



ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

**związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu
usług komunikacji miejskiej w Kielcach
autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków
transportu**

- wersja do konsultacji społecznych -

LISTOPAD 2018

GRUPA CDE SP. Z O.O. | Katowicka 80 | 43-190 MIKOŁÓW

Opracowanie:



Grupa CDE

Grupa CDE Sp. z o.o.

Biuro:

ul. Katowicka 80

43-190 Mikołów

Tel/fax: 32 326 78 16

e-mail: biuro@ekocde.pl

Zespół autorów:

Agnieszka Kopańska

Michał Mroskowiak

Anna Piotrowska

Wojciech Płachetka

Iwona Szczepanik

Aleksandra Szlachta

Łukasz Witosz



Spis treści

I.	Cel i podstawa przeprowadzenia analizy.....	5
II.	Metodyka przeprowadzenia analizy	8
III.	Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej	10
IV.	Możliwe scenariusze inwestycyjne	24
V.	Analiza techniczna.....	26
VI.	Analiza finansowa.....	41
VII.	Oszacowanie efektów środowiskowych wariantów inwestycyjnych	51
VIII.	Analiza społeczno - ekonomiczna	54
IX.	Analiza wrażliwości i ryzyka	62
X.	Wnioski i rekomendacje	64
XI.	Spis tabel.....	66
XII.	Spis ilustracji.....	67
XIII.	Załącznik – mapa komunikacji miejskiej w kielcach.....	Błąd! Nie zdefiniowano zakładki.



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) Obszar transportowy – obszar na którym za organizację transportu zbiorowego odpowiada Zarząd Transportu Miejskiego w Kielcach.
- 3) Operator - samorządowy zakład budżetowy oraz 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.
- 4) 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;
- 5) Sieć komunikacyjna - układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.
- 6) 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.
- 7) Ustawa/Ustawa o elektromobilności - Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. zm).



I. CEL I PODSTAWA PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 z późn. 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 2018 r. poz. 2016) podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%¹. Powyższy obowiązek w pełni 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 zobowiązana 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.

Analiza rozstrzygać powinna o zasadności udziału autobusów zeroemisyjnych w użytkowanej flocie pojazdów, a w przypadku w którym analiza 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.

¹ Art. 35 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356)

² Art. 68 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356)

³ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356)



Termin na sporządzenie analizy po raz pierwszy mija 31 grudnia 2018 r⁴. W przypadku, w którym Analiza wskaże jednak na zasadność wykorzystania w publicznym transporcie zbiorowym autobusów zeroemisyjnych, wnioski i zmiany wynikające z Analizy należy uwzględnić w projekcie bądź aktualizacji planu transportowego⁵.

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 2018 poz. 2081)⁶.

Niezwłocznie po sporządzeniu, Analizę należy przekazać:

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

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 196 335 (stan na 30 VI 2018) mieszkańców, a na terenie powiatu kieleckiego 210 333 (stan na 30 VI 2018), mieszkańców, w stosunku do Miasta Kielce aktualizuje się obowiązek sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści o której mowa w art. 36 Ustawy.

Z uwagi na powyższe wykonanie Analizy zlecono przedsiębiorstwu Grupa CDE Sp. z o.o. z siedzibą w Mikołowie na podstawie umowy zawartej pomiędzy Zarządem Transportu Miejskiego w Kielcach, a Grupą CDE Sp. z o.o.

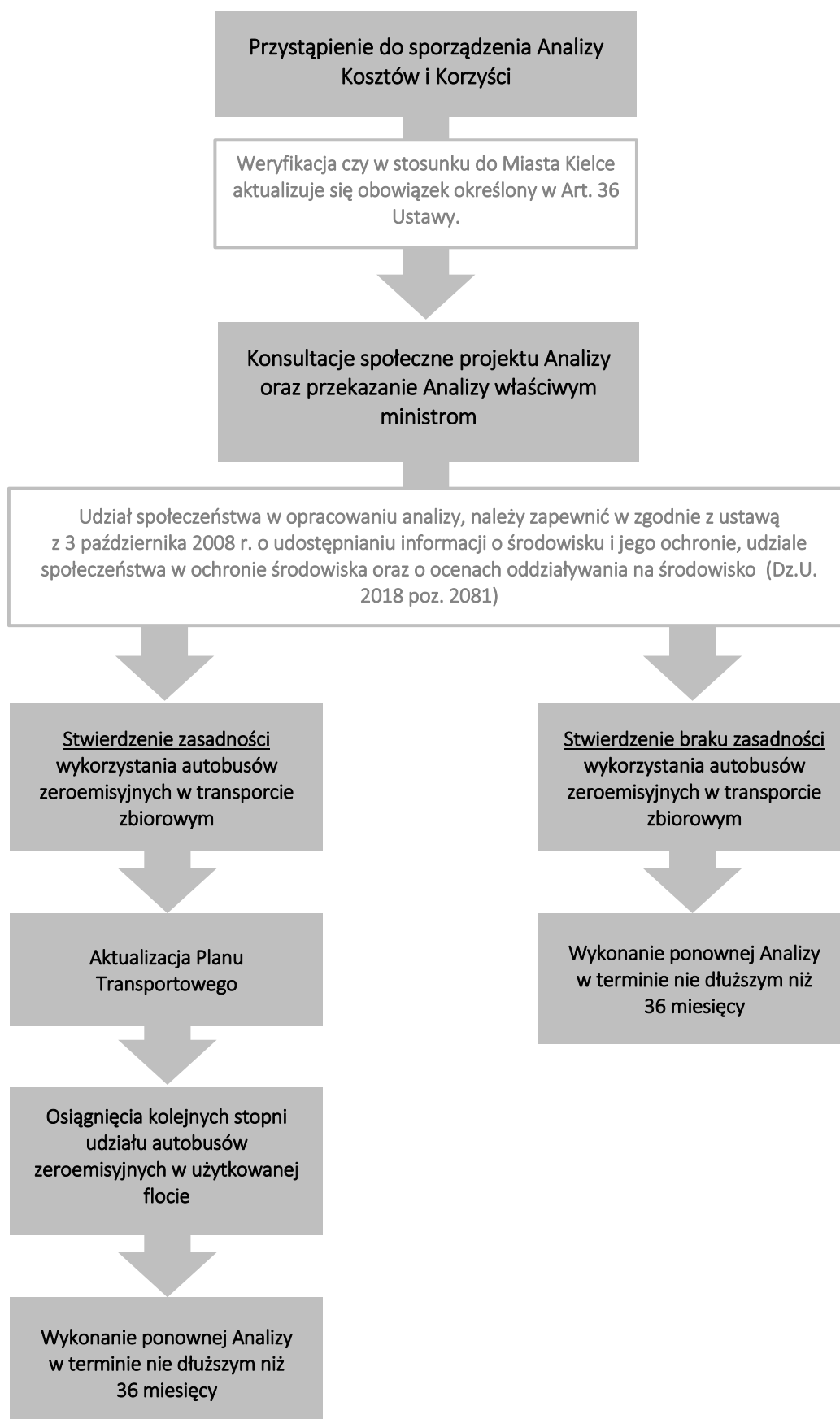
Ramowy harmonogram przeprowadzenia Analizy zgodnie z zapisami ustawy o elektromobilności przedstawiono na rysunku zamieszczonym poniżej.

