

**Analiza kosztów
i korzyści związanych
z wykorzystaniem autobusów
zeroemisyjnych przy
świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej
organizowanej przez Miasto
Siedlce**

Projekt do konsultacji społecznych

Siedlce, 2021

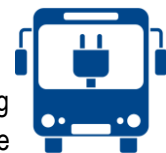


Opracowanie zostało wykonane na zlecenie
Miasta Siedlce

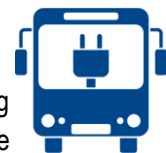
Autorami niniejszego opracowania dla Miasta
Siedlce są członkowie zespołu specjalistów
ds. publicznego transportu zbiorowego
REFUNDA z Wrocławia.



www.refunda.pl

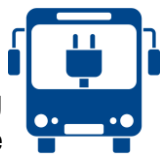


Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji.



Spis treści

Wykaz skrótów i pojęć.....	5	4.2.4. Zgeneralizowane koszty transportu na jednostkę pracy przewozowej	63
1. Podstawy przeprowadzonej analizy.....	6	4.3. Wariantowa analiza społeczno-ekonomiczna wraz z wyceną kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji	63
1.1. Uwarunkowania prawne.....	6	4.4. Analiza wrażliwości	77
1.2. Konsultacje społeczne	7	4.5. Analiza ryzyka	79
1.3. Cel opracowania	8	5. Wnioski i rekomendacje	84
1.4. Przedmiot opracowania.....	8	6. Spis tabeli i rysunków	85
1.5. Podmiot opracowania.....	8		
1.5.1. Wymagania wynikające z zawartych umów	9		
1.5.2. Istniejąca sieć komunikacyjna	10		
1.5.3. Flota operatora	14		
2. Metodyka analizy	22		
2.1. Dane ekonomiczno-finansowe	22		
2.2. Zastosowane metody	23		
2.2.1. Analiza finansowa	23		
2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna	25		
2.2.3. Analiza wrażliwości	26		
2.2.4. Analiza ryzyka	27		
2.3. Procedura analizy	30		
3. Analiza opcji inwestycyjnych.....	31		
3.1. Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne	32		
3.1.1. Wariant „0”	41		
3.1.2. Wariant „1”	42		
3.1.3. Wariant „2”	44		
3.1.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	45		
4. WYNIKI.....	47		
4.1. Analiza finansowa	47		
4.2. Analiza społeczno-ekonomiczna	55		
4.2.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO ₂)	55		
4.2.2. Koszty zmiany klimatu.....	60		
4.2.3. Koszty społeczne emisji hałasu.....	61		



Wykaz skrótów i pojęć

Słownik pojęć

AKK - Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej.

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

Tabor zeroemisyjny - autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym.

Ustawa PTZ - ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U.2021 poz. 1371 z późn. zm.).

PTZ – publiczny transport zbiorowy.

MAXI – klasa autobusu o długości od 11 do 13 metrów.

MIDI - klasa autobusu średniej wielkości autobus, o długości od 9 do 10,5 m

MEGA - autobus wieloosiowy, o długości od 15 do 24 metrów

MPK - Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Siedlcach sp. z o. o.

NFOŚiGW - Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej

IRR - wewnętrzna stopa zwrotu

NPV - Wartość bieżąca netto NPV (ang. net present value),

ERR –ekonomiczna stopa zwrotu (ang. economic rate of return)

UM – Urząd Miasta.

ON – olej napędowy.

BEV - elektryczne pojazdy bateryjne.

FCEV - elektryczne pojazdy wodorowe

UoEiPA – Ustawa o Elektromobilności i Paliwa Alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. 2021 poz. 110 t.j.).

Operator - Operator publicznego transportu zbiorowego Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o. w Siedlcach.

OZE – odnawialne źródła energii.

Inwestycja – działanie polegające na zakupie taboru autobusowego.

Niska emisja - emisja pyłów i gazów na wysokości do 40 m. Zanieczyszczenia pochodzą z sektora komunalno-bytowego (pieców grzewczych i kotłowni węglowych) oraz z sektora transportu spalinowego.

b(a)p - benzo(a)piren.

NMVOC - Non-methane volatile organic compound - lotne związki organiczne niemetanowe.

MWh – megawatogodzina.

Napęd elektryczny – pojazd wyposażony wyłącznie w silnik elektryczny.

WACC – średni ważony koszt kapitału;



1. Podstawy przeprowadzonej analizy

1.1. Uwarunkowania prawne

W ramach niniejszego opracowania uwzględniono zapisy w szczególności;

terytorialna” (Dz. Urz. UE z dn. 13.02.2015 r., poz. L 38/1);

● Obowiązujące przepisy prawa:

- ustawę z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz. U. z 2018 r., poz. 317);
- ustawę z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2010 r. poz. 1077, z późn. zm.);
- ustawę z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. z 2021 poz. 1371 z późn. zm.);
- ustawę z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2021, poz. 1372 z późn. zm.);
- rozporządzenie wykonawcze Komisji (UE) 2015/207 z dnia 20 stycznia 2015 r. ustanawiające szczegółowe zasady wykonania rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1303/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdania z postępów, formatu dokumentu służącego przekazywaniu informacji na temat dużych projektów, wzorów wspólnego planu działania, sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Inwestycje na rzecz wzrostu i zatrudnienia”, deklaracji zarządczej, strategii audytu, opinii audytowej i rocznego sprawozdania z kontroli oraz metodyki przeprowadzania analizy kosztów i korzyści, a także zgodnie z rozporządzeniem Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1299/2013 w odniesieniu do wzoru sprawozdań z wdrażania w ramach celu „Europejska współpraca

● Opracowania dotyczące analizy kosztów i korzyści:

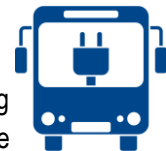
- „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.
- „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, opracowanie Komisja Europejska, grudzień 2014 r.
- „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. Konsultacje społeczne

Niniejszy dokument został poddany trzytygodniowym konsultacjom społecznym w dniach Założeniem przeprowadzenia konsultacji społecznych było poinformowanie mieszkańców Miasta Siedlce o działaniach przewidzianych w niniejszym AKK oraz umożliwienie im czynnego udziału w postaci zgłaszania uwag i rozwiązań które uważane są za preferowane.

Informacja o konsultacjach została opublikowana w ...



1.3. Cel opracowania

Celem opracowania jest ocena efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego za pomocą analizy kosztów i korzyści.

Cel zostanie osiągnięty poprzez realizację celów szczegółowych, w tym;

- Wytypowanie oraz kwantyfikację kosztów finansowych i społeczno-ekonomicznych taboru istniejącego oraz będącego przedmiotem Inwestycji,
- Wskazanie i wycenę korzyści finansowych i społeczno-ekonomicznych w przypadku inwestycji w tabor zeroemisyjny.

1.4. Przedmiot opracowania

Niniejsza analiza została sporządzona na zlecenie Miasta Siedlce będącego Organizatorem w rozumieniu przepisów ustawy z dnia 16 grudnia 2010 roku o publicznym transporcie zbiorowym (Dz.U. z 2021 poz. 1371 z późn. zm.). Przedmiotem opracowania jest analiza kosztów i korzyści związanych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów

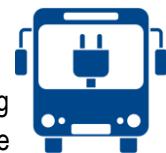
cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych.

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.

1.5. Podmiot opracowania

Miasto Siedlce jako Organizator transport w myśl ustawy o PTZ, pełni funkcje organizatorskie dla zadań z zakresu PTZ na sieci miejskich przewozów pasażerskich obejmujących linie komunikacyjne na obszarze Miasta Siedlce oraz sąsiednich gmin zapewniając komunikację na terenach gmin, z którymi miasto podpisało porozumienia międzygminne do realizacji zadań publicznych w zakresie lokalnego transportu zbiorowego.

PTZ organizowany przez Miasto Siedlce jest jednym z elementów systemu transportowego obszaru opracowania. Operatorem PTZ na sieci komunikacyjnej organizowanej przez Miasto Siedlce jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Siedlcach sp. z o. o. Podstawową działalnością MPK jest świadczenie usług przewozu osób na terenie Miasta Siedlce, powiatu siedleckiego i okolicznych miejscowości



1.5.1. Wymagania 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 Siedlce jako organizator PTZ na sieci komunikacyjnej w przewozach pasażerskich, obejmuje linie komunikacyjne na terenie Miasta Siedlce oraz poszczególne linie na obszarze gmin, z którymi zawarte

zostały stosowne porozumienia międzygminne. Na dzień zawarcia umowy Miasto Siedlce pozostaje stroną porozumień międzygminnych zawartych z: Gminą Siedlce, Gminą Kotuń, Gminą Mokobody, Miastem i Gminą Mordy, Gminą Skórzec, Gminą Suchożebry, Gminą Wiśniew oraz Gminą Zbuczyn. Do zadań organizatora należy między innymi planowanie, organizowanie i zarządzanie PTZ.



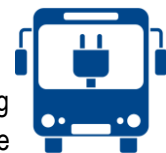
Rysunek 1 Porozumienia międzygminne
Źródło: Opracowanie własne



1.5.2. Istniejąca sieć komunikacyjna

Miasto Siedlce jako Organizator PTZ w świetle ustawy o PTZ organizuje transport miejski transport pasażerski na sieci komunikacyjnej, która jest układem linii komunikacyjnych. Obecnie MPK na zlecenie Organizatora obsługuje 14 regularnych linii autobusowych na terenie miasta, dodatkowo w okresie świąt Wszystkich Świętych uruchamiane są dodatkowe linie LS1, LS2, LS3, LS4 oraz LS5. Wykonywane są również kursy na liniach pozamiejskich, łącznie są to 23 linie. Obsługa linii pozamiejskich przez MPK możliwa jest dzięki podpisaniu porozumień międzygminnych pomiędzy jednostkami samorządu na podstawie ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym Dz. U. 2001 Nr 142, poz. 1591 z późn. zm. Roz. 7, art. 74. „Gminy mogą zawierać porozumienia międzygminne w sprawie powierzenia jednej z nich określonych przez nie zadań publicznych”. Na mocy tych porozumień gminy, z którymi zostały one podpisane powierzają Miastu Siedlce 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.

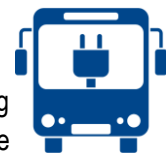
Poniżej w tabeli zaprezentowane zostały przebiegi linii autobusowych obsługiwanych przez MPK. Linie tworzą aktualną sieć komunikacyjną obsługiwaną autobusami na zlecenie Organizatora Miasta Siedlce.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Tabela 1 Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MPK

Linia	Trasa przebiegu	Długość linii (km)
Linie miejskie		
3	Kalinowa - Leśna - Garwolińska - Unitów Podlaskich - Romanówka - Garwolińska - Partyzantów - 3 Maja - Armii Krajowej - Wojskowa - Sokołowska - Rynkowa - Czerwonego Krzyża - Jagiełły - Chrobrego - Graniczna - Mireckiego - Dąbrowskiego - Poniatowskiego - Bema - Kazimierzowska - Wyszyńskiego - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Armii Krajowej - Świętojańska - Partyzantów - Garwolińska - Romanówka - Unitów Podlaskich - Garwolińska - Leśna - Kalinowa .	15,5
4	Kurpiowska - Kraszewskiego - Mazurska - Monte Cassino - Warszawska - Piłsudskiego - Floriańska - Brzeska - Wyszyńskiego - Kazimierzowska - Prusa - Poniatowskiego - Jana Pawła II - Poniatowskiego - Dąbrowskiego - Mireckiego - Graniczna - Chrobrego - Sokołowska - Wojskowa - Piłsudskiego - Warszawska - Monte Cassino - Mazurska - Kurpiowska .	13,6
9	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Sienkiewicza - Świętojańska - Partyzantów - Zbrojna - Składowa Centrum Przesiadkowe - Składowa - Grabianowska - Południowa - Łukowska - Torowa - Floriańska - Kościuszki - Konarskiego - Prusa - Kazimierzowska - Bema - Poniatowskiego - Dąbrowskiego - Mireckiego - Graniczna - Chrobrego - Sokołowska - Wojskowa - Armii Krajowej - Dworzec PKP .	13,2
12	MPK Starzyńskiego - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Warszawska - Daszyńskiego - Piaski Zamiejskie .	8,0
16	Unitów Podlaskich - Romanówka - Garwolińska - Monte Cassino - Mazurska - Kurpiowska - Kraszewskiego - Partyzantów - 3 Maja - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska (Janowska - Kasztanowa) - Terespolska - Mostostal .	10,5
18	MPK - Starzyńskiego - Starowiejska - Kasztanowa - Janowska - Starowiejska - Piłsudskiego - Warszawska - Poznańska - Daszyńskiego - Piaski Zamiejskie .	10,1
20	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Szkolna - Tetmajera - Spokojna - Piaskowa - Nowy Świat - Żytnia - Sokołowska - Chrobrego - Graniczna - Mireckiego - Dąbrowskiego - Bema - Kazimierzowska - Jana Pawła II - Park Wodny .	8,4
22	Unitów Podlaskich - Romanówka - Garwolińska - Partyzantów - Zbrojna - Składowa - Centrum Przesiadkowe - Składowa - Grabianowska - Południowa - Cytrynowa - Radzyńska - Łukowska - Torowa - Floriańska - Piłsudskiego - Armii Krajowej - Dworzec PKP .	9,6
27	Piaski Zamiejskie Działki - Dworzec PKP - Armii Krajowej - Daszyńskiego - Warszawska - Piłsudskiego - 10 Lutego - Popiełuszki - Rynkowa - Czerwonego Krzyża - Broniewskiego - Plac Wolności - Prusa - Poniatowskiego - Bema - Kazimierzowska - Starowiejska - Janowska - Kasztanowa - Starowiejska .	11,3
28	Piaski Zamiejskie Działki - Daszyńskiego - Warszawska - Plażowa - Poznańska - Warszawska - Monte Cassino - Okrężna - Kurpiowska - Mazurska - Kaszubska Pescantina - Żeglarska - Unitów Podlaskich - Garwolińska - Leśna - Kalinowa .	5,9
31	Unitów Podlaskich - Romanówka - Garwolińska - Monte Cassino - Mazurska - Kurpiowska - Kraszewskiego - Partyzantów - Zbrojna - 3 Maja - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Floriańska - Brzeska - Ujrzanowska - Terespolska - Terespolska Sucharskiego - Centrum Przesiadkowe - Składowa - Ziuty Buczyńskiej - Brzeska .	9,3

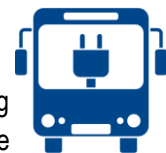


Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

32	Terespolska Sucharskiego- Terespolska – Ujrzanowska - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Wojskowa - Sokołowska/Uczelnia.	7,9
33	Terespolska Sucharskiego- Terespolska – Ujrzanowska - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Warszawska - Daszyńskiego - Piaski Zamiejskie.	10,3
35	Kalinowa - Leśna - Garwolińska - Unitów Podlaskich - Żeglarska Pescantina - Kaszubska - Mazurska - Kurpiowska - Kraszewskiego - Partyzantów – Zbrojna - Składowa Centrum Przesiadkowe - Składowa - Torowa - Floriańska - Piłsudskiego - Kościuszki - Świrskiego – Orzeszkowej - Konarskiego - Poniatowskiego - Dąbrowskiego - Mireckiego - Graniczna - Mieszka I – Sokołowska pętla.	11,7
LS1	Cmentarz Cmentarna – 10 Lutego – Piłsudskiego - Starowiejska - Janowska Zaciszna.	3,9
LS2	Kurpiowska – Kraszewskiego - Mazurska – Monte Cassino - Warszawska– Piłsudskiego - Starowiejska - Janowska Zaciszna.	6,0
LS3	Kalinowa – Leśna – Garwolińska – Unitów Podlaskich – Romanówka – Garwolińska – Partyzantów- Zbrojna-Składowa-Grabianowska-Południowa-Łukowska-Buczyńskiej-Budowlana-Starzyńskiego- Starowiejska - Janowska Zaciszna.	9,0
LS4	Chrobrego – Graniczna – Mireckiego – Dąbrowskiego – Bema – Kazimierzowska - Starowiejska - Janowska Zaciszna.	5,9
LS5	Piaski Piamejskie – Daszyńskiego – Warszawska – Piłsudskiego - Starowiejska - Janowska Zaciszna.	8,1

Linie podmiejskie

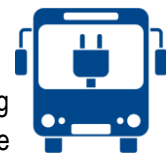
1	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Warszawska – Nowe Iganie- Nowe Opole.	7,8
2	Dworzec PKP - Armii Krajowej – Sienkiewicza - Świętojańska - Partyzantów – Garwolińska- Żelków Kolonia – Żelków – Dąbrówka Ług - Skórzec.	14,8
5	Dworzec PKP Unitów Podlaskich - Romanówka – Garwolińska - Partyzantów – 3 Maja - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Kazimierzowska - Żabokliki - Topórek – Jagodnia - Golice.	11,7
6	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Janowska - Stok Lacki - Pustki -Grubale - Osiny.	11,1
7	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Floriańska - Torowa - Łukowska - Grabianów - Białki – Zachojniak - Mościbrody – Wólka Wiśniewska.	17,7
8	Dworzec PKP - Armii Krajowej – Sienkiewicza - Świętojańska - Partyzantów - Artyleryjska -Domanicka - Rakowiec – Wołyńce - Teodorów – Gołąbek – Lipniak.	18,3
10	Kurpiowska - Kraszewskiego - Partyzantów - 3-go Maja - Armii Krajowej - Wojskowa - Sokołowska - Strzała – Chodów - Wola Sochożebrska.	13,3
11	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Floriańska - Brzeska - Ujrzanów - Świercze - Ługi Rętki - Lipiny - Ługi Wielkie – Bzów - Tarcze - Cielemęc - Czuryły - Choja-Rzążew- Bzów.	23,0
13	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Warszawska – Nowe Iganie - Nowe Opole - Ostrówek - Wyłazy - Niwiski.	13,8



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

14	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Kasztanowa - Janowska - Stok Lacki - Pieńki Pruszyńskie - Wyczółki - Wielgorz - Leśniczówka - Krzymosze - Radzików Stopki - Radzików Wielki.	26,1
15	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Kazimierzowska - Żabokliki - Golice - Błogoszcz - Pruszynek - Pruszyn.	13,4
17	Kurpiowska - Kraszewskiego - Partyzantów - 3 Maja - Armii Krajowej - Wojskowa - Sokołowska - Strzała - Strzałka - Purzec - Borki Siedleckie - Przygody - Suchożebry - Wola Suchożebrska.	14,0
19	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Warszawska - Nowe Iganie - Nowe Opole - Stare Opole - Gręzów.	10,8
21	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Floriańska - Brzeska - Ujrzanów - Świercze - Chromna - Zdany - Zbuczyn.	17,4
23	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Kazimierzowska - Oгородowa - Bpa Mazura - Starowiejska - Kasztanowa - Janowska - Stok Lacki.	8,6
24	MPK Starzyńskiego - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Armii Krajowej - Świętojańska - Partyzantów - Zbrojna - Składowa - Centrum Przesiadkowe - Składowa - Grabianowska - Południowa - Cytrynowa - Radzyńska - Łukowska - Grabianów.	10,6
25	Plac Wolności - Broniewskiego - Mireckiego - Dąbrowskiego - Poniatowskiego - Bema - Kazimierzowska - Prusa - Konarskiego - Świrskiego - Orzeszkowej - Piłsudskiego - Armii Krajowej - Świętojańska - Partyzantów - Zbrojna - Składowa - Centrum Przesiadkowe - Składowa - Grabianowska - Południowa - Cytrynowa - Radzyńska - Łukowska - Grabianów.	12,9
26	Dworzec PKP - Armii Krajowej - Piłsudskiego - Starowiejska - Janowska - Stok Lacki - Pustki - Grubale - (Osiny-Grubale) - Tarcze - Cielmęc - Czuryły - Choja - Rzążew - Bzów.	17,6
30	Terespolska Sucharskiego - Terespolska - Ujrzanowska - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Warszawska - Nowe Iganie - Nowe Opole.	13,2
37	MPK Starzyńskiego - Brzeska - Ujrzanowska - Terespolska - Ujrzanów - Białki - Zachojniak.	14,6
38	Terespolska Sucharskiego - Terespolska - Ujrzanowska - Brzeska - Floriańska - Piłsudskiego - Wojskowa - Sokołowska - Strzała - Strzałka - Purzec - Borki Siedleckie - Przygody - Suchożebry.	16,8
42	Sokołowska pętla - Sokołowska - Wojskowa - Armii Krajowej - Świętojańska - Partyzantów - Garwolińska - Żelków Kolonia - Żelków - Dąbrówka Ług - Skórzec.	17,3
43	Sokołowska pętla - Sokołowska - Wojskowa - Piłsudskiego - Warszawska - Nowe Iganie - Nowe Opole - Stare Opole - Gręzów.	12,6

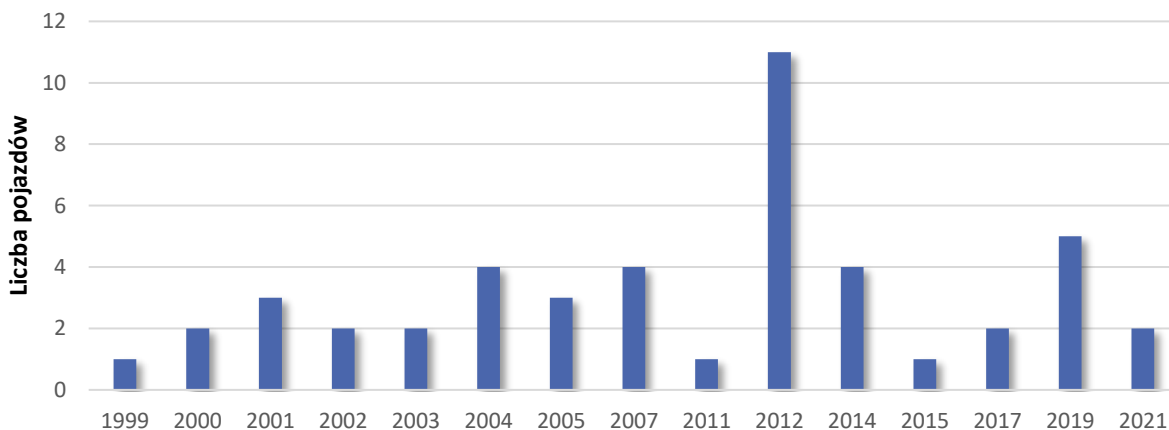
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych z UM Siedlce



1.5.3. Flota operatora

Według stanu na rok 2021 Operator dysponuje 47 autobusami do przewozów miejskich oraz podmiejskich. Operator dysponuje flotą w której różnica

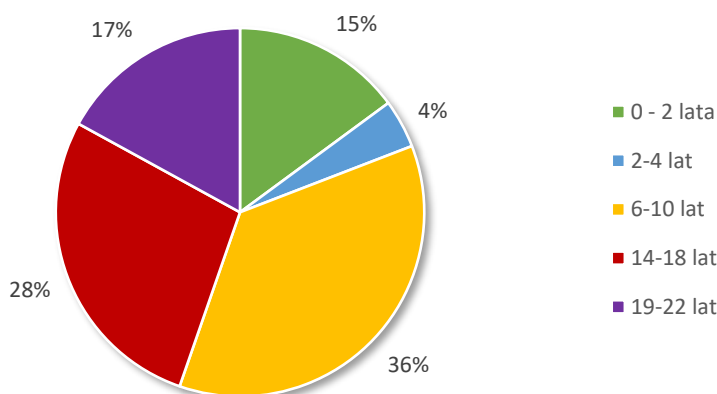
wieku pomiędzy najstarszym a najnowszym pojazdem wynosi 20 lat.



