

# Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Gminę Czechowice-Dziedzice





Dokument przygotowany przez:

**TRAKO PROJEKTY TRANSPORTOWE**

Szamborski i Szelukowski S.J. ©

ul. Jaracza 71/9, 50-305 Wrocław,

e-mail: [poczta@trako.com.pl](mailto:poczta@trako.com.pl)

[www.trako.com.pl](http://www.trako.com.pl)

## Spis treści

1	Cel analizy .....	5
1.1	Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć .....	6
2	Uwarunkowania techniczne i prawne .....	7
2.1	Uwarunkowania prawne .....	7
2.2	Uwarunkowania techniczne.....	9
3	Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej .....	11
3.1	Charakterystyka sieci komunikacyjnej .....	11
3.1.1	Założenia i wymagania płynące z obowiązującej umowy o świadczenie usług przewozowych.....	11
3.1.2	Obecny układ sieci .....	13
3.1.3	Koszty eksploatacyjne .....	16
3.1.4	Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy .....	17
3.2	Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej.....	17
3.2.1	Projekty wymiany taboru – przedsięwzięcia realizowane i planowane.....	17
3.2.2	Normy emisji spalin .....	18
3.2.3	Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru .....	18
3.2.4	Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym .....	20
3.3	Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych .....	22
3.3.1	Wskaźnik wykorzystania taboru .....	24
3.3.2	Prędkości eksploatacyjne w przekroju sieci i linii komunikacyjnych .....	24
3.3.3	Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady.....	26
3.3.4	Analiza rozkładów jazdy .....	26
4	Analiza ekonomiczno – finansowa możliwości eksploatacji autobusów zeroemisyjnych.....	28
4.1	Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym.....	28
4.1.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie wodorowym .....	29
4.1.2	Koszty inwestycyjne zakupu taboru.....	30
4.1.3	Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów .....	31
4.1.4	Możliwość wprowadzenia autobusów napędzanych wodorem w Czechowicach-Dziedzicach .....	32
4.2	Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....	33
4.2.1	Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym .....	33
4.2.2	Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....	35
4.2.3	Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in .....	35
4.2.4	Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami typu „plug-in” i za pomocą pantografu 36	
4.2.5	Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i pantografowymi .....	37
4.3	Ocena utrzymania w eksploatacji wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne.....	41
4.4	Analiza wielokryterialna (MCA) wyboru wariantu wymiany taboru .....	41

5	Analiza finansowa.....	45
5.1	Założenia i metodyka analizy finansowej.....	45
5.2	Nakłady inwestycyjne.....	46
5.3	Wartość nakładów odtworzeniowych.....	47
5.4	Prognoza kosztów operacyjnych wariantów.....	48
5.5	Wartość rezydualna.....	50
5.6	Efektywność finansowa projektu zakupu taboru.....	50
6	Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.....	52
7	Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniająca wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.....	54
7.1	Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji emitowanych podczas eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym.....	54
7.2	Emitowany hałas podczas eksploatacji autobusów o napędzie spalinowym oraz elektrycznym.....	55
7.3	Inne korzyści zewnętrzne.....	56
7.4	Wskaźniki efektywności ekonomicznej.....	57
8	Analiza ryzyka.....	60
9	Rekomendacje dotyczące strategii wymiany taboru.....	67
10	Wskazania dotyczące konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w oparciu o rekomendowane rozwiązania.....	68
11	Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych.....	69

## 1 Cel analizy

Celem niniejszego dokumentu jest przeprowadzenie pogłębionej analizy kosztów i korzyści wprowadzenia do eksploatacji w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach autobusów zeroemisyjnych. Opracowanie zostało wykonane przede wszystkim w oparciu o ustalenia płynące z treści zapisów Ustawy z dnia 11 stycznia 2018r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) oraz niżej wymienionych aktów prawnych:

- Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. 2018 r. poz. 2016),
- Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2018 poz. 1271).

Ponadto opracowanie sporządzono zgodnie z niżej wymienionymi dokumentami:

- „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” Nowa edycja, Jaspers, sierpień 2015 r.,
- „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych, współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, CUPT, 2016 r.,
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, 2014 r.,
- „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, CUPT, 2014 r.,

- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”.

W pierwszych rozdziałach opracowania przedstawiono uwarunkowania techniczne i prawne, wprowadzając czytelnika w temat elektromobilności oraz przeprowadzono pogłębioną analizę eksploatacyjną przewozów w komunikacji miejskiej w Gminie Czechowice-Dziedzice, kluczową dla precyzyjnej analizy wariantowej prowadzącej do wyboru typu autobusów zeroemisyjnych.



**Rys. 1.1** Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie

Źródło: Zbiory własne

Efektem analizy jest wyłonienie najkorzystniejszego wariantu w wyniku porównania m.in. kosztów wdrożenia oraz parametrów eksploatacyjnych. Dla wybranego wariantu wprowadzenia do ruchu autobusów zeroemisyjnych opracowana została analiza finansowa i ekonomiczna, uwzględniająca potencjalne korzyści społeczne i środowiskowe, w odniesieniu do alternatywnego wariantu opartego na odtwarzaniu floty w oparciu o autobusy spalinowe. Ostatnim etapem analizy jest przedstawienie rekomendacji dotyczących strategii wymiany taboru komunikacji miejskiej w Gminie Czechowice-Dziedzice w perspektywie do 2028 roku.



## 1.1 Wykaz stosowanych akronimów, skrótów i pojęć

- AKK – analiza kosztów i korzyści
- BCR, B/C – (benefit cost ratio) wskaźnik korzyści do kosztów
- Brygada – zadanie w rozkładzie jazdy zaplanowane do realizacji przez 1 autobus w ciągu dnia (zamiennie stosowanym określeniem jest kursówka)
- CF – (conversion factor) wskaźnik konwersji
- ENPV – (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto
- ERR – (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu
- FNPV – (financial net present value) finansowa wartość bieżąca netto
- FNPV/c – finansowa wartość bieżąca netto z inwestycji
- FRR/c – finansowa stopa zwrotu z inwestycji
- MCA (ang. Multivariate Comparative Analysis) – wielokryterialna analiza porównawcza
- MINI – autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 – 8 metrów
- MIDI – autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 – 10 metrów
- MAXI – autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów
- MEGA15 – autobus jednoczłonowy o długości ok. 15 metrów
- MEGA18 – autobus dwuczłonowy o długości ok. 18 metrów
- Postój wyrównawczy – przerwa międzykursowa zaplanowana w rozkładzie jazdy na przystanku krańcowym
- Praca eksploatacyjna – liczba wykonywanych wozokilometrów przez środki transportu
- Prędkość eksploatacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich i długości przerw międzykursowych
- Prędkość komunikacyjna – przeciętna prędkość z uwzględnieniem czasu postoju na przystankach pośrednich
- uepa – Ustawa z dnia 11 stycznia 2018 r. elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018, poz. 317)
- W0 – wariant bazowy
- W1 – wariant inwestycyjny
- Wariant podstawowy trasy – wariant trasy danej linii komunikacyjnej, na którym realizowanych jest najwięcej kursów
- Wartość rezydualna – wartość środków trwałych netto uzyskanych na etapie realizacji projektu lub w okresie jego eksploatacji, wynikająca z nakładów inwestycyjnych na realizację projektu oraz nakładów odtworzeniowych, ustalona na koniec ostatniego roku okresu odniesienia przyjętego do analiz
- Wozogodzina – jednostka miary czasu zaangażowania środka transportu w wykonanie zaplanowanego rozkładu jazdy lub harmonogramu
- Wozokilometr liniowy – długość drogi pokonywanej przez środek komunikacji zbiorowej w kilometrach, w ramach przewozów regularnych, na kursach ogólnodostępnych dla pasażerów, które są prezentowane w rozkładach jazdy
- Wozokilometr techniczny – długość drogi pokonywanej przez środek komunikacji zbiorowej w kilometrach, w ramach kursów dojazdowych z zajezdni do przystanków krańcowych, kursów zjazdowych z przystanków krańcowych do zajezdni
- Wzkm – wozokilometr

## 2 Uwarunkowania techniczne i prawne

### 2.1 Uwarunkowania prawne

Rozwój elektromobilności w Polsce wspierany jest przez Ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. 2018 r., poz. 317), której zapisy odnoszą się również do sektora transportu publicznego. Wskazana w ustawie definicja autobusu zeroemisyjnego precyzuje ten typ pojazdu jako autobus wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach 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 (Dz. U. z 2017 r. poz. 286 ze zm.) oraz trolejbusy<sup>1</sup>. Analizując ustalenia Ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji, w której wskazano, że do grona tych substancji należą m.in. tlenek węgla (CO), tlenki azotu (NOx), cząstki stałe (PM), węglowodory (HC), benzo(a)piren, to za autobusy zeroemisyjne można uznać wyłącznie:

- autobusy elektryczne akumulatorowe,
- autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi,
- trolejbusy.

Pojazdy te nie emitują gazów cieplarnianych oraz innych szkodliwych dla środowiska substancji. Kryterium autobusu zeroemisyjnego nie spełniają zatem autobusy spalinowe,

autobusy gazowe (napędzane CNG, LNG, LPG, biometan), autobusy hybrydowe, autobusy hybrydowo – elektryczne oraz autobusy gazowo - elektryczne.



Rys. 2.1 Oznakowanie autobusu zeroemisyjnego

Źródło: Zbiory własne

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, wdrażanie do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych będzie najszybciej następowało w miastach średnich i dużych, gdyż każda jednostka samorządu terytorialnego licząca co najmniej 50 000 mieszkańców i organizująca komunikację miejską, począwszy od 1 stycznia 2028 r. będzie świadczyć usługi lub zawierać umowy o świadczenie usług przewozu o charakterze użyteczności publicznej wyłącznie z podmiotami posiadającymi co najmniej 30% autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanej na rzecz tej jednostki samorządu terytorialnego<sup>2</sup>. Osiągnięcie udziału na poziomie 30% ma być osiągnięte etapowo<sup>3</sup>:

- 5% od 1 stycznia 2021 r.,

<sup>1</sup> Art. 2 ust. 1 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 07.02.2018 r., poz. 317).

<sup>2</sup> Ibidem, art. 36 ust. 1 i art. 86 pkt 4.

<sup>3</sup> Ibidem, art. 68 ust. 4.

- 10% od 1 stycznia 2023 r.,
- 20% od 1 stycznia 2025 r.

Wskazane wymagane minimalne udziały uznaje się za odnoszące się wprost do sumarycznej liczby pojazdów przeznaczanych wyłącznie lub częściowo do obsługi przewozów w ramach danej komunikacji miejskiej przez ich operatora. Wymogi te odnoszą się do wszystkich połączeń w ramach sieci komunikacyjnej, w tym połączeń międzygminnych realizowanych poza obszarem administracyjnym właściwej jednostki samorządu terytorialnego, pełniącej rolę organizatora komunikacji miejskiej.

Każda z wymienionych w art. 36 jednostek samorządu terytorialnego, sporządza co 36 miesięcy analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, przy czym pierwsza analiza ma zostać opracowana w terminie do 31 grudnia 2018 r<sup>4</sup>.

Gmina Czechowice-Dziedzice z liczbą mieszkańców 45 421<sup>5</sup>, pełniąc funkcję organizatora przewozów o charakterze komunikacji miejskiej, nie jest jednostką samorządu terytorialnego ustawowo zobowiązaną do sporządzenia analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych. Niemniej jednak planowana modernizacja floty Przedsiębiorstwa Komunikacji Miejskiej w oparciu o ekologiczne pojazdy stanowi przesłankę do opracowania dokumentu wskazującego na możliwości optymalnego wykorzystania autobusów zeroemisyjnych w Gminie Czechowice-Dziedzice.

Analizy kosztów i korzyści związanych z eksploatacją autobusów zeroemisyjnych poddawane są konsultacjom społecznym, zgodnie z zapisami Rozdziałów 1 i 3 w Dziale III 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 2017 r. poz. 1405 ze zm.).

**Dokument ten został poddany do konsultacji społecznych w terminie od 14.08.2019 r. do 04.09.2019 r. Do treści dokumentu nie wniesiono uwag.**

Organ po przystąpieniu do sporządzania analizy powinien niezwłocznie poinformować o tym fakcie społeczeństwo, a opracowany projekt dokumentu należy opublikować z możliwością składania do niego uwag w terminie 21 dni od daty publikacji. Do analizy należy dołączyć raport z przeprowadzonych konsultacji społecznych.

Niezwłocznie po sporządzeniu dokumentu, powinien on zostać przekazany:

- ministrowi właściwemu do spraw energii – obecnie Ministrowi Energii,
- ministrowi właściwemu do spraw gospodarki – obecnie Ministrowi Przedsiębiorczości i Technologii,
- ministrowi właściwemu do spraw środowiska – aktualnie Ministrowi Środowiska.

Jeżeli wyniki analizy nie wykażą korzyści z tytułu eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, organizator komunikacji miejskiej będzie zwolniony z wymogu osiągnięcia wskazanych w ustawie minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie operatora. Gmina Czechowice-Dziedzice licząca mniej niż 50 000 mieszkańców nie jest objęta obowiązkiem wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, niemniej jednak w trosce o podnoszenie jakości życia w gminie oraz w celu obniżenia emisji szkodliwych substancji w sektorze transportu i redukcji hałasu,

<sup>4</sup> Ibidem, art. 72.

<sup>5</sup> Dane według stanu na dzień 31.12.2018 r., źródło: <https://bdl.stat.gov.pl>, 13.06..2019 r.



przewidywane jest wprowadzanie do ruchu autobusów zeroemisyjnych.

## 2.2 Uwarunkowania techniczne

W ramach niniejszego rozdziału zostały przeanalizowane uwarunkowania techniczne autobusów elektrycznych akumulatorowych ładowanych ładowarkami plug-in, pantografowymi i indukcyjnymi oraz autobusów wyposażonych w wodorowe ogniwa paliwowe.

Na przestrzeni ostatnich lat coraz większą popularność zdobywają autobusy elektryczne akumulatorowe, poruszające się dzięki zainstalowanym akumulatorom, ładowanymi na rozmaite sposoby. Podstawowa metoda wolnego ładowania, tj. plug – in, polega na dostarczaniu energii bezpośrednio ze stacji ładowania („z gniazdka”).



**Rys. 2.2** *Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie*

Źródło: Zbiory własne

Ze względu na relatywnie długi czas potrzebny do naładowania autobusu (nawet do 6 – 8 godzin, zależnie od konfiguracji akumulatorów w autobusie i ładowarki), ładowanie typu plug – in odbywa się najczęściej w porze nocnej na terenie zajezdni operatora transportu publicznego. Obecnie najczęściej stosowane akumulatory pozwalają na wykonanie maksymalnie do 150 - 200 km na jednym ładowaniu autobusu, przez co rozwijają się uzupełniające metody ładowania

autobusów elektrycznych. Pierwszą z nich jest szybkie ładowanie autobusów poprzez ładowarki pantografowe, dla których energia dostarczana jest ze stacji ładowania w dowolnej lokalizacji, głównie podczas postojów wyrównawczych na przystankach krańcowych. Obecnie na rynku popularność zyskały dwa modele ładowania za pomocą pantografu:

- pantografy podnoszone, które są montowane na dachach autobusów i na czas ładowania unoszone są podczas postoju pod ładowarką,
- pantografy odwrócone, opuszczane z maszty pantografowego do strefy gniazda ładowania, ulokowanego na dachu autobusu.

Na chwilę obecną, na rynku elektrobusów w Polsce i Europie widać tendencję wykorzystywania ładowania poprzez pantograf odwrócony, a czołowi producenci taboru podjęli kroki do ustandaryzowania systemu ładowania, właśnie w ten sposób.



**Rys. 2.3** *Autobus elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania w Rzeszowie*

Źródło: Zbiory własne

Drugą metodą jest ładowanie z wykorzystaniem pętli indukcyjnej zbudowanej pod przystankiem lub przystankiem krańcowym. Obie z tych metod

pozwalają znacząco zwiększyć łączny zasięg autobusów elektrycznych akumulatorowych, dając możliwość przydzielania ich do obsługi zadań całodziennych, z przebiegami nawet do 300 – 400 km dziennie, jest to jednak metoda najdroższa we wdrożeniu i nie wykorzystywana obecnie w Polsce. Główni europejscy producenci taboru dla transportu publicznego oferują autobusy elektryczne akumulatorowe o klasach wielkościowych MINI, MIDI, MAXI, MEGA18.

Autobusy napędzane wodorem – poruszają się dzięki silnikom elektrycznym zasilanym prądem wytwarzanym z czystego wodoru w ogniwach paliwowych. Pojazdy te stanowią stosunkowo nowe rozwiązanie w branży transportu publicznego, z którym wiązane są duże nadzieje wynikające z przewidywanego zasięgu kursowania na poziomie nawet do 450 km dziennie.



**Rys. 2.4 Autobus na ogniwa wodorowe polskiej konstrukcji**

Źródło: Travelarz, <https://commons.wikimedia.org/wiki/>,  
dostęp: 20.07.2018 r.

Eksplatacja autobusów napędzanych wodorem wiąże się z koniecznością budowy odpowiednich stacji do ich tankowania, jako że obecnie na terenie Polski nie ma stacji tankowania wodorem, niezbędnym do zasilania ogniw paliwowych, jak i nie jest prowadzona dystrybucja czystego wodoru na potrzeby transportowe.

## 3 Pogłębiona analiza eksploatacyjna przewozów w komunikacji miejskiej

### 3.1 Charakterystyka sieci komunikacyjnej

#### 3.1.1 Założenia i wymagania płynące z obowiązującej umowy o świadczenie usług przewozowych

Umowa pomiędzy organizatorem, a operatorem (Przedsiębiorstwo Komunikacji Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach zwany dalej PKM Czechowice-Dziedzice) została zawarta w dniu 27.05.2014 r. jako umowa na wykonanie usług publicznych o charakterze publicznego transportu zbiorowego na liniach komunikacyjnych w liczbie określonej w załączniku do umowy (10 478 535 wzm) do ostatniego dnia obowiązywania kontraktu - 31.12.2023 r. W umowie mają zastosowanie przepisy rozporządzenia 1370/2007 oraz ustawy o publicznym transporcie zbiorowym. Umowa uprawnia organizatora do:

- czasowego zwiększania lub zmniejszenia zakresu rzeczowego przedmiotu umowy, związanego z koniecznością organizowania komunikacji zastępczej na wyznaczonych odcinkach tras w związku z doraźnymi remontami dróg lub w związku z utrudnieniami w ruchu, spowodowanymi awariami układu sieci drogowej lub z innych przyczyn uniemożliwiających funkcjonowanie komunikacji miejskiej w zakresie podstawowym, co może spowodować także zmianę ilości środków transportu przeznaczonych do obsługi linii,
- zmiany rozmiaru usługi wyrażonego w wozokilometrach w ciągu miesiąca w granicach (-) 2%, jeżeli nastąpiłaby konieczność wykonania większej

ilości wkm wniosek składa Operator z pisemnym uzasadnieniem,

- kompleksowej kontroli jakości usług poprzez analizę zapisu monitoringu, raportów z systemu zarządzania flotą,
- weryfikacji liczby wykonywanych wozokilometrów oraz należnej rekompensaty operatorowi,
- szczegółowej rocznej weryfikacji rozliczenia rekompensaty w oparciu o dane finansowo analityczne na podstawie sprawozdań finansowych i weryfikacji biegłego rewidenta.

Kontrakt określa, że jej przedmiot powinien być wykonywany autobusami komunikacji miejskiej, które spełniają jego warunki. Na wniosek operatora i za zgodą organizatora dopuszcza się autobus zastępczy do wykonania usługi, którego wiek i standard jest, co najmniej równoważny autobusowi wykonującemu zadanie na danej linii. W przypadku zdarzeń losowych (np. awarii autobusu) dopuszcza się czasowo inny autobus zastępczy do wykonania usług z jednoczesnym powiadomieniem Organizatora. Według umowy pojazdy powinny być wyposażone w:

- urządzenia do kasowania biletów,
- urządzenia zapewniające łączność telefoniczną/radiową pomiędzy kierującym a dyspozyturą operatora i służbami ratunkowymi,
- zestaw elektronicznych tablic kierunkowych

- urządzenia zapewniające pasażerom możliwość sygnalizowania zamiaru opuszczenia autobusu umieszczone w miejscu zapewniającym łatwy dostęp pasażerom,
  - oświetlenie wnętrza autobusu,
  - liczbę miejsc siedzących nie mniejszą niż 20% ogólnej liczby miejsc,
  - poręcze i uchwyty,
  - urządzenia zapewniające wentylację i ogrzewanie pojazdu uruchamiane przez kierującego pojazdem,
  - system dynamicznej informacji pasażerskiej,
  - trwałe oznakowanie znakiem firmowym i skrótem nazwy Operatora na zewnątrz autobusu oraz numerem inwentarzowym,
  - informacje porządkowe i komunikaty dla pasażerów,
- Realizując umowę Operator jest zobowiązany do:
- przestrzegania przepisów i zasad porządkowych uprawnień i ulg oraz innych unormowań zawartych w uchwałach Rady Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach,
  - zapewnienia ciągłej sprzedaży biletów zgodnie z obowiązującym cennikiem,
  - zapewnienia ciągłej sprzedaży biletów w autobusie,
  - realizacji okresowych zmian rozkładu jazdy zgodnie z poleceniami Organizatora,
  - sporządzenia okresowych sprawozdań z realizacji usług przewozowych (napełnieni i pomiaru punktualności),
  - wzajemnej współpracy z organizatorem w zakresie codziennego, bieżącego przekazywania przez Operatora informacji o sytuacji na liniach komunikacyjnych,
  - przesyłania informacji dotyczących skarg i reklamacji organizatorowi,
  - wypłaty odszkodowań pasażerom z tytułu uzasadnionych skarg i reklamacji,
  - prowadzenia kontroli biletów w autobusach,
  - realizacji usług zgodnie z rozkładem jazdy, chyba że opóźnienia wynikają z aktualnej sytuacji na drodze,
  - realizacji przewozów ekologicznymi pojazdami sprawnymi technicznie i utrzymanymi w czystości.
  - kulturalnej obsługi pasażerów,
  - podejmowania działań mających na celu odnawianie taboru i modernizację innych składników majątkowych,
  - prowadzenia przejrzystej rachunkowości umożliwiający prawidłową alokację kosztów i przychodów,
  - nie korzystania z taboru nabytego przez organizatora do świadczenia przewozów komercyjnych,
  - przedstawienia organizatorowi do 30 września danego roku planu wykonania wozokilometrów na kolejny rok budżetowy z wyliczeniem wysokości rekompensaty na podstawie rozkładu jazdy obowiązującego na dzień 15 września danego roku.
- Kontrakt nie reguluje stosowanego napędu w pojazdach, a także nie narzuca wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych (pojazdy mają jedynie spełniać normy emisji spalin oraz hałasu i prawo ochrony środowiska). Dnia 27.02.2019 r. Burmistrz Czechowic-Dziedzic wydał zarządzenie o zamiarze bezpośredniego zawarcia umowy w grudniu 2023 r. o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego od 01.01.2024 r. do 31.12.2033 r.



