

**Analiza kosztów i korzyści  
związanych z  
wykorzystaniem, przy  
świadczeniu usług  
komunikacji miejskiej,  
autobusów  
zeroemisyjnych**

**Projekt do konsultacji społecznych**

**biała  
podlaska**



**2018**



**Gmina Miejska  
Białą Podlaską**

Autorami analizy kosztów i korzyści dla Gminy Miejskiej Biała Podlaska są członkowie zespołu specjalistów ds. transportu zbiorowego REFUNDA Sp. z o.o. z Wrocławia.



[www.refunda.pl](http://www.refunda.pl)

## SPIS TREŚCI

SKRÓTY I AKRONIMY .....	4
SŁOWNIK .....	5
1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY .....	6
1.1. Uwarunkowania prawne.....	6
1.2. Cel opracowania .....	7
1.3. Przedmiot opracowania.....	7
1.3.1. Wymogi wynikające z zawartych umów .....	8
1.3.2. Istniejąca sieć komunikacyjna.....	8
1.3.3. Charakterystyka floty operatora .....	11
1.3.4. Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe operatora.....	16
2. METODYKA ANALIZY .....	21
2.1. Dane.....	21
2.2. Zastosowane metody.....	22
2.2.1. Analiza finansowa .....	22
2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna .....	25
2.2.3. Analiza wrażliwości .....	27
2.2.4. Analiza ryzyka .....	28
2.3. Procedura analizy .....	30
3. ANALIZA OPCJI INWESTYCYJNYCH.....	31
3.1. Analiza opcji inwestycyjnych.....	35
3.1.1. Wariant „0” .....	35
3.1.2. Wariant „1” .....	35
3.1.3. Wariant „2” .....	38
3.1.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych .....	39
4. WYNIKI.....	42
4.1. Analiza finansowo-ekonomiczna, przedstawionych rozwiązań alternatywnych .....	42
4.2. Analiza ekonomiczno-społeczna .....	47
4.2.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO <sub>2</sub> ).....	48
4.2.2. Koszty zmiany klimatu .....	51
4.2.3. Koszty społeczne emisji hałasu.....	52
4.2.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji.....	53
4.3. Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji.....	54

5. ANALIZA RYZYKA.....	60
5.1. Czynniki ryzyka w projekcie .....	60
5.2. Matryca ryzyka .....	61
6. WNIOSKI I REKOMENDACJE .....	62
SPIS TABEL .....	63
SPIS WYKRESÓW.....	65
SPIS SCHEMATÓW.....	66
SPIS RYSUNKÓW .....	67

## SKRÓTY I AKRONIMY

AKK	Analiza kosztów i korzyści
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
MZK	Miejski Zakład Komunikacyjny w Białej Podlaskiej Sp. z o.o.
PTZ	Publiczny Transport Zbiorowy
MINI	autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 - 8 metrów
MID	autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 - 10 metrów
MAXI	autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów
ENPV	ang. Economic Net Present Value - Ekonomiczna wartość bieżąca netto
ERR	ang. EconomicRate of Return - Ekonomiczna stopa zwrotu
NPV	ang. Net presentvalue - Wartość bieżąca netto
IRR	ang. InternalRate of Return - Wewnętrzna stopa zwrotu
kWh	Kilowatogodzina
wzkm	Wozokilometr

## SŁOWNIK

Inwestycja	Zakup taboru zeroemisyjnego
Organizator publicznego transportu zbiorowego	Gmina Miejska Biata Podlaska
Operator publicznego transportu zbiorowego	Miejski Zakład Komunikacyjny w Białej Podlaskiej Sp. z o.o.
Tabor zeroemisyjny	Pojazd, który podczas jazdy nie emituje żadnych zanieczyszczeń. Pojazdami zeroemisyjnymi są np. autobusy o napędzie elektrycznym, ale też zasilane ogniwami wodorowymi, w których podczas generowania energii powstaje tylko woda
Linia komunikacyjna	Połączenie komunikacyjne na sieci dróg publicznych albo liniach kolejowych, innych szynowych, linowych, linowo-terenowych, albo akwenach morskich lub wodach śródlądowych wraz z oznaczonymi miejscami do wsiadania i wysiadania pasażerów na liniach komunikacyjnych, po których odbywa się publiczny transport zbiorowy
Sieć komunikacyjna	Układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru

# 1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY

## 1.1. Uwarunkowania prawne

W ramach opracowania AKK uwzględniono zapisy w szczególności:

- obowiązujące przepisy prawa:
  - ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317);
  - ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r. poz. 286, z późn. zm.);
  - ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 z późn. zm.);
  - ustawę z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. 2001 Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.);
  - rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r., poz. L 38/1);
- opracowania dotyczące analizy kosztów i korzyści:
  - „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.,
  - „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r. (<https://www.mos.gov.pl>),
  - „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, opracowanie CUPT grudzień 2014 r.

## **1.2. Cel opracowania**

Głównym celem opracowania jest ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej Inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego - poprzez przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści.

Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

- wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji,
- wskazanie i wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych, płynących z zastosowania taboru zeroemisyjnego.

## **1.3. Przedmiot opracowania**

Niniejsza analiza została sporządzona na zlecenie Gminy Miejskiej Biła Podlaska, będącej Organizatorem w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2017 r. poz. 2136). Przedmiotem opracowania jest analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych.

W niniejszym opracowaniu zostanie przeanalizowany obecny stan taboru autobusowego operatora, różne warianty wprowadzania taboru zeroemisyjnego wraz z infrastrukturą oraz zakres działalności przedsiębiorstwa.

Gmina Miejska Biła Podlaska wypełnia funkcje organizatora dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Gminy Miejskiej Biła Podlaska oraz zapewniając komunikację na terenach, z którymi podpisała porozumienia międzygminne do realizacji zadań publicznych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego.



Gmina Miejska Biata Podlaska znajduje się w północnej części województwa lubelskiego, jest siedzibą powiatu bialskiego. Graniczy z 9 gminami: od zachodu z gminą Międzyrzec Podlaski i Drelowem, od południa z Łomazami, od południowego wschodu w Piszczacem, od wschodu z Zalesiem, od północnego wschodu z Rokitnem, od północy z Janowem Podlaskim, Konstantynowem i Leśną Podlaską. Powierzchnia Miasta to 49,4 km<sup>2</sup> i jest to największe spośród miast Podlasia Południowego. Na dzień 31.12.2017 r. Gminę Miejską Biata Podlaska zamieszkuje 57 545 mieszkańców (dane według Głównego Urzędu Statystycznego).

Operatorem PTZ na sieci komunikacyjnej organizowanej przez Gminę Miejską Biata Podlaska jest MZK. Podstawową działalnością MZK jest świadczenie usług przewozu osób na terenie Gminy Miejskiej Biata Podlaska, Gminy Biata Podlaska i okolicznych miejscowości.

### **1.3.1. Wymogi wynikające z zawartych umów**

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym zdefiniowała pojęcie organizatora PTZ jako właściwą jednostkę samorządu terytorialnego, albo ministra właściwego do spraw transportu zapewniającego funkcjonowanie PTZ na danym obszarze. Gmina Miejska Biata Podlaska jako organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Gminy Miejskiej Biata Podlaska oraz poszczególne linie na obszarze gminy, z którą zawarte zostało stosowne porozumienie międzygminne. Na dzień zawarcia umowy Gmina Miejska Biata Podlaska pozostaje stroną porozumienia międzygminnego zawartego z Gminą Biata Podlaska w zakresie lokalnego transportu zbiorowego, Gmina Miejska realizuje zadania w zakresie lokalnego transportu zbiorowego również w obrębie Gminy Biata Podlaska dla miejscowości Styrzyniec, Sławacinek Stary, Sławacinek Nowy, Porosiuki, Rakowiska, Kozula, Grabanów, Grabanów kolonia, Julków, Czosnówka i Wólka Plebańska.

### **1.3.2. Istniejąca sieć komunikacyjna**

Sieć komunikacyjna zgodnie z ustawą o PTZ, jest układem linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora PTZ lub część tego obszaru. Obecnie MZK obsługuje 10 linii komunikacyjnych świadcząc usługi na terenie Gminy Miejskiej Biata Podlaska oraz Gminy Biata Podlaska. Łączna długość linii wynosi 148 km, w tym 60 km na terenie gminy Biata Podlaska.

Poniżej w tabeli zaprezentowano przebieg wszystkich linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK. Linie te tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną przez transport autobusowy na terenie Organizatora.

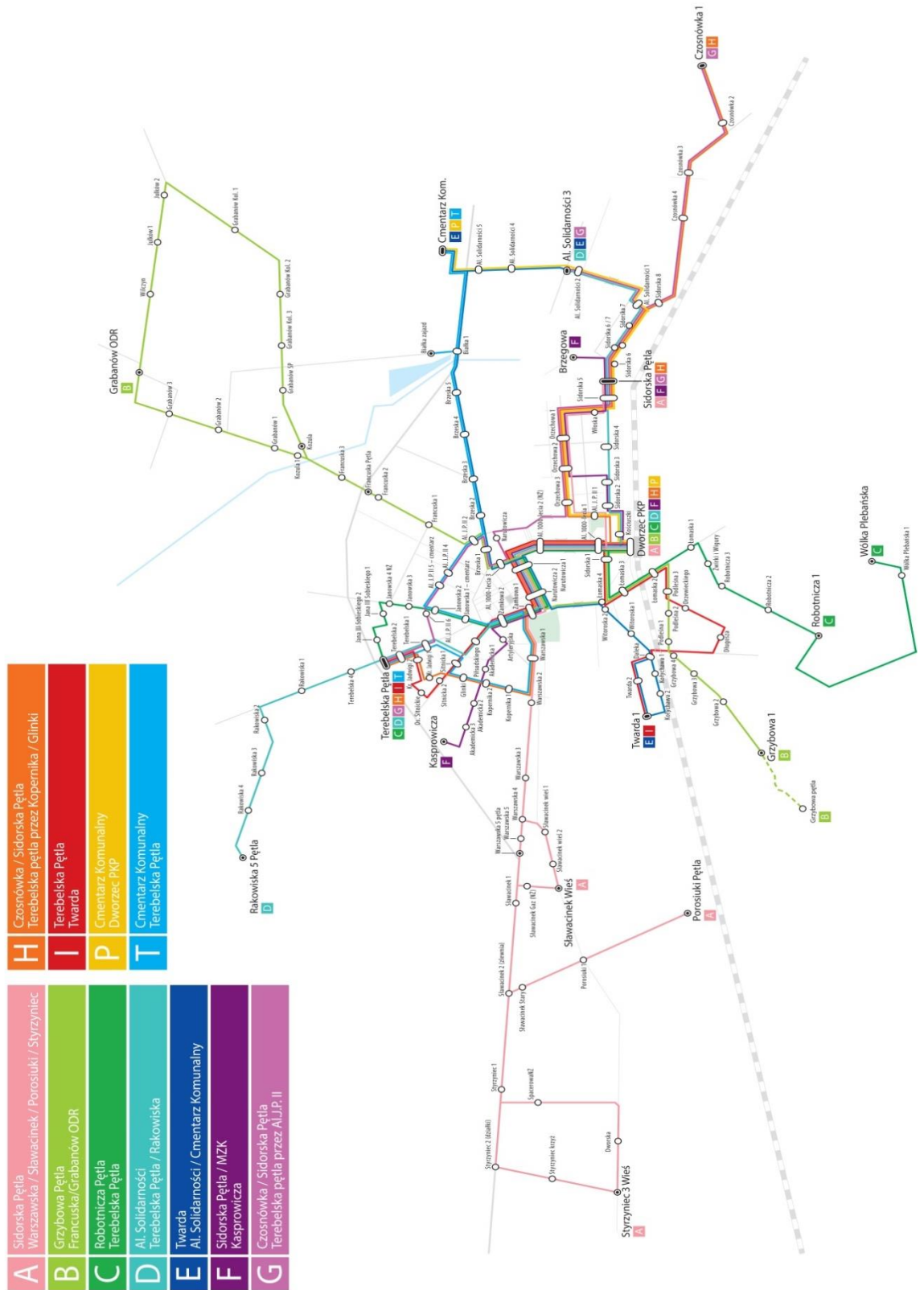
**Tabela 1. Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK**

<b>Linia</b>	<b>Trasa przebiegu</b>
<b>A</b>	Sidorska – Warszawska 5
	Sidorska - Sławacinek wieś
	Sidorska – Styrzyniec
	Sidorska - Styrzyniec przez Porosiuki
<b>B</b>	Grzybowa – Francuska
	Grzybowa – Kozula
	Grzybowa - Grabanów
	Grzybowa – Grabanów przez Wilczyn
<b>C</b>	Terebelska – Robotnicza
	Terebelska – Wólka Plebańska
	Robotnicza – Cicibór
<b>D</b>	Aleja Solidarności – Terebelska
	Aleja Solidarności – Rakowiska
<b>E</b>	Twarda – Białka Zajazd
	Twarda – Aleja Solidarności
	Twarda – Aleja Solidarności przez Ekologiczną
	Twarda – Cmentarz Komunalny
<b>F</b>	Sidorska – Kasprowicza
	Brzegowa – Kasprowicza
<b>G</b>	Terebelska – Sidorska
	Terebelska – Brzegowa
	Terebelska – Czosnówka przez Aleję Solidarności
<b>H</b>	Terebelska – Sidorska
	Terebelska – Czosnówka
	Terebelska – Cmentarz Komunalny
<b>T</b>	Terebelska – Cmentarz Komunalny
<b>I</b>	Twarda – Terebelska przez Lubelską

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.*



# Plan komunikacji miejskiej w Białej Podlaskiej



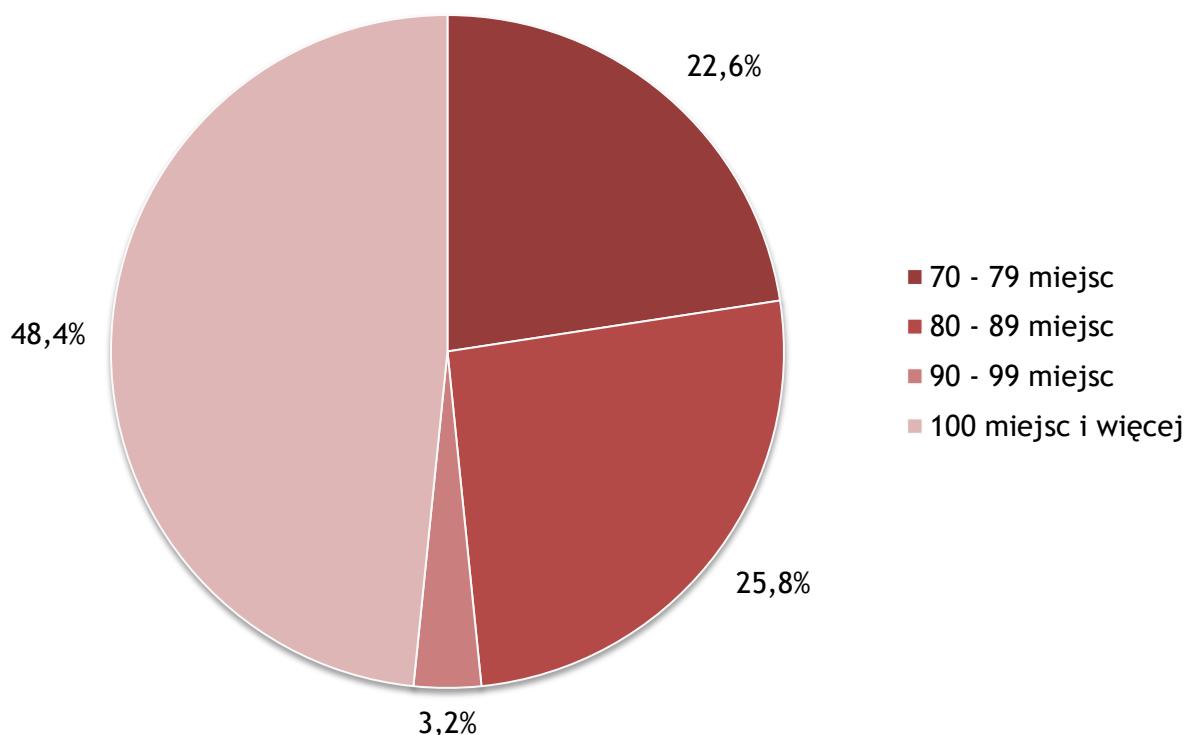
Rysunek 1. Planowana sieć komunikacyjna MZK  
Źródło: Dane otrzymane od MZK.

### 1.3.3. Charakterystyka floty operatora

Według stanu z początku roku 2018 roku MZK dysponuje 31 pojazdami - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim.

#### 1.3.3.1. Podział taboru ze względu na pojemność

Tabor eksploatowany przez MZK na sieci komunikacyjnej Gminy Miejskiej Biła Podlaska cechuje się zróżnicowaną wielkością, a co za tym idzie - pojemnością. Na poniższym wykresie przedstawiono podział autobusów ze względu na liczbę miejsc (zarówno siedzących, jak i stojących).



