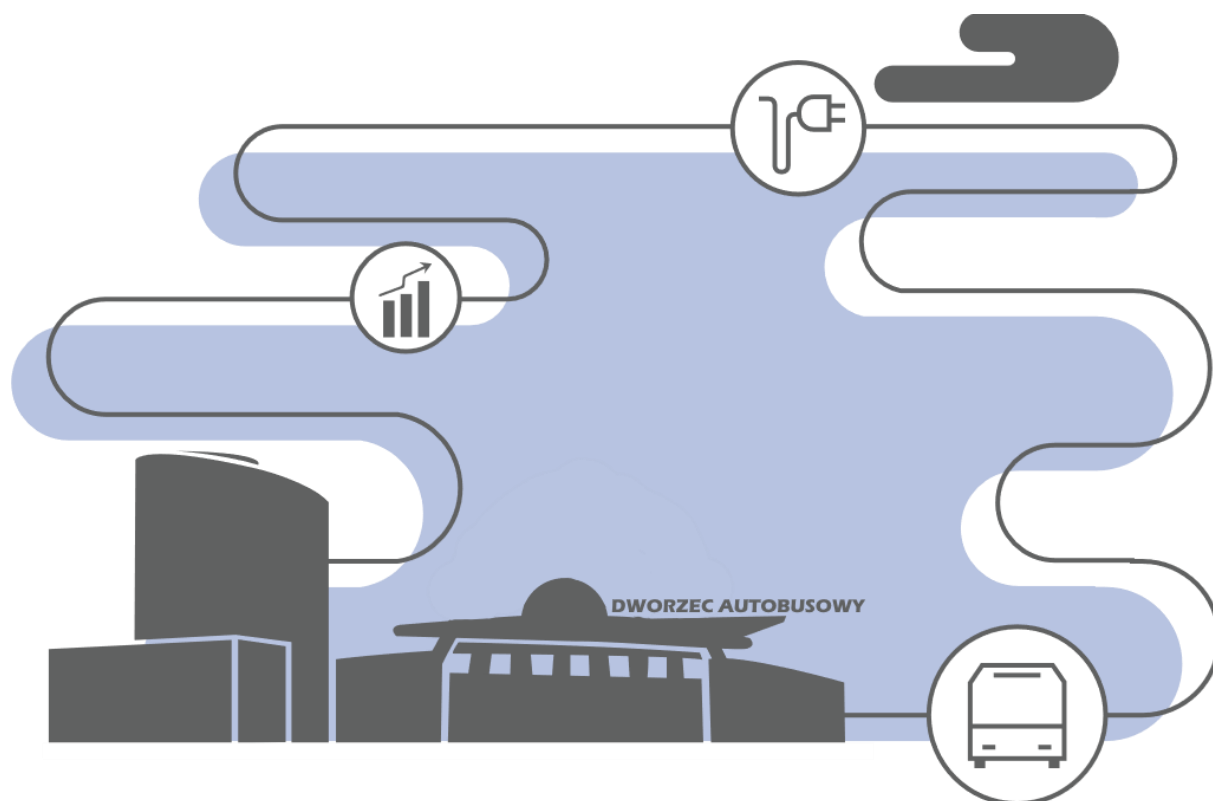


# ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH



WERSJA PO KONSULTACJACH SPOŁECZNYCH

GRUDZIEŃ 2021 r.

WYKONAWCA



Energia Dla Miast Sp. z o.o.

ul. Powstańców Śląskich 1  
43-190 Mikołów

AUTORÓW  
ZESPÓŁ

Kamil Krzoski

Michał Mroskowiak

**ZATWIERDZAM:**

Z up. Prezydenta Miasta Kielce  
Zastępca Prezydenta Miasta Kielce  
**Agata Wojda**



## Spis treści

I.	Słownik pojęć .....	4
II.	Cel i podstawa przeprowadzenia analizy kosztów i korzyści.....	6
III.	Metodyka przeprowadzenia analizy .....	9
IV.	Założenia i warianty przyjęte do analizy .....	11
V.	Ogólna charakterystyka systemu transportu publicznego .....	14
VI.	Analiza techniczna .....	28
VII.	Analiza finansowa - ekonomiczna.....	33
VIII.	Oszacowanie efektów środowiskowych .....	48
IX.	Analiza społeczno-ekonomiczna.....	50
X.	Podsumowanie i rekomendacje .....	57
XI.	Spis tabel .....	61
XII.	Spis ilustracji.....	62



## I. SŁOWNIK POJĘĆ

- 1) Analiza/AKK - 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, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.
- 2) BEV – (Battery Electric Vehicle) – autobus z napędem elektrycznym zasilany z bateryjnych magazynów pokładowych.
- 3) CNG – (Compressed Natural Gas) sprężony gaz ziemny.
- 4) ENPV – (Economic Net Present Value) ekonomiczna wartość bieżąca netto.
- 5) ERR – (Economic Rate of Return) ekonomiczna stopa zwrotu.
- 6) EURO – Europejski standard emisji spalin (norma dopuszczalnych emisji spalin w pojazdach sprzedawanych na terenie Unii Europejskiej).
- 7) FRR – (Financial Rate of Return) finansowa stopa zwrotu.
- 8) FNPV – (Financial Net Present Value) finansowa wartość bieżąca netto.
- 9) FNPV/C – (Financial Net Present Value of the investment) finansowa wartość bieżąca netto inwestycji.
- 10) FNPV/K – (Financial Net Present Value on capital) finansowa wartość bieżąca netto kapitału.
- 11) FRR/C – (Financial Rate of Return of the investment) finansowa stopa zwrotu z Inwestycji.
- 12) FRR/K – (Financial Rate of Return on capital) finansowa stopa zwrotu z kapitału.
- 13) Obszar transportowy – obszar, na którym za organizację transportu zbiorowego odpowiada Zarząd Transportu Miejskiego w Kielcach.
- 14) Operator – samorządowy zakład budżetowy lub przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.



- 15) Organizator - właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze. Organizator publicznego transportu zbiorowego jest „właściwym organem”, o którym mowa w przepisach rozporządzenia (WE) nr 1370/2007.
- 16) Sieć komunikacyjna - układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.
- 17) Stopa dyskonta – stopa zrzeczenia się przyszłych środków finansowych na rzecz aktualnie dostępnych środków. Istnienie stopy dyskontowej wynika ze zmienności wartości pieniądza w czasie i obrazuje stosunek, w jakim przyszły kapitał zrównuje swoją efektywną wartość z kapitałem bieżącym.
- 18) Ustawa/Ustawa o elektromobilności – Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.).
- 19) Wzkm – wozokilometr, jednostka miary długości drogi przebytej przez autobus komunikacji miejskiej.



## II. CEL I PODSTAWA PRZEPROWADZENIA ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.) zobowiązuje jednostki samorządu terytorialnego (z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000), do świadczenia usług lub zlecenia świadczenia usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1371) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%<sup>1</sup>. Powyższy obowiązek zostanie wprowadzony w życie 1 stycznia 2028 r., jednakże Ustawa definiuje kolejne stopnie udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie, które wynoszą:

- 1) 5% od 1 stycznia 2021 r.
- 2) 10% od 1 stycznia 2023 r.
- 3) 20% od 1 stycznia 2025 r.<sup>2</sup>

Równocześnie jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa powyżej sporządza, co 36 miesięcy, analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji<sup>3</sup>.

Zgodnie z art. 37 ust. 2 Ustawy, Analiza kosztów i korzyści obejmować powinna w szczególności:

- 1) analizę finansowo-ekonomiczną;
- 2) oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi;
- 3) analizę społeczno-ekonomiczną uwzględniającą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji<sup>3</sup>.

---

<sup>1</sup> Art. 36 ust. 1 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)

<sup>2</sup> Art. 68 ust. 4 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)

<sup>3</sup> Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)



Analiza rozstrzygać powinna o zasadności udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie pojazdów, a w przypadku, w którym analiza społeczno-ekonomiczna wykaże brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, jednostka samorządu terytorialnego, może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych o którym mowa w art. 36 Ustawy oraz art. 68 ust 4.

Termin na sporządzenie analizy po raz pierwszy minął 31 grudnia 2018 r<sup>4</sup>. W przypadku, w którym Analiza wskaże na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym autobusów zeroemisyjnych, wnioski i zmiany wynikające z Analizy należy uwzględnić w projekcie bądź aktualizacji planu transportowego<sup>5</sup>.

W czasie opracowania Analizy należy również zapewnić możliwość udziału społeczeństwa, na zasadach określonych w dziale III w rozdziałach 1 i 3 ustawy z dnia 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (Dz. U z 2021 poz. 247 ze zm.)<sup>6</sup>.

Niezwłocznie po sporządzeniu, Analizę należy przekazać:

- 1) ministrowi właściwemu do spraw energii,
- 2) ministrowi właściwemu do spraw gospodarki,
- 3) ministrowi właściwemu do spraw klimatu.

Kolejne Analizy, weryfikujące zasadność wykorzystania autobusów zeroemisyjnych na potrzeby świadczenia usług komunikacji miejskiej sporządzić należy nie później niż co 36 miesięcy.

Z uwagi na fakt, iż Miasto Kielce zamieszkuje 193 415 (stan na 31 XII 2020) mieszkańców, aktualizuje się obowiązek sporządzenia nowej Analizy Kosztów i Korzyści, o której mowa w art. 37 Ustawy.

Schemat przeprowadzenia Analizy zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności przedstawiono na rysunku zamieszczonym poniżej.

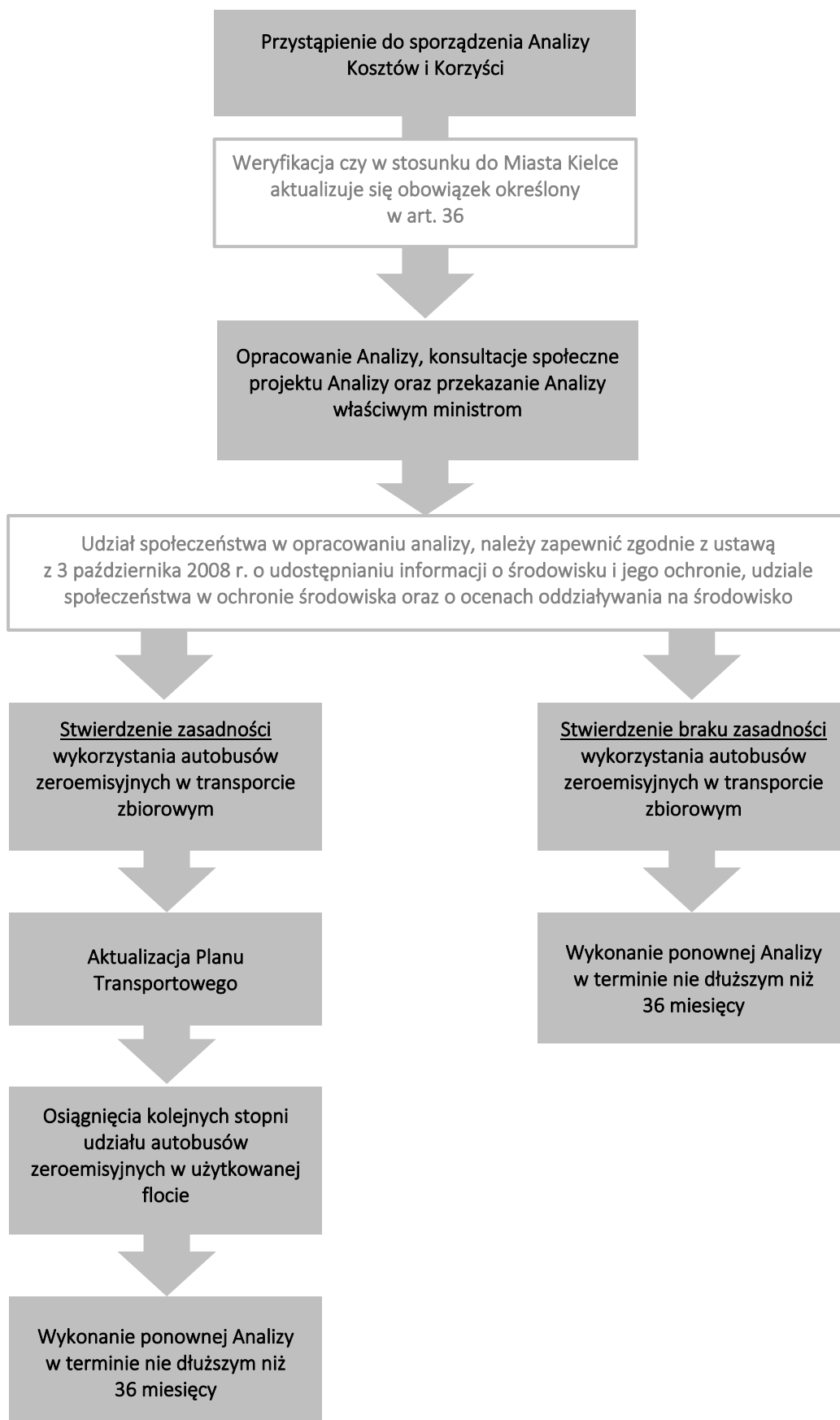
---

<sup>4</sup> Art. 72 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)

<sup>5</sup> Art. 12 ust. 2a Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym z dnia 16 grudnia 2010 r. (Dz. U. z 2020 r. poz. 1371)

<sup>6</sup> Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)





Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów Korzyści





### III. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Określony w art. 37 ust. 2 ustawy o elektromobilności minimalny zakres Analizy, nie określa szczegółowego sposobu jej przeprowadzenia, w związku z czym metodykę Analizy oparto o wytyczne przeprowadzania analiz projektów transportowych współfinansowanych ze środków finansowych Unii Europejskiej.

Materiały metodyczne stanowiące podstawę wykonania analizy:

- 1) „Niebieska księga - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach”, Jaspers, 2015 r.;
- 2) „Analiza kosztów i korzyści projektów Transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2016 r.;
- 3) „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, Komisja Europejska, 2014 r.;
- 4) „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych — Dla rozwoju infrastruktury i środowiska”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2014 r.;
- 5) „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, Ministerstwo Rozwoju i Finansów, Warszawa 2017 r.;
- 6) „Zasady opracowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych — wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych”, Izba Gospodarki Komunikacji Miejskiej, Warszawa 2018 r.;

W kontekście wskazanych wyżej dokumentów przeprowadzona analiza posiada następującą strukturę:

- 1) Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej;
- 2) Wskazanie możliwych scenariuszy inwestycyjnych;
- 3) Analiza techniczna;
- 4) Analiza finansowa;
- 5) Oszacowanie efektów środowiskowych scenariuszy inwestycyjnych;



- 6) Analiza społeczno-ekonomiczna;
- 7) Analiza ryzyka i wrażliwości;
- 8) Wnioski i rekomendacje.

