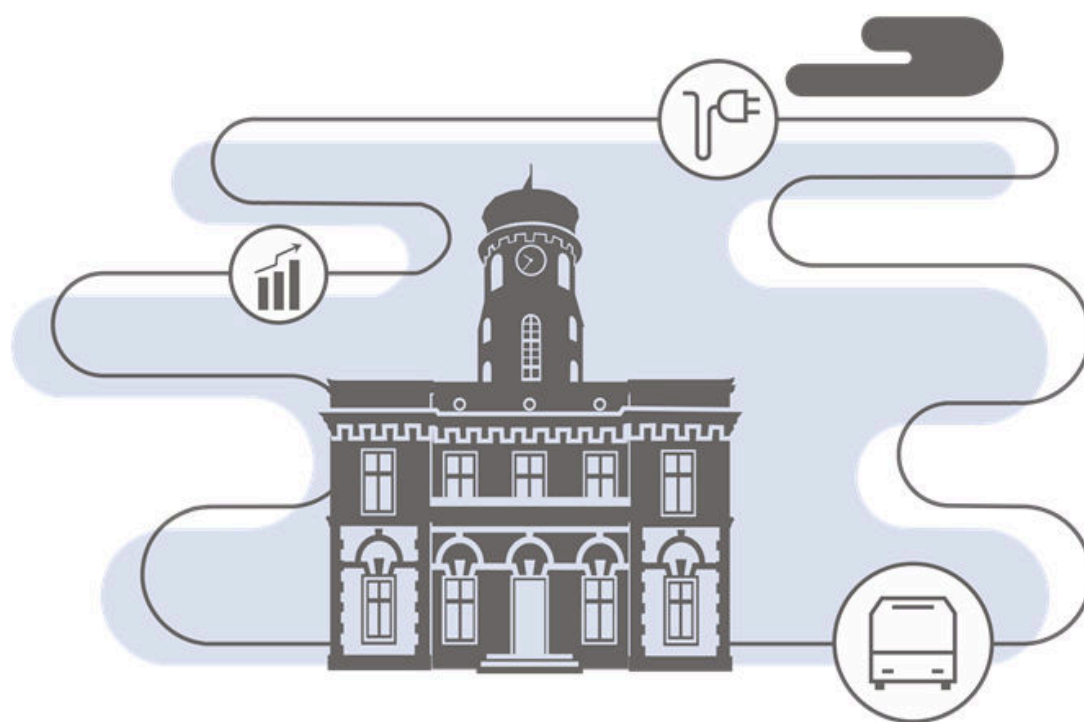


ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu



- AKTUALIZACJA -

WYKONAWCA



Energia Dla Miast Sp. z o.o.

ul. Powstańców Śląskich 1

43-190 Mikołów

ZESPÓŁ
AUTORÓW

Kamil Krzoski

Michał Mroskowiak



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	22
VII.	przeгляд aktualnych przetargów na zakup autobusów	27
VIII.	Analiza finansowa - ekonomiczna.....	30
IX.	Oszacowanie efektów środowiskowych	42
X.	Analiza społeczno-ekonomiczna.....	44
XI.	Podsumowanie i rekomendacje	51
XII.	Spis tabel	55
XIII.	Spis ilustracji	56



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 Prezydent Miasta Częstochowa.
- 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.
- 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. 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 podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%¹. 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.²

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 substancji³.

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 substancji³.

¹ Art. 36 ust. 1 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r.

² Art. 68 ust. 4 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r.

³ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r.



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 r⁴. Miasto Częstochowa, terminowo wykonała analizę, która została zaktualizowana w czerwcu 2020 r.

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.)⁵.

Niezwłocznie po sporządzeniu, Analizę należy przekazać:

- 1) ministrowi właściwemu do spraw energii,
- 2) 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, co oznacza, że licząc od ostatniej aktualizacji, termin wykonania analizy mija w czerwcu 2023 r.

Z uwagi na fakt, iż Miasto Częstochowa zamieszkuje 209 395 mieszkańców⁶ (stan na 31 grudnia 2022 r.), aktualizuje się obowiązek sporządzenia nowej Analizy Kosztów i Korzyści, o której mowa w art. 37 Ustawy.

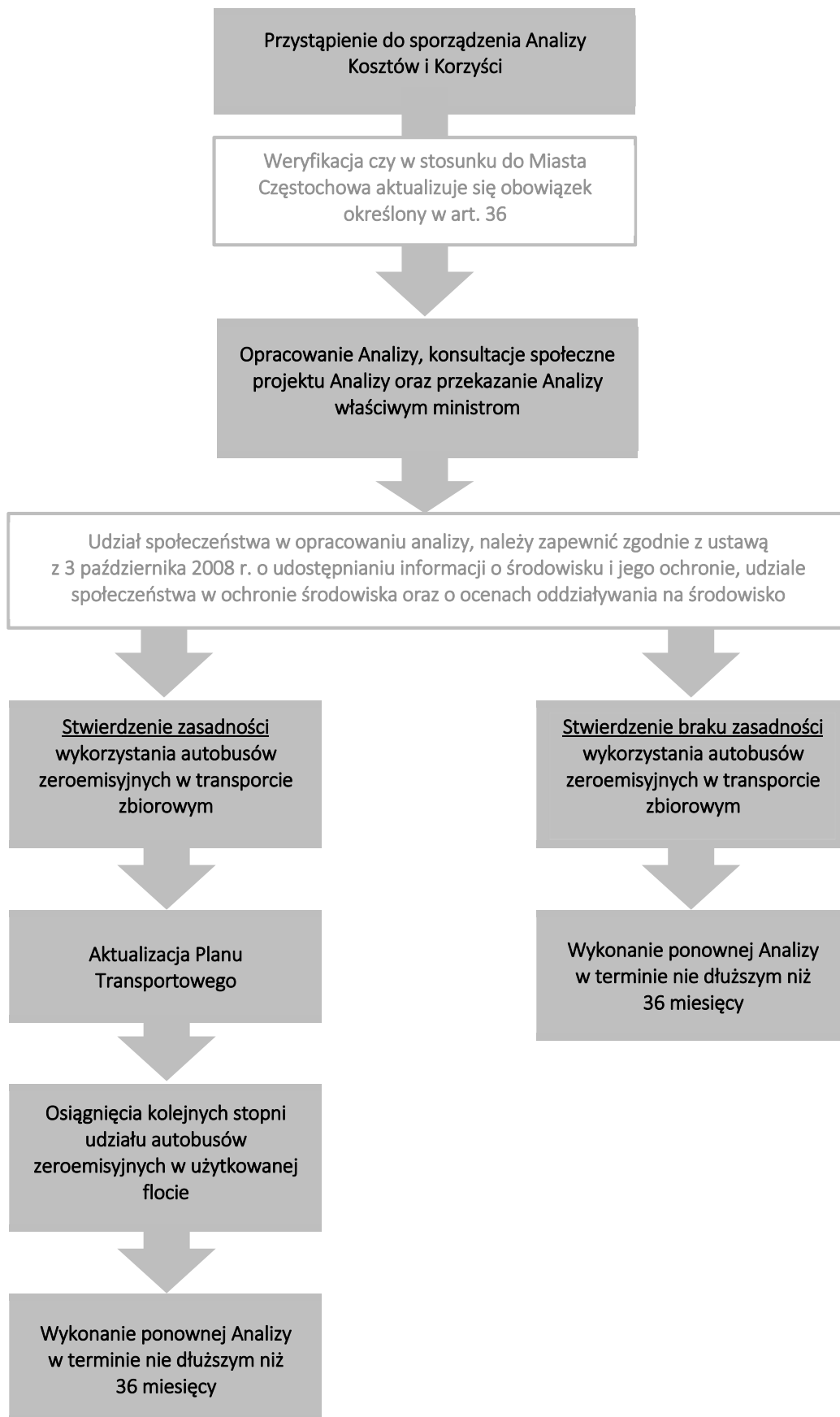
Schemat przeprowadzenia Analizy zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności przedstawiono na rysunku zamieszczonym poniżej.