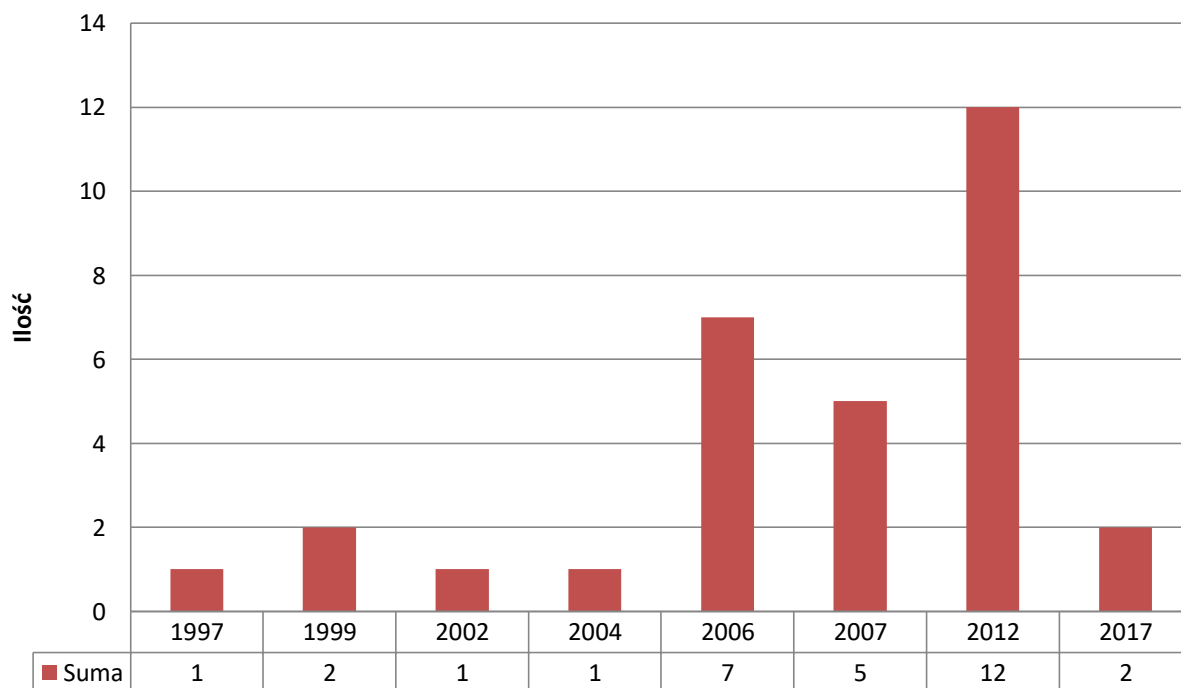
Wykres 1. Procentowy udział autobusów w zależności od pojemności eksploatowanych przez MZK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Ponad 48% pojazdów eksploatowanych przez MZK jest w stanie pomieścić ponad 100 pasażerów. 3,2% autobusów pomieści od 90 do 99 pasażerów. Ponad 25% pojazdów charakteryzuje się pojemnością na poziomie 80 - 89 miejsc. Autobusy mieszczące poniżej 80 miejsc zajmują ponad 22,5% całego taboru MZK.

### 1.3.3.2. Podział taboru ze względu na wiek

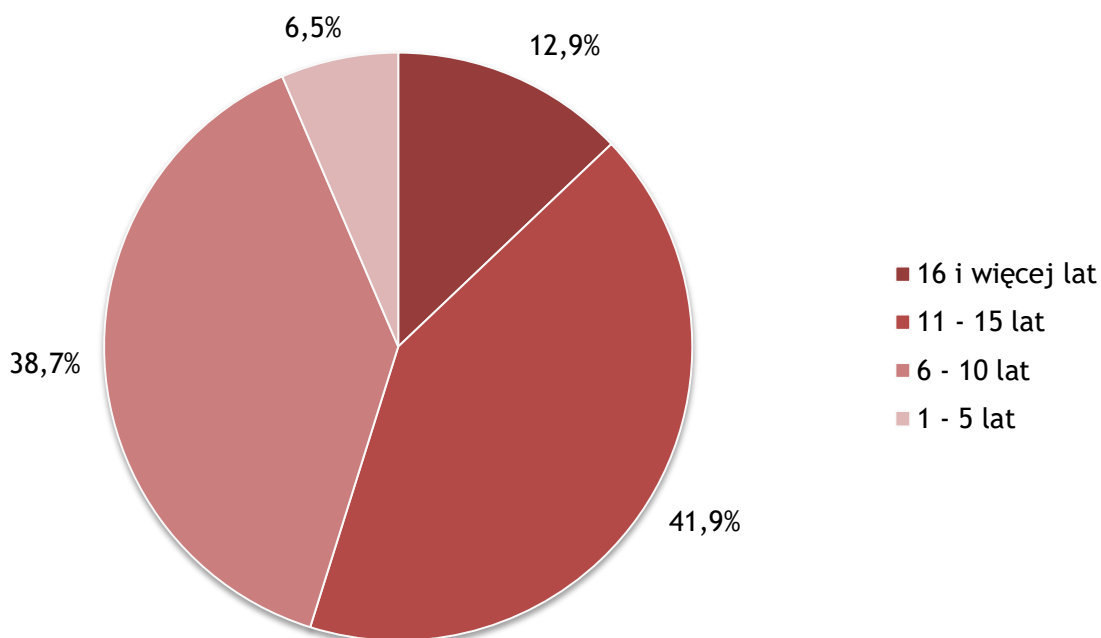
Na poniższym wykresie przedstawiono wiek pojazdów eksploatowanych przez MZK.



#### Wykres 2. Rok produkcji pojazdów MZK

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Średni wiek eksploatowanego taboru wynosi 10 lat. Najwięcej jest pojazdów w wieku 11-15 lat - 13 sztuk. Drugą, co do wielkości grupą pojazdów są pojazdy mające od 6-10 lat, która liczy 12 sztuk. 4 pojazdy mają 16 i więcej lat, a w wieku od 1 do 5 lat są 2 autobusy. Przedziałowo uszeregowana struktura wiekowa taboru przedstawiona jest w formie graficznej na poniższym wykresie.



**Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MZK**

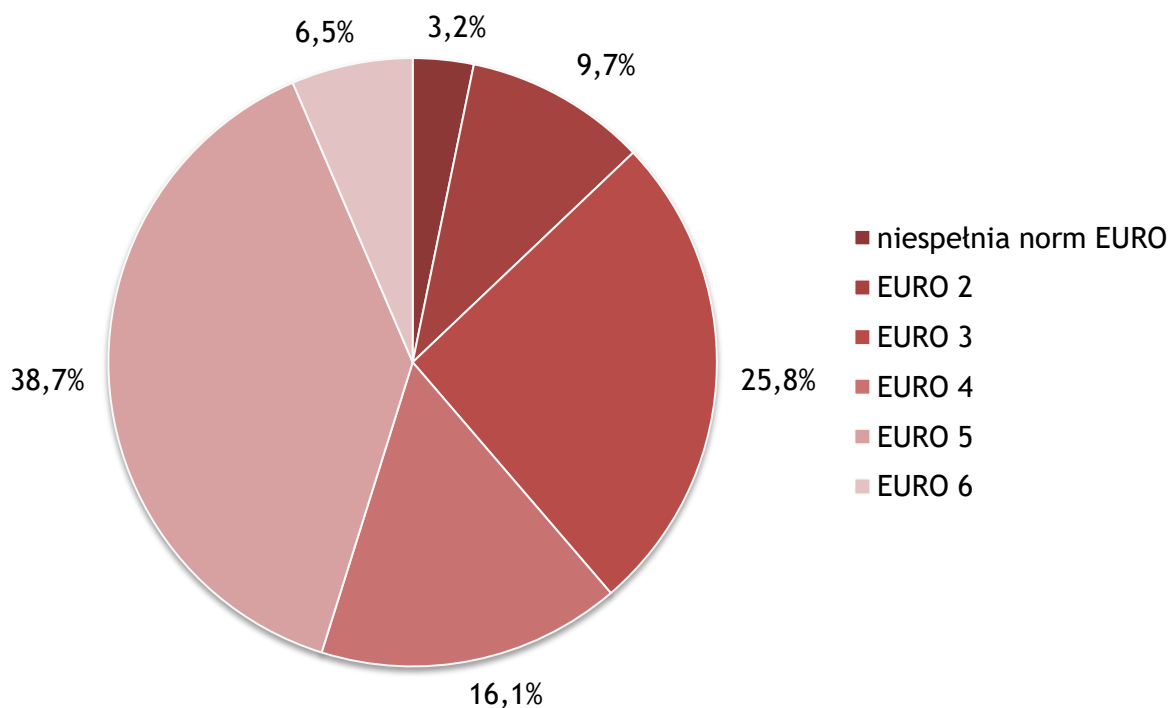
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Planowana jest sukcesywna wymiana taboru na nowszy, którego standard będzie również uwzględniać potrzeby osób niepełnosprawnych i osób o ograniczonej zdolności ruchowej oraz aspekty związane z ochroną środowiska naturalnego.

#### **1.3.3.3. Podział taboru ze względu na spełniane normy emisji spalin**

Stan techniczny środków transportu zbiorowego ma zasadniczy wpływ na bezpieczeństwo, zanieczyszczenie powietrza oraz poziom hałasu w Gminie Miejskiej Biała Podlaska. Poprawę w tych obszarach Gmina Miejska osiągnęła poprzez sukcesywną realizację planu modernizacji taboru autobusowego, w tym zakupy najnowszych, ekologicznych pojazdów, których silniki spełniają wymagania normy emisji spalin EURO 6 obowiązującej od początku 2014 roku. Ponadto, równie istotne jest wycofywanie z eksploatacji autobusów przestarzałych technologicznie, spełniających wymagania najmniej restrykcyjnych norm, tj. EURO 1 z 1993 i EURO 2 z 1996 roku.

Na poniższym diagramie zaprezentowano podział taboru eksploatowanego przez MZK ze względu na spełnianą normę emisji spalin.

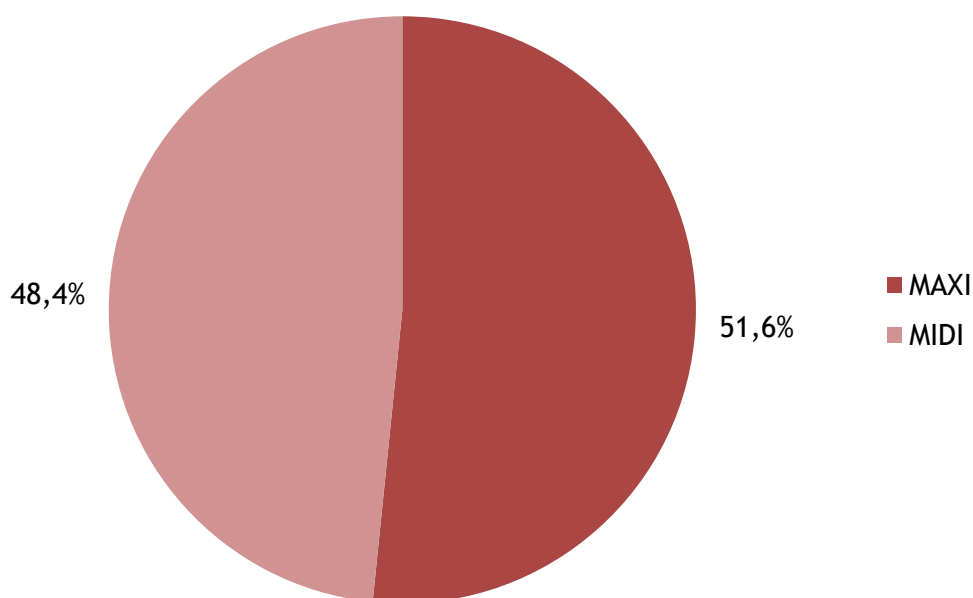


**Wykres 4. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MZK**

Źródło: Opracowanie własne

#### **1.3.3.4. Podział taboru ze względu na klasę pojazdów**

Tabor eksploatowany przez MZK jest zróżnicowany pod względem klasy, ponad 51% wykorzystywanych autobusów przez MZK to pojazdy klasy MAXI (11 - 13 [m]). Pozostałymi pojazdami wykorzystywanymi w Gminie Mięcie Biała Podlaska to pojazdy klasy MIDI (9-11 [m]), które stanowią ponad 48% całego taboru. MZK nie posiada autobusów klasy MEGA przegubowych (15 - 18 [m]), ponieważ nie występuje potrzeba kursowania takich dużych pojazdów na sieci komunikacyjnej.



**Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę**  
*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

#### **1.3.3.5. Podział taboru ze względu na rodzaj napędu**

Całość taboru eksploatowanego przez MZK stanowią autobusy o napędzie konwencjonalnym, który jest najczęściej wykorzystywanym rodzajem napędu w pojazdach w transporcie zbiorowym.

#### **1.3.3.6. Podsumowanie**

Stan taboru na dzień 30 czerwca 2018 ukazuje, że MZK eksploatuje ponad 45% pojazdów spełniających normy spalania EURO 5, EEV oraz EURO 6. Te pojazdy mają mniej niż 10 lat, który to wiek jest uznawany za graniczny w okresie eksploatacji. Pojazdy najmłodsze, zostały wyprodukowane w 2017 roku. Ze względu na zużycie techniczne do wycofania z eksploatacji kwalifikują się pojazdy posiadające powyżej 15 lat - 4 pojazdy, czyli niespełna 13% taboru autobusowego. Normę EURO 6 spełnia 6,5% eksploatowanego taboru. Podsumowując, stan taboru autobusowego w Gminie Miejskiej Biała Podlaska wymaga wymiany przestarzałego taboru posiadającego ponad 16 lat oraz spełniającego najniższe normy emisji spalin, a także zakup pojazdów niskoemisyjnych, które przyczyniają się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych.



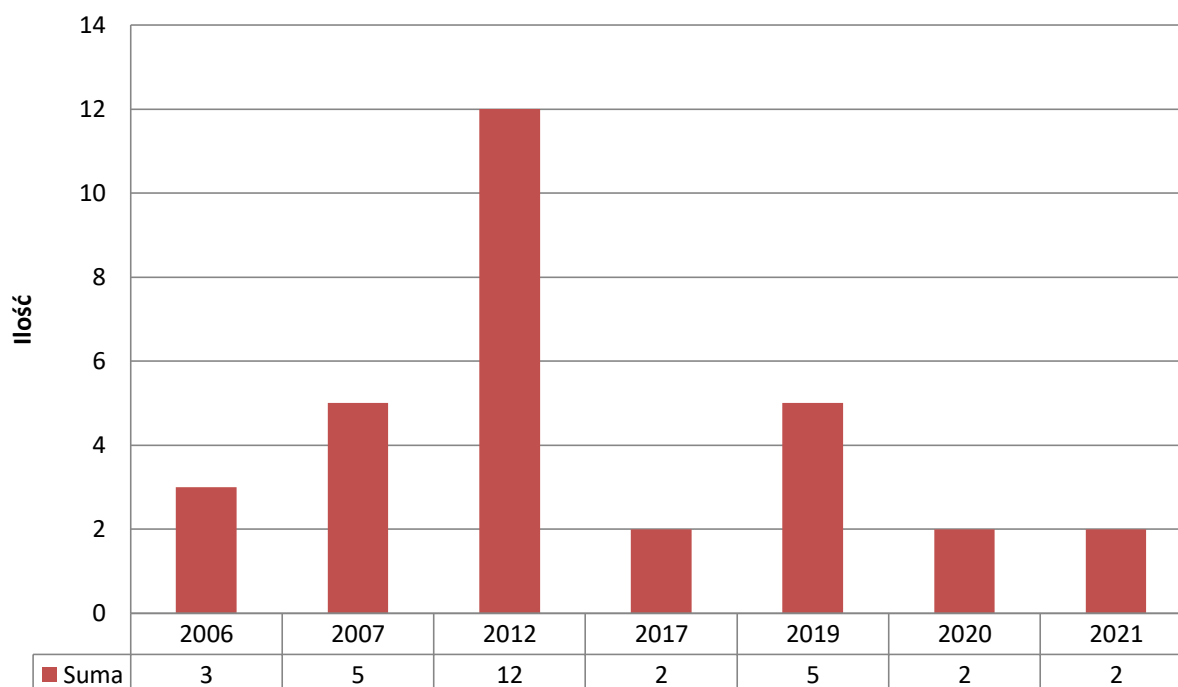
### 1.3.4. Realizowane i planowane przedsięwzięcia taborowe operatora

W 2019 roku planowana jest wymiana najstarszych pojazdów eksploatowanych przez MZK na fabrycznie nowe autobusy o napędzie niskoemisyjnym. Według planów w 2019 roku w taborze pojawi się 5 sztuk autobusów niskoemisyjnych o napędzie spalinowym przystosowanym do zasilania B100. Do 2022 roku Miasto planuje zakup kolejnych 4 sztuk autobusów o napędzie konwencjonalnym. Poniższe wykresy przedstawiają tabor MZK po wprowadzeniu planowanej wymiany pojazdów.