⁴ Art. 72 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356)

⁵ Art. 12 ust. 2a Ustawy o publicznym transporcie zbiorowym z dnia 16 grudnia 2010 r. (Dz. U. z 2018 r. poz. 2016)

⁶ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317, 1356)





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



II. METODYKA PRZEPROWADZENIA ANALIZY

Określony w art. 37 ust. 2 ustawy o elektromobilności minimalny zakres Analizy, nie determinuje wiążącego 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 2014r.;
- 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.;
- 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 przez Zarząd Transportu Miejskiego w Kielcach (ZTM w Kielcach) obejmują:

- 1) Plan transportowy gminy Kielce oraz gmin przyległych tworzących wspólną komunikację zbiorową;
- 2) Plan mobilności dla Miasta Kielce i kieleckiego obszaru metropolitarne;
- 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 podstawy 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) Ustawa z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2018 r. poz. 2016);
- 3) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U z 2018 r poz. 1271 z późn. zm.)



III. CHARAKTERYSTYKA AKTUALNEGO SYSTEMU KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Zgodnie z ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2018 r. poz. 2016), organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie transportu publicznego na danym obszarze⁷. Właściwość organizatora transportu zbiorowego określa obszar terytorialny poddany analizie.

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.

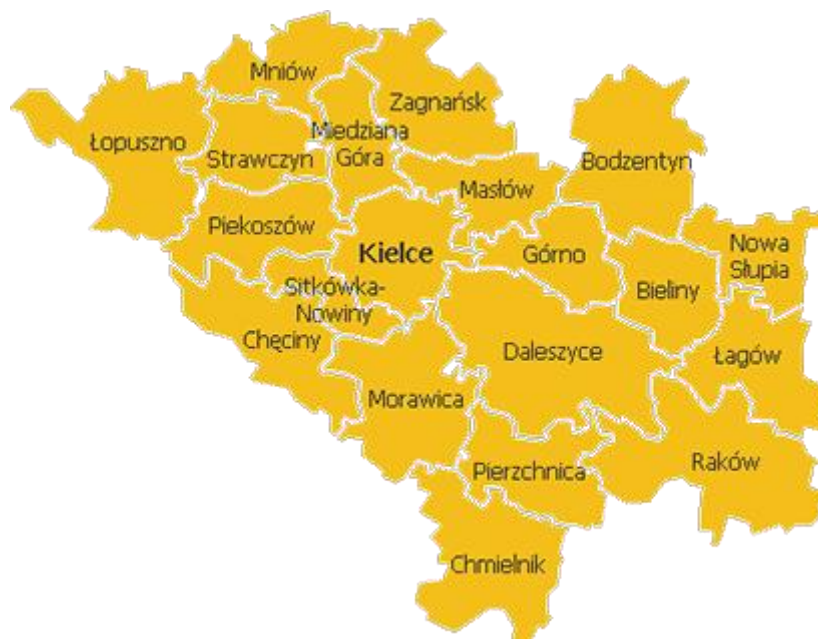
Formalnie więc analizowany obszar transportowy obejmuje nie tylko miasto Kielce ale również gminy Powiatu kieleckiego, tj.: Daleszyce, Chęciny, Piekoszów, Morawica, Górno, Zagnańsk, Miedziana Góra, Masłów, Sitkówka- Nowiny.

Łączna powierzchnia analizowanego obszaru transportowego, obejmuje 1 112,63 km², z czego:

- 1) Kielce: 109,45 km²;
- 2) Daleszyce: 222,18 km²;
- 3) Chęciny: 127,57 km²;
- 4) Piekoszów: 102,48 km²;
- 5) Morawica: 140,45 km²;
- 6) Górno: 83,26 km²;
- 7) Zagnańsk 124,37 km²;
- 8) Miedziana Góra: 70,84 km²;
- 9) Masłów: 86,27 km²;
- 10) Sitkówka-Nowiny: 45,76 km²;

⁷ Art. 4 ust 1 pkt 9 ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2018 r. poz. 2016)





Rysunek 2 Kielce oraz powiat kielecki – mapa

łącznie analizowany obszar transportowy zamieszkuje 317 502 osób, z czego:

- 1) Kielce: 196 335 mieszkańców;
- 2) Daleszyce: 15 824 mieszkańców;
- 3) Chęciny: 15 061 mieszkańców;
- 4) Piekoszów: 16 451 mieszkańców;
- 5) Morawica: 16 393 mieszkańców;
- 6) Górno: 14 314 mieszkańców;
- 7) Zagnańsk 13 008 mieszkańców;
- 8) Miedziana Góra: 11 428 mieszkańców;
- 9) Masłów: 10 898 mieszkańców;
- 10) Sitkówka-Nowiny: 7 790 mieszkańców;

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.

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 jako nieobjęte Analizą nie przedstawiono ich wykazu oraz charakterystyki.

Według danych ZTM w Kielcach, miejska sieć komunikacyjna obejmuje 66 linii autobusowych dziennych oraz dwie linie nocne. Łączna długość miejskich linii autobusowych wynosi 610 km, a linii podmiejskich 145 km. Praca przewozowa realizowana w okresie roku wynosi 12,96 mln wozokilometrów, a dziennie z komunikacji miejskiej korzysta ponad 90 tysięcy pasażerów.

Aktualny wykaz linii autobusowych organizowanych przez ZTM wskazano w tabeli zamieszczonej poniżej.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 1 Wykaz dziennych linii organizowanych przez ZTM w Kielcach.

LP	Nr linii	Godz. szczytu porannego	Godz. szczytu popołudniowego	Dni robocze	Soboty	Niedziele i święta
1	1	1	1	42	23	22
2	2	4	4	70	29	27
3	3	1	1	29	0	0
4	4	3	3	97	52	48
5	5	1	1	30	0	0
6	6	1	1	18	17	17
7	7	1	1	32	24	22
8	8	1	2	63	24	22
9	9	1	1	28	14	26
10	10	1	1	27	19	19
11	11	1	1	22	18	14
12	12	1	1	40	26	22
13	13	3	3	104	56	28
14	14	1	1	22	8	6
15	15	1	1	46	43	25
16	17	1	1	38	26	22
17	18	1	1	38	28	28
18	19	2	1	65	33	20
19	21	1	2	56	30	30
20	23	2	2	32	16	0
21	24	1	1	10	0	0
22	25	3	3	95	39	26
23	27	2	2	24	17	13
24	28	2	1	54	25	23
25	29	2	1	25	15	23
26	30	4	4	96	48	27
27	31	1	2	26	12	14
28	32	1	2	36	14	12
29	33	2	1	67	40	23
30	34	4	4	138	99	99
31	35	6	6	212	138	138
32	36	1	1	44	30	24
33	37	1	1	40	24	26
34	38	1	1	40	24	24
35	39	1	1	34	22	22
36	40	2	2	77	30	25
37	41	0	0	13	0	0
38	43	1	1	30	18	18
39	44	0	0	48	26	26
40	45	1	1	48	22	22
41	46	3	3	233	158	157
42	47	1	1	31	17	14



LP	Nr linii	Godz. szczytu porannego	Godz. szczytu popołudniowego	Dni robocze	Soboty	Niedziele i święta
43	50	2	1	38	20	19
44	51	2	2	38	20	19
45	53	1	2	48	16	16
46	54	1	1	40	16	16
47	55	1	1	21	0	0
48	100	0	1	16	16	16
49	102	1	1	44	16	16
50	103	1	1	45	13	11
51	104	0	0	18	14	0
52	105	2	2	51	46	25
53	106	1	1	34	12	16
54	107	1	1	42	19	19
55	108	1	1	33	29	29
56	109	1	1	45	23	21
57	110	2	2	82	0	0
58	111	1	2	43	14	15
59	112	2	2	66	14	0
60	113	1	2	46	12	22
61	114	2	1	39	20	20
62	OW	0	3	26	26	26
63	OZ	0	2	27	27	27
64	C	0	0	0	12	14
65	F	0	0	0	16	14
66	Z	0	0	0	18	18

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. 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) Przystanki krańcowe i węzłowe – 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 Charakterystyka taboru

Za obsługę linii komunikacyjnych odpowiedzialny jest zewnętrzny 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 ZTM w Kielcach. Szczegółowe zestawienie taboru zawierają tabele zamieszczone poniżej.

