

Analiza kosztów i korzyści wykorzystania autobusów zeroemisyjnych



2019



Oświęcim

MZK

sp. z o.o.

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



www.refunda.pl

SPIS TREŚCI

SKRÓTY I AKRONIMY	5
SŁOWNIK.....	6
1. PODSTAWY PRZEPROWADZONEJ ANALIZY	7
1.1. Uwarunkowania prawne	7
1.2. Cel opracowania.....	8
1.3. Przedmiot opracowania.....	8
1.4. Podmiot opracowania	8
1.4.1. Wymogi wynikające z zawartych umów.....	9
1.4.2. Istniejąca sieć komunikacyjna	10
1.4.3. Charakterystyka floty operatora.....	12
1.4.4. Charakterystyka parametrów sieci linii komunikacji miejskiej	21
2. METODYKA ANALIZY	24
2.1. Dane	24
2.2. Zastosowane metody.....	25
2.2.1. Analiza finansowa.....	25
2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna	28
2.2.3. Analiza wrażliwości	30
2.2.4. Analiza ryzyka	31
2.3. Procedura analizy	33
3. ANALIZA OPCJI INWESTYCYJNYCH.....	34
3.1. Analiza opcji inwestycyjnych.....	44
3.1.1. Wariant „0”	44
3.1.2. Wariant „1”	45
3.1.3. Wariant „2”	50
3.2. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych.....	51
4. WYNIKI	54
4.1. Analiza finansowo-ekonomiczna	54
4.2. Analiza środowiskowa i ekonomiczno-społeczna.....	61
4.3. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi	67
4.3.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO ₂) i pyłów	67
4.3.2. Koszty zmiany klimatu	74
4.3.3. Koszty społeczne emisji hałasu	75
4.3.4. Efektywność społeczno-ekonomiczna inwestycji.....	76
5. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI	77
6. ANALIZA RYZYKA.....	79

6.1. Czynniki ryzyka w projekcie.....	79
6.2. Metryca ryzyka.....	80
7. Analiza porównawcza eksploatacji pojazdów z różnymi napędami.....	81
WNIOSKI I REKOMENDACJE.....	84
SPIS TABEL	84
SPIS WYKRESÓW	86
SPIS RYSUNKÓW	87

SKRÓTY I AKRONIMY

AKK	Analiza kosztów i korzyści
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych
MZK	Miejski Zakład Komunikacji Sp. z o.o. w Oświęcimiu
PTZ	Publiczny transport zbiorowy
MINI	Autobus jednoczłonowy o długości ok. 6 - 8 metrów
MIDI	Autobus jednoczłonowy o długości ok. 9 - 10 metrów
MAXI	Autobus jednoczłonowy o długości ok. 12 metrów
MEGA	Autobus przegubowy o długości ok. 15 - 18 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
MWh	Megawatogodzina
wzkm	Wozokilometr
kW	Kilowat

SŁOWNIK

Inwestycja	Zakup taboru zeroemisyjnego
Organizator publicznego transportu zbiorowego	Miasto Oświęcim
Operator publicznego transportu zbiorowego	Miejski Zakład Komunikacji Sp. z o.o. w Oświęcimiu
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, liniowych, 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 m.in:

- Obowiązujące przepisy prawa:
 - ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018r., poz. 317);
 - ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2017 r., poz. 2136 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. z 2001 r. Nr 142, poz. 1591 z późn. zm.);
 - rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/2017 z dnia 20 stycznia 2015 r. z postępów, formatu dokumentu służącego do przekazywania informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego plany 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.;
 - „Zasady opracowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych - wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych”, autor: M. Gromadzki, wydanie 1, Warszawa, czerwiec 2018, wydawca Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej.

1.2. Cel opracowania

Głównym celem opracowania jest ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej planowanej inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego.

Cel główny zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym:

- Wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji;
- Wskazanie oraz wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych z zastosowania taboru zeroemisyjnego.

1.3. Przedmiot opracowania

Niniejsza analiza została sporządzona na zlecenie Miasta Oświęcim będącego 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 świadczeniem usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych.

W niniejszym opracowaniu zostanie przeanalizowany obecny stan taboru autobusowego operatora, różne warianty wprowadzania taboru zeroemisyjnego wraz z infrastrukturą, zakres działalności przedsiębiorstwa oraz wpływ na środowisko w wariantach bezinwestycyjnych i inwestycyjnych.

1.4. Podmiot opracowania

Miasto Oświęcim wypełnia funkcje organizatorskie dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Miasta Oświęcim oraz sąsiednich gmin zapewniając komunikację na ich obszarze. Miasto, aby świadczyć usługi również w obrębie sąsiednich gmin podpisało porozumienia międzygminne na realizację zadań publicznych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego.

PTZ organizowany przez Miasto Oświęcim jest jednym z elementów systemu transportowego obszaru opracowania. Operatorem PTZ na sieci komunikacyjnej organizowanej przez Miasto Oświęcim jest MZK. Podstawową działalnością MZK jest

świadczenie usług przewozu osób na terenie Miasta Oświęcim, powiatu oświęcimskiego i okolicznych miejscowości.

MZK jest operatorem wewnętrznym autobusowej komunikacji miejskiej na terenie Gminy Miasto Oświęcim. Spółka należy w całości do Gminy Miasto Oświęcim.

Obecnie MZK posiada 45 pojazdów autobusowych i obsługuje 31 linii komunikacyjnych, zapewniając komunikację wewnątrz gminy oraz docierając do gmin ościennych: Gminy Oświęcim, Gminy Chelmek, Gminy Brzeszcze, Gminy Libiąż oraz Gminy Miedźna.

1.4.1. 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. Miasto Oświęcim jako organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Oświęcim oraz linie na obszarze gmin, z którymi zawarte zostały stosowne porozumienia międzygminne. Dokument z dnia 1 marca 2018r. (Porozumienie międzygminne nr OR-o.031.2.2018.VIII) razem z aneksem z dnia 3 września 2018r. reguluje zasady dotyczące świadczenia usług przez MZK na terenie zainteresowanych gmin.



Rysunek 1. Wykaz porozumień międzygminnych Miasta Oświęcim
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

1.4.2. 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 31 linii autobusowych świadcząc usługi na obszarze Miasta Oświęcim oraz terenie gmin sąsiednich, na mocy porozumienia międzygminnego. Na tej podstawie gminy, z którymi zostały podpisane porozumienia powierzają Miastu Oświęcim prowadzenie zadania publicznego, polegającego na świadczeniu usług lokalnego transportu zbiorowego na ich terenie, a także zobowiązują się do częściowego ponoszenia kosztów realizacji powierzonego miastu zadania. Poniżej w tabeli zaprezentowano przebieg wszystkich linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK. Linie te tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną przez transport autobusowy.

Tabela 1. Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK spółka z o.o. w Oświęcimiu

Linia	Trasa przebiegu
1	Leszczyńskiej Pętla - Dąbrowskiego - Osiedle OCK - Dwory Pętla
2	Dworzec PKP - Muzeum - Oświęcim Lodowisko - Dwory Pętla
3	Dworzec PKP - Dąbrowskiego - SKR - Dwory Drugie Pętla
4	Stare Stawy Pętla - Muzeum - Dworzec PKP - Szpital I - Dworzec Fabryczna
5	Ośrodek Zdrowia Zasole - Muzeum I - Dworzec PKP - Ośrodek Zdrowia Zasole
6	Stare Stawy Pętla - Muzeum I - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Stare Stawy Pętla
7	Dworzec PKP - Niwa - Dąbrowskiego - Św. Barbary - Stare Stawy Pętla
8	Stare Stawy Pętla - Obozowa - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Szpital I - Os. Chemików
9	Stare Stawy Pętla - Muzeum - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Cichy Kącik - Dwory Pętla
10	Ośrodek Zdrowia Zasole - Muzeum - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Stare Stawy Pętla
16	Oświęcim - Stawy Grojeckie - Grojec - Łazy - Poręba Wielka
17	Oświęcim - Brzezinka - Pławy - Harmęż - Wola
18	Oświęcim - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Oświęcim Lodowisko - Poręba Wielka
19	Jawiszowice - Brzeszcze - Jawiszowice - Przecieszyn - Skidziń - Wilczkowice - Rajsko
19P	Zasole - Jawiszowice - Brzeszcze - Jawiszowice - Przeczna
20	Oświęcim - Dąbrowskiego Miasto - Oświęcim Lodowisko - Zaborze
22	Oświęcim - Broszkowice - Bobrek - Gromiec
23	Oświęcim - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Osiedle OCK - Wysypisko - Dwory Drugie
24	Oświęcim - Rajsko - Wilczkowice - Skidziń - Zasole
25	Oświęcim - Rajsko - Brzeszcze - Przecieszyn - Skidziń - Wilczkowice - Zasole
26	Oświęcim - Rajsko - Brzeszcze - Jawiszowice - Kaniówek
27	Oświęcim - Rajsko - Brzeszcze - Jawiszowice - Kaniówek
28	Oświęcim - Rajsko - Brzeszcze - Jawiszowice - Zasole
29	Oświęcim - Rajsko - Brzeszcze - Jawiszowice - Kaniówek
32	Oświęcim - Babice - Broszkowice - Bobrek - Gorzów - Chetmek
42	Oświęcim - Dworzec Fabryczny - Stawy Monowskie
43	Oświęcim - Dworzec PKP - Dąbrowskiego - Dworzec Fabryczny - Stawy Monowskie
46	Oświęcim - Babice - Bieruń Zabrzeg
S1	Błonie - Dąbrowskiego - Królowej Jadwigi - Szkoła Nr 5
S2	Stare Stawy - Spółdzielnia - Św. Barbary - Szkoła Nr 1
C	Stare Stawy Pętla - Dąbrowskiego - Zwycięstwa

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK

W ramach wszystkich linii komunikacyjnych, w dzień roboczy, w czasie trwania nauki szkolnej, wykonywana jest trasa o łącznej długości blisko 8 tys. wzkm. W soboty, niedziele i święta łączna długość trasy wynosi ok. 8,5 tys. wzkm.

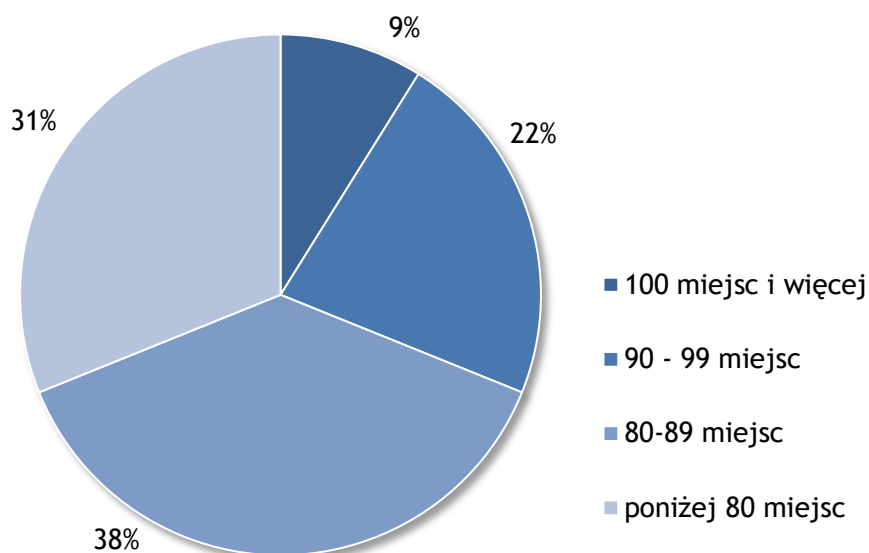
1.4.3. Charakterystyka floty operatora

Według stanu z początku 2019 roku, MZK dysponuje 45 pojazdami - autobusami dedykowanymi przewozom typowo miejskim oraz podmiejskim. Tabor jest bardzo zróżnicowany, dlatego konieczna jest analiza jego specyfikacji.

Podział taboru ze względu na pojemność

Tabor eksploatowany przez MZK na sieci komunikacyjnej Miasta Oświęcim cechuje się zróżnicowaną wielkością, a co za tym idzie również 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

Znaczna część (38%) taboru eksploatowanego przez MZK jest w stanie pomieścić od 80 do 89 pasażerów. Prawie 1/3 pojazdów może przewieźć poniżej 80 osób na raz. Nieco ponad 20% autobusów charakteryzuje się pojemnością na poziomie od 90 do 99 miejsc. Najmniejszą część taboru stanowią pojazdy, które pomieszczą 100 pasażerów i więcej.

Podział taboru ze względu na wiek

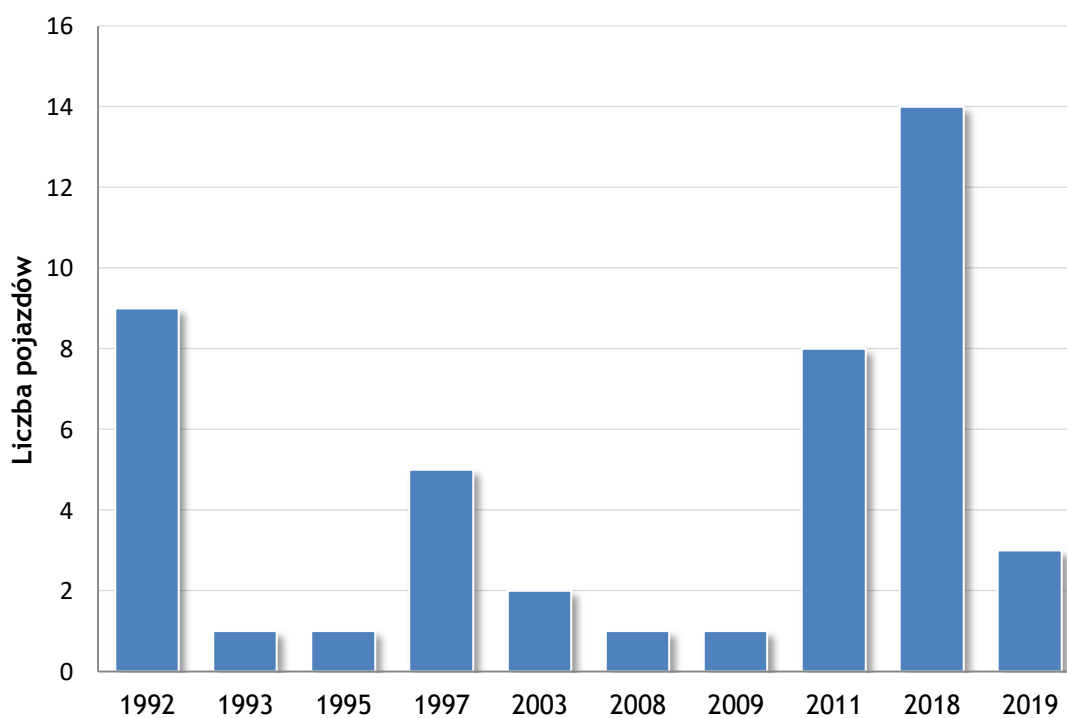
Wiek taboru w sposób istotny wpływa na komfort jazdy pasażerów, koszty związane z eksploatacją pojazdów i niezawodność. W poniżej tabeli przedstawiono wiek pojazdów wykorzystywanych przez MZK do świadczenia usług w publicznym transporcie zbiorowym:

Tabela 2 Wiek taboru MZK

Rok produkcji	Liczba pojazdów
1992	9
1993	1
1995	1
1997	5
2003	2
2008	1
2009	1
2011	8
2018	14
2019	3

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

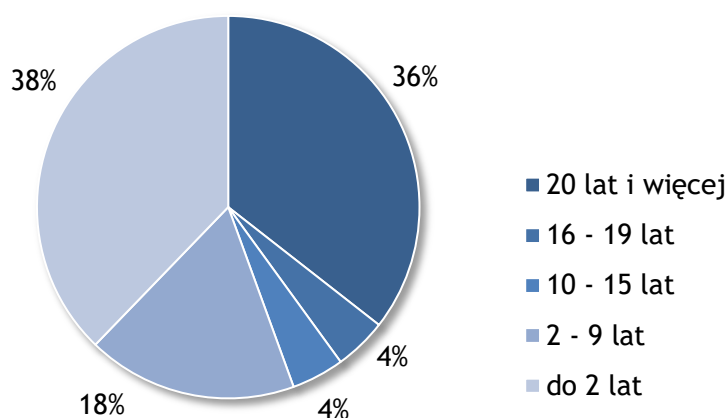
Wykres 2. Rok produkcji pojazdów MZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

W 2018 roku dokonano inwestycji, która obejmowała 14 nowych pojazdów, dzięki czemu największą część taboru stanowią pojazdy wyprodukowane właśnie w tym roku. Średni wiek taboru to prawie 13 lat, a tak wysoki wskaźnik generowany jest przede wszystkim przez 9 pojazdów produkcji z 1992 roku. Dotychczasowe inwestycje w tabor przebiegały w sposób nieregularny, bowiem jak można zauważyć są lata, w których zakupiono kilka/kilkanaście pojazdów oraz takie, kiedy nie dokonano żadnego zakupu. Przedziałowa uszeregowana struktura wiekowa taboru przedstawiona jest w formie graficznej na poniższym wykresie.

