia MPK – 8;
- Bł. Karoliny – 7;
- Przemysłowa Urząd Celny – 6;
- Cienista Cmentarz – 5;
- Dworzec Lokalny – 5;
- Łukasiewicza – 5;
- Ob. Poczty Gdańskiej – 5.

W niektórych przypadkach pętla obsługiwana jest jedynie wybranymi kursami w ramach danej linii.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

W kontekście powyższych rozważań, niezależnie od możliwej elektryfikacji poszczególnych zadań przewozowych, połączonych wspólnym obiegiem taboru na różnych liniach, proponuje się w wariantcie elektrycznym, aby przydział nowych linii do obsługi taboru zeroemisyjnym przedstawiał się następująco:

- w pierwszej kolejności – linie priorytetowe 18 i 19, korzystające z dwustanowiskowej ładowarki pantografowej na pętli Łukasiewicza;
- w drugiej kolejności – linia podstawowa 30 oraz uzupełniająca 11, korzystające z dwustanowiskowej ładowarki na pętli Matuszczaka, z ładowarki tej także korzystać w miarę możliwości linie 23 i 24;
- w trzeciej kolejności – linie podstawowe: 13, 17 i 34, z instalacją ładowarki na pętli Lwowska Szpital, z co najmniej dwoma stanowiskami do ładowania;
- w czwartej kolejności – linia podstawowa 4 oraz uzupełniająca 31, z instalacją ładowarki na terenie zajezdni przy ul. Lubelskiej lub w bezpośrednim jej pobliżu, z ładowarki tej w miarę możliwości mogłyby także korzystać autobusy linii 33;
- w dalszej kolejności w miarę potrzeb inne wybrane linie.

Trasy wymienionych wyżej linii prowadzą przez osiedla o zabudowie wielorodzinnej i mieszaną, a część trasy linii 42 obejmuje tzw. ring śródmiejski, co stanowi dodatkowy atut do budowy stacji ładowania na os. Kotuli lub równocześnie na osiedlach Kotuli i Zalesie.

Zastrzec jednak należy, że planowana jest optymalizacja siatki połączeń wraz z rozkładami jazdy, w rezultacie której numeracja oraz przebieg wymienionych wcześniej linii, mogą ulec zmianie. Dopiero po wdrożeniu optymalizacji możliwe będzie więc jednoznaczne wskazanie kolejnych linii komunikacyjnych, na których przewidziana będzie eksploatacja autobusów elektrycznych.

Jednocześnie z elektryfikacją linii wymienionych w drugiej lub trzeciej kolejności, w zajezdni autobusowej MPK-Rzeszów sp. z o.o. przy ul. Lubelskiej powinna zostać zainstalowane dodatkowe stanowisko z ładowarką pantografową o standardowej mocy 400 kW. Z ładowarki tej mogłyby korzystać autobusy tych linii, które w poszczególnych kursach odbywają postoje wyrównawcze w zajezdni lub też zjeżdżają do niej na długie przerwy socjalne kierowców.

W wariantcie wodorowym obsługiwane byłyby te same linie, z tym że liczba zainstalowanych ładowarek byłaby mniejsza, bowiem część kursów wykonywałyby autobusy wyposażone w ogniwa paliwowe, tankowane wodorem na stacji w zajezdni.

Obecne działania polegające na urealnieniu czasów przejazdów zmierzają do zwiększenia rytmiki kursowania autobusów na liniach uzupełniających. W przygotowaniu są już rozkłady jazdy linii oparte o opisane założenia.

Zaleca się również modyfikację rozkładów jazdy, polegającą na zwiększeniu rytmiki kursowania autobusów, niezależnie od skali oferowanej podaży usług przewozowych. Takie działania nie tylko poprawi warunki przemieszczania się mieszkańców po terenie miasta, ale też zdecydowanie ułatwi zaplanowanie doładowania pojazdów elektrycznych na poszczególnych pętlach.

Wraz z wyborem linii do obsługi taborem zeroemisyjnym należy także określić niezbędną pojemność baterii autobusu. Ciężar pakietu baterii o pojemności około 30 kWh wynosi w przybliżeniu 300 kg. Dla autobusu standardowego, ładowanego wyłącznie w zajezdni, w celu zapewnienia przebiegu 200 km, pakiet baterii pojazdowych (przy założeniu braku ogrzewania elektrycznego i zastosowaniu agregatu spalinowego) powinien posiadać pojemność nie mniejszą niż 240 kWh, co przekłada się na ciężar baterii rzędu 2,4 tony. W praktyce, z uwagi na zakres pracy baterii z reguły znacznie niższy od przedziału 0-100% naładowania i ze względu na możliwość wystąpienia warunków ruchu gorszych niż typowe (kongestia, inne utrudnienia), bezwzględnie wymagana byłaby jeszcze około 30% rezerwa pojemności baterii.

Właśnie takie rozwiązanie – baterie o pojemności użytecznej ponad 300 kWh w pojeździe 12-metrowym – zastosowano w testowych autobusach kilku marek. Pojazd MAN Lion's City 12E o nieco większej długości (12,2 m) wyposażony został w baterie o pojemności nominalnej 480 kWh oraz użytkowej 387 kWh, autobus Solaris Urbino electric 12 wyposażono w wersji testowej w baterie o pojemności nominalnej 395 kWh, a użytkowej 316 kWh, z kolei autobus Yutong E12LF w zasobniki energii o pojemności użytecznej 374 kWh.

Autobusy te nie są obecnie dostosowane do ładowania szybkiego na pętlach, uzupełnienie energii odbywa się w nich na terenie zajezdni, poprzez złącze plug-in. Przy przeciętnych warunkach pracy pojazdu (brak wysokich temperatur powietrza, brak silnych mrozów, stosunkowo płaski teren), taka pojemność baterii powinna wystarczyć do obsługi całodziennych zadań w większości przypadków. Pomimo tego, zastosowanie ogrzewania elektrycznego w autobusach testowych, nie zapewnia w polskim klimacie, w trudnych warunkach użytkowania, pewności pokonania przez autobus 250-300 km bez konieczności doładowania (doświadczenia z testów w różnych miastach). Istotnym utrudnieniem jest występowanie silnych mrozów, upałów albo też obsługa terenu o zróżnicowanej wysokości (zużyta energia na pokonanie różnicy

wysokości jest odzyskiwana w niewielkim stopniu). Większe pojemności baterii stosuje się przeważnie tylko w autobusach przegubowych, np. Irizar ie bus 18 m obsługujący linię w Luksemburgu wyposażono w baterie o pojemności 525 kWh.

Opisanego rodzaju autobusy elektryczne, z uwagi na duży ciężar baterii, posiadają znacznie wyższą masę własną od pojazdów standardowych z napędem Diesla, czyli ponad 14 ton, co wpływa na konieczność zmniejszenia maksymalnej pojemności pasażerskiej pojazdu – w celu nieprzekroczenia dopuszczalnych nacisków na oś pojazdu oraz dopuszczalnej masy całkowitej. Większy ciężar pojazdu wymaga także dostosowania nawierzchni dróg i placów, szczególnie pętli z miejscem postoju pojazdu. Z tego względu operowanie pojazdami ładowanymi wyłącznie w zajezdni, nie zawsze jest zalecane.

W niniejszej analizie przyjęto zakup autobusów zeroemisyjnych z szybkim doładowaniem na pętlach, jako rozwiązanie o większej pewności poprawnego funkcjonowania w trudnych warunkach eksploatacyjnych.

Zużycie energii przez przeciętny autobus elektryczny oraz trolejbus zależy nie tylko od nowoczesności zastosowanych rozwiązań (wyższa sprawność urządzeń, ograniczenie zwykłego zużycia energii przez nowe technologie), ale także od liczby zainstalowanych urządzeń korzystających z pokładowej energii elektrycznej. W eksploatowanych od wielu lat trolejbusach, pobór energii przez urządzenia pokładowe sięga nawet 35% całości jej zużycia. Dotyczy to nie tylko systemów funkcjonowania pojazdu (zasilanie w sprężone powietrze, wentylacja i klimatyzacja, oświetlenie wewnętrzne, obsługa autokomputera i urządzeń towarzyszących, łączność z serwerami i dyspozytorem, itp.), ale także elementów informacji i obsługi pasażerskiej oraz komfortu przewozu i zapewnienia bezpieczeństwa. Znaczącymi odbiornikami energii w pojeździe elektrycznym są: system i wyświetlacze informacji pasażerskiej, w tym zapowiedzi głosowe kolejnych przystanków, monitoring, zasilanie automatu biletowego, systemy zliczania pasażerów, sieć Wi-Fi i porty USB, klimatyzacja przestrzeni pasażerskiej itd.

Zużycie energii przez pojazd elektryczny waha się w dość szerokich granicach, wynikających z warunków jazdy oraz z wyposażenia pojazdu. Przeciętne zużycie energii przez obecnie eksploatowane autobusy elektryczne klasy maxi w komunikacji miejskiej waha się od 0,9 do 1,3 kWh/km. Można przyjąć, że przy eksploatacji taboru 12-metrowego i przy standardowym dla rzeszowskiej komunikacji miejskiej wyposażeniu autobusu, bez ogrzewania elektrycznego, przy obsłudze obszarów o gęstej sieci ulic i w relatywnie trudnych warunkach ruchowych oraz specyfice klimatycznej miasta, średnie zużycie energii wyniesie ok. 1,3 kWh/km.

W Rzeszowie średnie zużycie energii na wozokilometr w 2020 r. wyniosło aż 1,44 kWh (z uwzględnieniem sprawności ładowarek), natomiast z wykonania w I połowie 2021 r. wynika, że w 2021 r. zużycie energii osiągnie nieco niższy poziom, około 1,33 kWh/km. Dla dalszych

analiz przyjęto średnioroczne zużycie energii przez autobus klasy maxi w wysokości 1,30 kWh/km.

Zużycie energii elektrycznej wzrasta, w okresach upałów, przy pracującej klimatyzacji, baterie pojazdu powinny więc posiadać pewien zapas pojemności, dla pokrycia zwiększonego zapotrzebowania na energię przy intensywnie pracującej klimatyzacji, nawet jeśli urządzenia klimatyzacyjne wspomagane są pompą ciepła.

Bardzo istotnym czynnikiem wpływającym na zużycie energii w eksploatowanych autobusach, jest ich system ogrzewania wnętrza w okresie zimowym. Ustawa o elektromobilności za autobus zeroemisyjny uznaje autobus, którego silnik nie emituje gazów cieplarnianych i innych substancji szkodliwych (art. 2 pkt 1), nie odnosząc się do innych systemów pokładowych. Autobusem zeroemisyjnym będzie więc także autobus z ogrzewaniem wnętrza z zastosowaniem oleju opałowego. Nagrzewnice olejowe zużywają nawet kilka dm³ oleju na godzinę pracy, są więc dodatkowym źródłem emisji gazów cieplarnianych i emisji innych zanieczyszczeń do atmosfery. Autobus z takim systemem ogrzewania nie jest więc de facto w zimie zupełnie zeroemisyjny.

W niektórych autobusach i w trolejbusach stosuje się system elektrycznego ogrzewania wnętrza. Ten model ogrzewania wpływa jednak bardzo wyraźnie na wzrost zużycia energii w zimie, szczególnie w autobusach z układem drzwi 2-2-2, nieposiadających możliwości indywidualnego ich otwierania przez pasażerów, wskutek szybkiego wychładzania wnętrza podczas postoju na przystankach.

Na podstawie wieloletnich doświadczeń z eksploatacji trolejbusów w Gdyni i w Lublinie, określone zużycie energii na ogrzewanie wnętrza pojazdu w mroźnej zimie, można szacować nawet do 0,9 kWh w przeliczeniu na każdy 1 km pokonywanej trasy. W rzeszowskich warunkach ruchowych i klimatycznych należy przyjąć maksymalne zużycie energii przez autobus elektryczny klasy maxi z ogrzewaniem elektrycznym na poziomie $1,30 + 0,75 = 2,05$ kWh w przeliczeniu na każdy 1 km trasy.

W tabeli 9 przedstawiono szacunkowe wyliczenia niezbędnej pojemności baterii dla autobusów klasy maxi dla linii priorytetowych i podstawowych rzeszowskiej komunikacji miejskiej. Z uwagi na często zmieniające się rozkłady jazdy i wprowadzanie wariantów przebiegu trasy linii zgodnie ze zmieniającym się zapotrzebowaniem pasażerów, uwzględniono maksymalną długość trasy linii podaną przez Miasto. W rzeczywistości tak skrajne warunki wystąpią dość rzadko, z uwagi na zdecydowanie krótszą długość trasy znacznej części wariantów trasy linii. Obliczona pojemność baterii zapewni obsługę linii w skrajnych przypadkach, a czas ładowania w rzeczywistych warunkach będzie najczęściej znacznie krótszy. Nie bez znaczenia jest

także stosowana praktyka przydziału dla pojazdów zadań obejmujących wiele linii, pozwalająca na efektywniejsze wykorzystanie taboru.

Przyjęto, że bateria autobusu nie może się rozładować poniżej poziomu 20% jej pojemności nominalnej, uwzględniając także spadek pojemności baterii związany z jej wiekiem – na poziomie 1,5% rocznie. Aby zapewnić racjonalny czas szybkiego ładowania autobusów elektrycznych na przystankach krańcowych, przyjęto ponadto, że moc ładowarki zainstalowanej na pętli powinna wynosić 400 kW (przy sprawności wynoszącej 95%).

Tab. 9. Szacunek wymaganej pojemności baterii autobusów elektrycznych w celu obsługi linii wybranych do elektryfikacji

Linia	Przeciętna długość dwóch kółek	Zużycie energii		Czas ładowania		Pojemność baterii	
		lato	zima	lato	zima	obliczona lato/zima	proponowana
	[km]	[kWh]	[kWh]	[min]	[min]	[kWh]	[kWh]
0A	37,6	48,8	77,0	8,2	12,8	69/109	90
0B	36,1	46,9	74,0	7,8	12,3	67/105	90
4	50,9	66,1	104,3	11,0	17,4	94/147	120
12	79,2	103,0	162,4	17,6	27,1	146/229	160
13	67,2	87,4	137,8	14,5	23,0	124/195	160
17	52,0	67,6	106,6	11,3	17,8	96/151	120
18	49,6	64,5	101,7	10,7	16,9	91/144	120
19	44,1	57,3	90,4	9,6	15,1	81/128	120
30	36,3	47,2	74,4	7,8	12,4	67/105	90
34	74,7	97,0	153,0	16,2	25,5	137/216	160

Źródło: opracowanie własne.