Tabela 2 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Kielcach – stan na 13.11.2018 r..

Lp.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
1.	Solaris Urbino 15	EURO 4	MEGA	15m	2007
2.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
3.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
4.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
5.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
6.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
7.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2010
8.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2012
9.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2012
10.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2012
11.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
12.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
13.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
14.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
15.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
16.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2013
17.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2007
18.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2007
19.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2007
20.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2014
21.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2014
22.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2008
23.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2008
24.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2008
25.	Solaris Urbino 18	EURO 5	MEGA	18m	2008
26.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2008
27.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2008
28.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2008
29.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2008
30.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2008
31.	Solaris Urbino 18	EURO 4	MEGA	18m	2005



L.p.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
32.	Laz A183D1	EURO 3	MAXI	12 m	2007
33.	Laz AX183D	EURO 3	MAXI	12 m	2008
34.	Laz AX183D	EURO 3	MAXI	12 m	2008
35.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2015
36.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2015
37.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2015
38.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2017
39.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2017
40.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2017
41.	TEMSA LF	EURO 6	MAXI	12 m	2017
42.	TEMSA LF 12	EURO 6	MAXI	12 m	2018
43.	TEMSA LF 12	EURO 6	MAXI	12 m	2018
44.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
45.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
46.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
47.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
48.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
49.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
50.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
51.	Solaris Urbino12V	EURO 2	MAXI	12m	2000
52.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
53.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
54.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
55.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
56.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
57.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
58.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2008
59.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2009
60.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2009
61.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2009
62.	Solaris Urbino12V W13	EURO 4	MAXI	12m	2009
63.	Solaris Urbino12 W13	EURO 5	MAXI	12m	2010
64.	Solaris Urbino12 W13	EURO 5	MAXI	12m	2010
65.	Solaris Urbino12 W13	EURO 5	MAXI	12m	2010
66.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
67.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
68.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
69.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012



L.p.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
70.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
71.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
72.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
73.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
74.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
75.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
76.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
77.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
78.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
79.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
80.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
81.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
82.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
83.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
84.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
85.	Solaris Urbino12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
86.	Solaris Urbino 12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
87.	Solaris Urbino 12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
88.	Solaris Urbino 12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
89.	Solaris Urbino 12 W50	EURO 5	MAXI	12m	2012
90.	Solaris Urbino 12 W9	EURO 4	MAXI	12m	2008
91.	Solaris Urbino 12 W9	EURO 4	MAXI	12m	2008
92.	Solaris Urbino 12 W9	EURO 4	MAXI	12m	2008
93.	Solaris Urbino 12 W9	EURO 4	MAXI	12m	2008
94.	Mercedes Conecto LF	EURO 5	MAXI	12 m	2011
95.	Mercedes Conecto LF	EURO 5	MAXI	12 m	2011
96.	Mercedes Conecto LF	EURO 5	MAXI	12 m	2011
97.	Mercedes Conecto LF	EURO 5	MAXI	12 m	2011
98.	Maz 203067	EURO 3	MAXI	12 m	2008
99.	Maz 203067	EURO 3	MAXI	12 m	2008
100.	Maz 203067	EURO 3	MAXI	12 m	2008
101.	Maz 203076	EURO 4	MAXI	12 m	2008
102.	Maz 203076	EURO 4	MAXI	12 m	2008
103.	Maz 203076	EURO 4	MAXI	12 m	2008
104.	Maz 203076	EURO 4	MAXI	12 m	2008
105.	Maz 203076	EURO 4	MAXI	12 m	2008
106.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2013
107.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2013



L.p.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
108.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2013
109.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2013
110.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2013
111.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2014
112.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2014
113.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
114.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
115.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
116.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
117.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
118.	Maz 203069	EURO 5	MAXI	12 m	2015
119.	Maz 206085	EURO 5	MIDI	8,8 m	2013
120.	Maz 206085	EURO 5	MIDI	8,8 m	2013
121.	Maz 2060 85B	EURO 5	MIDI	8,8 m	2013
122.	Maz 2060 85B	EURO 5	MIDI	8,8 m	2013
123.	Mercedes Benz 628	EURO 5	MIDI	10,5m	2013

Tabela 3 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Kielcach stanowiących zasób ZTM w Kielcach – stan na 13.11.2018 r..

L.p.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
1.	Solaris Urbino 10	EURO 5	Midi	10 m	2010
2.	Solaris Urbino 10	EURO 5	Midi	10 m	2010
3.	Solaris Urbino 10	EURO 5	Midi	10 m	2010
4.	Solaris Urbino 10	EURO 5	Midi	10 m	2010
5.	Solaris Urbino 10	EURO 5	Midi	10 m	2010
6.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
7.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
8.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
9.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
10.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
11.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
12.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
13.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
14.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
15.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
16.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
17.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
18.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Lp.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
19.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
20.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
21.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
22.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
23.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
24.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
25.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2009
26.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
27.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
28.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
29.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
30.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
31.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
32.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
33.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
34.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
35.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
36.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
37.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
38.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
39.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
40.	Solaris Urbino 12	EURO 5	Maxi	12 m	2010
41.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
42.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
43.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
44.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
45.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
46.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
47.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
48.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
49.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
50.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
51.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
52.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
53.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
54.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
55.	Solaris Urbino 12 Hybrid	EURO 6	Maxi	12 m	2017
56.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017



Lp.	Marka	Emisja spalin	Rodzaj (MEGA,MAXI,MIDI)	Długość pojazdu	Rok produkcji
57.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
58.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
59.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
60.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
61.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
62.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
63.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
64.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017
65.	Solaris Urbino 18 Hybrid	EURO 6	Mega	18 m	2017

Zgodnie z zamieszczonymi powyżej tabelami, łączny wykorzystywany w przewozach tabor liczy 188 pojazdów z czego:

- 123 pojazdy stanowi zasób MPK w Kielcach,
- 65 pojazdy stanowią zasób ZTM w Kielcach.



Ad. 2 Przystanki węzłowe i końcowe

Na analizowanym obszarze transportowym dla 66 linii autobusowych dziennych wyróżnić można 74 przystanki krańcowe/początkowe. Najwięcej linii kończy, bądź rozpoczyna bieg na przystanku Osiedle Ślichowice (14 linii), Bukówka (10 linii) oraz Osiedle Świętokrzyskie (8 linii) 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. W rejonie przystanku przy ul. Kaczmarka/Krakowska (13 linii), zlokalizowany jest wyłącznie pas postojowy dla autobusów, przy którym nie ma możliwości montażu pantografowej stacji ładowania.