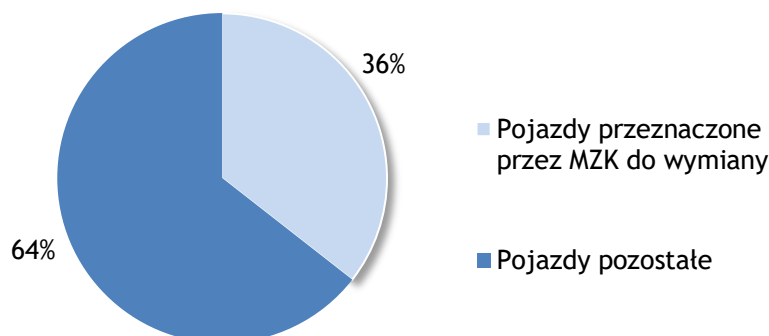
Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Planowana jest sukcesywna wymiana taboru na nowszy, którego standard będzie uwzględniać potrzeby osób niepełnosprawnych, osób o ograniczonej zdolności ruchowej oraz aspekty związane z ochroną środowiska naturalnego. Priorytetem dla MZK jest wymiana najstarszych pojazdów, które najsilniej ingerują w środowisko i przyczyniają się do obniżenia jakości powietrza oraz komfortu jazdy pasażerów.

Wykres 4. Procentowy udział pojazdów, w całości taboru eksploatowanego przez MZK, przeznaczonych do wymiany.

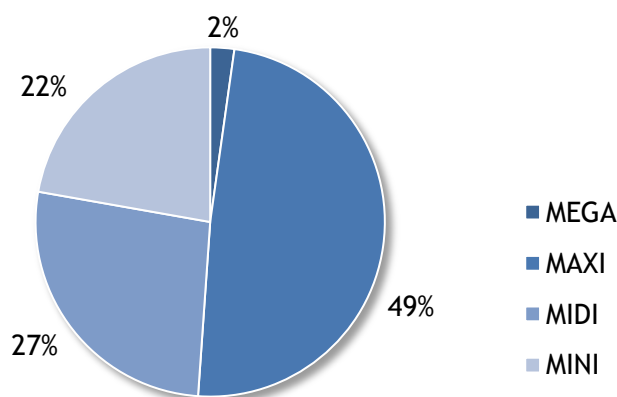


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Podział taboru ze względu na klasę pojazdów

Tabor eksploatowany przez MZK jest zróżnicowany pod względem klasy. Najwięcej pojazdów wykorzystywanych przez MZK to autobusy klasy MAXI - 49% mierzące 12 metrów długości. Kolejnymi pojazdami eksploatowanymi w Mieście Oświęcim są pojazdy klasy MIDI (9 - 11m) oraz MINI (6 - 9m) stanowiąc łącznie 49% całego taboru. MZK posiada również jeden autobus klasy MEGA (18 m), który stanowi zaledwie 2% taboru.

Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę



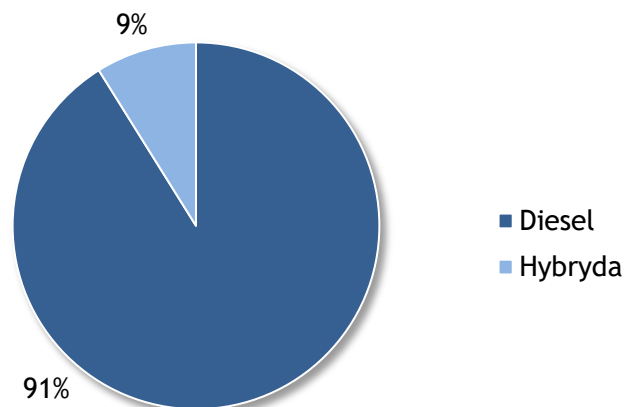
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Podział taboru ze względu na rodzaj napędu

Na strukturę taboru wykorzystywanego przez MZK składają się autobusy o napędzie konwencjonalnym, które są najczęściej wykorzystywanym typem napędu w pojazdach przeznaczonych do przewozu osób w transporcie zbiorowym (91%) oraz 4 autobusy hybrydowe, stanowiące 9% całego taboru. Pojazdy o napędzie konwencjonalnym mają

największy wpływ na środowisko oraz jakość powietrza w najbardziej zurbanizowanej części miasta.

Wykres 6. Podział taboru ze względu na rodzaj napędu

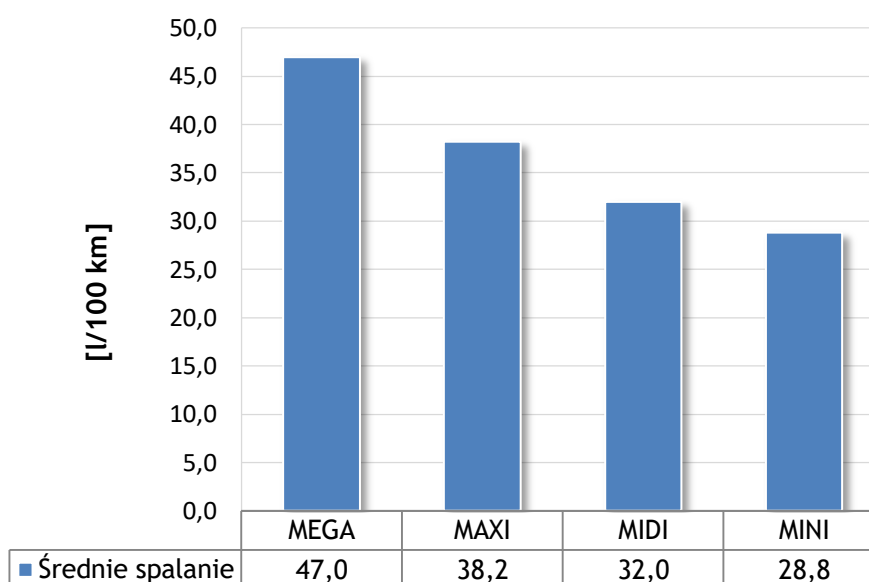


Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Obecna struktura rodzajów napędu jest niekorzystna, szczególnie w centrum miasta, z punktu widzenia jakości powietrza i komfortu życia mieszkańców.

Średnie spalanie pojazdów o różnych klasach

Tabela 3. Średnie spalanie pojazdów w rozróżnieniu na klasę pojazdów



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

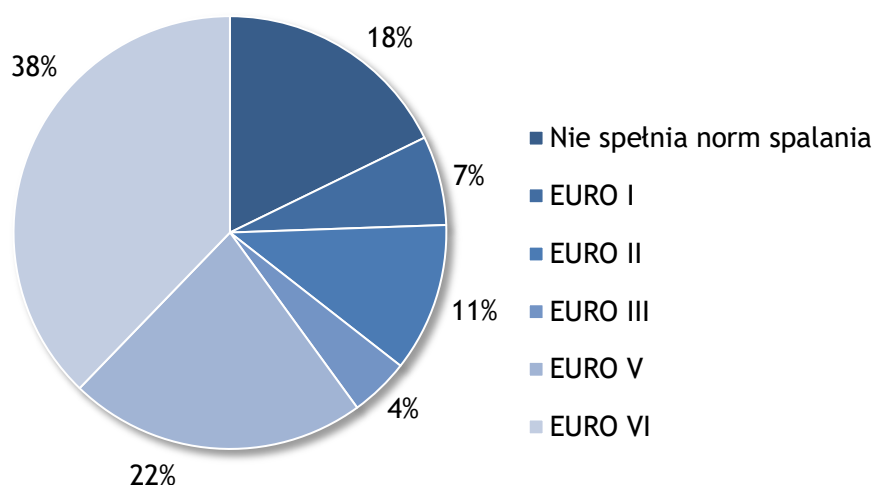
1.4.3.1. Normy emisji spalin poszczególnych pojazdów

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 Mieście Oświęcim. Poprawę w tych obszarach Miasto stara się osiągnąć poprzez systematyczną realizację planu modernizacji taboru autobusowego, w tym zakupy najnowszych, ekologicznych pojazdów spełniających wymagania normy emisji spalin EURO VI obowiązującej od początku 2014 r. Dodatkowo, równie istotne jest wycofywanie z eksploatacji pojazdów, które nie spełniają ww. norm oraz tych, które spełniają najmniej restrykcyjne normy EURO I oraz EURO II.

Poniższy diagram przedstawia podział taboru eksploatowanego przez MZK ze względu na spełnioną normę emisji spalin.

Wykres 7. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Znaczna część taboru (38%) spełnia normę emisji spalin EURO VI, kolejną najbardziej liczną grupą (22%) są pojazdy spełniające normę EURO V. Jednak aż 40% całego taboru charakteryzuje się normą EURO III i niższą, z czego 18% pojazdów nie spełnia norm emisji spalin.

1.4.3.2. Szacunkowa emisja gazów cieplarnianych w skali roku

Na rok 2019 MZK Sp. z o.o. zaplanowała wykonanie 2 386 785,4 wzkm. Poniższa tabela przedstawia emisję spalin przez poszczególne typy pojazdów, w zależności od jego normy emisji spalin.

Tabela 4. Emisja spalin pojazdów o zróżnicowanym spełnianiu normy emisji spalin

Marka pojazdu	Model pojazdu	Rok produkcji	Norma Emisji spalin	Średnie spalanie	NMHC i NMVOC	Nox	PM 2.5	CO2
SOLARIS	Urbino 10.5	2019	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 12 Hybrid	2019	Euro VI	28	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 12 Hybrid	2019	Euro VI	28	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 8.9	2018	Euro VI	30	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 8.9	2018	Euro VI	30	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 8.9	2018	Euro VI	30	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 8.9	2018	Euro VI	30	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10.5	2018	Euro VI	32	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 12 Hybrid	2018	Euro VI	28	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 12 Hybrid	2018	Euro VI	28	0,468	1,440	0,036	0,965
Mercedes	Auto met	2018	Euro VI	18	0,468	1,440	0,036	0,965
SOLARIS	Urbino 10	2011	Euro V	32	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 10	2011	Euro V	32	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 10	2011	Euro V	32	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 10	2011	Euro V	32	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 8,9	2011	Euro V	30	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 8,9	2011	Euro V	30	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 8,9	2011	Euro V	30	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 8,9	2011	Euro V	30	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 12	2009	Euro V	38	1,656	7,200	0,072	0,965

SOLARIS	Urbino 8,9	2008	Euro V	30	1,656	7,200	0,072	0,965
SOLARIS	Urbino 12	2003	Euro III	41	2,376	18,000	0,360	0,965
SOLARIS	Urbino 12	2003	Euro III	41	2,376	18,000	0,360	0,965
DAB	12 1200B	1997	Euro II	41	3,960	25,200	0,540	0,965
DAB	12 1200B	1997	Euro II	41	3,960	25,200	0,540	0,965
DAB	12 1200B	1997	Euro II	41	3,960	25,200	0,540	0,965
DAB	12 1200B	1997	Euro II	41	3,960	25,200	0,540	0,965
DAB	12 1200B	1997	Euro II	41	3,960	25,200	0,540	0,965
DAB	12 1200B	1995	Euro I	41	3,960	28,800	1,296	0,965
DAB	12 1200B	1993	Euro I	47	3,960	28,800	1,296	0,965
DAB	12 1200B	1992	Euro I	41	3,960	28,800	1,296	0,965
DAB	12-1200B-222P	1992	B/N	41	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	41	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	39	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	39	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	39	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	41	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	41	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965
DAB	12 1200B	1992	B/N	41	> 3,960	> 28,800	> 1,296	> 0,965

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Na potrzeby niniejszej analizy przyjęto, że każdy pojazd MZK średniorocznie wykonuje 53 039,7 wzm.

Poniższa tabela przedstawia roczne wartości emisji spalin pojazdów z podziałem na ich kategorie.

Tabela 5. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru MZK

Marka	Model	Ilość	Norma emisji	NMHC i NMVOC [g/km]	Nox [g/km]	PM 2.5 [g/km]	CO2 [kg/km]
Solaris	Urbino 12 Hybrid	4	VI	99 290	305 509	7 638	204 691
Solaris	Urbino 10.5	8	VI	198 581	611 017	15 275	409 381
Solaris	Urbino 8.9	4	VI	99 290	305 509	7 638	204 691
Mercedes	Automet	1	VI	24 823	76 377	1 909	51 173
Solaris	Urbino 10	4	V	351 335	1 527 543	15 275	204 691
Solaris	Urbino 12	1	V	87 834	381 886	3 819	51 173
Solaris	Urbino 8.9	5	V	439 169	1 909 428	19 094	255 863
Solaris	Urbino 12	2	III	252 045	1 909 428	38 189	102 345
DAB	12 1200B	5	II	1 050 186	6 682 999	143 207	255 863
DAB	12 1200B	3	I	630 111	4 582 628	206 218	153 518
DAB	12-1200B-222P	1	B/N	> 210 037	> 1 527 543	> 68 739	> 51 173
DAB	12 1200B	7	B/N	> 1 470 260	> 10 692 799	> 481176	> 358 209
Razem		45					

Źródło: Opracowanie własne.

Podsumowanie

Analiza stanu taboru ukazuje, że MZK eksploatuje 60% pojazdów spełniających normy spalania EURO V oraz EURO VI (normę EURO VI spełnia 38% eksploatowanego taboru). Ponad 50% pojazdów ma mniej niż 10 lat, który to wiek jest uznawany za graniczny w okresie eksploatacji. Najmłodszymi pojazdami natomiast są te, zakupione w 2019 roku. Ze względu na zużycie techniczne do wycofania z eksploatacji kwalifikują się pojazdy posiadające powyżej 15lat, jest to 18 pojazdów stanowiących 40% taboru autobusowego. **Tabor w Mieście Oświęcim wymaga wymiany nie tylko przestarzałych pojazdów, ale także tych, które nie spełniają normy emisji spalin, co najczęściej jest ze sobą tożsame.** Zakup pojazdów niskoemisyjnych lub zeroemisyjnych przyczyni się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych. Nowe pojazdy wpłyną również na komfort i bezpieczeństwo jazdy pasażerów. Wymiana taboru zmieni postrzeganie spółki przez użytkowników i zachęci mieszkańców do korzystania z usług MZK. Sukcesywne ograniczanie transportu indywidualnego w mieście, a szczególnie w jego centrum niewątpliwie poprawi jakość powietrza, ograniczy hałas i uciążliwość transportu.