Dane źródłowe do przeprowadzenia analizy udostępnione zostały przez ZTM Kielce i obejmują:

- 1) Plan transportowy gminy Kielce oraz gmin przyległych tworzących wspólną komunikację zbiorową;
- 2) Plan mobilności dla Miasta Kielce i kieleckiego obszaru metropolitarneho;
- 3) Zintegrowany plan rozwoju transportu publicznego dla Kielc – aktualizacja dokumentu;
- 4) Rozkład jazdy linii autobusowych ZTM w Kielcach;
- 5) Mapa komunikacji Miejskiej w Kielcach;
- 6) Umowy o świadczenie usług komunikacji miejskiej w Kielcach.

Pozostałe akty prawne uwzględnione w opracowaniu:

- 1) Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2014/94/UE z dnia 22 października 2014 r. w sprawie rozwoju infrastruktury paliw alternatywnych (Dz. Urz. UE z dnia 28 października 2014 r. poz. L 307/1);
- 2) Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2018/585 z dnia 30 maja 2018 r. w sprawie homologacji i nadzoru rynku pojazdów silnikowych i ich przyczep oraz układów, komponentów i oddzielnych zespołów technicznych przeznaczonych do tych pojazdów, zmieniające rozporządzenie (WE) nr 715/2007 i (WE) nr 595/2009 oraz uchylającego dyrektywę 2007/46/WE (Dz. Urz. UE z dnia 14 czerwca 2018 r. poz. L 151/1);
- 3) Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2021 r. poz. 1371 ze zm.);
- 4) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2020 r. poz. 1077 ze zm.);



#### IV. ZAŁOŻENIA I WARIANTY PRZYJĘTE DO ANALIZY

Zgodnie z definicją zawartą w art. 2 pkt 1 ustawy o elektromobilności za autobus zeroemisyjny, uznać można autobus wykorzystujący do napędu:

- 1) energię elektryczną;
- 2) energię wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych,
- 3) wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych (pojazd z napędem elektrycznym bateryjnym bądź sieciowym – trolejbus),

Definicja pojazdu zeroemisyjnego nie jest jednak równoważna z definicją pojazdu z napędem alternatywnym, gdyż do pojazdów zasilanych paliwami alternatywnymi zgodnie z art. 1 pkt 11 ustawy o elektromobilności należą pojazdy wykorzystujące jako zasilanie:

- 1) energię elektryczną,
- 2) wodór,
- 3) biopaliwa ciekłe,
- 4) paliwa syntetyczne i parafinowe,
- 5) sprężony gaz ziemny (CNG), w tym pochodzący z biometanu,
- 6) skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu,
- 7) gaz płynny (LPG).

Spełniając wymogi Ustawy, w ramach analizy odniesiono się zatem do możliwości wymiany aktualnej floty na pojazdy uznawane za spełniające wymogi art. 36 Ustawy o elektromobilności

Analizowane warianty inwestycyjne przedstawiają się następująco:

- 1) **Wariant bazowy** – służy oszacowaniu kosztów świadczenia usług komunikacyjnych, z wykorzystaniem zmodernizowanego taboru o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6. Wariant bazowy stanowi punkt odniesienia dla analiz pozostałych wariantów w zakresie porównania efektywności kosztowej, społecznej i środowiskowej.
- 2) **Wariant I – tabor własny – elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne. W wariacie tym



rozważeniu podlega zakup autobusów przez Miasto Kielce wraz z budową nowej bazy autobusowej.

- 3) **Wariant II – tabor przetargowy - elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne. W wariantcie tym rozważeniu podlega wybranie w przetargu przewoźnika zewnętrznego, który dysponować będzie własną flotą pojazdów zeroemisyjnych wraz z kosztem dysponowania własną bazą dla autobusów.
- 4) **Wariant III – wodorowy** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem wodorowym. Ponieważ technologia wodorowa wymaga utworzenia infrastruktury tankowania wodoru, w wariantcie tym przeanalizowano wyłącznie sytuację, w której koszt zakupu autobusów wraz z kosztem przygotowania bazy autobusowej ponosi Miasto Kielce.

Analizę podzielono na następujące części tematyczne:

- **Analizę techniczną** obejmującą aspekty technologii poszczególnych wariantów oraz związane z nimi przeszkody i wyzwania inwestycyjne;
- **Analizę finansowo-ekonomiczną** obejmującą zagadnienia kosztów początkowych i eksploatacyjnych w poszczególnych wariantach inwestycyjnych;
- **Oszacowanie efektów środowiskowych** - obejmujące wpływ poszczególnych wariantów inwestycyjnych na aspekty środowiskowe (w szczególności zanieczyszczenie powietrza, hałas);
- **Analizę społeczno-ekonomiczną** – obejmującą wycenę kosztów związanych z emisją szkodliwych substancji do atmosfery. tzw. monetyzację efektu środowiskowego.

Ostateczna rekomendacja jest wypadkową wszystkich analizowanych obszarów sprowadzonych do porównywalnych wartości ekonomicznych.

Dodatkowe założenia:

- okres odniesienia analizy wynosi 15 lat;
- rok bazowy analizy: 2020 r.;



- stopa dyskontowa: 4%;
- okres amortyzacji: 8 lat;
- stosowane założenia (dotyczące m.in. wzrostu cen paliw i energii) stanowią odzwierciedlenie prognoz makroekonomicznych oraz analiz branżowych;
- dane źródłowe wykorzystane w obliczeniach pochodzą zarówno z opracowań branżowych, jak i źródeł własnych - obserwacji rynku paliw, energii oraz zachodzących na nim zjawisk;
- koszty eksploatacji i utrzymania przyjęto na bazie aktualnie posiadanej wiedzy technicznej autorów niniejszej analizy i opracowań branżowych oraz na bazie faktycznych kosztów eksploatacji taboru w Kielcach;



## V. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU TRANSPORTU PUBLICZNEGO

Zgodnie z ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2021 r., poz. 1371 ze zm.) organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie transportu publicznego na danym obszarze.

Zgodnie z art. 7 pkt ustawy o publicznym transporcie zbiorowym, jest nim gmina na linii komunikacyjnej albo sieci komunikacyjnej w gminnych przewozach pasażerskich, lub której powierzono zadanie organizacji publicznego transportu zbiorowego na mocy porozumienia między gminami – na linii komunikacyjnej albo sieci komunikacyjnej w gminnych przewozach pasażerskich, na obszarze gmin, które zawarły porozumienie.

Formalnie więc obszar transportowy obejmuje nie tylko obszar administracyjny Miasta Kielce, ale również gminy z którymi zawarto porozumienia o wykonywaniu zadań w zakresie prowadzenia lokalnego transportu zbiorowego na terenie danej Gminy na podstawie art. 7 ust. 1 pkt 4 i art. 74 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 8 marca 1990 r. o samorządzie gminnym (Dz. U. z 2021 r., poz. 1372 ze zm.) Na mocy tych porozumień gminy powierzają Miastu Kielce, prowadzenie lokalnego transportu zbiorowego na ich terenie i zobowiązują się do częściowego ponoszenia kosztów realizacji powierzonego zadania własnego.

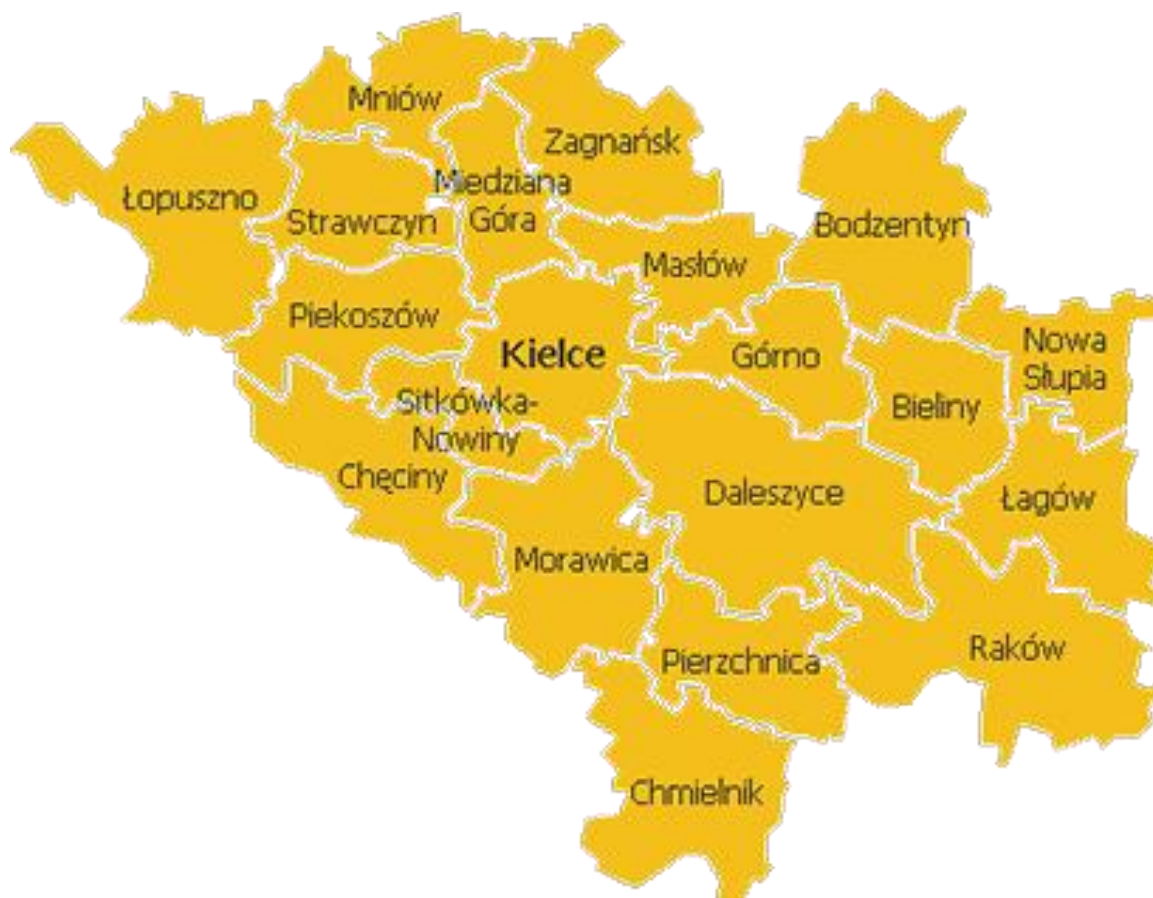
Łączna powierzchnia analizowanego obszaru transportowego, obejmuje 1 174,63 km<sup>2</sup>, z czego:

- 1) Kielce: 109,45 km<sup>2</sup>;
- 2) Daleszyce: 222,18 km<sup>2</sup>;
- 3) Chęciny: 127,57 km<sup>2</sup>;
- 4) Piekoszów: 102,48 km<sup>2</sup>;
- 5) Morawica: 140,45 km<sup>2</sup>;
- 6) Górno: 83,26 km<sup>2</sup>;
- 7) Zagnańsk 124,37 km<sup>2</sup>;
- 8) Miedziana Góra: 70,84 km<sup>2</sup>;
- 9) Masłów: 86,27 km<sup>2</sup>;
- 10) Nowiny: 45,76 km<sup>2</sup>;
- 11) Łączna: 62,00 km<sup>2</sup>;



łącznie analizowany obszar transportowy zamieszkuje 320 890 osób (stan na 31.12.2020r.),  
z czego:

- 1) Kielce: 193 415 mieszkańców;
- 2) Daleszyce: 15 828 mieszkańców;
- 3) Chęciny: 15 031 mieszkańców;
- 4) Piekoszów: 16 433 mieszkańców;
- 5) Morawica: 16 912 mieszkańców;
- 6) Górnio: 14 649 mieszkańców;
- 7) Zagnańsk 12 917 mieszkańców;
- 8) Miedziana Góra: 11 722 mieszkańców;
- 9) Masłów: 11 143 mieszkańców;
- 10) Nowiny: 7 919 mieszkańców;
- 11) łączna: 4 921 mieszkańców.



Rysunek 2 Kielce oraz powiat kielecki – mapa

Organizatorem publicznego transportu zbiorowego na zdefiniowanym wyżej obszarze jest Zarząd Transportu Miejskiego w Kielcach będący jednostką budżetową miasta Kielce, do której zadań należy:

- 1) zbieranie danych i prowadzenie analiz w zakresie potrzeb przewozowych;
- 2) planowanie, organizacja i koordynacja układu komunikacyjnego;
- 3) opracowywanie rozkładów jazdy;
- 4) sprzedaż biletów za usługi komunikacji miejskiej, prowadzenie spraw związanych z dystrybucją biletów;
- 5) kontrolę biletów i uprawnień do przejazdów bezpłatnych oraz pobieranie opłat dodatkowych;
- 6) egzekucję należności z tytułu przewozu osób lub bagażu oraz opłat dodatkowych związanych z przewozem osób, zwierząt lub bagażu;
- 7) promocję sprzedaży usług komunikacji miejskiej;
- 8) badanie efektywności ekonomicznej funkcjonowania poszczególnych linii komunikacyjnych;
- 9) przetargowe zawieranie umów z przewoźnikami na świadczenie usług przewozowych;
- 10) kontrolę realizacji umów pod względem ilościowym i jakościowym;
- 11) realizację płatności za świadczone usługi przewozowe;
- 12) opracowywanie projektów systemów taryfowych oraz realizacja polityki taryfowej;
- 13) przygotowanie i udostępnianie informacji o funkcjonowaniu komunikacji miejskiej;
- 14) prowadzenie badań w zakresie wymagań stawianych komunikacji miejskiej oraz stopnia ich realizacji;
- 15) inicjowanie przedsięwzięć inwestycyjnych związanych z rozwojem komunikacji miejskiej;
- 16) realizowanie zadań inwestycyjnych w zakresie zakupów inwestycyjnych związanych z komunikacją miejską;
- 17) wydawanie zaświadczeń na wykonywanie publicznego transportu zbiorowego;
- 18) realizacja inwestycji dla potrzeb komunikacji miejskiej;
- 19) rozmieszczanie rozkładów jazdy przewoźników na przystankach zlokalizowanych na terenie Gminy Kielce;





- 20) zarządzanie dworcem autobusowym zlokalizowanym w Kielcach przy ul. Czarnowskiej 12 (nazwanego Kielce D.A. CZARNOWSKA) i pobieranie opłat za zatrzymywanie i parkowanie;
- 21) zarządzanie mini dworcami autobusowymi zlokalizowanymi:
- na osiedlu Świętokrzyskim, ul. J. Nowaka-Jeziorańskiego,
  - na osiedlu Ślichowice, ul. E. Massalskiego;
- 22) prowadzenie innej działalności gospodarczej z wykorzystaniem infrastruktury dworca autobusowego Kielce D.A. CZARNOWSKA.