Tabela 2. Harmonogram planowanych inwestycji taborowych

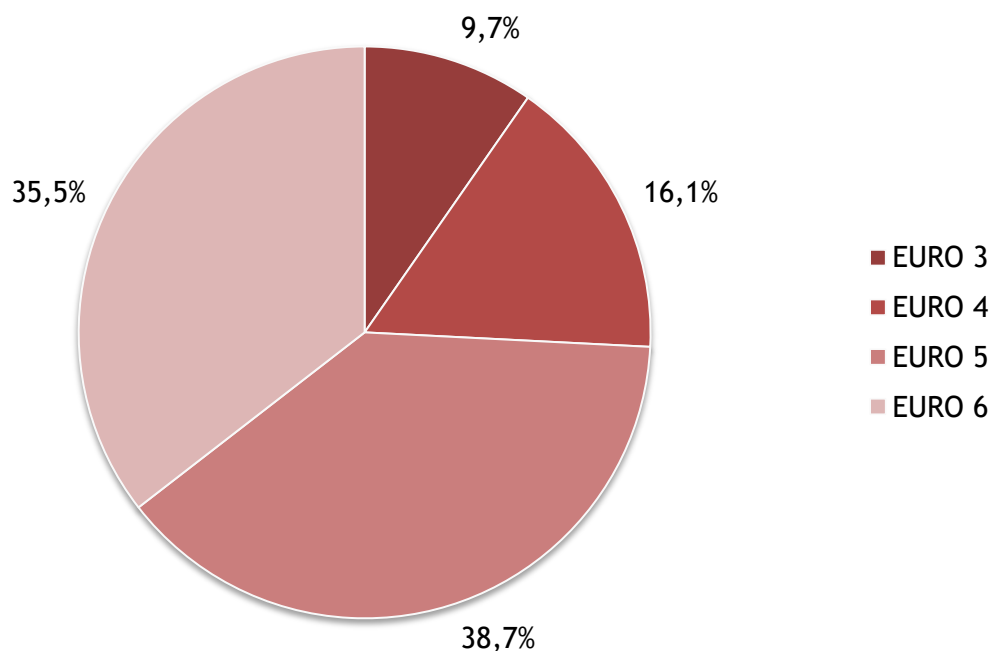
Planowane inwestycje taborowe		
Rok inwestycji	Wyszczególnienie	Ilość pojazdów
2019	Autobus o napędzie niskoemisyjnym	5
2020	Autobus o napędzie niskoemisyjnym	2
2021	Autobus o napędzie niskoemisyjnym	2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.



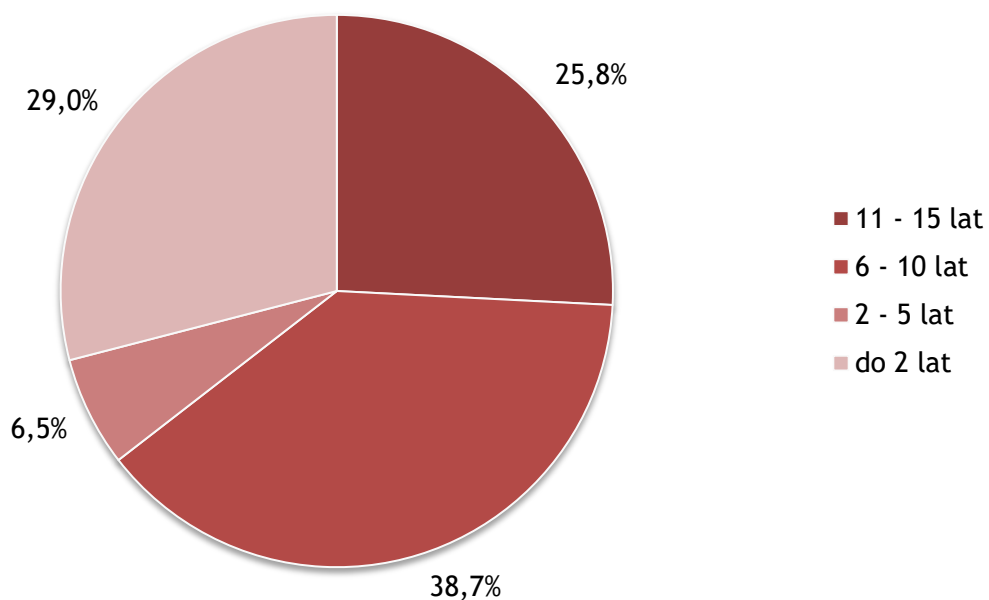
Wykres 6. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru MZK (rok 2021)

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.



**Wykres 7. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru MZK (rok 2021)**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.



**Wykres 8. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych po wprowadzeniu wymiany taboru MZK (rok 2021)**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

### 1.3.5. Charakterystyka parametrów linii komunikacji miejskiej

Głównym przedmiotem działalności MZK jest świadczenie usług pasażerskiego transportu publicznego. Na 2018 r. Spółka zaplanowała wykonanie pracy przewozowej w ilości 1 550 908 wzkm. Dokładną pracę przewozową z podziałem na poszczególne miesiące wskazano w tabeli.

Tabela 3. Łączne zaplanowane wzkm świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2018 roku

Miesiąc	Liczba planowanych wzkm
styczeń	135 213
luty	117 757
marzec	139 463
kwiecień	131 316
maj	133 731
czerwiec	128 522
lipiec	113 106
sierpień	113 106
wrzesień	131 640
październik	142 363
listopad	133 859
grudzień	130 832
<b>razem</b>	<b>1 550 908</b>

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 4. Łączne zaplanowane wzkm na poszczególnych liniach w 2018 roku

LINIA	WZKM ROCZNIE
A	190 985
B	194 249
C	187 954
D	200 206
E	151 635
F	166 331
G	130 518
H	217 585
I	102 632
T	8 814

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 5. Szczegółowy wykaz linii obsługiwanych przez MZK

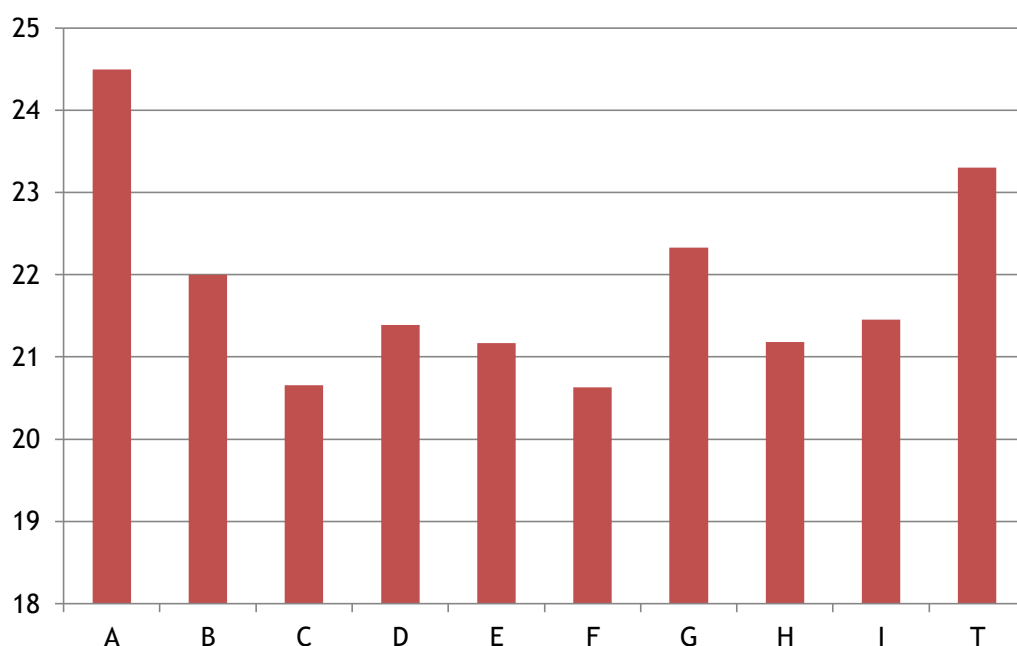
LINIA	WARIANT	DŁUGOŚĆ	CZAS	V <sub>śr.</sub>
A	Sidorska - Warszawska 5	9,6	25	23,0
	Sidorska - Sławacinek wieś	10,8	30	21,6
	Sidorska - Styrzyniec	15,7	37	25,5
	Sidorska - Styrzyniec przez Porosiuki	20,9	45	27,9
B	Grzybowa - Francuska	10,5	30	21,0
	Grzybowa - Kozuła	11,1	32	20,8
	Grzybowa - Grabanów	13,7	38	21,6
	Grzybowa - Grabanów przez Wilczyn	18,4	45	24,5
C	Terebelska - Robotnicza	9,9	30	19,8
	Terebelska - Wólka Plebańska	13,7	37	22,2
	Robotnicza - Cicibór	14,3	43	20,0
D	Aleja Solidarności - Terebelska	9,8	29	20,3
	Aleja Solidarności - Rakowiska	13,5	36	22,5
E	Twarda - Białka Zajazd	8,1	23	21,1
	Twarda - Aleja Solidarności	10,9	30	21,8
	Twarda - Aleja Solidarności przez Ekologiczną	15,7	37	25,5
	Twarda - Cmentarz Komunalny	9,5	35	16,3
F	Sidorska - Kasprowicza	9,0	26	20,8
	Brzegowa - Kasprowicza	9,9	29	20,5
G	Terebelska - Sidorska	6,8	19	21,5
	Terebelska - Brzegowa	7,7	22	21,0
	Terebelska - Czosnówka przez Aleję Solidarności	14,3	35	24,5
H	Terebelska - Sidorska	9,5	29	19,7
	Terebelska - Czosnówka	14,7	42	21,0

	Terebelska - Cmentarz Komunalny	14,5	38	22,9
T	Terebelska - Cmentarz Komunalny	16,7	43	23,3
I	Twarda - Terebelska przez Lubelską	11,8	33	21,5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

### **Prędkości komunikacyjne na liniach komunikacji miejskiej**

Łączna średnia prędkość komunikacyjna wszystkich linii wynosi 21,9 [km/h]. Prędkości komunikacyjne wynoszą od 16,3 nawet do 27,9 km/h. Linie, które osiągają najwyższą prędkość komunikacyjną to linie: A, T oraz G. Linie, które kursują z najniższą prędkością to linie: F oraz C. Poniżej znajduje się wykres z prędkościami komunikacyjnymi wszystkich linii obsługiwanych przez operatora.



**Wykres 9. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach**

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

## 2. METODYKA ANALIZY

Zastosowana w niniejszym opracowaniu analiza kosztów i korzyści stanowi system oceny efektywności inwestycji w tabor zeroemisyjny. Analiza kosztów i korzyści swój początek powzięła z ekonomii dobrobytu - nurtu teorii ekonomii, która powstała na początku XX wieku. Celowość analizy oparto na zmodyfikowanej zasadzie optimum Pareto - kryterium efektywności Kaldora-Hicksa. Według przytoczonego kryterium projekt otrzyma rekomendację wdrożenia w przypadku, gdy możliwe jest, aby jednostki gospodarcze, które zyskują na jego realizacji inwestycji, wypłaciły pełną rekompensatę pozostałym podmiotom, które ponoszą koszty. Konkluzją analizy kosztów i korzyści jest zależność, która stanowi, że poprzez projekty generujące korzyści netto (nadwyżkę korzyści nad kosztami) możliwa jest maksymalizacja dobrobytu społecznego<sup>1</sup>.

### 2.1. Dane

Dane do analizy pozyskano od przedsiębiorstwa w zakresie:

- bieżących kosztów funkcjonowania transportu publicznego opartego na konwencjonalnych paliwach,
- potencjalnych - przewidywanych kosztów funkcjonowania transportu zeroemisyjnego, w tym bieżącego serwisu i utrzymania autobusów zeroemisyjnych,
- informacji dot. wymiany baterii (pojemność, cena jednostkowa, czas życia),
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkładach jazdy, liczba wykonywanych wozokilometrów na poszczególnych liniach, długość linii autobusowych, czas przejazdu danej trasy, średnia prędkość na poszczególnych liniach, liczba przystanków na trasie, odległość pomiędzy przystankami na trasie, liczba zatrzymań na trasie),
- szczegółowego wykazu taboru: rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km],
- zasad organizacji rynku przewozów (obowiązujące porozumienia międzygminne oraz zasady rozliczania się z gminami, umowa zawarta z operatorem),
- informacji o realizowanych i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej zbiorowej komunikacji publicznej,
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów).

---

<sup>1</sup> Ligus M., Efektywność inwestycji w odnawialne źródła energii. Analiza kosztów i korzyści, CeDeWu Sp. z .o.o., Warszawa 2010.

## 2.2. Zastosowane metody

W ramach analizy kosztów i korzyści projekt inwestycji w tabor zeroemisyjny zostanie zweryfikowany pod względem finansowym (analiza finansowa), ekonomiczno-społecznym (analiza ekonomiczno-społeczna), a także wrażliwości i ryzyka otrzymanych parametrów oceny.

### 2.2.1. Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu jest ocena efektywności inwestycji. Rachunek opłacalności inwestycji obejmować będzie tylko wpływy i wydatki występujące w związku z inwestycją, nie będzie on uwzględniał wpływu inwestycji na wynik finansowy przedsiębiorstwa inwestującego i inne uwarunkowania jego działalności.

Do oceny opłacalności inwestycji wykorzystano:

- metodę wartości bieżącej netto (NPV),
- metodę wewnętrznej stopy zwrotu (IRR).

Obliczenia będą odnosiły się do wpływów osiągniętych dzięki inwestycji i wydatkom z nią związanych (nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji i odtworzenia). Analiza nie uwzględnia ewentualnych negatywnych skutków, jakie mogą wystąpić w związku z inwestycją w dotychczasowej działalności przedsiębiorstwa (np. podwyższenie poziomu ryzyka, negatywne zmiany w strukturze kosztów, itp.).

**Wartość bieżąca netto (wartość zaktualizowana netto) NPV (ang. net present value)**, opiera się na zdyskontowanych przepływach gotówkowych netto (ang. net cash flow) w prognozowanych latach. Miernik NPV bazuje na różnicach między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami pieniężnymi poniesionymi na nakłady inwestycyjne.

Strumienie pieniężne netto w poszczególnych okresach można obliczyć jako różnicę dodatnich i ujemnych przepływów pieniężnych. Do dodatnich przepływów zalicza się, np.: zysk netto, amortyzację, nakłady na kapitał obrotowy.

W ramach ujemnych przepływów pieniężnych zalicza się: nakłady inwestycyjne finansowane kapitałem własnym, nakłady na kapitał obrotowy finansowane kapitałami własnymi podczas realizacji inwestycji, a także koszty z eksploatacji inwestycji i inne o podobnym charakterze.

Miernik NPV przedstawia się wówczas za pomocą wzoru:

### Bieżąca wartość netto (NPV)

$$NPV = \sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

$NPV$  - wartość bieżąca netto

$FCF_t$  - przepływy gotówkowe w okresie  $t$

$r$  - stopa dyskonta

$I_0$  - nakłady początkowe

$t$  - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

### Składniki NPV - FCF (free cash flow)

$$FCFF = EBIT * (1 - T) + A - CAPEX - \Delta NWC$$

gdzie:

$FCF$  - wolne przepływy pieniężne,

$EBIT$  - zysk operacyjny

$T$  - stopa opodatkowana,

$A$  - amortyzacja,

$CAPEX$  - nakłady odtworzeniowe,

$\Delta NWC$  - wydatki na sfinansowanie wzrostu zapotrzebowania na  $KON$ .

### Składniki NPV - WACC

$$WACC = w_e * k_e + w_d * k_d (1 - T),$$

gdzie:

$WACC$  - średni ważony koszt kapitału

$w_e$  - udział kapitału własnego

$k_e$  - koszt kapitału własnego

$w_d$  - udział kapitału obcego

$k_d$  - koszt kapitału obcego

$T$  - stopa opodatkowana

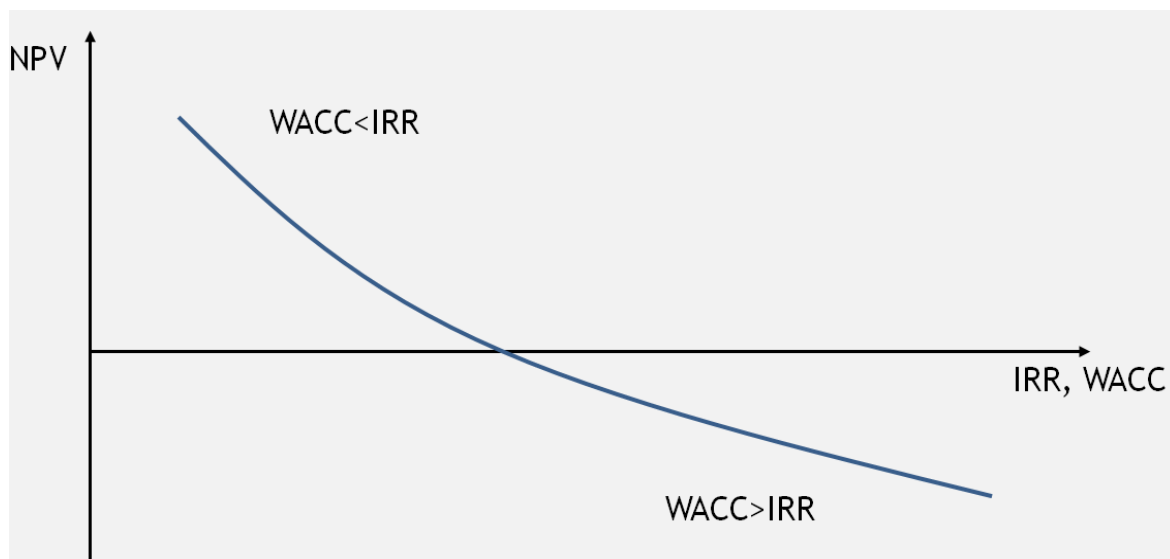


NPV jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $NPV < 0$  - inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy,
- $NPV = 0$  - inwestycja znajduje się na granicy opłacalności,
- $NPV > 0$  - inwestycja jest opłacalna, tym bardziej im większa jest wartość współczynnika.