Zestawienie zawarte w tabeli 9 ma jednak charakter przede wszystkim poglądowy, gdyż przy proponowanym zachowaniu obecnych częstych zmian w przypisaniu pojazdów do linii, kolejne kursy realizowane byłyby na różnych parach linii zestawionych spośród wymienionych w tabeli oraz o różnej długości wariantów tras.

Przedstawione czasy ładowania są dość długie z dodatkowym ogrzewaniem spalinowym, a bardzo długie z ogrzewaniem elektrycznym w okresie zimowym. Oznacza to, że nabywane autobusy zeroemisyjne powinny być wyposażone w ogrzewanie spalinowe – na olej napędowy lub gaz (CNG, LPG). Pomimo tego, wymagana dla większości linii pojemność baterii i czas postoju na pętli dla doładowania baterii i tak są znaczące.

Czas ładowania rozładowanej baterii autobusu na pętli zależy od jej pojemności, ale także od mocy dyspozycyjnej ładowarki. Przyjęta maksymalna moc ładowania 400 kW powoduje, że konieczny postój pojazdu na pętli może być relatywnie krótszy, a efektywność wykorzystania pojazdów większa. Przy mniejszej wydajności ładowarki niezbędne czasy doładowania baterii zdecydowanie by się wydłużyły, a autobusy znaczną część czasu na trasie zmuszone byłyby poświęcać na postój na pętlach, podłączone do ładowarki. Czas postoju można skrócić o połowę, doładowując baterie pojazdu po każdym kółku, lecz łączny czas postoju nie ulega w takim przypadku skróceniu, a jedynie podziałowi na dwie części.

Większa pojemność baterii autobusu pozwala jednocześnie na okresowe niedoładowanie pojazdu, zgromadzona w bateriach energia jest bowiem wówczas większa niż jej zużycie w kursach pomiędzy ładowaniami. Zwiększa to elastyczność dysponowania taborzem oraz zmniejsza ryzyko awaryjnego zjazdu z trasy z powodu wyczerpania zasobów energii.

Obsługę dwóch par kursów na linii 30 w lecie umożliwiłyby autobusy z bateriami o mniejszej pojemności – ok. 90 kWh. Pojemność ta może być jednak niewystarczająca w okresie wzmożonego zapotrzebowania w pojeździe na energię, generowanego przez urządzenia klimatyzacyjno-wentylacyjne. Zalecane jest więc wprowadzanie autobusów elektrycznych o ujednoliconej pojemności baterii – w celu umożliwienia swobodnego dysponowania pojazdami na poszczególnych liniach i pewności ich eksploatacji w każdych warunkach pogodowych oraz ruchowych. Pojemność baterii autobusów zeroemisyjnych powinna więc wynosić ok. 160 kWh dla autobusu klasy maxi. Większa pojemność baterii pozwala na układanie zadań z wykorzystaniem autobusów elektrycznych w wybranych kursach na odcinkach nawet niezakończonych stacją szybkiego ładowania. Zwiększa się więc też elastyczność w planowaniu zadań i czasu pracy taboru oraz kierowców. Zmniejsza jednak jednocześnie pojemność pasażerską pojazdu i podnosi jego cenę. Dla autobusu elektrycznego z taką baterią można zaplanować przejazd dłuższej trasy bez ładowania (np. 4 kursów), po czym przewidzieć dłuższą przerwę na uzupełnienie energii w bateriach.

Zastosowanie w autobusach zeroemisyjnych doładowywanych na pętlach baterii o pojemności 160 kWh nie byłoby wystarczające dla części linii w okresie zimowym – przy zastosowaniu ogrzewania elektrycznego. Zakłada się więc, że pojazdy wyposażone zostaną w dodatkowe ogrzewanie spalinowe (gazowe lub na olej napędowy).

Dla autobusów klasy mega zużycie energii jest większe, zatem i pojemność baterii musi być wyższa. Na podstawie doświadczeń miast eksploatujących autobusy elektryczne różnych klas można stwierdzić, że zużycie energii przez autobus elektryczny przegubowy jest o 30-35% wyższe niż dla autobusu standardowego, zatem zalecana pojemność baterii dla autobusu klasy

mega to 210 kWh. Z kolei zużycie energii przez autobus elektryczny klasy midi lub mini jest odpowiednio mniejsze niż dla autobusu standardowego.

Powyższe wyliczenia mają jednak charakter wyłącznie szacunkowy – dla potrzeb analizy kosztów i korzyści – wskutek czego nie mogą stanowić jedynej podstawy do ostatecznego doboru pojemności baterii autobusów.

Powyższe uwagi odnoszą się do autobusów elektrycznych z doładowywaniem za pomocą pantografu także w wariantcie wodorowym. Natomiast autobusy elektryczne wyposażone w ogniwa paliwowe powinny być zakupione z takimi zasobnikami wodoru, które pozwolą na wykonanie niemal każdego dziennego zadania, bez konieczności zajeżdżania na bazę w celu uzupełnienia paliwa. Dysponowanie tymi autobusami będzie więc podobne do dysponowania autobusami spalinowymi.

Wykorzystanie pojazdów elektrycznych można zwiększyć, stosując cykliczne zmiany w przypisaniu autobusów do obsługiwanych linii, odbywające się w obrębie pętli integrujących grupy linii i powodujące skrócenie czasu oczekiwania na pętlach na rozpoczęcie kolejnego kursu, a w konsekwencji – zmniejszające liczbę ekspediowanych na trasy autobusów. Linie przeznaczone do obsługi taboru zeroemisyjnym mogą też być w określonych porach dnia obsługiwane pojazdami z tradycyjnym napędem Diesla lub w wariantcie wodorowym wyposażonymi w ogniwa paliwowe. Analogicznie, autobusy elektryczne dostosowane do ładowania za pomocą pantografu mogą być wykorzystywane na innych liniach, których trasy kończą się na pętlach ze stacją ładowania szybkiego.

Miasto Rzeszów może docelowo wybrać także zupełnie inne linie do obsługi taboru zeroemisyjnym w kolejnych etapach, jeśli zostanie to odpowiednio uzasadnione.

6.6. Planowane nakłady inwestycyjne

Przewidywane (przyszłe) koszty zakupu jednostek taborowych przyjęto na podstawie wyników rozstrzygniętych postępowań przetargowych w latach 2019-2021. Uwzględniono także wyniki postępowań przetargowych na dostawę autobusów zasilanych olejem napędowym oraz CNG w ramach realizacji projektów „Rozwój systemu transportu publicznego w Rzeszowie” oraz „Integracja różnych form publicznego transportu zbiorowego w Rzeszowie”.

Nakłady na tabor przyjęto w kwotach netto, wynoszących za jeden autobus fabrycznie nowy odpowiednio:

- 0,89 mln zł – z silnikiem na olej napędowy, o długości ok. 8 m;
- 0,90 mln zł – z silnikiem na olej napędowy, o długości ok. 10 m;
- 0,98 mln zł – z silnikiem na olej napędowy, o długości ok. 12 m;
- 1,42 mln zł – z silnikiem na olej napędowy, o długości ok. 18 m;
- 1,03 mln zł – z silnikiem na CNG, o długości ok. 10 m;;

- 1,12 mln zł – z silnikiem na CNG, o długości ok. 12 m;
- 1,62 mln zł – z silnikiem na CNG, o długości ok. 18 m;
- 1,42 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany za pomocą pantografu i poprzez plug-in, o długości ok. 8 m;
- 2,37 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany za pomocą pantografu i poprzez plug-in, o długości ok. 12 m;
- 3,44 mln zł – z silnikiem elektrycznym, ładowany wyłącznie poprzez plug-in w zajezdni, o długości ok. 18 m;

Dla autobusów używanych zasilanych olejem napędowym, po 8-letnim okresie wcześniejszej eksploatacji, cenę zakupu przyjęto w wysokości netto odpowiednio: 0,20 mln zł dla pojazdu o długości ok. 8 m, 0,25 mln zł dla pojazdu o długości ok. 10 m, 0,30 mln zł dla pojazdu o długości ok. 12 m oraz 0,35 mln zł dla pojazdu o długości ok. 18 m. Przyjęto, że ceny te uwzględniają konieczność dostosowania jednostek taborowych do wymogów rzeszowskiej komunikacji miejskiej.

W przypadku decyzji o zakupie i wprowadzeniu do eksploatacji autobusów elektrycznych doładowywanych na pętlach przewiduje się realizację inwestycji wspomagających:

- budowę na wybranych pętlach oraz na terenie zajezdni MPK stacji szybkiego ładowania z zasilaniem, o mocy pozwalającej na doładowanie autobusu elektrycznego w czasie nie większym niż kilkanaście minut;
- budowę w bazie MPK-Rzeszów sp. z o.o. stacji wolnego ładowania, o mocy pozwalającej na naładowanie autobusu w czasie nie dłuższym niż 4-6 godzin;
- rozbudowę stacji transformatorowych, rozdzielni i sieci zasilających oraz stanowisk postojowych oraz dostosowanie obiektów zajezdni MPK do eksploatacji dużej liczby autobusów elektrycznych.

Moc ładowarek na pętlach zależy od zużycia energii na trasie, jaka ma być przez autobus elektryczny obsługiwana oraz od rodzaju i pojemności baterii zastosowanych w autobusach, a także dopuszczalnego prądu i mocy ładowania. Ładowanie za pomocą pantografu w obecnie produkowanych autobusach pozwala na ładowanie mocą najczęściej od 200 do 400 kW, a niekiedy nawet do 500 kW. Złącze kablowe plug-in ma jednak zwykle moc przekazywaną ograniczoną do 120 kW. Od dopuszczalnej mocy ładowarki zależy czas postoju autobusu na pętli. Dłuższy czas postoju zmniejsza efektywność wykorzystania taboru, co wpływa na wyższe koszty funkcjonowania komunikacji miejskiej, a także na konieczność posiadania większej rezerwy taboru. Obecnie wraz z rozwojem techniki zalecanym rozwiązaniem jest montaż ładowarek na pętlach pozwalających na ładowanie autobusów elektrycznych z mocą do 400 kW.

Parametry ładowania w zajezdni powinny zapewnić pełne naładowanie rozładowanych baterii autobusu w czasie nie dłuższym niż czas nocnego jego postoju, zatem standardowy czas ładowania nie powinien być dłuższy niż 6 godzin. Na rynku występują ładowarki o małej (40-60 kW) oraz o średniej mocy (do 120 kW) – te ostatnie najczęściej pozwalają na jednoczesne ładowanie jednego albo dwóch autobusów. Podstawową metodą dostarczania energii jest złącze kablowe plug-in, które ma jednak zwykle ograniczoną przekazywaną moc. W niektórych układach sieci i budowanych instalacjach proponuje się budowę w zajezdni ładowarek pantografowych o dużej mocy (np. 200-400 kW), pozwalających na szybkie doładowanie wysokim prądem autobusu zjeżdżającego do zajezdni na przerwę w wykonywaniu zadań. Jest to także rozwiązanie korzystne w przypadku konieczności krótkiego postoju autobusu dla szybkiego usunięcia awarii. Po naprawie tak doładowany pojazd może wyruszyć na trasę bez konieczności dłuższego wyłączenia z ruchu z powodu nienaładowanych baterii. Rozwiązanie to umożliwia także pełne doładowanie pojazdu podczas zjazdów do zajezdni w przerywanym czasie pracy autobusu.

Zalecane są ładowarki zajezdniowe o większej mocy, nie mniej niż 80 kW, pozwalające na ładowanie dwóch autobusów jednocześnie. Możliwość ładowania po kolei dwóch pojazdów w czasie przerwy nocnej pozwala na obniżenie kosztów inwestycji w instalacje sieci i rozdzielni oraz wysokości opłat operatora za moc zamówioną, wymaga jednak zapewnienia odpowiedniej obsługi na zmianie nocnej. Co najmniej jedno urządzenie powinno mieć charakter mobilny, umożliwiając przemieszczanie go po terenie zajezdni. Ułatwi to ładowanie pojazdów w sytuacjach awaryjnych.

Opisane rozwiązanie wymaga także posiadania placu umożliwiającego parkowanie obok stanowiska podłączeniowego dwóch autobusów. Przystawianie pojazdów w okresie postoju nocnego wymagałoby dodatkowej pracy kierowcy w porze nocnej i obarczone jest większym ryzykiem kolizji, w związku z czym zdecydowanie nie jest rekomendowane.

MPK-Rzeszów sp. z o.o. posiada place postojowe dla autobusów pozwalające na instalację ładowarek dla autobusów elektrycznych, wymagają one jednak prac dostosowawczych.

Elementem inwestycji związanej z systemem ładowania nocnego autobusów jest konieczność dostosowania instalacji doprowadzających energię elektryczną do zajezdni oraz do ładowarek. W wariantach elektrycznym i wodorowym przyjmuje się rozpoczęcie eksploatacji bateryjnych autobusów elektrycznymi, z zapewnieniem ładowarek o mocy nie mniejszej niż 40 kW na jeden autobus. Niezbędna byłaby więc rozbudowa sieci zasilającej, rozdzielni i stacji transformatorowej w celu umożliwienia dostarczenia takiej mocy do instalacji ładowania autobusów.

Przy docelowym użytkowaniu w wariantach elektrycznych łącznie 69 autobusów elektrycznych, przy współczynniku jednoczesności 85%, wymagana moc dostarczona przez rozdzielnię byłaby rzędu 2,4 MW. Dla umożliwienia dostarczenia takiej mocy powinna być rozbudowana instalacja zasilająca zajezdnię. W obydwu wariantach rozbudowa byłaby konieczna przed wprowadzeniem do ruchu znacznej liczby pojazdów elektrycznych, czyli przed 1 stycznia 2025 r.

Koszt inwestycji dla potrzeb eksploatacji autobusów elektrycznych przyjęto w wysokości szacunkowej w kwocie 2,5 mln zł na przebudowę instalacji zasilania zajezdni, rozdzielni oraz obiektów obsługi autobusów do poniesienia najpóźniej w 2024 r. oraz 0,5 mln zł na dalszą rozbudowę do poniesienia najpóźniej w 2027 r. W wariantach elektrycznym i wodorowym przewidziano ponadto instalację na terenie zajezdni szybkiej ładowarki pantografowej o mocy rzędu 400 kW, nie wymagałaby ona jednak znacznego zwiększenia poziomu mocy zamawianej, gdyż jej wykorzystywanie nie zbiegało by się z korzystaniem z wolnych ładowarek zajezdniowych w okresie postoju nocnego.