ZTM w Kielcach dysponuje własną flotą autobusową, która w części pokrywa zapotrzebowanie na tabor przewozowy, jednakże nie prowadzi przewozów samodzielnie. Obsługa linii autobusowych realizowana jest poprzez umowy o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, zawarte z zewnętrznymi przedsiębiorstwami transportowymi. Aktualnie, na podstawie zawartych umów rolę operatora pełni Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji Sp. z o.o. w Kielcach.

Na obszarze transportowym funkcjonują również sieci komunikacyjne kolejowe, a także międzymiastowe linie przewoźników prywatnych, jednakże nie podlegają one uwzględnieniu w Analizie.

Według stanu na 1 października 2021 r., miejska sieć komunikacyjna obejmuje 53 linie autobusowe dzienne, dwie linie nocne (N1 i N2) oraz dwie linie bezpłatne (0W i 0Z). Aktualny rozkład i mapa poszczególnych linii dostępna jest na stronie internetowej ZTM:

<http://sip.ztm.kielce.pl>

Praca przewozowa zaplanowana na rok 2021, wynosi ok. 12,5 mln wozokilometrów,

Celem analizy kosztów i korzyści nie jest wytyczenie nowych, modyfikacja istniejących tras komunikacyjnych, bądź analiza potoków pasażerskich. Elementy te podlegają pogłębionej charakterystyce w ramach planu transportowego lub planu mobilności. Analiza kosztów i korzyści, skupia się przede wszystkim na aspektach dotyczących taboru. Poniżej zatem przedstawiono wyciąg danych kluczowych z perspektywy zastosowania autobusów zeroemisyjnych w komunikacji.



Do danych tych należą:

- 1) aktualna struktura taboru – stanowi podstawę do określenia zakresu koniecznych inwestycji taborowych;
- 2) pętle autobusowe – w przypadku transportu wykonywanego autobusami elektrycznymi z bateryjnymi zasobnikami energii, konieczne jest doładowywanie autobusów w czasie wykonywania kursów (z uwagi na ich ograniczony zasięg), stąd w wariantcie analizującym zasadność zakupu autobusów elektrycznych konieczne jest wytypowanie miejsc, w których montaż stacji ładowania byłby najbardziej uzasadniony;

### Ad. 1 Aktualna struktura taboru

Za obsługę linii komunikacyjnych odpowiedzialny jest operator wybrany w drodze przetargu nieograniczonego. Część kursów odbywa się z wykorzystaniem autobusów samego operatora tj. MPK w Kielcach, a część z wykorzystaniem autobusów stanowiących własność Miasta Kielce.

- Autobusy należące do MPK: 123 pojazdy
- Autobusy należące do Miasta Kielce: 65 pojazdów
- łącznie: 188 pojazdów

W zakresie klas wielkościowych:

- 10 pojazdów to autobusy klasy MIDI (długość pojazdu 8-10 metrów);
- 137 pojazdów to autobusy klasy MAXI (długość pojazdu ok. 12 metrów);
- 41 pojazdów to autobusy klasy MEGA (długość pojazdu 15-18 metrów).

Zestawienie pojazdów wskazano również w tabeli.

Tabela 1 Aktualny stan floty autobusowej

AKTUALNY STAN FLOTY		
Rodzaj i typ autobusu/rok		2021
10 m	ON	10
	CNG/LNG	
	Hybryda	
	BEV	
12 m	ON	122
	CNG/LNG	
	Hybryda	15
	BEV	



<b>18 m</b>	ON	31
	CNG/LNG	
	Hybryda	10
	BEV	
<b>SUMA</b>		<b>188</b>

Przewozy obsługiwane są w ramach dwóch kontraktów:

- 1) Umowa zawarta w dniu 16.01.2018 r. na okres od 01.02.2018r. do 31.12.2027r. – kontrakt obejmuje 148 pojazdów, z czego 123 pojazdy należące do MPK oraz 25 autobusów hybrydowych należących do Miasta Kielce.
- 2) Umowa zawarta w dniu 29.01.2021 r. na okres od 01.07.2021r. do 30.06.2023r. – kontrakt obejmuje 40 autobusów spalinowych na olej napędowy.



## Ad. 2 Pętle autobusowe

Najwięcej linii kończy bądź rozpoczyna bieg na Dworcu Autobusowym oraz na pętlach autobusowych zlokalizowanych na Osiedlu Świętokrzyskim, Osiedlu Ślichowice oraz na Bukówce. W przypadku wariantu zakupu autobusów z napędem elektrycznym, montaż stacji ładowania pojazdów elektrycznych w tych lokalizacjach byłby najbardziej uzasadniony – dawałby bowiem największą elastyczność w doborze linii obsługiwanych autobusami z napędem elektrycznym. Pantografowe stacje ładowania pojazdów elektrycznych, mają dla eksploatacji autobusów charakter uzupełniający, zwiększający ich możliwy zasięg dobowej eksploatacji. Podstawowe ładowanie autobusów odbywać się jednak powinno nocą w stacjach o mocy 22-40 kW. Dla każdego z autobusów elektrycznych, należałoby przewidzieć odrębne gniazdo ładowania, celem równoczesnego ładowania wszystkich pojazdów w godzinach nocnego postoju. Gniazda te należałoby zlokalizować w bazie autobusowej (wyposażonej również w zaplecze warsztatowo techniczne umożliwiające serwisowanie pojazdów). Jeżeli autobusy zakupywane byłyby przez Miasto Kielce (np. w ramach zewnętrznego dofinansowania), konieczne będzie również wydzielenie środków na stworzenie takiego obiektu. Obecna baza położona przy ul. Jagiellońskiej jest własnością MPK, zatem nie jest możliwe, aby w ramach pozyskanego przez Miasta dofinansowania, realizować inwestycje na infrastrukturze podmiotu prywatnego, jakim jest Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Kielcach Sp. z o.o.

Pozostałe lokalizacje, dla których, w przypadku wyboru wariantu związanego z zakupem pojazdów z napędem elektrycznym, należy przeprowadzić analizę wykonalności, czyli wskazać jako potencjalne alternatywne miejsca montażu pantografowych stacji ładowania, to:

- 1) Pętla autobusowa przy ul. Sikorskiego, os. Na Stoku;
- 2) Pętla autobusowa przy Targach Kielce.

Pantografowa stacja ładowania pojazdów elektrycznych nie jest urządzeniem o dużych gabarytach. Instalacja posiada (w zależności od producenta) około 5 metrów wysokości, zajmuje przy podstawie około 2-3 m<sup>2</sup>, a jej eksploatacja przebiega w zasadzie w sposób bezobsługowy. Warunkiem koniecznym inwestycji jest jednak zapewnienie przyłącza energetycznego na średnim napięciu wraz z możliwością podpięcia do stacji transformatorowej.





Rysunek 3 Mini dworzec komunikacji miejskiej - Osiedle świętokrzyskie



Rysunek 4 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu - Osiedle świętokrzyskie



Rysunek 5 Mini dworzec komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice



Rysunek 6 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice



Rysunek 7 Pętla autobusowa przy ul. Sikorskiego



Rysunek 8 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej - ul. Sikorskiego



*Rysunek 9 Dworzec autobusowy po rewitalizacji*

### **Szczególne uwarunkowania lokalne**

W Kielcach, w odróżnieniu od większości innych samorządów organizujących komunikację miejską, nie funkcjonuje operator wewnętrzny. Posiadanie podmiotu o statusie operatora wewnętrznego umożliwia Organizatorowi, zawarcie bezpośredniej umowy o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego bez konieczności przeprowadzania postępowania przetargowego. Rozliczenie takiej umowy następuje poprzez tzw. rekompensatę za świadczenie usług komunikacji zbiorowej. Równocześnie, możliwe jest zakupienie nowego taboru bezpośrednio przez jednostkę samorządową przy współfinansowaniu ze środków zewnętrznych i bezprzetargowe przekazanie ich do użytkowania spółce – operatorowi wewnętrznemu. Podstawowym warunkiem, jest jednak posiadanie przez samorząd pełnej własności (100% udziałów lub akcji) w spółce.

Porównanie sytuacji organizacji transportu zbiorowego poprzez podmiot wewnętrzny i w trybie przetargowym przedstawia tabela.





Tabela 2 Porównanie systemów komunikacji zbiorowej z podmiotem wewnętrznym i systemem przetargowym

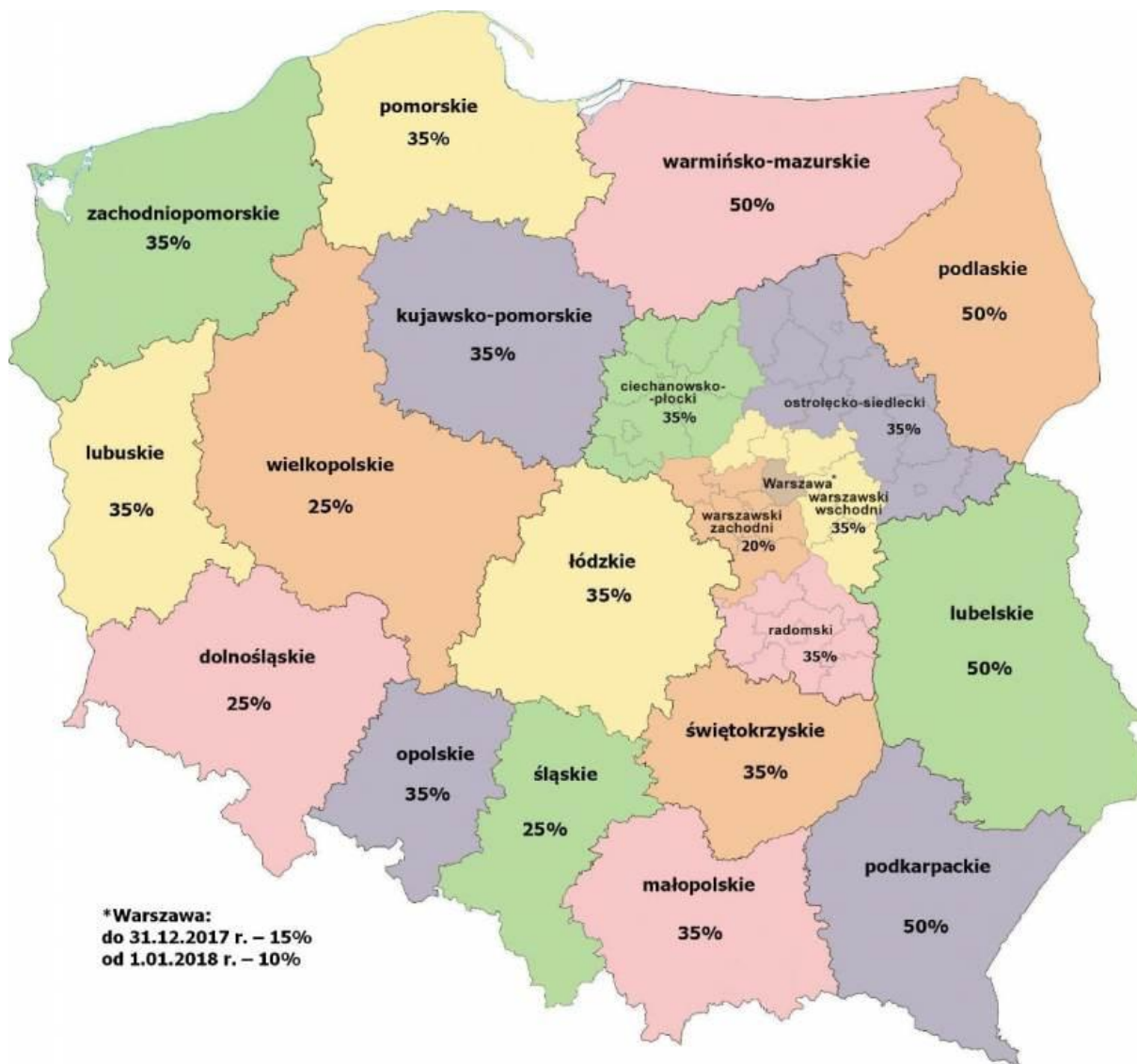
Komunikacja zbiorowa z podmiotem wewnętrznym	Komunikacja zbiorowa z systemem przetargowym (wariant funkcjonujący obecnie w Kielcach)
Obsługa komunikacji zbiorowej następuje bezprzetargowo w ramach powierzenia realizacji zadania publicznego	Obsługa komunikacji zbiorowej następuje zgodnie z prawem zamówień publicznych w konkurencyjnym postępowaniu przetargowym
Rozliczenie następuje zgodnie z tzw. rekompensatą za świadczenie usług komunikacji zbiorowej. Wzrost kosztów przewozów jest bezpośrednio pokrywany z budżetu miasta – operator wewnętrzny, może wszystkie koszty przerzucić bezpośrednio na budżet właściciela – jednostki samorządowej, a więc posiada mniejszą motywację o ograniczania kosztów. Praktyka pokazuje, że koszt wzkm w przypadku rekompensaty jest wyższy niż w przypadku podmiotów realizujących przewozy w postępowaniu przetargowym <sup>7</sup>	Rozliczenie następuje zgodnie ze stawką za wzkm określoną w umowie (wzrost kosztów przewozów poza określoną w umowie waloryzację stanowi ryzyko gospodarcze przedsiębiorstwa) – operator posiada więc silną motywację to utrzymywania dyscypliny finansowej.
Możliwe jest zakupienie nowego taboru bezpośrednio przez jednostkę samorządową przy współfinansowaniu ze środków zewnętrznych i bezprzetargowe przekazanie ich do użytkowania spółce.	Podmiot zewnętrzny jest praktycznie pozbawiony możliwości pozyskania dotacji na zakup pojazdów elektrycznych bądź jest ona mocno ograniczona.

Zakup taboru przez Miasto lub podmiot wewnętrzny nie podlega ograniczeniom wynikającym z zasad pomocy publicznej, którymi obarczone są spółki prawa handlowego (w tym Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Kielcach). Jak pokazuje praktyka naborów konkursowych prowadzonych w ramach budżetu Unii Europejskiej na lata 2014-2020, podczas gdy samorządy mogły wnioskować o dofinansowanie na poziomie nawet 80-85% wartości inwestycji, podmioty komercyjne z województwa świętokrzyskiego, zgodnie z Mapą Pomocy Regionalnej, mogły ubiegać się o dofinansowanie na poziomie zaledwie 35%<sup>8</sup>, czyli na poziomie niewystarczającym do zrównania różnicy w koszcie zakupu i eksploatacji pojazdu elektrycznego.

<sup>7</sup> W Krakowie, stawka dla przewoźnika prywatnego – przedsiębiorstwa Mobilis, dla autobusów spalinowych klasy MAXI na rok 2020 wynosiła 7,15 zł/wzkm, podczas gdy dla spółki miejskiej, MPK Kraków wynosiła 8,71 zł/wzkm.