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

⁵ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2021 r. poz. 110 ze zm.)

⁶ Liczba mieszkańców według danych miejskiego systemu ewidencji ludności wskazuje jednak, że liczba zameldowanych osób na pobyt stały wynosi już poniżej 200 tys. Różnica w liczbie mieszkańców wynika z różnej metodologii agregacji danych.





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 obejmują:

- 1) Plan transportowy;
- 2) Rozkład jazdy linii autobusowych;
- 3) Mapa komunikacji Miejskiej;
- 4) Zestawienie taboru;
- 5) Informację o realizowanych wozokilometrach oraz zużyciu paliw i energii w transporcie;
- 6) Informację o finansowaniu transportu zbiorowego na terenie Miasta.

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;
- 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;
- 3) Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym;
- 4) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.



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 – elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne.



- 3) **Wariant II – gazowy** -tabor zasilony sprężonym gazem ziemnym (CNG) – gazowy - wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG).
- 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 wraz z zakupem poniesiony zostanie koszt na stworzenie dodatkowej infrastruktury.

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 Częstochowie;



V. OGÓLNA CHARAKTERYSTYKA SYSTEMU TRANSPORTU PUBLICZNEGO

Zgodnie z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie transportu publicznego na danym obszarze.

Prezydent Miasta Częstochowy, jest organizatorem komunikacji miejskiej dla Miasta Częstochowy. Do zadań organizatora należy między innymi:

- wyznaczanie tras linii komunikacyjnych stałych i czasowych,
- sporządzanie rozkładów jazdy,
- analiza układu komunikacyjnego,
- nadzór i kontrola usług świadczonych na rzecz miasta przez przewoźnika.

Kompetencje w powyższym zakresie zostały przekazane do Wydziału Inżynierii Miejskiej i Kontroli Urzędu Miasta Częstochowy (IMiK). Natomiast zadania przewozowe na zlecenie IMiK realizuje spółka miejska (czyli operator) tj. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie S.A.

Oprócz Miasta Częstochowa, systemem komunikacji zbiorowej objęte są również Gminy Mstów, Olsztyn i Poczesna, które obsługują linie aglomeracyjne: 30, 53, 58, 65, 68, natomiast na terenach gmin Mykanów, Blachownia oraz Konopiska komunikacja prowadzona jest w ograniczonym zakresie obsługi kilku przystanków.



Rysunek 2 Obszar objęty siecią komunikacji zbiorowej



Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie powstało 1 marca 1950 roku, w roku 1991 zmieniło nazwę na Miejski Zakład Komunikacji (MZK) a 9 lat później, 1 kwietnia po przekształceniu w spółkę z ograniczoną odpowiedzialnością (Spółka z o.o.), ponownie przyjęło nazwę Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Częstochowie sp. z o.o., a w listopadzie 2022 r. zostało przekształcone w spółkę akcyjną.

Miasto Częstochowa powierzyło obsługę całej sieci komunikacji miejskiej MPK, zarówno dla linii autobusowych, jak i dla linii tramwajowych.

Miejska sieć komunikacyjna obejmuje 28 linii autobusowych miejskich, 4 linie autobusowe podmiejskie oraz 3 linie tramwajowe. Praca przewozowa wynosi (według danych za 2022 r.) ok. 11,2 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 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 – MPK Częstochowa. Część kursów odbywa się z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych stanowiących własność operatora.

W zakresie rodzaju napędu, struktura taboru przedstawia się następująco:

- Olej napędowy (norma EURO3): 31 pojazdów;
- Olej napędowy (norma EURO4): 10 pojazdów;
- Olej napędowy (norma EURO5): 35 pojazdów;
- Olej napędowy (norma EURO6): 65 pojazdów;
- Napęd hybrydowy: 15 pojazdów
- Napęd elektryczny: 16 pojazdów
- łącznie: 172 pojazdy

W zakresie klas wielkościowych:

- 139 pojazdów to autobusy klasy MAXI (długość pojazdu ok. 12 metrów);
- 33 pojazdy to autobusy klasy MEGA (długość pojazdu 15-18 metrów).

Zestawienie pojazdów wskazano również w tabeli.

Tabela 1 Aktualny stan floty autobusowej

Nr inwent.	Marka	Typ	Rok budowy	Klasa emisji spalin	Długość [m]	Rodzaj paliwa
1	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
2	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
3	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
4	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
5	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
6	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
7	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
8	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
9	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
10	Solaris	Urbino 12	2014	EURO 6	12	ON
11	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
12	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
13	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
14	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
16	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
17	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
18	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Nr inwent.	Marka	Typ	Rok budowy	Klasa emisji spalin	Długość [m]	Rodzaj paliwa
23	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
30	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
31	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
32	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
33	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
34	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
35	Solbus	SM12	2015	EURO 6	12	CNG+EL
36	Solbus	SM12 DC	2015	EURO 6	12	ON
37	Solbus	SM12 DC	2015	EURO 6	12	ON
38	Solbus	SM12 DC	2015	EURO 6	12	ON
39	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
40	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
41	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
42	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
43	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
44	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
45	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
46	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
47	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
48	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
49	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
50	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
51	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
52	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
53	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
59	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
60	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
61	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
62	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
63	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
64	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
65	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
66	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
67	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
68	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
69	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
70	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
71	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
72	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
73	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
75	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
76	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
77	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
78	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
79	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
80	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
81	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Nr inwent.	Marka	Typ	Rok budowy	Klasa emisji spalin	Długość [m]	Rodzaj paliwa
82	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
83	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
84	Solaris	Urbino 12	2017	EURO 6	12	ON
95	Solaris	Urbino 12	2002	EURO 3	12	ON
102	Mercedes	O530 CNG	2006	EURO 5	12	CNG
103	Mercedes	O530 CNG	2006	EURO 5	12	CNG
104	Mercedes	O530 CNG	2006	EURO 5	12	CNG
105	MAN	NL243	2009	EURO 5	12	CNG
106	MAN	NL243	2007	EURO 5	12	CNG
107	MAN	NL243	2007	EURO 5	12	CNG
108	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
109	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
110	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
111	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
112	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
113	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
114	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
115	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
116	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
117	Mercedes	O530	2006	EURO 3	12	ON
118	Mercedes	O530	2007	EURO 4	12	ON
119	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
120	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
121	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
122	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
123	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
124	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
125	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
126	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
127	Mercedes	O530	2008	EURO 4	12	ON
129	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
130	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
131	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
132	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
133	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
134	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
135	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
136	Mercedes	O530	2009	EURO 5	12	ON
137	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
138	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
139	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
140	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
141	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
142	Mercedes	O530	2010	EURO 5	12	ON
143	Mercedes	O530 CNG	2007	EURO 5	12	CNG
144	Mercedes	O530 CNG	2007	EURO 5	12	CNG
148	MAN	NL243	2007	EURO 5	12	CNG



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Nr inwent.	Marka	Typ	Rok budowy	Klasa emisji spalin	Długość [m]	Rodzaj paliwa
149	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
150	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
151	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
152	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
153	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
154	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
155	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
156	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
157	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
158	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
159	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
160	MAN	A37	2018	EURO 6	12	ON
177	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
178	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
179	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
180	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
181	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
182	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
183	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
184	Mercedes	O345G	2006	EURO 3	18	ON
185	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
186	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
187	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
188	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
189	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
190	Mercedes	O530G	2009	EURO 5	18	ON
191	Mercedes	O530G	2010	EURO 5	18	ON
192	Mercedes	O530G	2010	EURO 5	18	ON
193	Mercedes	O530G	2010	EURO 5	18	ON
194	Mercedes	O530G	2010	EURO 5	18	ON
195	Mercedes	O530G	2010	EURO 5	18	ON
209	Solbus	SM18	2015	EURO 6	18	CNG+EL
218	Solaris	Urbino 18	2007	EURO 5	18	ON
219	MAN	NG363	2007	EURO 3	18	ON
220	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
221	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
222	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
223	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
224	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
225	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
226	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
227	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
228	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
229	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
231	Solaris	Urbino 18	2006	EURO 3	18	ON
500	Autosan	Sancity 12 LFE	2020	Zeroemis.	12	EL
501	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL



Nr inwent.	Marka	Typ	Rok budowy	Klasa emisji spalin	Długość [m]	Rodzaj paliwa
502	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
503	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
504	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
505	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
506	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
507	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
508	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
509	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
510	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
511	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
512	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
513	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
514	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL
515	Autosan	Sancity 12 LFE	2021	Zeroemis.	12	EL

Sumę wykonanych wozokilometrów oraz średnie zużycie na 100 km w całym taborze, przedstawiono w tabeli.