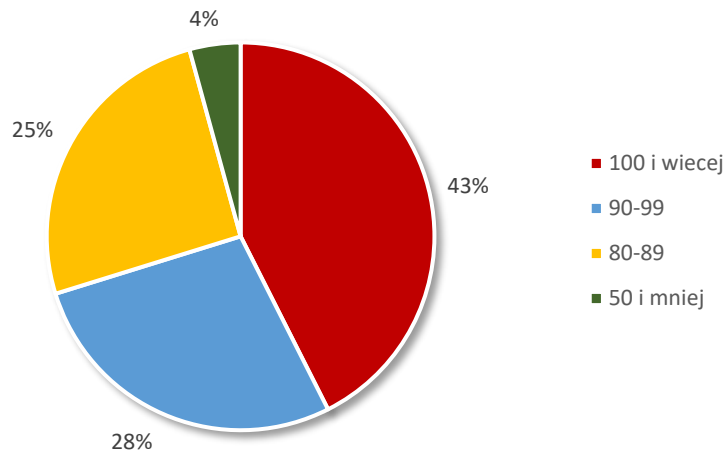
Wykres 1 Rok produkcji pojazdów Operatora
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

Średni wieku taboru wynosi 11,3 lat. Najwięcej pojazdów, 11 sztuk wyprodukowane zostało w 2012 roku. We flocie znajdują się dwa autobusy, które mają 21 lat. W 2017 roku zakupiono również autobusy klasy MAXI również spełniające normę emisji spalin EURO

VI. W 2019 roku zostało zakupionych 5 nowych autobusów klasy MIDI napędzanych olejem napędowym, które charakteryzują się normą emisji spalin EURO VI. Poniżej przedstawiono wykres kołowy na którym widnieje struktura wiekowa autobusów.



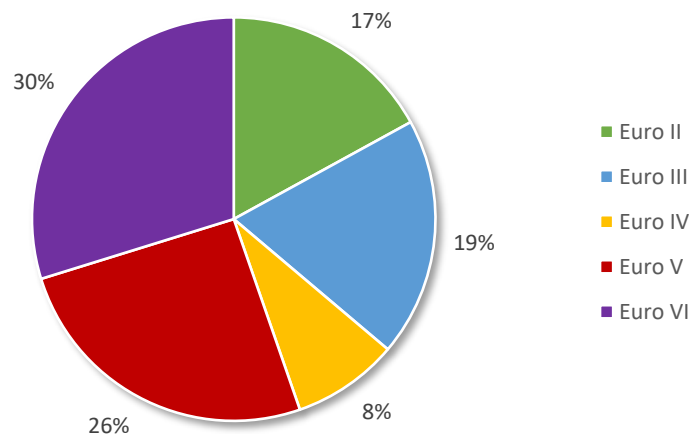
Wykres 2 Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowany przez Operatora.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce



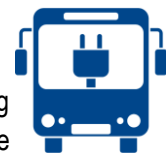
Wykres 3 Procentowy udział pojazdów w zależności od pojemności wyrażonej w ilości pasażerów w flocie MPK.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

Jak widać z powyższego wykresu tabor Operatora jest zróżnicowany pod względem pojemności wyrażonej w ilości pasażerów mogących przebywać w pojeździe podczas kursów. Dane te są określane przez producenta pojazdów. Większość pojazdów bo 20 sztuk czyli 43% w ogólnym udziale, są to pojazdy, które mogą transportować ponad 100 osób. Są to głównie autobusy o długości 12 m, w tym dwa autobusy o długości 18 m, co oznacza, że ich zdolność przewozowa wynosi 179

osób. Kolejną grupą są autobusy o zdolności przewozowej pomiędzy 90 a 99 osób, takich pojazdów jest 13 co daje 28%, są to pojazdy o długości 12 m. Pojazdy o pojemności pomiędzy 80 a 89 pasażerów stanowią 25% wszystkich pojazdów, czyli jest to 12 pojazdów o długości 10 m. Ostatnią grupę stanowią autobusy o pojemności 50 pasażerów i mniej, takich pojazdów są 2 sztuki co daje 4% w ogólnym udziale, autobusy mają długość 7,6 m.



Wykres 4 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin we w flocie MPK.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

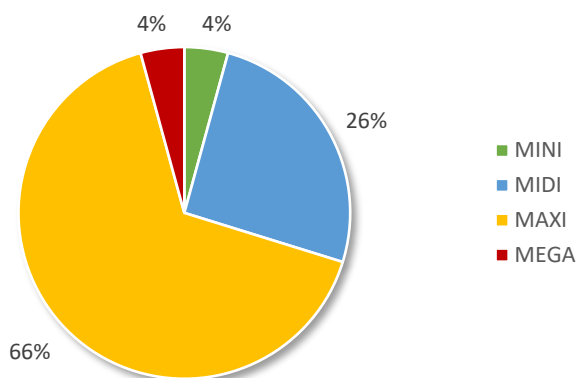


Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Norma emisji spalin w pojazdach eksploatowanych przez MPK jest różnorodna. Jak widać na powyższym wykresie ponad 50% pojazdów eksploatowanych spełnia normy EURO V i VI, dokładnie to 30% EURO VI i 26% EURO V co w ujęciu ilościowym daje po 12 autobusów dla normy EURO V oraz 14 sztuk EURO VI. Tabor MPK jest modernizowany i udział pojazdów spełniających najnowsze normy spalin rośnie. Kolejną grupą są pojazdy spełniające normę EURO IV jest to 8% co w daje 4 pojazdy, następnie pojazdy spełniające

normę EURO III to 19% taboru czyli 9 pojazdów. Ostatnią grupę stanowią pojazdy spełniająca najniższą normę emisji spalin czyli EURO II jest to 17% pojazdów czyli

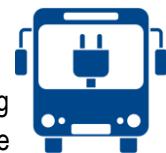
8 sztuk. Urząd Miasta prowadzi szeroko zakrojone działania na rzecz poprawy jakości powietrza w tym wymianę taboru na nowy. W trakcie pisania opracowania został złożony przez UM Siedlce wniosek do NFOŚiGW na dofinansowanie zakupu 3 autobusów elektrycznych wraz z infrastrukturą.



Wykres 5 Procentowy udział pojazdów w zależności od klasy pojazdu.
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

Większość pojazdów wykorzystywanych przez MPK to pojazdy klasy MAXI co oznacza, że są to pojazdy o długości od 11 m do 13 m, dokładnie to 31 pojazdów w ujęciu procentowym - 66%. Kolejną grupą są pojazdy typu MIDI od 9 m do 10,5 m czyli 12 pojazdów co daje 26% w ujęciu całościowym. Następnie pojazdy o długości od 6 do 8 m czyli klasa MINI, takich pojazdów w swojej flocie MPK posiada 2 sztuki czyli 4%. Ostatnią grupą pojazdów są pojazdy klasy MEGA czyli od 15 m do 24 m, MPK posiada 2 takie autobusy, w ujęciu procentowym jest to 4% - są to pojazdy przystosowane do obsługi największych potoków pasażerskich.

Obecnie cały tabor eksploatowany przez MPK jest napędzany olejem napędowym (ON) czyli jest taborem z napędem konwencjonalnym. Należy jednak mieć na uwadze, że UM Siedlce złożył wniosek NFOŚiGW o dofinansowanie pojazdów zeroemisyjnych elektrycznych.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Sieć transportu publicznego na terenie miasta Siedlce obejmuje 14 linii miejskich oraz 23 linie pozamiejskie, dodatkowo uruchamiane są linie specjalne LS1, LS2, LS3, LS4 oraz LS5 szczegóły tras zostały podane powyżej w tabeli nr 1. Komunikacje miejska

wykonywana jest na terenie miasta Siedlce oraz 8 gmin z którymi miasto zawarło porozumienie międzygminne. W 2019 roku wykonano 2 391 643,00 km natomiast w 2020 wykonano 2 092 736,00.

Tabela 2 Łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2019 roku dla linii miejskich i pozamiejskich

I.p.	Dni eksploatacji	Linie miejskie [km]	Linie pozamiejskie [km]	Łącznie [km]
1	Dni nauki szkolnej	799 362,0	890 564,0	1 689 926,0
2	Dni wolne od nauki szkolnej	153 811,0	163 170,0	316 981,0
3	Soboty	81 120,0	105 470,0	186 590,0
4	Niedziele i święta	83 762,0	114 384,0	198 146,0
		1 118 055,00	1 273 588,00	2 391 643,00

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

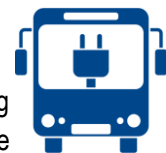
Tabela 3 Łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2020 roku dla linii miejskich i pozamiejskich

I.p.	Dni eksploatacji	Linie miejskie [km]	Linie pozamiejskie [km]	Łącznie [km]
1	Dni nauki szkolnej	652 316,0	859 342,0	1 511 658,0
2	Dni wolne od nauki szkolnej	116 900,0	158 446,0	275 346,0
3	Soboty	68 675,0	81 165,0	149 840,0
4	Niedziele i święta	72 541,0	83 351,0	155 892,0
		910 432,0	1 182 304,0	2 092 736,0

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

Spadek pracy eksploatacyjnej w roku 2020 względem 2019 roku wynosi 298 907 km w ujęciu procentowym jest to ok. 12% mniejsza praca przewozowa. Spadek ten wynika z ogólnoświatowej sytuacji pandemicznej, wiele Organizatorów PTZ oraz Operatorów zdecydowało się na organicznie liczby kursów oraz zmniejszenie częstotliwości z uwagi na mniejsze zapotrzebowanie na usługi przewozowe wynikające z

zamknięcia szkół oraz pracy w tzw. trybie zdalnym. W podziale na linie miejskie oraz pozamiejskie spadek kształtuje się kolejno 207 623 km co daje spadek ok. 18% oraz 91 284 km czyli 7% spadek. Niższy spadek dla linii pozamiejskich wynika z faktu, że często mają one mniejszy takt niż linie miejskie, ucięcie kursów spowodowałoby pozbawianie mieszkańców transportu publicznego.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

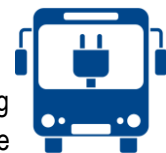
Tabela 4 Łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2019 roku z podziałem na gminy

L.p.	Gmina	Dni robocze - szkolny (km)	Dni robocze - wakacje (km)	Soboty (km)	Dni świąteczne (km)	Razem w Gminach (km)
1.	Siedlce	356 345	59 535	43 226	46 866	505 972
2.	Zbuczyn	72 518	12 691	7 696	8 432	101 337
3.	Suchożebry	32 657	6 027	3 120	3 720	45 524
4.	Mordy	29 389	5 537	2 028	1 798	38 752
5.	Skórzec	13 130	2 646	2 236	2 356	20 368
6.	Mokobody	14 140	3 087	1 352	1 054	19 633
7.	Wiśniew	13 938	3 185	936	1 240	19 299
8.	Kotuń	11 918	2 891	2 028	2 418	19 255
	RAZEM	544 035	95 599	62 622	67 884	770 140

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

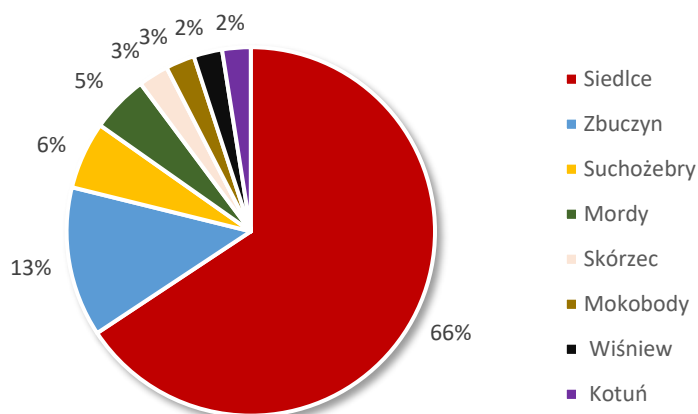
Tabela 5 Łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2020 roku z podziałem na gminy

L.p.	Gmina	Dni robocze – szkolny (km)	Dni robocze – wakacje (km)	Soboty (km)	Dni świąteczne (km)	Razem w Gminie (km)
1.		329 013	57 408	34 522	38 250	459 193
2.	Zbuczyn	69 114	11 914	6 068	6 800	93 896
3.	Suchożebry	36 628	7 314	2 460	3 000	49 402
4.	Mordy	33 444	6 854	1 599	1 450	43 347
5.	Skórzec	22 125	2 484	2 083	1 900	28 592
6.	Mokobody	13 588	2 898	1 066	850	18 402
7.	Wiśniew	15 860	2 990	738	1 000	20 588
8.	Kotuń	11 425	2 714	1 599	1 950	17 688
	RAZEM	531 197	94 576	50 135	55 200	731 108



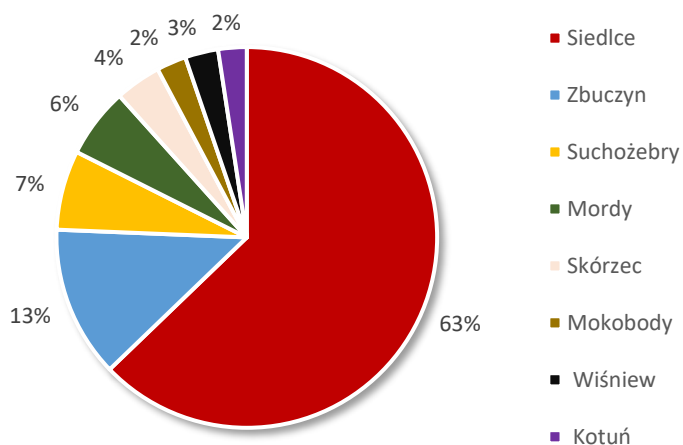
Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce



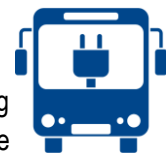
Wykres 6 Procentowy udział w pracy przewozowej dla poszczególnych gmin w 2019 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce



Wykres 7 Procentowy udział w pracy przewozowej dla poszczególnych gmin w 2020 roku

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce

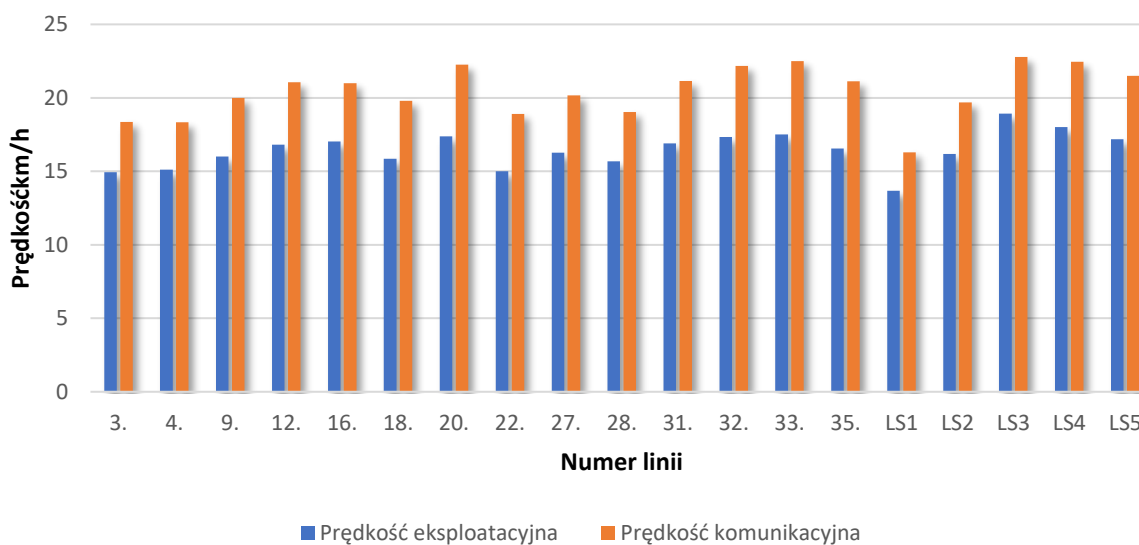


Powyższe wykresy wskazują spadki i wzrosty w pracy przewozowej dla poszczególnych gmin. W ogólnym rozrachunku praca przewozowa dla gmin była o 5% mniejsza czyli o 39 032 km. Analizując dane dla poszczególnych gmin widać, że nie w każdej gminie spadła praca przewozowa. Dla gminy Suchożebry zanotowano wzrost o 3 878 km, dla gminy Mordy 4 595 km, dla gminy Skórzec 8 224 km oraz dla gminy Wiśniew wzrost był na poziomie 1 289 km. Spadki zanotowano dla gminy Siedlce – 46 779 km, dla gminy Zbuczyn 7 441km, Mokobody 1231 km oraz gminy Kotuń 1567 km.

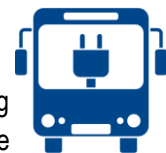
Prędkość komunikacyjna jest to stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich. Średnia prędkość dla linii miejskich to 16,44 km/h, najwyższą prędkość komunikacyjną osiągają autobusy na linii nr 20 czyli 17,39 km/h, najniższą na linii LS1 czyli 13,67 km/ jest to jednak linia specjalna nie kursująca regularnie. Najniższą prędkość komunikacyjną dla linii

regularnych wykazuje linia nr 3 czyli 14,94 km/h. Dla pozamiejskich linii komunikacyjnych średnia prędkość komunikacyjna wynosi 21,66 km/h, najwyższa to 25,59 dla linii nr 2, najniższa prędkość komunikacyjna wynosi 16,35 km/h dla linii nr 23. Różnica pomiędzy średnią prędkością komunikacyjną dla linii miejskich i pozamiejskich wynosi 5,22 km/h wynika to głównie z gęstości przystanków, na terenie pozamiejskim jest ona mniejsza, mniejszy jest również ruch drogowy poza miastem.