<sup>8</sup> <https://www.parp.gov.pl/mapa-pomocy-regionalnej-na-lata-2014-2020-dla-polski>





Rysunek 10 Mapa pomocy regionalnej

Dodatkowym, problemem organizacyjnym jest kwestia ładowania autobusów na stacjach pantografowych zlokalizowanych na pętлах autobusowych oraz stworzenia niezbędnego zaplecza technicznego – bazy autobusowej wyposażonej w stacje nocnego ładowania oraz zaplecze warsztatowe przystosowane do serwisowania pojazdów elektrycznych.

Ponieważ infrastruktura przystankowa i drogowa pozostaje we własności i zarządzie Miasta, w przypadku wybrania do obsługi linii komunikacji miejskiej Operatora zewnętrznego, konieczne byłoby:

- wybudowanie stacji ładowania pantografowego oraz bazy autobusowej na koszt Miasta i fakturowanie usługi ładowania (koszt energii oraz amortyzacji inwestycji) na rzecz



Operatora (w wariantcie takim Miasto ponosiłoby również odpowiedzialność za konserwację i utrzymanie stacji ładowania oraz bazy);

- Wydierżawienie przez Miasto nieruchomości pod budowę stacji ładowania pantografowego na rzecz Operatora i budowa stacji ładowania oraz bazy (oraz ponoszenia kosztów ich eksploatacji) samodzielnie przez Operatora. Jednakże, okres zawierania umów na świadczenie usług przewozowych, jest krótszy niż czas amortyzacji inwestycji, w związku z czym pojawia się w tym wariantcie problem rozliczenia inwestycji po zakończeniu umowy – bądź doliczania kosztu szybszej amortyzacji inwestycji do kosztu wozokilometra).

W pierwszej alternatywie – Miasto musi ponieść znaczący koszt inwestycyjny, a także przyjąć na siebie dodatkową odpowiedzialność za utrzymanie, eksploatację i bezpieczeństwo stacji ładowania, jednak z szansą otrzymania na ten cel dofinansowania ze źródeł zewnętrznych,

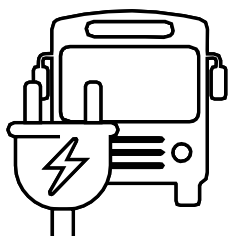
W drugiej alternatywie – realizacji inwestycji przez Operatora, spodziewać należy się dodatkowego wzrostu wozokilometra, który będzie musiał uwzględniać spłatę całej inwestycji w infrastrukturę ładowania w okresie trwania umowy na usługi przewozowe. Wątpliwe jest także, aby potencjalni Operatorzy dysponowali zdolnością finansową do przeprowadzenia takiej inwestycji (której koszt wraz z zakupem autobusów szacować należy na kwotę bliską nawet 200 mln zł), co oznacza, że chociaż teoretycznie możliwy, wariant ten w praktyce byłby nierealizowalny.



## VI. ANALIZA TECHNICZNA

Wariant bazowy opracowania to wymiana obecnych autobusów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym (silnik wysokoprężny zasilany olejem napędowym) spełniające normę spalin EURO6. Wariant ten stanowi punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. Norma EURO6 (od 1 stycznia 2021, zaostrożona do normy EURO6D) ma charakter obligatoryjny dla wszystkich pojazdów użytkowych wyprodukowanych po 2013 roku (Norma weszła w życie końcem 2013 r. z mocy Rozporządzenia Komisji (UE) nr 459/2012). Średnie spalanie autobusu klasy MAXI w normie EURO6 w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie 37-38 l/100km, natomiast autobusu klasy MEGA 55 l/100km. Przy cenie 5,72 zł/litr brutto oleju napędowego, koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy MAXI wynosi 217,36 zł, a autobusem klasy mega 314,60 zł. Przy standardowym zbiorniku paliwa o pojemności 250 l zasięg autobusu może kształtować się na poziomie do 650 km.

Wykorzystanie autobusów z napędem konwencjonalnym nie wiąże się z koniecznością ponoszenia dodatkowych inwestycji infrastrukturalnych. W zakresie zaopatrzenia w paliwo autobusy mogą korzystać bowiem z istniejącej na terenie miasta infrastruktury stacji paliw – w tym należącej do MPK.



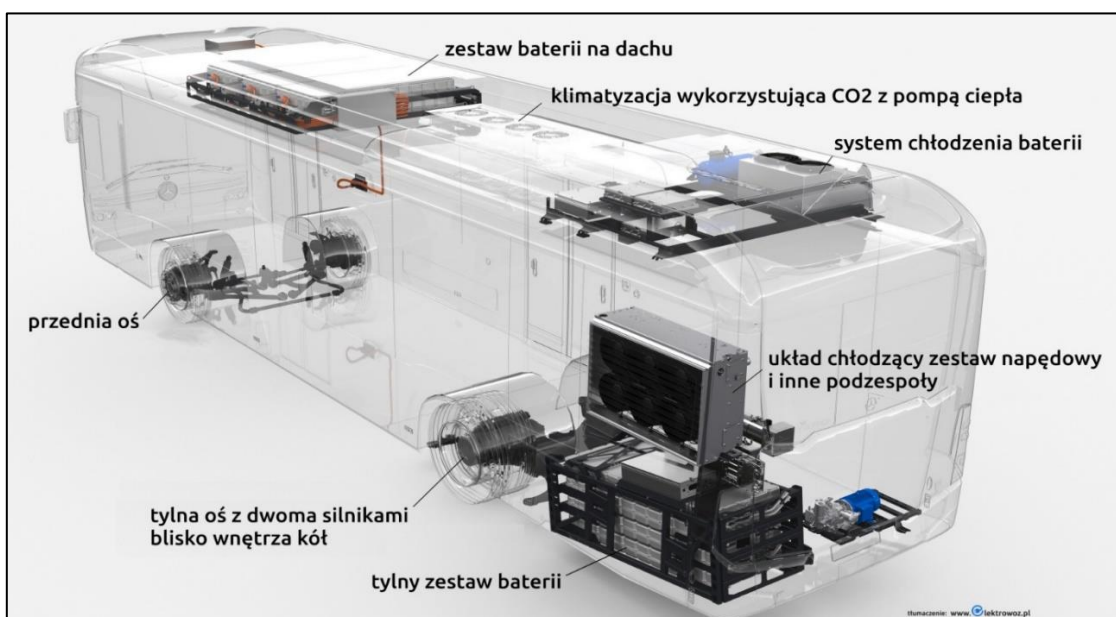
Pierwszym wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego energią elektryczną z baterii akumulatorowych. Autobusy elektryczne dostępne są w wariantcie hybrydowym (z dodatkowym silnikiem spalinowym) oraz w wariantcie całkowicie elektrycznym. Autobusy hybrydowe, nie spełniają jednak definicji pojazdu zeroemisyjnego, który zgodnie z ustawą jest napędzany wyłącznie przez silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych.

Autobusy z napędem elektrycznym charakteryzują się niskim poziomem hałasu, drgań i brakiem emisji spalin, tym samym zyskując dużą popularność zarówno w krajach europejskich jak i w Polsce.

Za napęd autobusu elektrycznego odpowiadają silniki indukcyjne montowane na poszczególnych osiach. Zasilane są energią elektryczną z akumulatorów zlokalizowanych na dachu oraz w tylnej przestrzeni pojazdu. Jak wskazują dane zebrane przez Miejskie Zakłady Autobusowe w Warszawie, zużycie energii w eksploatacji na trakcję wynosi 1,3 kWh/km



w przypadku autobusów klasy MAXI oraz 1,6 kWh/km w przypadku autobusów klasy MEGA, co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,397 zł/kWh brutto, daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) ok. 51,6 zł/100 km dla autobusu klasy MAXI oraz 63,5 zł/100 km dla autobusu klasy MEGA. Na ostateczny koszt energii składa się nie tylko cena tzw. energii czynnej, ale również opłaty dystrybucyjne, które przekładają się na łączny koszt energii wynoszący nawet 0,84 zł/kWh brutto. Przy takiej stawce, koszt zużytej energii na wozokilometr wzrasta dwukrotnie. Deklarowany przez producentów zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii wynosi ok. 150-200 km, jednak realny zasięg uzależniony jest m.in. od warunków pogodowych (np. obciążenia baterii klimatyzacją lub ogrzewaniem), charakteru trasy (liczby wzniesień, średniej prędkości) oraz pojemności baterii, który zmniejsza się wraz z eksploatacją. W faktycznej eksploatacji zasięg autobusów elektrycznych może być nawet o połowę mniejszy niż wynikający ze specyfikacji technicznych. Pojawiają się na rynku również rozwiązania typu High Energy, z dodatkowymi magazynami baterijnymi, które zapewnią zasięgi, spełniające oczekiwania przewoźników miejskich oraz międzymiastowych, z uwagi na zwiększoną pojemność baterii sięgającą nawet 600 kWh.



Rysunek 11 Schemat budowy autobusu elektrycznego,  
źródło: <https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg>

Sposób funkcjonowania i wykorzystywania autobusów elektrycznych w systemie transportu miejskiego, determinowany jest przez dostępny w danych okolicznościach sposób ładowania.



Aktualny stan wiedzy technicznej pozwala wyróżnić cztery systemy ładowania:

- 1) ładowanie nocne w czasie postoju pojazdu na terenie zajezdni – ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego (kabel z ustandaryzowanym wtykiem podłączonym do stacji ładowania);
- 2) ładowanie na pętlach końcowych w trakcie postoju – ładowanie za pośrednictwem stacji pantografowych do złącz montowanych na dachu autobusu;
- 3) krótkotrwałe doładowywanie autobusów podczas postoju na wybranych przystankach – ładowanie za pośrednictwem pętli indukcyjnych poprzez złącza montowane pod podwoziem autobusu (analogicznie do systemu pantografowego) – system narażony jest jednak na oddziaływanie warunków atmosferycznych – opady śniegu bądź deszczu.
- 4) ładowanie w ruchu – odbywa się w czasie jazdy autobusu i stanowi rozwinięcie technologii wykorzystywanej w trolejbusach, czyli połączenia pantografem z siecią trakcyjną. Autobus w czasie jazdy „pod siecią” ładuje również baterie akumulatorowe, z których energia wykorzystywana jest w czasie jazdy „poza siecią”.

Czas ładowania pojazdów elektrycznych uzależniony jest od mocy stacji ładowania która powinna wynosić od 22 kW do 40 kW dla systemów ładowania nocnego (z czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 8- 10 h) oraz od 200 kW do 700 kW dla systemów ładowania pantografowego bądź indukcyjnego (z czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 1 h, co przy krótkotrwałym doładowaniu w czasie postoju wynoszącym 15 minut pozwoli wydłużyć przebieg pojazdu o ok. 35-40 km).

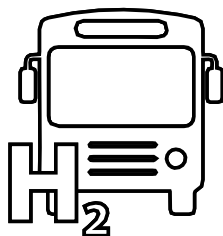
Wyłączenia autobusu z ruchu na czas doładowania tj. około 10 - 15 min, należy uwzględnić przy planowaniu rozkładu jazdy, odpowiednio wydłużając czas postoju autobusów na przystankach końcowych lub pętlach.

Koszt budowy stacji ładowania zlokalizowanej w zajezdni autobusowej (ładowanie za pośrednictwem złącza wtykowego) o mocy 22 kW to koszt ok. 20 000 zł, dla stacji o mocy 50 – 100 kW to koszt ok. 100 000 zł, natomiast stacji pantografowej – 500 000 zł, przy założeniu, iż nie jest wymagana budowa stacji transformatorowej. W przypadku takiej konieczności, łączną inwestycję w stację ładowania pantografowego należy szacować na 1 mln zł i to nie doliczając prac dodatkowych związanych np. z przebudową zatok. Trwają również prace nad rozwinięciem technologii PowerSwap, która na pętlach postojowych bądź w zajezdni umożliwiałaby szybką



wymianę baterii rozładowanych na naładowane. Autobus z naładowanymi bateriami w ciągu kilku minut poświęconych na wymianę mógłby ruszać na trasę, natomiast baterie trafiłyby do stacji ładowania<sup>9</sup>. Na dzień sporządzania analizy jednak żaden z producentów autobusów nie posiada w swojej ofercie pojazdów wyposażonych w taką funkcjonalność. Brak również informacji, o ewentualnym komercyjnym wprowadzeniu w życie mechanizmu szybkiej wymiany baterii.

W ramach eksploatacji autobusów elektrycznych uwzględnić należy wymianę zużytych baterii, co wedle szacunków stanowić może koszt sięgający nawet ¼ ceny nowego pojazdu. Koszt zakupu samego autobusu klasy maxi (bez stacji ładowania) to ok. 2,5 mln zł.



Perspektywą na przyszłość jest wybór taboru napędzanego paliwem wodorowym. Choć na dzień sporządzania analizy na polskich drogach (z wyjątkiem projektów badawczych bądź testowych) nie kursują regularne linie autobusów z napędem wodorowym, to istnieją na rynku sprawdzone rozwiązania techniczne stosowane w krajach ościennych. Kilkadziesiąt

pojazdów Van Hool A330 FC klasy MAXI, kursuje po ulicach Kolonii i Hamburga. Zasięg tych pojazdów wynosi 350 km, a zużycie wodoru wynosi 8 kg/100 km. Za przeniesienie energii na koła odpowiada silnik elektryczny o mocy 210 kW.

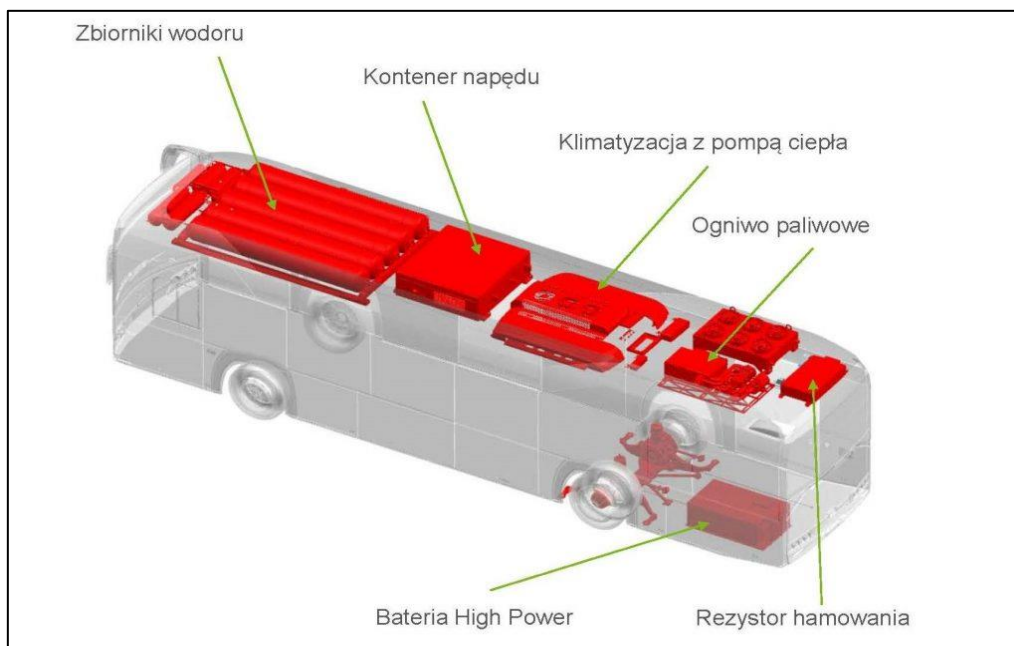
łącznie na europejskich drogach kursuje już ponad 50 autobusów wodorowych tej marki<sup>10</sup>. Pojazdy wodorowe wdrożyli do produkcji również polscy producenci – m.in. Solaris (model Solaris Urbino 12 Hydrogen), z zasięgiem teoretycznym wynoszącym 350 km. Pod względem funkcjonalnym autobusy wodorowe nie różnią się od swoich elektrycznych odpowiedników. Różnica sprowadza się jedynie do zasobnika energii – zamiast baterii, posiadają one zbiornik wodoru.