Tabela 2 Zrealizowane wozokilometry oraz średnie zużycie paliwa

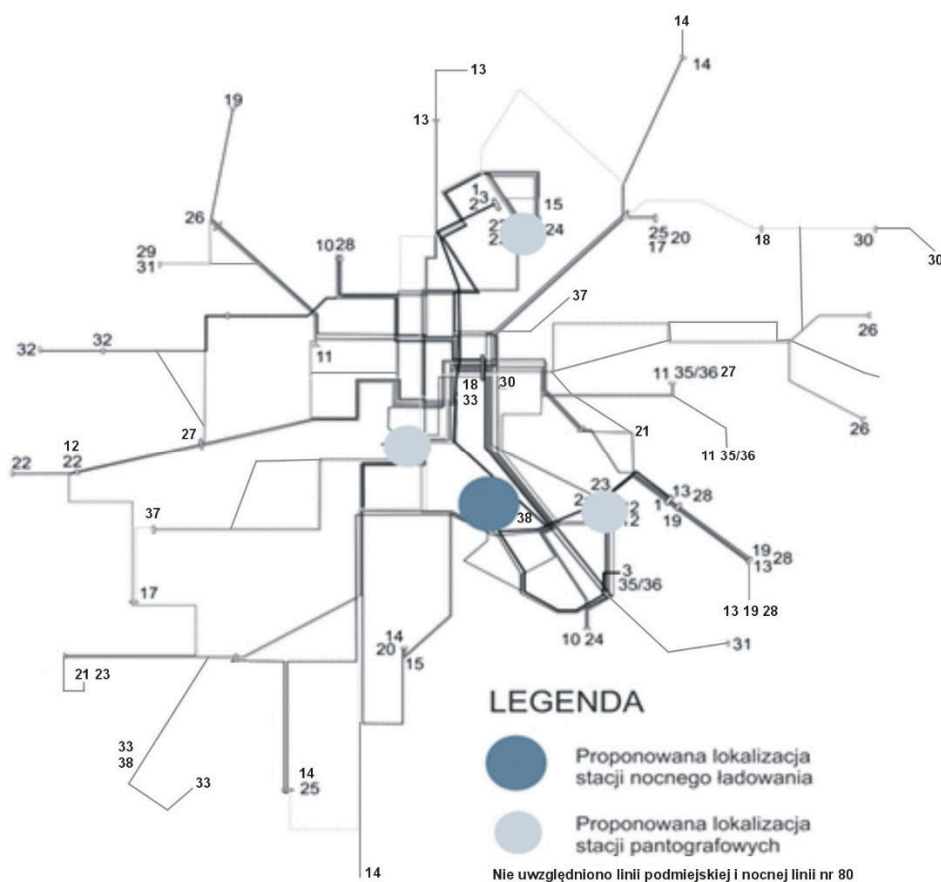
Autobusy klasy MAXI		
Rodzaj paliwa	Suma wykonanych kilometrów	Średnie zużycie na 100 km (w litrach - ON, w m ³ - CNG, w kWh - energia elektryczna)
Olej napędowy	7 684 324,50	36,03
Sprężony gaz CNG	267 113,30	63,66
Hybryda na sprężony gaz CNG	665 694,70	52,49
Energia elektryczna	973 016,00	102,53
Autobusy klasy MEGA		
Olej napędowy	1 582 435,90	48,82
Hybryda na sprężony gaz CNG	33 812,60	69,54



Ad. 2 Pętle autobusowe

W Częstochowie aktualnie nie istnieją pantografowe stacje ładowania dla autobusów elektrycznych, nie ma ich również w realizacji, natomiast w razie potrzeby mogą one powstać, co wynika z charakteru linii komunikacyjnych. Trasy na których przewozy realizują autobusy elektryczne pozwalają na wykonanie całej pracy przewozowej bez konieczności doładowywania autobusu w czasie kursów.

Możliwość rozwoju sieci autobusów z napędem elektrycznym bez konieczności zmiany układu komunikacyjnego miasta możliwa jest przy wykorzystaniu wyłącznie istniejących pętli autobusowych, które z powodzeniem mogą spełniać rolę punktów ładowania. W takim zawężonym kryterium obsługą największej ilości linii charakteryzują się przystanek Raków – Dworzec PKP (6 linii) oraz przystanek Kukuczki (3 linie autobusowe), ponadto ze względu na strategiczną lokalizację w układzie komunikacyjnym Częstochowy jako lokalizację kwalifikującą się do objęcia infrastrukturą szybkiego ładowania autobusów elektrycznych przewiduje się przystanek Stradom – Dworzec PKP. Wskazane przystanki posiadają pętle autobusowe na których odbywają się postoje techniczne autobusów. Poniższy schemat wskazuje potencjalną lokalizację punktów pantografowych stacji ładowania autobusów komunikacji miejskiej na tle układu linii autobusowych.



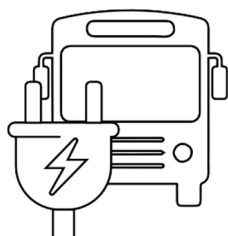
Rysunek 3 Przykładowa lokalizacja pantografowych stacji ładowania



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 36 l/100km, natomiast autobusu klasy MEGA 48 l/100km. Przy cenie 6,50 zł/litr brutto oleju napędowego, koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy MAXI wynosi 234 zł, a autobusem klasy mega 312 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.



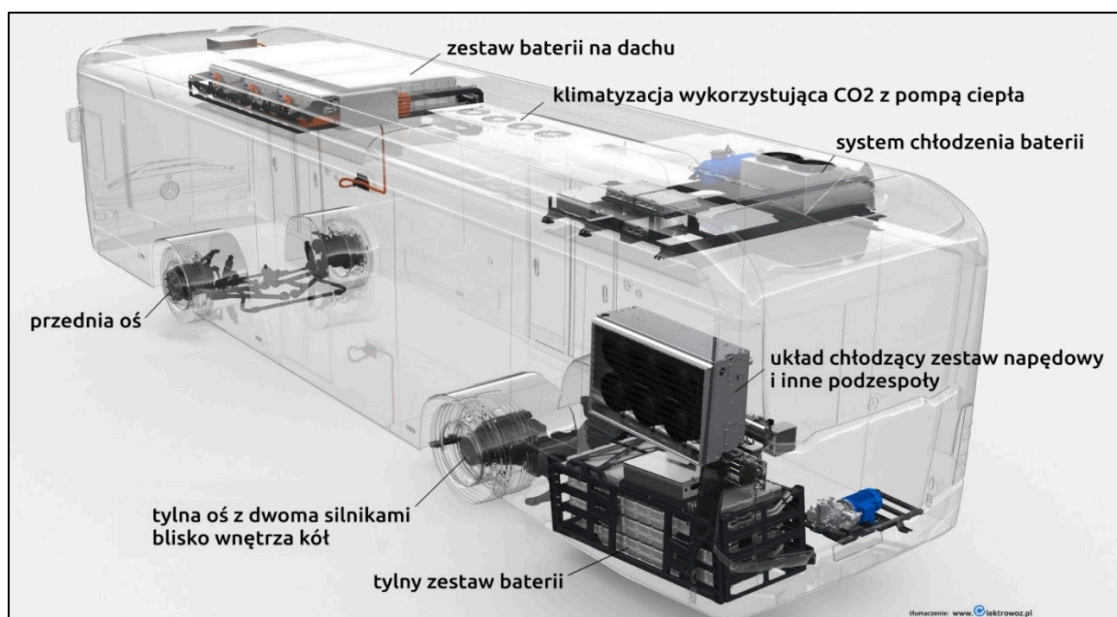
Pierwszym wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego energią elektryczną z baterii akumulatorowych. Autobusy elektryczne dostępne są w wariantach hybrydowym (z dodatkowym silnikiem spalinowym) oraz w wariantach całkowicie elektrycznym. Autobusy hybrydowe, nie spełniają jednak definicji pojazdu 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 z faktycznej eksploatacji taboru w Częstochowie, zużycie energii w eksploatacji na trakcję wynosi 1,03 kWh/km