W wariantcie wodorowym przyjęto dodatkowo instalację na terenie zajezdni przy ul. Lubelskiej stacji tankowania wodoru wraz z niezbędnymi zbiornikami tego paliwa. Inwestycję tą ponosiłby jednak zewnętrzny operator stacji, a koszt jej instalacji oraz użytkowania zawarty byłby w cenie dostarczanego paliwa. Kosztów tych nie ujmowano więc w analizie. Przyjęto natomiast ryczałtowe koszty przystosowania obiektów i wyposażenia do eksploatacji autobusów wodorowych, w wysokości 0,5 mln zł. MPK-Rzeszów sp. z o.o. eksploatuje już autobusy zasilane CNG, lotnym paliwem gazowym o własnościach wybuchowych, także magazynowanym w zbiornikach na dachach autobusów, koszty adaptacji nie będą więc zbyt duże.

Ryczałtowy koszt instalacji punktów wolnego ładowania na terenie zajezdni operatora przyjęto w analizie na uśrednionym poziomie 75 tys. zł na autobus.

Osiągane w przetargach w latach 2019-2020 ceny za jedną szybką ładowarkę wynosiły średnio ok. 330 tys. zł. Uwzględniając dodatkowe nakłady na przebudowę nawierzchni stanowiska dojazdowego, ryczałtowy koszt instalacji do szybkiego ładowania (na pętli), założono w wysokości 750 tys. zł na jedno stanowisko ładowania autobusu.

Przy kolejnych zakupach autobusów elektrycznych z doładowywaniem za pomocą pantografu założono jednoczesny zakup ładowarek zajezdniowych – po jednej na każdy autobus oraz budowę stacji ładowania na pętlach – jednej dla każdej dostarczonej kolejnej partii sześciu autobusów elektrycznych.

Podsumowując, w wariantach elektrycznych przyjęto poniesienie nakładów infrastrukturalnych w następujących kwotach (netto):

- 2,50 mln zł – na budowę zasilania oraz adaptację zajezdni MPK do potrzeb eksploatacji i utrzymania w ruchu autobusów elektrycznych, do poniesienia w 2024 r.;
- 0,50 mln zł – na dostosowanie zajezdni i wyposażenia do eksploatacji autobusów wodorowych;
- 0,50 mln zł – na rozbudowę zasilania autobusów elektrycznych, do poniesienia w 2027 r.;
- 0,075 mln zł na ładowarki zajezdniowe wolnego ładowania z zasilaniem, po jednej na każdy zakupiony autobus elektryczny;
- 0,75 mln zł na instalację szybkich ładowarek na pętlach autobusowych i zajezdni, na jedno stanowisko do ładowania;
- 0,045 mln zł – na wymianę baterii o pojemności rzędu 90 kWh po 8 latach eksploatacji baterijnego autobusu elektrycznego;
- 0,080 mln zł – na wymianę baterii o pojemności rzędu 160 kWh po 8 latach eksploatacji baterijnego autobusu elektrycznego;
- 0,105 mln zł – na wymianę baterii o pojemności rzędu 210 kWh po 8 latach eksploatacji baterijnego autobusu elektrycznego.

W przypadku instalacji ładowarki na pętli zwykle konieczne jest także kompleksowe dostosowanie układu dróg i placów – wraz z umożliwieniem omijania pojazdów korzystających w danym czasie z ładowarek, co również generuje dodatkowe koszty inwestycyjne. Nakładów tych nie uwzględniono, gdyż zwykle ich poniesienie jest zależne od polityki Miasta dotyczącej rozwoju infrastruktury przystankowej, ciągów pieszo-rowerowych, parkingów rowerowych, a nawet układu drogowego, co nie wynika jedynie z potrzeb dla taboru elektrycznego.

Nakłady niezbędne do poniesienia na zakup taboru i instalacje zasilające przedstawiono w tabeli 10. Nakłady na infrastrukturę uwzględniają także konieczność wymiany baterii w pojazdach elektrycznych (żywotność tych baterii przewidziano na 8 lat).

Tab. 10. Planowane nakłady inwestycyjne dla poszczególnych wariantów inwestycji taborowych w latach 2021-2036 [mln zł]

Lp.	Wyszczególnienie	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
1	Wariant konwencjonalny																
1.1	Autobusy ON	0,00	0,00	0,00	0,00	1,18	9,80	9,80	23,30	0,00	4,50	1,96	4,90	21,30	21,30	0,00	0,00
1.2	Autobusy CNG	0,00	0,00	21,16	6,72	0,00	0,00	22,40	6,72	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40	22,40
1.3	Autobusy elektryczne	0,00	0,00	6,87	0,00	0,00	0,00	0,00	9,48	0,00	0,00	0,00	14,22	0,00	0,00	0,00	0,00
1.4	Infrastruktura zasilania, wymiana baterii	0,00	0,00	0,15	0,00	0,00	0,45	0,00	1,05	0,00	0,00	0,21	1,20	0,00	0,45	0,00	0,00
1.5	Ogółem	0,00	0,00	28,18	6,72	1,18	10,25	32,20	40,55	0,00	4,50	2,17	20,32	21,30	21,75	22,40	22,40
2	Wariant elektryczny																
2.1	Autobusy ON	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	1,96	4,90	21,30	21,30	0,00	0,00
2.2	Autobusy CNG	0,00	0,00	21,16	0,00	0,00	0,00	8,96	22,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40	22,40
2.3	Autobusy elektryczne	0,00	0,00	6,87	76,31	0,00	0,00	56,88	9,48	0,00	0,00	0,00	14,22	0,00	0,00	0,00	0,00
2.4	Infrastruktura zasilania, wymiana baterii	0,00	0,00	0,15	8,73	0,00	0,45	5,30	0,30	0,00	0,00	0,21	3,77	0,00	0,45	1,92	0,32
2.5	Ogółem	0,00	0,00	28,18	85,04	0,00	0,45	71,14	31,95	0,00	2,95	2,17	22,89	21,30	21,75	24,32	22,72
3	Wariant wodorowy																
3.1	Autobusy ON	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	2,95	1,96	4,90	21,30	21,30	0,00	0,00
3.2	Autobusy CNG	0,00	0,00	21,16	0,00	0,00	0,00	8,96	22,17	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	22,40	22,40
3.3	Autobusy elektryczne	0,00	0,00	6,87	76,31	0,00	0,00	47,40	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3.4	Autobusy wodorowe	0,00	0,00	0,00	0,00	6,96	0,00	6,96	13,92	0,00	0,00	0,00	17,40	0,00	0,00	0,00	0,00
3.5	Infrastruktura zasilania, wymiana baterii	0,00	0,00	0,15	8,73	0,50	0,45	5,75	0,00	0,00	0,00	0,21	2,57	0,00	0,45	1,60	

Lp.	Wyszczególnienie	Rozpatrywany rok															
		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
3.6	Ogółem	0,00	0,00	28,18	85,04	7,46	0,45	69,07	36,09	0,00	2,95	2,17	24,87	21,30	21,75	24,00	22,40
4	Razem wydatki	wariant konwencjonalny						wariant elektryczny					wariant wodorowy				
		233,92						334,86					345,73				

Źródło: opracowanie własne.

7. Analiza kosztów i korzyści

7.1. Przyjęte założenia analizy kosztów i korzyści

Analizę kosztów i korzyści wykonano przyjmując dla wyliczeń finansowych ceny netto, oraz wynoszącą 4% realną stopę procentową. Dla potrzeb analizy społeczno-ekonomicznej przyjęto stopę o wartości 4,5% – jako społeczną, realną stopę dyskontową.

Analizę efektywności oparto o przyrostowe przepływy pieniężne, nie ujmując w nich amortyzacji. Przyjęto 15-letni okres analizy, odpowiadający okresowi podstawowej używalności (trwałości) pojazdów elektrycznych zasilanych energią baterijną.

W obliczeniach wykorzystano:

- prognozy ekonomiczne, opracowane na podstawie „Zaktualizowanych wariantów rozwoju gospodarczego Polski”, o których mowa w podrozdziale 7.4 – „Założenia do analizy finansowej”;
- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”;
- prognozy CUPT.

Wartość rezydualną obliczono metodą dochodową. Okres żywotności poza analizą został ujęty dla autobusów z napędem elektrycznym jako „pozostały okres żywotności autobusów”.

Koszty utrzymania taboru zostały w analizie finansowej zaprognozowane na podstawie prognozy przedstawionej przez MPK-Rzeszów sp. z o.o. Roczne koszty eksploatacji w zakresie komunikacji miejskiej prognozowane do poniesienia w 2021 r. przedstawiono w tabeli 11. Na podstawie powyższych danych obliczono następnie wskaźniki jednostkowe kosztów (zł/km).

Do obliczeń przyjęto koszt jednostkowy kilowatogodziny – na podstawie danych MPK-Rzeszów sp. z o.o. – w wysokości 0,75 zł netto, poniesiony w I połowie 2021 r.

W tabeli 12 przedstawiono podstawowe wskaźniki eksploatacyjne przyjęte do obliczeń dla autobusów z napędem Diesla oraz bateryjnych elektrycznych.

Dla autobusów elektrycznych przyjęto parametry kosztów eksploatacji (bez uwzględniania zużycia energii elektrycznej) na poziomie 70% kosztów autobusów z napędem Diesla. Jest to uzasadnione przede wszystkim brakiem lub znacznie niższym zużyciem materiałów eksploatacyjnych, takich jak płyny (AdBlue, oleje i inne) oraz zużywające się części silnika, jego osprzętu i przekładni. W przypadku autobusów elektrycznych w analizie uwzględniono koszty serwisowania stacji ładowania.

Ceny gazu ziemnego nabywanego przez MPK-Rzeszów sp. z o.o. w 2021 r. wzrosły w okresie od maja do października 2021 r. aż o 94%, aczkolwiek ich tendencja zmian odpowiada cenom rynkowym gazu w Europie, które są wynikiem spekulacji spowodowanej ograniczeniem lub ryzykiem ograniczenia dostaw gazu do Europy poprzez Ukrainę przez Federację Rosyjską, przy jednoczesnym braku uruchomienia gazociągu Nord Stream 2. Można przypuszczać, że jest to zjawisko okresowe i w dłuższym okresie czasu ceny gazu znacząco spadną. W analizie przyjęto średnią ceną gazu z okresu dziesięciu miesięcy 2021 r., jako 2,61 zł za m³ i utrzymanie tej ceny w dalszym okresie.

Ceny wodoru dla zasilania autobusów zeroemisyjnych z ogniwami paliwowymi przyjęto w wysokości 32,0 zł za m³, uwzględniając poziom aktualnych cen detalicznych, pomniejszonych o VAT, oraz przewidywany spadek cen w miarę rozwoju technologii oraz liczbę autobusów wodorowych.

Tab. 11. Prognozowane roczne koszty eksploatacji w komunikacji miejskiej MPK-Rzeszów sp. z o.o. w 2021 r. [tys. zł]

Kategoria kosztu	Wartość
Amortyzacja	1 326,7
Zużycie paliwa i smarów	20 656,4
Zużycie energii trakcyjnej	1 035,8
Ogumienie	138,7
Części zamienne	2 940,6
Pozostałe materiały	600,4
Remonty	154,5
Usługi obce	1 032,3
Wynagrodzenia	41 939,0
Narzuty na wynagrodzenia	10 070,9
Podatki i opłaty	922,0
Ubezpieczenia	1 263,3
Pozostałe koszty	43,2
Razem koszty eksploatacji	82 132,8

Źródło: dane MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Inwestycje odtworzeniowe ujęto na podstawie przewidywanych okresów użytkowania autobusów. W przypadku autobusów elektrycznych wzięto również pod uwagę wymianę baterii po 8 latach eksploatacji.

W analizie finansowej nie ujęto ewentualnych kosztów finansowania zakupu jednostek taborowych.

Tab. 12. Wskaźniki kosztów eksploatacyjnych przyjęte do analizy

Kategoria	Jednostka	Podstawa	Wartość
Średnioroczne spalanie autobusu z silnikiem na olej napędowy o normie czystości spalin:	dm ³ /100 km	dane MPK	41,91
– EURO II – do 12 m			33,15
– EURO III – do 12 m			49,13
– EURO V – do 12 m			42,39
– EURO VI – do 12 m			43,26
– EURO VI – 18 m			59,94
Średnioroczne spalanie autobusu z silnikiem na CNG o normie czystości spalin:	m ³ /100 km		
– EURO III – 12 m			59,56
– EURO V – 12 m			62,75
– EURO VI – 12 m			63,04
– EURO V i VI – 18 m			62,75
Średnia cena oleju napędowego	zł/dm ³	dane MPK	3,87
Cena energii elektrycznej	zł/kWh	dane MPK	0,751
Cena CNG	zł/m ³	Dane MPK	2,61
Koszty eksploatacji autobusów – zużycie materiałów	zł/km	dane MPK	0,32
Koszty eksploatacji autobusów – naprawy i usługi obce	zł/km	dane MPK	0,10
Współczynnik kosztów eksploatacji autobusów elektrycznych do autobusów z silnikiem Diesla (materiały i usługi)	-	dane producentów	0,70
Współczynnik kosztów eksploatacji nowych autobusów w stosunku do autobusów używanych (materiały i usługi)	-	szacunek własny	0,85
Średnie zużycie energii przez autobus elektryczny:	kWh/km	dane MPK i operatorów	
– o długości 8-10 m			1,15
– o długości 12 m			1,30
– o długości 18 m			1,50

Źródło: obliczenia własne na podstawie danych rozproszonych.

W przeciwieństwie do analizy finansowej, skupiającej się na przepływach finansowych, przedmiotem analizy społeczno-ekonomicznej jest kalkulacja kosztów i korzyści dla społeczeństwa, wynikających z realizacji – a następnie z eksploatacji – ocenianego wariantu.

Analiza została przygotowana według niżej przedstawionego schematu postępowania:

- 1) przeprowadzenie analizy odchyleń cenowych, płacowych oraz aspektów podatkowych;
- 2) ocena wpływu na środowisko;
- 3) ocena projektu z punktu widzenia mierzalnych i niemierzalnych efektów oddziaływania na środowisko.

Analiza korzyści użytkowników koncentruje się na efektach inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego, dlatego wyłączono z niej przychody MPK-Rzeszów sp. z o.o. i Miasta Rzeszowa, w szczególności wyeliminowano ich wzajemne rozliczenia w zakresie przekazywanej rekompensaty i opłat za dzierżawę autobusów. Uwzględniono natomiast korzyści w postaci oszczędności w kosztach eksploatacyjnych, które wystąpią w wyniku realizacji wybranego wariantu – zostały one przeniesione z analizy finansowej do analizy społeczno-ekonomicznej.

Do analizy kosztów i korzyści społecznych włączono wyłącznie efekty bezpośrednio wynikające z danego wariantu. Analiza nie obejmuje zatem efektów rozproszonych w gospodarce, takich jak efekty mnożnikowe.