---

<sup>9</sup><http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

<sup>10</sup> [http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-\\_more\\_106351.html](http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html)





Rysunek 12 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach

Zakup autobusów z napędem wodorowym, jest więc możliwy, jednakże, aktualnie na terenie kraju brak jakiegokolwiek infrastruktury tankowania pojazdów wodorowych. Rynkowa cena wodoru wynosi 9,50 Euro, tj. ok 40-45 zł za kg. Autobus komunikacji miejskiej zużywa 8 kg wodoru na 100 km, a więc koszt przejechania 100 km wynosiłby aktualnie aż 320 zł. W przypadku wprowadzenia autobusów wodorowych do komunikacji miejskiej, konieczne byłoby przeprowadzenie inwestycji nie tylko w sam tabor, ale również w stację tankowania wodoru (co wymaga najpierw pojawiania się w polskim porządku prawnym nowych regulacji związanych chociażby z unormowaniem zabezpieczeń przeciwwybuchowych oraz legalizacją urządzeń przez Urząd Dozoru Technicznego).



## VII. ANALIZA FINANSOWA - EKONOMICZNA

Celem analizy finansowej jest oszacowanie opłacalności finansowej inwestycji w porównywanych wariantach. Analizę przeprowadzono z zastosowaniem metody różnicowej (przyrostowej), z uwzględnieniem tylko tych przepływów pieniężnych, które zmieniają się w związku z eksploatacją zmodernizowanego taboru autobusowego, czyli z wyłączeniem innej działalności i kosztów, które nie ulegają zmianie (np. koszty wynagrodzeń kierowców, koszty ogólne działalności).

Zgodnie z zapisami art. 36 Ustawy, terminy osiągnięcia ustawowych progów udziału pojazdów zeroemisyjnych w całkowitej badanej flocie autobusowej ustalono zgodnie z wymogami ustawowymi wynoszącymi:

- 1) 5% od 1 stycznia 2021 r.
- 2) 10% od 1 stycznia 2023 r.
- 3) 20% od 1 stycznia 2025 r.
- 4) 30% od 1 stycznia 2028 r.

W analizie zatem okres inwestycyjny – ponoszenia wydatków określono w stopniu pozwalającym wypełnić ww. wymogi stopniując wydatki w latach 2020-2027, natomiast okres odniesienia (trwałości inwestycji) na okres 15-letni - do roku 2035.

Łączny stan floty przyjęty do analizy wynosi 188.

Informacja o wymogach ustawowych w stosunku do floty pojazdów wykorzystywanych na terenie Kielc, zawiera tabela.

*Tabela 3 Wymogi ustawowe w zakresie taboru zeroemisyjnego - zestawienie*

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Liczba pojazdów we flocie	Rekomendowana liczba pojazdów zeroemisyjnych	Teoretycznie udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie
1 stycznia 2021	5%	188	10	5,32%
1 stycznia 2023	10%	188	20	10,64%
1 stycznia 2025	20%	188	40	21,28%
1 stycznia 2028	30%	188	60	31,91%



Jak wskazują powyższe dane, dla zapewnienia wymaganego udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie (na dzień 1 stycznia 2028 r.) konieczna jest wymiana co najmniej 60 pojazdów w przeciągu 6 lat (od stycznia 2022 do grudnia 2027).

W analizie wydatków związanych z eksploatacją zakupionych pojazdów uwzględniono wydatki wynikające ze zużycia paliwa/energii oraz wydatki utrzymaniowe (przeglądy, naprawy). Dodatkowo w przypadku pojazdów elektrycznych uwzględniono okresową wymianę i utylizację baterii oraz koszty dostosowania infrastruktury do potrzeb pojazdów zeroemisyjnych (budowa stacji szybkiego ładowania – stacje pantografowe na pętlach autobusowych oraz stacji wolnego ładowania w zajezdniach).

Wysokość kosztów serwisowych ma charakter uśredniony dla pełnego okresu odniesienia. Zakładana żywotność autobusów wynosi 15 lat i ok. 1 mln km skumulowanego przebiegu.

Założenia dotyczące zużycia paliwa przedstawiono w tabeli.

Tabela 4 Średnie zużycie paliw i energii wg. typów autobusów

ŚREDNIE ZUŻYCIE PALIWA/ENERGII			
Rodzaj i typ autobusu		Wartość	Jednostka
10 m	ON	38,0	l/100 km
	CNG/LNG	44,0	kg/100 km
	Wodór	7,0	kg/100 km
	BEV	130,0	kWh/100 km
12 m	ON	38,0	l/100 km
	CNG/LNG	34,0	kg/100 km
	Wodór	8,0	kg/100 km
	BEV	130,0	kWh/100 km
18 m	ON	52,0	l/100 km
	CNG/LNG	57,0	kg/100 km
	Wodór	9,0	kg/100 km
	BEV	160,0	kWh/100 km

Średnią pracę przewozową taboru autobusowego przyjęto na poziomie 67 tys. km rocznie, co odpowiada średniej pracy przewozowej pojazdu w komunikacji miejskiej w Kielcach.



Analizowane warianty inwestycyjne przedstawiają się następująco:

- 1) **Wariant bazowy** – służy oszacowaniu kosztów świadczenia usług komunikacyjnych, z wykorzystaniem zmodernizowanego taboru o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6. Wariant bazowy stanowi punkt odniesienia dla analiz pozostałych wariantów w zakresie porównania efektywności kosztowej, społecznej i środowiskowej.
- 2) **Wariant I – tabor własny - elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne. W wariantcie tym rozważeniu podlega zakup autobusów przez Miasto Kielce wraz z budową nowej bazy autobusowej.
- 3) **Wariant II – tabor przetargowy - elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne. W wariantcie tym rozważeniu podlega wybranie w przetargu przewoźnika zewnętrznego, który dysponować będzie własną flotą pojazdów zeroemisyjnych wraz z kosztem dysponowania własną bazą dla autobusów.
- 4) **Wariant III – wodorowy** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem wodorowym. Ponieważ technologia wodorowa wymaga utworzenia infrastruktury tankowania wodoru, w wariantcie tym przeanalizowano wyłącznie sytuację, w której koszt zakupu autobusów wraz z kosztem przygotowania bazy autobusowej ponosi Miasto Kielce.

Harmonogram wymiany pojazdów (lub jak w przypadku wariantu II – wyboru przewoźnika posiadającego flotę pojazdów zeroemisyjnych) musi wynikać z terminów wygaszania obecnych umów przewozowych.

Aktualnie przewozy obsługiwane są w ramach dwóch kontraktów:

- 1) Umowa zawarta w dniu 16.01.2018 r. na okres od 01.02.2018r. do 31.12.2027r. – kontrakt obejmuje 148 pojazdów, z czego 123 pojazdy należące do MPK oraz 25 autobusów hybrydowych należących do Miasta Kielce.
- 2) Umowa zawarta w dniu 29.01.2021 r. na okres od 01.07.2021r. do 30.06.2023r. – kontrakt obejmuje 40 autobusów spalinowych na olej napędowy.



Oprócz liczby pojazdów, kontrakty określają planowaną do wykonania liczbę wzkm.

- 1) Umowa zawarta w dniu 16.01.2018 r. na okres od 01.02.2018r. do 31.12.2027r. – kontrakt obejmuje 10 297 000 wzkm/rok.
- 2) Umowa zawarta w dniu 29.01.2021 r. na okres od 01.07.2021r. do 30.06.2023r. – kontrakt obejmuje 2 300 000 wzkm/rok.

Klauzule umowne przewidują możliwość korekty zaplanowanej liczby wozokilometrów o +/- 10%.

Dodatkowo planuje się kolejne ogłoszenie przetargu na obsługę komunikacyjną autobusami należącymi do miasta w okresie 01.07.2023r. – 31.12.2024r., aby w pełni wykorzystać posiadany tabor. Szacowana liczba wozokilometrów możliwa do wykonania wynosi ok. 1,8 mln wzkm/rok. Ogłoszenie tego przetargu wynika również z faktu, iż konieczne jest stworzenie okresu przejściowego, w którym potencjalni operatorzy, dostaną czas na dostosowanie posiadanej infrastruktury i floty pojazdów do wymogów przetargowych (same oczekiwanie na dostawę pojazdów, trwa obecnie kilkanaście miesięcy). Zgodnie z powyższym, pierwsza wymiana taboru może nastąpić od 1 stycznia 2025 r. W ramach nowego przetargu założono zmniejszenie liczby wzkm z 2,3 mln do 1,8 mln. Różnica w wzkm zostanie dodana do drugiego kontraktu przewozowego, dzięki zastosowaniu klauzuli, o której mowa powyżej.

Druga wymiana taboru nastąpić może od 1 stycznia 2028 r. W ramach nowego przetargu założono zwiększenie liczby wzkm z 10,297 mln do 10,8 mln.

Plan miks zakupowego (lub przetargowego w wariantach II) w poszczególnych wariantach wskazano w tabelach poniżej. Miks ten uwzględnia z jednej strony wymogi ustawowe w zakresie obligatoryjnego udziału pojazdów zeroemisyjnych w całkowitej flocie pojazdów, z drugiej założenia postępowań przetargowych wskazanych powyżej. Wariant bazowy jako punkt odniesienia do obecnych kosztów eksploatacji floty autobusowej wskazuje na pełne wykorzystanie pojazdów napędzanych olejem napędowym.



Tabela 5 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant bazowy

Rodzaj i typ autobusu		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
10 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
12 m	ON	-	-	-	-	-	-	25
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
18 m	ON	-	-	-	-	35	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
<b>SUMA</b>		-	-	-	-	<b>35</b>	-	<b>25</b>

Tabela 6 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant I - elektryczny

Rodzaj i typ autobusu		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
10 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
12 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	25
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	35	-	-
<b>SUMA</b>		-	-	-	-	<b>35</b>	-	<b>25</b>

Tabela 7 Symulacja wymogów przetargowy wariant II – elektryczny

Rodzaj i typ autobusu		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
10 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
12 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	25
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	35	-	-
<b>SUMA</b>		-	-	-	-	<b>35</b>	-	<b>25</b>



Tabela 8 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant III – wodorowy

Rodzaj i typ autobusu		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
10 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
12 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	25
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	35	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
<b>SUMA</b>		-	-	-	-	<b>35</b>	-	<b>25</b>

Dodatkowe założenia i uwarunkowania wariantów:

- Wszystkie warianty analizy odnoszą się do progów określonych art. 36 ustawy o elektromobilności, które w przypadku taboru wykorzystywanego w komunikacji miejskiej w Kielcach, oznaczają konieczność wymiany 60 pojazdów.
- Wariant I – elektryczny, w którym modernizacja taboru miałyby być dokonana poprzez zakup autobusów przez Miasto Kielce, uwzględniono dodatkowy koszt utworzenia nowej bazy autobusowej. Konieczność stworzenia nowego zaplecza technicznego dla autobusów elektrycznych, wynika ze specyfiki ich eksploatacji – konieczności ładowania nocnego oraz odmiennych warunków serwisowania. Koszt budowy bazy uzależniony jest od wielu czynników – kosztów pozyskania gruntu<sup>11</sup>, czy kosztów przyłącza energetycznego (w tym ewentualnej budowy stacji transformatorowej). Jako orientacyjny koszt budowy zajezdni (bez kosztów zakupu gruntu), przyjęto 35 mln zł.
- Wariant II – elektryczny, w którym modernizacja taboru miałyby być dokonana poprzez postawienie wymogu przetargowego – dysponowania określoną liczbą pojazdów w postępowaniach, które zastępować będą obecne, wygasające kontrakty przewozowe. Teoretycznie, w tym wariantcie Miasto nie ponosi kosztu zakupu autobusów i utworzenia

<sup>11</sup> W 2017 r. Miasto Gdańsk nabyło działkę o powierzchni 5 ha pod budowę zajezdni autobusowej za kwotę 17,9 mln zł. źródło: <https://www.gdansk.pl/wiadomosci/gdansk-bedzie-mial-nowa-zajezdnie-dla-miejskich-autobusow-gdzie-i-od-kiedy,a,97041>



niezbędnej infrastruktury, jednak koszt zakupu pojazdów przez prywatnego przewoźnika uwzględniony będzie w oferowanym w przetargu, koszcie wozokilometra.

- W wariantcie II z uwagi na inwestycję dokonywaną przez podmiot prywatny, założono brak możliwości pozyskania dofinansowania zewnętrznego na zakup autobusów.
- W wariantcie III z uwagi na konieczność poniesienia wydatku inwestycyjnego przez Miasto, również założono koszt budowy bazy wynoszący 35 mln zł.

Zestawienie łącznych zdyskontowanych kosztów (inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych) w poszczególnych wariantach, przedstawia tabela.

Tabela 9 Zestawienie zdyskontowanych kosztów finansowych

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	Wariant II – elektryczny (przetargowy)	Wariant III - wodorowy
Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne	141 297 852,51 zł	226 117 582,83 zł	206 353 250,40 zł	297 006 105,02 zł

Efektywność finansową wariantów porównać można również na bazie wskaźników ekonomicznych. Dla każdego z wariantów zostały dwa wskaźnik:

- FNPV/C - odzwierciedlającą zyskowność (lub brak zyskowności) analizowanego wariantu;
- FRR/C – określający wewnętrzną stopę zwrotu z inwestycji. W przypadku, w którym analizowany wariant wykazuje ujemną wartość FNPV/C, wartość FRR/C jest niepoliczalna (z uwagi na brak zysku).