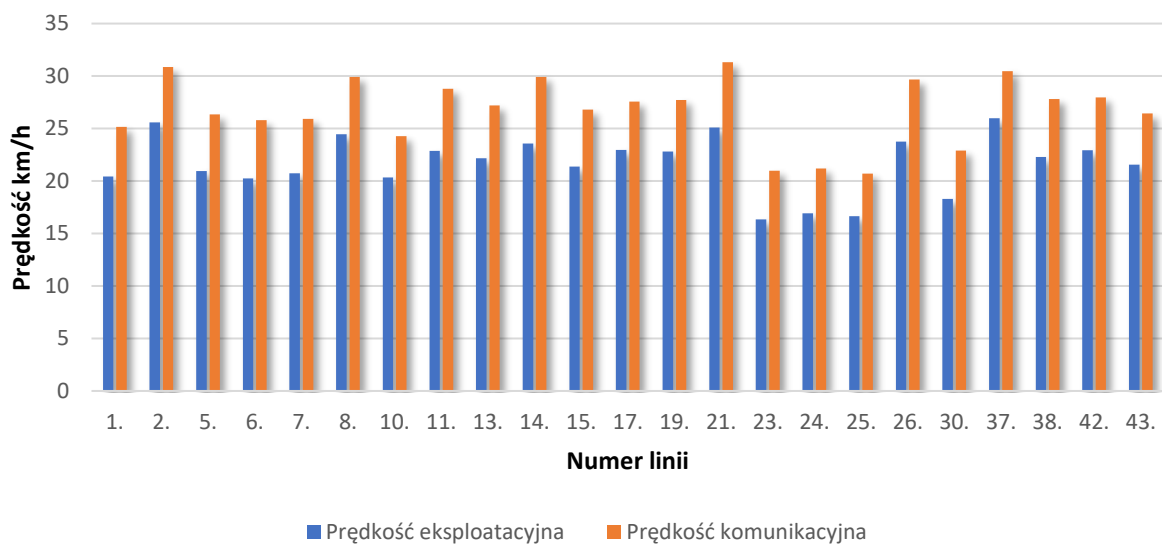
Prędkość eksploatacyjna jest to stosunek przebytej drogi do czasu pracy pojazdu z uwzględnieniem czasów postoju na przystankach pośrednich i przystankach krańcowych. Najwyższa prędkość eksploatacyjna dla linii miejskich wykazuje linia nr LS3 czyli 18,93 km/h jest to jednak linia specjalna, dla linii regularnych największą prędkością eksploatacyjną charakteryzuje się linia nr 20, dla linii pozamiejskich największą prędkość osiąga linia nr 37 czyli 25,97 km/h.



Wykres 8. Prędkość eksploatacyjna oraz komunikacyjna dla linii miejskich
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce



Wykres 9 Prędkość eksploatacyjna oraz komunikacyjna dla linii pozamiejskich
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce



2. Metodyka analizy

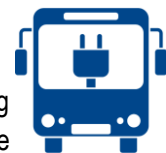
Zastosowana w niniejszym opracowaniu analiza kosztów i korzyści stanowi system oceny efektywności Inwestycji. Analiza kosztów i korzyści swój początek powzięła z ekonomii dobrobytu – nurtu teorii ekonomii, która powstała na początku XX wieku. Celowość analizy oparto na zmodyfikowanej zasadzie optimum 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.

2.1. Dane ekonomiczno-finansowe

Dane do analizy pozyskano od Urzędu Miasta oraz Operatora, jak również z ogólnie dostępnych danych pochodzących od producentów taboru. W niniejszej analizie wykorzystano następujące dane:

- koszty bieżące utrzymania oraz serwisu pojazdów (naprawy, materiały eksploatacyjne itp.) z podziałem na rodzaj taboru;
- szczegółowe informacje o posiadanym taborze Operatora min. rok produkcji, rodzaj napędu, długość autobusu, norma emisji spalin, zużycie paliwa/energii autobusów (l/100km), ilość wykonanych wzm przez poszczególne pojazdy, itp.;
- charakterystyki obecnej sieci publicznej komunikacji zbiorowej (wykaz linii komunikacyjnych, rozkłady jazdy, liczba wykonywanych kilometrów 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);
- struktury popytu (przychody całkowite z biletów z podziałem na poszczególne linie, rodzaje biletów, cennik biletowy, istniejące rozwiązanie integracji biletów);
- informacji o realizowanych i planowanych inwestycjach zakupów taborowych oraz modernizacji infrastruktury technicznej zbiorowej komunikacji publicznej.



2.2. Zastosowane metody

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

2.2.1. Analiza finansowa

Głównym założeniem analizy finansowej przeprowadzonej w niniejszym opracowaniu jest ocena efektywności ekonomicznej Inwestycji.

Rachunek opłacalności Inwestycji obejmować będzie planowane wpływy i wydatki związane bezpośrednio z realizacją Inwestycji, a zatem nie będzie on uwzględniał wpływu Inwestycji na wynik finansowy przedsiębiorstwa inwestującego i inne uwarunkowania jego działalności.

Do oceny opłacalności Inwestycji wykorzystano:

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

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

Wartość bieżąca netto (wartość zaktualizowana netto) NPV (ang. net present value), opiera się na zdyskontowanych przepływach gotówkowych netto (ang. net cash flow) w prognozowanych latach.

Miernik NPV bazuje na różnicach między przewidywanymi wpływami pieniężnymi i wydatkami

pieniężnymi poniesionymi w związku z realizacją Inwestycji (w tym nakłady inwestycyjne).

Strumienie pieniężne netto w poszczególnych okresach można obliczyć jako różnicę dodatnich i ujemnych przepływów pieniężnych.

Do dodatnich przepływów zalicza się, np.: zysk netto, amortyzację, nakłady na kapitał obrotowy.

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

Miernik NPV przedstawia się wówczas za pomocą wzoru:

Bieżąca wartość netto (NPV)

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

gdzie:

NPV - wartość bieżąca netto;

FCF_t - przepływy gotówkowe w okresie t;

r - stopa dyskonta;

I₀ - 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 kapitał obrotowy netto (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:

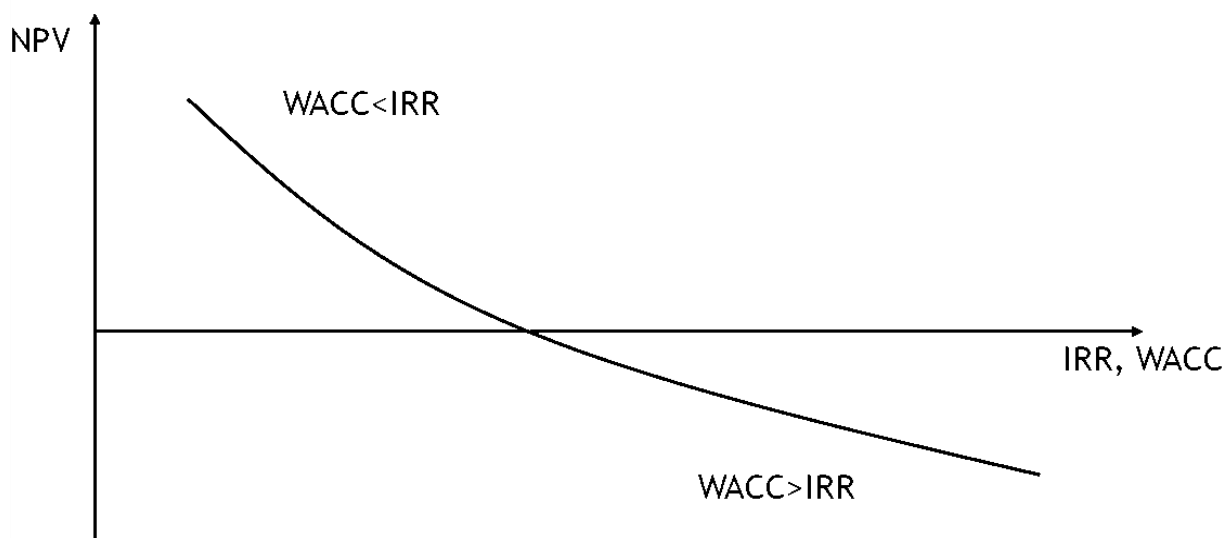
- **NPV < 0** – Inwestycja jest nieopłacalna z punktu widzenia wartości firmy;

- **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.



Wykres 10. 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). Oplacalny 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. Poziomą wewnętrzną stopę 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 od towarów i usług VAT (netto).

2.2.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

Założenia analizy ekonomiczno-społecznej:

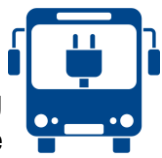
- analiza koncentruje się na efektach Inwestycji z perspektywy dobrobytu społecznego;
- analiza efektów ekologicznych;
- analiza obejmuje tylko efekty bezpośrednio wynikające z projektu;
- analiza koncentruje się na:
 - ❖ zgeneralizowanych kosztach transportu;
 - ❖ dających się zmonetyzować kosztach zewnętrznych transportu.

Zgeneralizowane koszty transportu oznaczają wartości, które można zdefiniować jako:

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

Zmonetyzowane efekty zewnętrzne stanowią:

- **koszty wypadków** - niższe koszty wypadków na drogach dzięki zmniejszeniu ruchu drogowego;
- **koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)** - różnicowe koszty zmian klimatycznych (emisja CO₂);



- **koszty społeczne emisji gazów innych niż ciepłarniane** (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;

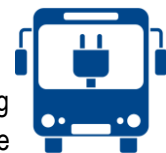
r - stopa dyskonta;

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 niezmiennione.

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



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

- nakłady inwestycyjne;
- koszty operacyjne;
- praca przewozowa oraz wynikające z niej wartości jednostkowe monetizowanych efektów.

Rezultaty analizy wrażliwości

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

2.2.4. Analiza ryzyka

Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

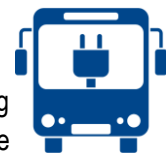
W pierwszej kolejności zidentyfikowano potencjalne ryzyka, a następnie określono ich „aktywność”. W przypadku każdego ze zidentyfikowanych, aktywnych ryzyk przeanalizowano następujące aspekty:

- wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu;
- możliwą strategię przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka);
- przyczynę, czyli co powoduje, że dane ryzyko występuje;
- prawdopodobieństwo wystąpienia w skali od A do E (tabela 6);
- siłę oddziaływania w skali od 1 do 5 (tabela 7).

Tabela 6 Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa

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

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Tabela 7 Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania

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

Źródło: opracowanie własne na podstawie „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”; Nowa edycja, opracowanie JASPERS, sierpień 2015 r.

Tabela 8 Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

	I	II	III	IV	V
A	Bardzo niskie	Bardzo niskie	Niskie	Niskie	Umiarkowane
B	Bardzo 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: opracowanie własne.

Tabela 9 Matryca ryzyka – strategie reagowania na poszczególne ryzyka

	I	II	III	IV	V
A	ZAPOBIEGANIE LUB ŁAGODZENIE		ŁAGODZENIE		
B					
C					
D	ZAPOBIEGANIE		ZAPOBIEGANIE I ŁAGODZENIE		
E					

Źródło: opracowanie własne.



Następnie, w kolejnej części analizy ryzyka, określone zostały rodzaje strategii reagowania na poszczególne ryzyka. Zgodnie z metodyką analizy ryzyka zawartą w Niebieskiej Księdze można wyodrębnić cztery główne strategie reagowania na ryzyka (w tym działania zaradcze), których zastosowanie zależy od poziomu ryzyka stanowiącego kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia i siły oddziaływania. Należą do nich:

- zapobieganie ryzyku: oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt;
- ograniczanie ryzyka: oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia;
- przeniesienie ryzyka: oznacza przeniesienie odpowiedzialności za ryzyko na stronę trzecią (inny

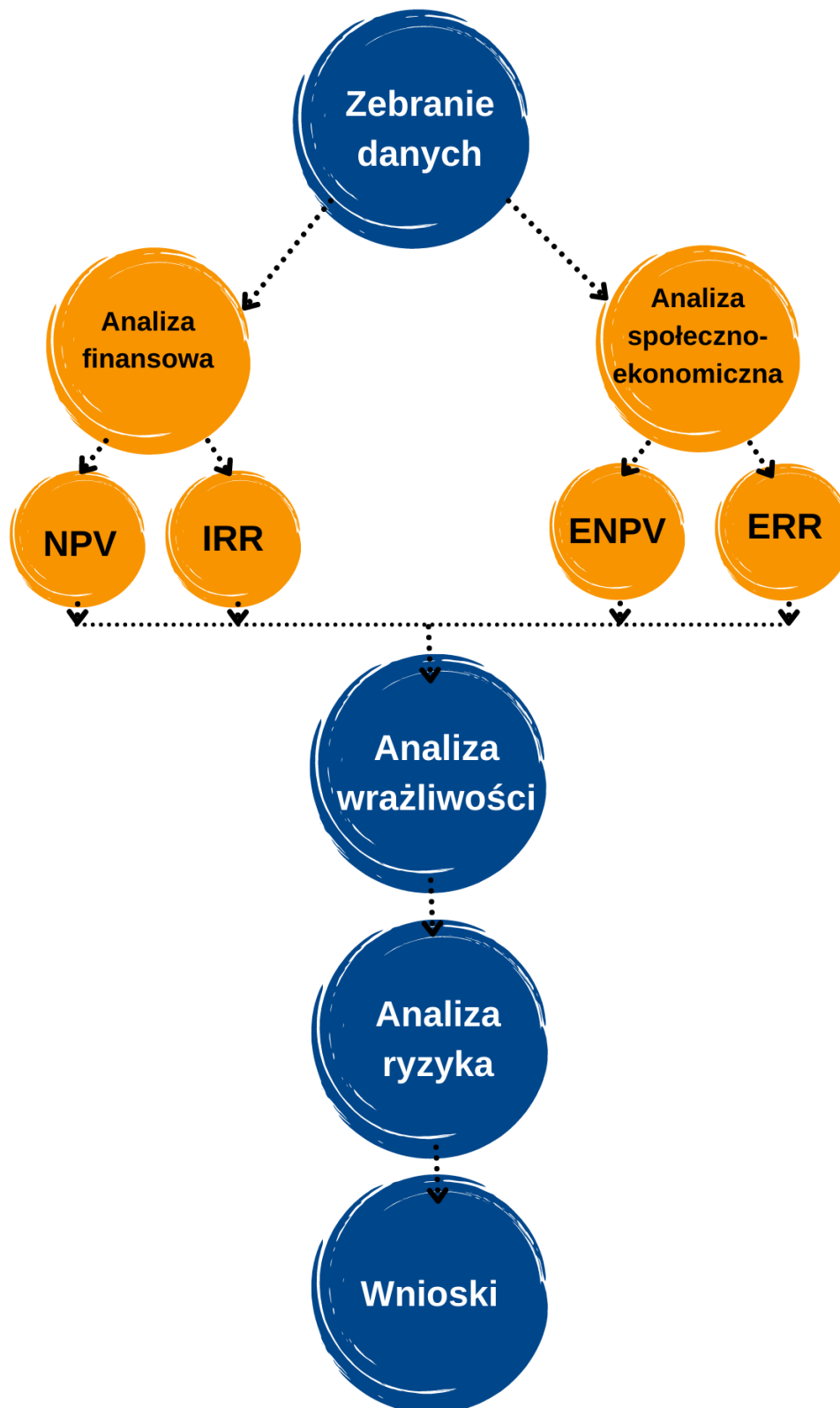
podmiot) za określoną cenę (firmy ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie (lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka, w przypadku, gdy ryzyko się zmaterializuje;

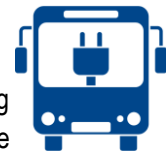
- tolerowanie ryzyka: jest strategią przyjmowaną w sytuacjach, w których nie można zapobiec ryzyku, ograniczyć go lub (ekonomicznie) przenieść. Jednakże to podejście wymaga opracowania planu awaryjnego na wypadek wystąpienia negatywnego zdarzenia, lecz nie wymaga wcześniejszych działań.

Ostatnim elementem analizy ryzyka było określenie zasad monitorowania każdego aktywnego ryzyka, aby w przyszłości możliwa była ocena prawidłowości przeprowadzonej oceny ryzyka i skuteczności podjętych działań zaradczych.



2.3. Procedura analizy





3. Analiza opcji inwestycyjnych

Alternatywne warianty realizacji Inwestycji:

- Wariant „0” - wymiana taboru na pojazdy o napędzie konwencjonalnym, spełniające najwyższe normy emisji spalin;
- Wariant „1” - wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym elektrycznym - autobusy elektryczne akumulatorowe w modelu opartym o ładowanie metodą plug-in;
- Wariant „2” – wprowadzenie do eksploatacji pojazdów o napędzie zeroemisyjnym wodorowym – autobusy elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi.

Zgodnie z zapisami UoEiPA do 2028 roku podmiot świadczący usługi publicznego transportu zbiorowego będzie posiadał co najmniej 30% autobusów o napędzie zeroemisyjnym w całym eksploatowanym taborze na rzecz danej jednostki samorządu terytorialnego. Zgodnie z zapisami UoEiPA w Siedlcach przy obecnym stanie taboru wynoszącym 47 pojazdów, do 2028 roku wymagana liczba pojazdów zeroemisyjnych wynosi 15.

Tabela 10 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym (wartości zaokrąglono w górę do pełnej wartości)

Tabor zeroemisyjny	
2021	3
2023	5
2025	10
2028	15

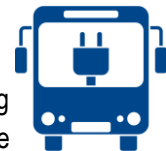
Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 2 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym zgodnie z UoEiPA
Źródło: Opracowanie własne z uwzględnieniem art. 68 ust. 4 UoEiPA.

W trakcie pisania niniejszego opracowania złożony został wniosek do konkursu „Zielony transport publiczny” finansowanego przez NFOŚiGW.

Wnioskodawcą jest Miasto Siedlce, a wniosek dotyczy zakupu 3 pojazdów zeroemisyjnych.



3.1. Wyznaczenie linii komunikacji miejskiej przeznaczonych do obsługi przez autobusy zeroemisyjne

Aby wskazać konkretne linie komunikacji miejskiej na których mają kursować autobusy zeroemisyjne należy dokonać szczegółowej analizy parametrów technicznych danej trasy tzn. przebieg, zakres przestrzenny obsługi obszaru miejskiego oraz uwarunkowania geograficzne.

Na podstawie powyższych analiz można wskazać potrzeby dotyczące infrastruktury ładowania jakie powinny znaleźć się na trasach przejazdu lub na bazie Operatora.