### 3.1.2 Obecny układ sieci

Sieć komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach składa się z 12 linii komunikacyjnych (w tym linia 1s, która występuje jako integralny kurs linii 1 z oznaczeniem s), spośród których wyróżnić można:

- według kryterium przestrzennego:
  - 5 linii miejskich: 2, 3, 4, 9, C,
  - 6 linii miejsko-podmiejskich: 1, 1s, 5, 6, VII, 8,
  - 1 linię podmiejską: X,
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju roku:
  - 10 linii całorocznych: 1, 2, 3, 4, 5, 6, VII, 8, 9, X,
  - 1 linię kursującą w roku szkolnym: 1s,
  - 1 linię kursującą tylko w dniu Wszystkich Świętych: C,
- według kryterium zakresu funkcjonowania w przekroju tygodnia:
  - 6 linii kursujących codziennie: 1, 3, 5, 6, VII, 9,
  - 5 linii kursujących od poniedziałku do piątku: 1s, 2, 4, 8, X,
- według kryterium czasu funkcjonowania w przekroju doby:
  - 6 linii kursujących przez cały dzień lub większą część dnia: 1, 2, 3, 5, 6, VII,
  - 6 linii okresowych: 1s, 4, 8, 9, X, C,

- według kryterium znaczenia linii w sieci komunikacyjnej:
  - 1 linię podstawową: VII,
  - 9 linii uzupełniających: 1, 1s, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9,
  - 2 linii dodatkowe: X, C.

Komunikację zbiorową w transporcie drogowym na terenie Gminy zapewniają także linie 19, 36, 50 (organizowane przez Miasto Bielsko-Biała) oraz linie 103, 104, 155, 160 organizowane przez Beskidzki Związek Powiatowo-Gminny.



**Rys. 3.1** Autobus Solaris Urbino 18 w barwach MZK Bielsko-Biała

Źródło: Zbiory własne

Obszar funkcjonowania komunikacji miejskiej obejmuje teren Gminy Czechowice-Dziedzice, pełniąc funkcję jej organizatora oraz miasta Bielsko-Biała na mocy stosownego porozumienia międzygminnego. W zaprezentowano wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej w wozokilometrach w latach 2015-2017.

**Tab. 3.1** Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej przez PKM Czechowice-Dziedzice w wozokilometrach w latach 2015-2017

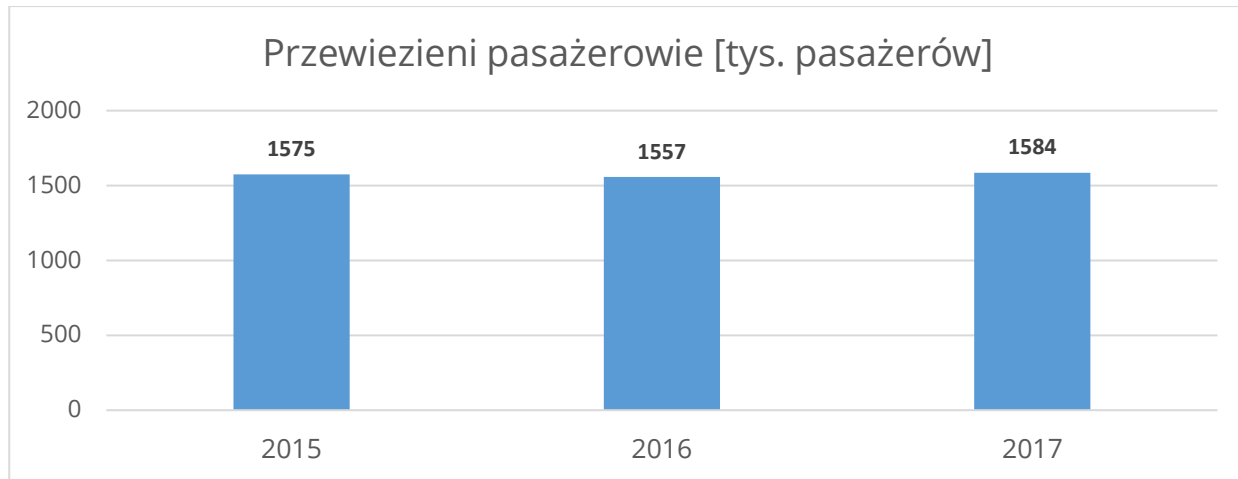
Rok	Gmina Czechowice-Dziedzice	Dynamika r/r
2015	1 094,0	
2016	1 096,0	+0,2%
2017	1 092,4	-0,3%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Biuletynu IGKM „Komunikacja miejska w liczbach” za lata 2015,2016, 2017



Na Rys. 3.2 przedstawiono liczbę przewiezionych pasażerów, który wskazuje na 0,6% wzrost wielkości popytu na usługi komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach w latach 2015 – 2017. W Tab. 3.2 przedstawiono trasy oraz

długość na liniach obsługiwanych przez PKM Czechowice-Dziedzice. Najkrótsza linia – 9, ma długość 4,3 km i kursuje pomiędzy przystankami: Silesia – Czechowice-Dziedzice Dworzec. Najdłuższą linią jest linia 1s o długości 28,2 km.



Rys. 3.2 Przewiezieni pasażerowie w latach 2015-2017

Źródło: Opracowanie własne na podstawie Biuletynu IGKM „Komunikacja miejska w liczbach” za lata 2015, 2016, 2017

Tab. 3.2 Przebieg tras linii komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach stan na dzień 13.06.2019 r.

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
1	(wybrane kursy: Bestwińska Kontakt – Legionów – Niepodległości) – Czechowice-Dziedzice Dworzec - Kolejowa – Zielona – Młyńska – Legionów – Węglowa – Legionów – Waryńskiego – Zabrzeg Waryńskiego - Sikorskiego – Miliardowicka – Miliardowice Powstańców Śląskich (powrót: Nowy Świat)	11,616	miejsko-podmiejska	uzupełniająca
1s	Silesia – Węglowa – Gałczyńskiego – Michałowicza – Wypiańskiego – Traugutta – Czechowice-Dziedzice-Dworzec - Kolejowa – Zielona – Młyńska – Legionów – Waryńskiego – Zabrzeg Waryńskiego – Miliardowice Miliardowicka – Nowy Świat – Bronów Graniczna – Bronów Kunza – Bronów Czyża – Ligota Bronowska – Ligota Zabrzaska – Ligota Czechowicka – Ligota Zabrzaska – Ligota Czechowicka – Burzej Czechowicka – Ligocka – Mazańcowicka – Niepodległości – Czechowice-Dziedzice-Dworzec	28,159	miejsko-podmiejska	uzupełniająca
2	(wybrane kursy: Silesia – Węglowa – Gałczyńskiego – Michałowicza – Wypiańskiego – Traugutta) – Czechowice-Dziedzice-Dworzec – Słowackiego – Barlickiego – Prusa – Łukasiewicza - Legionów – Lipowska – Świerkowice Pętla	11,824	miejska	uzupełniająca

Nazwa linii	Trasa podstawowa i trasy dodatkowe	Długość linii [km]	Aspekt przestrzenny	Charakter linii
3	Silesia – Węglowa – Wyspiańskiego – Traugutta – Czechowice-Dziedzice-Dworzec (wybrane kursy: Niepodległości – Legionów) – Słowackiego – Barlickiego – Prusa – Łukasiewicza – Legionów – Świerkowice Pętla – Lipowska – Zamkowa – Mazańcowicka – Kopernika powrót przez: Kopernika – Czechowice Górne – Mazańcowicka – Zamkowa – Lipowska – Świerkowice Pętla – Legionów – Łukasiewicza – Prusa – Barlickiego – Słowackiego (wybrane kursy Legionów – Kopernika) – Czechowice-Dziedzice-Dworzec	12,831	miejska	uzupełniająca
4	Czechowice-Dziedzice-Dworzec – Niepodległości – Prusa – Łukasiewicza – Kopernika – (wybrane kursy: Zamkowa – Lipowska – Świerkowice Pętla – Lipowska – Zamkowa) – Mazańcowicka – Kopernika powrót przez: Czechowice Górne – Mazańcowicka – Kopernika – Łukasiewicza – Prusa – Niepodległości – Czechowice-Dziedzice-Dworzec	6,093	miejska	uzupełniająca
5	Silesia – Węglowa – Michałowicza Pętla – Wyspiańskiego – Traugutta – Czechowice-Dziedzice-Dworzec (wybrane kursy: Słowackiego – Barlickiego – Prusa – Łukasiewicz – Bestwińska – Legionów – Komorowice Orzeszkowej – Komorowice Konwojowa)	13,417	miejsko-podmiejska	uzupełniająca
6	Bronów Pętla – Ligota Bronowska – Ligota Zabrzaska – Ligota Czechowicka – Ligocka – Mazańcowicka – Legionów – Kolejowa – Czechowice-Dziedzice-Dworzec	13,917	miejsko-podmiejska	uzupełniająca
VII	Silesia – Węglowa – Wyspiańskiego – Traugutta – Czechowice-Dziedzice-Dworzec – Niepodległości – Legionów – Komorowice Katowicka – Bielsko-Biała Komorowicka – Bielsko-Biała Piłsudskiego – Bielsko-Biała Wałowa – Bielsko-Biała Dworzec	16,731	miejsko-podmiejska	podstawowa
8	(wybrane kursy: Kaniowska/ZPM – Górnica) – Silesia – Węglowa – Szkolna – Kolejowa – Czechowice-Dziedzice Dworzec – Słowackiego – Barlickiego – Prusa – Łukasiewicza – Kopernika – Mazańcowicka – Ligocka – Ligota Czechowicka – Ligota Zabrzaska – Zabrzeg Sikorskiego – Zabrzeg Miliardowicka – Miliardowice Miliardowicka – Miliardowice Powstańców Śląskich	17,859	miejsko-podmiejska	uzupełniająca
9	Czechowice-Dziedzice Dworzec – Drzymały – Górnica – Kaniowska – Górnica – Silesia	4,289	miejska	uzupełniająca
X	(wybrane kursy: Czechowice-Dziedzice Dworzec – Kolejowa – Legionów – Waryńskiego)– Zabrzeg Gminna – Zabrzeg Waryńskiego – Miliardowice Miliardowicka – Miliardowice Powstańców Śl. – Ligota Graniczna – Bronów Graniczna – Bronów Kunza – Ligota Bronowska – Ligota Bielska – Mazańcowice Ligocka – Mazańcowice Komorowicka – Komorowice Mazańcowicka – Bielsko-Biała Warszawska – Bielsko-Biała Dworzec	19,802	podmiejska	dodatkowa
C	Silesia – Węglowa – Wyspiańskiego – Szkolna – Kolejowa – Czechowice-Dziedzice-Dworzec – Niepodległości – Prusa – Łukasiewicza – Kopernika – Multispedytor	9,087	miejska	dodatkowa

Źródło: Opracowanie własne

### 3.1.3 Koszty eksploatacyjne

Za świadczenie usług przewozowych na liniach komunikacyjnych objętych umową powierzenia operator otrzymuje rekompensatę za wozokilometr zgodną z Rozporządzeniem 1370/2007. Na wysokość rekompensaty ma wpływ nabycie taboru z programów operacyjnych, jak i składniki majątkowe przekazane operatorowi na zasadach odbiegających od rynkowych w związku ze świadczeniem przez niego usług publicznych. Do rekompensaty powinny zostać wpisane nieznaczące koszty operatora, które są związane ze świadczeniem usług przewozów pasażerskich (np. wymiana rozkładów). Koszty świadczenia dodatkowych usług, które nie są związane ze świadczeniem usług publicznych powinny być wyłączone z kalkulacji, jednak dochody z ich tytułu mogą zostać włączone.

Do celów obliczenia rekompensaty stosuje się następujący wzór:

$$R_w = K - P_t - P_s + Z + P_d$$

,gdzie:

$R_w$  – rekompensata wzkm,

$K$  – koszty poniesione w związku ze zobowiązaniami z tytułu świadczenia usług publicznego transportu zbiorowego,

$P_t$  – przychody wygenerowane podczas wypełniania usług publicznego transportu zbiorowego,

$P_s$  – dodatnie wpływy finansowe dotyczące pomocniczej (dodatkowej) działalności,

$Z$  – rozsądny zysk,

$P_d$  – podatek dochodowy w obligatoryjnym wymiarze.

Wysokość rekompensaty za zrealizowane zadania przewozowe stanowi iloczyn stawki rekompensaty netto na pokrycie kosztu jednostkowego i zrealizowanych przez operatora zadań przewozowych wyrażonych w km plus należny podatek od towarów i usług. Stawka jest ustalana łącznie dla wszystkich rodzajów autobusów. Podstawą rozliczenia rekompensaty są sprawozdania zawierające ilość wykonanych wozokilometrów ze wskazaniem dni ich realizacji. Rozliczenie rekompensaty za świadczone usługi będzie następować w cyklach półmiesięcznych. Liczba wykonywanych wozokilometrów oraz wysokość należnej rekompensaty będzie weryfikowana przez organizatora cyklicznie w trzymiesięcznych okresach. W przypadku, gdy przekazana rekompensata stanowić będzie nadpłatę w stosunku do przysługującej rekompensaty kwota nadpłaty podlega zwrotowi na rachunek organizatora. W przypadku, gdy przekazana rekompensata stanowić będzie niedobór w stosunku do przysługującej rekompensaty, organizator uiszczy różnicę po wyrażeniu zgody na prośbę operatora i wystawieniu faktury VAT przez niego. Przewidywana łączna wysokość rekompensaty w okresie realizacji umowy wynosi: 43 010 843,41 zł. W dn. 08.03.2017 r. zostało zawarte porozumienie pomiędzy Gminą Czechowice-Dziedzice a PKM Czechowice-Dziedzice o wystąpieniu z wnioskiem o dofinansowanie projektu „Przyjazna komunikacja w Czechowicach-Dziedzicach” w ramach Regionalnego Programu Operacyjnego Województwa Śląskiego. Z porozumienia wynika, że część należnej rekompensaty zostanie przeznaczona na pokrycie amortyzacji zakupionych w ramach projektu środków trwałych (autobusów oraz systemu zarządzania flotą).

**Tab. 3.3 Wysokość rekompensaty w ostatnich latach**

Rok	wielkość pracy eksploatacyjnej [w tys. wzkm]	Wysokość rekompensaty
2017	1 092,4	4 126 281,57 zł
2018	1 098,4	4 602 463,60 zł

Źródło: Na podstawie sprawozdań z działalności zarządu PKM Czechowice-Dziedzice

### 3.1.4 Ocena zapewnienia trwałości instytucjonalnej funkcjonowania analizowanego systemu komunikacji miejskiej w okresie analizy

Jednym z zadań własnych Gminy Czechowice-Dziedzice, określonego w Ustawie z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym, jest zapewnianie lokalnego transportu zbiorowego, poprzez organizację przewozów w komunikacji miejskiej. Realizacja tych usług oraz ich ciągłość gwarantowana jest przez zapisy Wieloletniej Prognozy Finansowej Gminy, w której ujęte jest zadanie pn. „Umowa na świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego - Cel: Zapewnienie właściwego funkcjonowania komunikacji publicznej”. Czechowice-Dziedzice nie posiadają własnego planu transportowego, za to są ujęte w Planie zrównoważonego rozwoju

publicznego transportu zbiorowego dla Powiatu Bielskiego, jako gmina posiadająca własne przedsiębiorstwo komunikacyjne. Komunikacja miejska w Czechowicach-Dziedzicach została opisana w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej Gminy Czechowice – Dziedzice, który zawiera ocenę aktualnego stanu środowiska oraz opis przedsięwzięć pozwalających na ograniczenie nadmiernego zużycia ciepła, energii elektrycznej i paliw gazowych. Dodatkowo Gmina Czechowice-Dziedzice posiada porozumienie z miastem Bielsko-Biała w sprawie wykonywania na jej rzecz lokalnego transportu zbiorowego.

## 3.2 Charakterystyka floty operatora komunikacji miejskiej

*Analizy w niniejszym rozdziale zostały wykonane według stanu na dzień 13 czerwca 2019 r.*

### 3.2.1 Projekty wymiany taboru – przedsięwzięcia realizowane i planowane

W ostatnich latach zakupiono 7 nowych autobusów przeznaczonych do eksploatacji w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach. W 2017 roku zakupiono 4 fabrycznie nowe autobusy Solaris Urbino 12 IV klasy MAXI z normą spalania EURO 6.

W 2018 roku dostarczono do Czechowic-Dziedzic 3 sztuki autobusów Solaris Urbino 12 Hybrid

klasy MAXI z normą spalania EURO 6. Zakup pojazdów był współfinansowany przez Unię Europejską w ramach programu RPO Województwa Śląskiego na lata 2014-2020 (projekt „Przyjazna komunikacja w Czechowicach-Dziedzicach”). W najbliższych latach planowany jest zakup dwóch autobusów elektrycznych klasy MEGA18.

**Tab. 3.4 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na 13.06.2019)**

Rok zakupu	Pojazd	Typ pojazdu	Liczba pojazdów	Rok produkcji	Norma spalania
2017	Solaris Urbino 12 IV	MAXI	4	2017	EURO 6

Rok zakupu	Pojazd	Typ pojazdu	Liczba pojazdów	Rok produkcji	Norma spalania
2017	Solaris Urbino 12 Hybrid	MAXI	3	2018	EURO 6

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.2 Normy emisji spalin

Obecnie na potrzeby obsługi komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach eksploatowanych jest 19 pojazdów. Wszystkie posiadają silniki napędzane olejem napędowym i większość z nich jest niskopodłogowa (oprócz pojazdu klasy MINI). Najwięcej z nich stanowią pojazdy o najwyższej normie spalania EURO 6 – 7 pojazdów (37%). Kolejną liczną grupą pojazdów

we flocie operatora są autobusy o normie spalania EURO 5, które stanowią 32% całego taboru. We flocie użytkowanej przez PKM Czechowice-Dziedzice znajduje się także 3 pojazdy o normie spalania EURO 3. Szczegółową strukturę pojazdów według norm spalania i typu pojazdów prezentuje Tab. 3.5.

Tab. 3.5 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów (stan na dzień 13.06.2019)

Norma spalania / typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	Liczba pojazdów
EURO 3	1			2	3
EURO 4			3		3
EURO 5		3	3		6
EURO 6			7		7
Liczba pojazdów	1	3	13	2	19

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.3 Obecna oraz planowana struktura wieku pojazdów i program wymiany taboru

Obecnie średni wiek pojazdów użytkowanych w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach wynosi 7,5 roku. Najstarszy pojazd wyprodukowano w 2003 r. – Solaris Urbino 15 klasy MEGA15, a najmłodsze autobusy w 2018 r. – 3 szt. Solaris Urbino 12 Hybrid z normą spalania EURO 6.



Rys. 3.3: Autobus spalinowy Solaris Urbino 15 na dworcu autobusowym w Czechowicach-Dziedzicach

Źródło: Zbiory własne

Pojazdy w wieku poniżej 2 lat stanowią największy odsetek wśród wszystkich pojazdów



– aż 36,8 %. Kolejnymi grupami są pojazdy w wieku 9-10 lat – stanowią one po ok. 26,3% wszystkich autobusów. W Tab. 3.6 zaprezentowano obecną strukturę pojazdów według wieku i typu.

**Tab. 3.6 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 13.06.2019)**

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT			7		7
3-4 LATA					
5-6 LAT					
7-8 LAT		1			1
9-10 LAT		2	3		5
11-12 LAT			3		3
13-14 LAT	1			1	2
15 LAT I WIĘCEJ				1	1

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnych tabelach przedstawiono przewidywaną strukturę wieku pojazdów eksploatowanych w sieci komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach w perspektywie do 2028 r., z wyszczególnieniem okresów przejściowych analogicznych do wskazanych w Ustawie z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Symulacja wymiany taboru została sporządzona w oparciu o:

- założenia operatora dotyczące wymiany najstarszych pojazdów,
- wytyczne z Niebieskiej Księgi dla sektora transportu publicznego,

wskazujące na maksymalnie 10-letni okres eksploatacji autobusu, które będą wprowadzane stopniowo.

Ze względu na ograniczenie oferty czołowych producentów autobusów polegającej na wycofaniu z oferty autobusów MEGA15, przewidziano, iż obecne autobusy tej klasy zostaną zastąpione w przyszłości autobusami klasy MEGA18. Przedstawione zestawienia stanowią podstawę do wariantu bazowego odnowy taboru komunikacji miejskiej, poddanego analizom finansowym i ekonomicznym w dalszej części opracowania.