Tabela 10 Wskaźniki ekonomiczne w wariantach

Wskaźnik	Wariant bazowy	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	Wariant II – elektryczny (przetargowy)	Wariant III - wodorowy
FNPV/C	- 156 180 393,17 zł	- 235 162 286,15 zł	- 206 353 250,40 zł	- 308 886 349,23 zł
FRR/C	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna

Niezależnie od przyjętej metodyki porównawczej, wyniki analizy są tożsame – największą opłacalność wykazuje wariant bazowy (oparty o autobusy zasilane olejem napędowym), co wynika nie tylko z niższego kosztu początkowego zakupu autobusu, ale również bardzo



niekorzystnych tendencji w zakresie cen paliw i surowców energetycznych. Ceny energii elektrycznej urosły na przestrzeni ostatnich kilkunastu miesięcy o kilkadziesiąt procent.

Na znaczącą dysproporcję kosztu wozokilometra (w przypadku autobusu elektrycznego jest ona o ponad 1/3 wyższa niż autobusu napędzanego olejem napędowym), wpływa również konieczność stworzenia infrastruktury – stanowisk ładowania nocnego w zajezdni autobusowej oraz stacji pantografowej na pętlach autobusowych. Koszty te znacząco wpływają na efektywność finansową wariantu elektrycznego, ponieważ wiążą się również z nakładami na stację transformatorową i kabel przyłączeniowy.

Zdyskontowane koszty finansowe ujęto również w formie wozokilometra<sup>12</sup>:

Tabela 11 Zdyskontowane koszty finansowe w ujęciu na wzkm

Pozycja	Koszt wzkm - koszty inwestycyjne i eksploatacyjne (kwoty brutto)	Koszty wzkm – koszty pozostałe (kwoty brutto)	Stawka razem zł/wzkm (kwoty brutto)
Wariant bazowy	4,96 zł	2,34 zł	7,30 zł
Wariant I – elektryczny (inwestycyjny) – z kosztem budowy bazy	7,93 zł	2,34 zł	10,27 zł
Wariant II – elektryczny (przetargowy)	7,24 zł	2,34 zł	9,58 zł
Wariant III – wodorowy – z kosztem budowy bazy	10,42 zł	2,34 zł	12,76 zł

Jak wskazuje tabela, koszt wozokilometra rośnie znacząco w przypadku wyboru alternatywnych wariantów inwestycyjnych. W przypadku wariantu wykorzystania pojazdów elektrycznych, wyliczono dwa możliwe sposoby jego wdrożenia:

- wariantu, w którym zakup autobusów oraz niezbędnego zaplecza technicznego (bazy) następuje na koszt Miasta Kielce;
- wariantu, w którym konieczność posiadania autobusów elektrycznych oraz własnego zaplecza, stanowi element wymogu przetargowego. Koszt inwestycyjny ponosi w takim wypadku bezpośrednio przedsiębiorca realizujący przewozy i rozlicza ten koszt w wozokilometrze;

Wyliczenia pokazują, że każde z rozwiązań spowoduje wzrost kosztu wozokilometra. Wzrost kosztu wozokilometra jest wyższy w przypadku wariantu inwestycyjnego z uwagi na stopę

<sup>12</sup> Przedstawiony koszt wozokilometra nie uwzględnia kosztów stałych świadczenia usług przewozowych (niezależnych od struktury taboru) do których należą m.in. koszty wynagrodzeń, zarządu i administracji.





dyskontową. Z każdym kolejnym rokiem liczonym od roku bazowego, stopa dyskonta zwiększa się, zatem wydatki odsunięte w czasie (gdy rozlicza go operatora w koszcie wozokilometra w czasie realizacji umowy), ważą mniej niż te ponoszono jednorazowo na początku inwestycji (czyli wtedy, gdy ponosi je Miasto).

Niezależnie jednak od czasu, w którym poniesiony jest wydatek, kluczowym kosztem jest budowa nowej bazy. O ile dofinansowanie do autobusów elektrycznych udzielane jest przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej, o tyle dofinansowanie bazy musiałoby zostać wsparte z innych źródeł (Krajowy Plan Odbudowy, Fundusze Europejskie dla Świętokrzyskiego na lata 2021-2027, Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej na lata 2021-2027). W przypadku jednak konieczności realizowania takiej inwestycji wyłącznie ze środków własnych, to koszt wzkm wzrósłby o prawie 40%, względem stawki obecnej.

Symulację, jak wybór poszczególnych wariantów wpłynąłby na łączny umowny (obejmujący również inne koszty rodzajowe – w tym wynagrodzenia kierowców) koszt wozokilometra przedstawiono w tabeli.

Tabela 12 Symulacja wzrostu kosztu wozokilometra w umowie przewozowej z Operatorem

Pozycja	Podstawowa stawka wynikająca z umowy (dla autobusów MAXI)	Wzrost stawki w wariantcie	Podstawowa stawka umowna po wzroście wynikającym z wariantów	Procentowy wzrost stawki
Wariant bazowy	7,30 zł	+0,00 zł	7,30 zł	0,00%
Wariant I – elektryczny (inwestycyjny) – z kosztem budowy bazy	7,30 zł	+2,97 zł	10,27 zł	39,86%
Wariant II – elektryczny (przetargowy)	7,30 zł	+2,28 zł	9,58 zł	31,23%
Wariant III – wodorowy – z kosztem budowy bazy	7,30 zł	+5,46 zł	12,76 zł	74,79%

Jak wskazują przedstawione wyżej porównania, w przypadku wprowadzenia do taboru floty pojazdów elektrycznych w wymaganym ustawą o elektromobilności udziale (30%), spodziewać się można wzrostu kosztu wozokilometra, co oznaczać będzie konieczność zwiększenia wydatków budżetowych Miasta lub redukcję liczby wozokilometrów. W projekcie budżetu na 2022 rok założono wydatkowanie na obsługę komunikacyjną ok. 90,7 mln zł, co szacuje się pozwoli wykonać ok. 12,5 mln wzkm. Wzrost kosztu wzkm związany z wprowadzeniem transportu zeroemisyjnego przełoży się na wzrost rocznego kosztu utrzymania komunikacji co najmniej o ponad 25 mln zł rocznie. Z uwagi na ograniczone możliwości pokrycia tej kwoty



ze sprzedaży biletów, koszt ten obciążałby budżet Miasta. W przypadku trudności ze znalezieniem dodatkowych środków w budżecie konieczne byłoby zredukowanie liczby wykonywanych wozokilometrów, co z kolei spowodowałoby znaczne zmniejszenie atrakcyjności komunikacji publicznej jako sposobu przemieszczania się i przełożyłoby się na zmniejszenie wpływów ze sprzedaży biletów. Dodatkowo odpływ pasażerów nastąpiłby w kierunku transportu indywidualnego, co wpłynęłoby negatywnie na efekty środowiskowe związane z wprowadzeniem transportu zeroemisyjnego.

Zrównoważenie wyższych kosztów inwestycyjnych rozwiązań zeroemisyjnych zapewnić mogą zewnętrzne źródła finansowania. Ustawa z dnia 14 sierpnia 2020 r. o zmianie ustawy o biokomponentach i biopaliwach ciekłych oraz niektórych innych ustaw (Dz. U. z 2020 r. poz. 1565) zlikwidowała Fundusz Niskoemisyjnego Transportu, w ramach którego część środków z opłaty paliwowej trafiała na dofinansowanie zakupu pojazdów elektrycznych. Likwidacja funduszu nie zniósła wsparcia w obszarze elektromobilności a stanowi jedynie włączenie środków na ten cel do budżetu Narodowego Funduszu Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej. Oprócz zakupów realizowanych przez osoby fizyczne (w ramach programu „Mój elektryk”), o środki NFOŚiGW ubiegać się mogą również jednostki samorządu terytorialnego, w ramach programów:

- Zielony transport publiczny (dawniej program GEPARD) – dofinansowanie zakupu autobusów zeroemisyjnych,
- KANGUR – dofinansowanie zakupów przeznaczonych na dowożenie dzieci do szkół.

Samorządy będą mogły ubiegać się o sięgające od 20% (w przypadku takich miast, jak Kielce) do 80% (w przypadku miast małych i średnich) dofinansowania na zakup lub leasing autobusów i szkolenie kierowców oraz do 25% wsparcia na rozwój infrastruktury ładowania na własne potrzeby – budowę nowych lub modernizację istniejących stacji ładowania.

Wnioski o dofinansowanie w formie dotacji i w formie pożyczki można składać w trybie konkursowym, w okresie 01.09.2021 – 20.12.2021 r.

Budżet na realizację konkursu wynosi do 2 000 000 000 zł, w tym:

- dla bezzwrotnych form dofinansowania – do 1 600 000 000 zł,
- dla zwrotnych form dofinansowania – do 400 000 000 zł.



Obliczenia w zakresie zestawienia wariantów z i bez dofinansowaniem, wskazuje tabela. Zgodnie z przedstawionymi obliczeniami, choć wariant elektryczny nie jest zasadny do realizacji z uwagi na wzrost kosztu wzm, uzyskanie dofinansowania na poziomie 75% kosztu inwestycji w tabor autobusowy, stanowi granicę opłacalności, przy której rozważać można wykorzystanie w komunikacji zbiorowej pojazdów elektrycznych.

*Tabela 13 Zestawienie wskaźników finansowych z symulacją uzyskania dotacji w wysokości 75% kosztów inwestycji.*

	<b>Wariant bazowy (ON)</b>	<b>Wariant I – elektryczny (bez dotacji)</b>	<b>Wariant I – elektryczny (inwestycyjny) – z dotacją 75% do zakupu autobusów</b>
<b>Wpływy ogółem</b>	<b>156 180 393,17 zł</b>	<b>235 162 286,15 zł</b>	<b>139 813 234,85 zł</b>
Koszty operacyjne	88 989 167,28 zł	70 849 128,63 zł	70 849 128,63 zł
Nakłady inv. i odtw.	67 191 225,89 zł	164 313 157,52 zł	68 964 106,22 zł
<b>Przepływy pieniężne</b>	<b>- 156 180 393,17 zł</b>	<b>- 235 162 286,15 zł</b>	<b>- 139 813 234,85 zł</b>
<b>stopa dyskontowa</b>	<b>4,0%</b>	<b>4,0%</b>	<b>4,0%</b>
(FNPV/C)	-156 180 393	-235 162 286	-139 813 235

Porównanie wyników analizy finansowo-ekonomicznej w formie tabel zbiorczych, przedstawiono poniżej.



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 14 Wariant bazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Amortyzacja kosztów inwestycyjnych	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr) w zł
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	4 900 000,00	6 974 968,00	773 850,00	2 345 000,00	10 812 262,64	2 004 515,83	
2026	6	0,82	4 900 000,00	6 974 968,00	773 850,00	2 345 000,00	10 396 406,38	1 927 419,07	
2027	7	0,79	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	15 529 955,46	3 177 064,39	
2028	8	0,76	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	14 932 649,48	3 054 869,61	
2029	9	0,73	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	14 358 316,81	2 937 374,62	
2030	10	0,70	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	13 806 073,85	2 824 398,68	
2031	11	0,68	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	13 275 071,01	2 715 767,96	
2032	12	0,65	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	12 764 491,36	2 611 315,34	
2033	13	0,62	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	12 273 549,38	2 510 880,14	
2034	14	0,60	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	11 801 489,79	2 414 307,83	
2035	15	0,58	7 775 000,00	10 615 748,00	1 259 600,00	4 020 000,00	11 347 586,34	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>79 775 000,00</b>	<b>109 491 668,00</b>	<b>12 884 100,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>141 297 852,51</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>4,96</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 15 Wariant I - elektryczny (inwestycyjny)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr) w zł
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	130 050 000,00	3 151 680,00	797 537,60	2 345 000,00	114 543 092,80	2 004 515,83	
2026	6	0,82	0,00	3 151 680,00	797 537,60	2 345 000,00	3 245 969,00	1 927 419,07	
2027	7	0,79	59 250 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	51 824 802,00	3 177 064,39	
2028	8	0,76	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	4 806 409,95	3 054 869,61	
2029	9	0,73	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	4 621 548,03	2 937 374,62	
2030	10	0,70	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	4 443 796,18	2 824 398,68	
2031	11	0,68	0,00	4 980 780,00	22 344 127,60	4 020 000,00	18 459 728,49	2 715 767,96	
2032	12	0,65	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	4 108 539,37	2 611 315,34	
2033	13	0,62	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	3 950 518,63	2 510 880,14	
2034	14	0,60	0,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	3 798 575,60	2 414 307,83	
2035	15	0,58	0,00	4 980 780,00	16 344 127,60	4 020 000,00	12 314 602,78	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>189 300 000,00</b>	<b>51 130 380,00</b>	<b>49 692 223,60</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>226 117 582,83</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>7,93</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 16 Wariant II - elektryczny (przetargowy)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Amortyzacja kosztów inwestycyjnych	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	13 005 000,00	0,00	0,00	0,00	12 023 853,55	0,00	
2024	4	0,89	13 005 000,00	0,00	0,00	0,00	11 561 397,64	0,00	
2025	5	0,85	13 005 000,00	3 151 680,00	797 537,60	2 345 000,00	14 492 536,26	2 004 515,83	
2026	6	0,82	13 005 000,00	3 151 680,00	797 537,60	2 345 000,00	13 935 131,02	1 927 419,07	
2027	7	0,79	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	19 959 320,32	3 177 064,39	
2028	8	0,76	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	19 191 654,16	3 054 869,61	
2029	9	0,73	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	18 453 513,61	2 937 374,62	
2030	10	0,70	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	17 743 763,09	2 824 398,68	
2031	11	0,68	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	17 061 310,66	2 715 767,96	
2032	12	0,65	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	16 405 106,41	2 611 315,34	
2033	13	0,62	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	15 774 140,77	2 510 880,14	
2034	14	0,60	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	15 167 443,05	2 414 307,83	
2035	15	0,58	18 930 000,00	4 980 780,00	1 344 127,60	4 020 000,00	14 584 079,86	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>222 390 000,00</b>	<b>51 130 380,00</b>	<b>13 692 223,60</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>206 353 250,40</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>7,24</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 17 Wariant III - wodorowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			zł	zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	154 000 000,00	8 442 000,00	820 750,00	2 345 000,00	139 557 682,94	2 004 515,83	
2026	6	0,82	0,00	8 442 000,00	820 750,00	2 345 000,00	7 613 305,31	1 927 419,07	
2027	7	0,79	72 500 000,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	69 264 745,66	3 177 064,39	
2028	8	0,76	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	11 506 675,53	3 054 869,61	
2029	9	0,73	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	11 064 111,08	2 937 374,62	
2030	10	0,70	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	10 638 568,35	2 824 398,68	
2031	11	0,68	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	10 229 392,64	2 715 767,96	
2032	12	0,65	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	9 835 954,47	2 611 315,34	
2033	13	0,62	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	9 457 648,52	2 510 880,14	
2034	14	0,60	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	9 093 892,81	2 414 307,83	
2035	15	0,58	0,00	13 802 000,00	1 340 000,00	4 020 000,00	8 744 127,70	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>226 500 000,00</b>	<b>141 102 000,00</b>	<b>13 701 500,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>297 006 105,02</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>10,42</b>



## VIII. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH

Efektem spalania paliw w silnikach spalinowych jest powstanie mieszanin różnorodnych substancji do których należą m.in.:

- 1) Pyły (PM10 i PM2.5)
- 2) Tlenki azotu
- 3) Tlenki siarki
- 4) Niemetanowe lotne związki organiczne (NMZLO)
- 5) Emisja pozaspalinowa (m.in. pył ze ścierających się klocków hamulcowych)
- 6) Dwutlenek węgla
- 7) Oddziaływanie hałasu

Ze względów na wymagania ekologiczne dąży się do ograniczenia emisji szczególnie szkodliwych dla środowiska oraz człowieka, a maksymalny dopuszczalny poziom emisji w pojazdach homologowanych na rynku europejskim określa obowiązująca od początku 2014 r. norma EURO6.