Inwestycja jest więc opłacalna, gdy  $NPV \geq 0$ , co oznacza, iż stopa rentowności inwestycji jest wyższa od stopy granicznej, określonej przez przyjętą do rachunku stopę dyskontową. Każda inwestycja o NPV większym od zera może być zrealizowana, ponieważ przyniesie przedsiębiorstwu wyższe korzyści finansowe niż wymagane przez inwestora, a tym samym podniesie wartość firmy. Natomiast ujemna wartość NPV świadczy o niższej od granicznej stopie rentowności przedsięwzięcia. Z punktu widzenia wartości firmy realizacja takiego przedsięwzięcia będzie nieopłacalna.

Wartość NPV zależy, z jednej strony, od wartości i rozłożenia w czasie przepływów pieniężnych netto, z drugiej zaś od przyjętej do obliczeń stopy dyskontowej. Podniesienie poziomu stopy dyskontowej prowadzi do obniżenia zdyskontowanej wartości przepływów pieniężnych netto w kolejnych latach okresu obliczeniowego. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV przedstawiono na wykresie.



Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV

Źródło: Opracowanie własne.

Drugą metodą zastosowaną do oceny efektywności inwestycji jest **wewnętrzna stopa zwrotu (IRR)**. IRR jest miarą rzeczywistej efektywności przedsięwzięcia inwestycyjnego, rentowności dla danego przedsięwzięcia. IRR jest taką stopą dyskontową, przy której NPV=0 (wartość zaktualizowana wpływów pieniężnych równa się wartości zaktualizowanej wydatków pieniężnych). Opłacalny będzie ten projekt, dla którego wewnętrzna stopa zwrotu jest nie mniejsza niż stopa dyskontowa przyjęta do obliczania NPV projektu inwestycyjnego.

**W przypadku wyboru spośród kilku alternatywnych projektów za najlepszy uważa się ten, dla którego IRR ma najwyższą wartość.**

Poziom wewnętrznej stopy zwrotu badanej inwestycji wykorzystując formułę interpolacji liniowej przyjmuje postać:

$$\sum_{t=0}^n \frac{FCF_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

$NPV$  - wartość bieżąca netto,

$FCF_t$  - przepływy gotówkowe w okresie  $t$ ,

$r$  - stopa dyskonta,

$I_0$  - nakłady początkowe,

$t$  - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji.

Analiza finansowa obejmie czas ekonomicznej użyteczności taboru - cały okres funkcjonowania inwestycji, tj. okres jej realizacji, jak i pełny przewidywany okres eksploatacji inwestycji. Analiza została przeprowadzona w cenach stałych oraz z pominięciem podatku VAT (netto).

### 2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia analizy ekonomiczno-społecznej:

- analiza koncentruje się na efektach inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego,
- analiza efektów ekologicznych,
- analiza obejmuje tylko efekty bezpośrednio wynikające z projektu,
- analiza koncentruje się na:
  - zgeneralizowanych kosztach transportu i dających się zmonetyzować kosztach zewnętrznych transportu,

**Zgeneralizowane koszty transportu** oznaczają wartości, które można zdefiniować jako:

- koszty czasu (straty czasu) - różnicowe koszty czasu podróży pasażerów, którzy zrezygnowali z podróży samochodami na rzecz transportu publicznego,
- różnicowe koszty podróży - oszczędności na kosztach eksploatacji pojazdów (pomniejszone o koszt zakupu biletów).

**Zmonetyzowane efekty zewnętrzne stanowią:**

- koszty wypadków - niższe koszty wypadków na drogach dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego,
- koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>) - różnicowe koszty zmian klimatycznych (emisja CO<sub>2</sub>),
- koszty społeczne emisji gazów innych niż cieplarniane (tj. lokalnych skutków zanieczyszczenia powietrza) - niższe koszty zanieczyszczenia środowiska, dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego,
- koszty społeczne emisji hałasu - różnicowe koszty hałasu.

Rezultatami analizy ekonomiczno-społecznej są miary:

- ENPV - (economic net present value) ekonomiczna wartość bieżąca netto,
- ERR - (economic rate of return) ekonomiczna stopa zwrotu.

**ENPV** Ekonomiczna bieżąca wartość netto

$$ENPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0$$

gdzie:

$S_t$  - salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy

$I_0$  - nakłady początkowe

$r$  - stopa dyskonta

$t$  - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

## ERR ekonomiczna stopa zwrotu

$$\sum_{t=0}^n \frac{S_t}{(1+r)^t} - I_0 = 0$$

gdzie:

$S_t$  - salda strumieni ekonomicznych kosztów i korzyści generowanych przez projekt w poszczególnych latach przyjętego okresu odniesienia analizy

$I_0$  - nakłady początkowe

$r$  - stopa dyskonta

$t$  - kolejne okresy (najczęściej lata) eksploatacji inwestycji

### 2.2.3. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na badaniu wpływu przyszłych zmian w kształtowaniu się podstawowych zmiennych inwestycji na poziom jej opłacalności, tj. mierniki NPV, IRR, ENPV i ERR. Technika ta służy do określenia zmienności wyników oceny opłacalności na wahania wartości różnych zmiennych. Analiza polega na określeniu wpływu zmiany pojedynczych zmiennych krytycznych o określoną procentowo wartość, na poziom finansowych i ekonomicznych wskaźników efektywności projektu. Modyfikacji poddaje się tylko jedną zmienną, podczas gdy inne parametry powinny pozostać niezmienione.

W opracowaniu bada się wpływ zmian wartości takich zmiennych jak: wysokość wpływów pieniężnych będących efektem inwestycji, wysokość wydatków pieniężnych o charakterze bieżącym (eksploatacyjnym), a także wysokość nakładów inwestycyjnych oraz stopy dyskontowej, na zmiany w wysokości miar NPV, IRR, ENPV i ERR.

Dokonano symulacji parametrów analizy wrażliwości związanych bezpośrednio z projektem (zmiennie kluczowe), w tym:

- nakładów inwestycyjnych,
- kosztów operacyjnych,
- pracy przewozowej oraz wynikających z niej wartości jednostkowych monetizowanych efektów.

## Rezultaty analizy wrażliwości

- wyłonienie kluczowych zmiennych AKK jako krytycznych dla analizy. Za zmienną krytyczną uważa się tę zmienną kluczową, której zmiana o  $\pm 1$ pp. Wywołuje zmianę NPV o co najmniej 1pp.
- wartości progowe (switching values) kluczowych założeń, w tym przede wszystkim zmiennych krytycznych. Zmienna przyjmuje wartość progową, kiedy jej zmiana powoduje osiągnięcie NPV=0.

### 2.2.4. Analiza ryzyka

Analizy ryzyka polega na opisaniu rodzajów ryzyka związanych z realizacją projektu i jego późniejszym funkcjonowaniem w podziale na grupy ryzyka oraz ocenie prawdopodobieństwa wystąpienia poszczególnych rodzajów ryzyka i ich wpływu na projekt.

#### Matryca ryzyka - klasyfikacja prawdopodobieństwa

- A. Bardzo mało prawdopodobne (0-10% prawdopodobieństwa),
- B. Mało prawdopodobne (10-33% prawdopodobieństwa),
- C. Mniej więcej tak samo prawdopodobne, jak nie (33-66% prawdopodobieństwa),
- D. Prawdopodobne (66-90% prawdopodobieństwa),
- E. Bardzo prawdopodobne (90-100% prawdopodobieństwa).

#### Matryca ryzyka - klasyfikacja stopnia zagrożenia

1. Brak istotnego wpływu - bez działań naprawczych,
2. Drobne straty w zakresie dobrobytu społecznego generowane przez projekt - mogą być wymagane działania naprawcze,
3. Umiarkowane straty społeczne spowodowane przez projekt - działania zaradcze wymagane i skuteczne na tym poziomie,
4. Wysoka strata społeczna wygenerowana przez projekt - działania zaradcze, nawet o dużym zasięgu, nie wystarczą,
5. Niepowodzenie projektu, które może spowodować poważną lub całkowitą utratę funkcji projektu.

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	niskie	niskie	niskie	niskie	umiarkowane
B	niskie	niskie	umiarkowane	umiarkowane	wysokie
C	niskie	umiarkowane	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie
D	niskie	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie
E	umiarkowane	wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie	bardzo wysokie

**Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka**

Źródło: Opracowane własne.

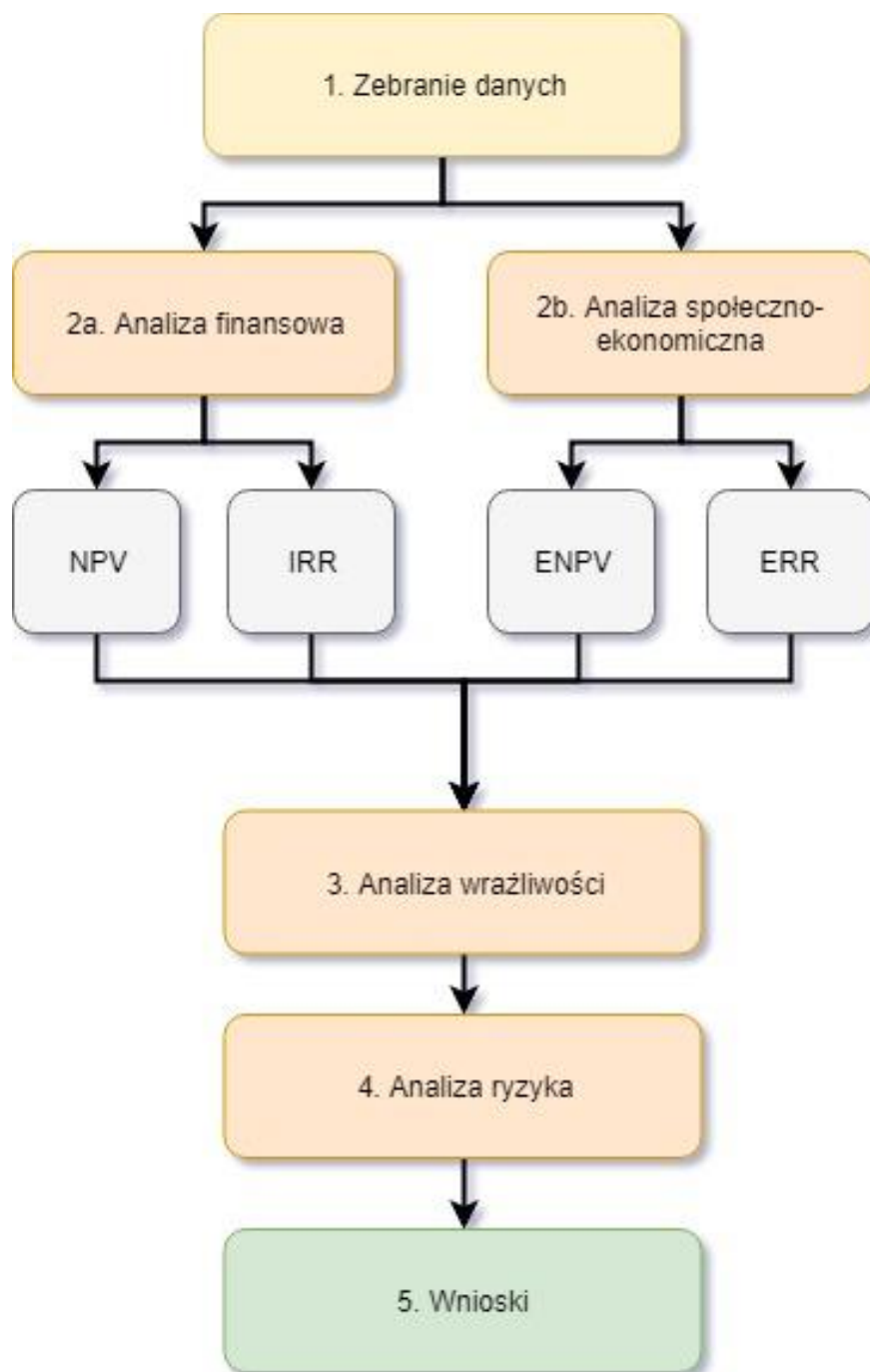
Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	Zapobieganie lub łagodzenie		Łagodzenie		
B					
C					
D	Zapobieganie		Zapobieganie i łagodzenie		
E					

**Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania**

Źródło: Opracowane własne.

### 2.3. Procedura analizy

Na schemacie przedstawiono procedurę przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści dla Inwestycji.



**Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści**

*Źródło: opracowane własne.*

### 3. ANALIZA OPCJI INWESTYCYJNYCH

#### *Alternatywne warianty realizacji inwestycji*

Wśród alternatywnych rozwiązań można wskazać grupy wariantów:

- Wariant „0” - bezinwestycyjny - wymiana taboru o napędzie konwencjonalnym,
- Wariant „1” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym,
- Wariant „2” - wprowadzenie do eksploatacji taboru zeroemisyjnego o napędzie wodorowym.

Wprowadzenie nowego niskoemisyjnego taboru do centrum miasta, ma na celu poprawę jakości życia mieszkańców w aspekcie wdrażania przedsięwzięć proekologicznych i środowiska naturalnego. Analiza potrzeby wprowadzenia takiego rozwiązania powinna dotyczyć przede wszystkim linii, których trasa przebiega przez tereny miejskie o największym zaludnieniu.

Poniżej znajduje się szczegółowa analiza wprowadzenia pojazdów o zróżnicowanym napędzie pod względem podstawowych parametrów technicznych, kosztów inwestycji, wpływu na środowisko itp.

Zgodnie z zapisami Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r o elektromobilności i paliwach alternatywnych do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego będzie posiadał co najmniej 30% autobusów zeroemisyjnych w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego. Ustawa zawiera poszczególne etapy osiągnięcia wymaganej liczby pojazdów o napędzie zeroemisyjnym do roku 2028:

- 5% do 1 stycznia 2021 r.,
- 10% do 1 stycznia 2023 r.,
- 20% do 1 stycznia 2025 r.,
- 30% do 1 stycznia 2028 r..



Zgodnie z zapisami w ustawie w Gminie Miejskiej Biata Podlaska przy obecnym stanie taboru wynoszącym 31 pojazdów, do 2028 roku wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 10. MZK nie posiada w swoim taborze pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.

**Tabela 6. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych**

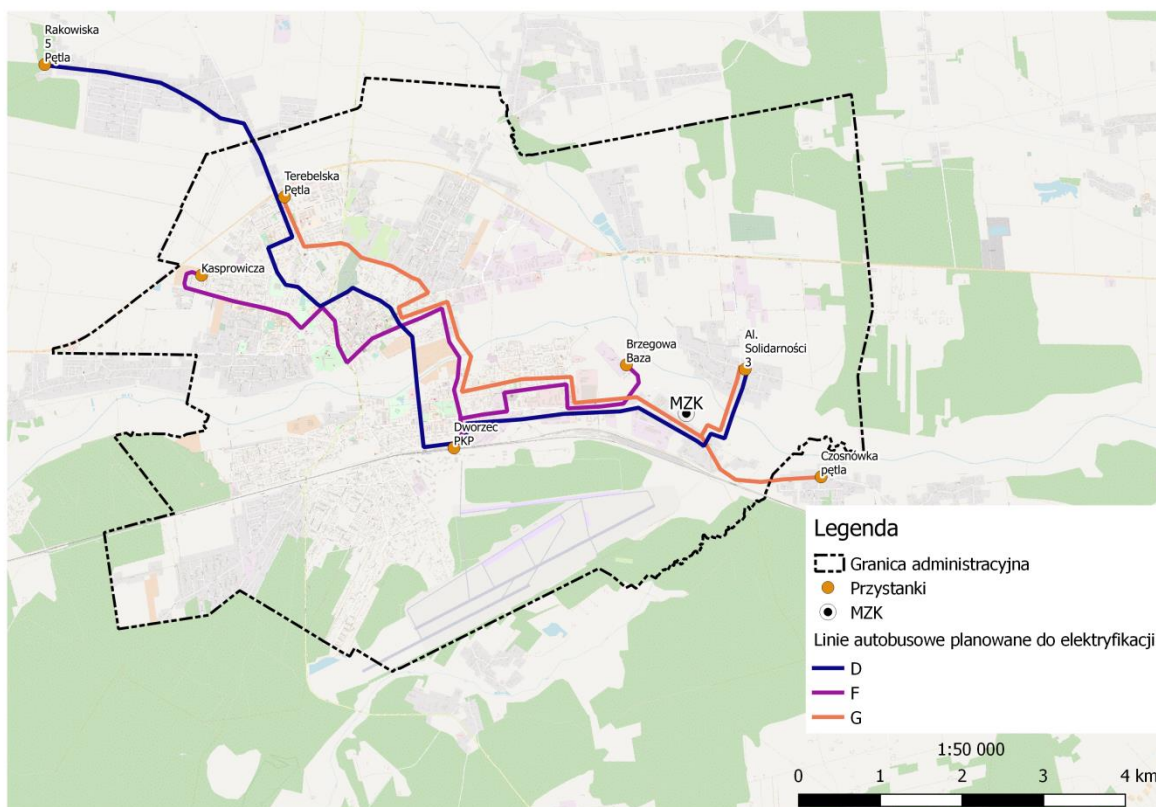
Założenia inwestycyjne zgodnie z ustawą	
Rok inwestycji	Ilość wymaganych pojazdów
2021	2
2023	4
2025	7
2028	10

Źródło: Opracowanie własne.