**Tab. 3.7 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2021 roku**

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT	1			2	3
3-4 LATA			7		7
5-6 LAT					
7-8 LAT					
9-10 LAT		1			1
11-12 LAT		2	3		5
13-14 LAT			3		3
15 LAT I WIĘCEJ					

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 3.8 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2023 roku**

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT					
3-4 LATA	1			2	3
5-6 LAT			7		7

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Liczba pojazdów
7-8 LAT					
9-10 LAT					
11-12 LAT		2			2
13-14 LAT		1	3		4
15 LAT I WIĘCEJ			3		3

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 3.9 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		1	3		4
3-4 LATA					
5-6 LAT	1			2	3
7-8 LAT			7		7
9-10 LAT					
11-12 LAT					
13-14 LAT		1			1
15 LAT I WIĘCEJ		1	3		4

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 3.10 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 roku

Wiek pojazdu /typ pojazdu	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Liczba pojazdów
PONIŻEJ 2 LAT		1	2		3
3-4 LATA		2	3		5
5-6 LAT			1		1
7-8 LAT	1			2	3
9-10 LAT			3		3
11-12 LAT			4		4
13-14 LAT					
15 LAT I WIĘCEJ					

Źródło: Opracowanie własne

### 3.2.4 Szacunkowa emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym

Emisja gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym zależy od zużycia paliwa przez pojazdy, ich norm spalania oraz przejechanego dystansu. W celu oszacowania emisji gazów cieplarnianych w ujęciu rocznym założono średnie zużycie oleju napędowego dla każdej grupy, która składa się z pojazdów o jednakowym modelu i tej samej marce oraz o tej samej normie spalania. Następnie obliczono emisję gazów

cieplarnianych (tj. dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>) i substancji szkodliwych (niemetanowych węglowodorów – NMHC, niemetanowych lotnych związków organicznych – NMVOC, tlenków azotu – NO<sub>x</sub> i cząstek stałych – PM) dla każdej grupy. Wyliczone zmienne pozwoliły na oszacowanie rocznej emisji, którą przedstawiono w Tab. 3.11

**Tab. 3.11 Średnie zużycie oleju napędowego, roczna liczba przejechanych kilometrów oraz roczna emisja gazów i substancji szkodliwych (stan na dzień 13.06.2019)**

Norma spalania / pojazd	Liczba autobusów danego typu	Średnioroczne zużycie oleju napędowego w danej grupie pojazdów	Średnioroczna liczba km przejechana przez dany typ pojazdu	Średnie zużycie oleju napędowego na pojazd	NMHC/NMVOc g/km na pojazd	NOx g/km na pojazd	PM g/km na pojazd	CO2 kg/km na pojazd
<b>EURO 3</b>								
SOLARIS URBINO 15	2	24 466	52 842	45,21	2,98	22,60	0,45	1,21
IVECO TURBO DAILY 50C15	1	1 240	7 813	16,03	1,06	8,02	0,16	0,43
<b>EURO 4</b>								
SOLARIS URBINO 12	3	25 447	65 811	38,67	1,78	13,53	0,08	1,04
<b>EURO 5</b>								
SOLARIS URBINO 10	3	15 830	50 741	25,59	1,41	6,13	0,06	0,82
SOLARIS URBINO 12	3	20 305	55 638	25,76	1,66	7,24	0,07	0,97
<b>EURO 6</b>								
SOLARIS URBINO 12	4	31 200	81 888	0,49	1,52	0,04	1,02	0,49
SOLARIS URBINO 12 HYBRID	3	14 290	49 542	0,38	1,17	0,03	0,79	0,38

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 3.12 Średnioroczna emisja gazów i substancji szkodliwych we wszystkich pojazdach eksploatowanych przez Operatora (stan na dzień 13.06.2019)**

Norma spalania / pojazd	NMHC/NMVOc w g/rok	NOx w g/rok	PM w g/rok	CO2 w kg/rok
<b>EURO 3</b>				
SOLARIS URBINO 15	315 318,76	2 388 778,52	47 775,57	128 038,53
IVECO TURBO DAILY 50C15	8 267,47	62 632,33	1 252,65	3 357,09
<b>EURO 4</b>				
SOLARIS URBINO 12	351 162,98	2 671 892,23	15 267,96	204 590,60
<b>EURO 5</b>				
SOLARIS URBINO 10	214 662,48	933 315,12	9 333,15	125 064,23
SOLARIS URBINO 12	277 879,54	1 208 171,92	12 081,72	161 895,04
<b>EURO 6</b>				
SOLARIS URBINO 12	161 493,95	496 904,45	12 422,61	332 925,98

Norma spalania / pojazd	NMHC/NMVOG w g/rok	NOx w g/rok	PM w g/rok	CO <sub>2</sub> w kg/rok
<b>SOLARIS URBINO 12 HYBRID</b>	<b>75 646,44</b>	<b>232 758,28</b>	<b>5 818,96</b>	<b>155 948,05</b>
<b>roczna sumaryczna emisja szkodliwych substancji ze wszystkich pojazdów w komunikacji miejskiej:</b>	<b>1 328 785,18</b>	<b>7 761 694,57</b>	<b>98 133,65</b>	<b>955 871,47</b>

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3 Analiza parametrów eksploatacyjnych sieci i linii komunikacyjnych

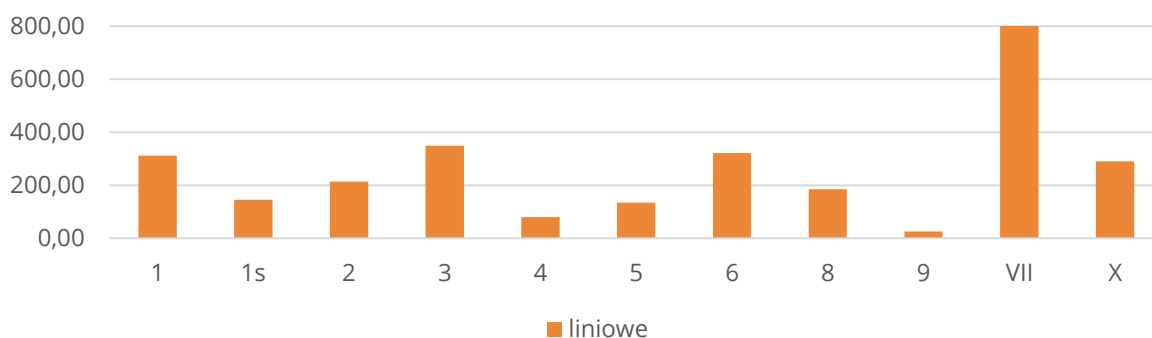
W poniższym podrozdziale zostały scharakteryzowane parametry eksploatacyjne sieci linii komunikacyjnych w Czechowicach-Dziedzicach. Sieć została przeanalizowana pod względem liczby wozokilometrów liniowych według typu dnia i wskaźników wykorzystania taboru. Następnie przedstawiono dane dotyczące prędkości eksploatacyjnych w przekroju całej sieci i linii komunikacyjnych na terenie Gminy Czechowice-Dziedzice oraz zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady. W końcowej części rozdziału wykonana została analiza rozkładów jazdy na podstawie aktualnej bazy rozkładów jazdy.

Wszystkie linie komunikacyjne wykonują pracę eksploatacyjną łącznie z przejazdami technicznym w poszczególne dni na poziomie:

- dzień roboczy szkolny – 3608 wzk, m
- dzień roboczy wakacyjny – 3077 wzk m
- sobota – 1970 wzk, m
- niedziela i święta – 1 840 wzk, m

Najwięcej kilometrów realizowanych jest zwykle na liniach 3 oraz VII. Najmniejszą pracą eksploatacyjną, oprócz linii 4, cechuje się linia 9 kursująca w Czechowicach-Dziedzicach w relacji Dworzec - Silesia. Na kolejnych rysunkach zaprezentowano liczbę wozokilometrów liniowych na poszczególnych liniach w wybrane typy dni tygodnia.

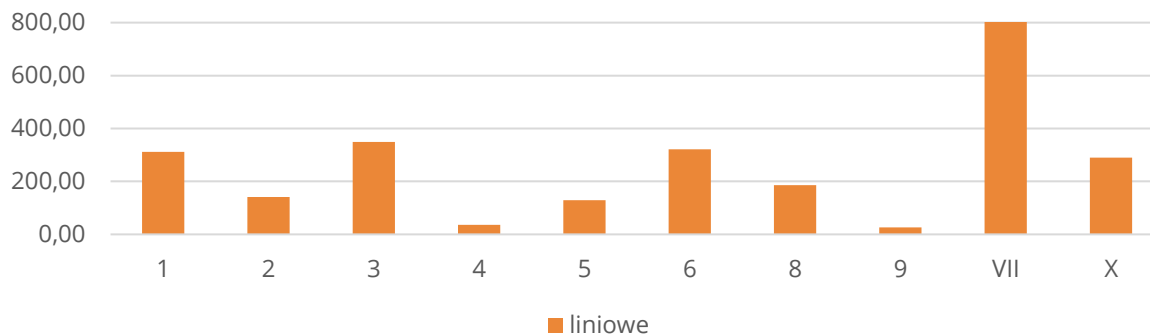
Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze szkolne



Rys. 3.4 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozkładów tabelarycznych na stronie PKM Czechowice-Dziedzice

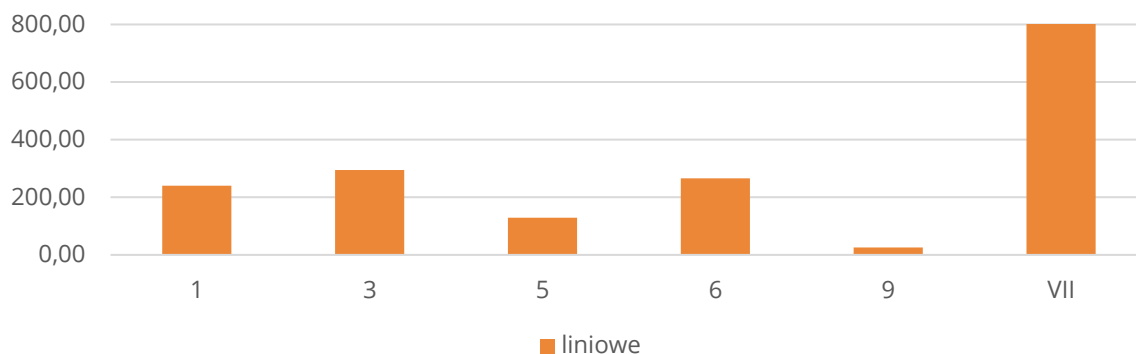
### Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze wakacyjne



**Rys. 3.5 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze wakacyjne**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozkładów tabelarycznych na stronie PKM Czechowice-Dziedzice

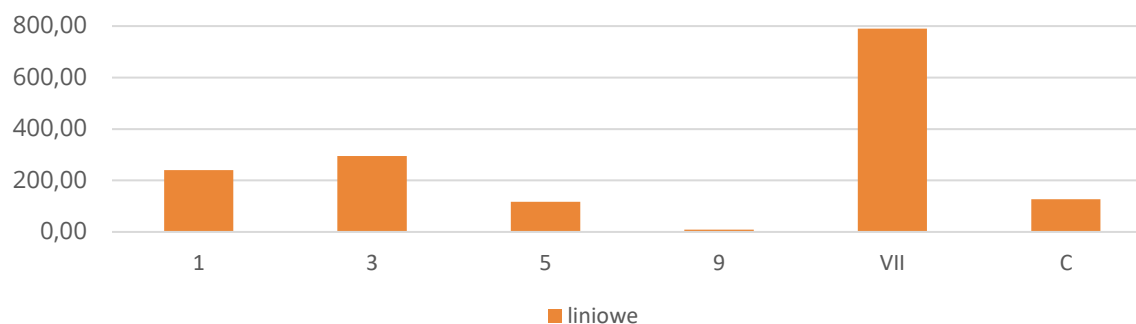
### Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w soboty



**Rys. 3.6 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w soboty**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozkładów tabelarycznych na stronie PKM Czechowice-Dziedzice

### Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedziele i święta



**Rys. 3.7 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedziele i święta**

Linia C – kursuje tylko we Wszystkich Świętych

Źródło: Opracowanie własne na podstawie rozkładów tabelarycznych na stronie PKM Czechowice-Dziedzice



### 3.3.1 Wskaźnik wykorzystania taboru

Aktualnie PKM Czechowice-Dziedzice dysponuje 19 autobusami, z czego do obsługi linii, ekspediowanych jest:

- w dni robocze w okresie szkolnym 13 autobusów – 68 % taboru,
- w dni robocze w okresie wakacji 11 autobusów – 63 % taboru,

- w soboty 6 autobusów – 32 % taboru,
- w niedziele i święta 6 autobusów – 32% taboru.

W Tab. 3.13 przedstawiono wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu.

Tab. 3.13 Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu (stan na dzień 21.06.2019)

Typ dnia /typ pojazdu	MINI		MIDI		MAXI		MEGA15	
	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa	w ruchu	rezerwa
Roboczy szkolny	0	1	3	0	8	5	2	0
Roboczy wakacyjny	0	1	3	0	6	7	2	0
Sobota	0	1	2	1	4	9	0	2
Niedziela i święta	0	1	2	1	4	9	0	2

Źródło: Opracowanie własne.

### 3.3.2 Prędkości eksploatacyjne w przekroju sieci i linii komunikacyjnych

Poniżej zestawiono średnie prędkości komunikacyjne i eksploatacyjne dla poszczególnych typów dni:

- dzień roboczy szkolny: prędkość – 28,48 km/h (eksploatacyjna – 18,07 km/h),
- dzień roboczy wakacyjny: prędkość – 28,23 km/h (18,58 km/h),

- sobota: prędkość – 29,04 km/h (17,88 km/h),
- niedziela i święta: prędkość – 28,24 km/h (17,15 km/h), Zwykle najwyższe prędkości komunikacyjne wśród linii dziennych osiągają linie podmiejskie 1s, 6, X, a najniższe 2, 5, 9.

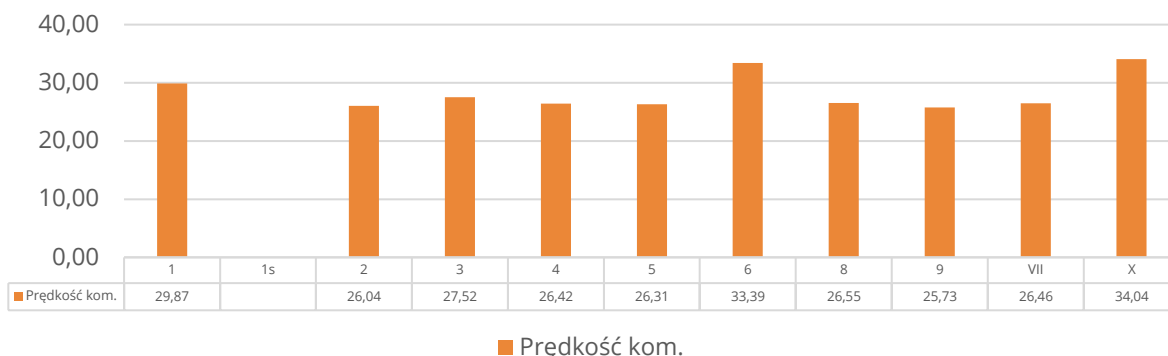
#### Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny



Rys. 3.8 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny

Źródło: Opracowanie własne

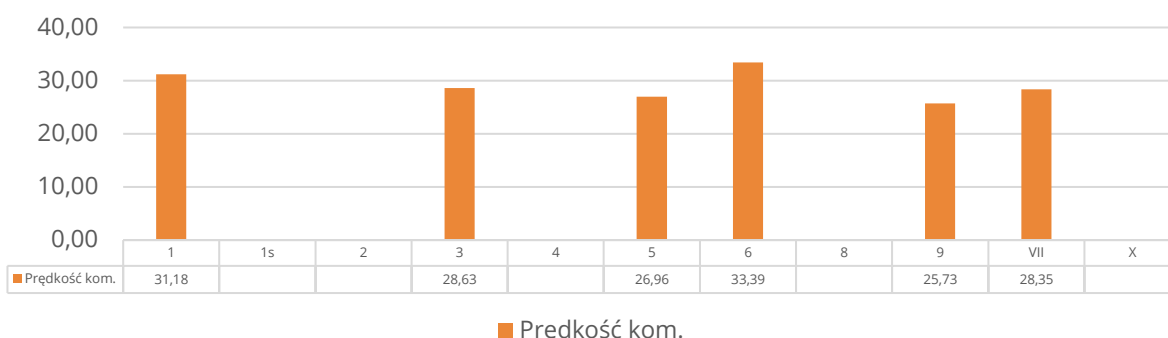
### Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny



**Rys. 3.9 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny**

Źródło: Opracowanie własne

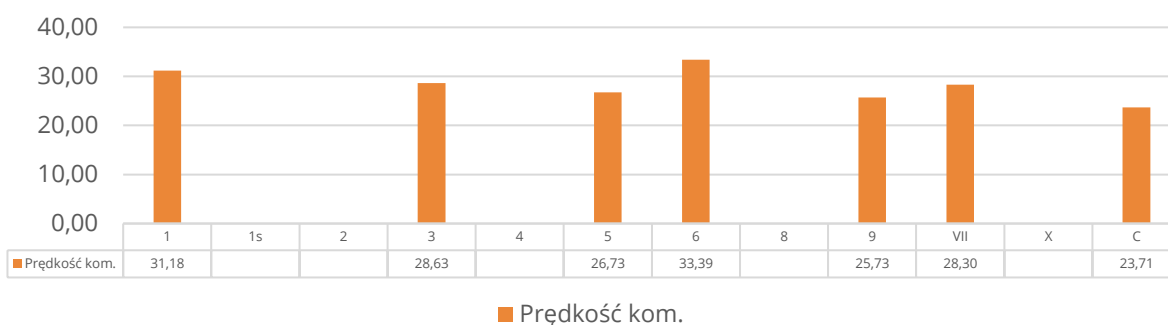
### Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę



**Rys. 3.10 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę**

Źródło: Opracowanie własne

### Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę i święto



**Rys. 3.11 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę i święto**

Linia C – kursuje tylko we Wszystkich Świętych

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3.3 Poziom zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady

Wszystkie brygady w dzień roboczy szkolny (zgodnie z rozkładem jazdy obowiązującym w czerwcu 2019 r.) wykonują łącznie 3608 wzk. Najkrótsza brygada w przekroju całej sieci realizuje zadanie na dystansie o długości 169,49 km. Najdłuższe zadanie ma dystans o długości 387,05 km. Przeciętna długość pracy eksploatacyjnej brygady w całej sieci wynosi 277,54 km. Zróżnicowanie długości brygad zostało obliczone za pomocą współczynnika zmienności, wyrażonego wzorem:

$$V = \frac{s}{\bar{x}}$$

Równanie 1 Współczynnik zmienności

gdzie:

s – odchylenie standardowe

$\bar{x}$  – przeciętna długość brygady.

Cała sieć charakteryzuje się zróżnicowaniem długości brygad na poziomie 27%. Oznacza to, że nie istnieją brygady realizujące znacznie więcej wozokilometrów niż wynosi średnia, jak i znacznie mniej.

**Tab. 3.14 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny (stan na dzień 21.06.2019)**

Parametr / typ taboru	Cała sieć
liczba brygad	13
minimalna długość w km	169,49
maksymalna długość w km	387,05
średnia długość w km	277,54
odch. standardowe	74,31
wsp. zmienności	27%
Suma km	3608,00

Źródło: Opracowanie własne

### 3.3.4 Analiza rozkładów jazdy

Ze względu na ograniczenia techniczne wynikające z zmniejszonego zasięgu autobusów elektrycznych akumulatorowych (względem napędzanych w sposób konwencjonalny) wykonano pogłębioną analizę rozkładów jazdy. Analiza posłużyła do wskazania linii lub brygad, które mogłyby zostać obsłużone przez autobusy zeroemisyjne. Sprawdzone również najczęściej

występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych. Szczegółową analizę rozkładów jazdy dla każdego wariantu dokonano w następnym rozdziale. W Tab. 3.15 zaprezentowano stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów.

**Tab. 3.15 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów**

Stan obecny	MINII	MIDI	MAXI	MEGA15	Cała sieć
Liczba brygad - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	0	3	8	2	13
Liczba brygad poj. zeroemisyjnych	0				
Liczba brygad w ruchu	0	3	8	2	13

Stan obecny	MINII	MIDI	MAXI	MEGA15	Cała sieć
Stan taboru - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	1	3	13	2	19
Stan taboru - poj. zeroemisyjnych	0				
Wskaźnik wykorzystania - poj. spalinowych i niskoemisyjnych	0%	100%	62%	100%	68%
Wskaźnik wykorzystania poj. zeroemisyjnych	0%				
Udział pojazdów zeroemisyjnych	0%				

Źródło: Opracowanie własne

W poniższych tabelach przedstawiono najczęściej występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych. Kraniec podstawowy to pętla lub przystanek, gdzie bieg kończy najwięcej kursów danej linii. Długości postojów na wszystkich innych przystankach krańcowych są przedstawione w kolumnie „krańce wariantowe”. Linie wykonujące tylko 1 parę kursów w danej

porze, mają wpisaną długość postoju tylko na jednym krańcu. Przy braku powtarzalnych interwałów rozumianych jako częstotliwości kursowania, zdefiniowany został przedział z występującymi odstępami lub liczba par kursów (np. „p1” oznacza 1 parę). Z analizy wyłączone zostały dedykowane przerwy posiłkowe, które nie są zaplanowane jako powtarzalne postoje wyrównawcze.

Tab. 3.16 Długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny

Najczęściej występujące długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny [min.]										
Linia	Nazwa krańca 1 (podstawowego)	Nazwa krańca 2 (podstawowego)	Pora międzyszczytowa [9:00 - 12:59]				Popołudniowy szczyt komunikacyjny [14:00 - 15:59]			
			Interwały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe	Interwały	Kraniec 1	Kraniec 2	Krańce wariantowe
1	Miliardowice Powstańców Śląskich/Przed szkolna	Czechowice-Dziedzice Dworzec	90	0	20-39	-	70	0	25	-
1s	Silesia	Czechowice-Dziedzice Dworzec	-	-	-	-	p1	-	-	-
2	Silesia	Świerkowice/Pętla	60	3	7-8	8-23	65	8	1	40
3	Kopernika/Przełęczna	Czechowice-Dziedzice Dworzec	60	0	21-36	-	70	0	32	-
4	Kopernika/Przełęczna	Czechowice-Dziedzice Dworzec	90	0	32	-	-	-	-	-
5	Silesia	Czechowice-Dziedzice Dworzec	50	5	5-25	-	p1	-	-	23
6	Bronów Graniczna/Kunza/Pętla	Czechowice-Dziedzice Dworzec	120	0	65	-	75	0	25	-
VII	Silesia	Bielsko-Biała Warszawska Dw.	25	24-48	6-14	-	20	14-27	10-14	-
8	Miliardowice Powstańców Śląskich/Przed szkolna	Silesia	100	0	2-48	46	p1	0	33	-
9	Silesia	Czechowice-Dziedzice Dworzec	-	-	-	-	p1	13	-	-
X	Zabrzeg Gminna/Poczta	Bielsko-Biała Warszawska Dw.	p2	-	19	-	p1	10	19	-

Źródło: Opracowanie własne

## 4 Analiza ekonomiczno – finansowa możliwości eksploatacji autobusów zeroemisyjnych

W rozdziale 4 przedstawiono 4 warianty inwestycyjne:

- autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi,
- autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in,
- autobusy elektryczne w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in oraz pantografem,
- autobusy o napędzie konwencjonalnym.

Każdy typ pojazdu został scharakteryzowany pod względem podstawowych parametrów technicznych, analizy ostatnich postępowań na kupno takich pojazdów. Następnie oceniono możliwość wprowadzenia danego wariantu w analizowanej sieci komunikacyjnej w Czechowicach-Dziedzicach oraz potencjalne koszty wprowadzenia. Pod koniec rozdziału przeprowadzono analizę wielokryterialną (MCA)

w celu wybrania dwóch wariantów do dalszych analiz kosztów i korzyści wynikających z ich wdrożenia.

W kontekście ustaleń płynących z zapisów uepa, przy obecnie eksploatowanych, w sieci komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach 19 pojazdach, teoretycznie wymagana liczba posiadanych pojazdów zeroemisyjnych wynosi<sup>6</sup>:

- w terminie od 01.01.2021 r. – 1 pojazd (tj. 5% spośród planowanej posiadanej liczby autobusów),
- w terminie od 01.01.2023 r. – 2 pojazdy (tj. udział na poziomie 10%),
- w terminie od 01.01.2025 r. – 4 pojazdy (tj. udział na poziomie 20%),
- w terminie od 01.01.2028 r. – 6 pojazdów (tj. udział na poziomie 30%).