Tabela 18 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6

Zanieczyszczenie	Dopuszczalny poziom	Jednostka
CO (tlenek węgla)	0,5	g/km
HC/THC (węglowodory)	0,17	g/km
NOx (tlenki azotu)	0,08	g/km
PM (pyły)	0,0045	g/km

Podstawą określenia emisyjności poszczególnych substancji jest wykonywana praca przewozowa – ilość przejechanych kilometrów oraz ilość spalonego paliwa.

Tabela 19 Wskaźniki emisyjności – autobus spalinowy w normie EURO6

Emisja	Wielkość	Jednostka
PM2.5	0,00119	g/km
PM10	0,00331	g/km
NO2	0,080	g/km
SO2	1,100	g/km
NMLZO	0,250	g/km
Emisja pozaspalinowa	0,00600	g/km
CO2	2,670	kgCO2/l
Hałas	80,000	db





Norma EURO6, nie określa, jednakże faktycznego poziomu emisji dwutlenku węgla. Do obliczeń w tym zakresie, przyjęto zatem wskaźniki Krajowego Operatora Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Choć z definicji pojazdu zeroemisyjnego wynika, iż w miejscu eksploatacji pojazd elektryczny nie generuje emisji jakichkolwiek substancji szkodliwych, to jednak wykorzystywana energia elektryczna pozyskiwana jest z krajowego systemu elektroenergetycznego, który nie korzysta wyłącznie ze źródeł odnawialnych, a wręcz przeciwnie – oparty jest o wykorzystanie paliw kopalnych – w szczególności węgla. Tym samym w obliczeniach skutków środowiskowych inwestycji, uwzględniono również wskaźniki emisyjności energii elektrycznej w krajowym systemie elektroenergetycznym, wyliczone na podstawie informacji będących w posiadaniu Krajowego Ośrodka Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Tabela 20 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny

Emisja	Wielkość	Jednostka
PM2.5	0,00082	kg/MWh
PM10	0,00228	kg/MWh
NO2	0,60800	kg/MWh
SO2	0,53900	kg/MWh
NMLZO	0,00504	kg/MWh
Emisja pozaspalinowa	0,00600	g/km
CO2	758,00	kg/MWh
Hałas	60,00000	db

Obliczone emisje zanieczyszczeń zostały zmonetyzowane z wykorzystaniem danych nt. jednostkowych kosztów emisji poszczególnych zanieczyszczeń (NOx, NMLZO, PM2,5), opracowanych przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych<sup>13</sup>.

W ocenie dotyczącej oddziaływania zmian klimatycznych, oszacowano emisję gazów cieplarnianych, wyrażoną jako ekwiwalent CO2. Emisję obliczono z zużycia paliwa, przy zastosowaniu wskaźników emisji zgodnych z metodyką „EMEP/EEA air pollutant emission inventory guidebook”. W odniesieniu do autobusów zeroemisyjnych koszty emisji obliczono jako emisję gazów cieplarnianych towarzyszącą produkcji energii elektrycznej w polskim systemie elektroenergetycznym.

---

<sup>13</sup> CUPT: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści



## IX. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA

Celem analizy społecznej jest weryfikacja zasadności realizacji poszczególnych wariantów inwestycyjnych z perspektywy korzyści społecznych (np. poprawy bezpieczeństwa, ochrony zdrowia bądź ochrony środowiska), nawet w przypadku, gdyby taka inwestycja wykazywała ujemną efektywność finansową. Do korzyści społecznych w przypadku projektów związanych z transportem niskoemisyjnym zaliczyć należy przede wszystkim efekty środowiskowe inwestycji. Analiza środowiskowa sprowadza się, jednakże wyłącznie do przedstawienia danych w zakresie prognozowanej emisji poszczególnych substancji, porównanie jednak, czy korzyści środowiskowe, przeważają nad korzyściami ekonomicznymi możliwe jest, jednakże tylko w przypadku sprowadzenia wszystkich analizowanych wartości do wspólnej jednostki jaką jest koszt/korzyść wyrażony w polskich złotych.

Przypisanie skwantyfikowanej wartości do korzyści społecznych bądź środowiskowych umożliwiają tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści Centrum Unijnych Projektów Transportowych CUPT<sup>14</sup>. Przyjęcie jakie natomiast korzyści powinniśmy brać pod uwagę w przypadku projektów z zakresu wymiany taboru autobusowego, wskazują zapisy dokumentów metodycznych, w szczególności:

- 1) „Niebieska księga - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach”, Jaspers, 2015 r.;
- 2) „Analiza kosztów i korzyści projektów Transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2016 r.;
- 3) „Przewodnik po analizie kosztów i korzyści projektów inwestycyjnych. Narzędzie analizy ekonomicznej polityki spójności 2014-2020”, Komisja Europejska, 2014 r.;
- 4) „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych — Dla rozwoju infrastruktury i środowiska”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa 2014r.;

Przyjęte do analizy korzyści/koszty społeczne uwzględniają:

- 1) Koszty zanieczyszczeń powietrza, wynikające z emisji substancji szkodliwych;

---

<sup>14</sup> [www.cupt.gov.pl](http://www.cupt.gov.pl)



- 2) Koszty hałasu, wynikające z przemieszczania się autobusów po drogach publicznych;
- 3) Koszty zmian klimatycznych, wynikające z emisji dwutlenku węgla CO<sub>2</sub>;

Zestawienie łącznych zdyskontowanych kosztów środowiskowych w poszczególnych wariantach, przedstawia tabela.

Tabela 21 Zestawienie zdyskontowanych kosztów społeczno-ekonomicznych (środowiskowych)

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	Wariant II – elektryczny (przetargowy)	Wariant III – wodorowy
Koszty społeczno-ekonomiczne	16 003 028,38 zł	16 244 658,79 zł	16 244 658,79 zł	11 865 547,31 zł

Zdyskontowane koszty środowiskowe ujęto również w formie wozokilometra<sup>15</sup>:

Tabela 22 Zdyskontowane koszty środowiskowe w ujęciu na wzk

Pozycja	Koszt wzk (środowiskowy)
Wariant bazowy	0,56 zł
Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	0,57 zł
Wariant II – elektryczny (przetargowy)	0,57 zł
Wariant III - wodorowy	0,42 zł

Efektywność środowiskową wariantów porównać można również na bazie wskaźników ekonomicznych. Dla każdego z wariantów zostały określone dwa wskaźniki:

- ENPV/C – ekonomiczna wartość bieżąca netto, ponieważ każdy z porównywanych wariantów oddziałuje na środowisko poprzez hałas i emisję, żaden z wariantów nie przynosi dodatnich korzyści dla środowiska – tym samym wartości ENPV/C są ujemne – im niższa wartość ujemna tym mniejsza szkodliwość wariantu dla środowiska;
- ERR/C – określający ekonomiczną stopę zwrotu z inwestycji. W przypadku, w którym analizowany wariant wykazuje ujemną wartość ENPV/C, wartość ERR/C jest niepoliczalna (z uwagi na brak korzyści).

<sup>15</sup> Przedstawiony koszt wozokilometra nie uwzględnia kosztów stałych świadczenia usług przewozowych (niezależnych od struktury taboru) do których należą m.in. koszty wynagrodzeń, zarządu i administracji.



Tabela 23 Wskaźniki społeczno-ekonomiczne w wariantach

Wskaźnik	Wariant bazowy	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	Wariant II – elektryczny (przetargowy)	Wariant III - wodorowy
ENPV/C	- 16 643 149,52 zł	- 16 894 445,15 zł	- 16 894 445,15 zł	- 12 340 169,20 zł
ERR/C	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna	wart. niepoliczalna

Niezależnie od przyjętej metodyki porównawczej, wyniki analizy są tożsame – najmniejszą szkodliwość dla środowiska wykazuje wariant wodorowy, gdyż jest to najczystsze źródło energii. W przypadku autobusów elektrycznych, emisja zanieczyszczeń (i tym samym wskazany w tabeli koszt emisji) jest pochodną tzw. miksu energetycznego, a więc paliw z których wytwarzamy energię elektryczną. Pochodzi ona w głównej mierze ze źródeł kopalnych – węgla kamiennego i brunatnego, a tylko w kilkunastu procentach ze źródeł odnawialnych. Tym samym autobus elektryczny, chociaż w miejscu eksploatacji jest w zasadzie bezemisyjny (poza hałasem czy emisjami pozaspalinowymi) wpływa na zanieczyszczenie środowiska – w miejscu wytworzenia energii.

Niezwykle istotnym choć niemierzalnym kosztem społecznym wdrożenia do komunikacji miejskiej pojazdów zeroemisyjnych byłby, jak wykazano w części finansowej, przynajmniej ok. 30% wzrost kosztu wozokilometra. Takie obciążenie finansowe musiałoby przełożyć się bądź na zmniejszenie liczby realizowanych wozokilometrów, bądź wzrost cen biletów. Którakolwiek ze wskazanych zmian, czyniłaby transport publiczny nieatrakcyjnym. Mocno spadłby zatem popyt na komunikację zbiorową, co również przełożyłoby się na wzrost udziału samochodów osobowych w transporcie. Z perspektywy liczby pojazdów przemieszczających się codziennie po ulicach Miasta (łącznie z ruchem tranzytowym i ciężarowym), wpływ emisji z autobusów komunikacji miejskiej na jakość powietrza jest marginalny, dlatego też z perspektywy korzyści społecznych (i środowiskowych), ważniejsze od rodzaju napędu pojazdów jest dążenie do zwiększania popularności samego transportu zbiorowego, do czego przyczynia się przede wszystkim gęstość siatki połączeń i częstotliwość połączeń oraz możliwie niska cena biletów. Zwiększenie udziału pojazdów osobowych w transporcie miejskim, które mogłoby wynikać w skutek zmniejszenia liczby wozokilometrów wykonywanych przez transport zbiorowy bądź znacznego podniesienia cen biletów, przyczyniłoby się do globalnego zmniejszenia korzyści środowiskowych, wynikających z wprowadzenia taboru zeroemisyjnego.



Szczegółowe wyniki analizy społeczno-ekonomicznej (środowiskowej) przedstawiono w tabelach zbiorczych.

Tabela 24 Analiza społeczno-ekonomiczna - wariant bazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	koszt na wozokilometr w zł
			zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	650 896,90	710 535,00	2 345 000,00	1 163 757,69	2 004 515,83	
2026	6	0,82	650 896,90	710 535,00	2 345 000,00	1 118 997,78	1 927 419,07	
2027	7	0,79	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 774 308,23	3 177 064,39	
2028	8	0,76	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 706 065,61	3 054 869,61	
2029	9	0,73	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 640 447,70	2 937 374,62	
2030	10	0,70	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 577 353,56	2 824 398,68	
2031	11	0,68	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 516 686,12	2 715 767,96	
2032	12	0,65	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 458 352,03	2 611 315,34	
2033	13	0,62	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 402 261,57	2 510 880,14	
2034	14	0,60	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 348 328,43	2 414 307,83	
2035	15	0,58	1 027 005,95	1 218 060,00	4 020 000,00	1 296 469,65	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>10 544 847,38</b>	<b>12 383 610,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>16 003 028,38</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>0,56</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 25 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant I elektryczny (inwestycyjny)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr) w zł
			zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	854 864,75	539 350,00	2 345 000,00	1 191 780,61	2 004 515,83	
2026	6	0,82	854 864,75	539 350,00	2 345 000,00	1 145 942,90	1 927 419,07	
2027	7	0,79	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 798 447,45	3 177 064,39	
2028	8	0,76	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 729 276,39	3 054 869,61	
2029	9	0,73	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 662 765,76	2 937 374,62	
2030	10	0,70	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 598 813,23	2 824 398,68	
2031	11	0,68	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 537 320,42	2 715 767,96	
2032	12	0,65	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 478 192,71	2 611 315,34	
2033	13	0,62	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 421 339,14	2 510 880,14	
2034	14	0,60	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 366 672,25	2 414 307,83	
2035	15	0,58	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 314 107,93	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>13 868 817,34</b>	<b>9 400 100,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>16 244 658,79</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>0,57</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 26 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant II – elektryczny (przetargowy)

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	koszt na wozokilometr w zł
			zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	854 864,75	539 350,00	2 345 000,00	1 191 780,61	2 004 515,83	
2026	6	0,82	854 864,75	539 350,00	2 345 000,00	1 145 942,90	1 927 419,07	
2027	7	0,79	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 798 447,45	3 177 064,39	
2028	8	0,76	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 729 276,39	3 054 869,61	
2029	9	0,73	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 662 765,76	2 937 374,62	
2030	10	0,70	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 598 813,23	2 824 398,68	
2031	11	0,68	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 537 320,42	2 715 767,96	
2032	12	0,65	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 478 192,71	2 611 315,34	
2033	13	0,62	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 421 339,14	2 510 880,14	
2034	14	0,60	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 366 672,25	2 414 307,83	
2035	15	0,58	1 351 009,76	924 600,00	4 020 000,00	1 314 107,93	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>13 868 817,34</b>	<b>9 400 100,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>16 244 658,79</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>0,57</b>



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI  
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W KIELCACH  
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH

Tabela 27 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant III - wodorowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty zmian klimatycznych	koszty hałasu	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	koszt na wozokilometr w zł
			zł	zł	km	zł	km	
2020	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2021	1	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2022	2	0,96	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2023	3	0,92	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2024	4	0,89	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2025	5	0,85	268 982,52	710 535,00	2 345 000,00	837 295,68	2 004 515,83	
2026	6	0,82	268 982,52	710 535,00	2 345 000,00	805 092,00	1 927 419,07	
2027	7	0,79	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 322 060,90	3 177 064,39	
2028	8	0,76	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 271 212,40	3 054 869,61	
2029	9	0,73	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 222 319,62	2 937 374,62	
2030	10	0,70	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 175 307,32	2 824 398,68	
2031	11	0,68	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 130 103,20	2 715 767,96	
2032	12	0,65	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 086 637,69	2 611 315,34	
2033	13	0,62	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 044 843,93	2 510 880,14	
2034	14	0,60	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	1 004 657,63	2 414 307,83	
2035	15	0,58	454 768,80	1 218 060,00	4 020 000,00	966 016,95	2 321 449,83	
		<b>RAZEM</b>	<b>4 630 884,21</b>	<b>12 383 610,00</b>	<b>40 870 000,00</b>	<b>11 865 547,31</b>	<b>28 499 363,30</b>	<b>0,42</b>





## X. PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE

W ramach analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, przeanalizowano zasadność modernizacji taboru autobusowego w czterech wariantach:

- 1) Wariacie bazowym – z wykorzystaniem autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6;
- 2) Wariacie alternatywnym I – z wykorzystaniem autobusów o napędzie elektrycznym, które zostałyby zakupione przez Miasto;
- 3) Wariacie alternatywnym II – z wykorzystaniem autobusów o napędzie elektrycznym, których koszty zakupu poniósłby wybrany w przetargu Operator;
- 4) Wariacie alternatywnym III – z wykorzystaniem autobusów zasilanych wodorem;

Pierwszym elementem analizy była ocena techniczna wdrożenia każdego z ww. rozwiązań. Analiza wykazała konieczność dodatkowych nakładów infrastrukturalnych (w przypadku zakupu pojazdów elektrycznych) związanych z ładowaniem pojazdów.