### ***Alternatywna trasa autobusów zeroemisyjnych***

Do poprawnego wykonania analizy rozwiązań alternatywnych należy wskazać sieć komunikacyjną, na której autobusy zeroemisyjne będą wykonywały przewozy w zakresie publicznego transportu zbiorowego. Aby zaproponować najlepsze rozwiązanie zarówno doboru infrastruktury ładującej, przebiegu trasy oraz doboru parametrów technicznych pojazdu, badamy między innymi takie szczegóły jak: rozkład jazdy autobusu, trasę, danej linii komunikacyjnej, infrastrukturę w danym mieście. Na tej podstawie można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie operatora.

Wstępną koncepcję przedstawiono na przykładzie linii autobusowych D, F oraz G.



**Rysunek 2. Przebieg linii komunikacyjnych D, F oraz G**

*Źródło: Opracowanie własne.*

Uzupełniająco autobusy elektryczne akumulatorowe będą mogły obsługiwać pozostałe linie komunikacyjne w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.

Trasa D charakteryzuje się przebiegiem przez centralną część miasta nieopodal Dworca PKP oraz zajezdni MZK, szczegółowa trasa opisana w tabeli poniżej. Daną linię w dni robocze obsługują trzy brygady, wykonujące 66 kursów o łącznej długości 711 km. W sobotę linię obsługuje jedna brygada, wykonując 28 kursów o łącznej długości 296 km. W niedzielę jedna brygada wykonuje również 28 kursów o łącznej długości 296 km. W okresie wakacyjnym linia D obsługiwana jest brygadami, które wykonują 44 kursy o łącznej długości 497 km. Czas potrzebny do wykonania jednego kursu w zależności od wariantu trasy to 29-36 minut. Na trasie znajduje się 16 przystanków. Średnia prędkość autobusów na linii to 21,4 km/h. Linia D przebiega w pobliżu zajezdni MZK, co ułatwia obsługę pojazdów kursujących na tej trasie.

Trasa F charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta nieopodal Dworca PKP. Jest to linia której przebieg odbywa się tylko na terenach miejskich. Dziennie zakłada się, że w dni robocze linię obsługują trzy brygady, które wykonują 62 kursy o łącznej długości 565 km. W sobotę jedna brygada obsługuje 30 kursów o łącznej długości 273 km. W niedzielę jedna brygada obsługuje 26 kursów o łącznej długości 235 km. W okresie wakacyjnym linia F obsługiwana jest przez dwie brygady, wykonujące 54 kursy o łącznej długości 486 km. Czas potrzebny do pokonania trasy w zależności od wariantu trasy to od 26 do 29 minut. Na trasie znajduje się 20 przystanków, z przystankiem początkowym „Brzegowa” oraz końcowym na przystanku „Kasprowicza”. Średnia prędkość autobusu na linii to 20,6 km/h. Linia przebiega w pobliżu zajezdni MZK.

Trasa G to linia, która przebiega przez centralną część miasta. Dziennie zakłada się, że w dni robocze linia obsługiwana jest przez dwie brygady, które wykonują 68 kursów o łącznej długości 489 km. W sobotę linię obsługuje jedna brygada, która wykonuje 30 kursów o łącznej długości 204 km. W niedzielę jedna brygada obsługuje linię wykonując 30 kursów o łącznej długości 204 km. W okresie wakacyjnym linia G obsługiwana jest przez jedną brygadę, która wykonuje 32 kursy o łącznej długości 221 km. Czas potrzebny do pokonania trasy w zależności od wariantu to od 19 do 35 minut. Na trasie znajduje się 25 przystanków. Trasa rozpoczyna się na przystanku „Czosnówka”, końcowy przystanek to „Terebelska Pętla”. Średnia prędkość autobusu na linii to 22,3 km/h. Linia przebiega w pobliżu bazy MZK.

**Tabela 7. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji**

Nr Linii	Przebieg Linii
D	Al. Solidarności → Sidorska → Kościuszki → Dworzec PKP → Al. 1000-lecia → Narutowicza → Zamkowa → Piłsudskiego → Terebelska → Terebelska Szpital → Rakowiska → Rakowiska Pętla
F	Brzegowa → Sidorska → Orzechowa → Kąpielowa → Sidorska → Kościuszki → Dworzec PKP → Al. 1000-lecia → Narutowicza → Zamkowa → Artyleryjska → Akademicka → Kasprowicza
G	Czosnówka Pętla → Czosnówka → Sidorska → Al. Solidarności → Sidorska → Orzechowa → Narutowicza → Al. 1000-lecia → Al. Jana Pawła II → Al. Jana Pawła II (cmentarz) → Terebelska → Terebelska Szpital → Terebelska Pętla

*Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

### 3.1. Analiza opcji inwestycyjnych

#### 3.1.1. Wariant „0”

Wariant bezinwestycyjny - niepodjęcie Inwestycji. Wariant ten oznacza wymianę przestarzałych pojazdów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym spełniające normę emisji spalin EURO VI. Jest to podstawowy, wyjściowy wariant analizy porównawczej, w stosunku, do którego są odnoszone i porównywane wszystkie analizowane opcje inwestycyjne.

Wariant „0” oznacza dalsze znaczące oddziaływanie autobusów napędzanych silnikiem konwencjonalnym na życie mieszkańców miejscowości zlokalizowanych wzdłuż dróg uczęszczanych przez te autobusy, w takich dziedzinach jak hałas, zanieczyszczenie powietrza, drgania, bezpieczeństwo. W przypadku, gdy wariant „0” dotyczy istniejącej infrastruktury, zakłada brak jakichkolwiek modernizacji oraz ulepszeń infrastruktury przystankowej (poza utrzymaniem). Aktualny stan techniczny autobusów oraz przystanków ulega sukcesywnemu pogarszaniu oraz starzeniu. Dalsza ich eksploatacja wymaga nie tyle remontu kapitalnego, co wymiany na nowe pojazdy, aby mogły stanowić realną alternatywę dla innych środków transportu. Wraz ze starzeniem się użytkowanego taboru koszty eksploatacyjne będą się zwiększały.

Eksploatacja wyłącznie pojazdów o napędzie konwencjonalnym pozwala na zmniejszenie kosztów zakupu taboru oraz uniknięcie kosztów związanych z zakupem infrastruktury potrzebnej do obsługi taboru o napędzie innym niż konwencjonalny, tj. ładowarki do obsługi autobusów elektrycznych, stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem oraz budowy sieci trakcyjnych dla trolejbusów.

#### 3.1.2. Wariant „1”

Zakłada zakup oraz eksploatację autobusów zeroemisyjnych napędzanych energią elektryczną z akumulatorów oraz infrastruktury potrzebnej do obsługi taboru. Autobusy elektryczne są ciche oraz całkowicie bezemisyjne. Niski poziom emisji hałasu oraz drgań sprawia, że autobusy bateryjne są szczególnie pożądane w centrach miast. Polska zajmuje ważne miejsce w szeroko pojętym obszarze związanym z elektromobilnością zarówno jako producent, jak i jako użytkownik tego typu pojazdów. Pierwszymi miastami w Polsce, które eksploatowały autobusy elektryczne były Ostrołęka oraz Kraków, gdzie uruchomiono pierwszą bezemisyjną linię autobusową. Największą flotę elektrycznych autobusów mają Kraków, Jaworzno oraz Warszawa. Elektryczne autobusy jeżdżą też m.in. w Ostrowie Wielkopolskim, Chodzieży, Inowrocławiu, Sosnowcu, czy Wrześni.

Autobusy elektryczne najczęściej napędzane są za pomocą asynchronicznego silnika trakcyjnego. Ponadto niektóre pojazdy o nowoczesnej konstrukcji napędzane są silnikami umieszczonymi w piastach kół. Autobusy elektryczne są również wyposażone w system rekuperacji energii czyli odzyskiwania energii (doładowania akumulatorów) podczas hamowania. Autobusy elektryczne są wyposażone w akumulatory o różnych pojemnościach energetycznych określanych w kWh. Producenci autobusów elektrycznych podają średnie zużycie na km w zakresie od 1 kWh/km do 1,4 kWh/km dla autobusów klasy MAXI. Dlatego pojemność akumulatora jest dobierana ze względu na potrzeby eksploatacyjne zamawiającego.

Autobusy elektryczne potrzebują specjalistycznej infrastruktury do obsługi pojazdów. Ładowanie akumulatorów może odbywać się na 3 sposoby. Najbardziej popularną metodą ładowania akumulatorów jest metoda bezpośrednia za pomocą kabla, metoda tzw. plug-in. Ładowanie następuje poprzez podłączenie autobusu do stacji poprzez ustandaryzowane złącze. Drugi sposób ładowania odbywa się za pomocą pantografu. Metoda ładowania za pomocą pantografu pozwala na ładowanie akumulatorów wysokim prądem o mocy nawet do 500 kW, co powoduje szybsze ładowanie akumulatorów. W zależności od wielkości akumulatorów zamontowanych w autobusie oraz mocy ładowarki już 15 minutowe ładowanie pantografem pozwoli na wydłużenie zasięgu nawet o dodatkowe 40 km. Ładowarki pantografowe lokalizuje się głównie na pętlach autobusowych w celu szybkiego doładowania akumulatorów. Wyróżniamy w tej metodzie 2 rodzaje pantografów: umieszczenie pantografu na dachu pojazdu lub na maszcie infrastruktury ładującej tzw. pantograf odwrócony. Ostatnią metodą ładowania autobusów elektrycznych jest metoda ładowania indukcyjnego. Ładowanie umożliwiają płyty indukcyjne zamontowane w pojeździe oraz w podwoziu autobusu. Metoda ta zapewnia szybkie ładowanie bez ingerencji kierowców, jest to najdroższa metoda ładowania autobusów oraz najbardziej narażona na warunki atmosferyczne.

Poniżej znajduje się planowany harmonogram wprowadzenia taboru zeroemisyjnego wraz z potrzebną infrastrukturą ładującą do obsługi proponowanych linii komunikacyjnych na terenie Gminy Miejskiej Biła Podlaska oraz gmin, z którymi zostało zawarte porozumienie międzygminne.

Tabela 8. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1”

Rok inwestycji	Wyszczególnienie	Ilość	Szacunkowy koszt jednostkowy [PLN]	Szacunkowy łączny koszt [PLN]
do 2021	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	2	2 000 000	4 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	1	100 000	100 000
do 2023	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	2	2 000 000	4 000 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	1	100 000	100 000
	Ładowarka pantografowa (Dworzec PKP)	1	500 000	500 000
do 2025	Zakup autobusu elektrycznego klasy MIDI	3	1 800 000	5 400 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	2	100 000	200 000
do 2028	Zakup autobusu elektrycznego klasy MIDI	3	1 800 000	5 400 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	1	100 000	100 000

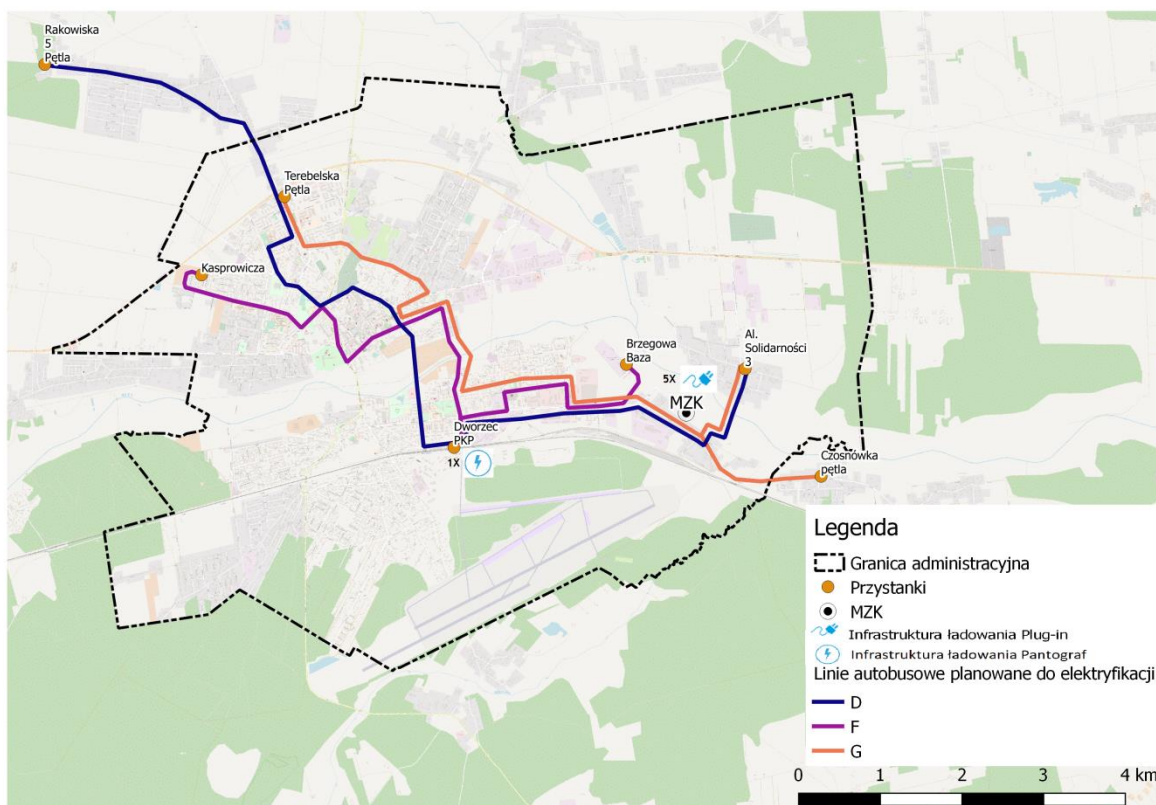
Źródło: Opracowanie własne.

Wariant „1” zakłada zakup 4 autobusów klasy MAXI ze względu na potrzebę kursowania pojazdów o wysokiej pojemności pasażerskiej min. 75 miejsc dla pasażerów oraz 6 autobusów klasy MIDI. Zakup autobusów zeroemisyjnych zakłada wyposażenie pojazdów w akumulatory o pojemności nie większej niż 160 kW ze względu na umiejscowienie ładowarki pantografowej w centrum miasta, co pozwoli na zmniejszenie kosztów samej inwestycji zakupu pojazdu. Proponowaną pojemnością akumulatorów jest 120 kW. Taki akumulator pozwoli na przejazd, w zależności

od warunków atmosferycznych, od 80 do 120 km na jednym ładowaniu. Infrastruktura ładująca powinna pozwolić na ładowanie pojazdów w nocy podczas postoju oraz w ciągu dnia, doładowując pojazdy umożliwiając im obsługę przypisanych linii komunikacyjnych. Proponowanymi stacjami ładowania typu plug-in są ładowarki wyposażone w dwa złącza Combo-2, które umożliwiają ładowanie mocą 100 kW, w przypadku ładowania dwóch pojazdów w jednym momencie, moc ładowarki rozkładana jest równomiernie 2 x 50 kW. Szacowany koszt zakupu ładowarki typu plug-in to 100 000,00 zł.

Proponowanymi ładowarkami pantografowymi zlokalizowanymi na mieście powinny być ładowarki o mocy 190 kW, których moc pozwoliłaby na szybkie doładowanie akumulatorów około 2% w minutę. Szacunkowy koszt ładowarki pantografowej to 500 000,00 zł. Proponowaną lokalizacją ładowarki pantografowej jest Dworzec PKP.

Poniżej przedstawiony został proponowany przebieg linii przeznaczonych do elektryfikacji oraz proponowana lokalizacja infrastruktury ładowania.