Tabela 4 Zestawienie przystanków krańcowych

Lp.	Nazwa Przystanku	Ilość obsługiwanych linii	Linie
1	os. Ślichowice	14	C, N1, 3, 8, 15, 23, 27, 29, 45, 46, 47, 102, 105, 108
2	Kaczmarka/ Krakowska	13	T, 7, 11, 12, 14, 17, 18, 24, 31, 32, 37, 43, 55
3	Bukówka	10	1, 3, 11, 25, 33, 34, 41, 104, 108, 112
4	os. Świętokrzyskie	8	N1, F, 39, 46, 102, 107, 112, 113
5	Sikorskiego	6	30, 35, 39, 104, 105, 107
6	Kolberga	6	2, 5, 21, 23, 38, 40
7	Ściegiennego Weterynaria	6	2, 27, 29, 30, 40, 45
8	os. Sieje	5	15, 33, 103, 104, 111
9	os. Dąbrowa	5	15, 33, 103, 104, 111
10	Malików pętla	5	3, 25, 54, 102, 112
11	Szajnowicza-Iwanowa/ Puscha	5	9, 10, 54, 102, 109
12	Zagórska	5	8, 19, 21, 28, 37
13	Cedzyna cmentarz	5	C, F, Z, 10, 106
14	Targi Kielce	4	3, 25, 36, 110
15	Cedzyna zalew	4	10, 14, 47, 106
16	Artwińskiego szpital	4	36, 38, 50, 51
17	Ołowiana	4	13, 108, 110, Z
18	Chorzowska	4	2, 19, 27, 29
19	Olszewskiego	3	54, 110, 112
20	Żniwna	3	13, 55, 114
21	Świętokrzyska UJK	3	13, 55, 114
22	Częstochowska	3	44, 53, 106



Lp.	Nazwa Przystanku	Ilość obsługiwanych linii	Linie
23	Urząd Miasta	3	0Z, 0W, 103
24	Zagórze	3	8, 21, 109
25	Kusocińskiego szpital	3	44, 108, 113
26	os. Kochanowskiego	3	34, 54, 113
27	al. Na Stadion	3	4, 103, 107
28	Suków Babie	3	11, 33, 40
29	Zagnańska Areszt	2	4, 23
30	Ciekoty zalew	2	10, 38
31	Szybowcowa	2	5, 111
32	Krajno Zagórze	2	41, 47
33	Mąchocice Kapitulne	2	10, 38
34	Kruszelnickiego pętla	2	36, 102
35	Piekoszów gimnazjum	2	18, 28
36	Piekoszowska pętla	2	18, 114
37	Zalesie Gaj	2	28, 39
38	Posłowice	2	2, 40
39	Kalinowa	2	30, 40
40	Samsonów	1	32
41	Zagnańsk szkoła	1	7
42	Barcza pętla	1	12
43	Ćmińsk	1	9
44	Kajetanów pętla	1	7
45	Podwiśniówka	1	12
46	Hubalczyków/ Gruchawka	1	17
47	Wola Kopcowa pętla	1	38
48	Żelaznogórska	1	6
49	Krajno	1	47
50	Bat. Chłopskich pętla	1	37
51	Łosień pętla	1	28
52	Długa	1	44
53	Morcinka/ działki	1	53
54	Micigózd/ Leśna	1	18
55	Brynica szkoła	1	24



Lp.	Nazwa Przystanku	Ilość obsługiwanych linii	Linie
56	Pietraszki	1	6
57	Jaworznia szkoła	1	28
58	Dobromyśl	1	1
59	Skorzeszyce pętla	1	43
60	Zalesie	1	111
61	Mójcza	1	8
62	Wrzosowa pętla	1	34
63	Zawada	1	19
64	Niestachów pętla	1	14
65	Chęciny cmentarz	1	31
66	Klecka	1	1
67	Daleszyce rynek	1	11
68	Bolechowice	1	19
69	Sukowska	1	40
70	Brzeziny pętla	1	45
71	Młynek Brudzowski	1	45
72	Radomice II	1	45
73	Tokarnia	1	T
74	Obice	1	45



IV. MOŻLIWE SCENARIUSZE INWESTYCYJNE

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

- 1) energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych,
- 2) 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);

Zasadniczo zamierzeniem ustawodawcy jest dążenie do zwiększenia udziału pojazdów zeroemisyjnych w miejskich taborach autobusowych, jednakże mając na uwadze wysokie koszty takiej transformacji i podjęte już przez liczne samorzady inwestycje z zakresu zakupu autobusów napędzanych gazem ziemnym, dopuszczono do udziału w miksie taborowym, pojazdy napędzane gazem CNG oraz LNG.

Spełniając wymogi Ustawy, w ramach analizy odniesiono się zatem do możliwości modernizacji aktualnej floty pojazdami uznawanymi za spełniające wymogi art. 35-36 Ustawy o elektromobilności. Analizowane warianty inwestycyjne przedstawiają się zatem 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 zasilany energią elektryczną** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem elektrycznym, dla których zasilanie zapewniają pokładowe magazyny bateryjne.



- 3) **Wariant II – tabor zasilony sprężonym gazem ziemnym (CNG)** - wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym.
- 4) **Wariant III – tabor zasilany paliwem wodorowym** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem wodorowym.

W każdym z analizowanych wariantów aktualna flota przewozowa zostałaby uzupełniona o autobusy w zakresie spełniającym limity wymagane Ustawą, a więc zgodnie z tabelą:

Tabela 5 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Planowany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Łączny stan taboru	Ilość pojazdów zeroemisyjnych
1 stycznia 2018	0%	0,0%	188	0
1 stycznia 2021	5%	5,3%	188	10
1 stycznia 2023	10%	10,6%	188	20
1 stycznia 2025	20%	21,2%	188	40
1 stycznia 2028	30%	31,9%	188	60

Przedstawione powyżej warianty poddano analizie w następujących ujęciach:

- kryterium techniczne – odpowiadające na pytanie, czy wariant jest technicznie możliwy do realizacji i wdrożenia w systemie komunikacyjnym miasta Kielce. Na etapie tym warianty nie są oceniane pod względem finansowym, a badana jest ich wykonalność w horyzoncie czasowym Analizy.
- kryterium finansowe – oceniające zasadność finansową analizowanych wariantów z perspektywy całkowitych kosztów inwestycyjnych oraz eksploatacyjnych w przyjętym okresie żywotności pojazdów.
- kryterium środowiskowe – porównujące skutki ekologiczne poszczególnych wariantów w odniesieniu do emisji zanieczyszczeń, pyłów oraz emisji dwutlenku węgla.
- kryterium społeczne – poddające ocenie skutki inwestycji z perspektywy społecznej - mieszkańców oraz użytkowników komunikacji. W szczególności w zakresie obciążenia hałasem związanym z przemieszczaniem się pojazdów komunikacji miejskiej oraz emisji zanieczyszczeń.

Kryterium techniczne ma charakter rozstrzygający tj. w przypadku braku możliwości technicznej realizacji analizowanego wariantu, dalszej analizy nie przeprowadza się z uwagi na jej bezcelowość – dla inwestycji, która nie jest technicznie możliwa nie jest możliwe oszacowanie kosztów, bądź efektów jej realizacji. Pozostałe kryteria mają charakter ocenny, co oznacza, że ostateczna rekomendacja jest wypadkową wszystkich analizowanych kryteriów, a nie wyłącznie jednego wybranego czynnika – czy to ekonomicznego, czy środowiskowego.



V. ANALIZA TECHNICZNA

Dokonując oceny wytypowanych wariantów inwestycyjnych z perspektywy technicznej, uwzględniono następujące uwarunkowania:

- 1) Aktualny stan wiedzy oraz dostępne na rynku rozwiązania techniczne
- 2) Uwarunkowania lokalne

Ad. 1 Dostępne rozwiązania techniczne

Wariant bazowy opracowania to wymiana obecnych autobusów na nowe pojazdy o napędzie konwencjonalnym (silnik wysokoprężny zasilany olejem napędowym) spełniające normę spalin EURO 6. Wariant ten stanowi punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. Norma EURO 6 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). Norma EURO 6 limituje wartość emisji tlenków azotu, tlenku węgla, węglowodorów oraz cząstek stałych

Średnie spalanie autobusu klasy maxi w normie EURO 6 w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie 33-34 l/100km, natomiast autobusu klasy mega 40-45 l/100km⁸. Przy cenie 5,25 zł/litr oleju napędowego, koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy maxi wynosi 178,50 zł, a autobusem klasy mega 236,25 zł. Przy standardowym zbiorniku paliwa o pojemności 250 l zasięg autobusu może kształtować się na poziomie do 750 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 komercyjnych stacji paliw oraz stacji paliw znajdującej się na terenie zajezdni MPK w Kielcach, przy ul. Jagiellońskiej 92.