Identyfikacji oraz zmonetyzowaniu poddano efekty zewnętrzne – zgodnie z katalogiem efektów zawartym w Załączniku III do Rozporządzenia wykonawczego Komisji UE nr 207/2015 z dnia 20 stycznia 2015 r., w wersji aktualnej na dzień 20 września 2021 r. Ze względu na specyfikę i charakter analizy, zgodnie z wymogami art. 37 ust. 2 pkt 3 ustawy o elektromobilności, ujęto w niej efekty zewnętrzne związane z emisją:

- gazów cieplarnianych (CO₂);
- gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalne skutki zanieczyszczenia powietrza);
- hałasu.

Dokonując wyceny efektów zewnętrznych zastosowano ogólne zasady metodyczne ilościowej analizy kosztów i korzyści, w tym monetyzacji efektów społeczno-ekonomicznych, które opisano w Przewodniku, Niebieskiej Księdze, a także w Vademecum Beneficjenta – wymienionych w rozdziale 2.1 opracowania. W analizie pominięto korzyści wynikające ze zwiększenia liczby pasażerów – z uwagi na przyjęte założenie jednakowego wzrostu liczby pasażerów dla każdego z wariantów.

Analizę przeprowadzono metodą różnicową, polegającą na porównaniu przepływów danego wariantu z przepływami scenariusza bazowego, zakładającego kontynuację funkcjonowania transportu publicznego w podobnym jak obecnie kształcie, lecz opóźnienie decyzji inwestycyjnych i korzystanie z taboru używanego.

Aspekty podatkowe uwzględniono w analizie społeczno-ekonomicznej, bowiem wielkości będące przedmiotem analizy finansowej wymagają korekty – w celu lepszego oddania rzeczywistych cen. Jest to niezbędne, jeśli wykorzystywane dobra i usługi, bądź produkty wynikające

z wariantu, zawierają podatek VAT lub inne podatki pośrednie albo zawierają ukryte subsydia (ewentualnie opłaty), mające na celu ograniczenie kosztów społecznych (np. w cenie energii zawarty jest pośredni podatek przeznaczony na pokrycie przyszłych kosztów ekologicznych – w takim przypadku należy uniknąć podwójnego naliczenia kosztów ekologicznych w analizie ekonomicznej).

Zgodnie z zaleceniami zawartymi w Niebieskiej Księdze, w analizie społeczno-ekonomicznej dokonano korekty cen rynkowych na ceny ukryte, które lepiej odwzorowują korzyści społeczne.

W celu wyeliminowania zakłóceń (podatkowych i innych niedoskonałości rynku) na rynku energii i rynku pracy, zastosowano współczynniki konwersji CF, przedstawione w Vademecum Beneficjenta (s. 27) – odpowiednio w wysokości:

- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie infrastruktury – 0,83;
- dla nakładów inwestycyjnych w zakresie taboru – 0,87;
- dla kosztów operacyjnych – 0,78.

Zastosowane w analizie finansowej kategorie kosztowe nie zawierają podatku VAT ani innych ukrytych opłat pośrednich, nie dokonywano zatem korekty o podatek VAT. Nie ma także konieczności ujmowania korekty podatku CIT w analizie kosztów i korzyści społecznych, ponieważ przepływy pieniężne w analizie finansowej projektu nie zawierają podatku CIT.

Poniżej przedstawiono założenia i metodę kwantyfikacji poszczególnych kategorii efektów zewnętrznych, zidentyfikowanych dla poszczególnych wariantów.

Emisja gazów cieplarnianych

Ocena oddziaływań zmian klimatycznych umożliwia określenie wartości ekonomicznej przyrostowych oddziaływań emisji gazów cieplarnianych na zmiany klimatyczne, generowanych przez pojazdy wykorzystujące infrastrukturę transportową. Emisje gazów cieplarnianych są wyrażane jako ekwiwalent CO₂, zgodnie z metodyką zawartą w opracowaniu pt. „European Investment Bank Induced GHG Footprint. The carbon footprint of projects financed by the Bank. Methodologies for the Assessment of Project GHG Emissions and Emission Variations. Version 10.1”, kwiecień 2014 r.

Jednostkowe koszty emisji gazów cieplarnianych są wprost zależne od zużycia paliwa, przy czym wskaźnik przeliczeniowy wynosi: 1 litr oleju napędowego = 2,68 kg CO₂. Wielkość emisji gazów została pomnożona przez współczynnik kosztu jednostkowego CO₂, czego wynikiem jest całkowity koszt zmian klimatycznych.

Koszt jednostkowy emisji CO₂ został przyjęty w analizie na podstawie powyższej metodyki. Zgodnie z rekomendacjami CUPT, wykorzystano scenariusz średni z tego opracowania, w którym koszt klimatyczny emisji 1 tony CO₂ oszacowano na 25 euro. Indeksacja tego kosztu

polega na dodaniu do wartości dla roku poprzedniego, wzrostu rocznego w wysokości 1 euro na 1 tonę CO₂ (w cenach z 2006 r.). W celu przeliczenia na złote, w każdym roku analizy wykorzystano średni kurs roczny EUR/PLN, podawany przez Europejski Bank Centralny (EBC). Indeksacja kosztów zmian klimatycznych jest niezależna od dynamiki PKB *per capita*.

Do obliczeń przyjęto wartości jednostkowe uzyskane zgodnie z Kalkulatorem emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego CUPT, dostępnym w serwisie internetowym tej instytucji (www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysty/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysty, dostęp: 20.11.2021 r.).

Kalkulacja ilości emisji CO₂ dla autobusów elektrycznych została oparta o zużycie energii elektrycznej oraz o wskaźnik emisyjności dla miksu energetycznego Polski. Z uwagi na zmiany miksu paliwowego w sektorze elektroenergetycznym w Polsce, uwzględniono zmiany emisyjności CO₂ w okresie analizy. Obliczeń dokonano w oparciu o scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

W tabeli 13 przedstawiono emisję gazów cieplarnianych (GHG) przy produkcji energii elektrycznej w Polsce – dane dla krajowego miksu energetycznego.

**Tab. 13. Emisja GHG przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [gCO₂/kWh]
– dane dla krajowego miksu energetycznego**

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji CO ₂ w roku [gCO ₂ /kWh]			
	2021	2025	2030	2035
Gazy cieplarniane (GHG)	792	760	660	480

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Przyszły miks energetyczny Polski – determinanty, narzędzia i prognozy, Instrat – Fundacja Inicjatyw Strategicznych, grudzień 2019, scenariusz według Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

Emisja gazów innych niż cieplarniane

Koszt związany z emisją substancji szkodliwych innych niż gazy cieplarniane (NO_x, PM, NMHC/NM VOC) został oszacowany dla scenariusza bazowego i wariantów inwestycyjnych – zgodnie z aktualnymi wartościami dopuszczalnych zanieczyszczeń dla poszczególnych norm EURO użytkowanego taboru.

Dla wariantu elektrycznego, z autobusami elektrycznymi zasilanymi z baterii, uwzględniono koszty emisji powstającej przy wytwarzaniu energii elektrycznej w Polsce, pomimo że emisję lokalną można uznać za zerową. Wielkość emisji zanieczyszczeń przy produkcji energii wyrażoną w g/kWh przedstawiono w tabeli 14.

Tab. 14. Emisja zanieczyszczeń przy produkcji energii elektrycznej w Polsce [g/KWh] – dane dla krajowego miksu energetycznego

Substancja zanieczyszczająca atmosferę	Wielkość emisji w roku [g/kWh]			
	2021	2025	2030	2035
NMHC/NMVOC	0,005	0,005	0,005	0,003
SO ₂	2,627	2,188	2,023	1,522
NO _x	1,091	0,908	0,840	0,632
PM	0,030	0,025	0,023	0,017

Źródło: opracowanie własne na podstawie: dane wyjściowe – Kalkulator emisji CUPT. Prognoza na podstawie Scenariusza Polityki energetyczno-klimatycznej (PEK). Ocena skutków planowanych polityk i środków. Załącznik 2 do Krajowego planu na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030.

Dla autobusów z silnikami Diesla, zasilanymi olejem napędowym oraz CNG i spełniającymi normy EURO VI, przyjęto wskaźniki maksymalnej emisyjności dla tego typu silników.

Emisja substancji szkodliwych, innych niż gazy cieplarniane, wpływa bezpośrednio na stan zdrowia mieszkańców obszarów przyległych do źródeł emisji liniowych. Emisja substancji szkodliwych przy wytwarzaniu energii elektrycznej rozprasa się z kolei na bardzo dużym obszarze, przez co jej oddziaływanie na stan zdrowotności mieszkańców miast jest mniejsze. Zmniejszenie emisji lokalnej ze środków transportowych zawsze korzystnie wpływa na lokalne warunki środowiskowe i poprawia warunki życia mieszkańców. Ze względów społecznych koszt emisji lokalnej należy zatem wycenić wyżej, niż koszt emisji z elektrowni, tworzącej ogólne tło zanieczyszczeń w kraju.

Wyceny wpływu lokalnej emisji substancji szkodliwych dokonano z zastosowaniem współczynnika zwiększającego – będącego iloczynem procentowego wzrostu przeciętnej gęstości zaludnienia na obszarze Rzeszowa w stosunku do przeciętnej gęstości zaludnienia w miastach w Polsce, przedstawionego w tabeli 8 w rozdziale 6.4 – oraz udziału emisji zanieczyszczeń z ciężkich pojazdów drogowych i autobusów w ogólnej emisji zanieczyszczeń transportu drogowego w Polsce¹⁷.

Emisja hałasu

Dla nowych autobusów z silnikiem Diesla, spełniających normę EURO VI, założono 5% redukcję hałasu. Obecnie stosowane silniki elektryczne, w porównaniu do silników spalinywych, niemal nie emitują słyszalnego hałasu, natomiast pozostaje emisja hałasu wynikająca

¹⁷ <http://www.kobize.pl/pl/fileCategory/id/16/krajowa-inwentaryzacja-emisji>, dostęp: 20.11.2021 r.

z toczenia się kół, pracy różnorodnych urządzeń pokładowych – szczególnie wentylatorów w układach chłodzenia – oraz pracy konstrukcji nadwozia.

Wskaźniki kosztów efektów zewnętrznych emisji hałasu zaczerpnięto z „Tablic kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści”, publikowanych w serwisie internetowym CUPT – przyjęto koszty hałasu w transporcie drogowym dla autobusu w terenie miejskim, wartości średnie.

7.2. Wyniki analizy kosztów i korzyści

Obliczenia analizy finansowej i społeczno-ekonomicznej dla wszystkich wariantów, zostały zawarte w modelu finansowym, stanowiącym Załącznik nr 1 do niniejszej Analizy Kosztów i Korzyści.

Uwzględnienie w analizie wymienionych w rozdziale 7.1 korzyści społecznych, bazuje na ujęciu różnicowym, tzn. w pierwszej kolejności obliczono finansowe koszty eksploatacji oraz koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych, emisji lokalnej oraz emisji hałasu dla scenariusza bazowego, zakładającego brak realizacji analizowanych wariantów, a następnie obliczono tożsame kategorie kosztów społecznych dla wariantów konwencjonalnego, elektrycznego i wodorowego.

Różnica pomiędzy rozpatrywanym wariantem a scenariuszem bazowym, stanowi wartość kosztów lub korzyści wynikających z realizacji danego wariantu. W przypadku, gdy różnica kosztów danego wariantu i kosztów wariantu bazowego jest dodatnia, dana kategoria efektu zewnętrznego jest kosztem, natomiast w przypadku, gdy różnica jest wynikiem ujemnym, dana kategoria efektu zewnętrznego traktowana jest jako korzyść społeczna realizacji wariantu.

W tabeli 15 przedstawiono wskaźniki oceny opłacalności efektywności finansowej porównywanych wariantów: konwencjonalnego, elektrycznego i wodorowego – w stosunku do scenariusza bazowego.

Tab. 15. Wskaźniki efektywności finansowej porównywanych wariantów

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny	wodorowy
Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-81 243,96	-141 701,3	-154 360,3
Finansowa wewnętrzna stopa zwrotu z inwestycji (FRR/c)	%	nie istnieje	nie istnieje	nie istnieje

Źródło: opracowanie własne.

Żaden z wariantów z taborem zeroemisyjnym nie wykazał dodatnich wartości wskaźników FNPV/c i FRR/c – ich realizacja wymaga więc udzielenia zewnętrznego wsparcia finansowego. Różnice pomiędzy efektami finansowymi wariantów elektrycznego i wodorowego, a konwencjonalnego są bardzo duże.

W tabeli 16 przedstawiono wyniki podsumowania analizy dla wariantów konwencjonalnego, elektrycznego oraz wodorowego w zakresie emisji zanieczyszczeń, a w tabeli 17 – efekty ekonomiczne tej analizy.

Tab. 16. Emisja zanieczyszczeń i jej koszt w poszczególnych wariantach w latach 2021-2036

Lp.	Czas badania	Jed- nostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO ₂	NO _x	NMVOC	PM
Scenariusz bazowy						
1.1	Średniorocznie	tona	11 930,9	50,7	12,2	0,31
1.2		tys. zł	2 728,9	4 836,4	147,9	507,1
1.3	Cały okres analizy	tona	190 894,6	811,2	194,8	5,02
1.4		tys. zł	43 662,3	77 382,4	2 366,8	8 113,4
Wariant konwencjonalny						
2.1	Średniorocznie	tona	11 861,7	44,4	10,8	0,30
2.2		tys. zł	2 710,8	4 175,0	130,1	482,3
2.3	Cały okres analizy	tona	189 786,7	709,7	173,0	4,78
2.4		tys. zł	43 372,5	66 799,2	2 081,3	7 717,5
Wariant elektryczny						
3.1	Średniorocznie	tona	10 870,7	41,6	9,5	0,27
3.2		tys. zł	2 465,8	3 892,8	112,9	434,9
3.3	Cały okres analizy	tona	173 931,3	665,3	152,0	4,35
3.4		tys. zł	39 452,9	62 284,4	1 806,3	6 958,6
Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant elektryczny versus wariant konwencjonalny						
5.1	Średniorocznie	tona	-991,0	-2,8	-1,3	-0,03
5.2		tys. zł	-245,0	-282,2	-17,2	-47,4
5.3	Cały okres analizy	tona	-15 855,4	-44,4	-20,9	-0,43
5.4		tys. zł	-3 919,6	-4 514,8	-275,0	-759,0
Ograniczenie emisji w wariantcie elektrycznym w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]						
6.1	Średniorocznie	tona	-8,4	-6,3	-12,1	-9,0
6.2		tys. zł	-9,0	-6,8	-13,2	-9,8

Lp.	Czas badania	Jed-nostka	Wielkość i koszt emisji			
			CO ₂	NO _x	NMVOC	PM
6.3	Cały okres analizy	tona	-8,4	-6,3	-12,1	-9,0
6.4		tys. zł	-9,0	-6,8	-13,2	-9,8
Wariant wodorowy						
3.1	Średniorocznie	tona	10 743,6	41,2	9,5	0,26
3.2		tys. zł	2 434,3	3 854,9	112,8	421,5
3.3	Cały okres analizy	tona	171 897,0	659,7	151,8	4,23
3.4		tys. zł	38 948,5	61 678,2	1 804,1	6 743,2
Różnica wysokości emisji i jej kosztów – wariant wodorowy versus wariant konwencjonalny						
7.1	Średniorocznie	tona	-1 118,1	-3,1	-1,3	-0,03
7.2		tys. zł	-276,5	-320,1	-17,3	-60,9
7.3	Cały okres analizy	tona	-17 889,7	-50,1	-21,1	-0,55
7.4		tys. zł	-4 424,0	-5 121,1	-277,2	-974,3
Ograniczenie emisji w wariancie wodorowym w porównaniu do wariantu konwencjonalnego [%]						
8.1	Średniorocznie	tona	-9,4	-7,1	-12,2	-11,5
8.2		tys. zł	-10,2	-7,7	-13,3	-12,6
8.3	Cały okres analizy	tona	-9,4	-7,1	-12,2	-11,5
8.4		tys. zł	-10,2	-7,7	-13,3	-12,6

Źródło: opracowanie własne.