**Rysunek 3. Proponowana elektryfikacja linii autobusowych**

*Źródło: Opracowanie własne.*

### 3.1.3. Wariant „2”

Zakłada zakup oraz eksploatację autobusów o napędzie elektrycznym opartym o ogniwa wodorowe oraz infrastruktury potrzebnej do obsługi taboru. Wodór, jako paliwo niezawierające węgla, jest uważany za jedno z bardziej przyszłościowych źródeł energii. Oznacza to, że autobus zasilany wodorem praktycznie nie wytwarza gazów cieplarnianych, takich jak dwutlenek węgla. Już dziś, silniki wodorowe osiągają poziomy emisji znacznie poniżej wszelkich znanych, przyszłościowych norm emisji spalin. Energetyka wodorowa obejmuje swoim zakresem trzy etapy funkcjonalne: produkcję, magazynowanie, transport oraz wykorzystanie paliwa wodorowego. Pod nazwą wykorzystanie rozumieć należy konwersję wodoru na pożądany rodzaj energii, najczęściej na energię elektryczną w ogniwach paliwowych. Według Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2018 poz. 317) do 2028 roku miasta powyżej 50 tysięcy ludności powinny wprowadzić 30% taboru zeroemisyjnego kosztem spalinowego. Zgodnie z założeniami ustawy MZK do 2028 roku powinno posiadać 10 sztuk autobusów o napędzie wodorowym wraz z infrastrukturą potrzebną do eksploatacji pojazdów.

Technologia pozwalająca na napędzanie pojazdów wodorem jest technologią nową, bardzo zaawansowaną technicznie, a co najważniejsze na tą chwilę bardzo drogą w zakupie, przyrównując do zakupu pojazdów z napędem elektrycznym. Koszt zakupu autobusu wodorowego oscyluje w okolicach 4 000 000,00 zł.

Autobusy o napędzie wodorowym posiadają zbiorniki mieszczące 35-40 kg wodoru umiejscowione na dachu pojazdu. Pojazdy pokonują dystans około 450 km na jednym ładowaniu ogniw wodorowych, co sprawia, że autobus o takich parametrach może zastąpić autobusy o napędzie konwencjonalnym. Szacunkowy koszt 1 kg wodoru to 10 zł, co sprawia, że przejazd 100 km autobusem wodorowym będzie kosztował około 80 zł. Proponowana lokalizacja infrastruktury do obsługi pojazdów o napędzie wodorowym, czyli scentralizowana stacja tankowania wodoru (HRS), powinna znajdować się na zajezdni MZK. Przybliżony koszt budowy stacji tankowania wodoru wynosi 2 500 000,00 zł. Cena zależy od wielkości stacji oraz sposobu dostarczania wodoru.

#### **3.1.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych**

Wariant „1” oraz „2” zakłada zakup oraz eksploatację nowego taboru autobusowego o napędzie zeroemisyjnym, elektrycznym lub wodorowym, który będzie w stanie zastąpić pojazdy o napędzie konwencjonalnym, których użytkowanie oraz remonty będą coraz bardziej kosztowne, a ich gotowość do realizacji zamierzonych prac będzie zmniejszona. Zamiana pojazdów z napędem konwencjonalnym na pojazdy zeroemisyjne, przyczyni się w dużej mierze na poprawę czynników ekologicznych.

Do czynników ekologicznych, na które wpływ ma konwersja floty autobusów o napędzie konwencjonalnym na autobusy zeroemisyjne można zaliczyć:

- poprawę jakości powietrza,
- poprawę zdrowia mieszkańców,
- redukcja negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne,
- zmniejszenie poziomu hałasu.

Korzyści środowiskowych wynikających z wprowadzenia autobusów zeroemisyjnych jest wiele, lecz koszt zakupu pojazdu z konwencjonalnym napędem jest dużo niższy niż koszt autobusu zeroemisyjnego. Do obsługi oraz eksploatacji autobusów zeroemisyjnych potrzebna jest również specjalistyczna infrastruktura ładująca.



Porównując warianty ze sobą można zauważyć że wprowadzenie w życie wariantu „1” lub wariantu „2” pozytywnie wpłynie na środowisko naturalne, co będzie prowadziło do poprawy jakości życia mieszkańców Miasta Biała Podlaska. Autobusy zeroemisyjne obsługujące miejskie linie komunikacyjne pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum miasta. Brak wdrożenia wariantów „1” i „2” będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu technicznego pojazdów eksploatowanych przez MZK oraz pojawieniem się znacznie większej ilości zanieczyszczeń wytwarzanych przez kilkunastoletni tabor. Potrzeba cyklicznych napraw oraz wymiany przestarzałego taboru będzie pojawiała się coraz częściej, a każda naprawa autobusu będzie generowała koszty, które z roku na rok będą coraz większe. Koszt wprowadzenia wariantu „1” jest ponad podwójnie większy niż wprowadzenie wariantu „0”, ponieważ różnica w koszcie zakupu autobusu o napędzie elektrycznym wynosi ponad 1 mln złotych, w porównaniu do kosztów zakupu autobusu o napędzie konwencjonalnym spełniającego normę spalin EURO VI. Do kosztów zakupu autobusu elektrycznego należy również doliczyć koszt infrastruktury ładującej potrzebnej do obsługi taboru zeroemisyjnego. To samo dotyczy wariantu „2”, który spośród wszystkich wariantów jest najdroższy, ponieważ koszt zakupu autobusu napędzanego wodorem jest około 4 razy droższy od zakupu autobusu spalinowego.

Koszt eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym będzie niższy niż koszt eksploatacji autobusów o napędzie konwencjonalnym, z uwagi na rozwiązania technologiczne i konstrukcyjne silnika elektrycznego przekładające się, np. na brak wykorzystania oleju, niższe wykorzystanie smarów, niższą temperaturę pracy silnika oraz niższe ciśnienie panujące w silniku. Konstrukcja silników elektrycznych jest trwalsza niż silników spalinowych, co wpływa na całkowity koszt eksploatacji pojazdów. Na poniższej tabeli porównane zostały alternatywne warianty.

**Tabela 9. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych**

Lp.	Wariant	Koszt zakupu 1 pojazdu	Koszty infrastruktury	Koszty eksploatacji	Wpływ na środowisko
1	Wariant „0”	Niski	Brak	Średni	Wysoki
2	Wariant „1”	Średni	Średni	Niski	Brak
3	Wariant „2”	Wysoki	Wysoki	Niski	Brak

Źródło: Opracowanie własne.

Porównując warianty inwestycyjne pod względem ekologicznym można zauważyć, że w przypadku niepodjęcia inwestycji stan środowiska będzie się pogarszał ze względu na coraz większą emisję niebezpiecznych substancji wytwarzanych przez transport publiczny. Wraz ze wzrostem eksploatacji pojazdu jego stan się pogarsza, tym samym z każdym kolejnym rokiem rośnie ryzyko awarii i obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych. Każda późniejsza awaria prowadzi do dodatkowych napraw oraz zwiększania kosztów eksploatacji. Koszt zakupu pojazdów z napędem zeroemisyjnym oraz infrastruktury do ich obsługi jest drogi, lecz należy się zastanowić jakie korzyści można osiągnąć z posiadania takich pojazdów. Napęd elektryczny czy wodorowy to nowa technologia, której koszt przewyższa zakup pojazdów z napędem konwencjonalnym, jednak z każdym rokiem te ceny powinny się zmniejszać. Najkorzystniejszym wariantem pod względem ekologicznym wydaje się wariant „1”, który przy średnich kosztach zakupu pojazdów oraz infrastruktury potrzebnej do ich obsługi pozwoli na uzyskanie bardzo dobrych efektów ekologicznych oraz względnie niskich kosztów eksploatacyjnych. Najkorzystniejszym wariantem pod względem finansowym jest wariant zerowy, który unika całkowitych kosztów infrastruktury oraz zmniejsza o 50% koszt zakupu pojazdów.

## 4. WYNIKI

### 4.1. Analiza finansowo-ekonomiczna, przedstawionych rozwiązań alternatywnych

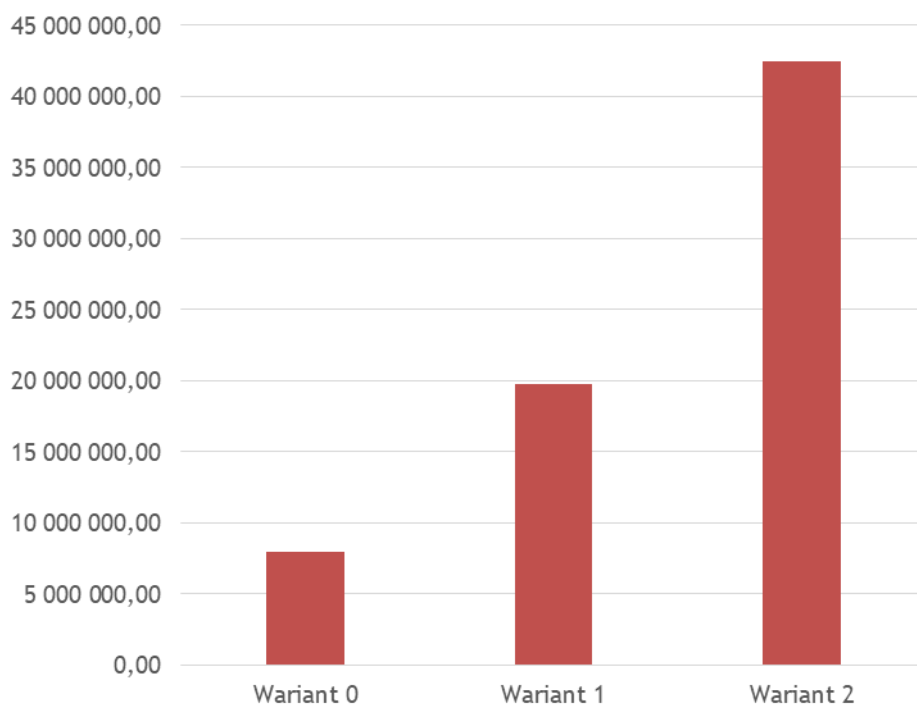
Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów.

Rozważane są trzy rodzaje inwestycji, w tym:

- wariant „0”: wymiana taboru na nowy o napędzie konwencjonalnym (diesla),
- wariant „1”: wymiana taboru na nowy o napędzie elektrycznym,
- wariant „2”: wymiana taboru na nowy o napędzie wodorowym.

Wszystkie wartości wskazano w złotych (PLN) zaokrąglonych do dwóch miejsc po przecinku.

Na wykresie wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.



**Wykres 10. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]**

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

Wydatki eksploatacyjne, które będą podlegały zmianie z uwagi na planowane inwestycje, w tym: koszt paliwa, energii elektrycznej, naprawy, konserwacje - określono w tabelach.

**Tabela 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2021-2025 [PLN]**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
<b>Wariant 0</b>	<b>146 182,66</b>	<b>146 182,66</b>	<b>292 365,31</b>	<b>292 365,31</b>	<b>511 639,30</b>
<b>Paliwo</b>	<b>141 182,66</b>	<b>141 182,66</b>	<b>282 365,31</b>	<b>282 365,31</b>	<b>494 139,30</b>
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
Koszt paliwa na wzkm	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>5 000,00</b>	<b>5 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>17 500,00</b>
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	7,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
<b>Wariant 1</b>	<b>83 047,45</b>	<b>83 047,45</b>	<b>166 094,90</b>	<b>166 094,90</b>	<b>290 666,08</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>81 047,45</b>	<b>81 047,45</b>	<b>162 094,90</b>	<b>162 094,90</b>	<b>283 666,08</b>
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
Koszt energii elektr. na wzkm	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>2 000,00</b>	<b>2 000,00</b>	<b>4 000,00</b>	<b>4 000,00</b>	<b>7 000,00</b>
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	7,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
<b>Baterie</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Wariant 2</b>	<b>123 070,30</b>	<b>123 070,30</b>	<b>246 140,59</b>	<b>246 140,59</b>	<b>430 746,04</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>120 070,30</b>	<b>120 070,30</b>	<b>240 140,59</b>	<b>240 140,59</b>	<b>420 246,04</b>
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
Koszt paliwa na wzkm	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>3 000,00</b>	<b>3 000,00</b>	<b>6 000,00</b>	<b>6 000,00</b>	<b>10 500,00</b>
Liczba autobusów	2,00	2,00	4,00	4,00	7,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

Tabela 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2026-2030 [PLN]

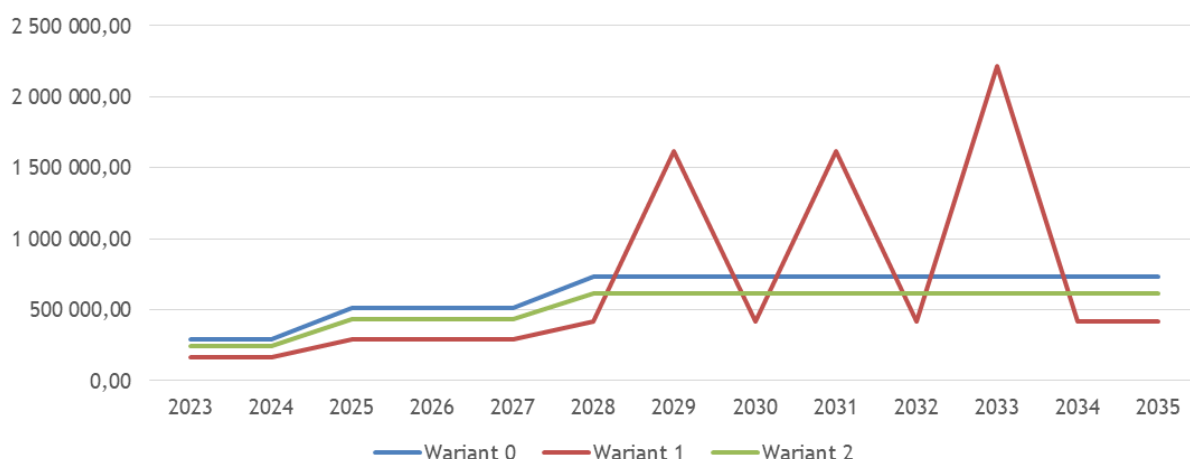
Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
<b>Wariant 0</b>	<b>511 639,30</b>	<b>511 639,30</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>
<b>Paliwo</b>	<b>494 139,30</b>	<b>494 139,30</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt paliwa na wzkm	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>17 500,00</b>	<b>17 500,00</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>
Liczba autobusów	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
<b>Wariant 1</b>	<b>290 666,08</b>	<b>290 666,08</b>	<b>415 237,25</b>	<b>1 615 237,25</b>	<b>415 237,25</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>283 666,08</b>	<b>283 666,08</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt energii elektr. na wzkm	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>7 000,00</b>	<b>7 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>
Liczba autobusów	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
<b>Baterie</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1 200 000,00</b>	<b>0,00</b>
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	2,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	600 000,00	600 000,00
<b>Wariant 2</b>	<b>430 746,04</b>	<b>430 746,04</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>420 246,04</b>	<b>420 246,04</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt paliwa na wzkm	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>10 500,00</b>	<b>10 500,00</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>
Liczba autobusów	7,00	7,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 12. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
<b>Wariant 0</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>	<b>730 913,29</b>
<b>Paliwo</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>	<b>705 913,29</b>
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt paliwa na wzkm	1,41	1,41	1,41	1,41	1,41
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>	<b>25 000,00</b>
Liczba autobusów	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00	2 500,00
<b>Wariant 1</b>	<b>1 615 237,25</b>	<b>415 237,25</b>	<b>2 215 237,25</b>	<b>415 237,25</b>	<b>415 237,25</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>	<b>405 237,25</b>
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt energii elektr. na wzkm	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>	<b>10 000,00</b>
Liczba autobusów	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
<b>Baterie</b>	<b>1 200 000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>1 800 000,00</b>	<b>0,00</b>	<b>0,00</b>
Liczba autobusów	2,00	0,00	3,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00
<b>Wariant 2</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>	<b>615 351,48</b>
<b>Koszt energii</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>	<b>600 351,48</b>
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Koszt paliwa na wzkm	1,20	1,20	1,20	1,20	1,20
<b>Naprawy i konserwacje</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>	<b>15 000,00</b>
Liczba autobusów	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00	1 500,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.



Wykres 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN]

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Skoki wartości wydatków eksploatacyjnych w latach 2029, 2031 i 2033 dla wariantu „1” wynikają z konieczności wymiany baterii na nowe.

Do obliczenia korzyści płynących z wymiany taboru wykorzystano różnice między planowanymi wartościami nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” względem wariantu „0”.

Model różnicowy między wariantami w zakresie wydatków inwestycyjnych, eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych wskazano w tabelach.