Zgodnie z rekomendacją wynikającą z przewodnika dla Jednostek Samorządu Terytorialnego, Przedsiębiorstw Użyteczności Publicznej i Prywatnych przewoźników pt. „Elektromobilność w transporcie publicznym. Praktyczne aspekty wdrażania” wydanym przez Polskie Stowarzyszenie Paliw Alternatywnych rekomenduje się aby pojazdy zeroemisyjne w pierwszej kolejności przeznaczane były na linie które:



obsługują obszary miejskie, które charakteryzują się intensywną zabudową wielorodzinną, dzięki czemu zeroemisyjne pojazdy, które nie emitują wysokich dźwięków ograniczą negatywny wpływ transportu na życie mieszkańców gęstej zabudowy,



charakteryzują się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru;



obsługują obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych;



obsługują obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu;



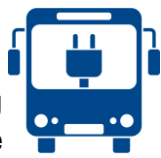
obsługują teren śródmieścia, oraz tworzą gęstą sieć połączeń;



podatne są na kongestię drogową (trasa powinna charakteryzować się dużą liczbą zatrzymań na przystankach komunikacyjnych oraz pomiędzy nimi a także niewielką prędkością jazdy);

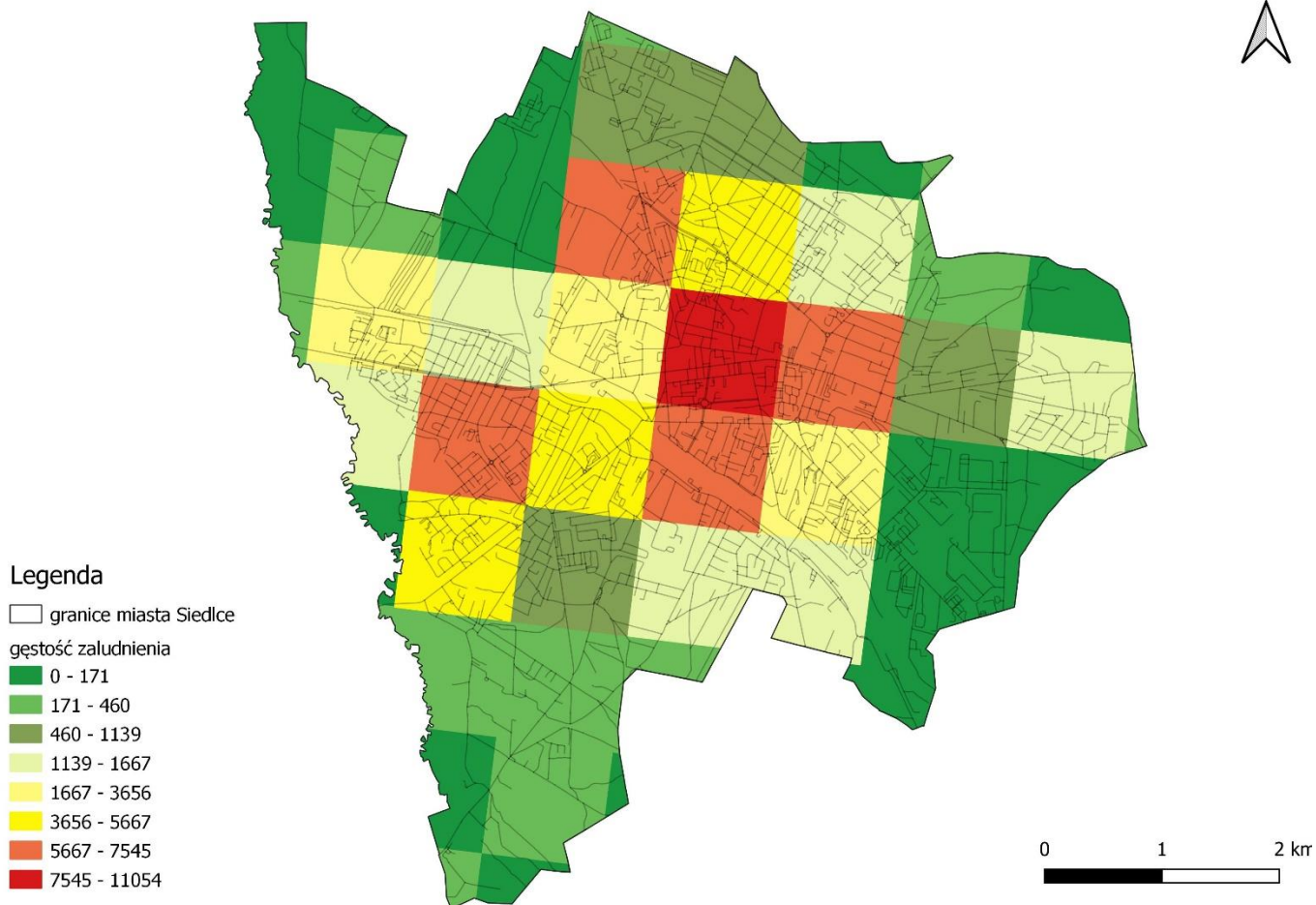


przebiegają przez trasy obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiegają przez historyczny obszar Miasta lub obszar turystyczno-rekreacyjny.

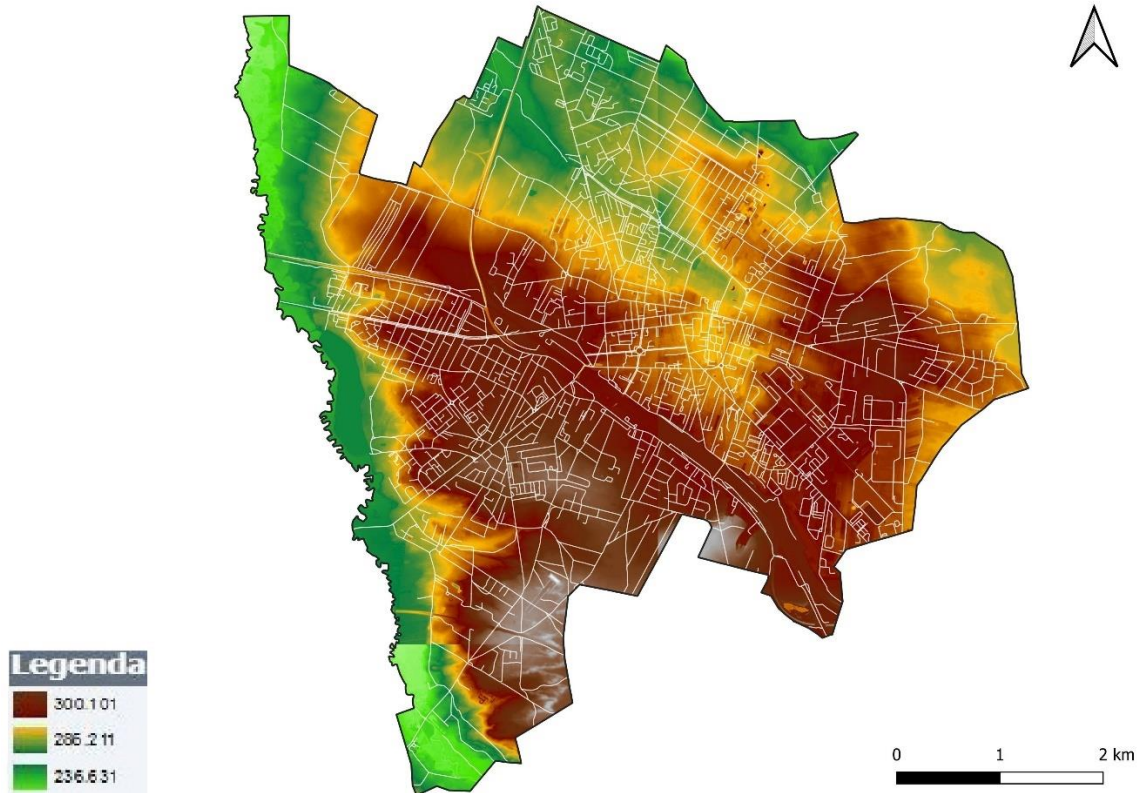


Zgodnie z powyższym w przypadku miasta Siedlce rekomenduje się wybór linii na podstawie następujących kryteriów;

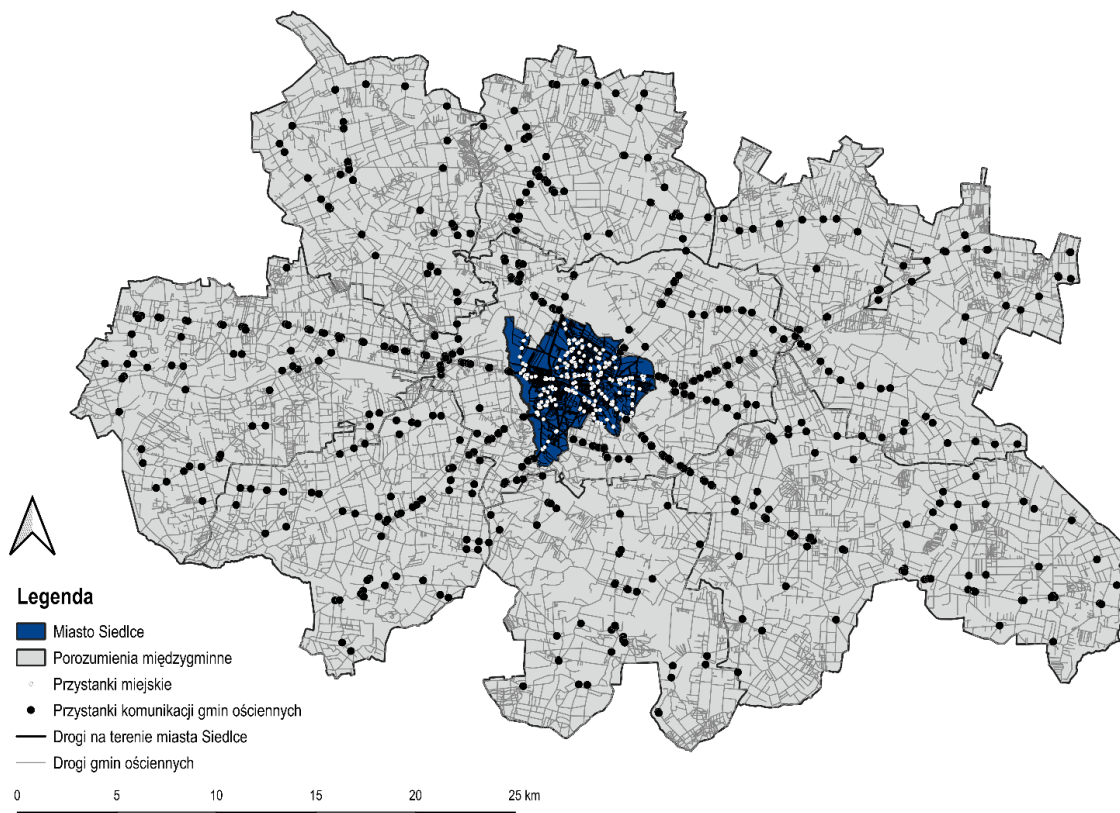
- linia powinna obsługiwać obszar Miasta o największej gęstości zaludnienia obsługując tym samym największe potoki pasażerskie;
- linia powinna stanowić łącznik pomiędzy centrum Miasta (i/lub Centrum Przesiadkowym) a najbardziej zaludnionymi osiedlami mieszkaniowymi;
- linia powinna charakteryzować się dużą częstotliwością kursowania i przebiegać wzdłuż najbardziej zatłoczonych ulic.



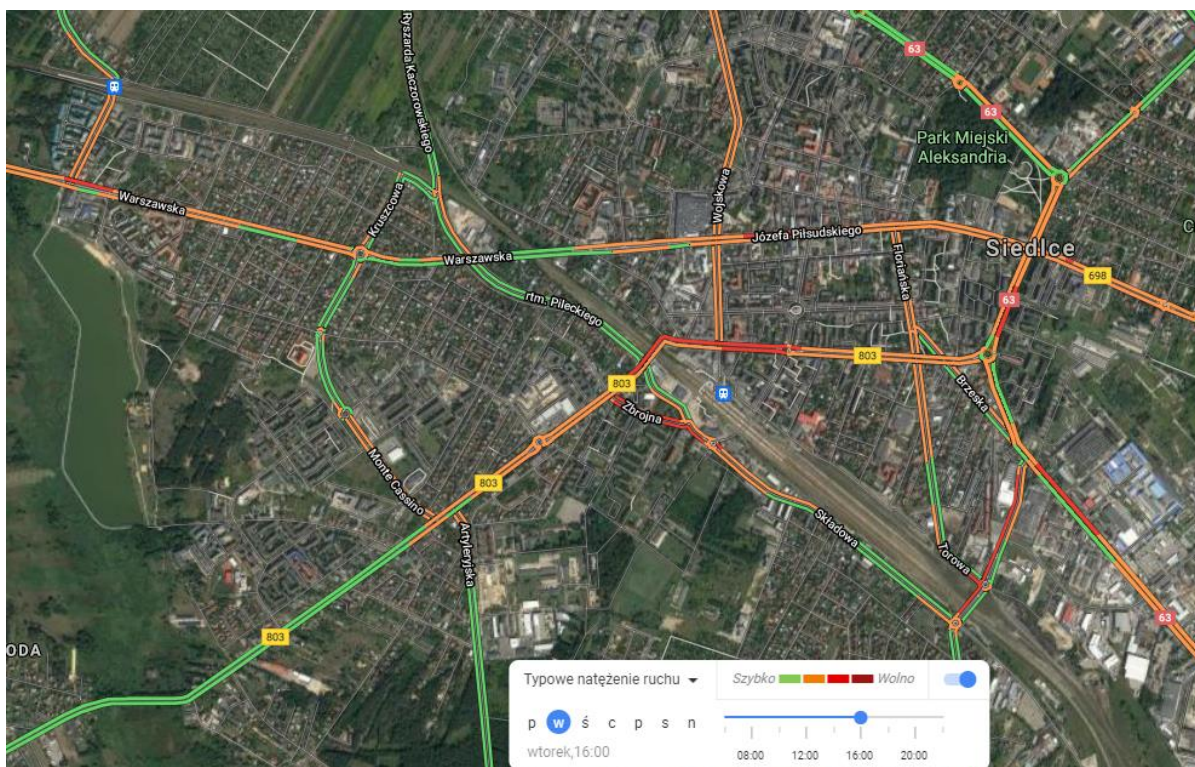
Rysunek 3 Gęstość zaludnienia na 1 km² na terenie Miasta Siedlce
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 4 Mapa wysokościowa Miasta Siedlce
Źródło: opracowanie własne



Rysunek 5 Mapa przystanków
Źródło: Opracowanie własne



Rysunek 6 Średnie natężenie ruchu dla godz. 16:00 we wtorek.
Źródło; <https://www.google.pl/maps> , dostęp 17.05.2021 godz. 10:00

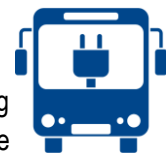
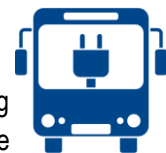


Tabela 11 Cechy charakterystyczne dla linii wytypowanych do elektryfikacji

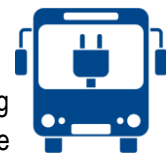
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 12
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia przebiega przez ścisłe centrum miasta. łączy osiedle a mieszkaniowe takie jak Osiedle Dylewicza, Osiedla nad Zalewem, Osiedle Warszawska ze Śródmieściem oraz z tzw. południową dzielnicą przemysłową.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	Planowane jest 56 584 km w 2021 roku.
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 12 przebiega przez gęstą sieć przystanków autobusowych
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 12 obsługuje teraz o niewielkiej różnicy wysokości terenu.
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. Brzeskiej, Floriańskiej, Józefa Piłsudskiego oraz Warszawskiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	16,81 km/h
Średni czas przejazdu	23 min.
Średnia długość kursu	8 km
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Tak. Linia przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 16
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia przebiega przez centrum miasta. łączy osiedle mieszkaniowe Roskosz oraz Wyszyńskiego z centrum miasta. Linia przebiega również przez tzw. Południową dzielnicę przemysłową.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	Planowane jest 75 049 km w 2021 roku
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 16 przebiega przez gęstą sieć przystanków autobusowych



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

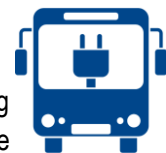
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 16 obsługuje teraz o niewielkiej różnicy wysokości terenu.
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. Józefa Piłsudskiego, 3 Maja, Partyzantów oraz ul. Armii Krajowej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	17,02 km/h
Średni czas przejazdu	29 min
Średnia długość kursu	10,5 km
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Tak. Linia przebiega przez centrum miasta.

Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 18
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia przebiega przez centrum miasta. Łączy osiedla mieszkaniowe Topolowa, Wyszyńskiego, Warszawska, Nad Zalewem oraz Daszyńskiego oraz tzw. południową dzielnicę przemysłową.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	Planowane jest 126 374 km w 2021 roku.
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 18 przebiega przez gęstą sieć przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 18 obsługuje teraz o niewielkiej różnicy wysokości terenu.
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.

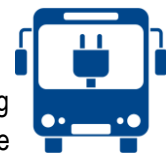


Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

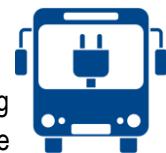
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. Józefa Piłsudskiego, Starowiejskiej oraz Warszawskiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	15,86 km/h
Średni czas przejazdu	27 min.
Średnia długość kursu	10,1 km
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Tak. Linia przebiega przez centrum miasta.
Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	
Linia nr 27	
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia przebiega przez centrum miasta. Łączy osiedla mieszkaniowe Daszyńskiego, Nad Zalewem, Warszawska, Reymonta, Żytnia, Nowe Siedlce oraz Topolowa.
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	Planowane jest 71 362 km w roku 2021
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 27 przebiega przez gęstą sieć przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 27 obsługuje teraz o niewielkiej różnicy wysokości terenu.
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. Warszawskiej, 10 Lutego, Rynkowej oraz Starowiejskiej.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	16,27 km/h
Średni czas przejazdu	33 min
Średnia długość kursu	11,3 km
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Tak. Linia przebiega przez centrum miasta.



Czynniki sprzyjające wprowadzeniu autobusów zeroemisyjnych	Linia nr 3
Obsługuje obszary miejskie, charakteryzujące się intensywną zabudową wielorodzinną	Linia przebiega przez centrum miasta. Łączy osiedla mieszkaniowe takie jak; Roskosz, Śródmieście, Nowe Siedlce/
Charakteryzuje się dużym poziomem dobowego i rocznego wykorzystania taboru	Planowane 228 223 km w 2021 roku.
Obsługuje obszar Miasta charakteryzujący się dużą gęstością przystanków autobusowych	Linia nr 3 przebiega przez gęstą sieć przystanków autobusowych.
Obsługuje obszar Miasta o jak najmniejszych różnicach poziomów terenu	Linia nr 3 obsługuje teraz o niewielkiej różnicy wysokości terenu.
Stanowi element skoordynowanego systemu obsługi terenu śródmieścia wieloma liniami	Trasa stanowi element skoordynowanego systemu obsługi Miasta – przebiega przez obszar Śródmieścia.
Podatna jest na kongestię drogową	Tak. W godzinach szczytu powstają kongestie drogowe głównie na ul. 3 Maja, Armii Krajowej, Wyszyńskiego.
Średnia prędkość komunikacyjna autobusów	14,94 km/h
Średni czas przejazdu	53 min.
Średnia długość kursu	15,5 km
Przebieg trasy obejmuje obecne lub planowane strefy ograniczonego ruchu/ strefy ekologiczne/ strefy czystego powietrza lub przebiega przez historyczny obszar Miasta	Tak. Linia przebiega przez centrum miasta.



Rysunek 7 Linie przeznaczone do elektryfikacji
Źródło: opracowanie własne



3.1.1. Wariant „0”

Tabela 12 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 0”

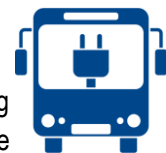
„Wariant 0”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0
Euro II	8	3	3	0	0	0	0	0
Euro III	9	9	9	7	7	7	2	2
Euro IV	4	4	4	4	4	4	4	4
Euro V	12	12	12	12	12	12	12	12
Euro VI	14	19	19	24	24	24	29	29
BEV	0	0	0	0	0	0	0	0
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	0

Wariant „0” jest to tzw. wariant bazowy który ma charakter wyłącznie porównawczy, stanowiący punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. W tym wariantcie zakłada się, że do 2028 roku zostanie przeprowadzona kompleksowa wymiana obecnie używanych autobusów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym. (silnik zasilany ON). Zakłada się, że w pierwszej kolejności zostaną wymienione pojazdy spełniające najniższą normę emisji spalin czyli EURO II, z najwyższą pracą przewozową. Następnie wymianie podlegać będą pojazdy spełniające normę emisji spalin EURO III wykonujące największą pracę przewozową.

Zaletą wdrożenia „Wariantu 0” jest ograniczenie kosztów inwestycyjnych, z uwagi na fakt, że zakup autobusu z napędem elektrycznym jest 2-2,5 wyższy niż zakup autobusu o napędzie konwencjonalnym, tym samym zakup autobusu wodorowego jest ponad 3 razy wyższy niż zakup autobusu spalinowego. „Wariant 0” pozwala również uniknąć kosztów zakupu infrastruktury do ładowania pojazdów, zarówno infrastruktury w postaci ładowarek elektrycznych na terenie zajezdni

oraz pętli – w zależności od wyboru sposobu ładowania oraz infrastruktury do uzupełnienia paliwa wodorowego. Dodatkową zaletą jest fakt, że inwestowanie w pojazdy z napędem konwencjonalnym pozwalają wykorzystywać już istniejącą infrastrukturę do uzupełniania paliwa.

Negatywnymi aspektami wyboru „Wariantu 0” są przede wszystkim szkody w środowisku naturalnym w postaci zanieczyszczenia powietrza tzn. emisja produktów spalania oleju napędowego czyli głównie tlenek węgla, węglowodory, tlenki azotu oraz cząstki PM. Brak realizacji zakupów pojazdów zeroemisyjnych powoduje również spadek jakości życia mieszkańców ulic na których poruszają się pojazdy z napędem konwencjonalnym z uwagi na zwiększony hałas i drgania emitowane przez silnik spalinowy oraz zanieczyszczenie powietrza. Należy wziąć pod uwagę, że wymiana pojazdów na pojazdy spełniające wyższe normy emisji spalin zgodnie z „Wariantem 0” jedynie zmniejsza emisje, nie eliminuje jej.