w przypadku autobusów klasy MAXI, co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,90 zł/kWh brutto, daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) ok. 92 zł/100 km dla autobusu klasy MAXI. Na ostateczny koszt energii składa się nie tylko cena tzw. energii czynnej, ale również opłaty dystrybucyjne, wynoszący ok 0,45 zł/kWh brutto. Jednak nawet przy uwzględnieniu wszystkich stawek opłat za energię elektryczną, koszt energii na 100 km jest niższy niż koszt oleju napędowego. Deklarowany przez producentów zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii wynosi do 300 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 4 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).

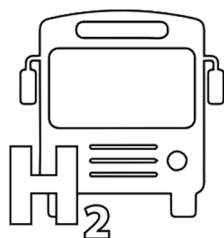
Wyłączenia autobusu z ruchu na czas doładowania tj. około 10 - 15 min, należy uwzględnić przy planowaniu rozkładu jazdy, odpowiednio wydłużając czas postoju autobusów na przystankach końcowych lub pętlach.

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 umożliwiłaby 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 ładowania⁷. 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.



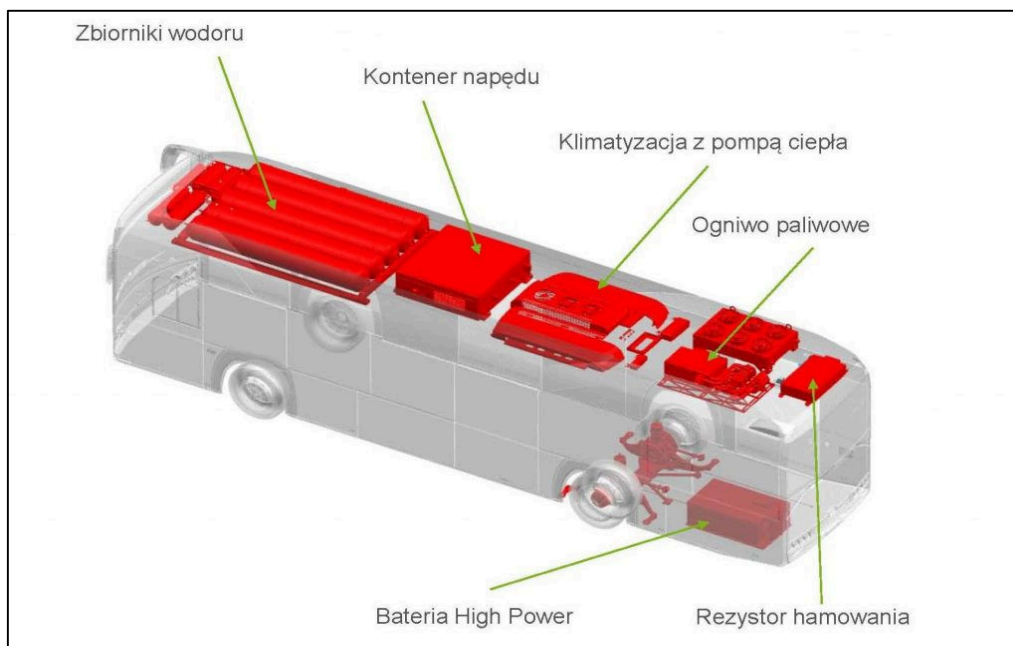
Perspektywą na przyszłość jest wybór taboru napędzanego paliwem wodorowym. Choć na dzień sporządzania analizy na polskich drogach (z wyjątkiem projektów badawczych bądź testowych) nie kursują regularne linie autobusów z napędem wodorowym, to istnieją na rynku sprawdzone rozwiązania techniczne stosowane 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 marki⁸. 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.

⁷<http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

⁸http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html





Rysunek 5 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 w Niemczech 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 pierwszych polskich postępowaniach na zakup wodoru cena jest nawet wyższa i przekracza 14 Euro/kg wodoru⁹.

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).

⁹ <http://gashd.eu/2022/04/26/konin-liczy-koszt-jazdy-na-wodorze-w-pilotazowym-autobusie/>



VII. PRZEGLĄD AKTUALNYCH PRZETARGÓW NA ZAKUP AUTOBUSÓW

Lidzbark Warmiński – autobus elektryczny

Zakup 2 szt. autobusów o długości 9,5 m wraz ze stacjami ładowania – 4,261 mln zł.

Cena za jeden autobus: 2,130 mln



Rysunek 6 Autobus komunikacji miejskiej w Lidzbarku Warmińskim, źródło: UM Lidzbark Warmiński

Sieradz – autobus elektryczny

Zakup 6 szt. autobusów o długości 10 m – 14,800 mln zł

Cena za jeden autobus: 2,466 mln



Rysunek 7 Autobus komunikacji miejskiej w Sieradzu, źródło: UM Sieradz



Świdnica – autobus elektryczny

Zakup 6 szt. autobusów o długości 12 m – 16,494 mln zł

Cena za jeden autobus: 2,749 mln



Rysunek 8 Autobus komunikacji miejskiej w Świdnicy, źródło: UM Świdnica

Rzeszów – autobus elektryczny i gazowy

Zakup 2 szt. autobusów elektrycznych o długości 18 m – 8,090 mln zł (4,045 za szt.)

Zakup 2 szt. autobusów gazowych o długości 18 m – 5,185 mln zł (2,592 za szt.)

SOLARIS Urbino 18 CNG



Wartość kontraktu: 5 185 680,00 zł brutto



SOLARIS Urbino 18E



Wartość kontraktu: 8 088 480,00 zł brutto

Rysunek 9 Autobus komunikacji miejskiej w Rzeszowie, źródło: UM Rzeszów



Rzeszów – autobus gazowy

Zakup 10 szt. autobusów gazowych o długości 12 m – 18,014 mln zł (1,801 za szt.)

Autosan
SANCITY 12LF CNG



Wartość kontraktu: **18 014 648,88 zł brutto**



12 lipca 2022 roku

Rysunek 10 Autobus komunikacji miejskiej w Rzeszowie, źródło: UM Rzeszów

Konin – autobus wodorowy

Zakup 1 szt. autobusu wodorowego o długości 10 m – 3,598 mln zł



Rysunek 11 Autobus komunikacji miejskiej w Koninie, źródło: MZK Konin



VIII. 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 172.

Informacja o wymogach ustawowych w stosunku do floty pojazdów wykorzystywanych na terenie Częstochowy, 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	0%	172	0	0,00%
1 stycznia 2023	5%	172	9	5,23%
1 stycznia 2025	10%	172	18	10,47%
1 stycznia 2028	20%	172	35	20,35%



Jak wskazują powyższe dane, dla zapewnienia wymaganego udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie (na dzień 1 stycznia 2028 r.) konieczne jest kontynuowanie dalszych zakupów pojazdów elektrycznych celem wypełnienia wymogów ustawowych.