**Tabela 13. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Analiza finansowa - model różnicowy</b>					
<b>Wydatki inwestycyjne</b>					
Wariant 1	2 500 000,00	0,00	3 000 000,00	0,00	3 200 000,00
Wariant 2	6 400 000,00	0,00	8 900 000,00	0,00	9 600 000,00
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
Wariant 1	-63 135,21	-63 135,21	-126 270,41	-126 270,41	-220 973,22
Wariant 2	-23 112,36	-23 112,36	-46 224,72	-46 224,72	-80 893,26
<b>Przepływy pieniężne</b>					
Wariant 1	-2 436 864,79	63 135,21	-2 873 729,59	126 270,41	-2 979 026,78
Wariant 2	-6 376 887,64	23 112,36	-8 853 775,28	46 224,72	-9 519 106,74

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

**Tabela 14. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN]**

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Analiza finansowa - model różnicowy</b>					
<b>Wydatki inwestycyjne</b>					
Wariant 1	0,00	0,00	3 100 000,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	9 600 000,00	0,00	0,00
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
Wariant 1	-220 973,22	-220 973,22	-315 676,03	684 323,97	-315 676,03
Wariant 2	-80 893,26	-80 893,26	-115 561,80	-115 561,80	-115 561,80
<b>Przepływy pieniężne</b>					
Wariant 1	220 973,22	220 973,22	-2 784 323,97	-684 323,97	315 676,03
Wariant 2	80 893,26	80 893,26	-9 484 438,20	115 561,80	115 561,80

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 15. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Analiza finansowa - model różnicowy</b>					
<b>Wydatki inwestycyjne</b>					
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
<b>Wydatki eksploatacyjne</b>					
Wariant 1	884 323,97	-315 676,03	1 484 323,97	-315 676,03	-315 676,03
Wariant 2	-115 561,80	-115 561,80	-115 561,80	-115 561,80	-115 561,80
<b>Przepływy pieniężne</b>					
Wariant 1	-884 323,97	315 676,03	-1 484 323,97	315 676,03	315 676,03
Wariant 2	115 561,80	115 561,80	115 561,80	115 561,80	115 561,80

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Prognozowane różnice wskazały na korzyści (oszczędności kosztów), które zostały zestawione z wyższymi nakładami inwestycyjnymi. Wartości mierników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 16. Ocena efektywności inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	
<b>NPV</b>	
Wariant 1	-9 422 355,22
Wariant 2	-25 946 465,23
<b>IRR</b>	
Wariant 1	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Dla wariantu „1” wartość NPV wyniosła -9 422 355,22 PLN, a wariantu „2” -25 946 465,23 PLN. Stopy IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

Z punktu widzenia oceny finansowej projektu, inwestycja w każdym z wariantów jest nieopłacalna (NPV<0).



## 4.2. Analiza ekonomiczno-społeczna

Szczególnie niekorzystnym oddziaływaniem systemów transportowych na otoczenie jest generowanie kosztów zewnętrznych, ponoszonych głównie przez otoczenie systemów, a nie przez operatorów transportu i ich użytkowników. Przy definiowaniu kosztów zewnętrznych należy odróżnić:

- koszty społeczne obejmujące wszystkie koszty związane z opłatami oraz użytkowaniem infrastruktury transportu, takimi jak zużycie infrastruktury (ścieranie, inne zużycie),
- koszty kapitału zamrożonego w infrastrukturze,
- koszty kongestii transportowej,
- koszty wypadków,
- koszty degradacji środowiska,
- koszty (wewnętrzne) użytkownika, które on ponosi bezpośrednio, takie jak koszty zużycia energii i pojazdu, wszelkie opłaty i podatki,
- koszt czasu własnego,
- koszty hałasu.

### 4.2.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO<sub>2</sub>)

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym. Kolejne zagrożenie - zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikające przede wszystkim z tzw. niskiej emisji. Nie zanotowano obecnie przekroczeń dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń. Jednak ogólny poziom zanieczyszczeń pyłowych (przekroczenia w zakresie zanieczyszczeń pyłem PM 2,5) powoduje, że Wojewódzki Inspektorat Ochrony Środowiska zakwalifikował jakość powietrza jako niską, wymagającą intensywnego monitorowania oraz podjęcia działań na rzecz ograniczenia emisji. Ogłoszenie przekroczenia dopuszczalnego poziomu zanieczyszczeń oznacza, że jakość powietrza nie jest dobra, ale nie wywołuje ciężkich skutków dla ludzkiego zdrowia.

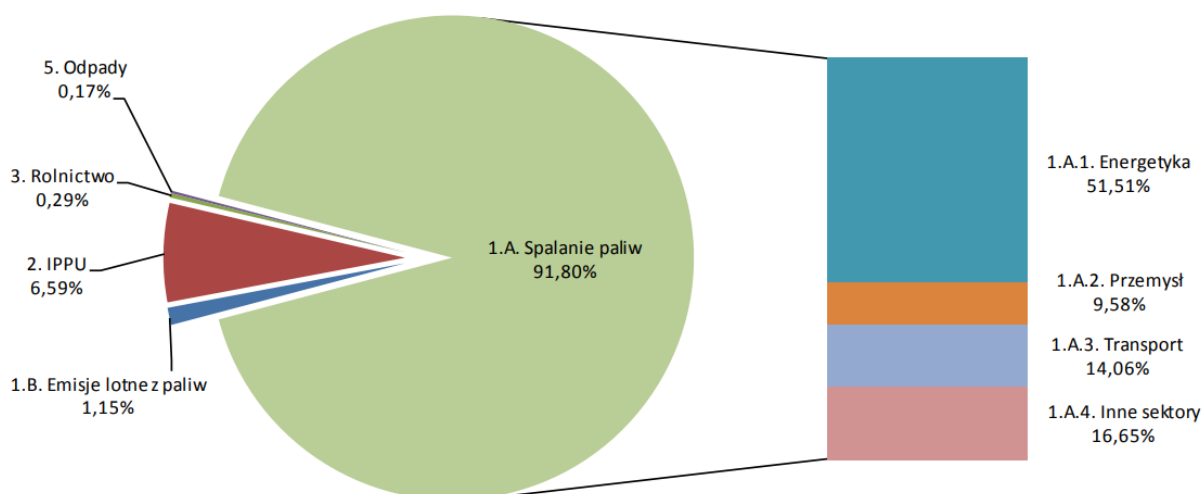
Oddziaływania zanieczyszczenia powietrza dla wariantu bezinwestycyjnego i dla wszystkich inwestycyjnych to spójne oddziaływania generowane przez środki transportu publicznego na obszarze określonym w dokumencie. Na takie koszty składają się przede wszystkim:

- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie (objawy chorób sercowo-naczyniowych lub związanych z układem oddechowym),
- starty materialne (dewastacja budynków lub obiektów), szkody środowiskowe (wzrost smogu w powietrzu (wariant bezinwestycyjny), wpływ na bioróżnorodność czy ekosystemy).

Pył zawieszony, zarówno PM10 jak i PM2,5, jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, które mogą pochodzić z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też powstają w wyniku reakcji między substancjami znajdującymi się w atmosferze (pył wtórny). Pył wtórny to w głównej mierze zanieczyszczenia pyłowe powstające w wyniku reakcji i procesów zachodzących podczas transportu na duże odległości gazów (SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub>, NH<sub>3</sub>, oraz lotnych związków organicznych) oraz reemisja tj. unoszenie pyłu z podłoża (szczególnie na terenie miast). Analizując udział frakcji pyłu zawieszonego PM2,5 w pyłu zawieszonym PM10 warto zwrócić uwagę, że jest on największy przy transporcie drogowym, gdzie stanowi ok. 90%. Należy przy tym podkreślić, że znaczna część emisji pyłu z transportu drogowego pochodzi z procesów innych niż spalanie paliw, do których zaliczyć można np. ścieranie opon i hamulców oraz ścieranie nawierzchni dróg i unoszenie. W zależności od rodzaju środka transportu drogowego koszty ekonomiczne zależą od prędkości i kategorii pojazdów (autobusy o napędzie konwencjonalnym, alternatywnym lub zeroemisyjnym), jak również od ukształtowania terenu, lokalizacji (teren miejski czy zamiejski), stanu technicznego drogi.

### Struktura emisji CO<sub>2</sub>

Emisje z sektora transportu obejmują dwie podstawowe kategorie zanieczyszczeń: lokalne zanieczyszczenia powietrza oraz emisje gazów cieplarnianych (tzw. GHG). Zwłaszcza emisje GHG generują poważne i długoterminowe zmiany wiążące się z wymiernymi kosztami dla społeczeństwa. Z tego względu, główny cel polityki transportowej UE, zawarty w Białej Księdze z 2011 r., zakłada redukcję emisji GHG z sektora transportu w wysokości 60% do roku 2050. Sektorową strukturę emisji CO<sub>2</sub> wg aktualnie dostępnych danych (raport KOBIZE opublikowany w 2016 roku dla lat 1988-2014) przedstawia poniższy wykres.



**Rysunek 4. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce**

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2016- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2014, KOBIZE2016

Dominującym źródłem emisji tego gazu są procesy spalania paliw (91,8%), za ponad połowę emisji z tych procesów odpowiedzialny jest sektor energetyczny (51,5% ogólnej emisji CO<sub>2</sub> z procesu spalania paliw).

Tabela 17. Emisje CO<sub>2</sub> pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009

Sektory	1990	1995	2000	2005	2009
	%				
Przemysł energetyczny	61,9	52,1	56,4	56,2	53,7
Przemysł wytwórczy i budownictwo	11,7	17,2	13,2	10,0	9,7
Transport	6,7	7,8	9,9	11,3	14,1
Inn sektory	14,2	17,7	15,5	15,7	16,0

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2011- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2009, KOBIZE 2011

W analizowanym okresie od roku 1990 wystąpił znaczący wzrost udziału emisji CO<sub>2</sub> z sektora transportu. Zmniejszył się natomiast udział emisji z sektora energetycznego.

Sektor transportu jest kluczowy dla rozwoju polskiej gospodarki i naszych miast. Z drugiej strony jest sektorem o dużym wpływie na środowisko naturalne, a przez to i warunki zdrowotne w miastach. Dodatkowo, na poziomie Unii Europejskiej transport miejski jest odpowiedzialny za ok. 40% emisji CO<sub>2</sub> z transportu drogowego. Dlatego też Unia Europejska podejmuje skoordynowane działania na rzecz ograniczenia tego szkodliwego wpływu poprzez integrację polityki transportowej z polityką ekologiczną. Efektem tych działań jest m. in.: zaostrzenie norm dotyczących emisji spalin, promocja alternatywnych źródeł energii (np. biopaliw) oraz promocja efektywnych energetycznie środków transportu.

### ***Rodzaje efektów zewnętrznych transportu***

Kosztami zewnętrznymi transportu są wszelkie koszty zużycia środków służących do wytworzenia usługi transportowej, które nie są ponoszone przez organizatora, ale przez podmiot trzeci, czyli ogół społeczeństwa. Tzn., jeśli występują negatywne skutki zewnętrzne danej działalności i nie są one rekompensowane w cenie usługi, to związane z nimi koszty są ponoszone przede wszystkim przez środowisko, a nie przez wytwórcę czy użytkownika.

Do kosztów zewnętrznych wliczane są koszty związane z negatywnymi dla środowiska naturalnego i życia człowieka skutkami działalności transportu:

- zanieczyszczenie powietrza, wody i gleby;
- emisja hałasu;
- wypadki transportowe (część nie pokryta przez system ubezpieczeń i odszkodowań);
- zajętość terenu.

W wyniku spalania paliw w silnikach różnych środków transportu emitowane są do środowiska różne zanieczyszczenia negatywnie wpływające na środowisko naturalne. W głównej mierze związki te wpływają negatywnie na zdrowie i jakość życia człowieka. Stan zdrowia mieszkańców uzależniony jest od warunków społeczno-ekonomicznych, stylu życia mieszkańców, jakości środowiska w miejscu zamieszkania i pracy, poziomu zabezpieczenia potrzeb zdrowotnych i socjalnych. Takie reakcje chemiczne powodują emitowanie do środowiska m.in.: tlenków węgla, węglowodorów, tlenków azotu, ołowiu, sadzy, dwutlenku siarki. Z motoryzacji do substancji, które zanieczyszczają środowisko należą: azbest, kadm, chrom, fenol, węglowodory, wanad, olefiny, dioksyny i ozon. Biorąc pod uwagę ogólny bilans substancji emitowanych do środowiska, zanieczyszczenia z emisji spalin nie są wielkim procentem. Natomiast głównym powodem zanieczyszczeń jest ruch samochodowy na obszarach o wysokiej gęstości zaludnienia najbardziej narażone są centralne punkty miast.

Transport sam w sobie doprowadza do degradacji środowiska naturalnego i źle wpływa na zdrowie człowieka. W skali Unii Europejskiej jest źródłem niemal 54% całkowitej emisji tlenków azotu, 45% tlenku węgla, 23% niemetanowych lotnych związków organicznych (NMLZO) oraz 23% pyłów PM<sub>10</sub> i 28% pyłów PM<sub>2,5</sub> (cząstek stałych o średnicy odpowiednio 10 i 2,5 μm). Odpowiada również za ponad 41% emisji prekursorów ozonu troposferycznego oraz 23% emisji CO<sub>2</sub> i niemal 20% innych gazów cieplarnianych.

Wprowadzanie pojazdów o napędzie zeroemisyjnym traktowane jest jako podstawa zrównoważonej mobilności, ochrony środowiska i równocześnie dywersyfikacji energetycznej. Wzrost udziału pojazdów elektrycznych w realizacji zadań przewozowych w miastach ma szczególne znaczenie w związku z niewydziałaniem szkodliwych substancji do środowiska w miejscu realizacji usług, w tym emisji CO<sub>2</sub> i hałasu.

#### **4.2.2. Koszty zmiany klimatu**

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych. W Unii Europejskiej podjęte zostały działania zmierzające do ograniczenia ich emisji. Rada Europejska potwierdziła, że do 2050 roku planuje się ograniczenie emisji gazów cieplarnianych o 80-95% w stosunku do roku 1990. Dzięki innowacyjnym rozwiązaniom mającym znaczenie dla osiągnięcia wizji europejskiego systemu transportowego określonego w Białej Księdze istnieją sposoby na poradzenie sobie z najważniejszymi wyzwaniami takimi jak zmiana klimatu, niedobór energii oraz zdrowie i starzenie się społeczeństwa.

Zamiana napędu spalinowego na elektryczny pozwala na podniesienie jakości wdychanego powietrza. Znaczące korzyści są zauważalne w przypadku zredukowania poziomu emisji, a także przeniesienia ich poza obszary o największym zaludnieniu. W obszarach zurbanizowanych, o wysokiej intensywności zaludnienia oraz w centrach miast wydzielanie spalin i CO<sub>2</sub> do atmosfery zostaje zredukowane poprzez wprowadzanie autobusów elektrycznych. Używanie tych też napędów pozwala na odzyskanie energii podczas hamowania czy zwalniania, a to natomiast pozytywniej wpływa na obniżenie poziomu zanieczyszczeń wytwarzających się podczas procesu ścierania klocków hamulcowych. W przypadku wykorzystywania energii elektrycznej pochodzącej ze źródeł o niskiej emisji lub z odnawialnych źródeł energii, emisja dwutlenku węgla przez pojazdy elektryczne może być równa zeru. Takie samochody to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

#### **4.2.3. Koszty społeczne emisji hałasu**

Hałas wywiera negatywny wpływ na zdrowie fizyczne (np. uszkodzenia słuchu) i psychiczne (nadpobudliwość, nerwowość) człowieka. Ostatnie badania wskazują hałas jako jedną z przyczyn powodujących zawały serca.

Koszty zewnętrzne hałasu wynikają przede wszystkim ze strat społecznych, tzn.:

- strat produktywności człowieka powodowanych niezdolnością do koncentracji;
- zmęczenia, braku snu, wypoczynku - niższa wydajność, pogorszenie jakości pracy;
- koszty opieki zdrowotnej.

Koszty te trudno jednak oszacować, gdyż hałas transportowy, jako przyczyna strat jest trudny do wyizolowania od innych źródeł hałasu, jak też od innych negatywnych czynników wpływających na zdrowie człowieka.

Wpływ hałasu komunikacyjnego obejmuje coraz większą liczbę mieszkańców. Jest to zjawisko niepożądane, powoduje rozdrażnienie, uczucie znużenia i zmęczenia całego organizmu, a szczególnie narządu słuchu. Hałas ma negatywne działanie na zdrowie i kondycję człowieka. Jego wpływ na organizm można rozpatrywać na trzech poziomach:

- działanie bezpośrednie na ucho środkowe i wewnętrzne,
- działanie pośrednie na układ nerwowy,
- działanie na inne narządy.

Wskutek hałasu drogowego, człowiek nie ma możliwości odpoczynku od tego bodźca, a co za tym idzie brak możliwości zregenerowania organu słuchu. Prowadzi to do systematycznego osłabienia słuchu oraz przesunięcia progu słyszenia. Dane epidemiologiczne wskazują, że hałas jest czynnikiem rozwoju ryzyka chorób krążeniowo-naczyniowych. Wyniki badań pokazują symptomy rozdrażnienia, niepokoju z powodu niedokrwienia serca. Emisja hałasu zwiększa ryzyko występowania schorzeń układu oddechowego i krążenia. Najwięcej osób dorosłych chorowało na choroby układu krążenia, choroby obwodowego układu nerwowego. W zachorowalności dominują takie choroby jak: układu krążenia, układu mięśniowo-kostnego i tkanki łącznej.

Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji znacząco podniesie komfort życia mieszkańców. Przewagą tych pojazdów jest fakt, iż są całkowicie bezemisyjne, czyli ekologiczne. Są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu, ale także dla zewnętrznego otoczenia. Wskaźnik poziom hałasu w centrach miast przy autobusach elektrycznych spadłby diametralnie.