### 4.1 Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym

Wśród pojazdów zeroemisyjnych coraz większą popularność zyskują autobusy o napędzie elektrycznym opartym o ogniwa paliwowe. Do końca pierwszego kwartału br. w Europie pojawiło się ponad 70 takich pojazdów, którymi przejechano ponad 10 mln km. Rozwiązanie to jest atrakcyjne nie tylko ze względu na korzyści związane z ochroną środowiska (w wyniku utleniania wodoru powstaje tylko para wodna), ale także na brak konieczności inwestowania

w dodatkową infrastrukturę do doładowywania pojazdu w trakcie wykonywania zadania. Najważniejszą inwestycją infrastrukturalną jest scentralizowana stacja tankowania wodoru (HRS), która umiejscowiona może być, np. na terenie zajezdni autobusowej.

Obecnie autobusy napędzane wodorem są eksploatowane w kilkunastu europejskich miastach, takich jak Londyn, Hamburg, Oslo,

<sup>6</sup> Obliczając liczbę wymaganych autobusów zeroemisyjnych, przyjęto metodę zaokrąglania w górę do pełnych jedności dla wartości z ułamkami.



Mediolanie czy Kolonii. Są to niewielkie floty, liczące zazwyczaj do 10 sztuk, ale ich liczba wciąż się zwiększa i w najbliższym czasie w Europie pojawi się co najmniej 60 kolejnych autobusów

napędzanych wodorem<sup>7</sup>. Warto też wspomnieć o niedawnym zamówieniu na 40 autobusów złożonym wspólnie przez Kolonię i Wuppertal<sup>8</sup>.

**Tab. 4.1 Największe systemy autobusów napędzanych wodorem w Europie**

Miasto	Liczba autobusów	Producent autobusów	Typ autobusu
Aberdeen	10	Van Hool	13-metrowy
Londyn	8	Wright	12-metrowy
Ryga	10(20)	Solaris	Przegubowy, 18,75m, trolejbus z ogniwami wodorowymi
Hamburg	6	4x Mercedes (EvoBus) i 2x Solaris	4x 12m i 2x 18,75m

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.1.1 Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie wodorowym

Autobusy napędzane energią pochodzącą z czystego wodoru różnią się od klasycznych autobusów elektrycznych tym, że głównym źródłem prądu elektrycznego są ogniwa wodorowe, natomiast akumulatory pełnią funkcję wspomagającą (są doładowywane w trakcie jazdy). Rozwiązanie to jest korzystniejsze ze względu na krótki czas tankowania i wydajność autobusu wyposażonego w ogniwa paliwowe. Zbiorniki na wodór umieszczone na dachu autobusu mają pojemność 35-40 kg, co wystarcza na przejechanie ok. 350-450 km, bez konieczności doładowania akumulatora na trasie (jak to ma miejsce w przypadku obecnie eksploatowanych pojazdów elektrycznych akumulatorowych). Tankowanie zajmuje około 10 minut, a wodór

przechowywany jest w pojemnikach pod ciśnieniem ok. 35 MPa.

Eksploatacja autobusów z napędem wodorowym wiąże się z koniecznością budowy odpowiedniej infrastruktury do tankowania, jako że obecnie w Polsce nie występują stacje tankowania wodorem. Utrudnieniem jest także brak dystrybucji czystego wodoru na potrzeby transportowe. Pojawiły się natomiast pierwsze porozumienia mające na celu stworzenie infrastruktury do ładowania takich pojazdów.<sup>9</sup>

W poniższej tabeli przedstawiono poszczególne parametry autobusów zaprojektowanych przez polskich producentów.

<sup>7</sup> <https://fuelcellsworks.com/news/a-total-of-62-hydrogen-powered-buses-will-soon-be-deployed-in-four-european-cities>, dostęp 18.07.18

<sup>8</sup> <https://www.hyvolution-event.com/en/40-hydrogen-buses-order-van-hool>, dostęp 18.07.18

<sup>9</sup> Miasto Gdynia i Grupa Lotos podpisały list intencyjny dotyczący ewentualnych dostaw wodoru (data podpisania 3 kwietnia 2018 r.)

**Tab. 4.2. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym**

Model	Długość	Rok	Pojemność baterii	Moc	Zasięg (1 ładowanie)	Inne
Ursus Demo Hydrogen (elektryczny na wodorowe ogniwa paliwowe)	12 m	2017	70 kWh	226 kW (silnik w piastach kół) 120 kW (silnik na osiach)	450 km	20 tys. h pracy, 700 tys. km przebiegu, ok. 80 pasażerów
Solaris Urbino 12 Hydrogen	12 m	2019	29,2 kWh	2 x 60 kW	ponad 350 km	ok. 80 pasażerów
Van Hool A330FC	13,1 m	2019	90 kWh (120 kWh)	2x85 kW	300 km	67 pasażerów
Mercedes Citaro FuelCELL-Hybrid	12m	2009	26,9 kWh	120-160 kW	200-250 km	

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.1.2 Koszty inwestycyjne zakupu taboru

Projekty związane z wdrażaniem autobusów napędzanych wodorem, obejmują koszty zakupu taboru jak i infrastruktury niezbędnej do tankowania pojazdu. Według planu firmy Solaris Bus & Coach S.A., który dotyczy eksploatacji autobusów napędzanych wodorem, koszt takiego pojazdu klasy MAXI wynosi od 750 tys. do 1 mln euro. Solaris jest w trakcie realizacji wartego 18 mln euro kontraktu na dostawę 10 przegubowych, 18,75 metrowych trolejbusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi i 10 napędzanych wodorem 12 metrowych autobusów dla łotewskiej Rygi.<sup>10</sup>

Docelowo cenę zakupu jednego autobusu napędzanego wodorem szacuje się na 500 tys. euro (taki scenariusz przewiduje jeden ze światowych dostawców innowacyjnych rozwiązań w zakresie ogniw paliwowych). Cena takiego pojazdu zależy od wielkości zamówienia. Na Rys. 4.1 przedstawiono koszty budowy

podzespołów elektrycznych ogniw paliwowych 12-metrowego autobusu, o mocy 60 kW. Są to kwoty, jakich oczekuje się przy eksploatacji taboru do roku 2020, co pozwala na redukcję tych obecnych nawet do 40%. Dr Frank Koch z Energie Agentur NRW, agencji zajmującej się ekspertyzami energetycznymi dla Nadrenii Północnej – Westfalii, szacuje, że koszty zakupu autobusu typu MAXI (12-13,5 m) kształtują się w okolicy 650 tys. euro, a za autobus przegubowy do 1 miliona euro.<sup>11</sup> Ceny te również pojawiają się w materiałach i podręczniku promującym zastosowanie ogniw wodorowych w transporcie publicznym, wspieranym przez UE.<sup>12</sup>

Jednak jak pokazuje przykład Kolonii, która zamówiła od firmy Van Hool 30 autobusów napędzanych wodorem o długości 13 m, cena może być niższa. Kontrakt wart był 13 mln euro, co oznacza, że jeden autobus kosztował niecałe

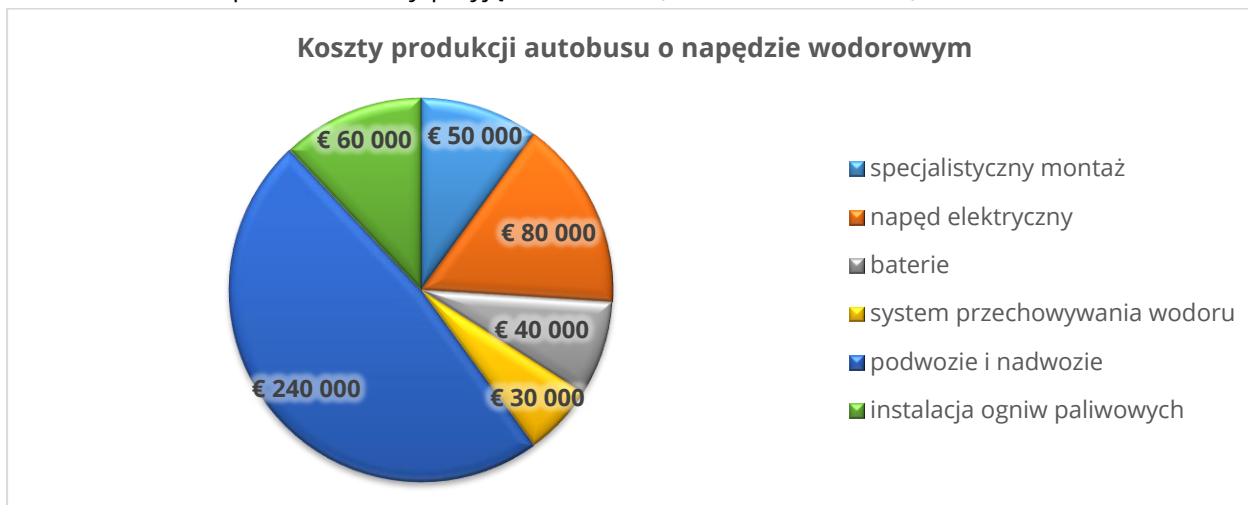
<sup>10</sup> <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksmes-teres-18-miljonus-lai-nopirkto-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus/>, dostęp 18.07.18

<sup>11</sup> [https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderauftruf/frankkoch\\_energieagnrw\\_fk-aachen-08-03-2016.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderauftruf/frankkoch_energieagnrw_fk-aachen-08-03-2016.pdf), dostęp na 18.07.18

<sup>12</sup> JIVE and MEHRLIN Performance Assessment Handbook, Stefan Eckert, Michael Faltenbacher, Klaus Stolzenburg, Martin Gallmetzer

450 tys. euro. Rynek autobusów napędzanych wodorem jest młody i cena nie ukształtowała się ostatecznie<sup>13</sup>. Dla potrzeb analizy przyjęto koszt

jednego autobusu MAXI na ogniwa paliwowe zasilane wodorem na poziomie 3,22 mln zł netto (0,75 mln euro netto).



**Rys. 4.1 Koszty produkcji autobusu o napędzie wodorowym**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie <https://www.fuelcellbuses.eu>

**Tab. 4.3 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie**

Zamawiający	Wielkość zamówienia	Typ autobusu	Wartość zamówienia	Wartość jednego autobusu
Rotterdam <sup>14</sup>	2	Van Hool 13m	1,7mln €	850 tys. €
Kolonia	30	Van Hool 13m	13,0mln €	430 tys. €
Aberdeen <sup>15</sup>	10	Van Hool 13m	brak danych	~500 tys. £≈560 tys. €

Źródło: Opracowanie własne na podstawie artykułów branżowych

### 4.1.3 Koszty inwestycji w infrastrukturę do tankowania pojazdów

Istnieją dwa sposoby zapewnienia dostaw wodoru do tankowania pojazdów – dostawa lub produkcja na miejscu. Podstawowymi elementami stacji tankowania są:

- magazyn wodoru (zbiornik niskociśnieniowy),
- sprężarka membranowa bezolejowa,
- wymiennik ciepła (chłodnica),
- dystrybutor dla autobusów (350 bar),
- dystrybutor dla samochodów osobowych (700 bar),

- układ sterowania stacją.

Koszt budowy stacji zależy od jej wielkości, sposobu dostarczania wodoru na stacji (produkcja na miejscu, dostawa w formie płynnej lub gazowej)<sup>16</sup> i wymagań, jakie stawiają założenia odnośnie do taboru i jej użytkowników. Według danych opublikowanych przez stowarzyszenie UKH2Mobility, na budowę sieci stacji tankowania wodoru w największych miastach do 2030 roku, potrzeba 418 mln funtów. Kwota ta ma pokryć koszty budowy blisko 1200 stacji, co oznacza, że średnio jedna

<sup>13</sup> [https://www.rvk.de/fileadmin/images/Null\\_Emissio/2018\\_Datenblatt\\_Van\\_Hool.pdf](https://www.rvk.de/fileadmin/images/Null_Emissio/2018_Datenblatt_Van_Hool.pdf), dostęp na 14.06.19

<sup>14</sup> <https://www.3emotion.eu/news/ret-orders-two-fuel-cell-buses-van-hool>, dostęp 18.07.18

<sup>15</sup> <https://www.eveningexpress.co.uk/fp/news/local/decision-to-be-made-on-10-new-hydrogen-buses/> dostęp 18.07.18

<sup>16</sup> <https://h2stationmaps.com/costs-and-financing> dostęp 18.07.18

stacja będzie kosztować 350 tys. funtów, czyli około 400 tys. euro. Opracowanie dr F. Kocha z Energie Agentur NRW określa koszt budowy stacji mogącej obsłużyć sieć do 10 autobusów na 600 tys. euro<sup>17</sup>. W artykułach traktujących o stacjach tankowania wodoru do aut osobowych, padają kwoty między 1, a 2 mln euro<sup>18</sup> Łotewska Ryga za budowę dużej stacji tankowania, mogącej obsługiwać 20 pojazdową flotę autobusów i pojazdy prywatne, zapłaciła 4,5 mln euro<sup>19</sup>. Inne dane, pochodzące z USA

wyceniają koszt budowy jednej dużej stacji na 5 mln dolarów, jednak warto zwrócić uwagę, że są to dane z 2012<sup>20</sup>.

W Polsce ciągle jednak brakuje zdecydowanych działań zmierzających do rozwiązania problemów regulacji prawnych dotyczących punktów tankowania wodoru oraz budowy sieci dystrybucyjnej na szeroką skalę.

#### 4.1.4 Możliwość wprowadzenia autobusów napędzanych wodorem w Czechowicach-Dziedzicach

Do obsługi komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach przeznaczonych jest 19 pojazdów. Dla spełnienia warunku 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie komunikacji miejskiej, niniejsza ocena obejmuje prognozę nakładów inwestycyjnych dla 6

autobusów z wodorowymi ogniwami paliwowymi. Wymianę autobusów spalinowych na autobusy napędzane wodorem założono w stosunku 1 do 1. Jednostkowa cena pojazdów została ustalona na podstawie obecnych cen rynkowych.

**Tab. 4.4 Koszty netto wprowadzenia do ruchu autobusów o napędzie wodorowym**

Koszt netto	Wartość netto zakupu
Zakup taboru	20,45 mln zł
Dostosowanie zajezdni do obsługi autobusów o napędzie wodorowym	2,00 mln zł
Stacja tankowania wodoru	19,17 mln zł
Łączne nakłady inwestycyjne	41,62 mln zł

Źródło: Opracowanie własne

<sup>17</sup> [https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufruf/frankkoch\\_energieagnrw\\_fk-aachen-08-03-2016.pdf](https://www.now-gmbh.de/content/1-aktuelles/1-presse/20160308-fachkonferenz-in-aachen-und-foerderaufruf/frankkoch_energieagnrw_fk-aachen-08-03-2016.pdf), dostęp na 18.07.18

<sup>18</sup> <https://ecomento.de/2018/02/16/wasserstoff-elektroauto-tankstellen-2017-deutschland-europa-welt/>, dostęp 18.07.18

<sup>19</sup> <https://skaties.lv/zinas/latvija/rigas-satiksme-teres-18-miljonus-lai-nopirktu-jaunus-udenraza-autobusus-un-trolejbusus/>

<sup>20</sup> [https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review12/an020\\_melaina\\_2012\\_o.pdf](https://www.hydrogen.energy.gov/pdfs/review12/an020_melaina_2012_o.pdf), dostęp 18.07.18

## 4.2 Ocena wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym

### 4.2.1 Charakterystyka parametrów eksploatacyjnych autobusów o napędzie elektrycznym akumulatorowym

Obecnie liczba autobusów elektrycznych akumulatorowych dynamicznie wzrasta. W kwietniu 2019 w polskich miastach jeździły 192 autobusy elektryczne akumulatorowe (wzrost o 115% rok do roku), a kolejnych 260 jest na etapie zakupu i produkcji<sup>21</sup>. Autobusy elektryczne w Polsce produkuje Autosan sp. z o.o., MAN Truck & Bus, Solaris Bus & Coach S.A., Ursus Bus S.A. oraz Volvo Polska sp. z o.o.. Autobusy elektryczne mają masę większą o około 750 kg w porównaniu do pojazdów spalinowych<sup>22</sup>, ze względu na konieczność montażu akumulatorów. Wyróżniają się lepszymi charakterystykami dynamicznymi – stosowane w autobusach elektrycznych silniki asynchroniczne, w przeciwieństwie do spalinowych, osiągają maksymalny moment obrotowy już przy rozruchu. Do ich zasilania używa się przeważnie akumulatorów litowo-jonowych m.in.:

- litowo-niklowo-manganowo-kobaltowych -NMC, które charakteryzują się niskimi kosztami, niską masą, ale również niską żywotnością i małym zakresem temperatur pracy (>-10°C),
- litowo-fosforowych LFP, które są nieznacznie droższe, cięższe i trwalsze od NMC oraz można je eksploatować do temperatury -30°C,

- litowo-tytanowych LTO, które są dwukrotnie cięższe i droższe od NMC, ale pięciokrotnie od nich trwalsze i o dużej mocy chwilowej oraz znacznej odporności na temperaturę<sup>23</sup>.

Najważniejszymi czynnikami charakteryzującymi eksploatację autobusów elektrycznych akumulatorowych jest ich zasięg oraz metoda ładowania. Ze względu np. na zużycie energii przez klimatyzację lub niską temperaturę (która ma wpływ na zmniejszenie pojemności akumulatorów), zasięg eksploatacyjny zmniejsza się względem maksymalnego. Długość trasy jaką bez ładowania może pokonać pojazd zależy od liczby zastosowanych akumulatorów, co przekłada się na masę pojazdu. Zwiększona masa pojazdu wiąże się ze zmniejszoną pojemnością pojazdu. Dlatego też nie zaleca się stosowania bardzo pojemnych akumulatorów.

Należy zwrócić uwagę, że im większy akumulator oraz masa pojazdu, tym większe średnie zużycie energii na kilometr.

Założono, że dla autobusu 10 metrowego zużycie energii kształtuje się na poziomie 1,15 kWh/km, natomiast dla autobusu 12 metrowego 1,35 kWh/km, a autobusu 18-metrowego na poziomie 1,75 kWh/km.

<sup>21</sup> [http://infobus.pl/polski-rynek-autobusow-elektrycznych-w-kwietniu-2019\\_more\\_115070.html](http://infobus.pl/polski-rynek-autobusow-elektrycznych-w-kwietniu-2019_more_115070.html)

<sup>22</sup> *Koncepcja wprowadzenia do eksploatacji autobusów elektrycznych w lubelskiej komunikacji miejskiej*, Poznań 2014

<sup>23</sup> *Przegląd aktualnych doświadczeń w eksploatacji autobusów elektrycznych*, MZA Sp.z o.o., Kraków 2017



Autobusy elektryczne akumulatorowe można ładować na kilka sposobów. Najpowszechniejszymi w Polsce są ładowarki typu plug-in, które służą do ładowania podczas dłuższych postojów pojazdów, np. na zajezdni, wówczas zwykle wykorzystywany jest prąd o niskim natężeniu, co przekłada się na mniejszy spadek żywotności akumulatorów. Drugim rozwiązaniem, stosowanym często równolegle z ładowarkami plug-in, jest ładowanie za pomocą pantografu. Dzięki zastosowaniu ładowania dużym prądem (o natężeniu 30-60A) możliwe jest doładowywanie akumulatorów na przykład podczas postoju na pętli. Już 10 minutowe doładowanie pozwala wydłużyć zasięg autobusu o 20 – 40 km. Z tego względu najczęściej pojazdy są ładowane niskim prądem metodą plug-in na zajezdni w porze nocnej, natomiast podczas eksploatacji są doładowywane podczas postojów na pętlach. Dzięki takiemu rozwiązaniu autobus może wykonać więcej kilometrów w ruchu liniowym, zanim konieczny będzie zjazd na ładowanie.

Trzecią metodą, pod względem eksploatacji autobusu zbliżoną do ładowania pantografowego, jest ładowanie indukcyjne.

Ładowarka indukcyjna o natężeniu 125A potrafi w ciągu 10 min zwiększyć zasięg pojazdu o 23 km. Zaletą ładowarek indukcyjnych jest ich nieinwazyjność dla przestrzeni miejskiej, wyglądają jak płyta wbudowana w jezdnię. Z tego powodu są one często stosowane na obszarach zabytkowych centrów miast. Do ich wad należy zaliczyć dużą wrażliwość na niskie temperatury, przez co nie jest wskazane ich stosowanie w polskiej strefie klimatycznej. Jest to też zdecydowanie najdroższe rozwiązanie spośród zaprezentowanych metod.



**Rys. 4.2** *Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 18 electric*

Źródło: Zbiory własne

**Tab. 4.5** *Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast*

Miasto	Producent	Długość pojazdu	liczba	Cena za sztukę [mln zł brutto]	Ładowarki zawarte w cenie
Stalowa Wola	Solaris	9m	10	2,046	3x pantografowa i 5x plug-in
Inowrocław	Volvo	12m	8	2,086	8x plug in
Kraków	Solaris	12m	17	2,050	brak
Kraków	Solaris	18m	3	2,649	brak
Rzeszów	Solaris	12m	10	2,455	10x plug-in i 2x pantografowa
Szczecinek	Ursus	12m	10	2,060	11x plug-in
Poznań	Solaris	18m	15	3,130	brak
Poznań	Solaris	12m	6	2,198	brak
Łomianki	Solaris	12m	2	2,300	2x plug-in
Nowy Sącz	Ursus	12m	2	3,080	1x plug-in i 1x pantografowe
Szczecin	Ursus	12m	11	2,830	Brak
Włocławek	Solaris	12m	3	2,285	5x plug-in
Warszawa	Solaris	18m	130	2,166	brak
Radom	Solaris	12m	10	2,599	10x plug-in i 2x pantografowe
Kutno	Solaris	12m	6	1,877	brak
Sochaczew	Solaris	10m	3	1,743	brak

Miasto	Producent	Długość pojazdu	liczba	Cena za sztukę [mln zł brutto]	Ładowarki zawarte w cenie
Katowice	Solaris	12m	5	2,490	5x plug-in
Tychy	Solaris	12m	2	2,300	1x plug-in i 1x pantografowa

Źródło: Opracowanie własne

W Tab. 4.5 przedstawione zostały ceny jednostkowe pojazdów w wybranych przetargach na zakup autobusów elektrycznych akumulatorowych w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto następujące kwoty netto, niezbędne do zakupu

autobusów (z możliwością ładowania za pomocą pantografu):

- MINI – 1,7 mln zł,
- MIDI – 1,8 mln zł,
- MAXI – 2,2 mln zł,
- MEGA18 – 2,8 mln zł.