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	36,0	l/100 km
	CNG/LNG	34,0	kg/100 km
	Wodór	7,0	l/100 km
	BEV	130,0	kWh/100 km
12 m	ON	36,0	l/100 km
	CNG/LNG	46,0	kg/100 km
	Wodór	8,0	l/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	l/100 km
	BEV	160,0	kWh/100 km

Średnią pracę przewozową taboru autobusowego przyjęto na poziomie 65 tys. km rocznie, co odpowiada średniej pracy przewozowej pojazdu w komunikacji miejskiej w Częstochowie.



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 – elektryczny** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne.
- 3) **Wariant II – gazowy** - tabor zasilony sprężonym gazem ziemnym (CNG) – gazowy - wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG).
- 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 wraz z zakupem poniesiony zostanie koszt na stworzenie dodatkowej infrastruktury.

Harmonogram wymiany pojazdów przedstawiono w tabeli. Jest to symulacja nakładów finansowych przyjęta do analizy, a nie zadeklarowany plan inwestycyjny. Celem AKK jest pokazanie ewentualnego kosztu zakupu i eksploatacji pojazdów elektrycznych, a nie kształtowanie polityki inwestycyjnej Miasta.

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	-	-	-	9	9	9	9
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
SUMA		-	-	-	9	9	9	9



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	-	-	-	9	9	9	9
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
SUMA		-	-	-	9	9	9	9

Tabela 7 Symulacja wymogów przetargowy wariant II – gazowy

Rodzaj i typ autobusu		2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027
10 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
12 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	9	9	9	9
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
SUMA		-	-	-	9	9	9	9

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	-	-	-	9	9	9	9
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
18 m	ON	-	-	-	-	-	-	-
	CNG/LNG	-	-	-	-	-	-	-
	Wodór	-	-	-	-	-	-	-
	BEV	-	-	-	-	-	-	-
SUMA		-	-	-	9	9	9	9



Nakłady inwestycyjne dla każdego z analizowanych wariantów obejmujące zakup autobusów o określonym rodzaju napędu oraz niezbędnej infrastruktury, który uwzględnia koszt budowy dwóch punktu ładowania lub budowy stacji tankowania wodoru na terenie bazy autobusowej. Założenia w zakresie kosztów inwestycyjnych, przedstawiają tabele.

Tabela 9 Założenia kosztów inwestycyjnych w tabor

ZAŁOŻENIA KOSZTÓW INWESYTYCYJNYCH - TABOR		
Rodzaj i typ autobusu		Wartość
10 m	ON	1 250 000,00 zł
	CNG/LNG	1 450 000,00 zł
	Wodór	2 700 000,00 zł
	BEV	2 250 000,00 zł
12 m	ON	1 350 000,00 zł
	CNG/LNG	1 500 000,00 zł
	Wodór	2 900 000,00 zł
	BEV	2 500 000,00 zł
18 m	ON	1 500 000,00 zł
	CNG/LNG	1 900 000,00 zł
	Wodór	3 400 000,00 zł
	BEV	2 900 000,00 zł

Tabela 10 Założenia kosztów inwestycyjnych w infrastrukturę

Rodzaj stacji ładowania	Wartość	Moc (kW)
Stacja ładowania plug-in (nocna)	100 000,00 zł	40
Stacja ładowania pantografowego (cena uśredniona)	500 000,00 zł	400
Stacja tankowania wodoru	4 500 000,00 zł	n/d

Założenia inwestycyjne obejmują również wydatki odtworzeniowe związane z wymianą baterii w pojazdach elektrycznych, których okres gwarancyjny przyjęto na 7 lat.

Tabela 11 Założenia kosztu wymiany baterii

Wydatki odtworzeniowe	Wartość
Koszt wymiany baterii	800 000,00 zł
Żywotność baterii w latach	7

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 zeromisyjnych (budowa stacji stacji wolnego ładowania).



Wysokość kosztów serwisowych ma charakter uśredniony dla pełnego okresu odniesienia.

Tabela 12 Założenia kosztu jednostkowego paliwa

ZAŁOŻENIA KOSZTÓW EKSPLOATACYJNYCH		
Koszt paliwa/energii	Wartość	Jednostka
Olej napędowy	6,50	zł/l
Gaz CNG/LNG	7,30	zł/kg
Energia elektryczna	0,90	zł/kWh
Energia elektryczna - opłata za moc ¹⁰	8400,00	zł/MW/m-c
Wodór	40,00	zł/kg

Drugą grupę kosztów eksploatacyjnych podlegających różnicowaniu w ramach wariantów są koszty remontu i serwisu (w tym materiałów pędnych).

Tabela 13 Założenia kosztów remontowych i serwisowych

Koszty remontowe i serwisowe			
Rodzaj i typ autobusu		Wartość	Jednostka
10 m	ON	0,26 zł	zł/wzkm
	CNG/LNG	0,28 zł	zł/wzkm
	Wodór	0,28 zł	zł/wzkm
	BEV	0,13 zł	zł/wzkm
12 m	ON	0,29 zł	zł/wzkm
	CNG/LNG	0,31 zł	zł/wzkm
	Wodór	0,31 zł	zł/wzkm
	BEV	0,14 zł	zł/wzkm
18 m	ON	0,33 zł	zł/wzkm
	CNG/LNG	0,35 zł	zł/wzkm
	Wodór	0,35 zł	zł/wzkm
	BEV	0,16 zł	zł/wzkm

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

Tabela 14 Zestawienie zdyskontowanych kosztów finansowych

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne	86 177 889,83 zł	108 866 998,56 zł	108 627 654,17 zł	152 346 717,37 zł

Efektywność finansową wariantów porównać można również na bazie wskaźników.

¹⁰ Opłata za moc zamówioną.



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 15 Wskaźniki finansowe w wariantach

Wskaźnik	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
FNPV/C	- 89 625 005,42 zł	- 113 221 678,50 zł	- 112 972 760,34 zł	- 158 440 586,06 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 okresowej wymiany baterii, której koszt w istotnym stopniu determinuje wynik analizy.

Zdyskontowane koszty finansowe ujęto również w formie wozokilometra¹¹:

Tabela 16 Zdyskontowane koszty finansowe w ujęciu na wzkm

Pozycja	Koszt wzkm - koszty inwestycyjne i eksploatacyjne
Wariant bazowy	4,99 zł
Wariant I – elektryczny	6,31 zł
Wariant II – gazowy	6,29 zł
Wariant III – wodorowy	8,82 zł

¹¹ Przedstawiony koszt wozokilometra nie uwzględnia kosztów stałych świadczenia usług przewozowych (niezależnych od struktury taboru) do których należą m.in. koszty wynagrodzeń, zarządu i administracji!



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 na cele transportu zbiorowego.

Zrównoważenie wyższych kosztów inwestycyjnych rozwiązań zeroemisyjnych zapewnić mogą zewnętrzne źródła finansowania. 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 80% dofinansowania na zakup lub leasing autobusów i szkolenie kierowców oraz wsparcie rozwoju infrastruktury ładowania na własne potrzeby – budowę nowych lub modernizację istniejących stacji ładowania.

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 już na poziomie 35% kosztu inwestycji w tabor autobusowy, co stanowi granicę opłacalności, przy której rozważać można wykorzystanie w komunikacji zbiorowej pojazdów elektrycznych.

Tabela 17 Zestawienie wskaźników finansowych z symulacją uzyskania dotacji w wysokości 75% kosztów inwestycji.