Pierwszym wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego energią elektryczną z baterii akumulatorów. 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, tym samym ich zakup nie może być przewidziany w ramach analizy.

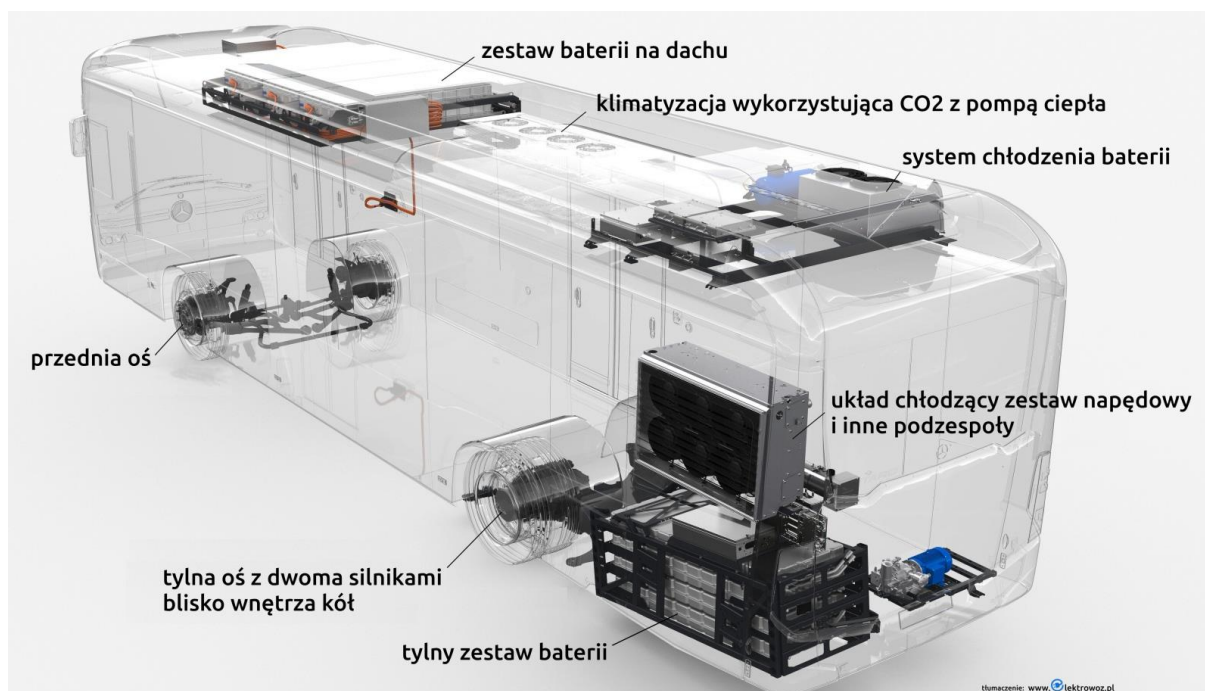
Autobusy z napędem elektrycznym charakteryzują się niskim poziomem hałasu, drgań i brakiem emisji spalin, tym samym zyskując dużą popularność zarówno w krajach europejskich jak i w Polsce.

⁸<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>



Autobusy elektryczne obsługują linie komunikacyjne m.in. na terenie Krakowa, Warszawy, Jaworzna czy Ostrołęki⁹. Tym samym dostępne są już liczne dane, wynikające z faktycznej eksploatacji pojazdów w zróżnicowanych warunkach.

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. Dostępne na rynku rozwiązania techniczne pozwalają na zmagazynowanie (przy pełnym naładowaniu) od 200 do 250 kWh. Jak wskazują dane zebrane przez Miejskie Zakłady Autobusowe Sp. z o.o. w Warszawie, zużycie energii w eksploatacji na trakturę wynosi 1,03 kWh/km¹⁰, uwzględniając jednakże wykorzystanie energii na zasilanie pozostałych podzespołów (w szczególności klimatyzacji i ogrzewania) faktyczne zużycie energii w autobusach elektrycznych klasy maxi wynosi 1,35 kWh/km¹¹, co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,65 zł daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) 87,75 zł/100 km. Realny zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii szacować należy na 150 km.



Rysunek 3 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: <https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg>

⁹<https://kurierkolejowy.eu/aktualnosci/31984/autobusy-elektryczne-wkraczaja-do-polskich-miast.html>

¹⁰http://www.miastoitransport.il.pw.edu.pl/4_MIT2016.pdf

¹¹ http://samochodyelektryczne.org/mza_podsumowuje_pierwsze_dwa_miesiace_uzytkownia_floty_a_utobusow_elektrycznych.htm



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 trzy 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 pętach 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 i nie znalazł jak dotąd zastosowania w warunkach polskich;

Czas ładowania pojazdów elektrycznych uzależniony jest od mocy stacji ładowania która powinna wynosić od 22 kW dla systemów ładowania nocnego (z czasem pełnego ładowania wynoszącym ok. 8- 10 h) oraz od 200 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 czasu postoju autobusów na przystankach końcowych lub pętach.

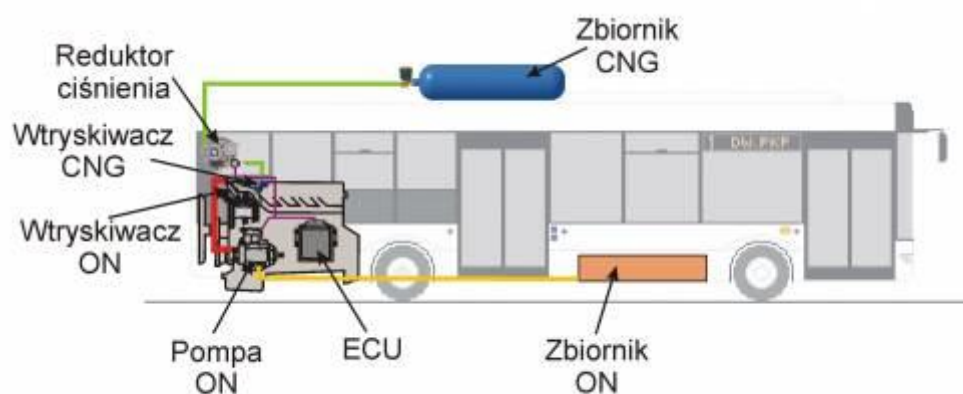


Rysunek 4 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg

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 konieczna budowa stacji transformatorowej. W przypadku takiej konieczności, łączną inwestycję w stację ładowania pantografowego należy szacować na 1 mln zł. Trwają również prace nad rozwinięciem technologii PowerSwap, która na pętach 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 trafiły by do stacji ładowania¹². 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 po sześciu latach eksploatacji uwzględnić należy wymianę zużytych baterii, co stanowi dodatkowy koszt 600 000 zł¹³. Koszt zakupu samego autobusu klasy maxi to ok. 2,5 mln zł.

Drugim wariantem alternatywnym jest zakup autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG). Wartość energetyczna 1 m³ CNG jest porównywalna z 1 litrem benzyny, co oznacza że CNG może być wykorzystywane jako wysokooktanowe paliwo w silnikach spalinowych, bądź w układzie hybrydowym (modyfikacja istniejącego w pojeździe silnika spalinowego) bądź jako dedykowana jednostka napędowa.