#### 4.2.2 Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in

Koszt zakupu ładowarek plug-in jest stosunkowo niski – koszt jednego urządzenia to około 130 000 zł netto. W celu efektywnego ładowania pojazdów zwykle wymagane jest posiadanie znacznej liczby ładowarek (jednej na pojazd dla urządzeń jednostanowiskowych lub jednej na dwa pojazdy - dla urządzeń dwustanowiskowych). Stosując ładowarki typu plug-in, bez doładowywania autobusów na

trasie, istnieje wysokie prawdopodobieństwo, że liczba autobusów elektrycznych akumulatorowych potrzebnych do obsłużenia zaplanowanych brygad będzie większa niż analogiczna liczba pojazdów spalinowych (autobusy elektryczne akumulatorowe musiałyby zjeżdżać do zajezdni po wykonaniu około 150 km na kilkugodzinne ładowanie).

#### 4.2.3 Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in

Ze względu na ograniczony zasięg autobusów elektrycznych i potrzebę ładowania akumulatorów dokonano analizy rozkładów jazdy na podstawie danych dostarczonych od przewoźnika. Przy analizie przyjęto założenie, że

jeden autobus elektryczny może przejechać 120 km na naładowanym akumulatorze. Wariant zakłada ładowanie pojazdów jedynie na zajezdni do pełnych akumulatorów.

Tab. 4.6 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in (dla 2028 r.)

Model oparty o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Liczba brygad - aut. spalinowe	0	3	5	0	0	8
Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe	0	0	6	0	4	10
Przyrost liczby brygad w ruchu	0	0	3	0	2	5
Liczba brygad w ruchu	0	3	11	0	4	18

Źródło: Opracowanie własne

W modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in obecne rozkłady jazdy pozwalają na obsługę autobusami elektrycznymi akumulatorowymi brygad – 6 obsługiwanych autobusami klasy MAXI oraz 4 autobusami klasy MIDI.

Do obsługi przewozów łącznie będą potrzebne 24 pojazdy – o 5 więcej niż obecnie, w tym 10 autobusów z napędem elektrycznym (42%). Rozwiązanie to pozwoli osiągnąć ustawowy

wymóg 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych. Liczba autobusów w ruchu w całej sieci komunikacyjnej wzrośnie zatem o 5 sztuki – z poziomu 13 brygad do 18 brygad w dzień roboczy szkolny z powodu zdublowania pojedynczej brygady na dwa autobusy. Przyrost liczby posiadanych autobusów wynika z ograniczonego zasięgu autobusów elektrycznych akumulatorowych, który nie pozwala na wymianę autobusów spalinowych w stosunku 1:1.

**Tab. 4.7 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in**

Model oparty o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in	MINI	MIDI	MAXI	MEGA18	Cała sieć
Stan taboru - aut. spalinowe	1	3	10		14
Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe	0	0	6	4	10
Stan taboru	1	3	16	4	24
Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych	0%	100%	50%	0%	57%
Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych	0%	0%	100%	100%	100%
Udział aut. elektrycznych akumulatorowych	0%	0%	38%	100%	42%

Źródło: Opracowanie własne

#### 4.2.4 Koszty inwestycyjne w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami typu „plug-in” i za pomocą pantografu

Zastosowanie ładowarek pantografowych na trasie linii obsługiwanych taborem elektrycznym akumulatorowym przyczynia się do znaczącego zwiększenia zasięgu autobusu, przez co ogranicza się ryzyko zjazdu autobusu do zajezdni z powodu rozładowanych akumulatorów przed całkowitą realizacją zadania. Dodatkowym atutem jest możliwość zastosowania mniejszej liczby akumulatorów, co przekłada się na niższą masę pojazdów, większą pojemność autobusu, a także prowadzi do wolniejszej degradacji nawierzchni dróg i przystanków.

Koszt zakupu jednej ładowarki pantografowej szybkiego ładowania to około 600 000 zł netto, a w autobusie konieczny będzie montaż dodatkowej instalacji i urządzeń do ładowania. Liczba ładowarek pantografowych i plug-in zależy przede wszystkim od dystansu przejeżdżanego podczas zaplanowanej pracy

jednej brygady, dystansu między pętlami, czasu postoju na pętlach i nachyleń na trasie (większy zasięg będzie możliwy do zrealizowania na płaskim terenie).



**Rys. 4.3 Autobus elektryczny akumulatorowy Ursus w Zielonej Górze**

Źródło: Zbiory własne

## 4.2.5 Możliwość wprowadzenia pojazdów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów ładowarkami plug-in i pantografowymi

Analogicznie jak w modelu wyłącznie z ładowarkami plug-in wykonana została pogłębiona analiza rozkładów jazdy na podstawie danych dostarczonych od operatora komunikacji miejskiej oraz analiza wielokryterialna linii. Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową, oprócz budowy stacji szybkiego ładowania na terenie miasta, zakłada budowę 3 ładowarek dwustanowiskowych lub 6 ładowarek jedno stanowiskowych wolnego ładowania na zajezdni. W analizie przyjęto następujące założenia:

- preferowane linie z przeznaczeniem do elektryfikacji zdefiniowano tak, aby w godzinach szczytów łączna liczba kursujących na nich brygad była zbliżona do wymaganej liczby autobusów zeroemisyjnych we flocie operatora zgodnie z planowanym stanem od 2020 r., przy założeniu, że wskaźnik wykorzystania autobusów elektrycznych akumulatorowych będzie wynosił w dzień roboczy 100%,
- ściśle oceniono długości postojów na krańcach w przedstawionych kluczowych porach poszczególnych typów dni, które dla określonych linii powinny zostać odpowiednio wydłużone, zakładając konieczność zachowania odpowiedniej rezerwy czasowej na doładowywanie autobusów,
- założono, że trasy nie będą modyfikowane, a niewykorzystywane autobusy elektryczne akumulatorowe poza godzinami szczytów

komunikacyjnych będą kierowane do obsługi innych linii.

W celu wyboru optymalnych linii do elektryfikacji, przeprowadzona została analiza wielokryterialna, uwzględniająca aspekty techniczno – eksploatacyjne oraz społeczne, zgodnie z którymi:

- przyjęto, że preferowane do elektryfikacji są linie z niższymi prędkościami komunikacyjnymi oraz przebiegające przez:
  - zabytkowe centrum miasta,
  - największe osiedla mieszkaniowe charakteryzujące się wysoką gęstością zaludnienia,
  - węzły przesiadkowe o charakterze lokalnym lub międzyregionalnym,
- najwyższe oceny otrzymały linie, których częstotliwości kursowania w ciągu dnia nie ulegają większej zmianie lub nie są uruchamiane dodatkowe brygady dla zachowania postojów wyrównawczych,
- wyżej ocenione zostały linie posiadające co najmniej 1 kraniec, na którym kończą bieg wszystkie kursy oraz posiadające wspólny kraniec z innymi liniami,
- wyższą ocenę otrzymały linie obsługiwane przez brygady niekursujące na innych liniach w szczytach przewozowych,
- preferowano linie, na których po elektryfikacji nie wzrośnie liczba brygad w ruchu,
- dla zmaksymalizowania korzyści wynikających z niższych kosztów eksploatacyjnych autobusów elektrycznych akumulatorowych,



założono, że będą one silniej eksploatowane od autobusów spalinowych, pomimo konieczności wydłużenia przerw międzykursowych na doładowanie akumulatorów; założono, że nawet jeśli zwiększy się liczba pojazdów w ruchu przy utrzymaniu tej samej oferty przewozowej, to średnioroczna praca eksploatacyjna przypadająca na autobus elektryczny typu MAXI w ruchu będzie wyższa o 40% (do poziomu ok. 73 tys. rocznie) kosztem autobusów z normą spalania EURO 6 z danej klasy pojazdów, natomiast dla autobusu typu MEGA18 zaplanowano pracę eksploatacyjną wyższą o 20% względem obecnie obsługiwanych pojazdów MEGA15 do poziomu ok. 85 tys. wzkm. rocznie (przy założeniu, że autobusy MEGA18 obsługują tylko i wyłącznie brygady przeznaczone dla autobusów MEGA15 w dni robocze oraz po jednej brygadzie w sobotę, niedzielę i święta obsługiwana obecnie przez autobus MAXI).

Na podstawie powyższych założeń i dokonanej analizy wielokryterialnej do całkowitej

elektryfikacji wybrano linie: VII i 3, natomiast częściowej elektryfikacji podlegać będzie linia 5. Założono, że uzupełniająco autobusy elektryczne akumulatorowe będą obsługiwały linię 6 i 9 w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie lub częściowo zelektryfikowanych.

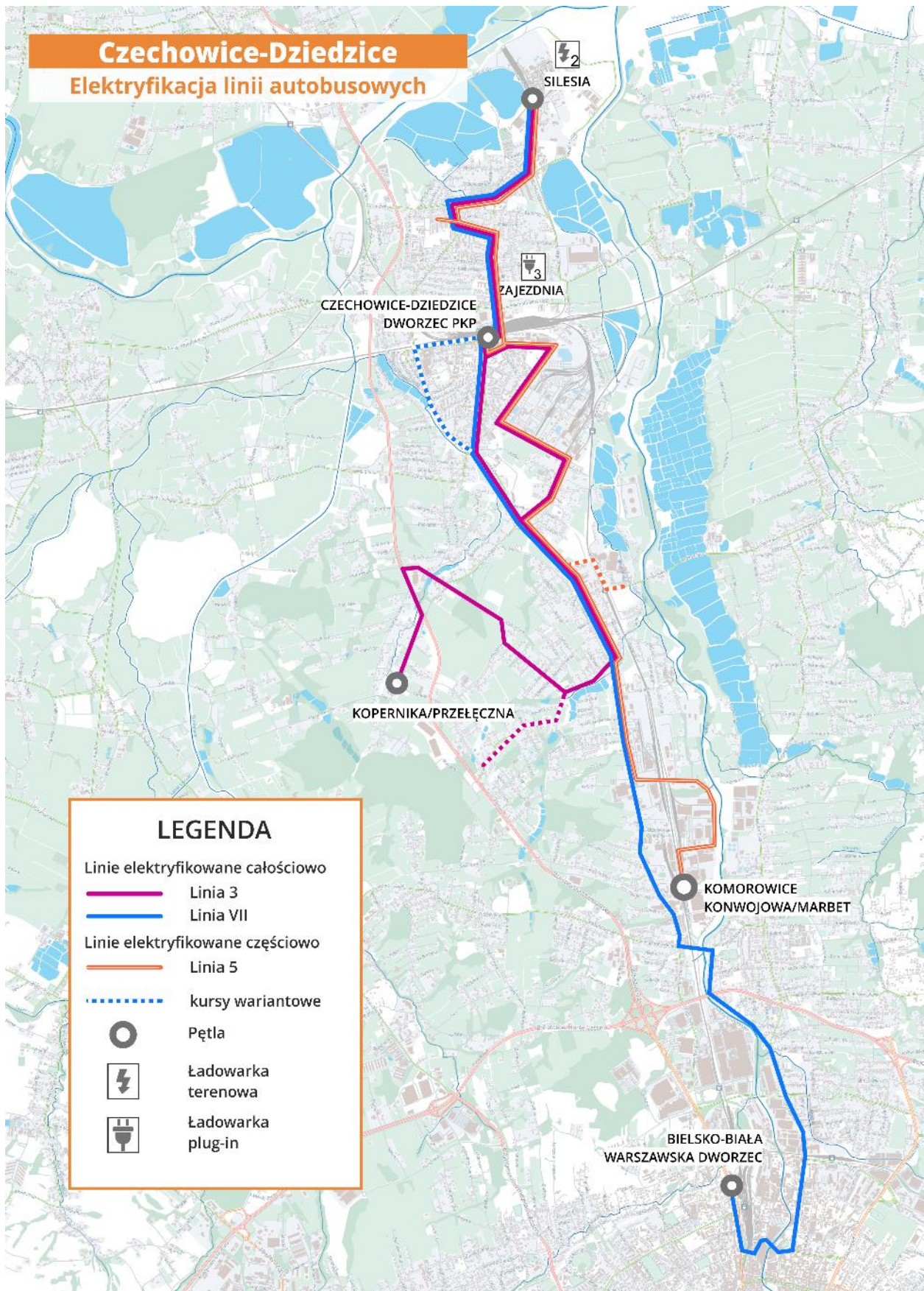
Przewidziano również lokalizację ładowarek szybkiego ładowania z wykorzystaniem pantografu na pętli Silesia.



**Rys. 4.4 Ładowarka pantografowa i autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w malowaniu ZTM Warszawa**

Źródło: Zbiory własne





Rys. 4.5 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek

Źródło: Opracowanie własne

Linie 3 oraz VII obecnie obsługuje maksymalnie 6 brygad w dzień roboczy, w godzinach szczytu przewozowego. W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową, przy założeniu o utrzymaniu obecnie stosowanych częstotliwości kursowania

do obsługi przewozów łącznie nie będą potrzebne dodatkowe autobusy, tak jak w przypadku wariantu z pojazdami typu plug-in. Liczba autobusów w ruchu w całej sieci komunikacyjnej zatem się nie zmieni, pozostanie na poziomie 13 brygad w dzień roboczy szkolny.

**Tab. 4.8 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową**

Model oparty o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Liczba brygad - aut. spalinowe	-	3	4	-	-	7
Liczba brygad - aut. elektryczne akumulatorowe:	-	-	4	-	2	6
w tym na linii VII	-	-	3	-	2	5
w tym na linii 3	-	-	1	-	-	1
Przyrost liczby brygad w ruchu	-	-	-	-	-	-
Liczba brygad w ruchu	-	3	8	-	2	13

Źródło: Opracowanie własne

Zakładając zwiększenie wskaźnika wykorzystania taboru elektrycznego w porównaniu do pozostałych pojazdów, przyrost wielkości floty operatora będzie niższy. W modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarką pantografową do obsługi sieci

potrzebne będzie łącznie 19 pojazdów, w tym 6 autobusów o napędzie elektrycznym (32%). Zrealizowana zostanie wymagana liczba autobusów zeroemisyjnych dla obecnego ilostanu operatora (6 sztuk stanowiących 30% spośród 19 użytkowanych pojazdów).

**Tab. 4.9 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i za pomocą pantografu**

Wariant W1	MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18	Cała sieć
Stan taboru - aut. spalinowe	1	3	9	-	-	13
Stan taboru - aut. elektryczne akumulatorowe	-	-	4	-	2	6
Stan taboru	1	3	13	-	2	19
Wskaźnik wykorzystania aut. spalinowych	0%	100%	44%	0%	0%	54%
Wskaźnik wykorzystania aut. elektrycznych akumulatorowych	0%	0%	100%	0%	100%	100%
Udział aut. elektrycznych akumulatorowych	0%	0%	31%	0%	100%	32%

Źródło: Opracowanie własne

## 4.3 Ocena utrzymania w eksploatacji wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne

Eksploatacja wyłącznie autobusów o napędzie spalinowym (uzupełnianych o autobusy inne niż zeroemisyjne) pozwala uniknąć nakładów finansowych na dodatkową infrastrukturę do obsługi pojazdów zeroemisyjnych – budowę stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem, czy ładowarek do autobusów elektrycznych akumulatorowych. Dodatkowym atutem jest brak konieczności dostosowania istniejącej infrastruktury (np. zajezdni) do obsługi pojazdów zeroemisyjnych. Na potrzeby analizy przyjęto, że nowe pojazdy o napędzie

spalinowym będą mieć normę emisji spalin EURO 6. Na podstawie ostatnich przetargów można założyć koszt pojedynczego autobusu klasy MAXI na poziomie około 1,05 mln zł netto za autobus. Koszt jednostkowy pojazdu klasy MEGA18 wynosi około 1,3 mln zł netto. Ze względu na brak przetargów w ostatnim czasie na autobusy klasy MEGA15 – na potrzeby analizy przyjęto, że pojedynczy pojazd kosztuje 1,15 mln zł netto (zgodnie z relacją ceny autobusu typu MEGA15 do MAXI we wcześniejszych latach).

Tab. 4.10 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym

Klasa pojazdu	Liczba pojazdów	Przeciętna cena jednostkowa netto	Koszt całkowity netto w mln zł
MAXI	4	1,05 mln zł	4 200 000
MEGA18	2	1,30 mln zł	2 600 000
Koszt całkowity inwestycji:			6 800 000

Źródło: Opracowanie własne

## 4.4 Analiza wielokryterialna (MCA) wyboru wariantu wymiany taboru

W niniejszym podrozdziale została przeprowadzona analiza wielokryterialna wyboru wariantu wymiany taboru. Na potrzeby analizy oceniono metodą ekspercką w skali od 1 do 5 poszczególne warianty pod względem następujących aspektów jakościowych:

- techniczny
  - łatwość wprowadzenia rozwiązania i konieczność budowy nowej lub przebudowy infrastruktury,
  - zasięg oferowany przez rozwiązanie,
  - elastyczność zarządzania taborem i możliwość używania pojazdów na innych liniach,
- społeczny
  - liczba potencjalnych pasażerów linii obsługiwanych taborem,
  - potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania publicznym transportem zbiorowym,
- dostępność technologiczna
  - dostępność rozwiązania technologicznego w Polsce
- środowiskowy
  - emisja spalin,



- emisja hałasu, Następnie przypisano poszczególnym kryteriom wagi.
- ekonomiczno-finansowy
- koszt wprowadzenia rozwiązania.

**Tab. 4.11 Analiza wielokryterialna – wagi przypisane kryteriom**

l.p.	Aspekt		Waga aspektów szczegółowych		Waga aspektu
			Cząstkowa	Łączna	
1.1	Techniczny	łatwość wprowadzenia	0,25	1,00	0,2
1.2		zasięg	0,30		
1.3		elastyczność zarządzania taborem	0,45		
2.1	Społeczny	liczbę potencjalnych pasażerów obsługiwanych linii wybranym typem taboru	0,70	1,00	0,1
2.2		potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania publicznym transportem zbiorowym	0,30		
3.1	Dostępność technologiczna	dostępność rozwiązania technologicznego	1,00	1,00	0,2
4.1	Środowiskowy	emisja spalin	0,50	1,00	0,3
4.2		emisja hałasu	0,50		
5.1	Ekonomiczno-finansowy	koszt wprowadzenia	1,00	1,00	0,2

Źródło: Opracowanie własne

Kolejnym etapem było przypisanie ocen poszczególnym wariantom, które zostały zaprezentowane w poniższej tabeli.

Tab. 4.12 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych

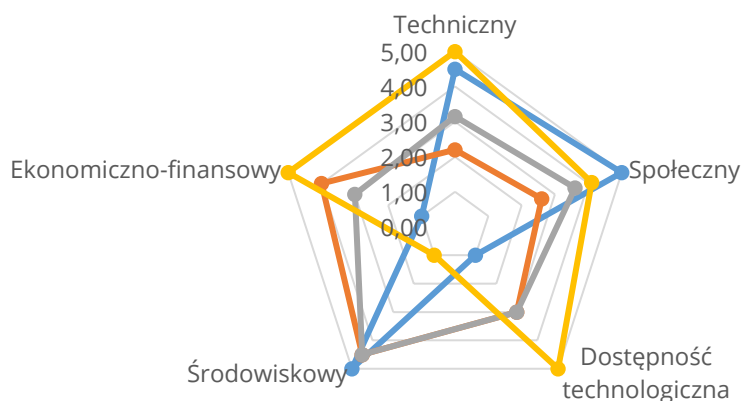
Aspekt szczegółowy	Ocena			
	Autobus napędzany wodorem	Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in	Autobus elektryczny akumulatorowy z ładowarkami plug-in i pantografowymi	Autobus z napędem konwencjonalnym
łatwość wprowadzenia	3,00	4,00	3,00	5,00
zasięg	5,00	1,00	2,00	5,00
elastyczność zarządzania taborem	5,00	2,00	4,00	5,00
liczbę potencjalnych pasażerów obsługiwanych linii wybranym typem taboru	5,00	2,00	3,00	5,00
potencjalny wpływ zastosowania taboru zeroemisyjnego na wzrost zainteresowania	5,00	4,00	5,00	2,00
dostępność rozwiązania technologicznego	1,00	3,00	3,00	5,00
emisja spalin	5,00	4,00	4,00	1,00
emisja hałasu	5,00	5,00	5,00	1,00
koszt wprowadzenia	1,00	4,00	3,00	5,00

Źródło: Opracowanie własne

Następnym etapem analizy było przemnożenie poszczególnych ocen wariantów przez wagi aspektów szczegółowych.

### Ocena wariantów w poszczególnych aspektach

- Autobus wodorowy
- Autobus elektryczny z ładowarkami plug-in
- Autobus elektryczny z ładowarkami plug-in i pantografowymi
- Autobus z napędem konwencjonalnym

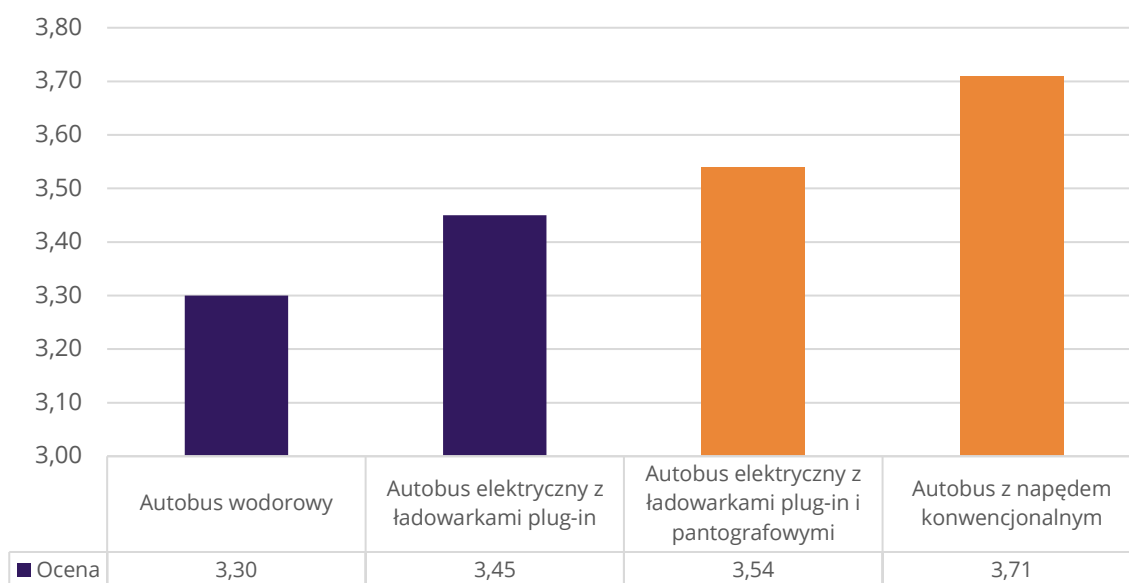


Rys. 4.6 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych

Źródło: Opracowanie własne



## Ocena wyboru wariantu



Rys. 4.7 Ocena wyboru wariantów do dalszego etapu AKK

Źródło: Opracowanie własne

Ostatnim krokiem analizy było wyznaczenie ocen wyboru wariantów poprzez obliczenie iloczynu ocen wariantów w aspektach szczegółowych z wagami ocen aspektów. **Najlepszym wariantem z minimalną przewagą okazały się autobusy z napędem konwencjonalnym z oceną na poziomie 3,71. Drugie miejsce zajęły autobusy elektryczne akumulatorowe z ładowarkami plug-in i pantografowymi z oceną 3,54. Powyższe dwa warianty będą poddane szczegółowej analizie w następnych rozdziałach. Od tej pory, w dokumencie**

**analizowane warianty będą zdefiniowane odpowiednio jako:**

- **W0** – wariant bazowy, oparty o odtwarzanie autobusów w oparciu o obecnie stosowane napędy,
- **W1** – wariant inwestycyjny, obejmujący wprowadzenie do floty użytkowanych pojazdów autobusów o napędzie elektrycznym, doładowywanych na krańcach energią z ładowarek pantografowych.