	Wariant bazowy (ON)	Wariant I – elektryczny (bez dotacji)	Wariant I – elektryczny (inwestycyjny) – z dotacją 35% do zakupu autobusów
Wyływy ogółem	89 625 005,42 zł	113 221 678,50 zł	113 221 678,50 zł
Koszty operacyjne	47 218 056,41 zł	33 747 914,79 zł	33 747 914,79 zł
Nakłady inv. i odtw.	42 406 949,01 zł	79 473 763,71 zł	79 473 763,71 zł
Przepływy pieniężne	- 89 625 005,42 zł	- 113 221 678,50 zł	- 85 405 861,20 zł
stopa dyskontowa	4,0%	4,0%	4,0%
(FNPV/C)	-89 625 005	-113 221 678	-85 405 861

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



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 18 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	12 150 000,00	1 368 900,00	169 650,00	585 000,00	12 169 071,11	520 062,87	
2025	5	0,85	12 150 000,00	2 737 800,00	339 300,00	1 170 000,00	13 016 188,90	1 000 120,90	
2026	6	0,82	12 150 000,00	4 106 700,00	508 950,00	1 755 000,00	13 780 142,20	1 442 482,07	
2027	7	0,79	12 150 000,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	14 466 075,14	1 849 335,99	
2028	8	0,76	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	4 676 686,21	1 778 207,68	
2029	9	0,73	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	4 496 813,66	1 709 815,08	
2030	10	0,70	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	4 323 859,29	1 644 052,96	
2031	11	0,68	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	4 157 557,01	1 580 820,16	
2032	12	0,65	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	3 997 650,97	1 520 019,38	
2033	13	0,62	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	3 843 895,16	1 461 557,10	
2034	14	0,60	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	3 696 053,04	1 405 343,36	
2035	15	0,58	0,00	5 475 600,00	678 600,00	2 340 000,00	3 553 897,15	1 351 291,69	
		RAZEM	48 600 000,00	57 493 800,00	7 125 300,00	24 570 000,00	86 177 889,83	17 263 109,25	4,99



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 19 Wariant I - elektryczny

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne (w tym koszt wymiany baterii)	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	22 770 000,00	542 295,00	108 608,40	585 000,00	20 821 097,84	520 062,87	
2025	5	0,85	22 770 000,00	1 084 590,00	217 216,80	1 170 000,00	20 576 681,34	1 000 120,90	
2026	6	0,82	22 770 000,00	1 626 885,00	325 825,20	1 755 000,00	20 320 265,67	1 442 482,07	
2027	7	0,79	22 770 000,00	2 169 180,00	434 433,60	2 340 000,00	20 053 135,40	1 849 335,99	
2028	8	0,76	0,00	2 169 180,00	434 433,60	2 340 000,00	1 978 532,35	1 778 207,68	
2029	9	0,73	0,00	2 169 180,00	434 433,60	2 340 000,00	1 902 434,96	1 709 815,08	
2030	10	0,70	0,00	2 169 180,00	434 433,60	2 340 000,00	1 829 264,38	1 644 052,96	
2031	11	0,68	0,00	2 169 180,00	434 433,60	2 340 000,00	1 758 908,06	1 580 820,16	
2032	12	0,65	0,00	2 169 180,00	5 834 433,60	2 340 000,00	5 198 994,78	1 520 019,38	
2033	13	0,62	0,00	2 169 180,00	5 834 433,60	2 340 000,00	4 999 033,44	1 461 557,10	
2034	14	0,60	0,00	2 169 180,00	5 834 433,60	2 340 000,00	4 806 762,92	1 405 343,36	
2035	15	0,58	0,00	2 169 180,00	5 834 433,60	2 340 000,00	4 621 887,43	1 351 291,69	
		RAZEM	91 080 000,00	22 776 390,00	26 161 552,80	24 570 000,00	108 866 998,56	17 263 109,25	6,31



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 20 Wariant II - gazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łącznie	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	13 500 000,00	1 964 430,00	181 350,00	585 000,00	13 909 041,45	520 062,87	
2025	5	0,85	13 500 000,00	3 928 860,00	362 700,00	1 170 000,00	15 208 300,05	1 000 120,90	
2026	6	0,82	13 500 000,00	5 893 290,00	544 050,00	1 755 000,00	16 387 040,18	1 442 482,07	
2027	7	0,79	13 500 000,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	17 452 610,51	1 849 335,99	
2028	8	0,76	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	6 522 465,78	1 778 207,68	
2029	9	0,73	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	6 271 601,71	1 709 815,08	
2030	10	0,70	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	6 030 386,26	1 644 052,96	
2031	11	0,68	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	5 798 448,33	1 580 820,16	
2032	12	0,65	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	5 575 431,09	1 520 019,38	
2033	13	0,62	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	5 360 991,43	1 461 557,10	
2034	14	0,60	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	5 154 799,45	1 405 343,36	
2035	15	0,58	0,00	7 857 720,00	725 400,00	2 340 000,00	4 956 537,93	1 351 291,69	
		RAZEM	54 000 000,00	82 506 060,00	7 616 700,00	24 570 000,00	108 627 654,17	17 263 109,25	6,29



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 21 Wariant III - wodorowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Pozostałe koszty eksploatacyjne	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łącznie	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	4 500 000,00	0,00	0,00	0,00	4 160 502,96	0,00	
2024	4	0,89	26 100 000,00	1 872 000,00	181 350,00	585 000,00	25 028 225,63	520 062,87	
2025	5	0,85	26 100 000,00	3 744 000,00	362 700,00	1 170 000,00	25 820 813,76	1 000 120,90	
2026	6	0,82	26 100 000,00	5 616 000,00	544 050,00	1 755 000,00	26 515 409,56	1 442 482,07	
2027	7	0,79	26 100 000,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	27 118 378,45	1 849 335,99	
2028	8	0,76	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	6 241 508,97	1 778 207,68	
2029	9	0,73	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	6 001 450,93	1 709 815,08	
2030	10	0,70	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	5 770 625,89	1 644 052,96	
2031	11	0,68	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	5 548 678,74	1 580 820,16	
2032	12	0,65	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	5 335 268,02	1 520 019,38	
2033	13	0,62	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	5 130 065,41	1 461 557,10	
2034	14	0,60	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	4 932 755,20	1 405 343,36	
2035	15	0,58	0,00	7 488 000,00	725 400,00	2 340 000,00	4 743 033,85	1 351 291,69	
		RAZEM	108 900 000,00	78 624 000,00	7 616 700,00	24 570 000,00	152 346 717,37	17 263 109,25	8,82



IX. 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 22 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 23 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 24 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 Transportowych¹².

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 eksploatacji pojazdów „na miejscu”, czyli bez emisji w systemie elektroenergetycznym.

¹² CUPT: Tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści



X. 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 CUPT¹³. 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.;

¹³ www.cupt.gov.pl



Przyjęte do analizy korzyści/koszty społeczne uwzględniają:

- 1) Koszty zanieczyszczeń powietrza, wynikające z emisji substancji szkodliwych;
- 2) Koszty hałasu, wynikające z przemieszczania się autobusów po drogach publicznych;
- 3) Koszty zmian klimatycznych, wynikające z emisji dwutlenku węgla CO₂;

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

Tabela 25 Zestawienie zdyskontowanych kosztów społeczno-ekonomicznych (środowiskowych)

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
Koszty społeczno-ekonomiczne	9 947 603,93 zł	3 971 512,48 zł	8 773 927,52 zł	3 970 515,13 zł

Zdyskontowane koszty środowiskowe ujęto również w formie wozokilometra¹⁴:

Tabela 26 Zdyskontowane koszty środowiskowe w ujęciu na wzk

Pozycja	Koszt wzk (środowiskowy)
Wariant bazowy	0,58 zł
Wariant I – elektryczny	0,23 zł
Wariant II – gazowy	0,51 zł
Wariant III - wodorowy	0,23 zł

Efektywność środowiskową wariantów porównać można również na bazie wskaźników ekonomicznych. Dla każdego z wariantów zostały 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).

¹⁴ 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 27 Wskaźniki społeczno-ekonomiczne w wariantach

Wskaźnik	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
ENPV/C	- 10 345 508,09 zł	- 4 130 372,98 zł	- 9 124 884,62 zł	- 4 129 335,73 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 i elektryczny, gdyż są to pojazdy w miejscu eksploatacji zeroemisyjne. W przypadku autobusów elektrycznych, emisja zanieczyszczeń (i tym samym wskazany w tabeli koszt emisji) jest pochodną tzw. miks 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.