1.4.4. Charakterystyka parametrów sieci linii komunikacji miejskiej

Głównym przedmiotem działalności MZK jest świadczenie usług publicznego transportu zbiorowego. Na 2019 r. Spółka zaplanowała wykonanie pracy przewozowej w ilości 2 386 785,4 wzkm. Dokładną pracę przewozową z podziałem na poszczególne jednostki administracyjne wskazano w tabeli poniżej.

Tabela 6. Planowane łączne wzkm ze świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2019 roku

Lp.	Okres eksploatacji	Kilometry w Mieście Oświęcim	Kilometry poza miastem	Kilometry ogółem
1.	Dni robocze (szkolne)	802 972,0	762 330,9	1 565 302,9
2.	Dni robocze (ferie zimowe)	39 550,0	36 540,0	76 090,0
3.	Dni robocze 01.07 - 31.08	142 392,8	117 757,2	260 150,0
4.	Soboty	110 097,2	78 487,9	188 585,1
5.	Niedziele i święta	122 525,4	96 046,6	218 572,0
6.	Soboty, niedziele i święta 01.07-31.08	44 099,1	32 981,4	77 080,5
Razem		1 263 422,7	1 123 362,7	2 386 785,4

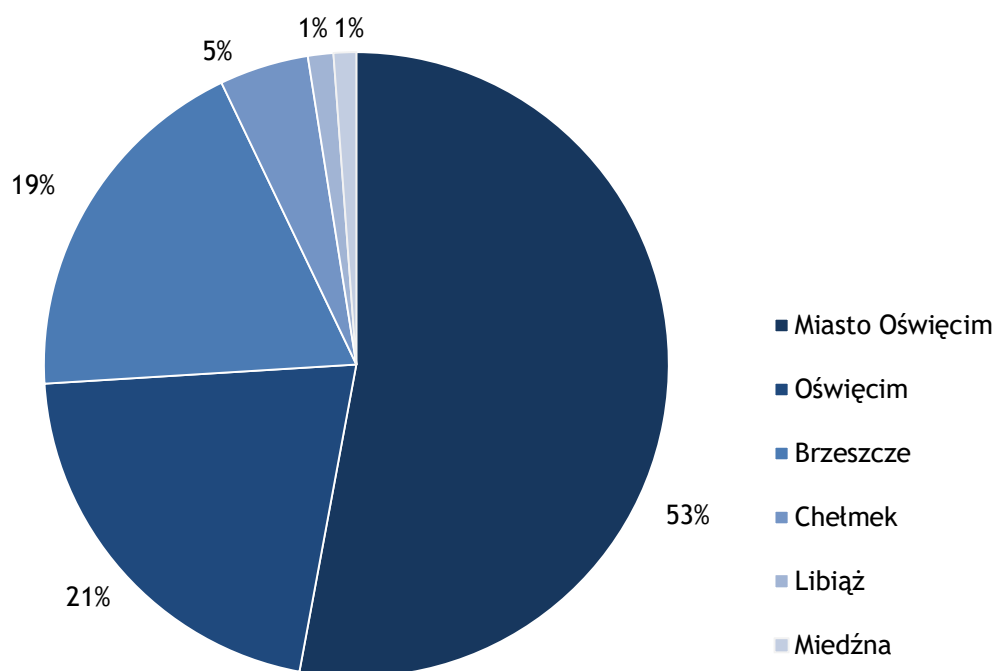
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Tabela 7. Planowane wzkm na obszarze pozamiejskim ze świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2019 roku

Gmina	Dni robocze - okres szkolny		Dni robocze - okres ferii zimowych		Dni robocze - okres wakacyjny		Soboty		Niedziele i święta		Soboty, niedziele i święta - okres wakacyjny		Razem w gminach
	Dziennie (km)	Rocznie (km)	Dziennie (km)	Rocznie (km)	Dziennie (km)	Rocznie (km)	Dziennie (km)	Rocznie (km)	Dziennie (km)	Rocznie (km)	Dziennie (km)	Rocznie (km)	
Oświęcim	1 616,1	318 371,7	1 584,8	15 848,0	1 301,2	57 252,8	988,9	42 522,7	980,0	51 940,0	1 998,7	17 988,3	503 770,1
Brzeszcze	1 651,9	325 424,3	1 492,7	14 927,0	978,8	43 067,2	587,4	25 258,2	589,8	31 259,4	1 181,0	10 629,0	449 937,2
Chelmek	419,9	82 720,3	410,6	4 106,0	232,3	10 221,2	115,0	4 945,0	117,2	6 211,6	228,8	2 059,2	110 263,3
Libiąż	105,8	20 842,6	89,9	899,0	88,0	3 872,0	57,1	2 455,3	46,7	2 475,1	100,7	906,3	31 450,3
Miedźna	76,0	14 972,0	76,0	760,0	76,0	3 344,0	76,9	3 344,0	78,5	4 160,5	155,4	1 398,6	27 941,8
Razem	3 869,7	762 330,9	3 654,0	36 540,0	2 676,3	117 757,2	1 825,3	78 487,9	1 812,2	96 046,6	3 664,6	32 981,4	1 123 362,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

Wykres 8. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez MZK



Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

MZK świadczy usługi na terenie Miasta Oświęcim, gdzie wykonuje najwięcej wozokilometrów (ponad 50% całej wykonanej pracy przewozowej), oraz pięciu gmin ościennych: Oświęcim, Brzeszcze, Chelmek, Libiąż, Miedźna. Udział wozokilometrów w Gminie Oświęcim to ponad 21%. Kolejną jednostką, gdzie wykonywanych jest najwięcej wozokilometrów jest gmina Brzeszcze, udział wynosi aż 19%. Udział pozostałych gmin (Chelmek, Libiąż, Miedźna) w całości wykonywanych wozokilometrów jest niewielki i wynosi w sumie 7%.

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.¹

2.1. Dane

Dane do analizy pozyskano od MZK oraz innych podmiotów - producentów taboru zeroemisyjnego - w zakresie:

- szczegółowego wykazu taboru: rok produkcji, rodzaj napędu, norma emisji spalin, liczba miejsc, długość autobusu, dodatkowe wyposażenie, zużycie paliwa [l/100km],
- bieżących kosztów funkcjonowania transportu publicznego opartego na konwencjonalnych paliwach,
- potencjalnych - przewidywanych kosztów funkcjonowania transportu zeroemisyjnego, w tym bieżącego serwisu i utrzymania autobusów o napędzie zeroemisyjnym,
- informacji producentów dot. odtworzenia, np. baterii (np. pojemność, cena jednostkowa, czas życia; pozostałe odtworzenie),
- 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 od przystanków na trasie, liczba zatrzymań na trasie),
- 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,

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

- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów).

2.2 Zastosowane metody

W ramach analizy kosztów i korzyści projekt inwestycji w tabor zeroemisyjny zostanie zweryfikowany pod względem finansowych (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 osiąganych dzięki inwestycji i wydatków 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. Strumień pieniężny 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,

ΔNWC - 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

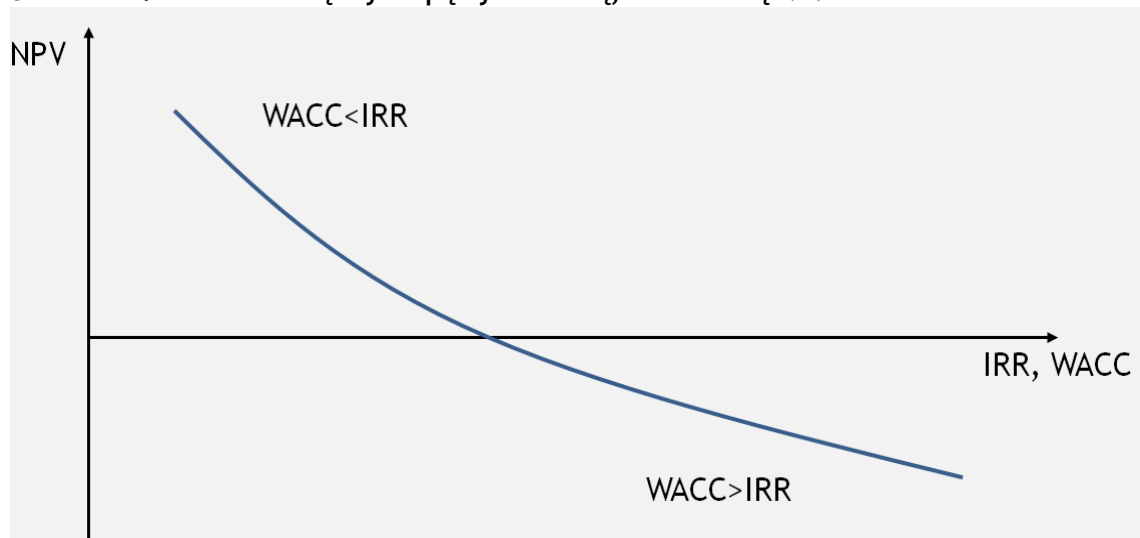
NPV jako kryterium opłacalności inwestycji może przybierać wartości:

- $NPV < 0$ - 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 obejmuje 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 koszty zewnętrzne stanowią:

- koszty wypadków - niższe koszty wypadków na drogach dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego,
- koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂) - różnicowe koszty zmian klimatycznych (emisja CO₂),
- 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 (zmienne 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 na potrzeby niniejszego opracowania uważa się tę zmienną kluczową, której zmiana o $\pm 1pp$. wywołuje zmianę NPV o co najmniej 10pp.
- 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 opisanu 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.

Schemat 2. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

		Stopień zagrożenia				
		1	2	3	4	5
Prawdopodobieństwo	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

Źródło: Opracowane własne.

Schemat 3. Matryca ryzyka - sposób działania

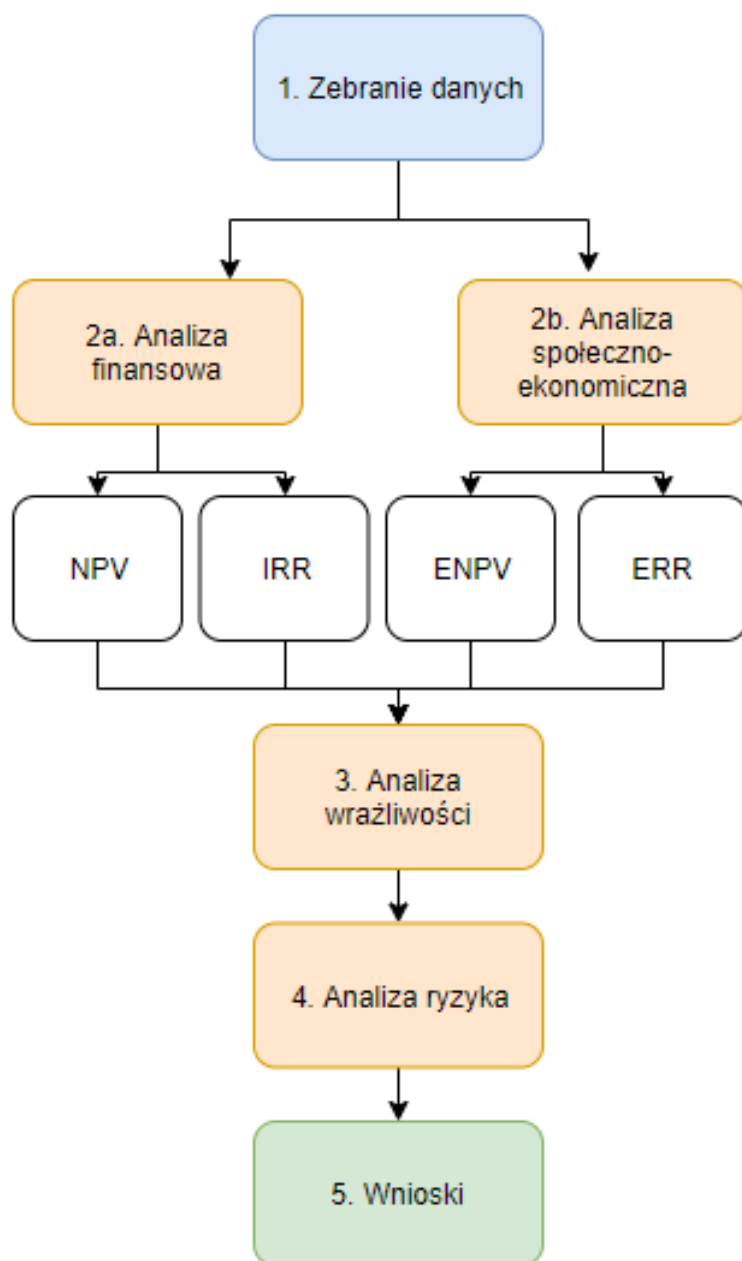
		Stopień zagrożenia				
		1	2	3	4	5
Prawdopodobieństwo	A	Zapobieganie lub łagodzenie		Łagodzenie		
	B					
	C					
	D	Zapobieganie		Zapobieganie i łagodzenie		
	E					

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.

Biorąc pod uwagę ekologiczny aspekt, wprowadzenie nowego taboru do centrum miasta, wpłynie pozytywnie na zniwelowanie problemu z wydzielaniem niebezpiecznych substancji do środowiska naturalnego. Wpłynie to korzystnie na jakość życia mieszkańców Miasta Oświęcim. Analiza potrzeby wprowadzenia takiego rozwiązania powinna dotyczyć przede wszystkim linii, których trasa przebiega przez tereny miejskie o najwyższym 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 do ustawy w Mieście Oświęcim przy obecnym stanie taboru wynoszącym 45 pojazdów, do 2028 roku wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 14. MZK nie posiada jeszcze w swoim taborze pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.

Tabela 8. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych

Założenia inwestycyjne zgodnie z ustawą	
Rok inwestycji	Ilość wymaganych pojazdów
2021	3
2023	5
2025	9
2028	14

Źródło: Opracowanie własne.

Alternatywna trasa autobusów zeroemisyjnych

Do poprawnego wykonania analizy rozwiązań alternatywnych należy wskazać układ sieci komunikacyjnej, na którym 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 mieście. Na tej podstawie można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie operatora.