Rysunek 5 Autobus z napędem hybrydowym ON i CNG, źródło: <https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wspolpraca-z-gazem-w-tle,wiadomosc,374.htm>

¹²<http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

¹³<https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mpk-tarnow-przetestowalo-elektrobus-i-wyliczawy-takiego-pojazdu-59229.html>

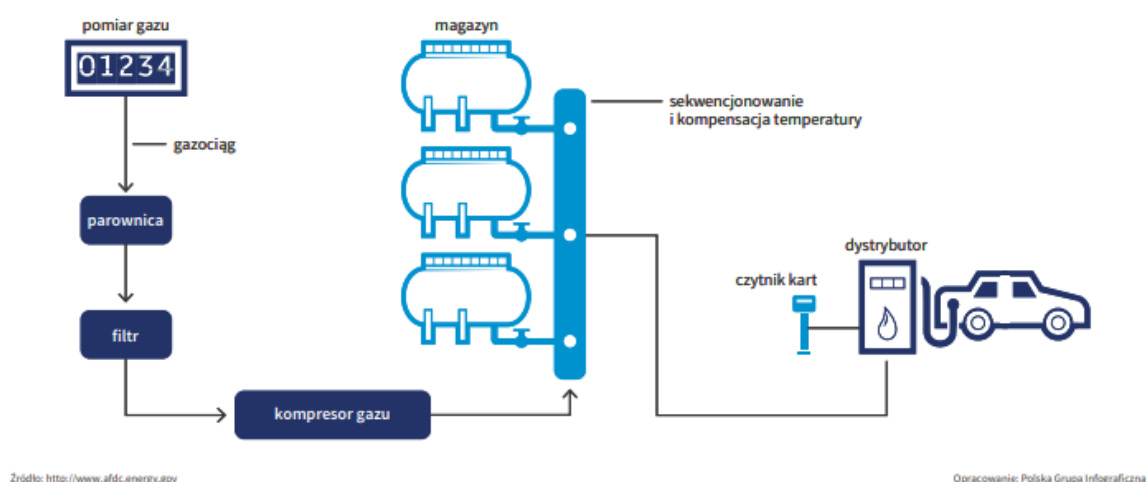


Sprężanie gazu ziemnego w stacji tankowania odbywa się za pomocą wielostopniowych sprężarek do ciśnienia 20-25 MPa. Gaz może być dostarczany do nich za pomocą tradycyjnych sieci dystrybucji surowca, co minimalizuje koszty logistyki (paliwo nie musi być dostarczane do stacji cysternami) i magazynowania (dzięki stałemu podłączeniu do sieci gazowej nie jest konieczna budowa dużych magazynów paliwa bezpośrednio na stacji tankowania).

CNG jest niskoemisyjnym paliwem, które stanowi alternatywę dla konwencjonalnych paliw Samochodowych. (m.in. z uwagi na zwolnienie z akcyzy - wyraźnie tańszym od oleju napędowego).

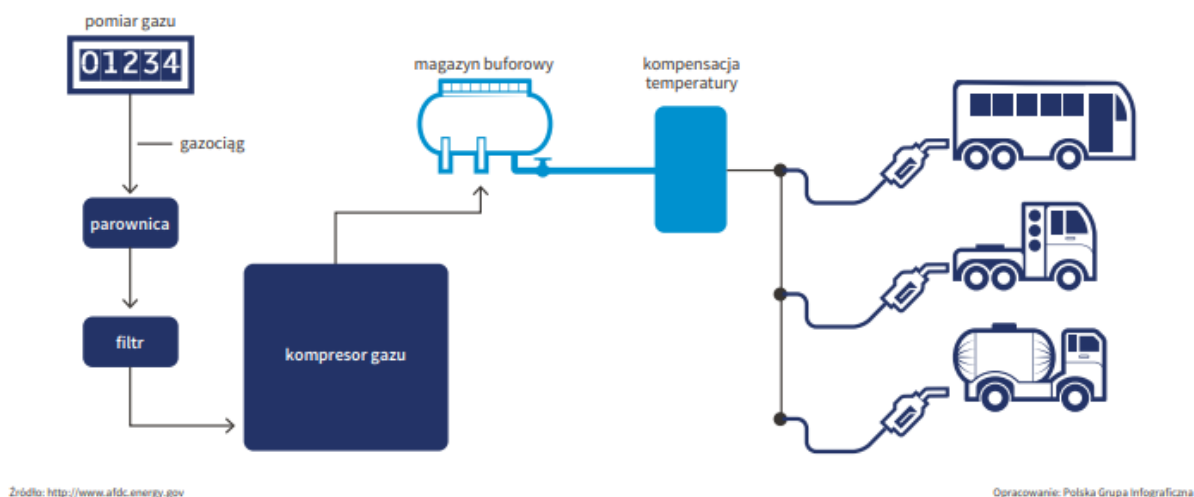
Wadą zastosowania CNG jest relatywnie długi czas tankowania zajmujący nawet do kilku godzin w stacji wolnego ładowania. W stacji szybkiego ładowania, kluczową rolę pełni kompresor gazu podnoszący ciśnienie gazu, w przedziale 20–35MPa. Wpływ na wydajność danego modelu kompresora ma model silnika napędowego i ciśnienie zasilania. Kompresor napędzany silnikiem o mocy 37kW przy ciśnieniu zasilania 0,02 Mpa może osiągnąć wydajność wtłaczania gazu na poziomie 75Nm³/h, a napędzany silnikiem 75kW przy tym samym ciśnieniu zasilania osiąga wydajność 193 Nm³/h. Przy zwiększonym ciśnieniu zasilania z 0,02 Mpa do 0,1 Mpa, możliwe jest zwiększenie wydajności wtłaczania gazu do 283 Nm³/h gazu.

Standardowe zbiorniki gazu w autobusach posiadają pojemność 250-320 Nm³. Tym samym w przypadku stacji szybkiego tankowania CNG, czas całkowitego napełnienia zbiornika gazu wynosiłby do 60 minut. Realnie jednak sytuacja w której zbiornik gazu przed przystąpieniem do procesu tankowania byłby całkowicie opróżniony jest w zasadzie niespotykana.



Rysunek 6 Schemat "wolnej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov





Zródło: <http://www.afdc.energy.gov>

Opracowanie: Polska Grupa Infograficzna

Rysunek 7 Schemat "szybkiej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov

Z uwagi, na podobną wartość energetyczną 1 l oleju napędowego oraz 1 Nm³ gazu ziemnego, spalanie pojazdów zasilanych ON i CNG, kształtuje się na tożsamym poziomie. Zatem średnie spalanie autobusu klasy maxi w normie EURO 6, w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie 33-34 Nm³/100km, natomiast autobusu klasy mega 40-45 Nm³/100km¹⁴. Aktualna cena gazu ziemnego na stacjach PGNiG wynosi 3,90 zł¹⁵. Cena ta uwzględnia jednak akcyzę, które zwolnienie przewiduje przyjęta 1 czerwca 2018 r. nowelizacja o podatku akcyzowym¹⁶. Warunkiem wejścia zwolnienia w życie jest pozytywna notyfikacja zmian przez Komisję Europejską. Przed obłożeniem CNG podatkiem akcyzowym, cena gazu kształtowała się na poziomie parytetu cenowego wynoszącego 55% rynkowej ceny oleju napędowego. Przy cenie 5,25 zł/litr oleju napędowego, oznacza to, że można założyć przyszły koszt CNG na poziomie 2,90 zł/ Nm³. Zatem koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy maxi wynosiłby 98,60 zł, a autobusem klasy mega 130,50 zł. Przy standardowym zbiorniku paliwa o pojemności 250 Nm³ zasięg autobusu może kształtować się na poziomie do 750 km.