W obydwu wariantach inwestycyjnych z taboru zeroemisyjnym wartości ENPV przyjęły wielkości ujemne. W przypadku, gdy wartość ENPV wynosi zero, bieżąca wartość przyszłych korzyści ekonomicznych jest równa bieżącej wartości kosztów ekonomicznych wariantu. W analizowanym przypadku nie są jednak istotne osiągnięte wartości ENPV w porównaniu do scenariusza bazowego, lecz różnice wartości ENPV poszczególnych analizowanych wariantów. Scenariusz bazowy nie będzie bowiem realizowany i ma znaczenie wyłącznie porównawcze, ponieważ służy zaprognozowaniu przepływów dla poszczególnych wariantów przy zastosowaniu metody różnicowej.

Z porównania wariantów inwestycyjnych związanych z wymianą taboru rzeszowskiej komunikacji miejskiej wynika, że korzystniejszą wartość ENPV osiągnięto dla wariantu konwencjonalnego.

Z uwagi na znaczące różnice w wartości nakładów inwestycyjnych ocenianych wariantów, ENPV nie jest jedyną determinantą, która powinna być uwzględniona w ocenie. Należy

odnieść się do efektywności ekonomicznej wariantów. Wskaźnikami, które informują o efektywności ekonomicznej, są ERR oraz BCR. Z uwagi na charakterystykę przepływów ekonomicznych, ERR jest niepoliczalna. Wskaźnik BCR wykazuje wyższą wartość dla wariantów elektrycznego i wodorowego wobec wariantu konwencjonalnego.

Tab. 17. Podsumowanie wyników finansowo-ekonomicznych poszczególnych wariantów w stosunku do scenariusza bazowego w latach 2021-2036

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny	wodorowy
Koszty inwestycyjne	tys. zł	138 870,0	229 995,0	241 505,0
Infrastruktura i pozostałe koszty	tys. zł	2 250,0	15 525,0	14 975,0
Autobusy z wyposażeniem	tys. zł	131 620,0	214 470,0	226 530,0
Zmiany kosztów eksploatacyjnych	tys. zł/rok	-695,8	-2 053,0	-1 810,5
Zdyskontowane efekty zewnętrzne	tys. zł	10 463,7	24 976,1	25 856,7
Emisja lokalna zanieczyszczeń – wartość zdyskontowana	tys. zł	9 873,5	15 630,9	16 192,5
Emisja CO ₂ – wartość zdyskontowana	tys. zł	159,7	2 588,4	2 899,0
Redukcja hałasu	tys. zł	430,6	6 756,8	6 765,1
Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-58 821,7	-86 992,5	-95 711,6
Ekonomiczna stopa zwrotu (ERR)	%	nie istnieje	nie istnieje	nie istnieje
Wskaźnik przychód/koszty (BCR)	-	0,26	0,41	0,39

Źródło: opracowanie własne.

Należy podkreślić, że przeprowadzona analiza uwzględnia korzyści tzw. bezpośrednie (emisje, hałas), nie uwzględnia natomiast takich korzyści, jak podniesienie komfortu jazdy, czy też postrzeganie transportu publicznego przez mieszkańców.

Ocena wyników ekonomicznych analizowanych wariantów i same wyniki wskazują, iż podstawowym czynnikiem wpływającym na wartości wskaźników są nakłady inwestycyjne, tj. cena autobusu w danym wariantcie. Czynnikiem krytycznym dla wyników analizy jest zatem cena autobusu elektrycznego wraz z infrastrukturą ładującą.

Uzyskane w analizie wyniki oznaczają – przy przyjętych założeniach i uwzględnianiu jako miernika ENPV – brak osiągniętych korzyści z tytułu zastosowania w rzeszowskiej komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – zarówno w wariantcie inwestycyjnym elektrycznym, jak i w wariantcie wodorowym.

Przy zastosowaniu jako miernika BCR występuje korzyść z zastosowania wariantów elektrycznego i wodorowego w porównaniu do konwencjonalnego.

7.3. Trwałość finansowa

Organizatorem rzeszowskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Rzeszowa, a zadania organizatora wykonuje wyspecjalizowana jednostka budżetowa Miasta – Zarząd Transportu Miejskiego w Rzeszowie.

Jedynym operatorem rzeszowskiej komunikacji miejskiej jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Rzeszów sp. z o.o., które jest jednocześnie podmiotem wewnętrznym Miasta.

MPK-Rzeszów Sp. z o.o. jako operator – podmiot wewnętrzny, posiada umowę wieloletnią zawartą z Miastem w dniu 29 listopada 2019 r., dotyczącą wykonywania przewozów w ramach komunikacji miejskiej, na terenie Miasta oraz gminy ościennych, obowiązującą do 31 grudnia 2029 r.

W tabeli 18 przedstawiono wykonanie budżetu Miasta Rzeszów w latach 2018-2020 oraz plan na 2021 r. – według stanu na I połowę 2021 r.

Miasto Rzeszów w latach 2018-2021 osiągało stale dodatni wynik budżetu operacyjnego, choć planowana nadwyżka w 2021 r. jest niewielka. Budżet Miasta był w stanie pokryć wydatki bieżące, w tym związane z finansowaniem publicznego transportu zbiorowego. Sytuacja finansowa Miasta charakteryzowała się w tym okresie występowaniem deficytu budżetowego, a jednocześnie nadwyżki operacyjnej. Budżet zaplanowany na 2021 r. wykazuje mniejszą nadwyżkę operacyjną niż w latach poprzednich oraz znacznie wyższy poziom deficytu. Zaplanowane wydatki bieżące nie odbiegają jednak istotnie od ponoszonych w latach poprzednich. Wyjątkowo wysokie w 2021 r. zaplanowano natomiast wydatki majątkowe.

Sytuacja finansowa Miasta jest dość dobra, charakteryzuje się jednak niemal stałym występowaniem deficytu budżetowego, finansowanym środkami zewnętrznymi. Stwarza to pewne ograniczenia finansowania rozwoju lokalnego transportu zbiorowego w kolejnych latach.

Wysokość nadwyżki operacyjnej (lub deficytu) określa swego rodzaju wynik finansowy działalności bieżącej jednostki samorządu terytorialnego. Informuje o tym, ile samorządowi pozostało dochodów o charakterze stabilnym – cyklicznym, po sfinansowaniu wszystkich wydatków o takim charakterze. Pozytywna dla jednostki samorządowej sytuacja występuje wów-

czas, gdy ma miejsce istotna, stała i coroczna nadwyżka operacyjna, co oznacza, że po sfinansowaniu wszystkich wydatków bieżących, zostaną jeszcze środki finansowe na realizację inwestycji. Taka też sytuacja występuje w Rzeszowie, choć wysokość tej nadwyżki zaplanowana w 2021 r. jest niewielka. Zaplanowany w 2021 r. deficyt budżetowy oraz bardzo niska nadwyżka operacyjna, mogłyby budzić pewien niepokój, gdyby nie wstępny, ostrożnościowy charakter budżetu, który będzie korygowany w ciągu roku obrotowego. Wynik finansowy i wynik operacyjny wykonania budżetu w 2021 r. zapewne będą znacznie korzystniejsze od zaplanowanych.

Tab. 18. Budżet Miasta Rzeszowa w latach 2018-2020 i plan na 2021 r. [mln zł]

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach			Plan 2021 r.*
		2018	2019	2020	
1	Dochody	1 332,00	1 468,10	1 637,12	1 606,11
1a	– dochody bieżące	1 141,71	1 330,15	1 421,64	1 474,07
1b	– dochody majątkowe	190,29	137,98	215,48	132,04
2	Wydatki	1 381,17	1 532,65	1 627,97	1 892,21
2a	– wydatki bieżące	1 053,80	1 247,59	1 370,19	1 454,22
2aa	– w tym transport zbiorowy	80,31	97,24	95,58	93,30
2b	– wydatki majątkowe	327,37	285,06	257,78	438,00
2ba	– w tym transport zbiorowy	80,98	35,59	38,08	65,66
3	Deficyt/nadwyżka	-49,17	-64,55	9,15	-286,10
4	Deficyt/nadwyżka operacyjna	87,91	82,56	51,45	19,85
5	Finansowanie	131,53	148,41	185,17	185,13
5a	– w tym przychody	170,89	199,76	223,96	193,32
5b	– w tym rozchody	39,36	51,35	38,79	8,19

* – na podstawie Informacji o przebiegu wykonania budżetu Miasta Rzeszowa za I półrocze 2021 r.

Źródło: dane ZTM w Rzeszowie, bip.rzeszow.pl, dostęp: 20.11.2021 r.

Miasto Rzeszów wykazuje zdolność do dalszego przekazywania MPK-Rzeszów sp. z o.o. środków finansowych w wysokości pozwalającej na funkcjonowanie komunikacji miejskiej w obecnym zakresie. Realizowanie programu odnowy taboru w wariantie konwencjonalnym wymagać będzie jednak od Miasta poniesienia istotnych wydatków majątkowych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego.

W ostatnich kilku latach Miasto ponosiło znaczące wydatki inwestycyjne na modernizację taboru autobusowego, ze wsparciem środkami pomocowymi z Unii Europejskiej.

Obecna sytuacja finansowa Miasta pozwala na zrealizowanie przez Miasto inwestycji budowy stacji zasilania autobusów elektrycznych na pętlach autobusowych, dla spełnienia wymogów ustawy o elektromobilności – w okresie do końca 2027 r. – i ich udostępnienie operatorowi, podmiotowi wewnętrznemu. W wariantach elektrycznym i wodorowym wydatki Miasta na lokalny transport zbiorowy, związane z zakupem taboru zeroemisyjnego oraz z budową kosztownych przyłączy, instalacji i urządzeń zasilających autobusy zeroemisyjne, byłyby jednak ponad dwukrotnie wyższe niż w wariantcie konwencjonalnym. Wydatki na zakup taboru zeroemisyjnego wraz z instalacjami zasilającymi ponoszone wyłącznie przez Miasto byłyby bardzo wysokie, i wydają się być nieuzasadnione.

Pozyskanie przez Miasto wsparcia finansowego dla takich inwestycji ze środków krajowych lub europejskich, zmniejszyłoby zaangażowanie środków własnych Miasta, ułatwiając podjęcie decyzji o wprowadzeniu do eksploatacji taboru zeroemisyjnego we flocie obsługującej komunikację miejską Rzeszowa.

Powyższe nie wyklucza zakupu zeroemisyjnych jednostek taborowych w części lub w całości oraz poniesienia nakładów na budowę instalacji zasilających na terenie zajezdni przez MPK-Rzeszów sp. z o.o., jeżeli sytuacja finansowa Spółki na to pozwoli. MPK może także stać się beneficjentem środków pomocowych, jeśli w danym programie będzie to dopuszczalne. Ewentualne wsparcie finansowe takich działań przez budżet Miasta nie może jednak spowodować przekazania Spółce nadmiernej rekompensaty.

W 2020 r. koszty działalności przewozowej w rzeszowskiej komunikacji miejskiej wyniosły 89 141,2 tys. zł, a bez uwzględniania kosztów wynikających z dzierżawy majątku Miasta – 75 27401 tys. zł. Przy zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w wysokości 10 853,2 tys. wozokilometrów, odpowiada odpowiednio stawce 8,21 oraz 6,94 zł za wozokilometr. Dla sieci komunikacyjnej w miastach dużych, stawkę tę należy uznać za niewygórowaną.

MPK-Rzeszów sp. z o.o. jest spółką, której podstawowym zakresem działalności jest świadczenie usług przewozowych w ramach rzeszowskiej komunikacji miejskiej, na zlecenie Miasta. Działalnością uzupełniającą świadczenie przewozów jest prowadzenie przez kierowców sprzedaży biletów komunikacji miejskiej. Spółka wykonuje także naprawy gwarancyjne pojazdów wydierżawionych przez Miasto. Istotną wartość przychodów firma generuje także ze sprzedaży towarów i materiałów, w tym w szczególności ze sprzedaży paliw. MPK osiąga ponadto przychody z innej działalności ubocznej, takiej jak: wynajem środków transportu, dzierżawa placów i pomieszczeń, usługi remontowo-warsztatowe i mycia pojazdów, udostępniania powierzchni reklamowej oraz osiąga przychody z Okręgowej Stacji Kontroli Pojazdów.

Miasto zobowiązane jest do przeprowadzania corocznego audytu wykonywanego przez niezależnego audytora – w celu sprawdzenia, czy wielkość przekazanej MPK-Rzeszów sp. z o.o.

rekompensaty jest właściwa. Wyniki audytów przeprowadzonych za lata 2018-2020 r. nie wykazały wypłaty przez Miasto nadmiernej rekompensaty.

W tabeli 19 przedstawiono rachunek zysków i strat MPK-Rzeszów sp. z o.o., w tabelach 20 i 21 bilans, a w tabeli 22 przepływy pieniężne – wykonanie w latach 2018-2020.