Pojazdy o napędzie zeroemisyjnym powinny być przeznaczone do obsługi danej linii wyłącznie w sytuacji gdy:

- obsługuje ona obszary miejskie o intensywnej zabudowie wielorodzinnej - ze względu na brak emisji hałasu, szczególnie dotkliwego wśród wysokich i gęsto rozlokowanych budynków,
- występuje duża intensywność dobowego i rocznego wykorzystania taboru - środki transportu o wysokich kosztach stałych powinny być eksploatowane w sposób maksymalnie intensywny,
- ma miejsce wysoka dostępność przestrzenna przystanków - cechy techniczno-eksploatacyjne elektrobusów predestynują je do obsługi linii o dużej gęstości przystanków,

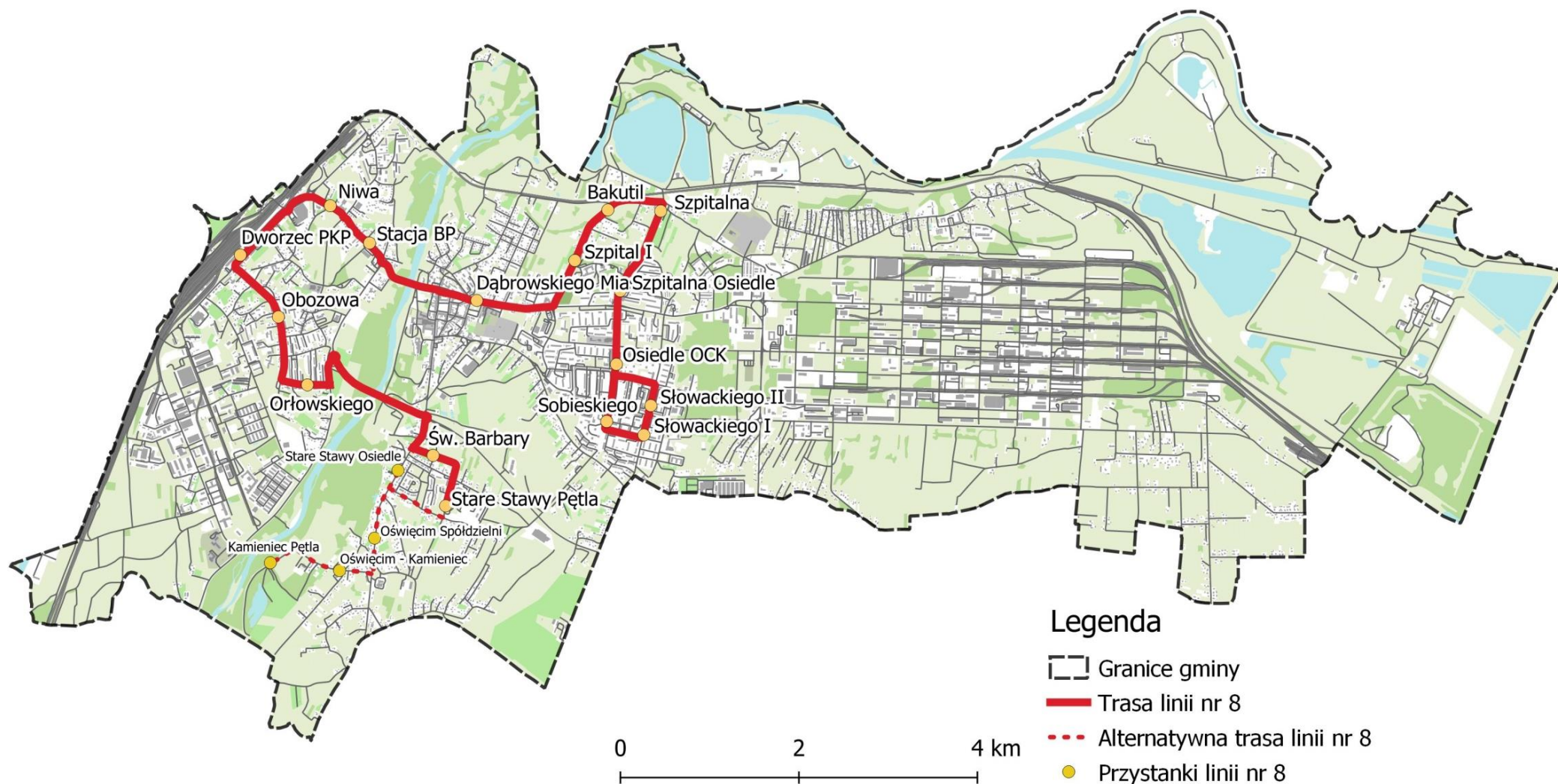
- linia stanowi element systemu skoordynowanej obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami - wymagane synchronizacją rozkładów jazdy dłuższe postoje wyrównawcze na pętlach mogą być dzięki temu efektywnie wykorzystane na doładowanie zasobników energii,
- jest ona podatna na kongestię drogową - jej trasa charakteryzuje się dużą liczbą zatrzymań autobusów pomiędzy przystankami i niewielką prędkością jazdy pomiędzy tymi zatrzymaniami,
- niska prędkość eksploatacyjna zdeterminowana jest także przyczynami innymi niż kongestia,
- przebieg trasy obejmuje planowane przyszłe strefy ekologiczne dla pojazdów mechanicznych (w szczególności okolice obiektów zabytkowych).

Aby linia autobusowa spełniała powyższe przesłanki należy przyjąć, że:

- linia powinna obsługiwać najbardziej zaludniony obszar miasta, aby obsłużono maksymalnie duże potoki pasażerskie,
- linia powinna łączyć centrum miasta z dużymi osiedlami mieszkalnymi, aby zapewniać ofertę przewozową na najbardziej obleganych liniach,
- linia powinna przebiegać wyłącznie przez tereny gęstej zabudowy mieszkaniowej - aby zapewnić dostęp do maksymalnie dużej liczby potencjalnych klientów,
- linia powinna charakteryzować się stosunkowo dużą częstotliwością kursowania - aby skierować do potencjalnego użytkownika, możliwie korzystną ofertę komunikacyjną,
- linia powinna przebiegać wzdłuż najbardziej zatłoczonych tras - aby maksymalnie pozytywnie wpływać na zjawisko kongestii w ruchu drogowym.

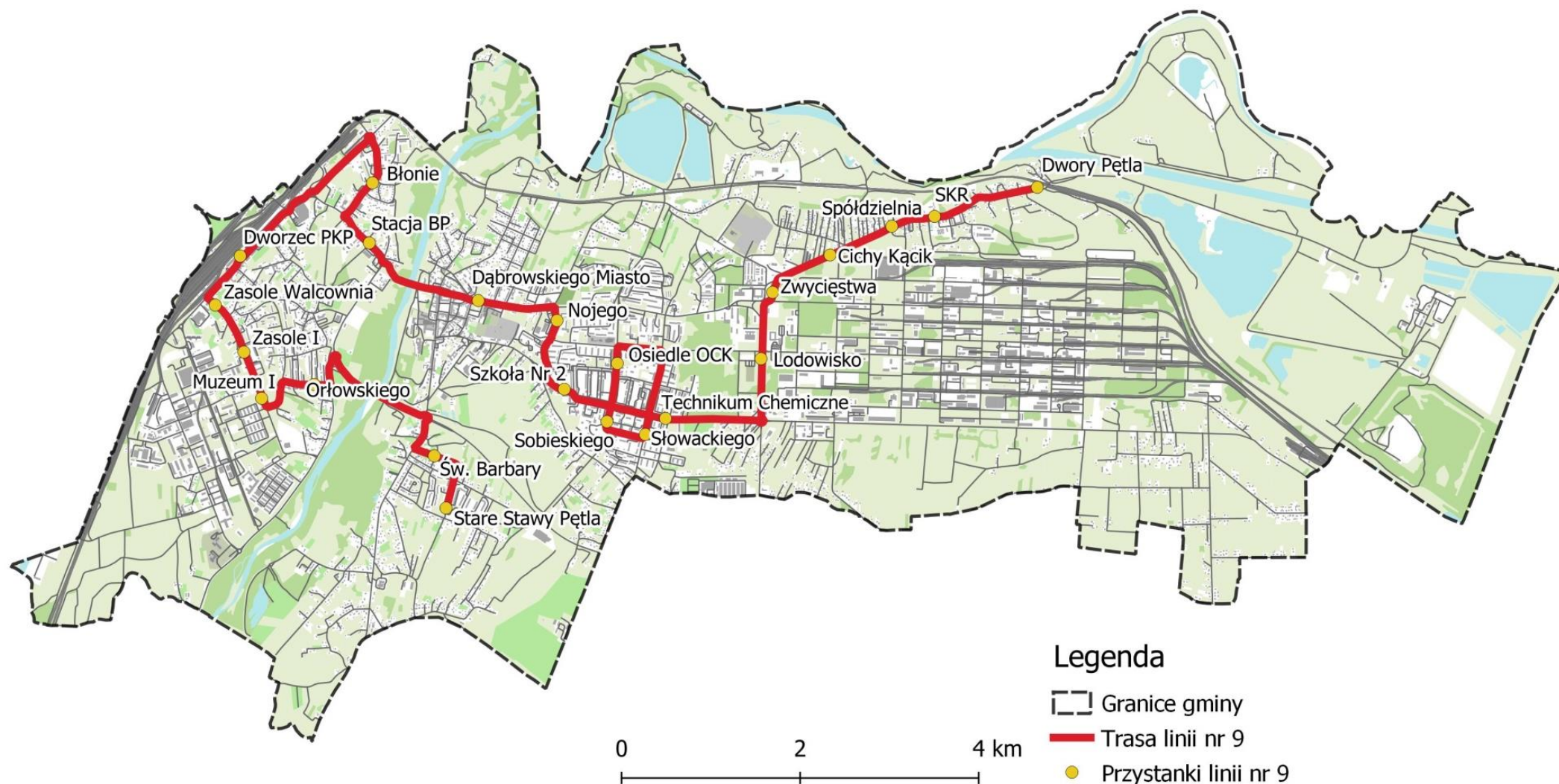
Wstępną koncepcję przedstawiono na przykładzie linii autobusowych nr 8, 9 i 10.

Uzupełniając autobusy elektryczne akumulatorowe mogą obsługiwać pozostałe linie komunikacyjne w porach o zmniejszonym zapotrzebowaniu na autobusy na liniach całkowicie zelektryfikowanych.



Rysunek 2. Przebieg linii komunikacyjnej nr 8
 Źródło: Opracowanie własne

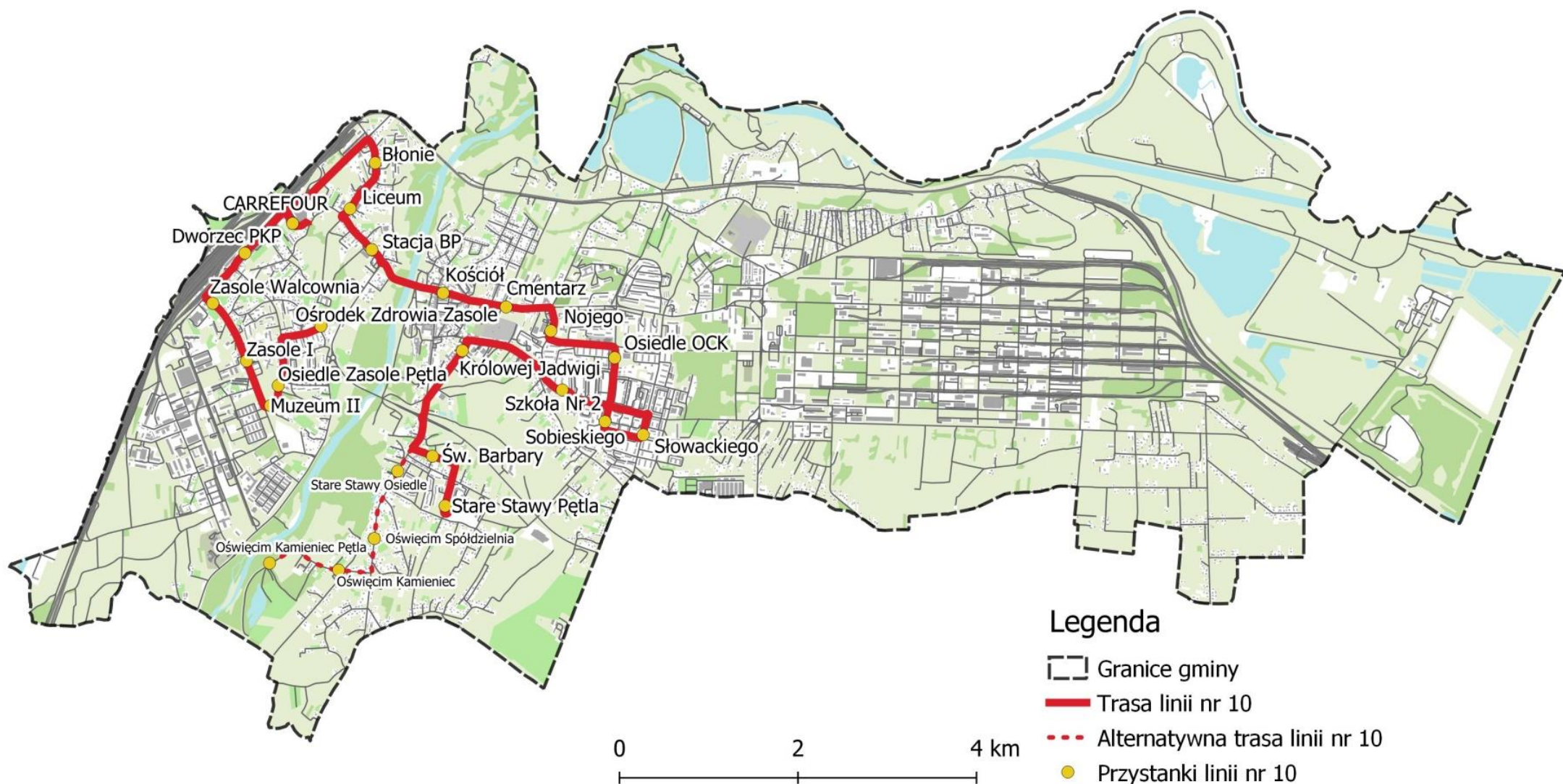
Trasa nr 8 charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta, obsługuje w dużej mierze osiedla mieszkalne. Na swej trasie posiada ważne przystanki, tj. „Dworzec PKP”, „Dąbrowskiego” (Miasto, Kościół i Cmentarz), „Szpital” oraz „Obozowa”. Długość linii w najdłuższym wariantcie wynosi 10,3km, ale w przeważającej części kursów wynosi 9.3km. W kierunku os. Chemików - os. Stare Stawy obsługuje 15 przystanków oraz raz dziennie 17, natomiast w kierunku przeciwnym 16 przystanków. Czas przejazdu jednego kursu to około 21 minut. Dziennie w dni robocze zakłada się, że autobusy na linii 8 pokonują 274 wzkm, wykonując 40 kursów od godziny 05:20 do godziny 22:00. W dni wolne wykonywanych jest 119 wzkm, zaczynając o godzinie 09:30 do godziny 17:24. W okresie wakacyjnym linia posiada 37 kursów, czas przejazdu jest podobny. W dni robocze wykonuje się 287 wzkm, zaczynając od godziny 06:20 do godziny 22:19. W dni wolne wykonywanych jest 119 wzkm, rozpoczynając od godziny 09:30, kończąc o 20:21. Linia przebiega wyłącznie na obszarze miejskim, z przystankiem początkowym Oświęcim - „Stare Stawy Pętla” i końcowym „Słowackiego I”.



Rysunek 3. Przebieg linii komunikacyjnej nr 9

Źródło: Opracowanie własne.