Tab. 4.13 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach.

W0	W1
Odnowa floty w oparciu o autobusy konwencjonalne	<p>Wprowadzenie do eksploatacji 6 szt. autobusów elektrycznych akumulatorowych</p> <p>Całościowo elektryfikowane linie: 3 i VII, Częściowo elektryfikowana linia: 5, Uzupełniająco elektryfikowane linie: 6 i 9, Budowa 3 szt. dwustanowiskowych lub 6 szt. jednostanowiskowych ładowarek zajezdniowych i 2 szt. ładowarek terenowych szybkiego ładowania na pętli Silesia działających w systemie OppCharge oraz gniazdem plug-in</p> <p>Odnowa pozostałej części floty w oparciu o autobusy spalinowe</p>

Źródło: Opracowanie własne

## 5 Analiza finansowa

Na podstawie analizy wielokryterialnej do dalszej analizy wybrano wariant z autobusami o napędzie konwencjonalnym (wariant W0) oraz z autobusami elektrycznymi akumulatorowymi z ładowarkami plug-in i pantografowymi (wariant W1).

### 5.1 Założenia i metodyka analizy finansowej

- Celem analizy finansowej jest oszacowanie opłacalności finansowej inwestycji.
- Przy budowie modelu posługiwano się danymi wyjściowymi dostarczonymi przez Zamawiającego, danymi z dokumentacji technicznej, kosztorysów oraz szacunkami wykonanymi na podstawie metody eksperckiej.
- Analiza została przeprowadzona na lata 2019-2043.
- W analizie przyjęto stopę dyskontową na poziomie 4%.
- Analiza została przeprowadzona w cenach stałych i nie uwzględnia wpływu inflacji.
- Analizę sporządzono w cenach netto (bez podatku VAT).
- Analiza została przeprowadzona w oparciu o model różnicowy.
- Prognoza finansowa została przeprowadzona w okresach rocznych.
- Pierwsze nakłady inwestycyjne w projekcie zostaną podjęte w 2020 roku, a eksploatacja pojazdów rozpocznie się od 2021 roku.
- Wartość rezydualna inwestycji została skalkulowana jako wartość środków trwałych po odpisach amortyzacyjnych w ostatnim roku analizy.
- Wartości kosztów operacyjnych oparto o dane historyczne lub na podstawie metody eksperckiej.
- Założono, że projekt wymiany taboru nie generuje dochodów oprócz wartości rezydualnej.
- Wymiana taboru nie spowoduje wzrostu wielkości popytu (tj. liczby pasażerów) oraz wozokilometrów – założono utrzymanie obecnej oferty przewozowej. W 2017 r. z usług komunikacji miejskiej w Czechowicach Dziedzicach skorzystało łącznie 1,58 mln pasażerów<sup>24</sup>.
- Autobusy elektryczne akumulatorowe typu MAXI realizować będą zwiększoną pracę eksploatacyjną o 40% do poziomu ok. 73 tys. wzkm rocznie, kosztem autobusów z normą spalania EURO 6 z danej klasy pojazdów, natomiast dla autobusu typu MEGA18 zaplanowano pracę eksploatacyjną wyższą o 20% względem obecnie obsługiwanych pojazdów MEGA15 do poziomu ok. 85 tys. wzkm. rocznie (przy założeniu, że autobusy MEGA18 obsługują tylko i wyłącznie brygady przeznaczone dla autobusów MEGA15 w dni robocze oraz po

<sup>24</sup> Źródło: *Biuletyn IGKM „Komunikacja miejska w liczbach” za rok 2017*

jednej brygadzie w sobotę, niedzielę i święta obsługiwana obecnie przez autobus MAXI).

## 5.2 Nakłady inwestycyjne

Koszty inwestycyjne zostały oszacowane w oparciu o analizę rynku oraz wiedzę ekspercką osób przeprowadzających analizę. Wszystkie nakłady inwestycyjne zostały podane w kwotach netto. Założono, że lata inwestycji będą zbieżne z okresami przejściowymi w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych (inwestycje w roku poprzedzającym wejście

kolejnego progu). Dodatkowo przyjęto założenie, że 1 ładowarka dwustanowiskowa wolnego ładowania przypada na 2 autobusy (w przypadku nieparzystej liczby autobusów wartość zaokrąglono w górę). Większa liczba zakupionych autobusów wynika z ograniczonego zasięgu autobusów.

Tab. 5.1 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantie W1

Wariant W1		
Przedsięwzięcie	Rok inwestycji	Wartość
Zakup 2 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MEGA18 o długości 18 m	2020	5 600 000 zł
Budowa 1 ładowarki dwustanowiskowej lub 2 ładowarek jedno stanowiskowych wolnego ładowania	2020	130 000 zł
Budowa 1 ładowarki pantografowej z wejściem plug-in razem z budową infrastruktury energetycznej – Silesia	2020	700 000 zł
Zakup 2 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m	2024	4 400 000 zł
Budowa 1 ładowarki dwustanowiskowej lub 2 ładowarek jedno stanowiskowych wolnego ładowania	2024	130 000 zł
Zakup 2 autobusów elektrycznych akumulatorowych typu MAXI o długości 12 m	2027	4 400 000 zł
Budowa 1 ładowarki dwustanowiskowej lub 2 ładowarek jedno stanowiskowych wolnego ładowania	2027	130 000 zł
Budowa 1 ładowarki pantografowej z wejściem plug-in razem z budową infrastruktury energetycznej – Silesia	2027	600 000 zł
<b>Suma:</b>		<b>16 390 000 zł</b>

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 5.2 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych

Stopień elektryfikacji linii				
LINIE	2021 r.	2023 r.	2025 r.	2028 r.
3	BRAK	BRAK	CZĘŚCIOWA	PEŁNA
VII	CZĘŚCIOWA	CZĘŚCIOWA	CZĘŚCIOWA	PEŁNA
5	BRAK	BRAK	BRAK	CZĘŚCIOWA

Źródło: Opracowanie własne

## 5.3 Wartość nakładów odtworzeniowych

W obu wariantach inwestycyjnych założono ponoszenie nakładów o charakterze odtworzeniowym, które mają na celu utrzymanie poziomu świadczonych usług. Założono, że nakłady będą poniesione zgodnie z planem operatora lub po 15 latach użytkowania pojazdu o napędzie elektrycznym bądź spalinowego wyprodukowanego przed 2010 r. W przypadku pojazdów młodszych o napędzie konwencjonalnym stopniowo okres eksploatacji zmniejszono do 10 lat, który przyjęto dla autobusów wyprodukowanych po 2018 roku.

Przy akumulatorach w autobusach elektrycznych nakłady odtworzeniowe zaplanowano po 8 latach od zakupu autobusu. Dokładną założoną długość eksploatacji dla pojazdów i infrastruktury przedstawiono w Tab. 5.3. Przyjęto także, że obecnie wartość akumulatora stanowi 40% wartości autobusu elektrycznego, a w 2030 roku ich cena spadnie o 25% względem dzisiejszej. W Tab. 5.4 przedstawiono harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w W0 i W1.

**Tab. 5.3 Okres eksploatacji środków trwałych**

Rodzaj środka trwałego	Okres eksploatacji (żywotności) w latach	Stopień odtworzenia po zakończeniu eksploatacji (żywotności) w %
Zakup autobusów	Autobusy spalinowe: od 10 do 15 w zależności od roku produkcji, przy czym 10 lat dla wszystkich autobusów wyprodukowanych po 2018 r. (okres zgodny z wytycznymi w Niebieskiej Księdze). Autobusy elektryczne akumulatorowe: 15 lat (połowa długości okresu między cyklem życia autobusu spalinowego na poziomie 10 lat i trolejbusu na poziomie 20 lat, wskazanych w Niebieskiej Księdze)	100%
Infrastruktura energetyczna do ładowania pojazdów	40	100%
Stacje ładowania	30	100%
Akumulatory w autobusach elektrycznych	8	100%

Źródło: Opracowanie własne

**Tab. 5.4 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1**

Rok	2019	2020	2021	2022	2023
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	600 000,00	2 600 000,00	0,00	1 050 000,00	3 000 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	600 000,00	730 000,00	0,00	1 050 000,00	900 000,00
Różnica w zł	0,00	-1 870 000,00	0,00	0,00	-2 100 000,00

Rok	2024	2025	2026	2027	2028
Wartość nakładów odtworzeniowych – W0 w zł	1 950 000,00	3 000 000,00	0,00	0,00	0,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	1 950 000,00	900 000,00	0,00	0,00	0,00
Różnica w zł	0,00	-2 100 000,00	0,00	0,00	0,00

Rok	2029	2030	2031	2032	2033
Wartość nakładów odtworzeniowych - W0 w zł	600 000,00	2 600 000,00	4 200 000,00	5 250 000,00	3 000 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	600 000,00	0,00	4 200 000,00	6 390 000,00	900 000,00
Różnica w zł	0,00	-2 600 000,00	0,00	1 140 000,00	-2 100 000,00

Rok	2034	2035	2036	2037	2038
Wartość nakładów odtworzeniowych - W0 w zł	1 950 000,00	3 000 000,00	0,00	0,00	0,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	1 950 000,00	7 640 000,00	0,00	0,00	0,00
Różnica w zł	0,00	4 640 000,00	0,00	0,00	0,00

Rok	2039	2040	2041	2042	2043
Wartość nakładów odtworzeniowych - W0 w zł	600 000,00	2 600 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	5 200 000,00	0,00	4 200 000,00	9 850 000,00	2 580 000,00
Różnica w zł	4 600 000,00	-2 600 000,00	0,00	5 650 000,00	-1 620 000,00

Tab. 5.5 Skumulowana wartość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1

Wyszczególnienie	Zsumowane nakłady odtworzeniowe w latach 2019-2043
Wartość nakładów odtworzeniowych - W0 w zł	48 600 000,00
Wartość nakładów odtworzeniowych – W1 w zł	49 640 000,00
Zmiana (W1 – W0)	1 040 000,00

Źródło: Opracowanie własne

## 5.4 Prognoza kosztów operacyjnych wariantów

Do kosztów operacyjnych zaliczono wszystkie koszty związane z eksploatacją taboru oraz infrastrukturą do obsługi autobusów elektrycznych akumulatorowych w wariantach W0 i W1. Analizę przeprowadzono z podziałem na warianty oraz rozróżnieniem na poszczególne

składowe. W obu wariantach analizy wielkość pracy eksploatacyjnej jest jednakowa – założono utrzymanie obecnej oferty przewozowej w zakresie tras i rozkładów jazdy. Poniżej przedstawiono opis założeń do kalkulacji kosztów operacyjnych w arkuszu kalkulacyjnym.

Tab. 5.6 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych

Koszt	Wariant W0	Wariant W1
Koszt zużycia materiałów i części zamiennych	Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr.	Koszty zużycia materiałów i części zamiennych wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. Założono, że koszt ten jest niższy o 15% dla autobusów elektrycznych względem autobusów spalinowych
Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych	Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr	Koszt zużycia płynów eksploatacyjnych wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt o 30% ze względu, że posiada mniej płynów eksploatacyjnych niż autobus o napędzie konwencjonalnym
Średnie spalanie ON	Na podstawie danych od przewoźnika. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.	Na podstawie danych od przewoźnika. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.
Koszt 1l ON netto	Został oszacowany na podstawie ceny hurtowej netto Orlen S.A. według stanu na dzień 02.07.2019	Został oszacowany na podstawie ceny hurtowej netto Orlen S.A. według stanu na dzień 02.07.2019
Średnie zużycie energii	Na podstawie doświadczeń innych operatorów. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.	Na podstawie doświadczeń innych operatorów. Wartości uwzględniają średnioroczne koszty klimatyzacji i ogrzewania.
Zużycie energii	-	Koszty zużycia energii zostały oszacowane na podstawie kosztu jednostkowego wyrażonego w zł/1kWh i według taryfy całodobowej dla firm z urządzeniami i poborze większym niż 40kWh, z cennika Tauron Sprzedaż oraz Dystrybucja
Zużycie ogumienia	Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr.	Koszty zużycia ogumienia wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr.
Koszt napraw	Koszt napraw wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr.	Koszt napraw wyliczono na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na wozokilometr. Dla autobusów elektrycznych obniżono koszt ze względu, że posiada 30% mniej części niż autobus o napędzie konwencjonalnym.
Amortyzacja	Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów – 12%	Przyjęto stawkę amortyzacji dla pojazdów – 12%, dla infrastruktury energetycznej – 5%, dla stacji ładowania – 10%
Podatki i opłaty	Na podstawie kwoty przedstawionej w Uchwale Nr XL/422/17 Rady Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach z dnia 24 października 2017 w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych na terenie Gminy Czechowice-Dziedzice	Na podstawie kwoty przedstawionej w Uchwale Nr XL/422/17 Rady Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach z dnia 24 października 2017 w sprawie określenia wysokości stawek podatku od środków transportowych na terenie Gminy Czechowice-Dziedzice



Koszt	Wariant W0	Wariant W1
Ubezpieczenia	Koszt ubezpieczenia oszacowano na podstawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na pojazd.	Koszt ubezpieczenia oszacowano na podstawie postawie danych PKM Czechowice-Dziedzice z 2018 roku wyrażonego w zł na pojazd
Koszt wynagrodzeń dodatkowych pracowników	Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 35 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami	Założono, że koszt 1 wozogodziny pracy kierowcy wynosi łącznie 35 zł wraz ze składkami ubezpieczeniowymi i podatkami

Źródło: Opracowanie własne

## 5.5 Wartość rezydualna

W ostatnim roku analizy wyznaczono wartość rezydualną inwestycji jako wartość aktywów

netto, z uwagi na niedochodowy charakter inwestycji. Wyniki zostały przedstawione poniżej:

Tab. 5.7 Wartość rezydualna wariantu W1

Wariant W1	
Wartość rezydualna w zł	15 423 600,00 zł
Umorzenie środków trwałych w zł	16 016 400,00 zł
Wartość netto środków trwałych w zł	31 440 000,00 zł

Źródło: Opracowanie własne

## 5.6 Efektywność finansowa projektu zakupu taboru

Efektywność finansową projektu wyliczono za pomocą wskaźnika FNPV oraz FRR na podstawie przepływów finansowych w okresie analizy. Pod uwagę wzięto:

- wartość rezydualną,
- koszty operacyjne,

- nakłady inwestycyjne,
- nakłady odtworzeniowe.

Powyższe przepływy pieniężne po zsumowaniu zostały zdyskontowane przy przyjęciu stopy dyskontowej na poziomie 4%.

Tab. 5.8 Efektywność finansowa projektu zakupu taboru elektrycznego akumulatorowego

Kategoria	Wariant W1
FNPV/C	-9 990 870,86 zł
FRR/C	-5%

Źródło: Opracowanie własne

Wskaźnik FNPV/C przyjmuje wartości ujemne, a FRR/C niższą od przyjętej stopy dyskontowej. Dla większości takich projektów wartości tych wskaźników przyjmują wartości ujemne. Taka wartość wskaźników oznacza, że bieżąca wartość przyszłych przychodów nie pokrywa bieżącej wartości kosztów projektu.

Niewątpliwie największy wpływ na ujemną wartość wskaźnika FNPV/C mają znacznie

wyższe wartości nakładów inwestycyjnych w W1, generowane przez wyższe koszty jednostkowe autobusów elektrycznych akumulatorowych w porównaniu do autobusów konwencjonalnych. Ponadto w wariantcie W1 wartość nakładów odtworzeniowych znacznie wzrasta z uwagi na konieczność wymiany akumulatorów po 7. roku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych.

Wielkość kosztów operacyjnych w wariantcie W1 będzie niższa, dzięki oszczędnościom wynikającym z niższych kosztów części zamiennych oraz przede wszystkim z tytułu niższych kosztów zużycia energii elektrycznej w porównaniu do kosztów zużycia oleju napędowego w autobusach spalinowych. Obliczono także lukę finansową jako różnicę pomiędzy zdyskontowanymi nakładami inwestycyjnymi, a dochodami powiększonymi o wartość rezydualną. Wskaźnik dla całego okresu analizy przy docelowym udziale autobusów zeroemisyjnych w rozumieniu uepa wyniósł 89% i oznacza najwyższy poziom dofinansowania zewnętrznego inwestycji w autobusy zeroemisyjne.

Przeprowadzona analiza finansowa wykazała, iż elektryfikacja komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach zaplanowana w wariantcie W1 nie wpłynie na zaburzenie stabilności finansowej Gminy Czechowice-Dziedzice w całym okresie analizy. Nie zostanie przekroczony poziom:

- dopuszczalnego wskaźnika spłaty zobowiązań określonego w art. 243 Ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych, po uwzględnieniu zobowiązań związku współtworzonego przez jednostkę samorządu terytorialnego oraz po uwzględnieniu ustawowych wyłączeń, obliczonego w oparciu o plan 3 kwartałów roku poprzedzającego rok budżetowy,
- dopuszczalnego wskaźnika spłaty zobowiązań określony w art. 243 ustawy z dnia 27 sierpnia 2009 r. o finansach publicznych, po uwzględnieniu ustawowych wyłączeń w oparciu o wykonanie roku poprzedzającego pierwszy rok prognozy (wskaźnik ustalony w oparciu o średnią arytmetyczną z 3 poprzednich lat).

## 6 Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi

Autobusy spalinowe są napędzane spalinowymi silnikami o samoczynnym zapłonie i znane są ekologiczne negatywne skutki ich stosowania. Najważniejsze z nich to emisja hałasu, powodowanie drgań oraz emisja zanieczyszczeń szkodliwych dla ludzi i środowiska. Dodatkowo sytuację ekologiczną pogarsza fakt, że autobusy są intensywnie użytkowane w centrach ośrodków miejskich, a więc w miejscach o dużym zaludnieniu i natężeniu ruchu drogowego. Emisja w pojazdach spalinowych, w porównaniu do pojazdów elektrycznych akumulatorowych, jest wyższa ze względu na wykorzystywanie większej ilości płynów eksploatacyjnych, jak i elementów mechanicznych, a także stosowanie oleju w obiegu silnika.

Głównym efektem spalania paliw w autobusach o napędzie konwencjonalnym są mieszaniny substancji – przede wszystkim gazowe, również frakcje ciekłe oraz stałe. Dodatkowo, w porównaniu z pojazdami elektrycznymi, w autobusach spalinowych występuje zwiększona emisja cząstek stałych, a także tlenków azotu. Są one jednymi z najpoważniejszych źródeł emisji cząstek stałych oraz tlenków azotu wytwarzanych w centrach miast pochodzących z transportu drogowego.

W porównaniu do autobusów konwencjonalnych, emisja w pojazdach elektrycznych jest niższa dzięki wyeliminowaniu procesu spalania paliwa (brak silnika spalinowego). Silniki elektryczne najczęściej chłodzone są powietrzem, wyeliminowany został

obieg oleju, wykorzystuje się znacznie mniejsze ilości płynów i elementów mechanicznych. Nie występują filtry paliwa, powietrza, oleju. Sprawność poprawiają systemy odzysku energii podczas hamowania (dłuższa żywotność elementów ciernych w układzie hamulcowym, mniejsze zużycie energii).

Pojazdy elektryczne, podobnie jak konstrukcje spalinowe, podlegają wymogom homologacyjnym i przechodzą testy zderzeniowe. Zgodnie z zapewnieniami producentów, akumulatory podczas wypadku nie powinny ulec zapłonowi czy rozlaniu przez wzgląd na konstrukcję przewidującą takie zdarzenia.

Emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych negatywnie wpływa na zdrowie ludzi, wywołując silne i przewlekłe choroby nawet ze skutkiem śmiertelnym. Emisja cząstek stałych PM 2,5, PM 10 prowadzi do<sup>25</sup>:

- przewlekłych lub ostrych chorób układu oddechowego, układu krążeniowo – oddechowego, naczyń mózgowych u osób dorosłych, będąc również substancją kancerogenną,
- astmy i przewlekłego lub ostrego zapalenia ucha u dzieci.

Emitowanie tlenków azotu wywołuje choroby ze skutkiem śmiertelnym oraz w szczególności choroby układu oddechowego i sercowo – naczyniowego. Wpływa negatywnie na zdrowie

<sup>25</sup> Update of the Handbook on External Costs of Transport, RICARDO-AEA, 2014.

dzieci, powodując astmę, białaczkę, ograniczony wzrost płuc.

Emisja gazów cieplarnianych przyczynia się do:

- śmiertelnych chorób dotyczących dzieci (nagłą śmierć łóżeczkową) oraz osoby starsze (zastoinową niewydolność serca),
- chorób układu krążenia diagnozowanych wśród osób starszych oraz do niskich mas urodzeniowych noworodków.

Niemniej jednak, należy zaznaczyć, iż eksploatacja autobusów elektrycznych akumulatorowych wiąże się z ograniczeniem

niskiej emisji, która w niniejszym opracowaniu definiowana jest jako emisja lokalna.

W poniższej tabeli zestawiono zmianę wielkości emisji spalin i gazów cieplarnianych w wyniku realizacji wariantu inwestycyjnego na przestrzeni lat 2019-2043. Ukazuje ona zsumowane emisje szkodliwych substancji dla dolnych warstw atmosfery, które bezpośrednio wpływają na stan zdrowia oraz samopoczucie ludzi. Obliczenia zostały wykonane zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w kalkulatorze emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego, odpowiednio skorygowanymi o założenia opisane w rozdziale 7.1.

**Tab. 6.1 Różnice emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery dla wariantu W1 w stosunku do wariantu W0 [w Mg]**

Związek chemiczny	W0	W1	Zmiana
	Wielkość emisji	Wielkość emisji	
NO <sub>x</sub>	50,45	42,53	- 7,92
PM 2,5	0,82	0,62	- 0,20
NHMC/NMVOC	11,70	9,12	- 2,57
CO <sub>2</sub>	16 313,26	21 809,61	5 444,08

Źródło: Opracowanie własne

Z powyższej tabeli można wywnioskować, iż redukcja emisji tlenku azotu NO<sub>x</sub> (o 7,92 Mg), metanowe lotne związki organiczne NHMC/NMVOC (o 2,57 Mg) oraz cząstki stałe PM 2,5. Widoczny jest wyraźny wzrost emisji dwutlenku węgla, gdyż pierwsza z tych substancji emitowana jest podczas produkcji energii elektrycznej. Jest to spowodowane faktem, iż polski sektor energetyki oparty jest na spalaniu węgla, co przekłada się na bardzo niekorzystne wskaźniki dla pojazdów napędzanych energią elektryczną.