Trzecim wariantem alternatywnym jest wybór taboru napędzanego paliwem wodorowym. Choć na dzień sporządzania analizy na polskich drogach (za 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,

¹⁴<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>

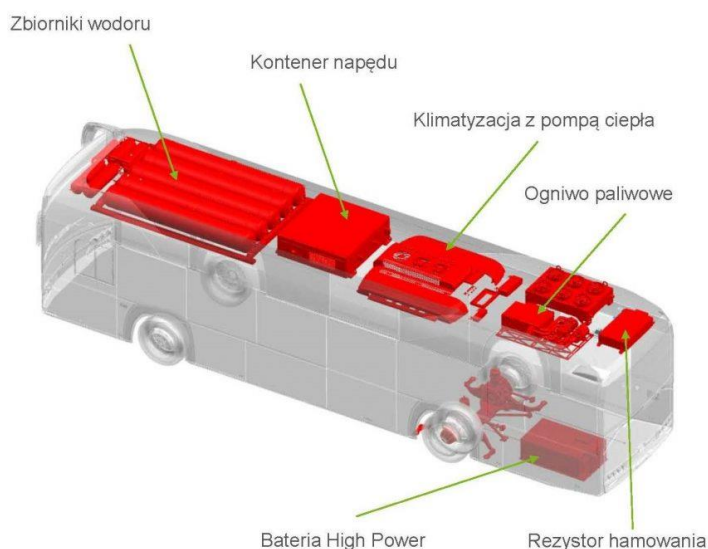
¹⁵ <http://pgnig.pl/cng/cennik-cng>

¹⁶ <https://cng.auto.pl/15554/zerowa-stawka-akczyzy-na-gaz-ziemny-cng-i-Ing-od-1-czerwca-2018-r/>



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 marki¹⁷. Plan wdrożenia do produkcji autobusów wodorowych ogłosili również polscy producenci – Ursus (model Ursus City Smile CS12H) oraz Solaris (model Solaris Urbino 12 Hydrogen). Oba w klasie maxi, 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.



Rysunek 8 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. W przypadku wprowadzenia autobusów wodorowych do komunikacji miejskiej, konieczne byłoby przeprowadzenie inwestycji nie tylko w sam tabor, ale również w stację tankowania wodoru oraz kontraktację samego paliwa od zewnętrznych dostawców.

Koszt budowy stacji tankowania wodoru, uzależniony jest od jej pojemności i wydajności. Jak wskazuje analiza przeprowadzona przez instytut NREL (National Renewable Energy Laboratory) pn. Hydrogen Refueling Infrastructure Cost Analysis, koszt budowy stacji tankowania wodoru wynosi ok. 3 370 \$ na kilogram dziennej przepustowości. Przyjmując dzienny przebieg pojazdu na poziomie maksymalnie 300 km oraz zużycie wodoru zgodne z danymi producentów wynoszące 8 kg/100 km, zużycie paliwa przez jeden autobus wynosi potencjalnie 24 kg wodoru/dobę. Zestawienie szacowanego zużycia wodoru, dla poszczególnej ilości pojazdów zeroemisyjnych przedstawiono w tabeli zamieszczonej poniżej.

¹⁷ http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html



Tabela 6 Dienne szacowane zużycie wodoru

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych w flocie	ilość pojazdów zeroemisyjnych	Dzienne zużycie paliwa [kg wodoru]
1 stycznia 2018	0%	0	0
1 stycznia 2021	5%	10	240
1 stycznia 2023	10%	20	480
1 stycznia 2025	20%	40	960
1 stycznia 2028	30%	60	1440

Tabela wskazuje, iż docelowa dzienna przepustowość stacji tankowania wodorem powinna wynosić 1440 kg, a zatem koszt budowy stacji ładowania, zgodnie z założeniem przedstawionym powyżej i kursie dolara wynoszącym 3,75 zł/1 \$ wynosiłby ok. 18 mln zł. Koszt kontraktacji paliwa, przy obecnych danych odnośnie kosztu produkcji wodoru szacuje się na 2,30\$/kg wodoru tj. ok 8,60 zł/kg wodoru¹⁸. Koszt przejechania 100 km autobusem wodorowym (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) wynosiłby zatem 68,9 zł, podczas gdy sam koszt zakupu autobusu wodorowego klasy maxi szacować można na kwotę ok. 2,8 mln zł (ok 650 tys. Euro)¹⁹.

Specyfika systemu komunikacji miejskiej w Kielcach, determinuje jednak, że nie każdy wskazany wariant może zostać wdrożony równie skutecznie.

Ad. 2 Uwarunkowania lokalne

MPK w Kielcach, posiada zajezdnię autobusową zlokalizowaną w Kielcach przy ul. Jagiellońskiej 92, wyposażonej w zaplecze warsztatowe oraz stację paliw. Aktualnie MPK w Kielcach pełni rolę operatora na wszystkich liniach dla których organizatorem przewozów jest ZTM w Kielcach.

Ma to szczególnie istotne znaczenie z perspektywy analizowanych wariantów alternatywnych: gazowego, wodorowego oraz elektrycznego, w których oprócz zakupu autobusów konieczne jest stworzenie odpowiedniej infrastruktury ładowania/tankowania.

Dla wariantu zakupu autobusów elektrycznych, montaż stacji nocnego ładowania możliwy jest na terenie zajezdni przy ul. Jagiellońskiej. Dla każdego z autobusów elektrycznych, należałoby przewidzieć odrębne gniazdo ładowania, celem równoczesnego ładowania wszystkich pojazdów w godzinach nocnego postoju. Z uwagi jednak na ograniczony zasięg autobusów, konieczne jest uzupełnienie

¹⁸ http://ieahydrogen.org/pdfs/Global-Outlook-and-Trends-for-Hydrogen_Dec2017_WEB.aspx

¹⁹ <https://www.fuelcellbuses.eu/sites/default/files/Ballard%20-%20fuel%20cell%20electric%20buses.pdf>



systemu ładowania nocnego, pantografowymi stacjami ładowania. Potencjalną lokalizacją, zgodnie z analizą przeprowadzoną w rozdziale III, stanowią przystanki węzłowe, w szczególności mini dworce komunikacji miejskiej zlokalizowane na Osiedlu Świętokrzyskim oraz Osiedlu Ślichowice oraz zmodernizowana pętla autobusowa przy. Ul. Sikorskiego.



Rysunek 9 Mini dworzec komunikacji miejskiej - Osiedle świętokrzyskie



Rysunek 10 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu - Osiedle świętokrzyskie



Rysunek 11 Mini dworzec komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice



Rysunek 12 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice



Rysunek 13 Pętla autobusowa przy ul. Sikorskiego



Rysunek 14 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej - ul. Sikorskiego



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

- 1) Pętla autobusowa w okolicach przystanku Targi Kielce;
- 2) Pętla autobusowa w okolicach przystanku Bukówka;
- 3) Pętla autobusowa w okolicach przystanku przy ul. Kolberga;

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 m², 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.

Informacja o ilości gniazd ładowania na terenie zajezdni autobusowej oraz stanowisk ładowania pantografowego, niezbędnych dla obsługi zmodernizowanego taboru wskazano w tabeli. Jedno stanowisko pantografowe może zapewnić obsługę 20 autobusów.