Trasa nr 9 charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta, obsługuje w dużej mierze osiedla mieszkalne. Na swej trasie posiada ważne przystanki, tj. „Muzeum I”, „Dworzec PKP” oraz „Dąbrowskiego” (Miasto, Kościół i Cmentarz). Długość linii w najdłuższym wariantcie wynosi prawie 14km. W kierunku os. Stare Stawy Pętla - Dwory Pętla obsługuje 23 przystanków, natomiast w kierunku przeciwnym 22. Czas przejazdu jednego kursu to około 30 minut. Dziennie w dni robocze zakłada się, że autobusy na linii nr 9 pokonują 204 wzkm, wykonując 35 kursów od godziny 08:30 do godziny 21:16. W dni wolne wykonywanych jest 254,2 wzkm, zaczynając o godzinie 07:01, kończąc o 21:43. W okresie wakacyjnym linia posiada 37 kursów, czas przejazdu się nie zmienia również wynosi około 30 min w zależności od trasy, natomiast wykonywanych jest w dni robocze 211,6 wzkm, zaczynając od godziny 06:05, kończąc o 21:16. Do rozkładu dochodzi również jeden nietypowy przejazd zaczynający się na dworcu PKP i kończący się na pętli Stare Stawy. W dni wolne wykonywanych jest 253,2 wzkm, od godziny 07:40 do 21.43. Linia przebiega wyłącznie na obszarze miejskim, z przystankiem początkowym „Dwory Pętla” i końcowym „Stare Stawy Pętla”.




Rysunek 4. Przebieg linii komunikacyjnej nr 10
 Źródło: Opracowanie własne.

Trasa nr 10 charakteryzuje się przebiegiem w centralnej części miasta, łącząc centrum z obszarami położonym na południu miasta. Linia obsługuje najważniejsze punkty użyteczności publicznej w mieście, tj. Miejsce Pamięci i Muzeum Auschwitz, Dworzec PKP, Rynek Główny oraz Urzędy Państwowe, przebiegając tym samym przez najbardziej zaludnione osiedla mieszkalne. Długość linii relacji „Ośrodek Zdrowia Zasole”-„Stare Stawy Pętla” wynosi 11,2 km i obejmuje 20 przystanków, lecz w przypadku 4 kursów trasa ta jest wydłużona do 13,1 km i 24 przystanków. W przypadku kursów relacji „Stare Stawy Pętla”-„Ośrodek Zdrowia Zasole” długość trasy wynosi 11,3 km (18 przystanków), a w przypadku 5 kursów trasa ta wydłużona została do 13,1 km i 21 przystanków. Czas przejazdu jednego kursu wynosi ok. 30 minut. Dziennie, w dni robocze zakłada się, że pojazdy na linii nr 10 pokonują blisko 270 wzkm, wykonując 23 kursy od godz. 06:30 do godz. 21:08. Podczas dni wolnych od szkoły (wakacje i ferie zimowe) pojazdy na linii nr 10 wykonują ok. 217 wzkm (19 kursów) od godz. 07:40 do godz. 21:08. W soboty na linii nr 10 pojazdy pokonują około 91 wzkm - 8 kursów od godz. 07:25 do godz. 15:24. Linia obsługuje wyłącznie obszar miejski.

Tabela 9. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji

Nr Linii	Przebieg Linii
9	<p>Kierunek: Dwory Pętla - Stare Stawy Pętla Dwory Pętla → SKR → Spółdzielnia → Cichy Kącik → Oświęcim → Zwycięstwa → Oświęcim → Lodowisko → Technikum Chemiczne → Sobieskiego → Słowackiego I → Osiedle OCK → Szkoła Nr 2 → Nojego → Dąbrowskiego Miasto → Stacja BP → Błonie → Dworzec PKP → Zasole → Walcownia Zasole I → Muzeum I → Orłowskiego → Oświęcim - Św. Barbary → Oświęcim Stare Stawy Pętla</p> <p>Kierunek: Stare Stawy Pętla - Dwory Pętla Oświęcim - Stare Stawy Pętla → Oświęcim - Św. Barbary → Orłowskiego → Muzeum II → Zasole I → Zasole Walcownia → Dworzec PKP → Błonie → Liceum → Stacja BP → Dąbrowskiego Kościół → Dąbrowskiego Cmentarz → Nojego → Szkoła Nr 2 → Sobieskiego → Słowackiego I → Technikum Chemiczne → Oświęcim Lodowisko → Oświęcim Zwycięstwa → Cichy Kącik → Spółdzielnia → SKR → Dwory Pętla</p>
8	<p>Kierunek: os. Chemików - Stare Stawy Pętla Słowackiego I → Słowackiego II → Osiedle OCK → Szpitalna → Osiedle Szpitalna → Bakutil → Szpital I → Dąbrowskiego Miasto → Stacja BP → Niwa → Dworzec PKP → Obozowa → Orłowskiego → Oświęcim - Św. Barbary → Oświęcim - Stare Stawy Pętla → Stare Stawy Osiedle → Oświęcim Spółdzielnia → Oświęcim - Kamieniec → Oświęcim - Kamieniec Pętla</p> <p>Kierunek: Stare Stawy Pętla - os. Chemików Oświęcim - Kamieniec Pętla → Oświęcim - Kamieniec → Oświęcim Spółdzielnia → Oświęcim - Stare Stawy Pętla → Oświęcim - Św. Barbary → Orłowskiego → Obozowa → Dworzec PKP → Niwa → Stacja BP → Dąbrowskiego Kościół → Dąbrowskiego Cmentarz → Szpital I → Bakutil → Szpitalna → Szpitalna Osiedle → Osiedle OCK → Sobieskiego → Słowackiego I</p>
10	<p>Kierunek: Ośrodek Zdrowia Zasole - Stare Stawy Pętla Ośrodek Zdrowia Zasole → Osiedle Zasole Pętla → Muzeum II → Zasole I → Zasole Walcownie → Dworzec PKP → Carrefour → Błonie → Liceum → Stacja BP → Dąbrowskiego Kościół → Dąbrowskiego Cmentarz → Nojego → Osiedle OCK Sobieskiego → Słowackiego I → Szkoła Nr 2 → Królowej Jadwigi → Św. Barbary → Stare Stawy Pętla → Stare Stawy Osiedle → Oświęcim Spółdzielnie → Oświęcim Kamieniec → Oświęcim Kamieniec Pętla</p> <p>Kierunek: Stare Stawy Pętla - Ośrodek Zdrowia Zasole Oświęcim Kamieniec Pętla → Oświęcim Kamieniec → Oświęcim Spółdzielnia → Stare Stawy Pętla → Św. Barbary → Królowej Jadwigi → Szkoła Nr 2 → Sobieskiego → Słowackiego I → Osiedle OCK → Nojego → Dąbrowskiego Miasto → Stacja BP → Błonie → Carrefour → Dworzec PKP → Zasole Walcownia → Zasole I → Muzeum I → Osiedle Zasole Pętla → Ośrodek Zdrowia Zasole</p>

 - trasy wydłużone

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MZK.

3.1 Analiza opcji inwestycyjnych

3.1.1 Wariant „0”

Wariant bezinwestycyjny - nie podejmowanie 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 pojazdów (poza utrzymaniem). Aktualny stan techniczny autobusów 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 napędzania wodorem.

3.1.2. Wariant „1”

Wariant „1” zakłada zakup oraz eksploatację autobusów zeroemisyjnym 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, oraz jako użytkownik tego typu pojazdów. Pierwszym miastem w Polsce, które miało autobusy elektryczne była Ostrołęka oraz Kraków, gdzie uruchomiono pierwszą bezemisyjną linię autobusową. Największą flotę elektrycznych autobusów posiada 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. Zużycie energii (prądu) pojazdów wyposażonych w napęd elektryczny jest zależne od wielu czynników, m.in.: prędkości eksploatacyjnej i powiązanej z nią kongestii, warunków atmosferycznych, umiejętności kierowcy, umiejętności wykorzystania systemu rekuperacji energii. 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. Zasięg pojazdu jest zależny od pojemności baterii. Oznacza to, że wzrost zasięgu wymaga zwiększenia pojemności baterii, co natomiast niesie ze sobą wzrost masy pojazdu, zużycia energii oraz zmniejszenia pojemności pasażerskiej pojazdu. Łączna pojemność akumulatora zależy od ilości oraz pojemności modułów zamontowanych w pojeździe. W autobusach umieszcza się moduły na dachu oraz w tylnej komorze pojazdu, każdy moduł o pojemności 20/25 kWh o wadze 240/250 kg. Minimalną sensowną wielkością baterii jaką zalecają producenci są akumulatory o łącznej pojemności 80 kWh. Łączna waga baterii o pojemności 80 kWh wynosi 960 kg.

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 przez ustandaryzowane złącze. Drugi sposób ładowania odbywa się za pomocą pantografu. Metoda ładowania za pomocą pantografu pozwala na ładowanie akumulatorów dużym prądem, 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 na pętlach autobusowych w celu szybkiego doładowania akumulatorów. Wyróżniamy głównie 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 podłożu jezdni oraz w podwoziu autobusu. Metoda ta zapewnia szybkie ładowanie bez ingerencji kierowców, jest to najdroższa metoda ładowania autobusów oraz najbardziej narażona na warunki atmosferyczne.

Tabela 10. Czas potrzebny do naładowania baterii w zależności od pojemności akumulatora oraz sposobu ładowania

Pojemność baterii [kWh]	Moc ładowarki plug-in [kW]	Ładowanie [kWh/min]	Czas potrzebny do naładowania baterii [min]
Ładowarka plug-in			
Ładowanie 1 pojazdu			
120	80	1,4	77
160			102
200			128
240			154
Ładowanie 2 pojazdów			
120	2x 40	0,7	154
160			205
200			257
240			308
Ładowarka pantografowa			
120	190	2,7	40
160			53
200			66
240			83

Źródło: opracowanie własne.

Poniżej w tabeli zostały przedstawione ceny jednostkowe pojazdów w przetargach na zakup autobusów elektrycznych w Polsce w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto szacowane kwoty netto, niezbędne do zakupu autobusów o napędzie zeroemisyjnym.

Tabela 11. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów o napędzie zeroemisyjnym

Miasto	Ilość	Klasa pojazdu	Kwota [mln zł]	Koszt jednostkowy [mln zł]
Stalowa Wola	10	MIDI (9m)	20,50	2,05
Kraków	17	MAXI (12m)	34,80	2,05
Poznań	6	MAXI (12m)	13,20	2,20
Katowice	5	MAXI (12m)	10,30	2,06
Zielona Góra	47	MAXI (12m)	96,50	2,05
Kraków	3	MEGA (18m)	8,00	2,66
Poznań	15	MEGA (18m)	47,00	3,13

Źródło: Opracowanie własne.

Szacowane koszty przyjęte do opracowania analizy wynoszą:

- MIDI - 1,9 mln zł,
- MAXI - 2,1 mln zł,
- MEGA - 2,8 mln zł.

Poniżej znajduje się planowany wykaz wprowadzenia taboru zeroemisyjnego wraz z potrzebną infrastrukturą ładującą do obsługi proponowanych linii komunikacyjnych na terenie Miasta Oświęcim oraz gmin, z którymi zostały zawarte porozumienia międzygminne. Wszystkie ceny znajdujące się w opracowaniu są cenami netto.

Tabela 12. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1”

Rok inwestycji	Wyszczególnienie	Ilość	Szacunkowy koszt jednostkowy [PLN]	Szacunkowy łączny koszt [PLN]
do 2021	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	3	2 100 000	6 300 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	2	90 000	180 000
do 2023	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	1	2 100 000	2 100 000
	Zakup autobusu elektrycznego klasy MIDI	1	1 900 000	1 900 000
do 2025	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	2	2 100 000	4 200 000
	Zakup autobusu elektrycznego klasy MIDI	2	1 900 000	3 800 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	2	90 000	180 000
	Ładowarka pantografowa (Oświęcim - Stare Stawy Pętla)	1	300 000	300 000
do 2028	Zakup autobusu elektrycznego klasy MAXI	5	2 100 000	1 500 000
	Ładowarka plug-in (Lokalizacja: Zajezdnia MZK)	3	90 000	270 000
Łącznie			12 770 000	20 730 000

Źródło: Opracowanie własne.

Wariant 1 zakłada zakup 10 autobusów klasy MAXI ze względu na potrzebę kursowania pojazdów o wysokiej pojemności pasażerskiej min. 75 miejsc dla pasażerów oraz 4 autobusy klasy MIDI o pojemności pasażerskiej min. 45 miejsc. Proponowaną pojemnością akumulatorów jest 160 kWh dla autobusów klasy MAXI oraz 120 kWh dla pojazdów klasy MIDI. Takie akumulatory pozwolą na przejazd w zależności od warunków atmosferycznych od 60 do 80 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 80 kW, w przypadku ładowania dwóch pojazdów w jednym momencie moc ładowarki rozkładana jest równomiernie 2x40kW. Szacowany koszt zakupu ładowarki typu plug-in to 90 000,00 zł.

Proponowaną ładowarką pantografową zlokalizowaną na mieście powinna być ładowarka o mocy 190 kW, której moc pozwoliłaby na szybkie doładowanie akumulatorów około 2% na minutę. Szacunkowy koszt ładowarki pantografowej to 300 000,00 zł. Proponowaną lokalizacją ładowarki pantografowej to okolice przystanków końcowych najbardziej obciążonych zelektryfikowanych linii (Stare Stawy Pętla).

Poniżej w tabeli zostało przedstawione szacunkowe etapowanie elektryfikacji linii komunikacyjnych w Gminie Miasta Oświęcim.

Tabela 13. Etapowanie linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji

Nr linii	2021 r.	2023 r.	2025 r.	2028 r.
8	CZĘŚCIOWA	CZĘŚCIOWA	PEŁNA	PEŁNA
9	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA	PEŁNA
10	BRAK	BRAK	CZĘŚCIOWA	PEŁNA

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 nie zawierające 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 i transport, wykorzystanie paliwa wodorowego. Pod nazwą wykorzystanie rozumieć należy konwersję wodoru na pożądaną rodzaj energii, najczęściej na energię elektryczną w ogniwach paliwowych.

Poniżej w tabeli zostały przedstawione ceny jednostkowe pojazdów w przetargach na zakup autobusów elektrycznych na świecie w przeciągu ostatnich lat. Na ich podstawie do dalszych analiz przyjęto szacowane kwoty netto, niezbędne do zakupu autobusów o napędzie zeroemisyjnym

Tabela 14. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym

Miasto	Ilość	Klasa pojazdu	Koszt jednostkowy [mln PLN]
Kolonia	30	MAXI	2,10
Rotterdam	2	MAXI	3,65
Wuppertal	10	MAXI	2,10
Aberdeen	10	MAXI	2,40

Źródło: Opracowanie własne

Szacowane koszty przyjęte do opracowania analizy wynoszą:

- MAXI - 2,5 mln zł.

Technologia pozwalająca na napędzanie pojazdów wodorem jest technologią nową, bardzo zaawansowaną technicznie, a co najważniejsze na chwilę obecną bardzo droga w zakupie nawet przyrównując do zakupu pojazdów z napędem elektrycznym. Koszt zakupu autobusu wodorowego oscyluje w okolicach 2,5 mln zł.

Autobusy o napędzie wodorowym posiadają zbiorniki na wodór na dachu pojazdu mieszczące 35-40 kg wodoru. 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 7-8 €, co sprawia, że przejazd 100 km autobusem wodorowym będzie kosztował około 240 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. lecz wszystko zależy od wielkości stacji oraz sposobu dostarczania wodoru.

3.2. 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 do poprawy 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,
- redukcję negatywnego wpływu komunikacji autobusowej na zmiany klimatyczne,
- zmniejszenie poziomu hałasu.