3.1.2. Wariant „1”

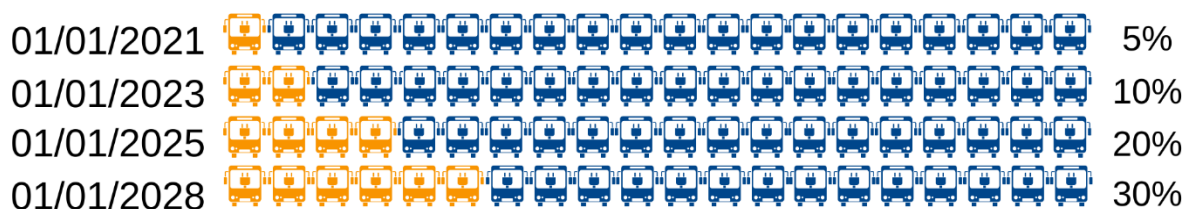
Tabela 13 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 1”

„Wariant 1”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0
Euro II	8	3	3	0	0	0	0	0
Euro III	9	9	9	7	7	7	2	2
Euro IV	4	4	4	4	4	4	4	4
Euro V	12	12	12	12	12	12	12	12
Euro VI	14	14	14	14	14	14	14	14
BEV	0	5	5	10	10	10	15	15
FCEV	0	0	0	0	0	0	0	0

„Wariant 1” zakłada inwestycje w pojazdy zeroemisyjne - elektryczne. Zgodnie z zapisami w UoEiPA uwzględniając stały poziom taboru czyli 47 pojazdów.

Na poniższym rysunku przedstawiono ile powinno się zakupić pojazdów aby spełnić wymagania Ustawy o UoEiPA .

Rysunek 8 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym (wartości zaokrąglono w górę do pełnej wartości)

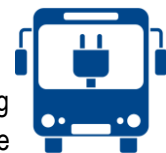


Pojazdy elektryczne ładowane mogą być na dwa sposoby, tj:

- Ładowanie szybkie za pomocą;
 - Pantografów umieszczanych na dachu
 - Indukcyjnie poprzez urządzenia zainstalowane w podwoziu autobusu
- Wolne ładowanie baterii za pomocą przewodu wysokiego napięcia tzw. plug-in, najczęściej stosowane w nocy lub podczas długich przerw.

między kursami na terenie zajezdni autobusowej.

Napęd autobusów może być centralny lub rozproszony. Centralny napęd charakteryzuje się jednym asynchronicznym silnikiem elektrycznym przekazującym moc na koła. Napęd rozproszony jest to napęd w którym silniki elektryczne znajdują się w osiach pojazdu. Pojazdy często wyposażone są w system odzyskiwania energii tzw. rekuperacja podczas hamowania. Dzięki systemowi odzyskiwania energii doładowuje się magazyny energii zainstalowane w autobusie.



„Wariant 1” obejmuje zakup oraz eksploatację autobusów zeroemisyjnych napędzanych energią elektryczną wraz z infrastrukturą do ładowania pojazdów. Na rynku oferowane są autobusy klasy MINI, MAXI oraz MEGA, z różnymi pojemnościami baterii w zależności od potrzeb Zamawiającego.

W 2021 roku został złożony wniosek o dofinansowanie na zakup 3 fabrycznie nowych pojazdów elektrycznych klasy MAXI – ok. 12 m przez UM Siedlce w ramach konkursu „Zielony transport publiczny” organizowanego przez NFOŚiGW. Wraz z pojazdami planuje się zakup dwóch dwustanowiskowych ładowarek typu plug-in o mocy wyjściowej 80 kW, ładowarki docelowo mają być zainstalowane na zajezdni MPK. Pojazdy mają mieć minimalną moc 160 kW oraz zdolność magazynowania energii min. 180 kWh – jest to niezbędna ilość energii do przejechania ok. 160 km. Nie definiuje się czy silniki mają być w osiach napędowych czy ma to być jeden silnik asynchroniczny.

„Wariant 1” uwzględnia w pierwszym etapie zakup 5 autobusów z napędem elektrycznym. Spełniając normy wynikające z ustawy w kolejnych latach powinno się sukcesywnie uzupełniać flotę autobusów zgodnie z tabelą nr 13. Wraz z zakupem nowych autobusów koniecznym jest zakup nowych ładowarek. Na terenie zajezdni łącznie ładowarek powinno być 8 charakteryzujących się mocą wyjściową 80 kW (2 x 40 kW dwustanowiskowe). Liczba ta może być zmniejszona w zależności od instalacji ładowarek na pętlach autobusowych, wymaga to jednak osobnej analizy. Zakup autobusu klasy MAXI to koszt około 2 200 000 zł, jednakże należy mieć tu na względzie okres żywotności baterii, gdyż po okresie jej żywotności (około 8 lat) należy dokonać jej wymiany. Poszczególne typy baterii cechują się dużym zróżnicowaniem cenowym, a jej koszt może wynieść nawet 20% ceny samego

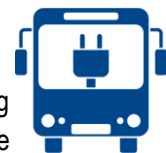
pojazdu. Koszt zaplanowanej infrastruktury to około 204 000 zł za jedną dwustanowiskową ładowarkę.

Podstawową zaletą wyboru „Wariantu 1” jest znaczne ograniczenie wpływu funkcjonowania transportu publicznego na środowisko. Brak emisji lokalnej w miejscu eksploatacji oraz zmniejszenie poziomu hałasu i drgań wpływa bezpośrednio na jakość życia mieszkańców w miejscu kursowania pojazdów. Należy też wziąć pod uwagę trend zwiększenia udziału w miksie energetycznym Odnawialnych Źródeł Energii zgodnie z Krajowym planem na rzecz energii i klimatu na lata 2021-2030 udział OZE w miksie energetycznym ma się zwiększać, zgodnie z poniższą listą:

- 2022 r.: 16,4%
- 2025 r.: 18,4%
- 2027 r.: 20,2%

Dzięki tym działaniom inwestowanie w autobusy elektryczne staje się jeszcze bardziej zasadne z uwagi na redukcję zanieczyszczeń nie tylko lokalnie ale także globalnie. Wspomnieć należy również o licznych konkursach na dofinansowanie zakupu pojazdów zeroemisyjnych organizowanych przez różne jednostki z których mogą korzystać samorzady, dzięki takim konkursom cena za pojazd elektryczny może być nawet mniejsza niż zakup pojazdu z silnikiem spalinowym.

Główną wadą dla „Wariantu 1” jest ograniczony zasięg autobusu elektrycznego, który jest zależny od wielu czynników takich jak warunki atmosferyczne, pochylenie terenu, ilość pasażerów czy stopień zużycia baterii. Dodatkowo koszty autobusu elektrycznego są 2-2,5 razy większe względem zakupu pojazdu z napędem konwencjonalnym oraz dodatkowo należy liczyć się z kosztami infrastruktury do ładowania.



3.1.3. Wariant „2”

Tabela 14 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 2”

„Wariant 2”								
	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Euro I	0	0	0	0	0	0	0	0
Euro II	8	3	3	0	0	0	0	0
Euro III	9	9	9	7	7	7	2	2
Euro IV	4	4	4	4	4	4	4	4
Euro V	12	12	12	12	12	12	12	12
Euro VI	14	14	14	14	14	14	14	14
BEV	0	0	0	0	0	0	0	0
FCEV	0	5	5	10	10	10	15	15

„Wariant 2” zakłada zakup pojazdów napędzanych energią elektryczną pochodząca z ogniwa paliwowego. Ogniwo paliwowe produkuje energię elektryczną w wyniku przetwarzania wodoru zgromadzonego w zbiornikach w postaci gazowej. Autobusy wodorowe wyposażone są w baterie, jednak znacznie mniejsze oraz lżejsze z uwagi na fakt, że nie ma potrzeby gromadzenia energii elektrycznej na pokładzie pojazdu z uwagi na ogniwo paliwowe wytwarzające energię. Producenci pojazdów wodorowych proponują dwa różne rozwiązania techniczne dla takich autobusów;

- ciągłe doładowywanie akumulatorów zainstalowanych na pokładzie pojazdu;
- przekazywanie energii elektrycznej bezpośrednio do silników asynchronicznych zainstalowanych w osiach napędowych lub jednostki centralnej (w tym przypadku akumulator służy jedynie do

wspomagania napędu w trudnych warunkach drogowych).

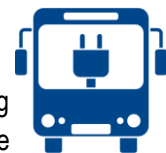
Efektom przetwarzania wodoru przez ogniwo paliwowe jest para wodna oraz ciepło co powoduje, że eksploatacja takiego autobusu jest bardzo korzystana dla środowiska, a w konsekwencji dla mieszkańców danego obszaru. W pojeździe klasy MAXI magazynowane jest ok. 34 kg wodoru, instalowane jest ogniwo paliwowe o mocy 60kW¹.

Zalety „Wariantu 2” to przede wszystkim podobny zasięg do pojazdów z napędem konwencjonalny na jednym pełnym tankowaniu wodoru. Zgodnie z danymi przekazanymi przez przewoźników eksploatujących pojazdy z ogniwem paliwowym na 100 km zużywane jest 8 kg wodoru, przy uwzględnieniu, że pojemność butli z wodorem to 34 kg oznacza to, że pojazd może przejechać 400 km na jednym tankowaniu². Cena za jeden kilogram wodoru to około 3,80 EUR (17,17 zł)³, oznacza to, że przejechanie 100 km autobusem z napędem wodorowym kosztuje ok. 135 zł przejechanie

¹ Figaszewski M., SOLARIS, Pojazdy komunikacji publicznej wykorzystujące wodór.

² <http://gashd.eu/2020/10/02/ile-wodoru-na-100-kilometrow-potrzebuje-autobus-w-wuppertal/> dostęp 20.05.2021

³ <http://gashd.eu/wodor-h2/> dostęp 20.05.2021



100 km autobusem z napędem konwencjonalnym kosztuje ok. 170 zł za 100 km. Powyższe dane przedstawione są dla autobusu klasy MAXI. Należy mieć na uwadze, że sieć dystrybucji wodoru jest jeszcze bardzo mocno ograniczona z biegiem czasu, kiedy to paliwo będzie się stawać coraz bardziej popularne należy liczyć na spadek cen. Spadek cen dotyczy zarówno samego paliwa jak i autobusów. Datkową zaletą jest aspekt środowiskowy, przy eksploatacji autobusu skutkiem ubocznym przetwarzania wodoru na energię elektryczną jest para wodna oraz ciepło.

Wadą „Wariantu 2” jest bez wątpienia cena autobusu z napędem wodorowym, która może być nawet 4 razy

większa niż cena autobusu z napędem konwencjonalnym, cena autobusu wodorowego to około 4,15 mln zł⁴. Bez wsparcia środków zewnętrznych w postaci dofinansowania do pojazdów zakup takich autobusów może być nieosiągalny. Dodatkową wadą jest brak stacji ładowania wodoru w Polsce. Przewoźnik który zdecyduje się na zakup takich autobusów musiałby również zainwestować w stacje ładowania. Jednakże do końca 2021 roku planowane jest uruchomienie w Polsce pierwszego hubu wodorowego, który docelowo wytwarzać będzie do 600 kg wodoru na godzinę. Wodór powstawać będzie w przyjaznym dla środowiska naturalnego procesie elektrolizy solanki jako produkt uboczny procesu pozyskiwania chloru.

3.1.4. Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

Wariant 1” oraz „Wariant 2” zakładają zakup oraz eksploatację nowego taboru zeroemisyjnego z napędem elektrycznym zasilanym z baterii lub z ogniwa paliwowego, który zastąpi pojazdy z napędem konwencjonalnym. Pojazdy konwencjonalne aktualnie użytkowane przez MPK z czasem będą wymagać coraz to większych nakładów finansowych na utrzymanie oraz naprawy. Gotowość pojazdów do wykonywania zadań przewozowych również będzie się zmniejszać z biegiem lat. Wymiana pojazdów na pojazdy zeroemisyjne będzie miała bardzo duży wpływ na jakość powietrza w Mieście Siedlce.

Czynniki ekologiczne, które ulegną znacznemu polepszeniu po zakupie pojazdów zeroemisyjnych to przede wszystkim lepsza jakość powietrza poprzez redukcję substancji szkodliwych czyli produktów ubocznych spalania oleju napędowego. W związku z redukcją zanieczyszczeń i polepszeniu się jakości powietrza poprawie ulegnie również zdrowie mieszkańców. Redukcji ulegnie również hałas oraz poziom drgań generowany przez środki komunikacji miejskiej.

Powyższe korzyści z pewnością mogą wpłynąć na jakość życia mieszkańców w Mieście Siedlce, trzeba mieć jednak na uwadze, że są to bardzo kosztowne

rozwiązania zarówno w przypadku inwestycji w pojazdy z bateriami jak i w autobusy z ogniwem paliwowym. Dodatkowym wydatkiem inwestycyjnym będzie zakup infrastruktury do ładowania pojazdów zarówno ładowarek elektrycznych oraz stacji ładowania wodoru.

„Wariant 0” zakłada systematyczną wymianę pojazdów na autobusy z silnikiem spalinowym napędzanym ON spełniającymi rygorystyczną normę emisji EURO VI. Wariant ten jest zdecydowanie najtańszym rozwiązaniem w związku ze stosunkowo niską ceną za jeden autobus w stosunku do pojazdów zeroemisyjnych, nie wymaga on również inwestycji w infrastrukturę. Taki wariant niesie ze sobą ryzyko pogarszania się jakości powietrza w mieście w związku z niską emisją spalin pochodząca ze spalania ON w silnikach autobusów. Koszt eksploatacji autobusów z „Wariantu 0” będzie również większy z uwagi na bardziej skomplikowaną budowę silnika spalinowego względem elektrycznego, co może przyczynić się do większej ilości awarii. Nie bez znaczenia pozostaje również fakt, że autobusy zeroemisyjne nie wymagają tak dużej obsługi w stosunku do pojazdów napędzanych ON, ze względu na brak wykorzystania olejów smarujących w silniku lub mniejszą ilość stosowanych substancji smarujących w pojeździe.

⁴ Według szacunków Miejskiego Zakładu Komunikacji w Koninie Sp. z o.o., który ogłosił przetarg na 4 letnią dzierżawę autobusu z ogniwem wodorowym (<http://gashd.eu/2021/04/19/pierwszy-autobus-na-wodor-w-polsce-trafi-do-konina-w-2022-roku/>).

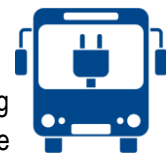
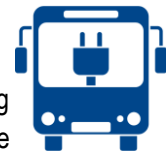


Tabela 15 Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych

	Koszty inwestycje (zakup taboru)	Koszty inwestycyjne (zakup infrastruktury)	Koszty eksploatacyjne	Wpływ na środowisko
Wariant 0	Niski	BRAK	Średni	Wysoki
Wariant 1	Średni	Średni	Niski	BRAK
Wariant 2	Wysoki	Wysoki	Niski	BRAK

Odnosząc się do powyższej tabeli można zauważyć, że aspekty środowiskowe zdecydowanie przeważają na korzyść „Wariantu 1” oraz „Wariantu 2”, a co za tym idzie inwestycja w pojazdy zeroemisyjne zdecydowanie pozytywnie wpłynie na jakość powietrza. Ponadto koszty eksploatacyjne w przypadku w/w wariantów są niższe niż w przypadku „Wariantu 0”. Jednak w porównaniu do kosztów inwestycyjnych, dotyczących zarówno taboru jak i infrastruktury sytuacja ulega zmianie, „Wariant 0” jest wariantem najbardziej opłacalnym biorąc pod uwagę powyższe koszty. „Wariant 2” generuje największe koszty inwestycyjne z uwagi na wykorzystanie technologii wodorowej która

jest dopiero rozwijana. „Wariant 1” pozwala na zachowanie dobrych efektów ekologicznych przy średnich kosztach inwestycyjnych. „Wariant 0” jest najmniej korzystny z uwagi na wysoki wpływ na środowisko naturalne. W związku z powyższym najkorzystniejszym wariantem wydaje się być „Wariant 1”, który przy średnich nakładach finansowych oraz niskich kosztach eksploatacyjnych i braku wpływu na środowisko staje się najbardziej optymalnym. Dodatkowo, przy dofinansowaniu pojazdów o które ubiega się UM Siedlce na zakup pojazdów zeroemisyjnych, sensowność inwestycji wzrasta.



4. WYNIKI

4.1. Analiza finansowa

Analizę przedstawiono w modelu różnicowym, tj. zakładającym zmiany poszczególnych parametrów Inwestycji (wartości nakładów inwestycyjnych, kosztów bieżącego funkcjonowania taboru) wskazując efekty przyrostowe danych wariantów w perspektywie 10 lat rozumianego jako ekonomiczny cykl życia projektu (Inwestycji).

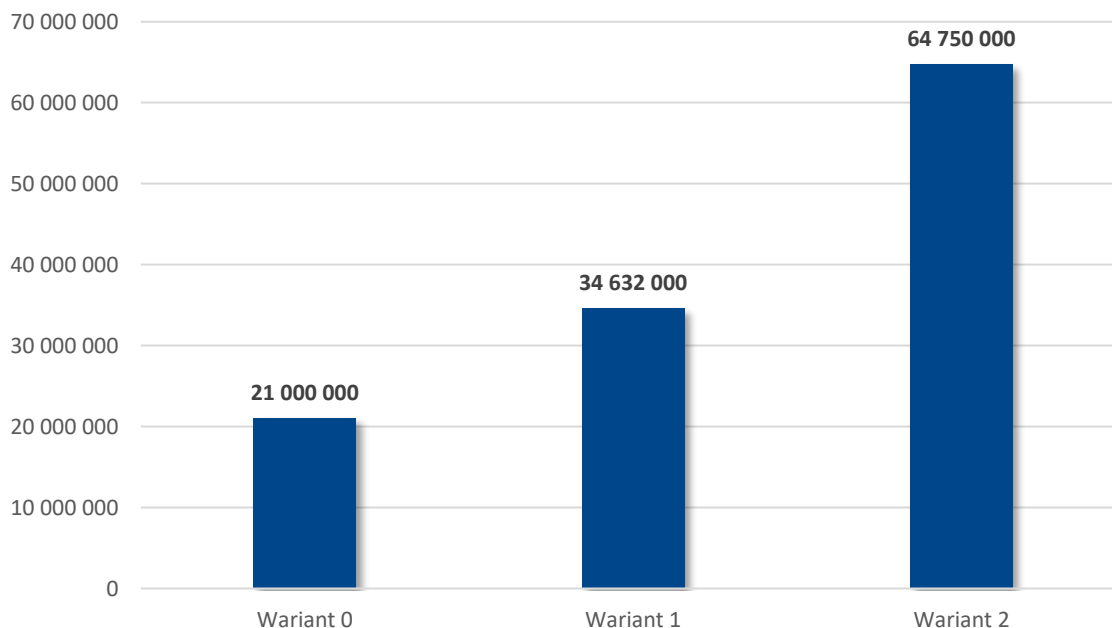
W ramach przedmiotowej analizy rozważane są trzy rodzaje inwestycji, z tego:

- 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.

Założenia ekonomiczno-finansowe wykorzystane w Analizie pozyskano ze źródeł ogólnodostępnych oraz danych udostępnionych przez przedstawicieli MPK.

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

Wartość nakładów inwestycyjnych dot. zakupu taboru autobusowego ze względu na przedmiot poszczególnych wariantów poddanych ocenie kształtują się następująco, tj.:



Wykres 1. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN]
Źródło: opracowanie własne.



Wariantowość realizacji Inwestycji ze względu na odmienny rodzaj taboru autobusowego niesie za sobą zróżnicowane wydatki dotyczące bieżącego utrzymania i eksploatacji pojazdów, do których zaliczono: koszty paliwa, energii elektrycznej, bieżących napraw i przeglądów technicznych, kosztów ubezpieczeń, jak również koszt wymiany baterii dla taboru o napędzie elektrycznym.

Należy przy tym wskazać, że przyjęte w Analizie koszty eksploatacyjne uwzględniają w odpowiedniej proporcji zmiany wynikające z realizacji pracy przewozowej wyrażonej w wozokilometrach dla taboru zeroemisyjnego poszczególnych wariantów, w wymiarze odpowiadającym ich wymianę w związku z realizacją Inwestycji.

W wyniku przeprowadzonego szacowania łączna ilość wozokilometrów dla 15 szt. autobusów wymienianych w ramach Inwestycji wynosi 754.344,57 wzkm rocznie.