Tab. 19. Rachunek zysków i strat MPK-Rzeszów sp. z o.o.– lata 2018-2020

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
1	Przychody ze sprzedaży	87 027,2	102 267,3	97 457,6
1a	– w tym przychody ze sprzedaży produktów	76 184,6	92 126,0	89 189,4
1b	– w tym zmiana stanu produktów	0,0	0,0	0,0
1c	– w tym koszty wytworzenia na własne potrzeby	0,0	0,0	0,0
1d	– w tym przychody ze sprzedaży towarów i mat.	10 842,7	10 141,3	8 268,2
2	Koszty działalności operacyjnej	87 546,0	100 757,8	98 200,0
3	Zysk ze sprzedaży	-518,8	1 509,5	-742,4
4	Pozostałe przychody operacyjne	2 713,6	2 710,2	3 340,1
5	Pozostałe koszty operacyjne	1 967,4	1 903,1	2 552,9
6	Zysk z działalności operacyjnej	227,4	2 316,6	44,8
7	Saldo przychodów i kosztów finansowych	163,7	146,4	368,6
8	Zysk brutto	391,1	2 463,0	413,4
9	Podatek dochodowy i inne obciążenia	163,6	546,0	158,1
10	Zysk netto	227,6	1 917,1	255,3

Źródło: dane MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Tab. 20. Bilans MPK-Rzeszów sp. z o.o. – aktywa, wykonanie w latach 2018-2020

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
A	Aktywa trwałe	17 492,7	19 892,1	20 503,2
I	Wartości niematerialne i prawne	2,1	0,0	0,0
II	Rzeczowe aktywa trwałe	17 490,6	19 892,1	20 503,2
1	Środki trwałe	17 071,2	19 862,9	20 081,4
2	Środki trwałe w budowie	416,4	29,2	421,9
III	Należności długoterminowe	0,0	0,0	0,0
IV	Inwestycje długoterminowe	0,0	0,0	0,0
V	Długoterminowe rozliczenia międzyokresowe	0,0	0,0	0,0

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
B	Aktywa obrotowe	11 048,2	12 614,2	11 325,1
I	Zapasy	1 102,1	1 328,8	1 251,5
II	Należności krótkoterminowe	3 475,4	4 233,8	4 282,0
III	Inwestycje krótkoterminowe	6 143,4	6 720,1	5 401,7
IV	Krótkoterminowe rozliczenia międzyokresowe	327,3	331,5	389,9
-	Aktywa razem	28 540,9	32 506,3	31 828,4

Źródło danych: dane MPK-Rzeszów sp. z o.o.

**Tab. 21. Bilans MPK-Rzeszów sp. z o.o. – pasywa,
wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]**

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
A	Kapitał własny	16 700,9	18 618,0	18 873,2
I	Kapitał podstawowy	15 338,0	15 338,0	15 388,0
II	Kapitał zapasowy	1 115,7	1 346,4	3 263,5
III	Kapitał z aktualizacji wyceny	19,6	16,5	16,5
IV	Zysk z lat ubiegłych	0,0	0,0	0,0
V	Zysk/strata netto	224,6	1 917,1	225,3
B	Zobowiązania i rezerwy na zobowiązania	11 839,9	13 888,3	12 955,2
I	Rezerwy na zobowiązania	2 339,5	2 356,2	2 803,2
II	Zobowiązania długoterminowe	0,0	0,0	0,0
III	Zobowiązania krótkoterminowe	9 482,4	11 244,9	9 644,1
IV	Rozliczenia międzyokresowe	18,0	287,3	507,9
-	Pasywa razem	28 540,9	32 506,3	31 828,4

Źródło dane MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Tab. 22. Rachunek przepływów pieniężnych MPK-Rzeszów sp. z o.o.
– wykonanie w latach 2018-2020 [tys. zł]

Lp.	Wyszczególnienie	Wykonanie w latach [tys. zł]		
		2018	2019	2020
A	Przepływy środków pieniężnych z działalności operacyjnej			
I	Zysk netto	227,6	1 917,1	255,3
II	Korekty razem	1 830,5	2 278,0	-97,1
<i>IIa</i>	<i>– w tym amortyzacja</i>	<i>1 456,9</i>	<i>1 385,2</i>	<i>1 367,6</i>
III	Przepływy pieniężne z działalności operacyjnej	2 058,0	4 195,1	158,2
B	Przepływy środków pieniężnych z działalności inwestycyjnej			
I	Wpływy	97,2	20,0	172,3
<i>Ia</i>	<i>– w tym zbycie aktywów trwałych</i>	<i>97,2</i>	<i>20,0</i>	<i>172,3</i>
II	Wydatki	1 214,2	3 784,7	2 017,5
<i>IIa</i>	<i>– w tym nabycie aktywów trwałych</i>	<i>1 214,2</i>	<i>3 784,5</i>	<i>1 978,8</i>
III	Przepływy pieniężne netto z działalności inwestycyjnej	-1 117,0	-3 764,7	-1 845,2
C	Przepływy środków pieniężnych z działalności finansowej			
I	Wpływy	173,2	146,6	368,9
<i>Ia</i>	<i>– w tym zaciągnięcie kredytów</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
II	Wydatki	9,5	0,3	0,2
<i>IIa</i>	<i>– w tym spłata kredytów</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>	<i>0,0</i>
III	Przepływy pieniężne netto z działalności finansowej	163,7	146,6	368,6
D	Przepływy pieniężne netto	1 104,7	576,7	-1 318,4
E	Środki pieniężne na początek okresu	5 038,7	6 143,4	6 720,1
F	Środki pieniężne na koniec okresu	6 143,4	6 720,1	5 401,7

Źródło dane MPK-Rzeszów sp. z o.o.

W tabeli 23 przedstawiono podstawowe wskaźniki charakteryzujące sytuację finansową MPK-Rzeszów sp. z o.o.

Sytuację finansową MPK sp. z o.o. w latach 2018-2020 należy uznać za bardzo dobrą. Spółka stale osiąga dodatnie wyniki finansowe, nie posiada także nierozliczonych strat z lat ubiegłych, co w innych przedsiębiorstwach działalności przewozowej w komunikacji miejskiej jest częstym przypadkiem. MPK-Rzeszów sp. z o.o. nie korzysta także z zewnętrznych źródeł finansowania.

Tab. 23. Wskaźniki finansowe MPK-Rzeszów sp. z o.o. w latach 2018-2020

Lp.	Wyszczególnienie	Wskaźniki w latach		
		2018	2019	2020
1	Wskaźnik płynności bieżącej	1,17	1,09	1,13
2	Wskaźnik płynności szybkiej	1,01	0,97	1,00
3	Wskaźnik ogólnego zadłużenia	0,41	0,43	0,41
4	EBITDA [tys. zł]	1 684,3	3 701,8	1 412,4
5	ROE [%]	1,36	10,30	1,35
6	ROA [%]	1,30	9,64	1,25
7	Cykl regulowania należności [dni]	14,6	15,1	16,0
8	Cykl regulowania zobowiązań [dni]	39,7	40,1	36,1
9	Cykl rotacji zapasów [dni]	4,6	4,8	4,6
10	Rotacja aktywów	3,05	3,15	3,06
11	Rotacja środków trwałych	4,98	5,14	4,76

Źródło: opracowanie własne.

Generowanie dodatniego, ale niskiego wyniku finansowego oraz stosunkowo niski poziom amortyzacji w skali całej firmy, uniemożliwia jednak realizację przez Spółkę procesu odnowy taboru w pełnym zakresie, w każdym z wariantów inwestycyjnych. MPK-Rzeszów sp. z o.o. posiada niewielkie nadwyżki finansowe pozwalające na zrealizowanie ograniczonych inwestycji, lecz może dokonywać odnowy taboru w niewielkim zakresie. Spółka może natomiast w szerokim zakresie korzystać z zewnętrznego finansowania, np. w formie leasingu, jednak powiększone wówczas koszty funkcjonowania komunikacji miejskiej i tak obciążą budżet Miasta – poprzez zwiększony poziom rekompensaty. Spółka korzystając jedynie z własnych środków, może realizować zakupy wyłącznie jednostek taborowych używanych, według scenariusza bazowego, korzystając przy tym ze wsparcia kredytowego lub leasingowego. Wykonanie całego programu inwestycyjnego przedstawionego w analizie, wymagałoby pozyskania przez MPK-Rzeszów sp. z o.o. dodatkowego, bardzo znacznego wsparcia finansowego ze strony Miasta.

Realizację procesu odnowy taboru powinno więc nadal prowadzić Miasto, z wykorzystaniem dostępnych środków pomocowych krajowych i europejskich, a następnie udostępnić nabyty tabor i wybudowane urządzenia operatorowi do eksploatacji.

Zrealizowanie inwestycji przewidzianych w wariantach elektrycznym i wodorowym, nawet z aplikowaniem o dodatkowe środki pomocowe, wymaga znacznego zaangażowania się

finansowego Miasta. Nakłady rzeczywiście do poniesienia mogą mieć wyższy poziom, np. z powodu konieczności zrealizowania przez Miasto towarzyszących inwestycji infrastrukturalno-drogowych.

W niniejszej analizie założono, że Miasto będzie przekazywało MPK środki finansowe w formie należnej rekompensaty w wysokości określonej przepisami krajowymi i europejskimi.

7.4. Analiza wrażliwości i ryzyka

Dla przyjętych założeń wykazano brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych w rzeszowskiej komunikacji miejskiej. Brak korzyści społeczno-ekonomicznych determinowała wysoka cena zakupu autobusów wraz z infrastrukturą zasilającą.

Strukturę użytkowanego taboru determinować będą więc w najbliższych latach decyzje – pozytywne lub negatywne – o dofinansowaniu ze środków pomocowych zakupu autobusów zeroemisyjnych wraz z infrastrukturą zasilającą w ramach programów pomocowych krajowych oraz Unii Europejskiej. W ramach tych programów flota autobusów zeroemisyjnych w rzeszowskiej komunikacji miejskiej może osiągnąć poziom nawet 69 pojazdów. W przypadku braku uczestnictwa lub braku pozyskania dofinansowania dla takich projektów, spełnienie warunku 30% udziału taboru zeroemisyjnego we flocie pojazdów, którymi świadczone są usługi komunikacji miejskiej w Rzeszowie, wymaganego na 1 stycznia 2028 r., będzie znacznie trudniejsze.

Zakup autobusów zeroemisyjnych wiąże się z poniesieniem 2,5-krotnie wyższych jednostkowych nakładów inwestycyjnych dla autobusów elektrycznych z doładowaniem baterii na trasie oraz 3,5-krotnie dla autobusów z ogniwami paliwowymi, niż przy zakupie analogicznego taboru z napędem Diesla.

Nie istnieje przy tym jeszcze rynek używanych autobusów zeroemisyjnych – nie można więc nabyć tańszego pojazdu używanego.

Niezwykłe wysokie wydatki na zakup taboru zeroemisyjnego ponoszone w całości ze środków własnych Miasta i operatora, oznaczałoby w efekcie rezygnację przez Miasto z wielu innych przedsięwzięć inwestycyjnych. Uznaje się więc, że decyzja o wdrożeniu wariantów elektrycznego lub wodorowego, z zakupem pojazdów zeroemisyjnych, może być podjęta tylko w przypadku uzyskania dodatkowego dofinansowania zwiększonych wydatków z krajowych lub europejskich środków pomocowych.

Za największe ryzyko dalszej realizacji obydwu wariantów należy uznać brak możliwości sfinansowania przez Miasto zwiększonych wydatków na bieżące funkcjonowanie komunikacji miejskiej, co stwarza ryzyko braku pełnego programu odnowy taboru, np. wskutek braku lub zbyt małego dofinansowania ze środków pomocowych.

Z punktu widzenia jednostki samorządu terytorialnego, efektywność zastosowania autobusów zeroemisyjnych znacznie by wzrosła, gdyby ceny takich pojazdów były znacznie niższe. W tabeli 24 przedstawiono zmiany efektywności finansowej i ekonomicznej przyjętych do analizy wariantów – przy zmniejszeniu kosztu nabywanego autobusu zeroemisyjnego, zarówno doładowywaniem baterii na trasie, jak i z ogniwami paliwowymi, odpowiednio o 10, 20 i 30%.

Tab. 24. Zmiany efektywności finansowej wariantów elektrycznego i wodorowego w wyniku zmniejszenia kosztu jednostkowego nabywanego taboru

Lp.	Wyszczególnienie	Jed- nostka	Zmniejszenie ceny autobusu zeroemisyjnego		
			o 10%	o 20%	o 30%
Wariant – elektryczny					
1	Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-128 777,9	-115 854,6	-102 931,2
2	Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-76 006,4	-65 020,3	-54 034,3
3	Różnica ENPV wobec wariantu 1 – konwencjonalnego	tys. zł	-20 553,1	-10 935,4	-1 317,7
Wariant – wodorowy					
1	Finansowa bieżąca wartość netto inwestycji (FNPV/c)	tys. zł	-140 497,2	-126 634,1	-112 771,0
2	Ekonomiczna bieżąca wartość netto (ENPV)	tys. zł	-83 931,8	-72 152,0	-60 372,2
3	Różnica ENPV wobec wariantu 1 – konwencjonalnego	tys. zł	-28 478,5	-18 067,0	-7 655,6

Źródło: opracowanie własne.

Jak wynika z tabeli 24, różnica ENPV pomiędzy wariantami elektrycznym i wodorowym, a konwencjonalnym, nawet przy spadku ceny autobusów elektrycznych o 30% jest ujemna, nie występuje więc korzyść wynikających ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń w wariantach elektrycznym i wodorowym.

Wartość progowa ceny standardowego autobusu zeroemisyjnego klasy maxi, o długości około 12 m, zasilanego z baterii doładowywanych na stacji z pantografu, przy której ekonomiczna bieżąca wartość netto ENPV byłaby wyższa niż dla wariantu z taboru konwencjonalnym, to dla Rzeszowa w wariantcie elektrycznym kwota 1 626,5 tys. zł (czyli o 31,37% niższa od przyjętej do analizy).

W wariancie wodorowym wartość progowa takiego autobusu zeroemisyjnego wyniosła 1 484,7 tys. zł (czyli o 37,35% niższa od kwoty przyjętej do analizy), analogiczna progowa cena autobusu z ogniwami paliwowymi wynosiłaby 2 180,1 tys. zł.

Dopiero przy takich cenach pojazdów zeroemisyjnych miałyby miejsce ekonomiczna opłacalność zakupu taboru zeroemisyjnego, czyli wystąpiłby obowiązek zakupu taboru zeroemisyjnego, przy uwzględnieniu parametru ENPV.

Główną przyczyną braku efektywności zakupu taboru zeroemisyjnego jest w warunkach Rzeszowa konieczność zwiększenia liczby pojazdów w ruchu, co wpływa na zwiększenie ponoszonych nakładów inwestycyjnych oraz wysoki koszt infrastruktury ładowania autobusów elektrycznych.