Korzyści środowiskowych 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 Oświęcim. Autobusy zeroemisyjne obsługujące linie komunikacyjne pozwolą na zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych emitowanych przez transport zbiorowy w centrum miast. Brak wdrożenia wariantów 1 i 2

będzie skutkowało corocznym pogarszaniem się stanu powietrza, 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 2 razy 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 spełniający 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 blisko 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, mniejsze drgania. Konstrukcja silników elektrycznych jest trwalsza niż silników spalinowych, co wpływa na całkowity koszt eksploatacji pojazdów. Na poniższej tabeli porównane zostały alternatywne warianty.

Tabela 15 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 nie podjęcia 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, co za tym idzie z każdym kolejnym rokiem rośnie ryzyko awarii i obniża się niezawodność świadczenia usług przewozowych. Każda kolejna awaria prowadzi do kolejnych 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 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.

4. WYNIKI

4.1 Analiza finansowo-ekonomiczna

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

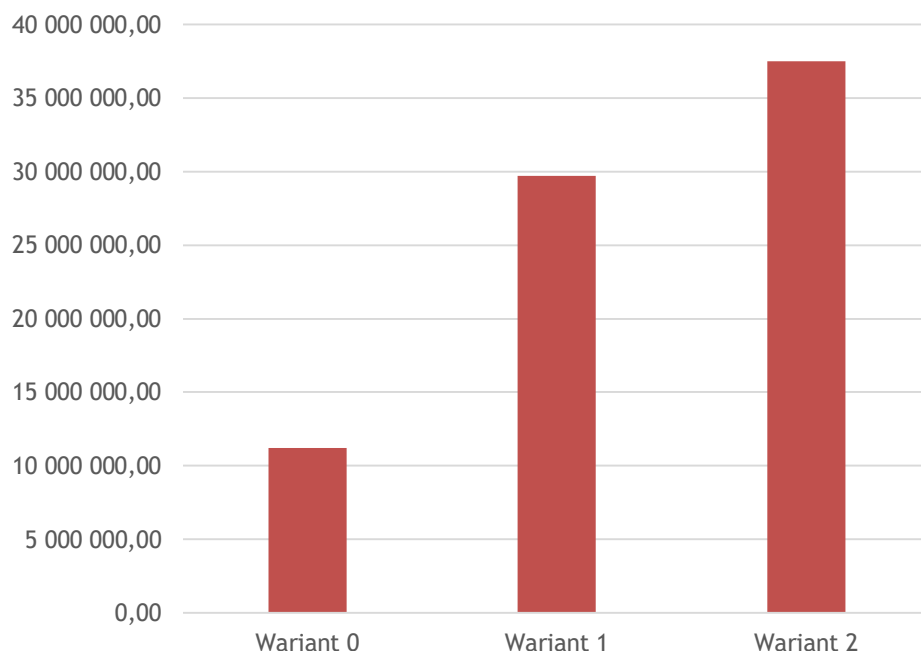
Rozważane są trzy rodzaje inwestycji, w tym:

- 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 wykresach i w tabelach wskazano wartości dla poszczególnych wariantów.

Wykres 9. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - MZK Oświęcim [PLN]



Źródło: opracowanie własne na podstawie danych MZK Oświęcim.

Tabela 16. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - MZK Oświęcim [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2023	2025	2028
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 0	2 400 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	4 000 000,00
Inwestycja w środki transportu	2 400 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	4 000 000,00
Autobusy spalinowe	2 400 000,00	1 600 000,00	3 200 000,00	4 000 000,00
Liczba autobusów	3,00	2,00	4,00	5,00
Cena jednostkowa	800 000,00	800 000,00	800 000,00	800 000,00
Wariant 1	6 480 000,00	4 000 000,00	8 480 000,00	10 770 000,00
Inwestycja w środki transportu	6 300 000,00	4 000 000,00	8 000 000,00	10 500 000,00
MAXI	6 300 000,00	2 100 000,00	4 200 000,00	10 500 000,00
Liczba autobusów	3,00	1,00	2,00	5,00
Cena jednostkowa	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00	2 100 000,00
MEGA	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	2 800 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00
MIDI	0,00	1 900 000,00	3 800 000,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	1,00	2,00	0,00
Cena jednostkowa	1 900 000,00	1 900 000,00	1 900 000,00	1 900 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	180 000,00	0,00	480 000,00	270 000,00
Ładowarka plug-in	180 000,00	0,00	180 000,00	270 000,00
Liczba stanowisk	2,00	0,00	2,00	3,00
Cena jednostkowa	90 000,00	90 000,00	90 000,00	90 000,00
Ładowarka pantografowa	0,00	0,00	300 000,00	0,00
Liczba stanowisk	0,00	0,00	1,00	0,00
Cena jednostkowa	300 000,00	300 000,00	300 000,00	300 000,00
Wariant 2	10 000 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	12 500 000,00
Inwestycja w środki transportu	7 500 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	12 500 000,00
Autobusy o napędzie wodorowym	7 500 000,00	5 000 000,00	10 000 000,00	12 500 000,00
Liczba autobusów	3,00	2,00	4,00	5,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00
Inwestycja w infrastrukturę towarzyszącą	2 500 000,00	0,00	0,00	0,00
Liczba stanowisk	1,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00	2 500 000,00

Źródło: opracowanie własne.

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

Tabela 17. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	277 493,16	278 993,16	467 488,61	469 988,61	850 479,49
Paliwo	269 993,16	269 993,16	449 988,61	449 988,61	809 979,49
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Koszt paliwa na wzkm	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Naprawy i konserwacje	7 500,00	9 000,00	17 500,00	20 000,00	40 500,00
Liczba autobusów	3,00	3,00	5,00	5,00	9,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	2 500,00	3 000,00	3 500,00	4 000,00	4 500,00
Wariant 1	95 289,04	95 289,04	158 815,06	158 815,06	285 867,11
Koszt energii	92 289,04	92 289,04	153 815,06	153 815,06	276 867,11
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Koszt energii elektr. na wzkm	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Naprawy i konserwacje	3 000,00	3 000,00	5 000,00	5 000,00	9 000,00
Liczba autobusów	3,00	3,00	5,00	5,00	9,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	390 885,66	390 885,66	651 476,11	651 476,11	1 172 656,99
Koszt energii	381 885,66	381 885,66	636 476,11	636 476,11	1 145 656,99
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	9 000,00	9 000,00	15 000,00	15 000,00	27 000,00
Liczba autobusów	3,00	3,00	5,00	5,00	9,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne

Tabela 18. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	854 979,49	859 479,49	1 343 968,10	1 350 968,10	1 357 968,10
Paliwo	809 979,49	809 979,49	1 259 968,10	1 259 968,10	1 259 968,10
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt paliwa na wzkm	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Naprawy i konserwacje	45 000,00	49 500,00	84 000,00	91 000,00	98 000,00
Liczba autobusów	9,00	9,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	5 000,00	5 500,00	6 000,00	6 500,00	7 000,00
Wariant 1	285 867,11	285 867,11	444 682,17	2 244 682,17	444 682,17
Koszt energii	276 867,11	276 867,11	430 682,17	430 682,17	430 682,17
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt energii elektr. na wzkm	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Naprawy i konserwacje	9 000,00	9 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00
Liczba autobusów	9,00	9,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	1 800 000,00	0,00
Liczba autobusów	0,00	0,00	0,00	3,00	0,00
Cena jednostkowa	0,00	0,00	0,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	1 172 656,99	1 172 656,99	1 824 133,10	1 824 133,10	1 824 133,10
Koszt energii	1 145 656,99	1 145 656,99	1 782 133,10	1 782 133,10	1 782 133,10
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	27 000,00	27 000,00	42 000,00	42 000,00	42 000,00
Liczba autobusów	9,00	9,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne

Tabela 19. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	1 364 968,10	1 371 968,10	1 378 968,10	1 385 968,10	1 392 968,10
Paliwo	1 259 968,10	1 259 968,10	1 259 968,10	1 259 968,10	1 259 968,10
Liczba wzkm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt paliwa na wzkm	1,70	1,70	1,70	1,70	1,70
Naprawy i konserwacje	105 000,00	112 000,00	119 000,00	126 000,00	133 000,00
Liczba autobusów	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	7 500,00	8 000,00	8 500,00	9 000,00	9 500,00
Wariant 1	1 644 682,17	444 682,17	2 844 682,17	444 682,17	444 682,17
Koszt energii	430 682,17	430 682,17	430 682,17	430 682,17	430 682,17
Liczba wzkm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt energii elektr. na wzkm	0,58	0,58	0,58	0,58	0,58
Naprawy i konserwacje	14 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00	14 000,00
Liczba autobusów	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00	1 000,00
Baterie	1 200 000,00	0,00	2 400 000,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	2,00	0,00	4,00	0,00	0,00
Cena jednostkowa	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00	600 000,00
Wariant 2	1 824 133,10	1 824 133,10	1 824 133,10	1 824 133,10	1 824 133,10
Koszt energii	1 782 133,10	1 782 133,10	1 782 133,10	1 782 133,10	1 782 133,10
Liczba wzkm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Koszt paliwa na wzkm	2,40	2,40	2,40	2,40	2,40
Naprawy i konserwacje	42 000,00	42 000,00	42 000,00	42 000,00	42 000,00
Liczba autobusów	14,00	14,00	14,00	14,00	14,00
Koszty napraw i konserwacji na autobus	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00	3 000,00

Źródło: opracowanie własne

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 20. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	4 080 000,00	0,00	2 400 000,00	0,00	5 280 000,00
Wariant 2	7 600 000,00	0,00	3 400 000,00	0,00	6 800 000,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-182 204,13	-183 704,13	-308 673,55	-311 173,55	-564 612,39
Wariant 2	113 392,50	111 892,50	183 987,50	181 487,50	322 177,50
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-3 897 795,87	183 704,13	-2 091 326,45	311 173,55	-4 715 387,61
Wariant 2	-7 713 392,50	-111 892,50	-3 583 987,50	-181 487,50	-7 122 177,50

Źródło: opracowanie własne

Tabela 21. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	6 770 000,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	8 500 000,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	-569 112,39	-573 612,39	-899 285,94	893 714,06	-913 285,94
Wariant 2	317 677,50	313 177,50	480 165,00	473 165,00	466 165,00
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	569 112,39	573 612,39	-5 870 714,06	-893 714,06	913 285,94
Wariant 2	-317 677,50	-313 177,50	-8 980 165,00	-473 165,00	-466 165,00

Źródło: opracowanie własne

Tabela 22. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Analiza finansowa - model różnicowy					
Wydatki inwestycyjne					
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 1	279 714,06	-927 285,94	1 465 714,06	-941 285,94	-948 285,94
Wariant 2	459 165,00	452 165,00	445 165,00	438 165,00	431 165,00
Przepływy pieniężne					
Wariant 1	-279 714,06	927 285,94	-1 465 714,06	941 285,94	948 285,94
Wariant 2	-459 165,00	-452 165,00	-445 165,00	-438 165,00	-431 165,00

Źródło: opracowanie własne

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

Tabela 23. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-10 978 664,53
Wariant 2	-23 811 011,78
IRR	
Wariant 1	-24,01%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 wartość NPV wyniosła: **-10.978.664,53 PLN**, natomiast dla wariantu 2 była niższa i wyniosła: **-23.811.011,78 PLN**.

Stopa IRR dla wariantu 1 osiągnęła wynik ujemny na poziomie **-24,01%**, natomiast dla wariantu 2 okazała się niemożliwa do obliczenia.

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

4.2 Analiza środowiskowa i ekonomiczno-społeczna

Oszacowane efekty środowiskowe w jednostkach naturalnych wskazano w tabelach.

Tabela 24. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - MZK Oświęcim

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Zużycie paliwa [l]	66 829,99	66 829,99	111 383,32	111 383,32	200 489,97
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	179 104,38	179 104,38	298 507,29	298 507,29	537 313,13
Emisja CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,35	0,35	0,58	0,58	1,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08
Zużycie paliwa [l]	66 829,99	66 829,99	111 383,32	111 383,32	200 489,97
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	179 104,38	179 104,38	298 507,29	298 507,29	537 313,13
Emisja CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	0,00	0,35	0,58	0,58	1,05
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	159 119,03	159 119,03	265 198,38	265 198,38	477 357,08

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 25. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - MZK Oświęcim

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Zużycie paliwa [l]	200 489,97	200 489,97	311 873,29	311 873,29	311 873,29
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	537 313,13	537 313,13	835 820,42	835 820,42	835 820,42
Emisja CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,05	1,05	1,63	1,63	1,63
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Zużycie paliwa [l]	200 489,97	200 489,97	311 873,29	311 873,29	311 873,29
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	537 313,13	537 313,13	835 820,42	835 820,42	835 820,42
Emisja CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,05	1,05	1,63	1,63	1,63
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzkm	477 357,08	477 357,08	742 555,46	742 555,46	742 555,46

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 26. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - MZK Oświęcim

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Liczba wzm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Zużycie paliwa [l]	311 873,29	311 873,29	311 873,29	311 873,29	311 873,29
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	835 820,42	835 820,42	835 820,42	835 820,42	835 820,42
Emisja CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Liczba wzm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46
Zużycie paliwa [l]	311 873,29	311 873,29	311 873,29	311 873,29	311 873,29
Emisja CO2 [kg/litr]	2,68	2,68	2,68	2,68	2,68
Emisja CO2 [kg]	835 820,42	835 820,42	835 820,42	835 820,42	835 820,42
Emisja CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - niższe warstwy [t]	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
NOx g/km	2,20	2,20	2,20	2,20	2,20
Liczba wzm	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46	742 555,46

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 27. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji CO2	58 328,60	59 222,11	101 542,97	104 392,96	193 054,74
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	32 153,59	33 046,74	56 566,50	58 055,09	107 178,63
Ograniczenie emisji CO2 [t]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	26 175,01	26 175,36	44 976,47	46 337,88	85 876,12
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]	0,35	0,35	0,58	0,58	1,05
Wariant 2					
Ograniczenie emisji CO2	32 153,59	33 046,74	56 566,50	58 055,09	107 178,63
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	179,52	184,51	189,50	194,48	199,47
Ograniczenie emisji CO2 [t]	179,10	179,10	298,51	298,51	537,31
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	0,00	26 175,36	44 976,47	46 337,88	85 876,12
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	0,35	0,58	0,58	1,05

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 28. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	198 011,19	202 970,04	323 557,46	331 384,69	339 208,19
Ograniczenie emisji CO2	109 858,09	112 537,56	179 226,48	183 394,54	187 562,59
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	88 153,10	90 432,48	144 330,98	147 990,15	151 645,59
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]	1,05	1,05	1,63	1,63	1,63
Wariant 2	198 011,19	202 970,04	323 557,46	331 384,69	339 208,19
Ograniczenie emisji CO2	109 858,09	112 537,56	179 226,48	183 394,54	187 562,59
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	204,46	209,45	214,43	219,42	224,41
Ograniczenie emisji CO2 [t]	537,31	537,31	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	88 153,10	90 432,48	144 330,98	147 990,15	151 645,59
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]	1,05	1,05	1,63	1,63	1,63

Źródło: opracowanie własne.

Tabela 29. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	347 144,59	355 072,54	355 072,54	355 072,54	355 072,54
Ograniczenie emisji CO2	191 730,65	195 898,71	195 898,71	195 898,71	195 898,71
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	155 413,93	159 173,83	159 173,83	159 173,83	159 173,83
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]	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63
Wariant 2	347 144,59	355 072,54	355 072,54	355 072,54	355 072,54
Ograniczenie emisji CO2	191 730,65	195 898,71	195 898,71	195 898,71	195 898,71
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	229,39	234,38	234,38	234,38	234,38
Ograniczenie emisji CO2 [t]	835,82	835,82	835,82	835,82	835,82
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	155 413,93	159 173,83	159 173,83	159 173,83	159 173,83
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]	1,63	1,63	1,63	1,63	1,63

Źródło: opracowanie własne.