Poziom planowanych wydatków eksploatacyjnych w poszczególnych latach objętych przedmiotową Analizą w podziale na poszczególne warianty realizacji Inwestycji kształtują się następująco, tj.:

Tabela 16. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	351 756,27	351 756,27	703 512,53	703 512,53	703 512,53
Paliwo	261 256,27	261 256,27	522 512,53	522 512,53	522 512,53
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Koszt paliwa na wzkm	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Naprawy i konserwacje	90 500,00	90 500,00	181 000,00	181 000,00	181 000,00
Liczba autobusów	5	5	10	10	10
Koszty napraw i konserwacji na autobus	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00
Wariant 1	144 140,12	144 140,12	288 280,24	288 280,24	288 280,24
Koszt energii	96 140,12	96 140,12	192 280,24	192 280,24	192 280,24
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Koszt energii elektr. na wzkm	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Naprawy i konserwacje	48 000,00	48 000,00	96 000,00	96 000,00	96 000,00
Liczba autobusów	5	5	10	10	10
Koszty napraw i konserwacji na autobus	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	0	0	0	0	0
Cena jednostkowa	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce



Wariant 2	400 889,24	400 889,24	801 778,47	801 778,47	801 778,47
Koszt energii	345 389,24	345 389,24	690 778,47	690 778,47	690 778,47
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Koszt paliwa na wzkm	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Naprawy i konserwacje	55 500,00	55 500,00	111 000,00	111 000,00	111 000,00
Liczba autobusów	5	5	10	10	10
Koszty napraw i konserwacji na autobus	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 17. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Wydatki eksploatacyjne					
Wariant 0	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80
Paliwo	783 768,80	783 768,80	783 768,80	783 768,80	783 768,80
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Koszt paliwa na wzkm	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Naprawy i konserwacje	271 500,00	271 500,00	271 500,00	271 500,00	271 500,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00
Wariant 1	432 420,35	432 420,35	432 420,35	2 557 420,35	432 420,35
Koszt energii	288 420,35	288 420,35	288 420,35	288 420,35	288 420,35
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Koszt energii elektr. na wzkm	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Naprawy i konserwacje	144 000,00	144 000,00	144 000,00	144 000,00	144 000,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00
Baterie	0,00	0,00	0,00	2 125 000,00	0,00
Liczba autobusów	0	0	0	5	0
Cena jednostkowa	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00
Wariant 2	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71
Koszt energii	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Koszt paliwa na wzkm	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Naprawy i konserwacje	166 500,00	166 500,00	166 500,00	166 500,00	166 500,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 18. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]

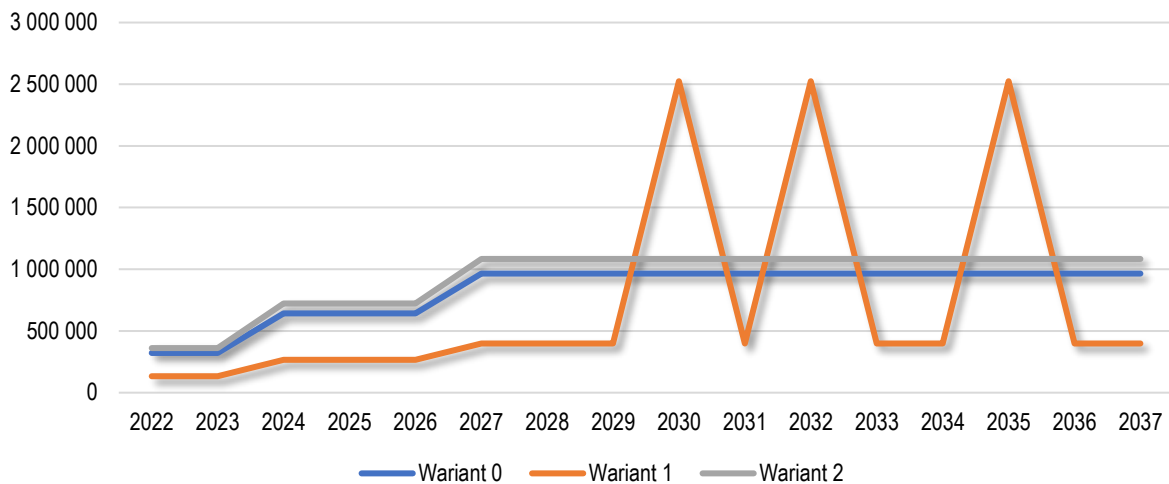
Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Wydatki eksploatacyjne						
Wariant 0	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80	1 055 268,80
Paliwo	783 768,80	783 768,80	783 768,80	783 768,80	783 768,80	783 768,80
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Koszt paliwa na wzkm	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04	1,04
Naprawy i konserwacje	271 500,00	271 500,00	271 500,00	271 500,00	271 500,00	271 500,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00	18 100,00
Wariant 1	2 557 420,35	432 420,35	432 420,35	2 557 420,35	432 420,35	432 420,35
Koszt energii	288 420,35	288 420,35	288 420,35	288 420,35	288 420,35	288 420,35
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Koszt energii elektr. na wzkm	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38	0,38
Naprawy i konserwacje	144 000,00	144 000,00	144 000,00	144 000,00	144 000,00	144 000,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00	9 600,00
Baterie	2 125 000,00	0,00	0,00	2 125 000,00	0,00	0,00
Liczba autobusów	5	0	0	5	0	0
Cena jednostkowa	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00	425 000,00
Wariant 2	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71	1 202 667,71
Koszt energii	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71	1 036 167,71
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Koszt paliwa na wzkm	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37	1,37
Naprawy i konserwacje	166 500,00	166 500,00	166 500,00	166 500,00	166 500,00	166 500,00
Liczba autobusów	15	15	15	15	15	15
Koszty napraw i konserwacji na autobus	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00	11 100,00

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.



W związku z okresem użyteczności technicznej baterii dla taboru zeroemisyjnego o napędzie elektrycznym oszacowanym w oparciu o przewidywaną liczbę cykli ładowania na 8 lat, wartość wydatków eksploatacyjnych planowanych na 2030, 2032 i 2035 rok w wariantcie 1 uwzględnia koszty zakupu i wymiany przedmiotowego magazynu energii, wraz z ewentualnym kosztem utylizacji zużytych baterii poddanych wymianie.

Pozostałe kategorie wydatków eksploatacyjnych zgodnie z głównym założeniem modelu (ceny stałe) oraz niezmiennością zleconej pracy przewozowej publicznego transportu zbiorowego realizowanego przez MPK wykazują stały trend, co zaprezentowano na poniższym wykresie, tj.:



Wykres 2. Wartość nakładów inwestycyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” [PLN]
Źródło: opracowanie własne.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych oraz wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji, w ramach poszczególnych wariantów, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o napędzie konwencjonalnym.

W tym celu przedstawiono różnice wynikające z planowanych wartości nakładów inwestycyjnych i wydatków eksploatacyjnych, w postaci przepływów pieniężnych dla wariantu „1” i „2” względem wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano następujące wyniki, tj.:



Tabela 19. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2022-2027 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026	2027
Analiza finansowa - model różnicowy						
Wydatki inwestycyjne						
Wariant 1	4 612 000,00	0,00	4 408 000,00	0,00	0,00	4 612 000,00
Wariant 2	16 250 000,00	0,00	13 750 000,00	0,00	0,00	13 750 000,00
Wydatki eksploatacyjne						
Wariant 1	-207 616,15	-207 616,15	-415 232,30	-415 232,30	-415 232,30	-622 848,44
Wariant 2	49 132,97	49 132,97	98 265,94	98 265,94	98 265,94	147 398,91
Przepływy pieniężne						
Wariant 1	-4 404 383,85	207 616,15	-3 992 767,70	415 232,30	415 232,30	-3 989 151,56
Wariant 2	-16 299 132,97	-49 132,97	-13 848 265,94	-98 265,94	-98 265,94	-13 897 398,91

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 20. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2028-2033 [PLN]

Wyszczególnienie	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Analiza finansowa - model różnicowy						
Wydatki inwestycyjne						
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne						
Wariant 1	-622 848,44	-622 848,44	1 502 151,56	-622 848,44	1 502 151,56	-622 848,44
Wariant 2	147 398,91	147 398,91	147 398,91	147 398,91	147 398,91	147 398,91
Przepływy pieniężne						
Wariant 1	622 848,44	622 848,44	-1 502 151,56	622 848,44	-1 502 151,56	622 848,44
Wariant 2	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.



Tabela 21. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2034	2035	2036	2037
Analiza finansowa - model różnicowy				
Wydatki inwestycyjne				
Wariant 1	0,00	0,00	0,00	0,00
Wariant 2	0,00	0,00	0,00	0,00
Wydatki eksploatacyjne				
Wariant 1	-622 848,44	1 502 151,56	-622 848,44	-622 848,44
Wariant 2	147 398,91	147 398,91	147 398,91	147 398,91
Przepływy pieniężne				
Wariant 1	622 848,44	-1 502 151,56	622 848,44	622 848,44
Wariant 2	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91	-147 398,91

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujące różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych wariantów „1” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „1” (korzyści finansowe), różnicowe przepływy finansowe są wyższe względem wariantu 0, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- **wariant „1”:** -11.494.738 zł,
- **wariant „2”:** -45.764.452 zł.

Powyższy stan wynika z utrzymujących się wysokich cen zakupu taboru zeroemisyjnego zasilanych paliwem alternatywnym, względem konwencjonalnych z normą emisji spalin EURO 6.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników NPV i IRR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

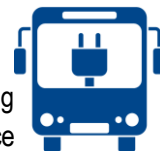


Tabela 22. Ocena efektywności Inwestycji [PLN]

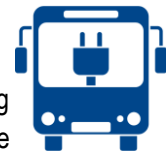
Wyszczególnienie	Wartość
NPV	
Wariant „1”	-10 156 972,51
Wariant „2”	-40 121 659,66
IRR	
Wariant „1”	Nieemożliwe do obliczenia
Wariant „2”	Nieemożliwe do obliczenia

**/ wynik niemożliwy do określenia z uwagi na brak spłaty w zakładanym okresie.*

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Dla wariantu „1” zdyskontowana wartość bieżąca NPV wyniosła -10.156.972,51 PLN, a dla wariantu „2”: - 40.121.659,66 PLN, natomiast wewnętrzne stopy zwrotu IRR okazały się niemożliwe do obliczenia.

**Z PUNKTU WIDZENIA OCENY FINANSOWEJ PROJEKTU
INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (NPV<0).**



4.2. Analiza społeczno-ekonomiczna

4.2.1. Koszty społeczne emisji gazów cieplarnianych (CO₂)

Zanieczyszczenie powietrze atmosferycznego w dzisiejszych czasach stanowi jeden z głównych problemów przed którym stoją władarze miast i mniejszych ośrodków. To jakość powietrza wpływa bezpośrednio na jakość życia mieszkańców, a przede wszystkim na ich zdrowie i bioróżnorodność. Przy dużym zanieczyszczeniu powietrza mogą pojawić się następujące problemy;

- Problemy z oddychaniem
- Choroby układu oddechowego
- Problemy z pamięcią i koncentracją
- Problemy związane ze środowiskiem naturalnym
- Choroby układu krwionośnego w tym poważne choroby serca i nadciśnienie tętnicze

Ocena zanieczyszczenia powietrza umożliwia określenie wartości ekonomicznej oddziaływań wynikających z wymiany taboru na pojazdy o napędzie zeroemisyjnym. Zanieczyszczenia pyłowe powietrza wynikają przede wszystkim z tzw. niskiej emisji.

Zgodnie z danymi zawartymi w „Rocznej ocenie jakości powietrza w województwie mazowieckim. Raport wojewódzki za rok 2020” w 17 strefach województwa mazowieckiego na stacjach pomiarowych w 2020 roku odnotowano przekroczenie wartości stężeń pyłu PM_{2,5} oraz b(a)p w pyłe PM₁₀.

Pył zawieszony PM_{2,5} jest mieszaniną bardzo drobnych cząstek stałych i ciekłych, które mogą pochodzić z emisji bezpośredniej (pył pierwotny) lub też powstają w wyniku reakcji między substancjami znajdującymi się w atmosferze (pył wtórny). Pył wtórny to w głównej mierze zanieczyszczenia pyłowe powstające w wyniku reakcji i procesów gazów (SO₂, NO_x, NH₃, i lotnych związków organicznych) zachodzących podczas transportu na dużej odległości

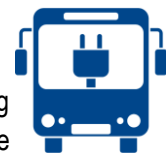
oraz reemisja, tj. unoszenie pyłu z podłoża (szczególnie na terenie miast). Analizując udział frakcji pyłu zawieszonego PM_{2,5} w pyłe zawieszonym PM₁₀ warto zwrócić uwagę, że jest on największy przy transporcie drogowym i stanowi ok. 90%. Należy przy tym podkreślić, że znaczna część emisji pyłu z transportu 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 lub zamiejski), stanu technicznego drogi.

Struktura emisji CO₂

Zgodnie z Programem ochrony powietrza dla stref w województwie mazowieckim w przypadku przekroczenia 24-godzinnych stężeń dopuszczalnych PM₁₀ oraz średniorocznego dopuszczalnego poziomu pyłu PM_{2,5} obowiązują następujące zalecenia dla poziomu I:

- korzystanie z alternatywnych sposobów przemieszczania się na krótkich odcinkach (rower, pieszo) w celu ograniczenia natężenia ruchu samochodowego, w celu ograniczenia natężenia ruchu samochodowego
- zalecenie dla ludności korzystania z komunikacji miejskiej/gminnej zamiast komunikacji indywidualnej, w celu ograniczenia natężenia ruchu samochodowego

Na złą jakość powietrza w Mieście, jak również na terenie całego województwa mazowieckiego wpływ ma w dużym stopniu emisja zanieczyszczeń ze źródeł komunikacyjnych spowodowanych wzrostem natężenia ruchu samochodowego przy niedostatecznej

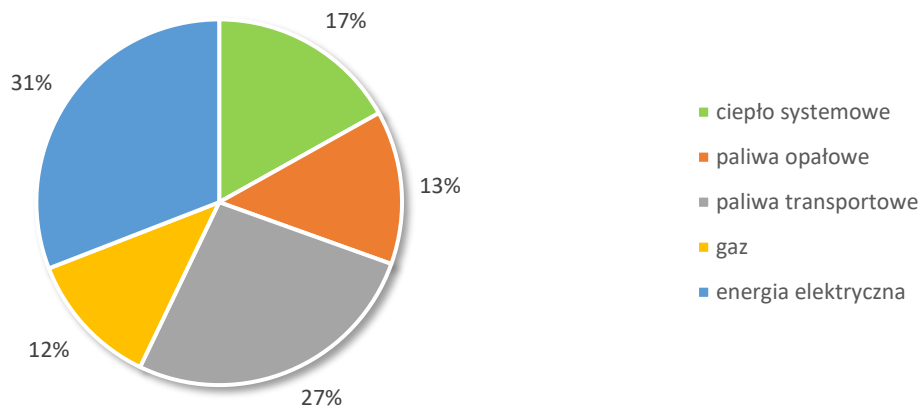


Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

przepustowości układów drogowych, przez brak parkingów typu P+R oraz niezadawalający stan techniczny wykorzystywanych pojazdów.

Duży udział w negatywnym oddziaływaniu na środowisko ma spalanie paliw w silnikach spalinowych

napędzających pojazdy mechaniczne. Oprócz dwutlenku węgla pojazdy silnikowe emitują także inne szkodliwe substancje jak dwutlenek siarki, pyły i benzo(a)piren.



Wykres 11 Struktura emisji CO₂ z poszczególnych paliw na terenie Miasta Siedlce
Źródło: Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Siedlce 2020 r.

Jak widać na powyższym wykresie spalanie paliw w celach transportowych jest drugim co do wielkości emitentem CO₂, po wytwarzaniu energii elektrycznej na terenie miasta Siedlce.

Poniżej przedstawione zostały koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej.

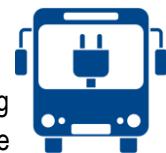


Tabela 23 Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej.

	NOx [PLN]	NMVOC [PLN]	SO2 [PLN]	PM2,5 [PLN]	
				Obszar miejski	Obszar podmiejski
2021	78 142,60	97 60,55	83 965,20	1 288 154,69	276 244,63
2028	93 968,74	111 737,35	100 970,58	1 549 043,31	332 192,17

Źródło: Ricardo AEA, tabela 15, str. 37.

Sektor transportu jest kluczowy dla rozwoju polskiej gospodarki, lecz jest on również 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.: zaostrzenie norm dotyczących emisji

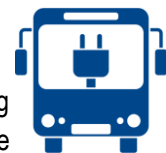
spalin, promocja alternatywnych źródeł energii (np. biopaliw) oraz promocja efektywnych energetycznie środków transportu.

Według stanu na dzień opracowania niniejszej Analizy (tj. 2021 roku) MPK sp. z o.o. w Siedlcach dysponuje 47 autobusami, z czego 100% stanowią pojazdy o napędzie konwencjonalnym (ON).

Poniższa tabela przedstawia strukturę emisji CO₂, NMHC/NMVOC, NOx oraz PM, które emitowane są przez użytkowane w MPK sp. z o.o. pojazdy o napędzie konwencjonalnym.

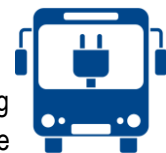
Tabela 24 Struktura emisji CO₂, NMHC/NMVOC, NOx oraz PM dla pojazdów eksploatowanych przez MPK Siedlce.

Lp.	Nr. ewid.	Norma emisji spalin EURO	Średnia spalania na 100 km (lato, zima, miasto, poza)	Przebieg km	Wskaźnik	Niska emisja		
					CO ₂ [g/km]	NMHC/NMVOC [g/km]	NOx [g/km]	PM [g/km]
1	059	II	15,65	28426,9	419	1,7215	10,955	0,23
2	057	II	15,65	28757,4	419	1,7215	10,955	0,23
3	058	II	32,75	31004,9	878	3,6025	22,925	0,49
4	064	II	32,75	31762,6	878	3,6025	22,925	0,49
5	053	II	32,75	42496,3	878	3,6025	22,925	0,49
6	055	II	32,75	44083,7	878	3,6025	22,925	0,49
7	063	II	32,75	47079,1	878	3,6025	22,925	0,49
8	060	II	48,5	18883,5	1299	5,335	33,95	0,73
9	067	III	32,75	34971,9	878	2,1615	16,375	0,33



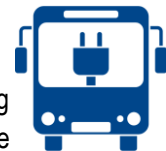
Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

10	061	III	32,75	40207,6	878	2,1615	16,375	0,33
11	062	III	32,75	43671,4	878	2,1615	16,375	0,33
12	066	III	32,75	51272,2	878	2,1615	16,375	0,33
13	068	III	33,5	32394,8	898	2,211	16,75	0,34
14	069	III	33,5	32493	898	2,211	16,75	0,34
15	076	III	33,625	28066,9	901	2,21925	16,8125	0,34
16	078	III	33,625	34707	901	2,21925	16,8125	0,34
17	065	III	48,5	21995,8	1300	3,201	24,25	0,49
18	072	IV	35,5	49540,7	951	1,633	12,425	0,07
19	070	IV	35,5	51200	951	1,633	12,425	0,07
20	073	IV	35,5	54280,1	951	1,633	12,425	0,07
21	071	IV	35,5	56695,1	951	1,518	6,6	0,07
22	090	V	33	48884,4	884	1,518	6,6	0,07
23	089	V	33	51693	884	1,518	6,6	0,07
24	082	V	33	52174,7	884	1,518	6,6	0,07
25	091	V	33	53336,9	884	1,518	6,6	0,07
26	092	V	33	53995,7	884	1,518	6,6	0,07
27	088	V	33	54902,4	884	1,518	6,6	0,07
28	087	V	33	57190,3	884	1,518	6,6	0,07
29	083	V	33	57721,8	884	1,518	6,6	0,07
30	086	V	33	57795,7	884	1,518	6,6	0,07
31	084	V	33	58792,8	884	1,518	6,6	0,07
32	085	V	33	60688	884	1,518	6,6	0,07
33	079	V	35,5	53666,3	951	1,633	7,1	0,07
34	108	VI	31,5	42030,4	844	0,4095	1,26	0,03
35	104	VI	31,5	42903,6	844	0,4095	1,26	0,03
36	095	VI	31,5	43166,8	844	0,4095	1,26	0,03
37	106	VI	31,5	46298,4	844	0,4095	1,26	0,03
38	107	VI	31,5	46363,7	844	0,4095	1,26	0,03
39	098	VI	31,5	47080,6	844	0,4095	1,26	0,03
40	094	VI	31,5	48116,3	844	0,4095	1,26	0,03



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług
w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

41	096	VI	31,5	49138	844	0,4095	1,26	0,03
42	105	VI	31,5	50072,3	844	0,4095	1,26	0,03
43	097	VI	31,5	50113,2	844	0,4095	1,26	0,03
44	101	VI	35	43231,4	938	0,455	1,40	0,04
45	102	VI	35	51234,3	938	0,455	1,40	0,04
46	110	VI	31,5	46363,70	844	0,4095	1,26	0,03
47	111	VI	31,5	42030,40	844	0,4095	1,26	0,03
Razem:					41427	78,18	474,68	8,32



4.2.2. Koszty zmiany klimatu

Negatywne skutki środowiskowe wykorzystywania produktów ropopochodnych w transporcie związane są przede wszystkim z emisją gazów cieplarnianych. W Unii Europejskiej podjęte zostały działania zmierzające do ograniczenia ich emisji. 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.