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



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 28 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	159 842,35	177 255,00	585 000,00	299 678,31	520 062,87	
2025	5	0,85	319 684,69	354 510,00	1 170 000,00	576 304,45	1 000 120,90	
2026	6	0,82	479 527,04	531 765,00	1 755 000,00	831 208,34	1 442 482,07	
2027	7	0,79	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	1 065 651,71	1 849 335,99	
2028	8	0,76	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	1 024 665,11	1 778 207,68	
2029	9	0,73	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	985 254,91	1 709 815,08	
2030	10	0,70	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	947 360,49	1 644 052,96	
2031	11	0,68	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	910 923,55	1 580 820,16	
2032	12	0,65	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	875 888,03	1 520 019,38	
2033	13	0,62	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	842 200,03	1 461 557,10	
2034	14	0,60	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	809 807,72	1 405 343,36	
2035	15	0,58	639 369,38	709 020,00	2 340 000,00	778 661,27	1 351 291,69	
		RAZEM	6 713 378,50	7 444 710,00	24 570 000,00	9 947 603,93	17 263 109,25	0,58



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 29 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant I elektryczny

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	33,80	134 550,00	585 000,00	119 644,51	520 062,87	
2025	5	0,85	67,60	269 100,00	1 170 000,00	230 085,59	1 000 120,90	
2026	6	0,82	101,39	403 650,00	1 755 000,00	331 854,21	1 442 482,07	
2027	7	0,79	135,19	538 200,00	2 340 000,00	425 454,12	1 849 335,99	
2028	8	0,76	135,19	538 200,00	2 340 000,00	409 090,50	1 778 207,68	
2029	9	0,73	135,19	538 200,00	2 340 000,00	393 356,25	1 709 815,08	
2030	10	0,70	135,19	538 200,00	2 340 000,00	378 227,16	1 644 052,96	
2031	11	0,68	135,19	538 200,00	2 340 000,00	363 679,97	1 580 820,16	
2032	12	0,65	135,19	538 200,00	2 340 000,00	349 692,27	1 520 019,38	
2033	13	0,62	135,19	538 200,00	2 340 000,00	336 242,57	1 461 557,10	
2034	14	0,60	135,19	538 200,00	2 340 000,00	323 310,16	1 405 343,36	
2035	15	0,58	135,19	538 200,00	2 340 000,00	310 875,16	1 351 291,69	
		RAZEM	1 419,50	5 651 100,00	24 570 000,00	3 971 512,48	17 263 109,25	0,23



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 30 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant II – gazowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			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	133 524,63	163 800,00	585 000,00	264 320,52	520 062,87	
2025	5	0,85	267 049,26	327 600,00	1 170 000,00	508 308,68	1 000 120,90	
2026	6	0,82	400 573,90	491 400,00	1 755 000,00	733 137,52	1 442 482,07	
2027	7	0,79	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	939 919,90	1 849 335,99	
2028	8	0,76	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	903 769,14	1 778 207,68	
2029	9	0,73	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	869 008,78	1 709 815,08	
2030	10	0,70	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	835 585,37	1 644 052,96	
2031	11	0,68	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	803 447,47	1 580 820,16	
2032	12	0,65	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	772 545,65	1 520 019,38	
2033	13	0,62	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	742 832,35	1 461 557,10	
2034	14	0,60	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	714 261,88	1 405 343,36	
2035	15	0,58	534 098,53	655 200,00	2 340 000,00	686 790,27	1 351 291,69	
		RAZEM	5 608 034,54	6 879 600,00	24 570 000,00	8 773 927,52	17 263 109,25	0,51



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI
ZWIĄZANYCH Z WYKORZYSTANIEM PRZY ŚWIADCZENIU USŁUG KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ W CZĘSTOCHOWIE
AUTOBUSÓW ZEROEMISYJNYCH ORAZ INNYCH ŚRODKÓW TRANSPORTU

Tabela 31 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant III - wodorowy

Lata	rok	Czynnik dyskontujący	Koszty inwestycyjne (całkowite)	Koszty zużycia paliwa	Wozokilometry na rok	Zdyskontowane koszty łączne	Zdyskontowane wozokilometry	DGC (koszt na wozokilometr)
			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	134 550,00	585 000,00	119 614,46	520 062,87	
2025	5	0,85	0,00	269 100,00	1 170 000,00	230 027,81	1 000 120,90	
2026	6	0,82	0,00	403 650,00	1 755 000,00	331 770,88	1 442 482,07	
2027	7	0,79	0,00	538 200,00	2 340 000,00	425 347,28	1 849 335,99	
2028	8	0,76	0,00	538 200,00	2 340 000,00	408 987,77	1 778 207,68	
2029	9	0,73	0,00	538 200,00	2 340 000,00	393 257,47	1 709 815,08	
2030	10	0,70	0,00	538 200,00	2 340 000,00	378 132,18	1 644 052,96	
2031	11	0,68	0,00	538 200,00	2 340 000,00	363 588,64	1 580 820,16	
2032	12	0,65	0,00	538 200,00	2 340 000,00	349 604,46	1 520 019,38	
2033	13	0,62	0,00	538 200,00	2 340 000,00	336 158,13	1 461 557,10	
2034	14	0,60	0,00	538 200,00	2 340 000,00	323 228,97	1 405 343,36	
2035	15	0,58	0,00	538 200,00	2 340 000,00	310 797,09	1 351 291,69	
		RAZEM	0,00	5 651 100,00	24 570 000,00	3 970 515,13	17 263 109,25	0,23



XI. PODSUMOWANIE I REKOMENDACJE

W ramach analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Częstochowie 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,;
- 3) Wariacie alternatywnym II – z wykorzystaniem autobusów o napędzie gazowym;
- 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 i wodorowych 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.

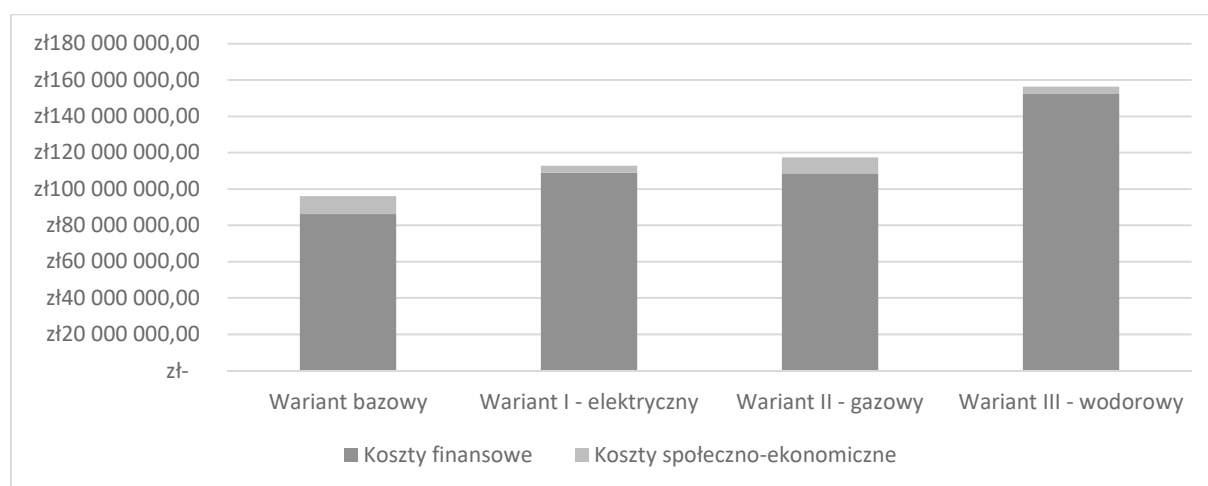
W trzecim elemencie analizy podjęto problematykę efektów środowiskowych inwestycji, szacując wpływ inwestycji na emisję substancji szkodliwych do atmosfery. Z uwagi na trudności porównywania emisji odmiennych substancji (m.in. dwutlenku węgla czy związków azotu), wielkości emisji substancji zostały zmonetyzowane 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 32 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane – bez dofinansowania