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

Tabela 30. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN] w latach 2021-2035

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-3 839 467,27	242 926,24	-1 989 783,48	415 566,51	-4 522 332,87
Wariant 2	-7 681 238,91	-52 670,39	-3 482 444,53	-77 094,53	-6 929 122,76

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	767 123,58	776 582,42	-5 547 156,60	-562 329,38	1 252 494,12
Wariant 2	-119 666,31	-110 207,46	-8 656 607,54	-141 780,31	-126 956,81

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	67 430,52	1 282 358,47	-1 110 641,53	1 296 358,47	1 303 358,47
Wariant 2	-112 020,41	-97 092,46	-90 092,46	-83 092,46	-76 092,46

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabelach.

Tabela 31. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV	
Wariant 1	-8 647 963,42
Wariant 2	-21 503 580,17
IRR	
Wariant 1	-15,34%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie -8.647.963,42 PLN i stopie zwrotu IRR równej -15,34%. Oznacza to, że inwestycji nie należy realizować z uwagi na nieopłacalność.

Wariant 2 jest również nieopłacalny (NPV<0).

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE (65% kosztów kwalifikowanych). Wyniki analizy przedstawiono w tabeli poniżej. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych -

zawierających również wycenione efekty środowiskowe i dofinansowanie UE - wskazano w tabelach.

Tabela 32. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN] w latach 2021-2035 - wariant z dotacją

Wyszczególnienie	2021	2022	2023	2024	2025
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	-1 187 467,27	242 926,24	-429 783,48	415 566,51	-1 090 332,87
Wariant 2	-2 741 238,91	-52 670,39	-1 272 444,53	-77 094,53	-2 509 122,76

Wyszczególnienie	2026	2027	2028	2029	2030
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	767 123,58	776 582,42	-1 146 656,60	-562 329,38	1 252 494,12
Wariant 2	-119 666,31	-110 207,46	-3 131 607,54	-141 780,31	-126 956,81

Wyszczególnienie	2031	2032	2033	2034	2035
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	67 430,52	1 282 358,47	-1 110 641,53	1 296 358,47	1 303 358,47
Wariant 2	-112 020,41	-97 092,46	-90 092,46	-83 092,46	-76 092,46

Źródło: opracowanie własne.

Wartość wskaźników efektywności finansowej wskazano w tabelach.

Tabela 33. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN]

Wyszczególnienie	
NPV (wariant z dotacją)	
Wariant 1	572 719,27
Wariant 2	-8 204 150,48
IRR (wariant z dotacją)	
Wariant 1	7,46%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

Źródło: opracowanie własne.

Dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie 572.719,27 PLN i stopie zwrotu IRR równej 7,46%. Oznacza to, że inwestycję można przyjąć do realizacji.

Wariant 2 w dalszym ciągu jest nieopłacalny (NPV<0).

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

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.

4.3.1 Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂) i pyłów

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym. Wszelkie działania dążące do poprawy jakości powietrza na terenie miasta Oświęcim są niezbędne, aby dążyć do zwiększenia komfortu i zdrowia mieszkańców.

Jest wiele zagrożeń związanych z transportem, szczególnie tym indywidualnym. Nagromadzenie pojazdów w centrach miast powoduje wysokie stężenia pyłów zawieszonych oraz generuje ciągły ruch zanieczyszczeń zlokalizowanych na drogach i chodnikach. Zwarta zabudowa uniemożliwia ruch powietrza, co za tym idzie zanieczyszczenia koncentrują się w centrum, dlatego tak ważne jest zachęcanie społeczeństwa do korzystania z komunikacji zbiorowej.

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:

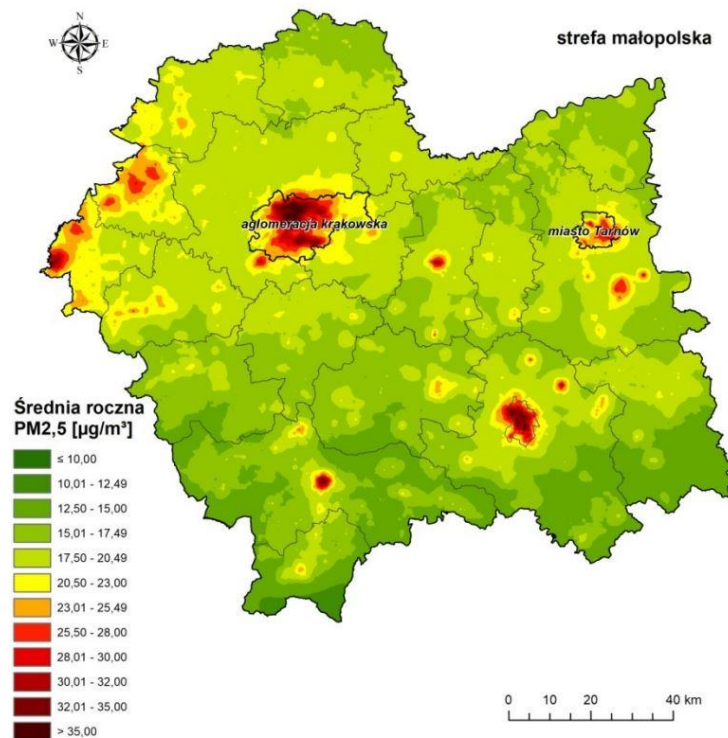
- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie (objawy chorób sercowo-naczyniowych lub związanych z układem oddechowym),
- starty moralne (dewastacja budynków lub obiektów), szkody środowiskowe (wzrost smogu w powietrzu (wariant bezinwestycyjny), wpływ na bioróżnorodność czy ekosystemy).

Pył zawieszony określany jako najbardziej szkodliwy dla zdrowia człowieka, zarówno PM 10 jak i PM 2,5, jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, które mogą pochodzić z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też powstający 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_2 , NO_x , NH_3 , i lotnych związków organicznych) oraz reemisja tj. unoszenie pyłu z podłoża (szczególnie na terenie miast). Analizując udział frakcji pyłu zawieszonego PM 2,5 w pyłe 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. 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 wiejski), stanu technicznego drogi.

Poniżej znajduje się mapa obrazująca średnią roczną dla poziomu stężenia PM 2,5 w powietrzu dla strefy małopolskiej. Wartości osiągnięte dla miasta Oświęcim są na bardzo wysokim poziomie, co negatywnie wpływa na zdrowie, jakość życia mieszkańców oraz widoczność, gdyż cząsteczki rozpraszają światło. Jest to realne zagrożenie, którego zmniejszenie powinno być priorytetem. Zaznaczyć trzeba, że jest to średnia roczna, która nie pokazuje jak stężenie kształtowało się podczas najbardziej ekstremalnych dni, wtedy wartości mogły być znacznie wyższe i jeszcze silniej wpływać na zdrowie mieszkańców.

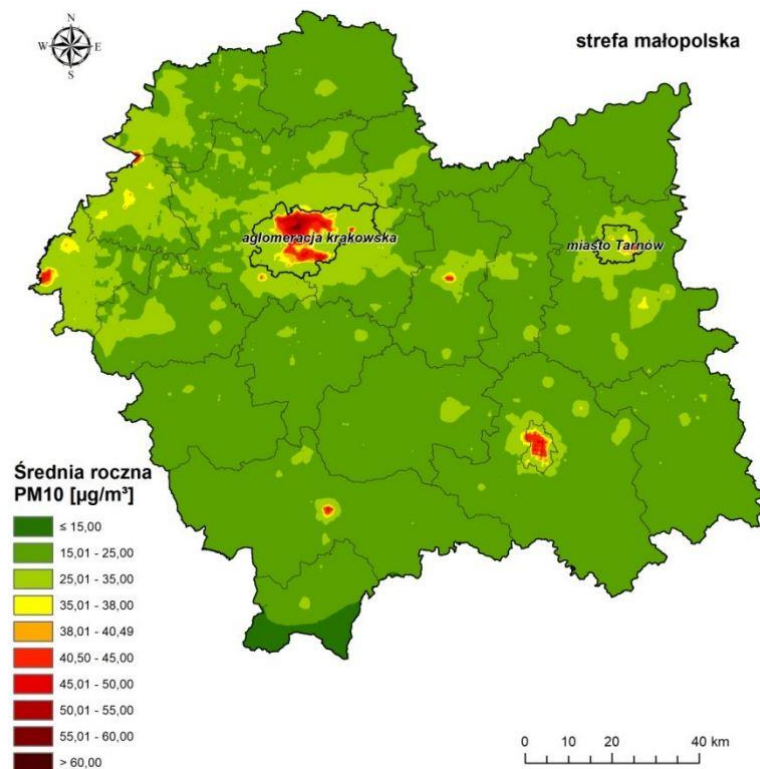
Rysunek 5. Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM 2,5 - stężenia roczne (wyniki modelowania CALPUFF z uwzględnieniem wyników pomiarów)



Źródło: „Ocena jakości powietrza w województwie małopolskim w 2017 roku”.

Poziom stężenia pyłu zawieszonego PM 2,5 ma bezpośredni związek z transportem i niską emisją, więc główne skupiska stref o podwyższonym poziomie to przede wszystkim duże i średnia miasta. Z problemem ze stężeniem PM 2,5 borykają się właściwie wszystkie większe jednostki miejskie na terenie województwa małopolskiego - Nowy Sącz, Tarnów, Oświęcim, Chrzanów, a w szczególności największy ośrodek miejski Kraków. Nie jest to ewenement w skali kraju, gdyż znaczna część dużych miast w Polsce od wielu lat odnotowuje przekroczone stężenia pyłów zawieszonych, szczególnie w okresie grzewczym i podczas bezwietrznych dni. Ogromne znaczenie ma tutaj również położenie i topografia danej jednostki oraz terenów sąsiednich, które bezpośrednio wpływają na możliwości wentylacji miast i wymiany mas powietrza. W szczególnie trudnym położeniu znajduje się Kraków, którego położenie geograficzne znacznie utrudnia wentylację, przez co częstym zjawiskiem jest smog.

Rysunek 6. Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM₁₀ - stężenia roczne (wyniki modelowania CALPUFF z uwzględnieniem wyników pomiarów)



Źródło: „Ocena jakości powietrza w województwie małopolskim w 2017 roku”.

Pył zawieszony PM 10 charakteryzuje się mniejszym oddziaływaniem na człowieka, niż PM 2,5, jednakże w dalszym ciągu może wpływać na zdrowie i jakość życia społeczeństwa. Pył PM 10 nie jest tak dużym problemem, ponieważ osiąga znacznie mniejsze wartości, aczkolwiek jak można zauważyć analizując powyższą mapę, normy również są przekroczone.

Zaznaczyć trzeba, że normy stężeń pyłu zawieszonego PM 2,5 oraz PM 10 zalecane przez WHO (World Health Organization) wyglądają następująco:

Tabela 34 Normy stężeń pyłu zawieszonego według WHO

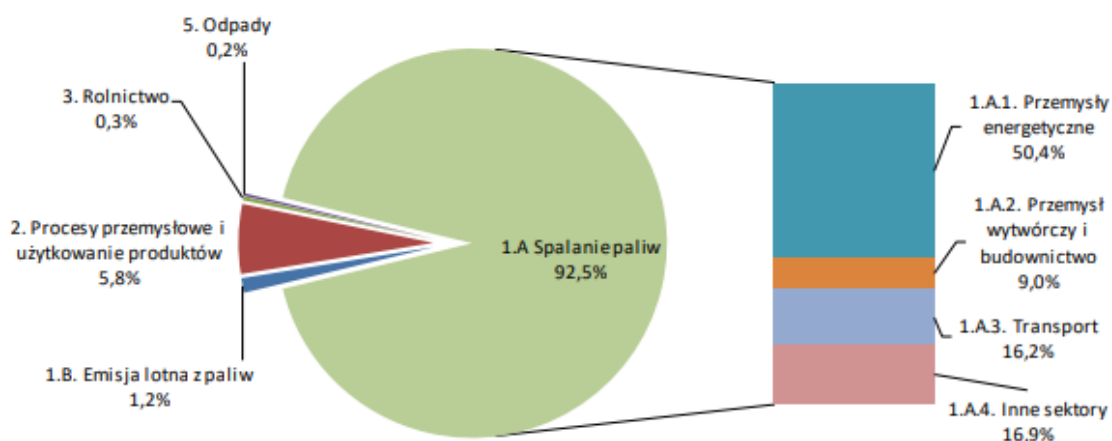
	Normy stężeń pyłu zawieszonego [µg/m³]	
	PM 2,5	PM 10
Średnie roczne stężenie	10	20

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych WHO.

Wyraźnie widać, że szczególnie w przypadku pyłu zawieszonego PM 2,5 miasto Oświęcim ma ogromny problem z przekroczeniem norm, co w przyszłości będzie skutkowało pogorszeniem się zdrowia mieszkańców i jakości życia. Koszty społeczne wynikające z zanieczyszczenia powietrza mogą być niewidoczne przez wiele lat, jednakże systematycznie będzie wzrastać zachorowalność na różnego rodzaju schorzenia związane z układem oddechowym, alergiami i układem krążeniowo-naczyniowym. W przypadku pyłu zawieszonego PM 10 sytuacja jest nieco lepsza, jednakże w dalszym ciągu trzeba mieć na uwadze działania, które mogą przyczynić się do zmniejszenia jego stężenia.

Struktura emisji CO₂

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 CO₂, wg aktualnie dostępnych danych (raport KOBIZE opublikowany w 2018 roku dla lat 1988-2016) przedstawia poniższy wykres.



Rysunek 7. Emisja dwutlenku węgla w 2016 r w Polsce

Źródło: Krajowy Raport Inwentaryzacyjny 2018- Inwentaryzacja gazów cieplarnianych dla lat 1988-2016, KOBIZE2016

Dominującym źródłem emisji tego gazu są procesy spalania paliw (92,5%), za ponad połowę emisji z tych procesów odpowiedzialny jest sektor energetyczny (50,4% ogólnej emisji CO₂ z procesu spalania paliw). Transport natomiast generuje zużycie na poziomie 16,2% w całości spalania paliw.

Tabela 35. Emisje CO₂ 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 CO₂ 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 CO₂ 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.: zaostrzanie 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 kupującego i wytwórcę usługi, 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 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. Przez spalanie paliw emitowane są do środowiska m.in.: tlenki węgla, węglowodory, tlenki azotu, ołowiu, sadzy, dwutlenku siarki. Z motoryzacji do substancji, które zanieczyszczają środowisko należą: azbest, kadm, chrom, fenol, węglowodory, wanad, olefiny, dioksyne 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 przyczyn 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 PM10 i 28% pyłów PM2,5 (cząstek stałych o średnicy odpowiednio 10 i 2,5 μm). Odpowiada również za ponad 41% emisji prekursorów ozonu troposferycznego oraz 23% emisji CO₂ 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 niewydzielaniem szkodliwych substancji do środowiska w miejscu realizacji usług, w tym emisji CO₂ i hałasu.

4.3.2 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.