Sektor transportu drogowego odpowiada za 30%⁵ cząstek PM w europejskich miastach. Szkodliwe emisje, za które odpowiada sektor transportu pochodzą głównie z:

- spalania paliw;
- kurzu;
- ścierania układu hamulcowego;
- ścierania opon.

W przypadku wprowadzenia pojazdów elektrycznych redukcja emisji CO₂ oraz ograniczenie wpływu transportu zbiorowego na zmiany klimatyczne może nastąpić dzięki:

- braku wycieku oleju i innych płynów eksploatacyjnych;
- redukcji pyłów ze ścieranych tarcz i klocków hamulcowych dzięki hamowaniu rekuperacyjnemu;
- lokalnej zero-emisyjności (braku spalin CO₂, PM, NO_x, SO_x);

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 zero. Takie samochody to nie tylko zmniejszenie emisji szkodliwych zanieczyszczeń i dwutlenku węgla, ale również znaczące obniżenie kosztów eksploatacji.

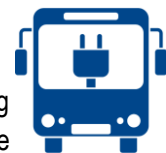
Zagregowane koszty zmian klimatycznych (CO₂) w gałęzi transportu przedstawiają się następująco⁶

- 187,09 (PLN/t CO₂) w 2021 roku

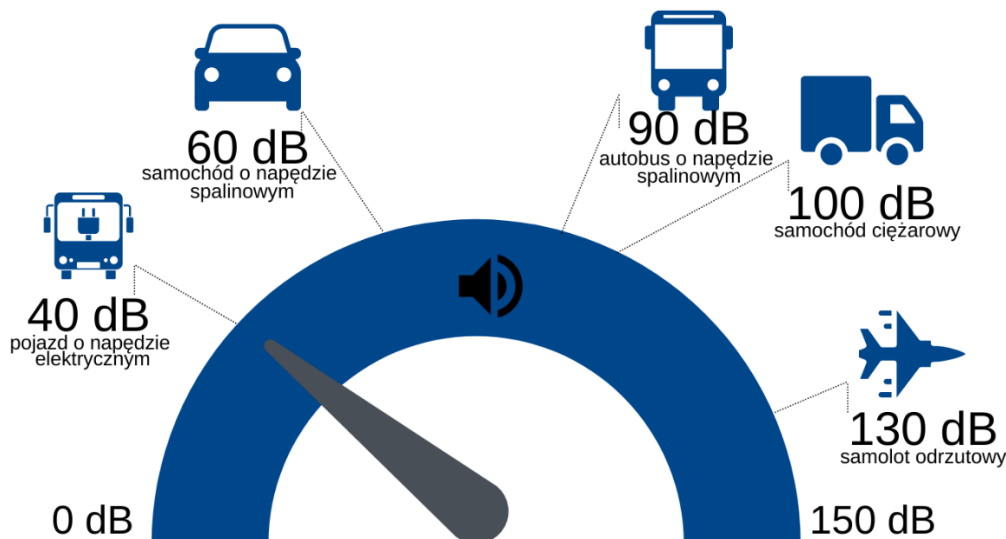
- 223,46 (PLN/t CO₂) w 2028 roku

⁵ Według danych Światowej Organizacji Zdrowia, WHO.

⁶ Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>



4.2.3. Koszty społeczne emisji hałasu



Negatywny wpływ hałasu komunikacyjnego obejmuje coraz większą liczbę mieszkańców miast. Jest to zjawisko niepożądane, powodujące rozdrażnienie, uczucie znużenia i zmęczenia całego organizmu, 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.

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.

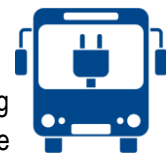
Koszty zewnętrzne hałasu wynikają przede wszystkim ze strat społecznych, tzn.:

- strat produktywności człowieka powodowanych niezdolnością do koncentracji;

- zmęczenia, braku snu, wypoczynku - niższa wydajność, pogorszenie jakości pracy;
- koszty opieki zdrowotnej.

Napęd elektryczny pomaga w głównej mierze zredukować poziom hałasu w centrach miast, co łącznie z brakiem emisji szkodliwych zanieczyszczeń może znacząco podnieść komfort życia mieszkańców. Pojazdy o napędzie elektrycznym są niezwykle ciche, co ma duże znaczenie zarówno dla samych pasażerów takiego autobusu jak i dla zewnętrznego otoczenia (poziom hałasu autobusu elektrycznego wynosi około 40-50 dB, a dla porównania jest to poziom dźwięku darcia papieru z odległości 1 m lub spokojnej rozmowy).

W celu zwiększenia bezpieczeństwa pieszych wszystkie nowe pojazdy osobowe o napędzie elektrycznym od 1 lipca 2019 r. muszą być wyposażone w system AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System), który jest odpowiedzialny za generowanie ostrzegawczych sygnałów przy prędkości pojazdu do 20 km/h. Natomiast od 1 lipca 2021 wszystkie pojazdy osobowe włączenie z tymi wyprodukowanymi przed 1 lipca 2019 muszą również być wyposażone w ten system.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Koszty jednostkowe hałasu w transporcie lądowym⁷ - średni udział ruchu w hałasie w nocy 15%

- średni udział ruchu w hałasie w dzień 85%

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze miejskim⁸

	Pojazdy lekkie	Pojazdy ciężkie
Dzień	0,044 PLN/pojkm]	0,270 PLN/pojkm]
Noc	0,079 PLN/pojkm]	0,492 PLN/pojkm]

Jednostkowe koszty hałasu na obszarze podmiejskim⁹

	Pojazdy lekkie	Pojazdy ciężkie
Dzień	0,0005 PLN/pojkm]	0,0020 PLN/pojkm]
Noc	0,0007 PLN/pojkm]	0,0038 PLN/pojkm]

Zagregowane koszty hałasu w transporcie lądowym przedstawiają się następująco¹⁰:

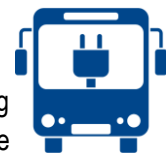
- 0,0603 PLN/pojkm] w 2021 roku
- 0,0726 PLN/pojkm] w 2028 roku

⁷ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

⁸ Jaspers, „Niebieska Księga”. Nowa edycja, Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, sierpień 2015 r.

⁹ J.w.

¹⁰ Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.



4.2.4. Zgeneralizowane koszty transportu na jednostkę pracy przewozowej

Tabela 25 Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu

Rodzaj efektu zewnętrznego	Transport drogowy	
	Autobusy [PLN/ 1000 paskm]	Drogowy razem [PLN/ 1000 paskm]
Wypadki	29,16	106,97
Zanieczyszczenie dolnych warstw atmosfery	19,10	18,15
Zmiana klimatu (scenariusz niższy)	14,08	24,64
Hałas	5,09	6,37
Kongestia (koszty opóźnień)	27,73	60,55

Źródło: opracowanie własne na podstawie Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT), Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści, wersja aktualna (aktualizacja 28.08.2020 – ceny na koniec 2019 r., prognozy makroekonomiczne z 07.2020 r), <https://www.cupt.gov.pl/wdrazanie-projektow/analiza-kosztow-i-korzysci/narzedzia/tablice-kosztow-jednostkowych-do-wykorzystania-w-analizach-kosztow-i-korzysci>.

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

Efekty środowiskowe realne do osiągnięcia w wyniku realizacji Inwestycji w wariantach „1” i „2” oszacowano dla poszczególnych kategorii wymiernych kosztów opisanych w poprzednim podrozdziale, których wpływ na środowisko wynikać będzie z wymiany taboru o napędzie spalinowym na zeroemisyjny.

Przedmiotowe efekty środowiskowe oszacowano w jednostkach naturalnych bazując na przyjętych założeniach realizacji projektu w zakresie planowanej wymiany 15 szt. autobusów i szacowanej pracy przewozowej realizowanej nowym taborem zeroemisyjnym, w odniesieniu do rezultatów ograniczenia skutków mających wpływ na środowisko w następujących kategoriach, tj.:

- ograniczenie emisji zanieczyszczeń CO₂;
- ograniczenie emisji zanieczyszczeń – niższe warstwy (PM, NMHC/NMVOC, NO_x);
- ograniczenie emisji hałasu.

Wyniki szacowanych efektów środowiskowych związanych z realizacją Inwestycji dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2037 zaprezentowano w poniższych tabelach.



Tabela 26. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Zużycie paliwa [l]	83 355,08	83 355,08	166 710,15	166 710,15	166 710,15
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	1 867,80	1 867,80	3 735,60	3 735,60	3 735,60
Emisja CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,11	0,11	0,21	0,21	0,21
NMHC/NMVOG g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	71 230,88	73 062,45	149 903,26	153 801,53	157 947,53
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Zużycie paliwa [l]	83 355,08	83 355,08	166 710,15	166 710,15	166 710,15
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	1 867,80	1 867,80	3 735,60	3 735,60	3 735,60
Emisja CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce



Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,11	0,11	0,21	0,21	0,21
NMHC/NMVOC g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	71 230,88	73 062,45	149 903,26	153 801,53	157 947,53
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,28	0,29	0,30	0,31	0,31
Liczba wzkm	251 448,19	251 448,19	502 896,38	502 896,38	502 896,38

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 27. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Efekty środowiskowe					
Wariant 1					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Zużycie paliwa [l]	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40
Emisja CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
NMHC/NMVOC g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	243 343,59	249 781,11	256 024,45	262 459,99	268 888,21
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Wariant 2					
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Zużycie paliwa [l]	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40
Emisja CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOG [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
NMHC/NMVOG g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	243 343,59	249 781,11	256 024,45	262 459,99	268 888,21
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,32	0,33	0,34	0,35	0,36
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.



Tabela 28. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [w jedn. naturalnych]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Efekty środowiskowe						
Wariant 1						
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Zużycie paliwa [l]	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40
Emisja CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
NMHC/NMVOC g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	275 297,99	281 677,44	288 013,76	294 292,79	300 504,24	306 875,51
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Wariant 2						
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Zużycie paliwa [l]	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23	250 065,23
Emisja CO2 [kg/litr]	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02	0,02
Emisja CO2 [kg]	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40	5 603,40



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Emisja CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
PM g/km	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
NMHC/NMVOC g/km	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43	0,43
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń - NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
NOx g/km	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21	0,21
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	275 297,99	281 677,44	288 013,76	294 292,79	300 504,24	306 875,51
krańcowy koszt zewnętrzny hałasu na 1 wzkm	0,36	0,37	0,38	0,39	0,40	0,41
Liczba wzkm	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57	754 344,57

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

W kolejnej fazie analizy zaprezentowano oszacowane efekty środowiskowe dla poszczególnych wariantów wyrażone w jednostkach naturalnych poddano monetyzacji, dzięki czemu osiągnięto ich wartość wyrażoną w jednostkach pieniężnych tj.:

Tabela 29. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	77 752,09	79 751,81	163 628,24	167 883,17	172 407,24
Ograniczenie emisji CO2	359,15	368,85	757,12	776,53	795,95
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	192,28	197,48	202,68	207,87	213,07
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	6 162,06	6 320,51	12 967,87	13 305,10	13 663,77
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237,00	1 359 312,95	1 394 460,78	1 430 724,14	1 469 291,88
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 041,53	10 299,73	10 566,05	10 840,83	11 133,06
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,11	0,11	0,21	0,21	0,21
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	80 392,11	82 459,24	84 591,39	86 791,21	89 130,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	71 230,88	73 062,45	149 903,26	153 801,53	157 947,53
Wariant 2	77 752,09	79 751,81	163 628,24	167 883,17	172 407,24
Ograniczenie emisji CO2	359,15	368,85	757,12	776,53	795,95
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	192,28	197,48	202,68	207,87	213,07
Ograniczenie emisji CO2 [t]	1,87	1,87	3,74	3,74	3,74
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	6 162,06	6 320,51	12 967,87	13 305,10	13 663,77
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 325 237,00	1 359 312,95	1 394 460,78	1 430 724,14	1 469 291,88
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	10 041,53	10 299,73	10 566,05	10 840,83	11 133,06
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,11	0,11	0,21	0,21	0,21
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	80 392,11	82 459,24	84 591,39	86 791,21	89 130,83
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,05	0,05	0,11	0,11	0,11
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	71 230,88	73 062,45	149 903,26	153 801,53	157 947,53

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 30. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Monetyzacja efektów środowiskowych					
Wariant 1	265 617,86	272 641,39	279 453,96	286 475,35	293 488,78
Ograniczenie emisji CO2	1 223,04	1 252,16	1 281,28	1 310,40	1 339,52
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	218,27	223,46	228,66	233,86	239,05
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	21 051,23	21 608,13	22 148,23	22 704,96	23 261,05
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 509 120,41	1 549 043,31	1 587 762,09	1 627 672,74	1 667 538,00
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	11 434,85	11 737,35	12 030,73	12 333,14	12 635,20



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	91 546,92	93 968,74	96 317,52	98 738,60	101 156,92
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	243 343,59	249 781,11	256 024,45	262 459,99	268 888,21
Wariant 2	265 617,86	272 641,39	279 453,96	286 475,35	293 488,78
Ograniczenie emisji CO2	1 223,04	1 252,16	1 281,28	1 310,40	1 339,52
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	218,27	223,46	228,66	233,86	239,05
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	21 051,23	21 608,13	22 148,23	22 704,96	23 261,05
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 509 120,41	1 549 043,31	1 587 762,09	1 627 672,74	1 667 538,00
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	11 434,85	11 737,35	12 030,73	12 333,14	12 635,20
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	91 546,92	93 968,74	96 317,52	98 738,60	101 156,92
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	243 343,59	249 781,11	256 024,45	262 459,99	268 888,21

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.



Tabela 31. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Monetyzacja efektów środowiskowych						
Wariant 1	300 482,18	307 442,62	314 356,21	321 207,55	327 985,45	334 937,01
Ograniczenie emisji CO2	1 368,64	1 397,76	1 426,88	1 456,00	1 485,12	1 514,24
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	244,25	249,45	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	23 815,55	24 367,43	24 915,57	25 458,76	25 996,10	26 547,27
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 707 288,90	1 746 851,72	1 786 147,10	1 825 087,12	1 863 608,05	1 903 120,14
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 936,40	13 236,18	13 533,92	13 828,98	14 120,86	14 420,25
Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	103 568,31	105 968,28	108 352,04	110 714,23	113 051,01	115 447,91
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	275 297,99	281 677,44	288 013,76	294 292,79	300 504,24	306 875,51
Wariant 2	300 482,18	307 442,62	314 356,21	321 207,55	327 985,45	334 937,01
Ograniczenie emisji CO2	1 368,64	1 397,76	1 426,88	1 456,00	1 485,12	1 514,24
Wartość emisji gazów cieplarnianych [PLN/t CO2]	244,25	249,45	254,65	259,84	265,04	270,24
Ograniczenie emisji CO2 [t]	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60	5,60
Ograniczenie emisji zanieczyszczeń-niższe warstwy	23 815,55	24 367,43	24 915,57	25 458,76	25 996,10	26 547,27
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t PM]	1 707 288,90	1 746 851,72	1 786 147,10	1 825 087,12	1 863 608,05	1 903 120,14
Ograniczenie emisji PM [t]	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t NMHC/NMVOC]	12 936,40	13 236,18	13 533,92	13 828,98	14 120,86	14 420,25



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług w komunikacji miejskiej organizowanej przez Miasto Siedlce

Ograniczenie emisji NMHC/NMVOC [t]	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32	0,32
Wartość emisji zanieczyszczeń [PLN/t Nox]	103 568,31	105 968,28	108 352,04	110 714,23	113 051,01	115 447,91
Ograniczenie emisji NOx [t]	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
Ograniczenie emisji hałasu - [PLN]	275 297,99	281 677,44	288 013,76	294 292,79	300 504,24	306 875,51

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Na podstawie szacowanych nakładów inwestycyjnych, wydatków eksploatacyjnych związanych z realizacją Inwestycji oraz zmonetyzowanych efektów środowiskowych dla poszczególnych wariantów „1” i „2”, oszacowano alternatywne korzyści oraz skutki finansowe wynikające z wymiany taboru o napędzie konwencjonalnym.

W tym celu przedstawiono różnice w postaci przepływów pieniężnych obejmujące w/w elementy dla wariantu „1” i „2” względem wariantu „0”, w rezultacie czego otrzymano wartość skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, których wyniki kształtują się następująco, tj.:



Tabela 32. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-4 326 631,76	287 367,95	-3 829 139,46	583 115,46	587 639,54
Wariant 2	-16 221 380,88	30 618,84	-13 684 637,70	69 617,23	74 141,30

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 33. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane					
Wariant 1	-3 723 533,70	895 489,84	902 302,41	-1 215 676,21	916 337,22
Wariant 2	-13 631 781,05	125 242,48	132 055,05	139 076,44	146 089,87

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 34. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane						
Wariant 1	-1 201 669,38	930 291,07	937 204,66	-1 180 944,01	950 833,90	957 785,45
Wariant 2	153 083,27	160 043,71	166 957,30	173 808,63	180 586,54	187 538,10

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

W oparciu o otrzymane wyniki różnicowych skumulowanych przepływów finansowych w ramach realizacji Inwestycji, obejmujących różnicowe rezultaty pieniężne alternatywnych wariantów „1” i „2”, względem założeń dla taboru konwencjonalnego należy wskazać, że pomimo planowanych niższych wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „1” (korzyści finansowe) oraz osiągniętych zmonetyzowanych efektów środowiskowych, różnicowe przepływy finansowe w dalszym ciągu są wyższe względem wariantu „0”, w łącznej wysokości za okres objęty Analizą, tj.:

- wariant „1”: -7.529.227 PLN,
- wariant „2”: -41.798.941 PLN.

Niezależnie od osiągniętego wyniku różnicowych przepływów finansowych w okresie realizacji projektu, poniżej zaprezentowano ocenę efektywności ekonomicznej Inwestycji wyrażonej w postaci mierników ENPV i ERR, co do których zgodnie z treścią Rozporządzenia 480/2014 (KE) z dnia 03 marca 2014 roku zastosowano realną stopę dyskontową na poziomie 4%, a wyniki analizy kształtują się następująco, tj.:

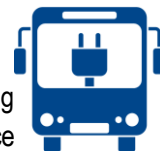


Tabela 35. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]

Wyszczególnienie	Wartość
ENPV	
Wariant 1	-7 434 509,17
Wariant 2	-37 399 196,32
ERR	
Wariant 1	-12,44%
Wariant 2	Nieemożliwe do obliczenia

*/ wynik niemożliwy do określenia z uwagi na brak spłaty w zakładanym okresie.
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK

Dla wariantu „1” zdyskontowana ekonomiczna wartość bieżąca ENPV wyniosła **-7.434.509,17 PLN**, a dla wariantu „2”: **-37.399.1996,32 PLN**, natomiast ekonomiczne stopy zwrotu ERR dla wariantu „1” wyniosła -12,44%, a dla wariantu „2” okazała się niemożliwa do obliczenia.

Z PUNKTU WIDZENIA OCENY FINANSOWEJ PROJEKTU INWESTYCJA W KAŻDYM Z WARIANTÓW JEST NIEOPŁACALNA (NPV<0).

Dodatkowo podjęto się analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji przy założeniu pozyskania dofinansowania ze środków UE. W oparciu o założenia oraz wyniki przeprowadzonej analizy oszacowano punkt krytyczny przedmiotowego współfinansowania Inwestycji, do poziomu którego Inwestycja jest opłacalna dla wariantu „1”.

Wartość dofinansowania spełniająca kryterium opłacalności projektu w ramach analizy efektywności ekonomicznej Inwestycji wynosi 65% kosztów kwalifikowanych.

Wartość skumulowanych przepływów pieniężnych zawierających również dofinansowanie UE zaprezentowano w poniższych zestawieniach, tj.:



Tabela 36. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]

Wyszczególnienie	2022	2023	2024	2025	2026
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	-1 328 831,76	287 367,95	-963 939,46	583 115,46	587 639,54
Wariant 2	-5 658 880,88	30 618,84	-4 747 137,70	69 617,23	74 141,30

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 37. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]

Wyszczególnienie	2027	2028	2029	2030	2031
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją					
Wariant 1	-725 733,70	895 489,84	902 302,41	-1 215 676,21	916 337,22
Wariant 2	-4 694 281,05	125 242,48	132 055,05	139 076,44	146 089,87

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 38. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]

Wyszczególnienie	2032	2033	2034	2035	2036	2037
Przepływy pieniężne skumulowane - wariant z dotacją						
Wariant 1	-1 201 669,38	930 291,07	937 204,66	-1 180 944,01	950 833,90	957 785,45
Wariant 2	153 083,27	160 043,71	166 957,30	173 808,63	180 586,54	187 538,10

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.