Drugi element analizy stanowiła ocena finansowa inwestycji.

W kosztach realizacji inwestycji uwzględniono:

- 1) Koszty początkowe;
- 2) Koszty paliwa/energii;
- 3) Uśrednione koszty eksploatacji i serwisowania;

Przyjmując horyzont czasowy eksploatacji autobusów wynoszący 15 lat, zdyskontowane wydatki sprowadzono do wartości jednostkowej – kosztu wozokilometra. Z uwagi na wysokie wydatki inwestycyjne, analiza wykazała, że nawet w przypadku niskich kosztów eksploatacyjnych, wariant zakupu autobusów elektrycznych jest dalece mniej opłacalny od zakupu autobusów zasilanych olejem napędowym.

W trzecim elemencie analizy podjęto problematykę efektów środowiskowych inwestycji, szacując wpływ inwestycji na emisję substancji szkodliwych do atmosfery. Z uwagi na trudności porównywania emisji odmiennych substancji (m.in. dwutlenku węgla czy związków azotu),

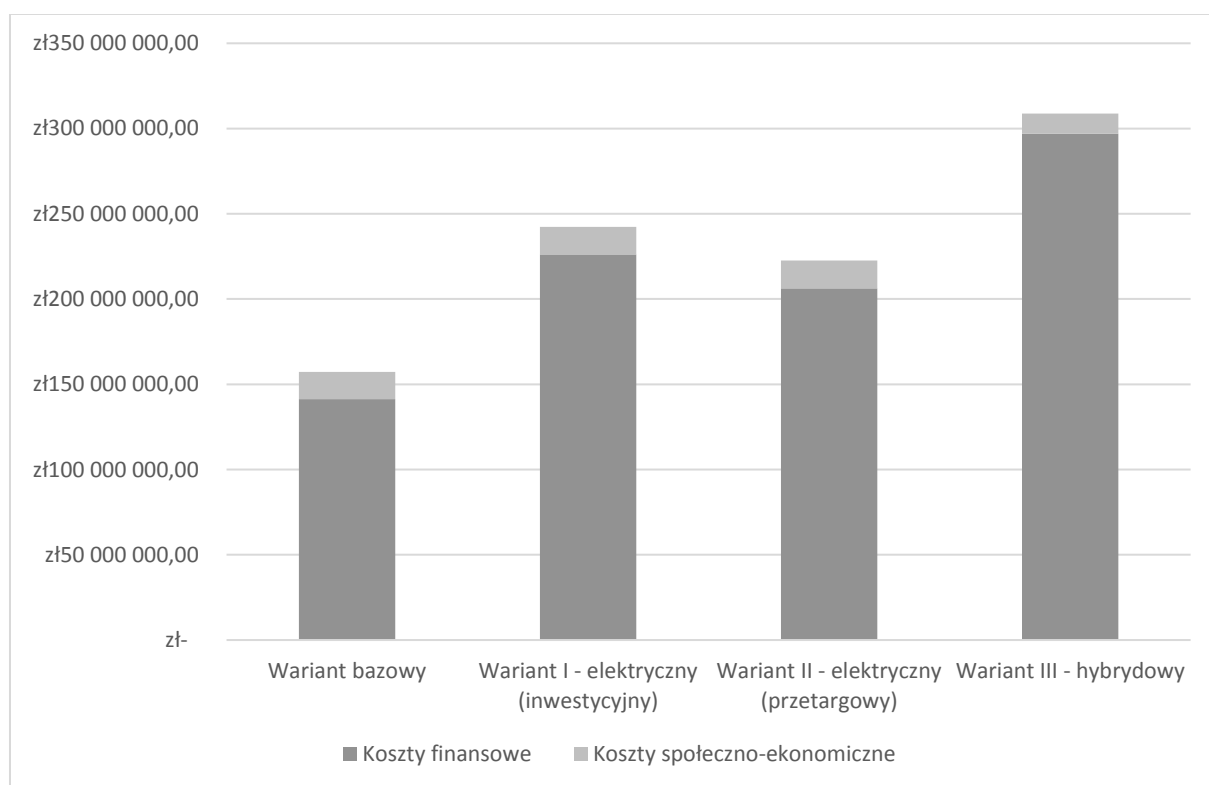


wielkości emisji substancji zostały zmonetyzowane do wspólnej porównywalnej wartości wyrażonej w złotych polskich na bazie wskaźników z opracowań teoretycznych.

Kalkulacji oraz porównania skwantyfikowanych skutków środowiskowych inwestycji dokonano w ramach analizy społeczno-ekonomicznej. Łączne wyniki analizy finansowej oraz społeczno-ekonomicznej przedstawia tabela oraz wykres zamieszczony poniżej.

Tabela 28 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny)	Wariant II – elektryczny (przetargowy)	Wariant III - wodorowy
Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne	141 297 852,51 zł	226 117 582,83 zł	206 353 250,40 zł	297 006 105,02 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	16 003 028,38 zł	16 244 658,79 zł	16 244 658,79 zł	11 865 547,31 zł
<b>SUMA</b>	<b>157 300 880,89 zł</b>	<b>242 362 241,62 zł</b>	<b>222 597 909,19 zł</b>	<b>308 871 652,33 zł</b>



Rysunek 13 Wyniki AKK - porównanie

Najmniej korzystne parametry pod względem kosztowym i społecznym (koszty emisji i zanieczyszczeń wprowadzanych do środowiska) wykazuje wariant zakupu autobusów zeroemisyjnych zasilanych wodorem. W przypadku wariantu zakupu autobusów zasilanych energią elektryczną, efekt zastosowania czystszej paliwa, kompensowany jest wysokim



kosztem inwestycyjnym. Koszt inwestycji w tabor zeroemisyjny jest praktycznie dwukrotnie wyższy niż w tabor konwencjonalny i chociaż koszt energii (paliwa) w autobusie elektrycznym wynosi 1/2 kosztów zużycia paliwa w pojeździe spalinowym, to jednak z uwagi na gwałtowny wzrost cen energii elektrycznej (w latach 2020-2021), zrównanie kosztów eksploatacji autobusu elektrycznego i spalinowego następuje dopiero przy 75% poziomie dofinansowania do kosztów zakupu pojazdów.

Zakup pojazdów elektrycznych wiąże się również z okresową koniecznością wymiany baterii pokładowych pojazdów. Koszt ten sięgać może nawet 1/3 wartości pojazdu (ok. 600 000 zł). Żywotność baterii szacować można aktualnie na ok. 8-10 lat, choć w zależności od rodzaju baterii oraz sposobu ich eksploatacji może być krótsza.

Efekty środowiskowe nie mają znaczącego wpływu na końcowe porównanie poszczególnych wariantów. Wpływ komunikacji zbiorowej na jakość powietrza w kontekście całego ruchu samochodowego na terenie miasta jest marginalny, dlatego największą wagę w końcowej ocenie opłacalności ma przede wszystkim finansowy koszt wozokilometra. W przypadku zakupu pojazdów elektrycznych (czy to przez operatora, czy przez Miasto), może on wzrosnąć o 30%. Popularność komunikacji zbiorowej uzależniona jest od wielu czynników i jakość oraz stan techniczny taboru jest z pewnością jednym z nich, ważniejsze jest jednak utrzymanie możliwie niskiej ceny biletów komunikacyjnych przy możliwie gęstej siatce połączeń i wysokiej częstotliwości odjazdów. Skokowy wzrost kosztu wozokilometra, wywołany koniecznością modernizacji floty powodować może, że z uwagi na określony i ograniczony budżet na komunikację miejską, utrzymanie obecnego standardu w tym zakresie nie będzie możliwe. W efekcie, zamiast spadku emisji, można wręcz spodziewać się jej wzrostu, ponieważ niewłaściwie funkcjonująca komunikacja zbiorowa spowodowałaby wzrost ruchu indywidualnego, który w znacznej części byłby realizowany pojazdami niespełniającymi najwyższych standardów emisyjności.

**Przeprowadzona analiza wskazuje zatem na brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych, a zatem Miasto Kielce może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziałów autobusów zeroemisyjnych, o których mowa w art. 36, ustawy o elektromobilności.**



## Konkluzje końcowe

- Biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia jak najlepiej funkcjonującej, sprawnej i atrakcyjnej dla pasażera komunikacji zbiorowej, a jednocześnie możliwej do sfinansowania przez miasto wraz z wpływami ze sprzedaży biletów, oparcie komunikacji miejskiej o autobusy spalinowe jest najtańszym rozwiązaniem.
- Wprowadzenie w przetargu na wybór Operatora komunikacji publicznej wymogu posiadania określonej w ustawie o elektromobilności liczby autobusów zeroemisyjnych, spowodować może wzrost kosztów wozokilometra o co najmniej 30%, przy czym, jeżeli przed Operatorem zostanie postawiona konieczność budowy całej niezbędnej infrastruktury – stacji ładowania oraz nowej bazy (zaplecza warsztatowo – technicznego), cena wzk m w przetargu może wzrosnąć nawet kilkukrotnie – do 20 zł za wzk m z uwagi na konieczność zamortyzowania poniesionych nakładów inwestycyjnych.
- Wzrost kosztu wzk m oznaczać będzie konieczność zarezerwowania w budżecie Miasta dodatkowych środków finansowych, co przy znacznie ograniczonych możliwościach finansowych miasta wiązałoby się raczej ze znacznym ograniczeniem liczby realizowanych wzk m.
- Podmiot zewnętrzny – wybrany w przetargu pozbawiony jest możliwości aplikowania o środki dotacyjne.
- Miasto wyraziło w ramach tzw. fiszek projektowych przedkładanych na potrzeby ustalenia alokacji środków w ramach Krajowego Planu Odbudowy, chęć zakupu pojazdów elektrycznych wraz z budową dla nich, niezbędnego zaplecza technicznego, jednak zakup autobusów musi uwzględniać cykl wygasania obecnych kontraktów przewozowych. Aktualnie posiadane umowy na wykonywanie usług przewozowych, wykluczają możliwość wymiany taboru przez Miasto, a obecna stawka za wozokilometr jest zbyt niska, aby koszt wymiany taboru poniósł samodzielnie Operator.
- Zrównanie kosztów i korzyści autobusów elektrycznych z autobusami spalinowymi nastąpi w przypadku pozyskania przez Miasto dotacji w wysokości co najmniej 75% kosztów kwalifikowanych, do czego należy dążyć.



## XI. SPIS TABEL

Tabela 1 Aktualny stan floty autobusowej.....	18
Tabela 2 Porównanie systemów komunikacji zbiorowej z podmiotem wewnętrznym i systemem przetargowym.....	25
Tabela 3 Wymogi ustawowe w zakresie taboru zeroemisyjnego - zestawienie.....	33
Tabela 4 Średnie zużycie paliw i energii wg. typów autobusów.....	34
Tabela 5 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant bazowy.....	37
Tabela 6 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant I - elektryczny.....	37
Tabela 7 Symulacja wymogów przetargowy wariant II – elektryczny .....	37
Tabela 8 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant III – wodorowy.....	38
Tabela 9 Zestawienie zdyskontowanych kosztów finansowych .....	39
Tabela 10 Wskaźniki ekonomiczne w wariantach .....	39
Tabela 11 Zdyskontowane koszty finansowe w ujęciu na wzkm.....	40
Tabela 12 Symulacja wzrostu kosztu wozokilometra w umowie przewozowej z Operatorem .....	41
Tabela 13 Zestawienie wskaźników finansowych z symulacją uzyskania dotacji w wysokości 75% kosztów inwestycji. ....	43
Tabela 14 Wariant bazowy .....	44
Tabela 15 Wariant I - elektryczny (inwestycyjny).....	45
Tabela 16 Wariant II - elektryczny (przetargowy) .....	46
Tabela 17 Wariant III - wodorowy.....	47
Tabela 18 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6.....	48
Tabela 19 Wskaźniki emisyjności – autobus spalinowy w normie EURO6 .....	48
Tabela 20 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny .....	49
Tabela 21 Zestawienie zdyskontowanych kosztów społeczno-ekonomicznych (środowiskowych) .....	51
Tabela 22 Zdyskontowane koszty środowiskowe w ujęciu na wzkm .....	51
Tabela 23 Wskaźniki społeczno-ekonomiczne w wariantach.....	52
Tabela 24 Analiza społeczno-ekonomiczna - wariant bazowy .....	53
Tabela 25 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant I elektryczny (inwestycyjny) .....	54
Tabela 26 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant II – elektryczny (przetargowy).....	55
Tabela 27 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant III - wodorowy.....	56
Tabela 28 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane .....	58



## XII. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów Korzyści.....	8
Rysunek 2 Kielce oraz powiat kielecki – mapa .....	15
Rysunek 3 Mini dworzec komunikacji miejskiej - Osiedle świętokrzyskie .....	21
Rysunek 4 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu - Osiedle świętokrzyskie.....	21
Rysunek 5 Mini dworzec komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice .....	22
Rysunek 6 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice .....	22
Rysunek 7 Pętla autobusowa przy ul. Sikorskiego.....	23
Rysunek 8 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej - ul. Sikorskiego .....	23
Rysunek 9 Dworzec autobusowy po rewitalizacji .....	24
Rysunek 10 Mapa pomocy regionalnej .....	26
Rysunek 11 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: <a href="https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg">https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg</a> .....	29
Rysunek 12 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach .....	32
Rysunek 13 Wyniki AKK - porównanie .....	58