#### **4.2.4. Efektywność ekonomiczno-społeczna inwestycji**

Zmiany związane z wymianą taboru na elektryczny na ogół oznacza zmniejszenie kosztów eksploatacji tych pojazdów. Ma to związek ze zmniejszającymi się m.in.:

- Cenami paliwa
- Kosztami napraw pojazdów elektrycznych.

Ocena zmian kosztów eksploatacji pojazdów i ich utrzymania polega w głównej mierze na oznaczeniu, które elementy całkowitych kosztów systemu transportu publicznego ulegną zmianie w procesie realizacji dokumentu. Jednostkowe ekonomiczne koszty eksploatacji pojazdów dla poszczególnej kategorii pojazdów wylicza się w zależności od prędkości, stanu nawierzchni i stopnia nachylenia drogi. Według badań Standardised On-Road Test (SORT), pomiary zużycia paliwa pokazują: przejechanie trasy z wykorzystaniem 100 kW energii, czy to w postaci paliwa płynnego, czy energii elektrycznej, pozwala na dieslu przejechać ok. 22 km, a autobusem elektrycznym przy bardzo niekorzystnych warunkach przejedziemy ok. 40 km. W przypadku korzystnych warunków dystans ten wydłuża się nawet podwójnie.

### 4.3. Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji

Oszacowane efekty środowiskowe w jednostkach naturalnych wskazano w tabelach.

Tabela 18. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2021-2025

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Efekty środowiskowe</b>					
<b>Wariant 1</b>					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
Zużycie paliwa [l]	33 519,62	33 519,62	67 039,25	67 039,25	117 318,69
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	89 832,59	89 832,59	179 665,19	179 665,19	314 414,08
Emisja CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,22	0,22	0,44	0,44	0,77
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
<b>Wariant 2</b>					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03
Zużycie paliwa [l]	33 519,62	33 519,62	67 039,25	67 039,25	117 318,69
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	89 832,59	89 832,59	179 665,19	179 665,19	314 414,08
Emisja CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,00	0,22	0,44	0,44	0,77
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	100 058,58	100 058,58	200 117,16	200 117,16	350 205,03

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 19. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2026-2030

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Efekty środowiskowe</b>					
<b>Wariant 1</b>					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	314,41	314,41	449,16	449,16	449,16
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Zużycie paliwa [l]	117 318,69	117 318,69	167 598,12	167 598,12	167 598,12
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	314 414,08	314 414,08	449 162,97	449 162,97	449 162,97
Emisja CO2 [t]	314,41	314,41	449,16	449,16	449,16
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,77	0,77	1,10	1,10	1,10
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90

<b>Wariant 2</b>					
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]</b>	<b>314,41</b>	<b>314,41</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Zużycie paliwa [l]	117 318,69	117 318,69	167 598,12	167 598,12	167 598,12
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	314 414,08	314 414,08	449 162,97	449 162,97	449 162,97
Emisja CO2 [t]	314,41	314,41	449,16	449,16	449,16
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]</b>	<b>0,77</b>	<b>0,77</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	350 205,03	350 205,03	500 292,90	500 292,90	500 292,90

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 20. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2031-2035

<b>Wyszczególnienie</b>	<b>2031</b>	<b>2032</b>	<b>2033</b>	<b>2034</b>	<b>2035</b>
<b>Efekty środowiskowe</b>					
<b>Wariant 1</b>					
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Zużycie paliwa [l]	167 598,12	167 598,12	167 598,12	167 598,12	167 598,12
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	449 162,97	449 162,97	449 162,97	449 162,97	449 162,97
Emisja CO2 [t]	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
<b>Wariant 2</b>					
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>	<b>449,16</b>
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90
Zużycie paliwa [l]	167 598,12	167 598,12	167 598,12	167 598,12	167 598,12
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	449 162,97	449 162,97	449 162,97	449 162,97	449 162,97
Emisja CO2 [t]	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>	<b>1,10</b>
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90	500 292,90

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Efekty środowiskowe wyrażone w jednostce pieniężnej (PLN) wskazano w tabelach.



**Tabela 21. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2021-2025 [PLN]**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Monetyzacja efektów środowiskowych</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>32 586,73</b>	<b>33 034,92</b>	<b>67 985,16</b>	<b>69 908,42</b>	<b>125 718,20</b>
<b>Ograniczenie emisji CO2</b>	<b>16 127,13</b>	<b>16 575,11</b>	<b>34 046,17</b>	<b>34 942,12</b>	<b>62 716,63</b>
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy</b>	<b>16 459,60</b>	<b>16 459,82</b>	<b>33 938,98</b>	<b>34 966,29</b>	<b>63 001,57</b>
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 772,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,22	0,22	0,44	0,44	0,77
<b>Wariant 2</b>	<b>16 127,13</b>	<b>33 034,92</b>	<b>67 985,16</b>	<b>69 908,42</b>	<b>125 718,20</b>
<b>Ograniczenie emisji CO2</b>	<b>16 127,13</b>	<b>16 575,11</b>	<b>34 046,17</b>	<b>34 942,12</b>	<b>62 716,63</b>
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	89,83	89,83	179,67	179,67	314,41
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy</b>	<b>0,00</b>	<b>16 459,82</b>	<b>33 938,98</b>	<b>34 966,29</b>	<b>63 001,57</b>
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	74 773,54	74 773,54	77 088,90	79 422,32	81 772,32
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,00	0,22	0,44	0,44	0,77

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

**Tabela 22. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2026-2030 [PLN]**

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Monetyzacja efektów środowiskowych</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>128 956,59</b>	<b>132 196,74</b>	<b>193 557,08</b>	<b>198 262,30</b>	<b>202 965,02</b>
<b>Ograniczenie emisji CO2</b>	<b>64 284,55</b>	<b>65 852,46</b>	<b>96 314,82</b>	<b>98 554,70</b>	<b>100 794,58</b>
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	314,41	314,41	449,16	449,16	449,16
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy</b>	<b>64 672,05</b>	<b>66 344,28</b>	<b>97 242,25</b>	<b>99 707,60</b>	<b>102 170,43</b>
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,77	0,77	1,10	1,10	1,10
<b>Wariant 2</b>	<b>128 956,59</b>	<b>132 196,74</b>	<b>193 557,08</b>	<b>198 262,30</b>	<b>202 965,02</b>
<b>Ograniczenie emisji CO2</b>	<b>64 284,55</b>	<b>65 852,46</b>	<b>96 314,82</b>	<b>98 554,70</b>	<b>100 794,58</b>
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	314,41	314,41	449,16	449,16	449,16
<b>Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy</b>	<b>64 672,05</b>	<b>66 344,28</b>	<b>97 242,25</b>	<b>99 707,60</b>	<b>102 170,43</b>
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	83 940,50	86 110,95	88 350,29	90 590,20	92 827,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,77	0,77	1,10	1,10	1,10

*Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.*

**Tabela 23. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2031-2035 [PLN]**

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Monetyzacja efektów środowiskowych</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>207 743,80</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>
Ograniczenie emisji CO2	103 034,46	105 274,34	105 274,34	105 274,34	105 274,34
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	104 709,33	107 242,54	107 242,54	107 242,54	107 242,54
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10
<b>Wariant 2</b>	<b>207 743,80</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>	<b>212 516,89</b>
Ograniczenie emisji CO2	103 034,46	105 274,34	105 274,34	105 274,34	105 274,34
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	449,16	449,16	449,16	449,16	449,16
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	104 709,33	107 242,54	107 242,54	107 242,54	107 242,54
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	95 134,57	97 436,14	97 436,14	97 436,14	97 436,14
Ograniczenie emisji NOx [t]	1,10	1,10	1,10	1,10	1,10

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe - wskazano w tabelach.

**Tabela 24. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]**

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
<b>Przepływy pieniężne skumulowane</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>-2 404 278,06</b>	<b>96 170,13</b>	<b>-2 805 744,43</b>	<b>196 178,83</b>	<b>-2 853 308,57</b>
<b>Wariant 2</b>	<b>-6 360 760,51</b>	<b>56 147,29</b>	<b>-8 785 790,12</b>	<b>116 133,14</b>	<b>-9 393 388,53</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

**Tabela 25. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]**

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
<b>Przepływy pieniężne skumulowane</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>349 929,82</b>	<b>353 169,96</b>	<b>-2 590 766,89</b>	<b>-686 061,66</b>	<b>518 641,05</b>
<b>Wariant 2</b>	<b>209 849,85</b>	<b>213 090,00</b>	<b>-9 290 881,12</b>	<b>313 824,11</b>	<b>318 526,82</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

**Tabela 26. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]**

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
<b>Przepływy pieniężne skumulowane</b>					
<b>Wariant 1</b>	<b>-676 580,17</b>	<b>528 192,92</b>	<b>-1 271 807,08</b>	<b>528 192,92</b>	<b>528 192,92</b>
<b>Wariant 2</b>	<b>323 305,60</b>	<b>328 078,69</b>	<b>328 078,69</b>	<b>328 078,69</b>	<b>328 078,69</b>

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 27. Ocena efektywności inwestycji wariantu „1” i „2” [PLN]

Wyszczególnienie	
<b>NPV</b>	
Wariant 1	-7 997 000,56
Wariant 2	-24 535 743,09
<b>IRR</b>	
Wariant 1	Nieвозмоliwe do obliczenia
Wariant 2	Nieвозмоliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu „1” określono wartość NPV na poziomie -7 997 000,56 PLN. Dla wariantu „2” określono wartość NPV na poziomie -24 535 743,09 PLN. Oznacza to, że inwestycji nie należy realizować z uwagi na nieopłacalność.

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE (85% kosztów kwalifikowanych). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych - zawierających również wycenione efekty środowiskowe i dofinansowanie UE - wskazano w tabelach.

Tabela 28. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	-279 278,06	96 170,13	-255 744,43	196 178,83	-133 308,57
Wariant 2	-920 760,51	56 147,29	-1 220 790,12	116 133,14	-1 233 388,53

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 29. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	349 929,82	353 169,96	44 233,11	-686 061,66	518 641,05
Wariant 2	209 849,85	213 090,00	-1 130 881,12	313 824,11	318 526,82

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 30. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	-676 580,17	528 192,92	-1 271 807,08	528 192,92	528 192,92
Wariant 2	323 305,60	328 078,69	328 078,69	328 078,69	328 078,69

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabeli.

Tabela 31. Ocena efektywności inwestycji wariantu „1” i „2” z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV (wariant z dotacją)	
Wariant 1	-164 881,14
Wariant 2	-1 768 191,37
IRR (wariant z dotacją)	
Wariant 1	-6,27%
Wariant 2	-6,81%

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu „1” określono wartość NPV na poziomie -164 881,14 PLN i stopie zwrotu IRR równej -6,27%. Oznacza to, że inwestycji nie należy przyjmować do realizacji.

Dla wariantu „2” określono wartość NPV na poziomie -1 768 191,37 PLN i stopie zwrotu IRR równej -6,81%. Oznacza to, że inwestycję należy potraktować jako nieopłacalną.

## 5. ANALIZA RYZYKA

### 5.1. Czynniki ryzyka w projekcie

Tabela 32. Czynniki ryzyka w projekcie

Ryzyko		Skutek
1.	Opóźnienia w dostawie taboru	<ul style="list-style-type: none"><li>Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych,</li><li>możliwe zmniejszenie rentowności projektu,</li><li>brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi</li></ul>
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej	<ul style="list-style-type: none"><li>Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych,</li><li>możliwe zmniejszenie rentowności projektu,</li><li>brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi</li></ul>
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących	<ul style="list-style-type: none"><li>Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi</li></ul>
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej	<ul style="list-style-type: none"><li>Brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi</li></ul>
5.	Zmiany planów transportowych skutkujące zmianą tras przejazdu autobusów	<ul style="list-style-type: none"><li>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu,</li><li>konieczność częstszego ładowania pojazdów,</li><li>wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów</li></ul>
6.	Osiąganie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów	<ul style="list-style-type: none"><li>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu,</li><li>konieczność częstszego ładowania pojazdów,</li><li>wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów</li></ul>
7.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne	<ul style="list-style-type: none"><li>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu,</li><li>konieczność częstszego ładowania pojazdów,</li><li>wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów</li></ul>
8.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę	<ul style="list-style-type: none"><li>Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu,</li><li>konieczność częstszego ładowania pojazdów,</li><li>wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów</li></ul>
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne	<ul style="list-style-type: none"><li>Obniżenie rentowności inwestycji</li></ul>
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne	<ul style="list-style-type: none"><li>Obniżenie rentowności inwestycji</li></ul>
11.	Niższe realne efekty środowiskowe	<ul style="list-style-type: none"><li>Obniżenie rentowności projektu</li></ul>

*Źródło: Opracowanie własne.*

## 5.2. Matryca ryzyka

Tabela 33. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A		1,2			
B			5	3	4,6,7
C		8			9
D					10,11
E					

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 34. Matryca ryzyka - sposób działania

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A	1,2,8		3,4,5,6,7,9		
B					
C					
D			10,11		
E					

Źródło: Opracowanie własne.

## 6. WNIOSKI I REKOMENDACJE

Przeprowadzona Analiza kosztów i korzyści związana z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych wskazała na następujące wnioski i zalecenia:

1. Zgodnie z art. 37 ust. 5 ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317) niniejsza analiza wskazuje na przewyższenie kosztów nad korzyściami wynikającymi z zakupu taboru zeroemisyjnego,
2. Wynik analizy nie wskazuje na konieczność wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych,
3. Otrzymanie dofinansowania ze środków UE spowoduje obniżenie kosztów inwestycji MZK lecz nie przyczyni się do opłacalności inwestycji w tabor zeroemisyjny,
4. Wymiana pojazdów wykorzystywanych do świadczenia usług komunikacji miejskiej powinna spełniać najniższe normy emisji spalin, które przyczynią się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych,
5. Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom. Nowe pojazdy niskoemisyjne powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego na przewozy w komunikacji miejskiej.

## SPIS TABEL

Tabela 1. Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK .....	9
Tabela 2. Harmonogram planowanych inwestycji taborowych .....	16
Tabela 3. Łączne zaplanowane wzkm świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2018 roku.....	18
Tabela 4. Łączne zaplanowane wzkm na poszczególnych liniach w 2018 roku .....	19
Tabela 5. Szczegółowy wykaz linii obsługiwanych przez MZK.....	19
Tabela 6. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych.....	32
Tabela 7. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji .....	34
Tabela 8. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1”.....	37
Tabela 9. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych.....	40
Tabela 10. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2021-2025 [PLN] .....	43
Tabela 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2026-2030 [PLN] .....	44
Tabela 12. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2031-2035 [PLN] .....	45
Tabela 13. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN] .....	46
Tabela 14. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN] .....	46
Tabela 15. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN] .....	47
Tabela 16. Ocena efektywności inwestycji [PLN] .....	47
Tabela 17. Emisje CO2 pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009 .....	50
Tabela 18. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2021-2025 .....	54
Tabela 19. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2026-2030 .....	54
Tabela 20. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2031-2035 .....	55
Tabela 21. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2021-2025 [PLN] .....	56
Tabela 22. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2026-2030 [PLN] .....	56
Tabela 23. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych wariantu „1” i „2” w latach 2031-2035 [PLN] .....	57
Tabela 24. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	57
Tabela 25. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	57
Tabela 26. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	57
Tabela 27. Ocena efektywności inwestycji wariantu „1” i „2” [PLN].....	58
Tabela 28. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	58
Tabela 29. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	58
Tabela 30. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych wariantu „1” i „2” [PLN].....	59



Tabela 31. Ocena efektywności inwestycji wariantu „1” i „2” z wykorzystaniem dotacji UE [PLN].....	59
Tabela 32. Czynniki ryzyka w projekcie .....	60
Tabela 33. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka .....	61
Tabela 34. Matryca ryzyka - sposób działania .....	61

## SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Procentowy udział autobusów w zależności od pojemności eksploatowanych przez MZK .....	11
Wykres 2. Rok produkcji pojazdów MZK .....	12
Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MZK .....	13
Wykres 4. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MZK .....	14
Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę .....	15
Wykres 6. Rok produkcji pojazdów po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru MZK (rok 2021) .....	16
Wykres 7. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin po wprowadzeniu planowanej wymiany taboru MZK (rok 2021) .....	17
Wykres 8. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych po wprowadzeniu wymiany taboru MZK (rok 2021) .....	17
Wykres 9. Prędkość komunikacyjna na poszczególnych liniach .....	20
Wykres 10. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN] .....	42
Wykres 11. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 [PLN] .....	45

## SPIS SCHEMATÓW

Schemat 1. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV .....	24
Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka .....	29
Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania .....	29
Schemat 4. Procedura analizy kosztów i korzyści .....	30

## SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Planowana sieć komunikacyjna MZK .....	10
Rysunek 2. Przebieg linii komunikacyjnych D, F oraz G .....	33
Rysunek 3. Proponowana elektryfikacja linii autobusowych .....	38
Rysunek 4. Emisja dwutlenku węgla w 2014 r w Polsce .....	49