Identyfikację podstawowych czynników ryzyka, które mogą mieć wpływ na realizację wariantów, przedstawiono w tabeli 25. Dla każdego z ryzyk zidentyfikowanych jako aktywne przedstawiono jego prawdopodobieństwo i dotkliwość – zgodnie z dokumentem pn. „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020, Komisja Europejska 2014.” Prawdopodobieństwo ryzyka sklasyfikowano w skali od A – bardzo nieprawdopodobne do E – bardzo prawdopodobne. Siłę oddziaływania (dotkliwość ryzyka) sklasyfikowano natomiast od I – brak oddziaływania na dobrobyt społeczny do V – katastrofalne, wadliwość projektu. Poziom ryzyka, jako połączenie prawdopodobieństwa i siły oddziaływania, określono na podstawie tabeli zamieszczonej w wyżej wymienionym przewodniku.

We wszystkich wariantach ryzyka popytowe w jednakowym stopniu oddziałują na zdolność do realizacji zadań inwestycyjnych. Ujęto je w każdym z wariantów w jednej pozycji.

Tab. 25. Wynikowa ocena ryzyka w okresie analizy

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Wariant konwencjonalny				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacji miejskiej	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnego programu wymiany taboru	B	IV	średni	korzystanie z zewnętrznych źródeł finansowania, zakupy realizowane też przez MPK
Brak możliwości finansowych zakupu jednostek taborowych przez MPK	D	I	niski	sfinansowanie zakupu taboru przez Miasto

Rodzaj ryzyka	Prawdopodobieństwo	Siła oddziaływania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnej rekompensaty dla MPK	A	IV	niski	zmniejszenie zakresu pracy eksploatacyjnej, alternatywne formy rekompensaty
Opóźnienia w dostawach taboru	A	III	niski	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	średni	dywersyfikacja napędów autobusów
Wyższe ceny energii elektrycznej	D	II	średni	głównie nocne ładowanie, ograniczenie przewozów taborem elektrycznym
Wyższe ceny CNG	C	III	średni	dywersyfikacja napędów autobusów, ograniczenie przewozów taborem CNG
Wariant elektryczny				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacji miejskiej	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnego programu wymiany taboru	D	V	bardzo wysoki	korzystanie z instrumentów wsparcia krajowych i europejskich oraz z zewnętrznych źródeł finansowania
Brak możliwości finansowych zakupu jednostek taborowych przez MPK	D	I	niski	sfinansowanie zakupu taboru przez Miasto
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnej rekompensaty dla MPK	A	IV	niski	zmniejszenie zakresu pracy eksploatacyjnej, alternatywne formy rekompensaty
Opóźnienia w dostawach taboru	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe lub zbyt wysokie ceny taboru	C	II	średni	wyprzedzające ogłaszanie przetargów, zmiany kompletacji
Wyższe koszty infrastruktury zasilającej	C	III	średni	ograniczenie wymogów, wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Opóźnienie w realizacji infrastruktury	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	średni	dywersyfikacja napędów autobusów
Wyższe ceny energii elektrycznej	C	III	średni	głównie nocne ładowanie, dodatkowe baterie
Wyższe ceny CNG	C	III	średni	kontrakty długoterminowe, ograniczenie przewozów taborem CNG

Rodzaj ryzyka	Prawdo- podo- bieństwo	Siła oddziały- wania	Poziom ryzyka	Strategia przeciwdziałania
Wzrost cen baterii	C	II	średni	wydłużona eksploatacja
Wariant wodorowy				
Długotrwałe utrzymywanie się niskiego popytu na przewozy komunikacji miejskiej	D	III	wysoki	różnorodne działania Miasta promujące korzystanie z komunikacji miejskiej
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnego programu wymiany taboru	D	V	bardzo wysoki	korzystanie z instrumentów wsparcia krajowych i europejskich oraz z zewnętrznych źródeł finansowania
Brak możliwości finansowych zakupu jednostek taborowych przez MPK	D	I	niski	sfinansowanie zakupu taboru przez Miasto
Brak możliwości sfinansowania przez Miasto pełnej rekompensaty dla MPK	A	IV	niski	zmniejszenie zakresu pracy eksploatacyjnej, alternatywne formy rekompensaty
Trudności w pozyskaniu dostawcy wodoru	D	IV	bardzo wysoki	Budowa przez Miasto lub MPK instalacji do produkcji wodoru ograniczenie zakupów pojazdów wodorowych
Opóźnienie dostaw taboru	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Wyższe lub zbyt wysokie ceny taboru	C	II	średni	wyprzedzające ogłaszanie przetargów, zmiany kompletacji i struktury
Wyższe koszty infrastruktury i dostosowania obiektów	C	III	średni	ograniczenie wymogów, wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Opóźnienie w realizacji infrastruktury ładowania	C	IV	wysoki	wyprzedzające ogłaszanie przetargów
Opóźnienie w realizacji stacji tankowania wodoru	D	IV	bardzo wysoki	opóźnienie zakupów autobusów wodorowych
Wyższe ceny oleju napędowego	B	III	średni	dywersyfikacja napędów autobusów
Wyższe ceny energii elektrycznej	C	III	średni	głównie nocne ładowanie, dodatkowe baterie
Wyższe ceny CNG	C	III	średni	kontrakty długoterminowe, ograniczenie przewozów taborem CNG
Wyższe ceny wodoru	C	III	średni	ograniczenie przewozów taborem wodorowym
Wzrost cen baterii	C	II	średni	wydłużona eksploatacja

Źródło: opracowanie własne.

Bardzo wysokim ryzykiem jest ograniczona możliwość sfinansowania przez Miasto zwiększonych znacznych wydatków na zakupów jednostek taborowych dla komunikacji miejskiej oraz infrastruktury zasilającej w wariantach elektrycznym i wodorowym. Autobusy elektryczne w zasadzie nie występują na rynku wtórnym, a wodorowe dopiero wchodzi do produkcji seryjnej, konieczne jest więc dokonanie zakupu takich pojazdów jako fabrycznie nowych, co wiąże się z wysokimi nakładami finansowymi. Konieczne jest także zbudowanie dedykowanej infrastruktury zasilającej. Bez zaangażowania finansowego Miasta, odnowę taboru we wszystkich wariantach, poza scenariuszem bazowym, można uznać za zupełnie nierealną. Ryzyko to może być zmniejszone poprzez skuteczne pozyskanie zewnętrznych źródeł finansowania środkami pomocowymi, krajowymi i europejskimi.

Bardzo wysokie ryzyko jest związane z pozyskaniem dostawcy wodoru, który jednocześnie zrealizuje budowę stacji tankowania wodoru na terenie bazy MPK. Technologia produkcji wodoru i jego dystrybucja wymaga poniesienia znaczących nakładów inwestycyjnych, przy niepewnej stopie ich zwrotu, wymaga więc pozyskania przez inwestora wsparcia finansowego z funduszy pomocowych. Alternatywnym rozwiązaniem jest budowa własnej instalacji produkcji wodoru przez Miasto lub MPK, co z uwagi na wysoki koszt instalacji wiąże się z koniecznością pozyskania zewnętrznego dofinansowania.

W związku z powyższym bardzo wysokim ryzykiem jest obarczone zapewnienie dostaw wodoru w założonych terminach, w szczególności poprzez opóźnienia w budowie stacji tankowania wodoru.

Z wysokim ryzykiem wiąże się wzrost zainteresowania mieszkańców podróżami autobusami komunikacji miejskiej. Ograniczenie możliwości korzystania ze środków transportu publicznego w okresie stanu epidemii zmieniło zachowania komunikacyjne mieszkańców, którzy w pierwszej kolejności zaczęli korzystać z transportu indywidualnego, zwłaszcza samochodów osobowych. Brak zainteresowania społeczeństwa z korzystania z pojazdów komunikacji miejskiej stwarza ryzyko nacisków na ograniczenia zakresu funkcjonowania komunikacji miejskiej i ponoszonych nakładów finansowych, wpływając na ograniczenie lub zahamowanie programu wymiany taboru.

Wysokim ryzykiem obarczone są terminowe dostawy taboru zeroemisyjnego, wynikające z prawdopodobnego jednoczesnego zamówienia dużej liczby takich pojazdów przez wiele miast, przy niewielkiej dotychczas ich podaży na rynku oraz ograniczonych zdolnościach wzrostu produkcji – zarówno komponentów, jak i całych pojazdów. Wysokim ryzykiem realizacji we wszystkich wariantach procesu wymiany taboru na zeroemisyjny obarczona jest także budowa niezbędnej infrastruktury zasilającej, związana z procesem uzyskiwania pozwoleń na budowę oraz realizacją inwestycji w obszarach zabudowy miejskiej. Niezbędne byłoby ogłaszanie

przetargów z odpowiednim wyprzedzeniem, tak by możliwe były dostawy taboru zeroemisyjnego oraz instalacja urządzeń zasilania w oczekiwanych terminach.

Umiarkowane ryzyko związane jest ze stabilnością cen pojazdów zeroemisyjnych i urządzeń infrastruktury, gdyż pomimo że obecne ich ceny należy uznać za dość wysokie, to obowiązek ich wprowadzenia do eksploatacji w znacznej liczbie w dość krótkim okresie (kilku lat), może wpłynąć na ograniczoną ich dostępność. To z kolei wywoła wzrost cen, związany z koniecznością realizacji zwiększonych zamówień – przekraczających normalne zdolności produkcyjne dostawców taboru i komponentów. Podobnie umiarkowane ryzyko związane jest z stabilnością kosztów budowy infrastruktury zasilającej. Rynek budowlany podlega ciągłym fluktuacjom, a zwiększone zamówienia realizacyjne przed 2028 r. mogą spowodować okresowy wzrost cen.

Dla przeciwdziałania temu ryzyku Miasto może wcześniej przygotować inwestycje budowy stacji ładowania na pętlach, a MPK-Rzeszów sp. z o.o. – na terenie zajezdni. Miasto może także wyprzedzająco nabyć niezbędny tabor zeroemisyjny w całości lub w części, udostępniając go operatorowi. Sytuacja finansowa Miasta stwarza możliwości realizacji przez nie zaprogramowanych inwestycji w zakresie odnowy taboru komunikacji miejskiej.

Umiarkowane ryzyko dotyczy także stabilności cen oleju napędowego, CNG wodoru oraz cen energii elektrycznej i baterii. Ryzyko to może być zmniejszane poprzez zawieranie wieloletnich kontraktów, a przy pojazdach elektrycznych – także poprzez ładowanie głównie w okresie niższych taryf, zapewnianie wymiennych zestawów baterii lub nawet pojazdów rezerwowych i zmniejszenie przez to poboru mocy w okresach szczytowych oraz zmniejszanie poziomu mocy zamówionej. Ryzyko to może być także zmniejszane poprzez zmniejszanie zakresu przewozów wykonywanych autobusami o określonym rodzaju paliwa.

Miasto może umożliwić dostawy energii dla pojazdów zeroemisyjnych w korzystnych cenach, zawierając wieloletni kontrakt z dostawcami jako grupa odbiorców.

7.5. Określenie luki w finansowaniu

Określenia niezbędnej wartości dofinansowania dla danego wariantu wymiany taboru dokonano metodą luki w finansowaniu, zgodnie z metodologią przedstawioną w „Wytocznych w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, opracowanych i zatwierdzonych w dniu 10 stycznia 2019 r. przez Ministerstwo Inwestycji i Rozwoju. Wysokość wyliczonej luki w finansowaniu przedstawiono w tabeli 26.

Podstawą ustalenia wartości określenia luki w finansowaniu jest analiza finansowa. Wskaźnik luki w finansowaniu wyliczono według wzoru:

$$R = (DIC - DNR) / DIC$$

gdzie:

DIC – oznacza sumę zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych przewidzianych do poniesienia w danym wariantcie,

DNR – oznacza sumę zdyskontowanych dochodów powiększonych o wartość rezydualną.

Tab. 26. Wysokość luki w finansowaniu dla poszczególnych wariantów w okresie analizy – lata 2021-2035

Wyszczególnienie	Jednostka	Wariant		
		konwencjonalny	elektryczny	wodorowy
Suma zdyskontowanych nakładów inwestycyjnych (DIC)	tys. zł	166 511,9	250 220,7	259 393,8
Razem zdyskontowane dochody i wartość rezydualna (DNR)	tys. zł	6 818,5	18 598,9	16 631,0
Wskaźnik luki w finansowaniu (R)	%	95,91	92,57	93,59
Całkowite nakłady inwestycyjne	tys. zł	232 813,0	328 938,0	340 448,0
Koszty kwalifikowane skorygowane	tys. zł	223 279,6	304 488,0	318 620,2
Wysokość maksymalnej dotacji przy stopie współfinansowania 85%	tys. zł	189 787,6	258 814,8	270 827,1
Udział własny (dla 85%)	tys. zł	43 025,4	70 123,2	69 620,9

Źródło: opracowanie własne.

Wyniki obliczeń wskazują, że udział własny w wyższej wysokości występuje dla wariantu elektrycznego, natomiast w niższej dla wariantu wodorowego, różnice są jednak niewielkie. W przypadku decyzji o realizacji wariantu elektrycznego wysokość wkładu własnego byłaby wyższa o ok. 0,7% (0,5 mln zł) w porównaniu do wariantu wodorowego. Teoretyczna wysokość wkładu własnego dla wariantu konwencjonalnego jest znacznie niższa, lecz wariant taki, zakładający utrzymanie emisyjności środków transportu na zbliżonym poziomie, w obecnych uwarunkowaniach nie otrzymałby dofinansowania.

8. Podsumowanie

Miasto Rzeszów przekracza poziom 50 000 mieszkańców, jest zatem jako jednostka samorządu terytorialnego zobligowane do opracowania analizy kosztów i korzyści, o której mowa w art. 37 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Wg stanu na dzień 30 listopada 2021 r., w ramach rzeszowskiej komunikacji miejskiej funkcjonowało sześćdziesiąt jeden całorocznych, dziennych linii autobusowych, oznaczonych handlowo numerami 0A, 0B, od 1 do 20, od 22 do 49 oraz od 51 do 61. Poza tym funkcjonowały trzy linie nocne: N1, N2 i N3 oraz w miarę potrzeb linie okresowe.

Większość linii autobusowych miała trasy zawierające się w całości w granicach miasta Rzeszów, w tym trzydzieści jeden linii całotygodniowych. Pozostałe linie obsługiwały albo przede wszystkim obszar miasta i tylko dodatkowo – wybranymi kursami – pobliskie miejscowości w gminach ościennych, albo miały charakter podmiejskich.