Jednocześnie należy zaznaczyć, że udział odnawialnych źródeł energii stale wzrasta, co warunkuje przede wszystkim Dyrektywa w sprawie odnawialnych źródeł energii (2009/28/WE), określająca udział ich udział w strukturze wytwarzania energii elektrycznej na poziomie 20% w 2020 r. Dlatego też przewiduje się, iż wskaźniki emisyjności dla pojazdów elektrycznych akumulatorowych w najbliższych latach ulegną poprawie. Ponadto planowane jest zamontowanie panelów fotowoltaicznych na terenie zajezdni PKM w celu zwiększenia udziału odnawialnych źródeł energii w energii do doładowywania autobusów.

## 7 Analiza społeczno-ekonomiczna uwzględniająca wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

### 7.1 Wycena kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji emitowanych podczas eksploatacji autobusów o napędzie elektrycznym

Podczas analizy społeczno-ekonomicznej nie rozróżniono wyceny kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji ze względu na sposób ładowania autobusu elektrycznego akumulatorowego. Emisja szkodliwych dla środowiska substancji zależy głównie od rodzaju napędu i sposobu jej wytwarzania, a nie od systemu dostarczania energii do pojazdu.

Jednym z istotnych aspektów realizacji inwestycji jest obniżenie emisji zanieczyszczeń w niższych warstwach atmosfery poprzez wykorzystanie jak największej liczby pojazdów niskoemisyjnych bądź zeroemisyjnych. W poniższej tabeli przedstawiono zsumowaną emisję szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych dla całego okresu objętego analizą, zarówno w wariantcie z wprowadzeniem do eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych, jak i konwencjonalnych.

Obliczenia zostały wykonane zgodnie z wartościami opublikowanymi przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych w Kalkulatorze emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego. Zakładają one uwzględnienie:

- wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla gazów cieplarnianych CO<sub>2</sub>, wynikających ze struktury produkcji energii elektrycznej w Polsce, wytwarzanej głównie przez elektrownie ciepłone, w których paliwem jest węgiel brunatny lub węgiel kamienny,
- w wariantcie W0 - wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla szkodliwych substancji emitowanych do niższych warstw atmosfery (NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5),
- w wariantcie W1 - wielkości emisji oraz jej monetyzacji dla emitowanych przez autobusy spalinowe do niższych warstw atmosfery (NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM 2,5) oraz dla szkodliwych substancji (NO<sub>x</sub>, NHMC/NMVOC, PM), które przy eksploatacji autobusów elektrycznych nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji, a globalnie podczas produkcji energii elektrycznej.

Wskaźniki emisyjności CO<sub>2</sub> wskazane w kalkulatorze emisji CUPT dla autobusów elektrycznych bazują na wskaźnikach pochodzących z opracowania EIB Carbon Footprint z 2012 r. Zgodnie z treścią opracowania KOBIZE pn. WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI (...) za 2016 rok, wskaźnik emisyjności CO<sub>2</sub> w Polsce obniżył się w latach 2014 - 2016 o 2,1%, w związku z czym na potrzeby niniejszego opracowania uwzględniono wartość 806 kg/MWh emisji przy produkcji energii elektrycznej (wskazaną jako wartość rzeczywistą w 2016 r.).

Wskaźniki emisyjności wyznaczone w kalkulatorze emisji CUPT dla autobusów elektrycznych bazują na wskaźnikach opublikowanych w opracowaniu RICARDO-AEA z 2014 r. Zgodnie z treścią opracowania KOBIZE

pn. WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI (...) za 2016 rok, wskaźniki emisyjności NO<sub>x</sub>, PM<sub>2,5</sub> w Polsce obniżyły się w latach 2014 – 2016 odpowiednio o 19,0% i 15,6%. Dlatego też na potrzeby niniejszego dokumentu uwzględniono następujące wartości rzeczywiste z 2016 r. emisji

szkodliwych substancji przy produkcji energii elektrycznej w Polsce:

- dla NO<sub>x</sub>: 0,850 g/kWh,
- dla PM: 0,054 g/kWh.

**Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2019-2043**

Związek chemiczny	W0	W1	W0	W1	Zmiana kosztów zewnętrznych w wyniku realizacji W1
	Łączna emisja szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych [w Mg]		Łączny koszt emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych [w zł]		
NO <sub>x</sub>	50,45	42,53	4 538 887,75 zł	3 669 655,49 zł	- 869 232,26 zł
PM 2,5	0,82	0,62	1 282 358,30 zł	924 133,21 zł	- 358 225,08 zł
NHMC/NMVOC	11,70	9,12	137 616,67 zł	102 330,39 zł	- 35 286,27 zł
CO <sub>2</sub>	16 313,26	21 757,34	3 446 056,22 zł	4 653 429,21 zł	1 207 372,99 zł
SUMA	16 376,22	21 809,61	9 404 918,93 zł	9 349 548,31 zł	- 55 370,62 zł

Źródło: Opracowanie własne

Największą różnicę kosztów emisji szkodliwych substancji, przemawiającą na korzyść wariantu W1 przewidującego rozpoczęcie eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych, można dostrzec w kosztach emisji tlenkach azotu NO<sub>x</sub> i pyłach zawieszonych PM<sub>2,5</sub>. Korzyści uzyskane na zmniejszeniu emisji NO<sub>x</sub> oraz PM<sub>2,5</sub> wynosić będą odpowiednio ok. 0,9 oraz 0,4 mln zł.

Koszty emisji metanowych lotnych związków organicznych spadną o ok. 35 tys. zł. W

przypadku dwutlenku węgla CO<sub>2</sub> koszty emisji wzrosną o ok. 1,2 mln zł, z uwagi na emisję tego związku do górnych warstw atmosfery w wyniku produkcji energii elektrycznej opartej na spalaniu węgla.

Podsumowując, realizacja wariantu W1 spowoduje spadek kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych o ok. 55 tys. zł.

## 7.2 Emitowany hałas podczas eksploatacji autobusów o napędzie spalinowym oraz elektrycznym

Hałasem określa się każdy dźwięk, który może doprowadzić do utraty słuchu, albo być szkodliwy dla zdrowia lub niebezpieczny z innych względów, zwykle o dużym natężeniu, niskiej częstotliwości, wpływający na stan fizyczny jak i psychiczny człowieka. Hałas powyżej 85 dB jest w stanie uszkodzić słuch trwale, natomiast niższy poziom hałasu może oddziaływać w bardzo niekorzystny sposób na psychikę, zwiększać ciśnienie krwi, być źródłem powstawania stresu.

Dla obliczenia kosztów emitowanego hałasu przez autobusy elektryczne oraz spalinowe założono zindeksowaną jednostkową cenę za hałas typowy dla autobusów, wskazaną w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT.

Przy szacowaniu zmonetyzowanych efektów hałasu uwzględniono:

- krańcowe koszty zewnętrzne hałasu na 1 poj-km dla autobusów



- wskazane w opracowaniu Update of the Handbook on External Costs of Transport (RICARDO-AEA 2014),
- indeksację kosztów krańcowych w czasie,
- średnią proporcję pór dnia (dzień=0,67 oraz noc=0,33), zgodnie z założeniami w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT dla autobusów,
- obniżenie poziomu hałasu przez autobusy elektryczne o 27% w porównaniu do autobusów spalinowych<sup>26</sup>,
- średnią gęstość zaludnienia typowego obszaru miejskiego, dla którego przyjęte zostały krańcowe koszty zewnętrzne hałasu, tj. 3000 os./km<sup>2</sup>, wskazane w opracowaniu Update of the Handbook on External Costs of Transport (RICARDO-AEA, 2014).

Poniższa tabela przedstawia zindeksowane ceny za hałas emitowany w obu wariantach analizy w latach 2019-2043 oraz zmonetyzowane korzyści zewnętrzne w wyniku jego redukcji.

**Tab. 7.2 Poziom emisji hałasu dla wariantu W0 oraz wariantu W1 na przestrzeni lat 2019-2043**

Zmonetyzowany hałas w zł		Zmiana kosztów emitowanego hałasu w zł
W0	W1	
12 340 516,08 zł	11 182 097,68 zł	- 1 142 538,66 zł

Źródło: opracowanie własne

Powyższa tabela wskazuje, że są znaczne korzyści wynikające ze zmniejszenia emisji hałasu przy eksploatacji autobusów elektrycznych w W1 w postaci ok. 1,1 mln zł w okresie objętym analizą.

Redukcja pozwoli wyciszyć ogólny hałas generowany w ruchu miejskim przez publiczny

### 7.3 Inne korzyści zewnętrzne

Eksploatacja autobusów elektrycznych akumulatorowych w polskich miastach wiąże się z powstawaniem kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji i gazów cieplarnianych, powstających w procesie produkcji energii elektrycznej. Emisję tę można uznać za proces o rozproszonym charakterze, o znacząco mniejszym nasileniu w miejscu eksploatacji autobusów elektrycznych. Wykorzystanie autobusów elektrycznych akumulatorowych de facto nie powoduje powstawania lokalnej emisji

transport. Ponadto obniżona emisja hałasu wpłynie na zwiększenie komfortu podróżowania transportem miejskim oraz na bezpieczeństwo w podróży dla pasażerów. Warto dodać, że zredukowany hałas wpłynie również na lepsze samopoczucie mieszkańców oraz zwierząt.

do niższych warstw atmosfery, co stanowi istotną korzyść dla mieszkańców ośrodków miejskich, w których eksploatowane są pojazdy tego typu. Korzyść tą oszacowano na podstawie różnicy kosztów zewnętrznych emisji szkodliwych substancji przez autobusy spalinowe, liczoną między wariantem W1 (w którym część pracy eksploatacyjnej autobusów spalinowych będzie wykonywana

<sup>26</sup> "Quieter buses socioeconomic effects", Koucky & Partners A.B, 2014.

przez zeroemisyjne autobusy elektryczne akumulatorowe) i wariantem W0.

**Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery na przestrzeni lat 2019-2043.**

Koszty zewnętrzne lokalnej emisji w zł		Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji w zł
W0	W1	
9 404 918,93 zł	6 918 237,53 zł	2 486 681,40 zł

Źródło: opracowanie własne

Zwiększona liczba wozogodzin w wariantcie W1 wygenerowana przez dłuższe postoje wyrównawcze na krańcach, spowoduje konieczność zwiększenia zatrudnienia w grupie kierowców. Dodatkowe wozogodziny dadzą możliwość znalezienia pracy dla osób pozostających bez zatrudnienia, dając wymierne korzyści dla członków lokalnej społeczności w formie wynagrodzeń, ale także dla budżetu

centralnego i Zakładu Ubezpieczeń Społecznych w postaci dodatkowych składek ubezpieczeniowych oraz zwiększonych poziomów odprowadzanych podatków dochodowych. Wspomniany aspekt został uznany za kolejną korzyść ekonomiczną tworzoną w wyniku eksploatacji autobusów elektrycznych akumulatorowych w wariantcie W1 – jej wartość prezentuje poniższa tabela.

**Tab. 7.4 Korzyści społeczne z tytułu wzrostu wynagrodzeń na przestrzeni lat 2018-2042.**

Przyrost poziomu kosztów wynagrodzeń w zł		Zmonetyzowane korzyści społeczne ze zwiększenia zatrudnienia w zł
W0	W1	
-	7 818 300,00 zł	7 818 300,00 zł

Źródło: opracowanie własne

## 7.4 Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Analiza została przeprowadzona w oparciu o „Niebieską Księgę – Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Przeprowadzając analizę ekonomiczną, a zarazem porównawczą dwóch wariantów, przyjęto następujące założenia:

- wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową,
- społeczna stopa dyskontowa wynosi 4,5%,
- analiza została przeprowadzona w latach 2019-2043,
- wyceny kosztów i korzyści dokonano w cenach netto.

W obliczeniu wskaźnika efektywności ekonomicznej uwzględniono następujące elementy:

- skorygowane nakłady inwestycyjne oraz odtworzeniowe,
- skorygowane koszty eksploatacyjne,
- skorygowana wartość rezydualna,
- koszty ekonomiczne,
- korzyści ekonomiczne.

Wykorzystano także, współczynniki korekty w analizie ekonomicznej, które zaprezentowano w Tab. 7.5.

Tab. 7.5 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej

Współczynnik korekty dla nakładów, remontów i wartości rezydualnej	Wartość współczynnika
Infrastruktura	0,83
Tabor	0,87
Koszty operacyjne	0,78

Źródło: Opracowanie własne

W celu dokonania oceny ekonomicznej wariantu wymiany taboru obliczono ekonomiczny wskaźnik efektywności:

- ekonomiczną wartością bieżącą netto (ENPV), która dla projektów efektywnych jest większa od zera,
- ekonomiczną stopę zwrotu (ERR), która dla projektów efektywnych jest wyższa niż społeczna stopa dyskontowa na poziomie 4,5%,
- relację korzyści do kosztów (B/C), która powinna być wyższa od jedności.

Wskaźniki zostały obliczone na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych i zdyskontowane. Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe jest nieefektywna ze społecznego punktu widzenia, ponieważ wskaźnik ENPV osiągnął wartość ujemną, ERR przyjął wartość mniejszą od stopy dyskontowej, a relacja korzyści do kosztów jest mniejsza od 1.. **Zmonetyzowane koszty z tytułu eksploatacji autobusów zeroemisyjnych w wymiarze wynikającym z docelowych poziomów udziału tychże pojazdów w uepa przewyższą poziom korzyści ekonomiczno - społecznych. Zatem osiągnięcie poziomów minimalnego udziału autobusów zeroemisyjnych zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych we flocie**

**operatora komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach nie jest wymagane. Niemniej jednak, uwzględniając potencjalne korzyści finansowe, ekonomiczne i społeczne dla mieszkańców Gminy Czechowice - Dziedzice, planowane jest przeprowadzenie modernizacji floty PKM Czechowice - Dziedzice w oparciu o autobusy elektryczne akumulatorowe. Uzyskanie dofinansowania ze źródeł zewnętrznych zrekompensuje wyższe nakłady inwestycyjne w porównaniu do zakupu autobusów o napędach konwencjonalnych (np. autobusów spalinowych). Dla poszczególnych przedsięwzięć inwestycyjnych dotyczących nabycia autobusów elektrycznych akumulatorowych będą przeprowadzane odrębne analizy kosztów i korzyści, które będą wskazywały na zasadność i słuszność inwestycji w zakresach rzeczowych mniejszych aniżeli analizowany w niniejszym dokumencie cały system komunikacji miejskiej zakładający wprowadzenie do eksploatacji 6 autobusów zeroemisyjnych dla spełnienia docelowego udziału wskazanego w uepa.**

Wskaźnik ENPV osiągnie wartość dodatnią, jeśli cena autobusu elektrycznego akumulatorowego typu MAXI obniży się z zakładanego w analizie poziomu 2 300 000 PLN netto do ok. 1 800 000 PLN netto, a typu MEGA18 z 2 800 000 PLN netto do ok. 2 300 000 PLN netto.

**Tab. 7.6 Wskaźniki efektywności ekonomicznej**

Wskaźnik	Wartość
ENPV	-2 115 977,91 zł
ERR (%)	2%
B/C	0,83

Źródło: Opracowanie własne

## 8 Analiza ryzyka

Analiza ryzyka ma na celu rozpoznanie ryzyka występującego podczas wdrażania i czasu trwania projektu. W opracowaniu została wykonana jakościowa metoda analizy obejmująca: możliwe przyczyny i skutki, zmienne

kluczowe, które mogą ulec zmianie, określenie poziomu ryzyka, możliwości zarządzania czynnikiem ryzyka oraz określenie sposobów, jakimi beneficjent może zapobiegać danemu ryzyku.

Tab. 8.1 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki

L.p.	Ryzyko	Przyczyny	Skutki
<b>Ryzyko techniczne</b>			
R1	Zbyt duży popyt na autobusy elektryczne akumulatorowe	Zbyt duża liczba zamówień na autobusy elektryczne wynikająca z obowiązku spełnienia minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych wskazanych w uepa.	Ryzyko może wpłynąć na opóźnienie we wdrażaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu w terminach wynikających z uepa.
R2	Opóźnienia w budowie ładowarek terenowych	Opóźnienie w budowie ładowarek na pętlach może wynikać z dużej liczby zamówień na ładowarki. Mogą również wystąpić opóźnienia ze względu na sezonowość robót budowlanych (brak możliwości prowadzenia robót w miesiącach zimowych przy bardzo niskich temperaturach).	Opóźnienie we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe (brak możliwości doładowywania pojazdów).
R3	Ryzyka związane z wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów, itp.)	Nieodpowiednie zarządzanie firmy wykonującej roboty.	Wzrost kosztów pojazdów i infrastruktury. Opóźnienie we wprowadzaniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
<b>Ryzyko eksploatacyjne</b>			
R4	Awarie stacji wolnego ładowania (ładowarek zajezdniowych)	Awaryjność urządzeń.	W zależności od skali awarii – zastąpienie autobusów elektrycznych, autobusami spalinowymi lub brak realizacji części kursów (brak możliwości ładowania pojazdów). Dodatkowe koszty poniesione na naprawę niesprawnych stacji wolnego ładowania.
R5	Przerwa w dostawie prądu	Zbyt duże obciążenie sieci energetycznej spowodowane między innymi ładowaniem pojazdów o napędzie elektrycznym lub okresowymi, skokowymi wzrostami poboru energii	W zależności od długości przerwy w dostawie – zaburzenie harmonogramu ładowania autobusów elektrycznych lub częściowe zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R6	Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych	Częstsze naprawy pojazdów, wyższe koszty paliwa i energii.	Wzrost kosztów eksploatacyjnych.
R7	Ryzyko niezajomości rzeczywistych	Rzeczywista, mniejsza pojemność akumulatorów niż podana w danych technicznych	Krótszy zasięg autobusu, problemy z eksploatacją autobusu na liniach komunikacyjnych



L.p.	Ryzyko	Przyczyny	Skutki
	parametrów operacyjnych taboru		
R8	Ryzyko niezawodności technicznej	Wady fabryczne autobusu i podzespołów.	Problem z realizacją połączeń pojazdami zeroemisyjnymi.
R9	Wzrost taryfy za prąd	Mechanizmy popytowo-podażowe funkcjonujące na rynkach energii oraz cykle koniunkturalne	Wyższe koszty eksploatacyjne pojazdów zeroemisyjnych
R10	Uszkodzenia sieci zasilającej stacje ładowania	Przerwanie sieci energetycznej w gruncie podczas robót budowlanych	W zależności od długości przerwy w dostawie - zaburzenie harmonogramu ładowania autobusów elektrycznych lub częściowe zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R11	Wyższa awaryjność taboru związana z zastosowaniem nowej technologii	Problemy związane z zastosowaniem nowej technologii (brak podzespołów, dłuższy czas oczekiwania)	Brak możliwości wykorzystania pojazdu do zadań przewozowych, wzrost kosztów napraw.
R12	Opóźnienia w dostawie autobusów	Zbyt duża liczba zamówień na autobusy elektryczne wynikająca z obowiązku spełnienia minimalnych udziałów autobusów zeroemisyjnych wskazanych w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych.	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
R13	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany	Nieodpowiednia eksploatacja pojazdów i ładowanie akumulatorów. Wada fabryczna akumulatora	Częstsze ponoszenie kosztów na wymianę baterii. Problemu z eksploatacją pojazdów
<b>Ryzyko administracyjne</b>			
R14	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych	Problemy w negocjacjach z dostawcą energii elektrycznej oraz brak odpowiednich mocy przyłączeniowych w pobliżu planowanej infrastruktury ładowania.	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe (brak możliwości ładowania pojazdów). Czasowy brak wykorzystania wybudowanej infrastruktury.
R15	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych	Zmiana priorytetów we wspieranej technologii – z autobusów elektrycznych akumulatorowych na autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi lub zmiana ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.	Zaprzestanie prowadzenia projektu i zwiększona niepewność podmiotów dokonujących inwestycji w tabor elektryczny.
R16	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji (np. na budowę)	Niespełnienie wszystkich warunków formalnych.	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
R17	Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych	Opóźnienie w wydaniu decyzji przez RDOŚ w Katowicach oraz właściwego	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.

L.p.	Ryzyko	Przyczyny	Skutki
		organu odpowiedzialnego za gospodarkę wodną	
R18	Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi	Kolidowanie sieci dystrybucyjnych z budowaną infrastrukturą do ładowania lub budowanymi sieciami energetycznymi do zasilania infrastruktury	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
R19	Opóźnienia w realizacji procedur	Problem z wyborem wykonawcy	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
R20	Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska	Konieczność zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska.	Opóźnienie we wdrożeniu autobusów zeroemisyjnych do ruchu.
<b>Ryzyko finansowe</b>			
R21	Dostępność środków krajowych lub wspólnotowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych	Zaprzestanie prowadzenia programów wspierających rozwój elektromobilności.	Opóźnienie w realizacji projektu lub zaprzestanie wdrażania ze względu na poszukiwanie innych źródeł finansowania lub ich brak.
R22	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	Wzrost popytu na autobusy elektryczne i infrastrukturę do ładowania pojazdów oraz rosnący koszt usług budowlanych.	Opóźnienie w realizacji oraz zwiększenie kosztów projektu
R23	Wzrost kosztów realnych, wynikających z ogólnych tendencji rynkowych	Mechanizmy popytowo-podażowe funkcjonujące na rynkach oraz cykle koniunkturalne	Opóźnienie w realizacji projektu oraz zwiększenie kosztów projektu
R24	Wzrost kosztów finansowania	Wzrost stopy procentowej i oprocentowania kredytów	Opóźnienie w realizacji oraz zwiększenie kosztów projektu lub zaprzestanie wdrażania ze względu na poszukiwanie innych źródeł finansowania lub ich brak.
<b>Ryzyko klimatyczne i środowiskowe</b>			
R25	Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów	Pomimo podanych danych eksploatacyjnych dotyczących zasięgu przez producentów taboru (około 160 km), występuje różnica w warunkach ekstremalnych. Pojemność akumulatorów w sezonie zimowym jest mniejsza względem miesięcy letnich, a zasięg jest obniżany przez dodatkowe zużycie energii na ogrzewanie, natomiast w sezonie letnim w związku z uruchamianą klimatyzacją.	Koszty sprowadzenia autobusu do bazy lub punktu ładowania, gdy zostanie przeszacowany zasięg autobusu.
R26	Możliwość wystąpienia szkody w środowisku	Modyfikacja środowiska spowodowana budową infrastruktury	Wystąpienie szkody w środowisku
<b>Ryzyko popytowe</b>			

L.p.	Ryzyko	Przyczyny	Skutki
R27	Poziom ruchu niższy, niż prognozowany	Przyspieszenie negatywnych tendencji demograficznych, starzenie się społeczeństwa, mniejsza mobilność osób starszych.	Spadek ekonomicznej opłacalności projektu.