Według raportu opublikowanego przez Europejską Agencję Środowiska (*Evaluating 15 years of transport and environmental policy integration – TERM 2015: Transport indicators tracking progress towards environmental targets in Europe*) transport jest jedynym sektorem w Europie, w którym odnotowano wzrost emisji gazów cieplarnianych w okresie od 1990. Wzrost sięgał poziomu aż 19,4%. Co więcej, podkreśla się, że transport jest głównym źródłem hałasu w Unii Europejskiej w miastach i poza nimi. Jak podaje raport, w 2012 roku ok. 125 mln mieszkańców UE było potencjalnie narażonych na poziom hałasu przekraczający 55 dB w porze dzień-noc. Poziom 55 dB określany jest według Państwowego Zakładu Higieny (PZH) jako średnio uciążliwy.

Zamiana napędu spalinowego na elektryczny pozwala na podniesienie jakości wdychanego powietrza i ograniczenia hałasu związanego z transportem. 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 CO₂ do atmosfery, a także poziom hałasu 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.

4.3.3 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. Najwięcej osób dorosłych chorowało na choroby układu krążenia, choroby obwodowego układu nerwowego. W zachorowalności dominują choroby: 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.

4.3.4 Efektywność społeczno-ekonomiczna inwestycji

Zmiany związane z wymianą taboru na elektryczny na ogół oznaczają 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 do prędkości, stanu nawierzchni, stopnia nachylenia dróg, możliwości wystąpienia kongestii oraz gęstości przystanków autobusowych. Według badań Standardised On-Road Test (SORT), pomiary zużycia paliwa pokazują: przejechanie trasy z wykorzystaniem 100 kWh energii, czy to w postaci paliwa płynnego, czy energii elektrycznej, pozwala pojazdom o napędzie konwencjonalnym na pokonanie ok. 22 km. Autobusem o napędzie zeroemisyjnym przy bardzo niekorzystnych warunkach przejedziemy ok. 40 km. W przypadku korzystnych warunków dystans ten wydłuży się nawet podwójnie.

5. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI

5.1. Kluczowe zmienne krytyczne

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru zeroemisyjnego. Analizie podlegał wariant 1 z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy - posiadał najwyższą rentowność - dla wariantu 1 określono wartość NPV na poziomie **756.943,01 PLN** i stopie zwrotu IRR równej **8,53 %**. (tabela 31, pkt 4.2).

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości wskazano w tabeli.

Tabela 36. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne

Analiza wrażliwości	NPV	IRR	Zmiana NPV (%)	Zmiana IRR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	572 719,27	7,46%		
Zmiana wartości inwestycji o +1%	493 030,10	6,93%	-13,91%	-0,53%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	542 185,11	7,28%	-5,33%	-0,18%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	571 726,71	7,45%	-0,17%	-0,01%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	540 493,57	7,28%	-5,63%	-0,18%
Zmiana liczby wzm o -1%	490 618,20	6,97%	-14,34%	-0,49%

Źródło: opracowanie własne.

Zmiennymi krytycznymi (zmiana wartości czynnik a o 1% wywołała zmianę wartości NPV o więcej niż -10%) okazała się praca przewozowa (-14,34%) oraz wartość inwestycji (-13,91%). Optymalne rozłożenie inwestycji w czasie powoduje, że wartości nakładów inwestycyjnych są dyskontowane i nie wywierają znacznego wpływu na wartość bieżącą netto projektu.

Do zmiennych niesklasyfikowanych jako krytyczne zaliczono zatem:

- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii.

5.2. Wartości progowe zmiennych krytycznych

Maksymalne możliwe wartości, które spowodują spadek wskaźnika NPV do 0 dla następujących czynników:

- wartość inwestycji,
- koszty energii elektrycznej,
- koszty napraw i konserwacji taboru,
- koszty wymiany baterii,
- zmiana liczby wozokilometrów.

wskazano w tabeli poniżej.

Tabela 37. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych

Analiza wrażliwości	Zmiana (%)
Maksymalna zmiana wartości inwestycji	+7%
Maksymalna zmiana kosztów energii elektrycznej	+18%
Maksymalna zmiana kosztów napraw i konserwacji	+575%
Maksymalna zmiana kosztów wymiany baterii	+17%
Maksymalna zmiana liczby wzkm	-6,9%

Źródło: opracowanie własne.

Analiza wartości progowych potwierdziła najsilniejszy wpływ na projekt zmian pracy przewozowej. Maksymalna zmiana liczby wozokilometrów wyniosła -6,9%.

6. ANALIZA RYZYKA

6.1. Czynniki ryzyka w projekcie

Tabela 38. Czynniki ryzyka w projekcie

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

Źródło: Opracowanie własne.

6.2. Matryca ryzyka

Tabela 39. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka

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

Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 40. Matryca ryzyka - sposób działania

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

Źródło: Opracowanie własne

7. ANALIZA PORÓWNAWCZA EKSPLOATACJI POJAZDÓW Z RÓŻNYMI NAPĘDAMI

Jednym z problemów współczesnego świata jest oparcie motoryzacji na paliwach pochodzących z ropy naftowej. Uzależnienie od krajów eksportujących ropę oraz stale wzrastająca cena przyczyniają się do poszukiwania nowych rozwiązań, w tym zastosowania jako źródła energii różnych paliw: gazu, wodoru, biopaliwa czy energii elektrycznej. W dzisiejszych czasach sektor motoryzacji przedstawia szeroką gamę samochodów ze względu na parametry techniczne oraz zastosowane w nich źródła energii: benzyna, ropa, gaz, prąd, biopaliwa, wodór. Można wyróżnić następujące rodzaje pojazdów: pojazd o napędzie konwencjonalnym, zeroemisyjnym oraz alternatywnym².

Zarówno pojazdy o napędzie zeroemisyjnym, jak i o napędzie konwencjonalnym posiadają wady i zalety. Głównymi wadami pojazdów o napędzie konwencjonalnym jest wyższy stopień emisji szkodliwych zanieczyszczeń niż w przypadku pojazdów o napędzie zeroemisyjnym. Do głównych zalet pojazdów o napędzie konwencjonalnym należą: nieograniczony zasięg, większa przestrzeń bagażowa, ładowność.

Zaletami pojazdów o napędzie zeroemisyjnym są: niska emisja zanieczyszczeń do środowiska, zdecydowanie niższe koszty pokonywania krótkich dystansów niż pojazdów o napędzie konwencjonalnym, mniejsze prawdopodobieństwo awarii konstrukcji, możliwość rekuperacji energii (odzyskiwania energii podczas hamowania), lepszy komfort jazdy ze względu na zmniejszenie hałasu pracy silnika oraz minimalizacja drgań. Głównymi wadami pojazdów elektrycznych są: krótki zasięg pojazdów, przeznaczenie głównie na tereny miejskie, cena zakupu pojazdu, wymagana infrastruktura ładująca, wysoka obecnie cena wymiany akumulatorów, utrata pojemności pasażerskiej ze względu na umiejscowienie baterii.

² ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2014 Seria: ORGANIZACJA I ZARZĄDZANIE z. 68 Nr kol. 1905, Dorota GAWROŃSKA Politechnika Śląska „WIELOKRYTERIALNA ANALIZA PORÓWNAWCZA POJAZDU Z SILNIKIEM SPALINOWYM I POJAZDU Z SILNIKIEM ELEKTRYCZNYM POD WZGLĘDEM FUNKCJONALNOŚCI ORAZ SKAŻENIA ŚRODOWISKA”

Tabela 41. Prognozowane koszty eksploatacji pojazdów o napędzie konwencjonalnym w porównaniu do pojazdów zeroemisyjnych

	Autobus elektryczny o napędzie zeroemisyjnym klasy MAXI				Autobus spalinowy o napędzie DIESEL klasy MAXI		
	Z ogrzewaniem	Z klimatyzacją	Bez ogrzewania i klimatyzacji		Z ogrzewaniem	Z klimatyzacją	Bez ogrzewania i klimatyzacji
Zużycie energii [kWh/100km]	190,00	170,00	135,00	Zużycie paliwa płynnego [l/100km]	43	43	41
Cena za 1 kWh [zł]	0,58			Cena za 1 l paliwa [zł]	4,04*		
Koszt energii elektrycznej na 100 km [zł]	110,20	98,60	78,30	Koszt paliwa na 100 km [zł]	173,72	173,72	165,64
Cena autobusu elektrycznego [zł]	2 100 000,00			Cena autobusu spalinowego [zł]	800 000,00		
Całkowity przebieg	1 350 000			Całkowity przebieg	1 350 000		
Koszt eksploatacji autobusu elektrycznego [zł]	1 487 700,00	1 331 100,00	1 057 050,00	Koszt eksploatacji autobusu spalinowego [zł]	2 345 220,00	2 345 220,00	2 236 140,00
Całkowity koszt zakupu oraz eksploatacji autobusu							
TCO autobusu elektrycznego [zł]	3 587 700,00	3 431 100,00	3 157 050,00	TCO autobusu spalinowego [zł]	3 145 220,00	3 145 220,00	3 036 140,00
Dodatkowy koszt autobusu elektrycznego [zł]	442 480,00	285 880,00	120 910,00				
Dodatkowy koszt autobusu elektrycznego na 100 km [zł]	32,78	21,18	8,96				

* Średni koszt paliwa w województwie

Źródło: Opracowanie własne.

Powyższa tabela podkreśla fakt, że koszt eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest większy niż eksploatacja autobusów spalinowych. Można zauważyć, że im wyższy przebieg autobusu o napędzie zeroemisyjnym, tym koszty się zmniejszają. Jeżeli do kosztów eksploatacji dodamy koszty środowiskowe, korzyści z eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest dużo więcej niż z eksploatacji autobusów o napędzie konwencjonalnym.

WNIOSKI I REKOMENDACJE

Przeprowadzona „Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych na terenie Gminy Miasta Oświęcim oraz gmin, które zawarły z Gminą Miastem Oświęcim porozumienia międzygminne w sprawie organizacji publicznego transportu zbiorowego” 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. Otrzymanie dofinansowania w wysokości 65% spowoduje obniżenie kosztów inwestycji i tym samym przyczyni się do opłacalności inwestycji w tabor o napędzie zeroemisyjnym,
3. Struktura wielkościowa taboru nie powinna ulec znaczącym zmianom. Nowe pojazdy zeroemisyjne po uzyskaniu dofinansowania powinny zastąpić najbardziej wyeksploatowane autobusy o napędzie konwencjonalnym, gwarantując wciąż dopasowanie wielkości pojazdów do popytu efektywnego w przewozach komunikacji miejskiej,
4. Wymiana pojazdów wykorzystywanych do świadczenia usług komunikacji miejskiej powinna spełniać najwyższe normy emisji spalin, które przyczynią się do wspierania przedsięwzięć proekologicznych,
5. Wyłączenie z obsługi podróжных przestarzałego taboru wpłynie pozytywnie na wizerunek spółki i zachęci mieszkańców do korzystania z komunikacji zbiorowej.

SPIS TABEL

Tabela 1. Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MZK spółka z o.o. w Oświęcimiu	11
Tabela 2. Wiek taboru MZK.....	13
Tabela 3. Średnie spalanie pojazdów w rozróżnieniu na klasę pojazdów.....	16
Tabela 4. Emisja spalin pojazdów o zróżnicowanym spełnianiu normy emisji spalin	18
Tabela 5. Szacowana roczna emisja spalin eksploatowanego taboru MZK	20
Tabela 6. Planowane łączne wzkm ze świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2019 roku.....	21
Tabela 7. Planowane wzkm na obszarze pozamiejskim ze świadczenia usług pasażerskiego transportu publicznego w 2019 roku	22
Tabela 8. Wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych.....	35
Tabela 9. Przebieg linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji	43
Tabela 10. Czas potrzebny do naładowania baterii w zależności od pojemności akumulatora oraz sposobu ładowania.....	46
Tabela 11. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów o napędzie zeroemisyjnym.....	47
Tabela 12. Planowane wprowadzenie inwestycji wariantu „1”.....	48
Tabela 13. Etapowanie linii komunikacyjnych zaproponowanych do elektryfikacji	49
Tabela 14. Ostatnie zrealizowane przetargi na zakup pojazdów wodorowych o napędzie zeroemisyjnym.....	50
Tabela 15. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	52
Tabela 16. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - MZK Oświęcim [PLN]	55
Tabela 17. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN].....	56
Tabela 18. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN].....	57
Tabela 19. Wartość wydatków eksploatacyjnych MZK Oświęcim dla wariantu 0, 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN].....	58
Tabela 20. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2021-2025 [PLN].....	59
Tabela 21. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2026-2030 [PLN].....	59
Tabela 22. Wartość nakładów inwestycyjnych, nakładów eksploatacyjnych i przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2031-2035 [PLN].....	60
Tabela 23. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim [PLN].....	60
Tabela 24. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 - MZK Oświęcim.....	61
Tabela 25. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 - MZK Oświęcim.....	62

Tabela 26. Wartość (w jedn. naturalnych) efektów środowiskowych dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 - MZK Oświęcim.....	63
Tabela 27. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2021-2025 [PLN]	63
Tabela 28. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2026-2030 [PLN]	64
Tabela 29. Wartość zmonetyzowanych efektów środowiskowych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 w latach 2031-2035 [PLN]	64
Tabela 30. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN] w latach 2021-2035	65
Tabela 31. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN]	65
Tabela 32. Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN] w latach 2021-2035 - wariant z dotacją	66
Tabela 33. Ocena efektywności inwestycji MZK Oświęcim dla wariantu 1 i 2 [PLN]	66
Tabela 34. Normy stężeń pyłu zwieszonego według WHO	70
Tabela 35. Emisje CO ₂ pochodzące ze spalania paliw - struktura sektorowa, lata 1990-2009.....	72
Tabela 36. Analiza wrażliwości - zmienne krytyczne	77
Tabela 37. Analiza wrażliwości - progowe wartości zmiennych	78
Tabela 39. Czynniki ryzyka w projekcie	79
Tabela 40. Matryca ryzyka - klasyfikacja poziomu ryzyka.....	80
Tabela 41. Matryca ryzyka - sposób działania	80
Tabela 42. Prognozowane koszty eksploatacji pojazdów o napędzie konwencjonalnym w porównaniu do pojazdów zeroemisyjnych.....	82

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1. Procentowy udział autobusów w zależności od pojemności eksploatowanych przez MZK	12
Wykres 2. Rok produkcji pojazdów MZK	13
Wykres 3. Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowanego przez MZK	14
Wykres 4. Procentowy udział pojazdów, w całości taboru eksploatowanego przez MZK, przeznaczonych do wymiany.....	15
Wykres 5. Procentowy udział pojazdów obsługiwanych przez MZK ze względu na klasę.	15
Wykres 6. Podział taboru ze względu na rodzaj napędu	16
Wykres 7. Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin w całości taboru eksploatowanego przez MZK	17
Wykres 8. Procentowy udział poszczególnych gmin obsługiwanych przez MZK	23
Wykres 9. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu 0, 1 i 2 - MZK Oświęcim	54

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1. Wykaz porozumień międzygminnych Miasta Oświęcim	9
Rysunek 2. Przebieg linii komunikacyjnej nr 8	37
Rysunek 3. Przebieg linii komunikacyjnej nr 9	39
Rysunek 4. Przebieg linii komunikacyjnej nr 10	41
Rysunek 5. Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM _{2,5} - stężenia roczne (wyniki modelowania CALPUFF z uwzględnieniem wyników pomiarów)	69
Rysunek 6. Rozkład stężeń pyłu zawieszonego PM ₁₀ - stężenia roczne (wyniki modelowania CALPUFF z uwzględnieniem wyników pomiarów)	70
Rysunek 7. Emisja dwutlenku węgla w 2016 r w Polsce	71