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne	86 177 889,83 zł	108 866 998,56 zł	108 627 654,17 zł	152 346 717,37 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	9 947 603,93 zł	3 971 512,48 zł	8 773 927,52 zł	3 970 515,13 zł
SUMA	96 125 493,76 zł	112 838 511,04 zł	117 401 581,70 zł	156 317 232,49 zł



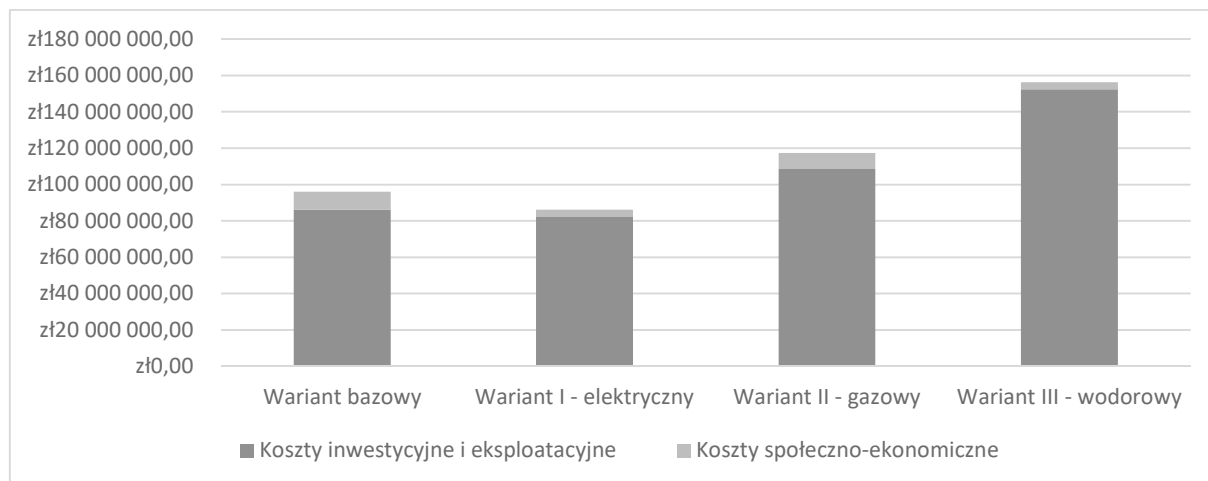
Rysunek 12 Wyniki AKK – porównanie – bez dofinansowania

Łączne wyniki analizy finansowej oraz społeczno-ekonomicznej w przypadku pozyskania dofinansowania na zakup autobusów elektrycznych, przedstawia tabela oraz wykres zamieszczony poniżej

Tabela 33 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane – z dofinansowaniem

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I elektryczny	Wariant II gazowy	Wariant III wodorowy
Koszty inwestycyjne i eksploatacyjne	86 177 889,83 zł	82 121 020,39 zł	108 627 654,17 zł	152 346 717,37 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	9 947 603,93 zł	3 971 512,48 zł	8 773 927,52 zł	3 970 515,13 zł
SUMA	96 125 493,76 zł	86 092 532,87 zł	117 401 581,70 zł	156 317 232,49 zł





Rysunek 13 Wyniki AKK - porównanie - z dofinansowaniem

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 przy 35% 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. 800 000 zł). Żywotność baterii szacować można aktualnie na ok. 8-10 lat, choć w zależności od rodzaju baterii oraz sposobu ich eksploatacji może być krótsza.

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z wymogami Ustawy o elektromobilności oraz przyjętą metodyką wykazują, iż wprowadzenie taboru zeroemisyjnego (autobusów elektrycznych) do systemu komunikacyjnego miasta jest pod pewnymi warunkami rozwiązaniem najkorzystniejszym. Warunkiem tym jest możliwość zakupu autobusów z dofinansowaniem zewnętrznym wynoszącym co najmniej 35%, dzięki czemu jednostkowy koszt autobusu elektrycznego będzie porównywalny z autobusami zasilanymi ON lub CNG;



W związku z powyższym, organizator, zlecając świadczenie usług komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, powinien spełnić określony w art. 36 Ustawy o elektromobilności udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów. Zgodnie z art. 37 Ustawy, przystąpienie do ponownej analizy powinno nastąpić nie później niż w terminie następnym 36 miesięcy.



XII. SPIS TABEL

Tabela 1 Aktualny stan floty autobusowej.....	16
Tabela 2 Zrealizowane wozokilometry oraz średnie zużycie paliwa	20
Tabela 4 Wymogi ustawowe w zakresie taboru zeroemisyjnego - zestawienie.....	30
Tabela 5 Średnie zużycie paliw i energii wg. typów autobusów.....	31
Tabela 5 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant bazowy.....	32
Tabela 6 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant I - elektryczny.....	33
Tabela 7 Symulacja wymogów przetargowy wariant II – gazowy	33
Tabela 8 Symulacja planu zakupowego autobusów - wariant III – wodorowy.....	33
Tabela 9 Założenia kosztów inwestycyjnych w tabor.....	34
Tabela 10 Założenia kosztów inwestycyjnych w infrastrukturę	34
Tabela 11 Założenia kosztu wymiany baterii.....	34
Tabela 12 Założenia kosztu jednostkowego paliwa	35
Tabela 13 Założenia kosztów remontowych i serwisowych.....	35
Tabela 10 Zestawienie zdyskontowanych kosztów finansowych	35
Tabela 15 Wskaźniki finansowe w wariantach.....	36
Tabela 16 Zdyskontowane koszty finansowe w ujęciu na wzkm.....	36
Tabela 17 Zestawienie wskaźników finansowych z symulacją uzyskania dotacji w wysokości 75% kosztów inwestycji.	37
Tabela 18 Wariant bazowy	38
Tabela 19 Wariant I - elektryczny.....	39
Tabela 20 Wariant II - gazowy.....	40
Tabela 21 Wariant III - wodorowy.....	41
Tabela 22 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6.....	42
Tabela 23 Wskaźniki emisyjności – autobus spalinowy w normie EURO6	42
Tabela 24 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny	43
Tabela 25 Zestawienie zdyskontowanych kosztów społeczno-ekonomicznych (środowiskowych)	45
Tabela 26 Zdyskontowane koszty środowiskowe w ujęciu na wzkm	45
Tabela 27 Wskaźniki społeczno-ekonomiczne w wariantach.....	46
Tabela 28 Analiza społeczno-ekonomiczna - wariant bazowy	47
Tabela 29 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant I elektryczny.....	48
Tabela 30 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant II – gazowy	49
Tabela 31 Analiza społeczno-ekonomiczna – wariant III - wodorowy.....	50
Tabela 32 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane – bez dofinansowania.....	52
Tabela 33 Wyniki AKK – wartości zdyskontowane – z dofinansowaniem	52



XIII. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów Korzyści.....	8
Rysunek 2 Obszar objęty siecią komunikacji zbiorowej	14
Rysunek 3 Przykładowa lokalizacja pantografowych stacji ładowania	21
Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego	23
Rysunek 5 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen.....	26
Rysunek 6 Autobus komunikacji miejskiej w Lidzbarku Warmińskim, źródło: UM Lidzbark Warmiński.	27
Rysunek 7 Autobus komunikacji miejskiej w Sieradzu, źródło: UM Sieradz	27
Rysunek 8 Autobus komunikacji miejskiej w Świdnicy, źródło: UM Świdnica	28
Rysunek 9 Autobus komunikacji miejskiej w Rzeszowie, źródło: UM Rzeszów	28
Rysunek 10 Autobus komunikacji miejskiej w Rzeszowie, źródło: UM Rzeszów	29
Rysunek 11 Autobus komunikacji miejskiej w Koninie, źródło: MZK Konin.....	29
Rysunek 12 Wyniki AKK - porównanie	52