Źródło: Opracowanie własne

Następnie oceniono skalę prawdopodobieństwa oraz siłę oddziaływania ryzyka na projekt na podstawie poniższych kryteriów

Tab. 8.2 Skala prawdopodobieństwa

Prawdopodobieństwo		
Skala	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
Bardzo niskie	0%, 10%	A
Niskie	<10% - 33%	B
Średnie	<33% - 66%	C
Wysokie	<66% - 90%	D
Bardzo wysokie	<90% - 100%	E

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 8.3 Siła oddziaływania na projekt

Siła oddziaływania na projekt	
Opis	Wartość punktowa
Brak wpływu na dobrobyt społeczny, nawet bez podejmowania działań zaradczych	1
Mały wpływ na dobrobyt społeczny, mały wpływ na efekty finansowe projektu, Działania zaradcze i korygujące są jednak potrzebne.	2
Umiarkowany wpływ na dobrobyt społeczny, głównie negatywne efekty finansowe nawet w średnim lub długim terminie.	3
Poziom krytyczny: wysoka strata dla dobrobytu społecznego, wystąpienie zdarzenia powoduje niemożliwość realizacji podstawowego celu projektu, działania zaradcze bardzo intensywne mogą nie doprowadzić do uniknięcia wysokich strat.	4
Poziom katastroficzny: Fiasko projektu, zdarzenie może wywołać całkowity brak realizacji celu projektu, główne efekty projektu nie będą uzyskane w średnim i długim terminie	5

Źródło: Opracowanie własne

Tab. 8.4 Macierz oceny ryzyka

		Siła oddziaływania				
		I	II	III	IV	V
Prawdopodobieństwo	A					R15, R21
	B		R2, R14, R16, R17, R25	R4, R20, R26		
	C		R1, R12, R12, R19, R27	R9, R3, R13 R23, R24	R5, R7, R8, R10, R11, R27	
	D			R6, R9, R22		
	E					

Legenda:

	Niski poziom ryzyka		Wysoki poziom ryzyka
	Średni poziom ryzyka		Bardzo wysoki poziom

Źródło: Opracowanie własne

W kolejnym kroku zaproponowano sposób zapobiegania danemu ryzyku oraz określono wpływ podmiotu wdrażającego projekt na ryzyko.

**Tab. 8.5 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko**

L.p.	Ryzyko	Działania zapobiegawcze	Wpływ na ryzyko
<b>Ryzyko techniczne</b>			
R1	Zbyt duży popyt na autobusy elektryczne akumulatorowe	Założenie dłuższego czasu produkcji pojazdu lub wcześniejsze rozpisanie przetargu, wprowadzenie kar umownych dla producenta.	średni
R2	Opóźnienia w budowie ładowarek terenowych	Założenie dłuższego czasu produkcji ładowarek oraz budowy w okresie letnim, wprowadzenie kar umownych dla wykonawcy, odpowiednie zaplanowanie inwestycji.	średni
R3	Ryzyka związane z wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów, itp.)	Wybór wykonawcy, który może się wykazać realizacją podobnych inwestycji i posiada stabilną sytuację finansową i kadrową. Zabezpieczenie materiałów przez wykonawcę u kontrahentów na wypadek problemów z dostępnością komponentów.	średni
<b>Ryzyko eksploatacyjne</b>			
R4	Awarie stacji wolnego ładowania (ładowarek zajezdniowych)	Przeszkolenie pracowników, wpisanie wymogu minimalnego wskaźnika niezawodności urządzenia.	średni
R5	Przerwa w dostawie prądu	Zakup agregatów prądotwórczych.	niski
R6	Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych	Przeprowadzanie analiz ekonomicznych prognozujących przyszłe wartości cen.	średni
R7	Ryzyko niezajomości rzeczywistych parametrów operacyjnych taboru	Wykupienie gwarancji na akumulatory od producenta pojazdów. Posiadanie rezerwowych zestawów bateryjnych.	wysoki

R8	Ryzyko niezawodności technicznej	Wykupienie gwarancji na pojazdy od producenta. Właściwe serwisowanie pojazdów.	wysoki
R9	Wzrost taryfy za prąd	Podpisywanie długookresowych kontraktów na dostawę energii.	wysoki
R10	Uszkodzenia sieci zasilającej stacje ładowania	Realizacja przewozów taborem o napędzie konwencjonalnym.	niski
R11	Wyższa awaryjność taboru związana z zastosowaniem nowej technologii	Zabezpieczenie dostaw części zamiennych. Objęcie pojazdów gwarancją producenta.	wysoki
R12	Opóźnienia w dostawie autobusów	Wydłużenie czasu realizacji zamówienia.	średni
R13	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany	Objęcie pojazdów gwarancją producenta.	średni
<b>Ryzyko administracyjne</b>			
R14	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych	Przyspieszenie negocjacji z dystrybutorem energii, odpowiednie zaplanowanie inwestycji.	średni
R15	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych	brak	niski
R16	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji (np. na budowę)	Staranne przygotowanie wniosku o wydanie pozwolenia na realizację inwestycji.	średni
R17	Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych	Wcześniejsze złożenie wniosku o wydanie decyzji.	średni
R18	Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi	Aktualizowanie map z sieciami dystrybucyjnymi. Zaplanowanie rezerwy czasowej na ewentualne usuwanie kolizji.	średni
R19	Opóźnienia w realizacji procedur	Dostosowanie procedur przetargowych tak, aby uniknąć konieczności wydłużania postępowania przetargowego.	wysoki
R20	Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska	Dostosowanie projektu to aktualnych przepisów prawnych dotyczących ochrony środowiska.	średni

Ryzyko finansowe			
R21	Dostępność środków krajowych lub wspólnotowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych	Finansowanie inwestycji ze środków własnych.	niski
R22	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych	Założenie wyższych nakładów inwestycyjnych przy prowadzeniu postępowania.	średni
R23	Wzrost kosztów realnych, wynikających z ogólnych tendencji rynkowych	Przeprowadzanie analiz ekonomicznych prognozujących przyszłe wartości cen.	niski
R24	Wzrost kosztów finansowania	Pozyskiwanie finansowania o stałym oprocentowaniu.	średni
Ryzyko klimatyczne			
R25	Zmiana zasięgu autobusu podczas nadzwyczajnych upałów lub mrozów	Założenie niższego zasięgu pomimo podanych danych eksploatacyjnych, analiza danych eksploatacyjnych dotyczących autobusów elektrycznych akumulatorowych.	wysoki
R26	Możliwość wystąpienia szkody w środowisku	Zapobieganie znaczącej modyfikacji środowiska przyrodniczego w okolicach infrastruktury.	średni
Ryzyko popytowe			
R27	Poziom ruchu niższy, niż prognozowany	Realizacja kursów zgodnie z zaplanowanym rozkładem jazdy. Dbanie o stan techniczny pojazdów, wykonywanie bieżących przeglądów i napraw, tak aby możliwe było wykonanie zaplanowanej pracy eksploatacyjnej.	średni

Źródło: Opracowanie własne



## 9 Rekomendacje dotyczące strategii wymiany taboru

Każdy pojazd wprowadzany do eksploatacji w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach powinien spełniać zalecenia określone w Planie Gospodarki Niskoemisyjnej Gminy Czechowice-Dziedzice. Zgodnie z zapisami tego dokumentu, nowe pojazdy powinny posiadać normę EURO VI. Ponadto powinny spełniać zapisy umowy z operatorem dotyczące wyposażenia pojazdu w:

- zestaw elektronicznych tablic kierunkowych,
- ogrzewanie,
- dynamiczny system informacji pasażerskiej.

Warto nadmienić, iż struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom, gdyż nowe autobusy powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane pojazdy we flocie, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej. Rekomendowane nowe pojazdy klasy MEGA18 zastąpią dotychczasowe 2 autobusy typu MEGA15, które pozwolą zachować obsługę podstawowej linii VII z ponadprzeciętną liczbą miejsc siedzących, oczekiwaną przez pasażerów na liniach o charakterze międzygminnym.

Sukcesywna wymiana taboru wykorzystywanego do świadczenia usług komunikacji miejskiej przemawiać będzie za wprowadzaniem priorytetów w ruchu dla pojazdów transportu

publicznego, tak aby nowe pojazdy sprawnie przewoziły jak największą liczbę pasażerów bez strat czasu w zatorach drogowych.

W kolejnych latach wraz z rozwojem technologii i spadkiem cen autobusów zeroemisyjnych wynik następczej analizy kosztów i korzyści (może zostać sporządzona pomimo, że Gmina Czechowice-Dziedzice nie ma obowiązku ustawowego jej sporządzania co 36 miesięcy) może wskazywać na zasadność wprowadzenia ich do eksploatacji, niezależnie od zastosowanych rozwiązań technicznych.

**Gmina Czechowice-Dziedzice deklaruje gotowość do wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych, przy uzyskaniu środków zewnętrznych na ten cel. Realizacja zakupu powinna zostać poprzedzona odpowiednią analizą wykonalności inwestycji, w tym np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. zakresu rzeczowego projektu, w przeciwieństwie do niniejszego dokumentu, w którym analizowany jest kompleksowo cały system komunikacji miejskiej w Gminie Czechowice-Dziedzice.**

W zależności od potrzeb i uwarunkowań zewnętrznych, dopuszcza się nakłady inwestycyjne na zakup pojazdów zeroemisyjnych w latach wcześniejszych, aniżeli w terminach wskazanych w AKK.

## 10 Wskazania dotyczące konieczności aktualizacji planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego w oparciu o rekomendowane rozwiązania

Na podstawie art. 9 ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym gminy, którym powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia międzygminnego, których obszar liczy łącznie co najmniej 80 000 mieszkańców mają obowiązek sporządzenia planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego. Gmina Czechowice-Dziedzice nie spełnia takiego wymogu i nie posiada aktualnie planu zrównoważonego

rozwoju publicznego transportu zbiorowego, co powodu brak konieczności jego aktualizacji. W przypadku, gdy takowy dokument powstanie, powinien on zawierać informacje na temat przewidywanego wykorzystania pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania. Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie zostały przedstawiony w Tab. 10.1.

**Tab. 10.1 Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie transportowym**

Zakres	Konieczność uwzględnienia
Przewidywane wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania	
linie komunikacyjne, na których przewidywane jest wykorzystanie pojazdów elektrycznych lub pojazdów napędzanych gazem ziemnym, oraz planowany termin rozpoczęcia ich użytkowania.	<p><i>Planowana jest elektryfikacja wybranych linii komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach, na których powinny być eksploatowane pojazdy elektryczne:</i></p> <p><i>Całościowo elektryfikowane linie: 3 i VII,</i></p> <p><i>Częściowo elektryfikowane linie: 5,</i></p> <p><i>Uzupełniająco elektryfikowane linie: 6 i 9,</i></p> <p><i>Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych do eksploatacji będzie następowało sukcesywnie po uzyskaniu stosownych dofinansowań na zakup taboru i infrastruktury ładowania np. z programów krajowych lub wspólnotowych.</i></p>
geograficzne położenie stacji gazu ziemnego	Nie wymaga uwzględnienia
geograficzne położenie infrastruktury ładowania drogowego transportu publicznego w rozumieniu art. 2 pkt 3 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych, zwanej dalej „infrastrukturą ładowania”	<p><i>W przypadku elektryfikacji wyżej wymienionych linii, infrastruktura ładowania pojazdów zeroemisyjnych zostanie zlokalizowana:</i></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>■ <i>na terenie zajezdni Przedsiębiorstwa Komunikacji Miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach (3 szt. dwustanowiskowe lub 6 szt. jednostanowiskowych),</i></li> <li>■ <i>przy pętli autobusowej – Silesia (2 szt.),</i></li> </ul>
miejsce przyłączenia do sieci dystrybucyjnej elektroenergetycznej – planowanej infrastruktury ładowania	Nie wymaga uwzględnienia
sieci dystrybucyjnej gazowej – planowanej stacji gazu ziemnego	Nie wymaga uwzględnienia
Planowane magazyny energii	Nie wymaga uwzględnienia

Źródło: Opracowanie własne

## 11 Finansowanie inwestycji ze źródeł zewnętrznych

W celu zapewnienia finansowania inwestycji możliwe jest pozyskanie środków ze źródeł zewnętrznych, takich jak programy krajowe czy unijne. Wskaźnik luki finansowej wyniósł 89%, co oznacza, że niezbędne jest uzyskanie dofinansowania zewnętrznego przy inwestycjach polegających na zakupie autobusów zeroemisyjnych.

Źródłem finansowania może być Regionalny Program Operacyjny. W ramach RPO możliwe jest dofinansowanie projektów związanych z rozwojem transportu publicznego, w tym transportu miejskiego zeroemisyjnego. W ramach *Regionalnych Inwestycji Terytorialnych Subregionu Południowego* planowane są jeszcze dwa konkursy związane z zakupem taboru autobusowego na potrzeby transportu publicznego o łącznej kwocie 5,5 mln zł. Wsparcie jest ograniczone do zakupu niskoemisyjnego i zeroemisyjnego taboru autobusowego zasilanego paliwem alternatywnym. Z dofinansowania wyłączone jest zakup pojazdów napędzanych wyłącznie silnikami diesla. W uzasadnionych przypadkach tzn. tam gdzie inwestycje np. w tabor zeroemisyjny lub zasilany paliwami alternatywnymi byłyby nieuzasadnione, możliwe jest uzyskanie dofinansowania na zakup pojazdów z silnikami hybrydowymi.

Wnioski o dofinansowanie inwestycji mogą składać

- podmioty działające na zlecenie jednostek samorządu terytorialnego i ich związków,
  - podmioty realizujące zadania z zakresu transportu publicznego, wybranych zgodnie z prawem zamówień publicznych,
  - podmioty, w których większość udziałów posiada jednostka samorządu terytorialnego lub związek JST, realizujących na podstawie statutu zadania publiczne z zakresu transportu publicznego.
- jednostki samorządu terytorialnego (JST) oraz ich związki, których statutowym zadaniem jest wykonywanie ustawowych zadań jednostek samorządu terytorialnego w zakresie transportu publicznego;



**Rys. 11.1 Zeroemisyjny autobus Solaris Urbino electric**

Źródło: Zbiory własne

Nową możliwością pozyskania wsparcia będzie Fundusz Niskoemisyjnego Transportu (zarządzanego przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej), którego zadaniem będzie finansowanie projektów związanych z rozwojem elektromobilności oraz transportem opartym na paliwach alternatywnych. Szacowane jest, że w ciągu najbliższych 10 lat na ten cel przeznaczane będą środki w wysokości po około 1 mld zł rocznie.

Przewiduje się, że w najbliższej perspektywie budżetu Unii Europejskiej uruchomione zostaną nowe instrumenty finansowe, których celem będzie rozwój zeroemisyjnego transportu publicznego.

## Spis tabel

Tab. 3.1 Wielkość zrealizowanej pracy eksploatacyjnej przez PKM Czechowice-Dziedzice w wozokilometrach w latach 2015-2017.....	13
Tab. 3.2 Przebieg tras linii komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach stan na dzień 13.06.2019 r.....	14
Tab. 3.3 Wysokość rekompensaty w ostatnich latach.....	17
Tab. 3.4 Przedsięwzięcia realizowane w ostatnich latach (stan na 13.06.2019).....	17
Tab. 3.5 Struktura pojazdów według norm spalania i typu pojazdów (stan na dzień 13.06.2019).....	18
Tab. 3.6 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów (stan na dzień 13.06.2019).....	19
Tab. 3.7 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2021 roku.....	19
Tab. 3.8 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2023 roku.....	19
Tab. 3.9 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2025 roku.....	20
Tab. 3.10 Struktura pojazdów według wieku i typu pojazdów w styczniu 2028 roku.....	20
Tab. 3.11 Średnie zużycie oleju napędowego, roczna liczba przejechanych kilometrów oraz roczna emisja gazów i substancji szkodliwych (stan na dzień 13.06.2019).....	21
Tab. 3.12 Średnioroczna emisja gazów i substancji szkodliwych we wszystkich pojazdach eksploatowanych przez Operatora (stan na dzień 13.06.2019).....	21
Tab. 3.13 Wykorzystanie taboru według typu dnia oraz pojazdu (stan na dzień 21.06.2019).....	24
Tab. 3.14 Dane dotyczące zróżnicowania realizowanej liczby wozokilometrów przez poszczególne brygady w dzień roboczy szkolny (stan na dzień 21.06.2019).....	26
Tab. 3.15 Stan obecny pod względem liczby brygad, stanu taboru oraz wykorzystania pojazdów.....	26
Tab. 3.16 Długości przerw międzykursowych w kluczowych przedziałach godzinowych w dzień roboczy szkolny.....	27
Tab. 4.1 Największe systemy autobusów napędzanych wodorem w Europie.....	29
Tab. 4.2. Parametry eksploatacyjne wybranych modeli autobusów o napędzie wodorowym.....	30
Tab. 4.3 Zestawienie przykładowych zamówień na autobusy napędzane wodorem w Europie.....	31
Tab. 4.4 Koszty netto wprowadzenia do ruchu autobusów o napędzie wodorowym.....	32
Tab. 4.5 Wybrane zakupy autobusów elektrycznych akumulatorowych polskich miast.....	34
Tab. 4.6 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in (dla 2028 r.).....	35
Tab. 4.7 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów wyłącznie metodą plug-in.....	36
Tab. 4.8 Liczba brygad w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i ładowarkę pantografową.....	40
Tab. 4.9 Stan taboru, wykorzystanie taboru i udział autobusów elektrycznych akumulatorowych w modelu opartym o ładowanie pojazdów metodą plug-in i za pomocą pantografu.....	40
Tab. 4.10 Uśrednione koszty zakupu pojazdów o napędzie konwencjonalnym.....	41
Tab. 4.11 Analiza wielokryterialna – wagi przypisane kryteriom.....	42
Tab. 4.12 Ocena wariantów w poszczególnych aspektach szczegółowych.....	43
Tab. 4.13 Wybrane warianty strategiczne odnowy taboru eksploatowanego w komunikacji miejskiej w Czechowicach-Dziedzicach.....	44
Tab. 5.1 Nakłady inwestycyjne na wymianę taboru w wariantcie W1.....	46
Tab. 5.2 Etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych.....	46
Tab. 5.3 Okres eksploatacji środków trwałych.....	47

Tab. 5.4 Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1 .....	47
Tab. 5.5 Skumulowana wartość nakładów odtworzeniowych w wariantach W0 i W1 .....	48
Tab. 5.6 Opis założeń prognozy kosztów eksploatacyjnych .....	49
Tab. 5.7 Wartość rezydualna wariantu W1 .....	50
Tab. 5.8 Efektywność finansowa projektu zakupu taboru elektrycznego akumulatorowego .....	50
Tab. 6.1 Różnice emisji spalin w dolnej warstwie atmosfery dla wariantu W1 w stosunku do wariantu W0 [w Mg] .....	53
Tab. 7.1 Zestawienie kosztów zewnętrznych emisji spalin oraz gazów cieplarnianych na przestrzeni lat 2019-2043 .....	55
Tab. 7.2 Poziom emisji hałasu dla wariantu W0 oraz wariantu W1 na przestrzeni lat 2019-2043 .....	56
Tab. 7.3 Zmiana kosztów zewnętrznych lokalnej emisji szkodliwych substancji do niższych warstw atmosfery na przestrzeni lat 2019-2043 .....	57
Tab. 7.4 Korzyści społeczne z tytułu wzrostu wynagrodzeń na przestrzeni lat 2018-2042. ....	57
Tab. 7.5 Współczynnik korekty CF w analizie ekonomicznej .....	58
Tab. 7.6 Wskaźniki efektywności ekonomicznej .....	59
Tab. 8.1 Zidentyfikowane ryzyka i ich przyczyny i skutki .....	60
Tab. 8.2 Skala prawdopodobieństwa .....	63
Tab. 8.3 Siła oddziaływania na projekt .....	63
Tab. 8.4 Macierz oceny ryzyka .....	63
Tab. 8.5 Zidentyfikowane ryzyka, działania zapobiegawcze oraz możliwość wpływu na ryzyko .....	64
Tab. 10.1 Zakres wymagań dotyczących pojazdów zeroemisyjnych w planie transportowym .....	68

## Spis ilustracji

Rys. 1.1 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie .....	5
Rys. 2.1 Oznakowanie autobusu zeroemisyjnego .....	7
Rys. 2.2 Autobus elektryczny akumulatorowy w Jaworznie .....	9
Rys. 2.3 Autobus elektryczny akumulatorowy na stacji szybkiego ładowania w Rzeszowie .....	9
Rys. 2.4 Autobus na ogniwa wodorowe polskiej konstrukcji .....	10
Rys. 3.1 Autobus Solaris Urbino 18 w barwach MZK Bielsko-Biała .....	13
Rys. 3.2 Przewiezieni pasażerowie w latach 2015-2017.....	14
Rys. 3.3: Autobus spalinowy Solaris Urbino 15 przy Dworcu kolejowym w Czechowicach-Dziedzicach .....	18
Rys. 3.4 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny.....	22
Rys. 3.5 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w dni robocze wakacyjne .....	23
Rys. 3.6 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w soboty .....	23
Rys. 3.7 Liczba wozokilometrów na poszczególnych liniach w niedziele i święta .....	23
Rys. 3.8 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy szkolny .....	24
Rys. 3.9 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w dzień roboczy wakacyjny .....	25
Rys. 3.10 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w sobotę .....	25
Rys. 3.11 Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach w niedzielę i święto .....	25
Rys. 4.1 Koszty produkcji autobusu o napędzie wodorowym.....	31
Rys. 4.2 Autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 18 electric.....	34
Rys. 4.3 Autobus elektryczny akumulatorowy Ursus w Zielonej Górze .....	36
Rys. 4.4 Ładowarka pantografowa i autobus elektryczny akumulatorowy Solaris Urbino 12 electric w malowaniu ZTM Warszawa .....	38
Rys. 4.5 Linie komunikacyjne z możliwością obsługi pojazdami elektrycznymi wraz z lokalizacjami ładowarek.....	39
Rys. 4.6 Ocena wariantów w aspektach szczegółowych .....	43
Rys. 4.7 Ocena wyboru wariantów do dalszego etapu AKK .....	44
Rys. 11.1 Zeroemisyjny autobus Solaris Urbino electric .....	69