Oferta przewozowa rzeszowskiej komunikacji miejskiej charakteryzuje się występowaniem relatywnie wysokiej liczby linii, mających zróżnicowane częstotliwości kursowania, najczęściej o zmiennym takcie.

Organizatorem autobusowej rzeszowskiej komunikacji miejskiej jest Prezydent Miasta Rzeszowa, którego zadania wykonuje jednostka budżetowa Miasta – Zarząd Transportu Miejskiego w Rzeszowie. Jedynym operatorem w segmencie połączeń organizowanych przez miasto Rzeszów – a jednocześnie podmiotem wewnętrznym, jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne – Rzeszów sp. z o.o., wykonujące w ramach komunikacji miejskiej w ostatnich trzech latach 10,8-11,3 mln wozokilometrów rocznie. MPK-Rzeszów sp. z o.o. eksploatuje flotę komunikacji miejskiej składającą się z 226 autobusów, z których większość stanowi własność Miasta.

Autobusy eksploatowane przez MPK-Rzeszów sp. z o.o., według stanu na dzień 30 października 2021 r., posiadały silniki spalinowe na olej napędowy albo CNG, a w przypadku dziesięciu pojazdów napęd elektryczny z systemem doładowywania na pętli poprzez odwrócony pantograf. Udział taboru zeroemisyjnego stanowił 4,4% stanu floty. Średni wiek taboru autobusowego wynosił 6,2 lat, ale 15% wszystkich autobusów miało ponad 10 lat.

Miasto Rzeszów realizuje projekt inwestycyjny „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie”, w ramach którego do końca 2023 r. planuje zakup 18 autobusów zasilanych CNG oraz 2 z napędem elektrycznym, które zostaną udostępnione MPK i wprowadzone do eksploatacji.

Analizę kosztów i korzyści wykonano zgodnie z wymogami ustawy o elektromobilności, korzystając z wytycznych i przewodników do sporządzania takich analiz, opracowanych dla potrzeb projektów z dofinansowaniem unijnym.

Zidentyfikowano trzy warianty możliwych zmian wyposażenia taborowego rzeszowskiej komunikacji miejskiej:

- konwencjonalny, w którym założono:
 - w okresie po 2027 r. – wprowadzanie, według harmonogramu MPK dla autobusów wodorowych, bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z szybkim doładowaniem pantografowym na pętlach i uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni;
 - w pozostałym zakresie – sukcesywną wymianę wyeksploatowanego taboru na nowe pojazdy spalinowe z silnikami Diesla;
- wodorowy, w którym założono:
 - wprowadzanie do eksploatacji według harmonogramu określonego przez MPK autobusów elektrycznych wyposażonych w wodorowe ogniwa paliwowe;
 - w okresie do 2027 r. – uzupełniające sukcesywne wprowadzanie kolejnych bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z ładowaniem wyłącznie plug-in na terenie zajezdni – w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności;
 - w pozostałym zakresie – wprowadzanie autobusów zasilanych olejem napędowym.
- elektryczny, w którym założono:
 - w okresie do 2027 r. – uzupełniające sukcesywne wprowadzanie kolejnych bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z ładowaniem wyłącznie plug-in na terenie zajezdni – w celu spełnienia wymogów określonych ustawą o elektromobilności;;
 - w kolejnych latach – wprowadzanie, według harmonogramu MPK dla autobusów wodorowych, bateryjnych autobusów elektrycznych klasy maxi, z szybkim doładowaniem pantografowym na pętlach i uzupełniającym plug-in na terenie zajezdni;
 - w pozostałym zakresie – wprowadzanie autobusów spalinowych z silnikami Diesla.

We wszystkich wariantach przyjęto wprowadzenie do eksploatacji autobusów planowanych do zakupu w ramach projektu „Rozbudowa systemu transportu publicznego w Rzeszowie”.

We wszystkich wariantach przyjęto sukcesywne wycofywanie wyeksploatowanych jednostek taborowych z napędem spalinowym na fabrycznie nowe, do 2026 r. według harmonogramu przygotowanego przez MPK, a w latach następnych po upływie 15-16 lat eksploatacji.

Zachowano możliwość dokonywania zmian w przypisaniu pojazdów do linii w skali dnia, jednak w przypadku autobusów z ładowaniem baterii poprzez pantograf na trasie ograniczającą do linii korzystających z pętli, na których zainstalowane będą ładowarki do szybkiego zasilania baterii autobusów.

Z zapisów art. 12 ust. 1 pkt 8 ustawy o ptz wynika konieczność jednoznacznego wskazania linii komunikacyjnych, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym. Zgodnie z art. 12 ust. 2a przywołanej ustawy, przy opracowywaniu planu transportowego gminy należy uwzględnić również wyniki analizy, o której mowa w art. 37 ust. 1 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, sporządzonej przez tę gminę. Wymagane wskazanie w planie transportowym linii do elektryfikacji powinno więc wynikać wprost z analizy kosztów i korzyści.

W niniejszej analizie kosztów i korzyści proponuje się, aby przydział linii do obsługi taboru zeroemisyjnym przedstawiał się następująco:

- w pierwszej kolejności – linie priorytetowe 18 i 19 oraz dodatkowo linia uzupełniająca 10, korzystające z dwustanowiskowej ładowarki pantografowej na pętli Łukasiewicza;
- w drugiej kolejności – linia podstawowa 30 oraz uzupełniająca 11, korzystające z dwustanowiskowej ładowarki na pętli Matuszczaka, z ładowarki tej także korzystać będą w miarę możliwości linie 23 i 24;
- w trzeciej kolejności – linie podstawowe 13, 17 i 34, z instalacją ładowarki na pętli Lwowska Szpital, z co najmniej dwoma stanowiskami do ładowania;
- w czwartej kolejności – linia podstawowa 4 oraz uzupełniająca 31, z instalacją ładowarki na terenie zajezdni przy ul. Lubelskiej lub w bezpośrednim jej pobliżu, z ładowarki tej w miarę możliwości mogłyby także korzystać autobusy linii 33;
- w dalszej kolejności w miarę potrzeb inne wybrane linie.

Zastrzec jednak należy, że planowana jest optymalizacja siatki połączeń wraz z rozkładami jazdy, w rezultacie której numeracja oraz przebieg wymienionych wcześniej linii, mogą ulec zmianie. Dopiero po wdrożeniu optymalizacji możliwe będzie więc jednoznaczne wskazanie kolejnych linii komunikacyjnych, na których przewidziana będzie eksploatacja autobusów elektrycznych.

W przeprowadzonej analizie społeczno-ekonomicznej uwzględniono oszczędności w kosztach eksploatacyjnych oraz efekty zewnętrzne związane z emisją gazów cieplarnianych i innych zanieczyszczeń atmosfery oraz zmniejszenia hałasu.

Obliczone w analizie wskaźniki finansowe FNPV/c oraz FRR/c, są ujemne dla wszystkich wariantów. Ujemne wartości osiągnęły także wskaźniki ENPV. W porównaniu do scenariusza bazowego najkorzystniej wypadł wariant konwencjonalny. **Przy przyjętych założeniach, analiza wykazała brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania.**

Głównym powodem negatywnych wyników analizy są wysokie ceny autobusów zeroemisyjnych oraz konieczność ponoszenia znaczących dodatkowych nakładów na instalacje zasilające autobusy elektryczne.

W analizie nie uwzględniano innych dodatnich efektów związanych z zastosowaniem taboru zeroemisyjnego, mogących istotnie wpłynąć na jej wynik, takich jak:

- wzrost zainteresowania mieszkańców korzystaniem z zeroemisyjnej komunikacji miejskiej;
- wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na ocenę postrzegania miasta;
- wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na zmianę zachowań transportowych mieszkańców.

Z punktu widzenia jednostki samorządu terytorialnego, efektywność zastosowania autobusów zeroemisyjnych znacznie by wzrosła, gdyby ceny takich pojazdów były niższe.

W wyniku symulacji zmiany efektywności finansowej i ekonomicznej przyjętych do analizy wariantów stwierdzono, że w przypadku Rzeszowa dla wariantu elektrycznego, wartość progowa ceny standardowego autobusu klasy maxi z napędem elektrycznym zasilanym z baterii, ładowanych poprzez pantograf na trasie przejazdu i złącze plug-in, przy której ekonomiczna bieżąca wartość netto ENPV byłaby wyższa w porównaniu do wariantu z taboru konwencjonalnym, to kwota 1 626,5 tys. zł (o 31,4% niższa od przyjętej do analizy).

W wariantcie wodorowym wartość progowa standardowego autobusu elektrycznego wyposażonego w baterie ładowane wyłącznie na terenie zajezdni wyniosła 1 484,7 tys. zł, natomiast wartość progowa autobusu z ogniwoami paliwowymi wyniosła 2 180,1 tys. zł (wartości o 37,4% niższe od przyjętej do analizy).

Dopiero przy takich cenach pojazdów zeroemisyjnych wystąpiłaby ekonomiczna opłacalność zakupu taboru zeroemisyjnego, czyli wystąpiłby obowiązek zakupu taboru zeroemisyjnego, przy uwzględnieniu korzyści wynikających ze zmniejszenia emisji zanieczyszczeń. Korzyści z zakupu autobusów z napędem elektrycznym dla jednostki samorządu terytorialnego znacznie wzrosną przy zmniejszeniu wkładu własnego w nabywanym taborze – jako efektu wykorzystania zewnętrznych źródeł finansowania inwestycji (np. otrzymania bezzwrotnej dotacji ze środków krajowych lub europejskich).

W związku z wynikiem przeprowadzonej analizy, tj. brakiem korzyści ekonomicznych, wskazujących bezwarunkowo na zasadność eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, Miasto Rzeszów zamierza nabyć dla swojego operatora wewnętrznych autobusy zeroemisyjne tylko w sytuacji możliwości pozyskania dofinansowania ich zakupu ze środków zewnętrznych, zapewniających efektywność przedsięwzięcia.

Niniejsza analiza kosztów i korzyści nie jest polityką, strategią, planem lub programem, o których mowa w art. 46 ust. 2 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu

informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U. z 2021 r. poz. 247 ze zm.). Niniejsza analiza kosztów i korzyści w żaden sposób nie oddziałuje na obszary Natura 2000, a ponadto realizacja analizowanych wariantów, w szczególności elektrycznego, wpływa pozytywnie na zmniejszenie emisji zanieczyszczeń emitowanych do atmosfery w obszarze funkcjonowania rzeszowskiej komunikacji miejskiej. Analiza kosztów i korzyści nie podlega więc obowiązkowi przeprowadzenia strategicznej oceny oddziaływania na środowisko.

Załącznik nr 1

Model finansowy

Załącznik stanowi rozbudowany plik obliczeniowy w arkuszu kalkulacyjnym.

Załącznik nr 2

Uzasadnienie

zawierające informacje o udziale społeczeństwa w postępowaniu oraz o tym, w jaki sposób zostały wzięte pod uwagę i w jakim zakresie zostały uwzględnione uwagi i wnioski zgłoszone przy opracowywaniu dokumentu

Możliwość udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu pn. „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych dla Miasta Rzeszowa” zapewniło Obwieszczenie o konsultacjach społecznych, wydane na podstawie art. 39 ust. 1 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 247 ze zm.) w związku z art. 37 ust. 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.) przez Prezydenta Miasta Rzeszowa.

Celem udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu było zebranie uwag i wniosków na temat zapisów ww. analizy. Możliwość wnoszenia uwag przewidziano w terminie od dnia 15 grudnia 2021 r. do dnia 5 stycznia 2022 r., w formie zbierania formularzy konsultacyjnych.

Z treścią dokumentu zapoznać można się było:

- 1) na stronach internetowych ztm.rzeszow.pl oraz bip.erzeszow.pl;
- 2) w budynku Zarządu Transportu Miejskiego w Rzeszowie, przy ul. Trembeckiego 3, pok. 43 – w godzinach pracy Zarządu.

Opinie do projektu dokumentu można było składać na formularzu konsultacyjnym:

- 1) drogą elektroniczną (skan) – przysyłając je na adres e-mailowy: ztm@ztm.erzeszow.pl i wpisując w tytule wiadomości „Konsultacje społeczne AKK”;
- 2) drogą korespondencyjną na adres: Zarządu Transportu Miejskiego w Rzeszowie, przy ul. Trembeckiego 3, 35-234 Rzeszów, z dopiskiem „Konsultacje społeczne AKK” – w terminie do dnia 5 stycznia 2022 r. (liczyła się data wpływu)

lub ustnie do protokołu w Zarządzie Transportu Miejskiego w Rzeszowie, przy ul. Trembeckiego 3, 35-234 Rzeszów, pok. 43 – w godzinach pracy Zarządu, tj. od poniedziałku do piątku w godzinach od 7:30 do 15:30.

W trakcie udziału społeczeństwa w opracowaniu dokumentu wpłynęły trzy uwagi zgłoszone przez osobę fizyczną.

Pierwsza uwaga dotyczyła dopisania w tytule opracowania i w innych miejscach frazy: „autobusów przegubowych”. Zgodnie z art. 37 ust. 1 ustawy o elektromobilności, jednostka

samorządu terytorialnego, o której mowa w art. 36, sporządza, co 36 miesięcy, analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.

Z definicji zawartej w tej samej ustawie wynika, że autobusem zeroemisyjnym jest każdy, spełniający powyższe warunki autobus i trolejbus, bez względu na jego klasę pojemnościową.

W związku z powyższym uwagi nie uwzględniono, aczkolwiek dopisano zgodnie z intencją autora uwagi, że przy podejmowanych decyzjach o zakupie taboru, każdorazowo brana będzie pod uwagę możliwość zwiększenia udziału pojazdów wielkopojemnych – przegubowych.

Druga uwaga dotyczyła opisu projektów inwestycyjnych i zawierała apel o zwiększenie liczby nabywanych autobusów przegubowych. Uwagę tę uwzględniono, zamieszczając przywołaną wyżej informację o analizie celowości zwiększenia udziału pojazdów wielkopojemnych przy planowaniu inwestycji taborowych.

Trzecia uwaga dotyczyła zmiany nazwy Podmiejskiej Kolei Aglomeracyjnej użytej w przywoływanym w treści analizy „Planie gospodarki niskoemisyjnej Rzeszowskiego Obszaru Funkcjonalnego”. Zacytowany plan jest dokumentem przyjętym uchwałą przez Radę Miasta Rzeszowa i nie może być zmieniany niniejszą analizą. Uwagi wprost nie uwzględniono, aczkolwiek w wyliczeniu zadań wynikających z przywołanego dokumentu zawarto objaśnienie, w którym zawarto aktualną nazwę – Podkarpacka Kolej Aglomeracyjna.