Tabela 39. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN]

Wyszczególnienie	
ENPV (wariant z dotacją)	
Wariant 1	364 348,08
Wariant 2	-12 234 105,29
ERR (wariant z dotacją)	
Wariant 1	6,43%
Wariant 2	Niemożliwe do obliczenia

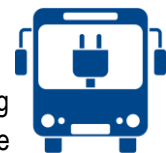
Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ogólnodostępnych i MPK.



W konsekwencji uwzględnienia w skumulowanych przepływach finansowych realizacji Inwestycji dofinansowania unijnego na poziomie 65% kosztów kwalifikowalnych ekonomiczna efektywność Inwestycji wynosi dla:

- wariantu „1”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **364.348,08 PLN** i ekonomicznej stopie zwrotu ERR **6,43%**,
- wariantu „2”: ekonomiczna wartość bieżąca ENPV: **- 12.234.105,29 PLN** (ekonomiczna stopa zwrotu ERR okazała się nie możliwa do obliczenia).

**MAJĄC NA UWADZE OTRZYMANE WYNIKI REKOMENDUJE SIĘ
WYKORZYSTANIE AUTOBUSÓW O NAPĘDZIE ZEROEMISYJNYM I REALIZACJĘ
INWESTYCJI WARIANCIE 1, Z ZASTRZEŻENIEM POZYSKANIA
DOFINANSOWANIA UE NA POZIOMIE 65%.**



4.4. Analiza wrażliwości

W celu wytypowania kluczowych zmiennych krytycznych wskazujących wartości progowe wykorzystano projektowane zmiany najważniejszych czynników wpływających na decyzję o zakupie taboru o napędzie zeroemisyjnym.

Analizie podlegał wariant „1” z uwzględnieniem dotacji, ponieważ okazał się najkorzystniejszy – posiadał najwyższą rentowność (ENPV>0, tj. 364.348,08 PLN, ERR = 6,43 %).

W ramach zmiennych poddanych analizie wrażliwości wytypowano zmianę następujących czynników:

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty napraw i konserwacji taboru;
- koszty wymiany baterii;
- zmianę liczby wozokilometrów.

Wyniki analizy wrażliwości zaprezentowano w poniższej tabeli.

Tabela 40. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne

Analiza wrażliwości	NPV	IRR	Zmiana NPV (%)	Zmiana IRR (p.p.)
Wartości bazowe - wariant optymalny	364 348,08	6,43%		
Zmiana wartości inwestycji o +1%	257 653,43	5,67%	-29,28%	-0,77%
Zmiana kosztów energii elektrycznej o +1%	336 833,77	6,25%	-7,55%	-0,18%
Zmiana kosztów napraw i konserwacji o +1%	350 610,98	6,34%	-3,77%	-0,09%
Zmiana kosztów wymiany baterii o +1%	323 343,17	6,18%	-11,25%	-0,26%
Zmiana liczby wzm o -1%	289 868,91	5,95%	-20,44%	-0,49%

Źródło: opracowanie własne.

Do zmiennych sklasyfikowanych jako krytyczne (zmiana wartości czynnika o 1% wywołała zmianę wartości NPV o więcej niż -1%) zaliczono zatem:

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty wymiany baterii;
- liczbę wozokilometrów;
- koszty napraw i konserwacji taboru.

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

- wartość Inwestycji;
- koszty energii elektrycznej;
- koszty napraw i konserwacji taboru;
- koszty wymiany baterii;
- zmiana liczby wozokilometrów.

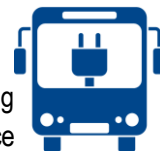
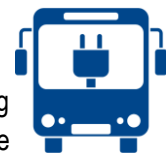


Tabela 41. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych

Analiza wrażliwości	Zmiana %
Zmiana wartości inwestycji	+3,40
Zmiana kosztów energii elektrycznej	+12,50
Zmiana kosztów napraw i konserwacji	+26,50
Zmiana kosztów wymiany baterii	+8,88
Zmiana liczby wzm	-4,89

Źródło: opracowanie własne .

Analiza wrażliwości wartości progowych wskazała, że najsilniejszy wpływ na projekt wywołuje zmiana wartości Inwestycji, której maksymalny poziom zmiany wynosi 3,40%.



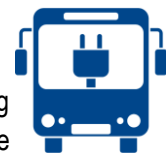
4.5. Analiza ryzyka

Zgodnie z zasadami ujętymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach” analizę ryzyka przeprowadzono w następujących etapach:

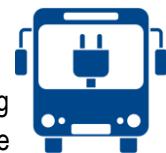
- identyfikacja ryzyka;
- zdefiniowanie aktywności ryzyka;
- analiza jakościowa ryzyka;
- określenie działań zaradczych i monitoringu.

Tabela 42 Zidentyfikowane aktywne ryzyka

L.p.	Identyfikacja ryzyka	Wpływ zidentyfikowanego ryzyka na realizację projektu	Strategia przeciwdziałania (sposób ograniczenia ryzyka)	Monitoring ryzyka
1.	Opóźnienia w dostawie taboru.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu. Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność odpowiednich pojazdów zeroemisyjnych (w szczególności pojazdów specjalistycznych) zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego.	Ryzyko będzie monitorowane od momentu rozpoczęcia Monitoring ryzyka będzie obejmował wszystkie procedury przetargowe.
2.	Opóźnienia w dostawie infrastruktury towarzyszącej.	Ograniczenie zakresu Inwestycji i zmniejszenie finalnych korzyści. Opóźnienie realizacji założonych celów. Możliwe zmniejszenie rentowności projektu. Opóźnienia w konsumpcji efektów ekologicznych.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka na tym poziomie, gdyż dostępność odpowiedniej infrastruktury zależy od dynamiki rozwoju rynku motoryzacyjnego..	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do czasu wykonania połączeń dystrybucyjnych.
3.	Częste awarie techniczne pojazdów (tzw. choroba wieku dziecięcego) oraz stacji ładujących.	Brak możliwości załadowania/ zatankowania pojazdu zeroemisyjnego (brak możliwości wykorzystania pojazdów do świadczenia usługi).	Częste okresowe przeglądy stanu technicznego pojazdów oraz infrastruktury towarzyszącej.	Monitoring prowadzony będzie w sposób ciągły w całym okresie eksploatacji, również z udziałem wykonawcy stacji ładowania.



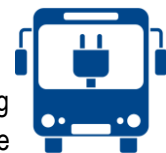
4.	Przerwy w dostawie energii elektrycznej. Problem z zapewnieniem odpowiedniej rezerwy mocy przyłączeniowej w danej lokalizacji.	Brak możliwości wykorzystania pojazdów elektrycznych. Brak możliwości obsługi linii komunikacyjnych w zaplanowanym zakresie.	Skoordynowana i systematyczna modernizacja sieci elektroenergetycznej. Racjonalne i etapowe wprowadzanie zaproponowanych rozwiązań, aby montaż i przyłączenia nowych stacji ładowania samochodów elektrycznych nie zaburzyły pracy sieci elektroenergetycznej.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót a także przez cały okres eksploatacji.
5.	Osiągnięcie rzeczywistych słabszych parametrów technicznych autobusów względem zapowiadanych przez producentów.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Odpowiednie przeszkolenie kierowców, którzy w efektywny sposób będą prowadzić zeroemisyjne pojazdy.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót a także przez cały okres eksploatacji.
6.	Niesprzyjające warunki atmosferyczne.	Niekorzystne warunki atmosferyczne, tj. nadzwyczajne opady śniegu i mróz wpływają na ryzyko zniszczeń sieci przesyłowych a także uszkodzenia infrastruktury. Ww. uwarunkowania mogą negatywnie wpłynąć na funkcjonowanie sieci dystrybucyjnej oraz eksploatację pojazdów, w tym szczególnie pojazdów elektrycznych.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu, dzięki czemu uzyskany zostanie „zapas” energii, który będzie mógł zostać wykorzystany w sytuacjach nadzwyczajnych. Wprowadzenie wymogu, na etapie zakupu taboru, o konieczności wykorzystania wysokiej klasy materiałów, odpornych na szkodliwe oddziaływanie warunków atmosferycznych.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w fazie przygotowawczej projektu, podczas realizacji robót a także przez cały okres eksploatacji.
7.	Brak umiejętności kierowania pojazdem elektrycznym przez kadrę.	Skrócenie maksymalnego dystansu pojazdu. Konieczność częstszego ładowania pojazdów. Wydłużenie przerw na ładowanie pojazdów.	Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony na początku wdrożenia projektu oraz w całym okresie eksploatacji.



8.	Szybka eksploatacja baterii (w przypadku zakupu floty pojazdów elektrycznych).	Konieczność częstej wymiany baterii w pojazdach elektrycznych, co bezpośrednio związane jest ze wzrostem kosztów eksploatacyjnych oraz koniecznością utylizacji zużytych baterii.	Stosowanie zrównoważonego systemu ładowania, odpowiedniego do każdego rodzaju pojazdu. Problem utylizacji baterii z samochodów elektrycznych zostanie rozwiązany poprzez: -wykorzystanie baterii, które utraciły swoją sprawność i nie mogą już być wykorzystywane w pojazdach, do tzw. magazynów energii; - recykling baterii.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony w całym okresie eksploatacji.
9.	Wyższe od spodziewanych koszty inwestycyjne.	Konieczność pozyskania środków finansowych ze źródeł zewnętrznych lub ograniczenie zakresu Inwestycji, co przełoży się na mniejszy rezultat i korzyści. Obniżenie rentowości Inwestycji.	Stąły monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
10.	Wyższe od spodziewanych koszty eksploatacyjne.	Obniżenie rentowości Inwestycji.	Stąły monitoring budżetu oraz odpowiednie zabezpieczenie środków finansowych na zaplanowane działania.	Monitoring ryzyka prowadzony będzie przez całą fazę operacyjną (eksploatacyjną) projektu.
11.	Polityczne zmiany priorytetów inwestycyjnych.	Brak możliwości pozyskania środków finansowych.	-	Monitoring ryzyka prowadzony będzie w okresie przygotowania przedsięwzięcia projektu, ale także podczas procesu jego wdrożenia.



12. Niedoszacowanie wartości Inwestycji.	Niższa efektywność przedsięwzięcia i konieczność pozyskania dodatkowych źródeł finansowania. Konieczność pozyskania dodatkowych środków na realizację przedsięwzięcia.	Szacowanie kosztów Inwestycji na podstawie analizy rynku dostawców i wykonawców oraz podobnych ofert przetargowych prowadzonych w innych miastach.	Monitoring ryzyka będzie prowadzony do momentu wyboru odpowiedniego dostawcy taboru zeroemisyjnego i infrastruktury towarzyszącej. Monitoring zostanie zakończony w momencie wskazania przez nich ostatecznych nakładów inwestycyjnych. Nad dostawami i robotami sprawowany będzie odpowiedni nadzór inwestora.
---	---	--	--



Analiza ryzyka została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Ocena jakościowa ryzyka została określona przy wykorzystaniu oceny prawdopodobieństwa oraz

skali ryzyka. Następnie określono poziom ryzyka, który stanowi kombinację wartości prawdopodobieństwa wystąpienia danego zjawiska i stopnia jego wpływu na przedsięwzięcie (szczegółowy opis metodologii został umieszczony w rozdz. 2.2.4.).

Tabela 43. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A		1, 2			
B				3	4, 5
C		7	12	6, 8	9
D					10, 11
E					






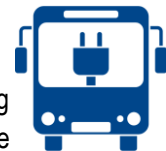
	Bardzo niski
	Niski
	Średni
	Wysoki
	Bardzo wysoki

Tabela 44 Matryca ryzyka – sposób działania

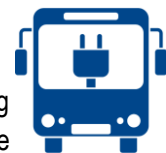
Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	1	2	3	4	5
A					
B	1, 2, 7		3, 4, 5, 6, 8, 9, 12		
C					
D					
E			10, 11		



5. Wnioski i rekomendacje

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

- Miasto Siedlce, jak każda jednostka samorządu terytorialnego określona w UoEIPA, ma obowiązek sporządzania Analizy cyklicznie, co 36 miesięcy.
- Zaprezentowane warianty inwestycyjne polegające na wymianie autobusów na pojazdy zeroemisyjne, bez zewnętrznego dofinansowania przekładają się bezpośrednio na wzrost kosztów funkcjonowania transportu publicznego (wyższa amortyzacja taboru z uwagi na wyższe ceny zakupu) co w konsekwencji będzie prowadzić do większego obciążenia budżetu miasta, a co za tym idzie, możliwe podwyżki cen biletów komunikacji zbiorowej. Koszt zakupów zeroemisyjnych pojazdów może być w znacznym stopniu zmniejszony poprzez pozyskanie dofinansowania na zakup pojazdów oraz niezbędnej infrastruktury.
- Obecnie w posiadaniu Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Siedlcach sp. z o.o. nie znajduje się żaden pojazd zeroemisyjny. W celu wypełnienia obowiązków ustawy UoEIPA przy zachowaniu obecnego stanu ilościowego taboru czyli 47 sztuk, miasto powinno zakupić 15 sztuk pojazdów do 1 stycznia 2028 r., wtedy 30% całego taboru będzie autobusami zeroemisyjnymi.
- Nowe pojazdy zgodnie z założeniem zastąpią pojazdy, które są najstarsze oraz wykonują największą pracę przewozową i jednocześnie spełniają najniższe standardy normy emisji spalin tzw. EURO.
- Założono, że w kolejnych latach ilość pojazdów w posiadaniu Operatora nie będzie się zmieniać.
- W zależności od możliwości oraz różnych uwarunkowań np. dodatkowych konkursów na dofinansowanie pojazdów dopuszcza się możliwość wcześniejszych zakupów pojazdów niż w przedstawionym w opracowaniu harmonogramie.
- Należy mieć na uwadze, że inwestowanie w pojazdy zeroemisyjne pozytywnie wpływa na wizerunek Miasta Siedlce oraz Operatora z uwagi na ogólnospołeczne pozytywne nastawienie do ekologicznych i nowoczesnych inwestycji.
- Każdy zakup nowych pojazdów oraz infrastruktury do ich obsługi powinien być poprzedzony osobną analizą wykonalności np. analizą kosztów i korzyści sporządzoną wyłącznie w zakresie np. linii komunikacyjnej zdefiniowanej do elektryfikacji. Niniejszy dokument to opracowanie kompleksowe dla całej sieci komunikacji zbiorowej.
- **Uzyskane wyniki wskazują na brak korzyści z wykorzystywania autobusów o napędzie zeroemisyjnym. W związku z powyższym, zgodnie z przepisem art. 37 ust. 5 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Organizator nie jest zobowiązany do zrealizowania obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych. Inwestycja jest opłacalna wyłącznie przy pozyskaniu zewnętrznego źródła dofinansowania w wysokości min. 65%.**



6. Spis tabeli i rysunków

SPIS TABEL

Tabela 1 Przebieg linii komunikacyjnych obsługiwanych przez MPK.....	11	Tabela 18. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]	50
Tabela 2 łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2019 roku dla linii miejskich i pozamiejskich	17	Tabela 19. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2022-2027 [PLN].....	52
Tabela 3 łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2020 roku dla linii miejskich i pozamiejskich	17	Tabela 20. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2028-2033 [PLN].....	52
Tabela 4 łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2019 roku z podziałem na gminy	18	Tabela 21. Przepływy finansowe realizacji Inwestycji dla wariantu 1 i 2 (model różnicowy) w latach 2034-2037 [PLN].....	53
Tabela 5 łączna praca eksploatacyjna wyrażona w km w 2020 roku z podziałem na gminy	18	Tabela 22. Ocena efektywności Inwestycji [PLN]	54
Tabela 6 Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa	27	Tabela 23 Koszty jednostkowe emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej	57
Tabela 7 Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania.....	28	Tabela 24 Struktura emisji CO ₂ , NMHC/NMVOC, NO _x oraz PM dla pojazdów eksploatowanych przez MPK Siedlce.....	57
Tabela 8 Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka.....	28	Tabela 25 Koszty jednostkowe efektów zewnętrznych transportu	63
Tabela 9 Matryca ryzyka – strategie reagowania na poszczególne ryzyka	28	Tabela 26. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [w jedn. naturalnych].....	64
Tabela 10 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym (wartości zaokrąglono w górę do pełnej wartości).....	31	Tabela 27. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [w jedn. naturalnych].....	65
Tabela 11 Cechy charakterystyczne dla linii wytypowanych do elektryfikacji.....	36	Tabela 28. Wartość efektów środowiskowych dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [w jedn. naturalnych].....	67
Tabela 12 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 0”	41	Tabela 29. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]	68
Tabela 13 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 1”	42	Tabela 30. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]	69
Tabela 14 Liczba autobusów w poszczególnych latach analizy, wg napędu i normy EURO – „Wariant 2”	44	Tabela 31. Zmonetyzowane efekty środowiskowe dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]	71
Tabela 15 Porównanie alternatywnych wariantów inwestycyjnych	46	Tabela 32. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]	73
Tabela 16. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]	48		
Tabela 17. Wartość wydatków eksploatacyjnych dla wariantu „0”, „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]	49		

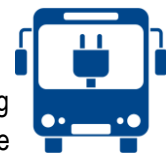


Tabela 33. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]	73
Tabela 34. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]	73
Tabela 35. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji [PLN]	74
Tabela 36. Skumulowane przepływy pieniężne wraz z dotacją UE dla wariantu „1” i „2” w latach 2022-2026 [PLN]	75
Tabela 37. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2027-2031 [PLN]	75
Tabela 38. Skumulowane przepływy pieniężne dla wariantu „1” i „2” w latach 2032-2037 [PLN]	75
Tabela 39. Ocena ekonomicznej efektywności Inwestycji z wykorzystaniem dotacji UE [PLN] ..	75
Tabela 40. Analiza wrażliwości – zmienne krytyczne	77
Tabela 41. Analiza wrażliwości – progowe wartości zmiennych	78
Tabela 42. Zidentyfikowane aktywne ryzyka	79
Tabela 43. Matryca ryzyka – klasyfikacja poziomu ryzyka	83
Tabela 44. Matryca ryzyka – sposób działania ...	83

SPIS WYKRESÓW

Wykres 1 Rok produkcji pojazdów Operatora	14
Wykres 2 Procentowy udział pojazdów w poszczególnych przedziałach wiekowych w całości taboru eksploatowany przez Operatora.	14
Wykres 3 Procentowy udział pojazdów w zależności od pojemności wyrażonej w ilości pasażerów w flocie MPK.	15
Wykres 4 Procentowy udział pojazdów spełniających poszczególne normy emisji spalin we w flocie MPK.	15
Wykres 5 Procentowy udział pojazdów w zależności od klasy pojazdu	16
Wykres 6 Procentowy udział w pracy przewozowej dla poszczególnych gmin w 2019 roku	19

Wykres 7 Procentowy udział w pracy przewozowej dla poszczególnych gmin w 2020 roku Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce	19
Wykres 8. Prędkość eksploatacyjna oraz komunikacyjna dla linii miejskich Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce	20
Wykres 9 Prędkość eksploatacyjna oraz komunikacyjna dla linii pozamiejskich Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych z UM Siedlce	21
Wykres 10. Zależność między stopą dyskontową, a wartością NPV Źródło: opracowanie własne.	24
Wykres 11 Struktura emisji CO2 z poszczególnych paliw na terenie Miasta Siedlce Źródło: Plan Gospodarki Niskoemisyjnej dla Miasta Siedlce 2020 r.	56

SPIS RYSUNKÓW

Rysunek 1 Porozumienia międzygminne	9
Rysunek 2 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym zgodnie z UoEiPA	31
Rysunek 3 Gęstość zaludnienia na 1 km ² na terenie Miasta Siedlce	33
Rysunek 4 Mapa wysokościowa Miasta Siedlce	34
Rysunek 5 Mapa przystanków	34
Rysunek 6 Średnie natężenie ruchu dla godz. 16:00 we wtorek.	35
Rysunek 7 Linie przeznaczone do elektryfikacji	40
Rysunek 8 Wymagana liczba pojazdów o napędzie zeroemisyjnym (wartości zaokrąglono w górę do pełnej wartości)	42