Tabela 7 Wymagane ilości gniazd wolnego ładowania oraz stacji pantografowych

Termin	Łączna ilość pojazdów elektrycznych	Ilość gniazd wolnego – nocnego ładowania	Ilość stanowisk pantografowych
1 stycznia 2018	0	0	0
1 stycznia 2021	10	10	2
1 stycznia 2023	20	20	2
1 stycznia 2025	40	40	2
1 stycznia 2028	60	60	3

W przypadku drugiego wariantu alternatywnego, zasięg autobusów napędzanych paliwem CNG, porównywalny jest z zasięgiem autobusów z napędem konwencjonalnym, tym samym uzupełniające tankowanie pojazdów w czasie pracy przewozowej, nie jest konieczne. Jedynym ograniczeniem w stosunku do pojazdów spalających olej napędowy jest czas wtłaczania gazu do zbiorników. Standardowe zbiorniki gazu w autobusach posiadają pojemność od 250 Nm³ (dla autobusów klasy maxi) do 320 Nm³ (dla autobusów klasy mega) i w przypadku stacji wolnego ładowania, czas tankowania pustego zbiornika może trwać nawet kilka godzin (stacje wolnego ładowania posiadają wydajność tłoczenia gazu wynoszącą od 3,4 Nm³/h do 60 Nm³/h). Dodatkowo na terenie miasta Kielce, na dzień sporządzania analizy nie istnieje czynna stacja tankowania CNG. Dla realizacji modernizacji taboru autobusowego w tym zakresie, konieczne jest zatem wyposażenie zajezdni autobusowej przy ul. Jagiellońskiej w stację dystrybucyjną. Budowa własnej stacji CNG z dwustanowiskowym dystrybutorem szybkiego tankowania oraz dodatkowymi stanowiskami wolnego



ładowania to wydatek rzędu 2-3,5 mln zł²⁰. Ze stacji tankowania CNG, korzystać mogą jednak nie tylko miejskie autobusy ale również użytkownicy prywatni – właściciele samochodów osobowych oraz dostawczych zasilanych CNG - w przeciwieństwie do stacji pantografowych, z których mogą korzystać wyłącznie autobusy elektryczne. Ponadto niski koszt paliwa w porównaniu do ceny oleju napędowego, zachęca do rozwoju transportu opartego o gazowe źródła energii, a tym samym rozbudowy komercyjnej sieci stacji CNG.

W tym miejscu istotnie wypada nadmienić o porozumieniu zawartym w formie listu intencyjnego między MPK w Kielcach, a przedsiębiorstwem PGNiG Obrót Detaliczny, w przypadku realizacji którego koszty inwestycyjne związane z budową infrastruktury tankowania autobusów energetycznych poniósłby inwestor zewnętrzny tj. przedsiębiorstwo PGNiG Obrót Detaliczny²¹.



*Rysunek 15 Kompresory oraz magazyny buforowe stacji CNG,
źródło:<http://cngcenter.com/services/cng-station-installation/cngfillstation/>*

W przypadku trzeciego wariantu alternatywnego, na potrzeby zasilania autobusów wodorowych konieczna byłaby budowa stacji tankowania pojazdów wodorowych, wyposażona w agregaty tankujące ciśnieniowe zbiorniki gazu (wodór w przeciwieństwie do gazu ziemnego do stacji tankowania jest przywożony przystosowanymi do tego przewozu cysternami).

²⁰ https://afdc.energy.gov/files/u/publication/cng_infrastructure_costs.pdf

²¹ <http://targikielce.pl/index.php/pl/aktualnosc,1,pgnig-i-mpk-podpisalo-list-intencyjny-podczas-transexpo,26650.htm>



Budowa stacji ładowania pojazdów wodorowych, w warunkach polskich jest przedsięwzięciem nie tylko znaczącym (z uwagi na koszt, szacowany na kwotę 18 mln zł), ale również pionierskim – na terenie kraju nie funkcjonuje na dzień sporządzania analizy żadna stacja dystrybucyjna umożliwiająca tankowanie pojazdów wodorowych. Potencjalną lokalizacją dla stacji tankowania wodoru, podobnie jak w przypadku stacji CNG, mogłaby być zajezdnia autobusowa przy ul. Jagiellońskiej, przed przystąpieniem do realizacji inwestycji konieczne jednak byłoby zweryfikowanie w formie studium wykonalności:

- 1) Możliwości wyznaczenia i zabezpieczenia stref zagrożenia wybuchem na terenie zajezdni;
- 2) Dostępności sprawdzonych na rynku rozwiązań technologicznych;



Rysunek 16 Stanowisko tankowania wodoru w miejscowości Lesce w Słowenii,

źródło: <https://fuelcellworks.com/archives/2013/09/12/petrol-opens-first-hydrogen-filling-station-in-slovenia/>

Choć polscy producenci autobusów zapowiadają wdrożenie do produkcji pierwszych modeli z napędem wodorowym²², a technologia budowy samych stacji funkcjonuje choć nie w Polsce, to na terenie Unii Europejskiej, to jednak podstawową przeszkodą dla zakupu autobusów z napędem wodorowym, jest brak możliwości zakupu na terenie kraju paliwa wodorowego na cele transportowe.

²² <https://forsal.pl/artykuly/1142863,autobus-wodorowy-od-solarisa-w-2019-roku-premiera-pojazdu-nowej-generacji.html>



Na dzień sporządzania analizy nie znaleziono żadnych podmiotów zajmujących się sprzedażą, dystrybucją czy transportem wodoru na terenie kraju. Tym samym budowa własnej stacji tankowania wodoru nie rozwiązuje podstawowego problemu technicznego jakim jest zakup samego paliwa.

Wynik analizy technicznej

Przeprowadzona analiza techniczna wskazuje, że w przypadku inwestycji w tabor zeroemisyjny, oprócz nakładów związanych z zakupem samych autobusów, konieczne będzie podjęcie nakładów infrastrukturalnych związanych z budową stacji ładowania/tankowania pojazdów.

Na terenie miasta zidentyfikowano lokalizacje które mogłyby zostać przeznaczone na stację tankowania CNG, bądź pantografowe stacje ładowania pojazdów elektrycznych. W przypadku jednak wariantu zakupu autobusów zasilanych paliwem wodorowym brak technicznych możliwości zakupu paliwa, a tym samym świadczenia usług przewozowych taborom napędzanym paliwem wodorowym.

Dalszą analizę przeprowadzono zatem wyłącznie jako porównanie wariantu bazowego (eksploatacja autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO 6, bez nakładów infrastrukturalnych) oraz wariantu alternatywnego I (eksploatacja autobusów o napędzie elektrycznym, wraz z nakładami infrastrukturalnymi na budowę pantografowych stacji ładowania) oraz wariantu alternatywnego II (eksploatacja autobusów zasilanych CNG, z założeniem budowy stacji CNG przez i ze środków podmiotu zewnętrznego). Analizę wariantu III – zasilania autobusów paliwem wodorowym, zakończono na etapie analizy technicznej, stwierdzając, iż wdrożenie go w obecnym stanie rozwoju rynku oraz dostępnych rozwiązań technologicznych w przypadku miasta Kielce nie jest możliwe.



VI. ANALIZA FINANSOWA

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. 35 Ustawy, terminy osiągnięcia ustawowych progów udziału pojazdów zeroemisyjnych w całkowitej badanej flocie autobusowej ustalono dla następujących terminów:

- 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 2019-2027), natomiast okres odniesienia (trwałości inwestycji) na okres piętnastoletni, licząc od roku rozpoczęcia inwestycji tj. (lata 2020-2034).

Stosowane założenia stanowią odzwierciedlenie prognoz makroekonomicznych oraz analiz branżowych.

Dane źródłowe wykorzystane w obliczeniach pochodzą zarówno z opracowań branżowych, jak i źródeł własnych: analizy rynku oraz zachodzących na nim zjawisk.

Koszty eksploatacji i utrzymania przyjęto na bazie aktualnie posiadanej wiedzy technicznej autorów niniejszej analizy i opracowań branżowych. W analizie uwzględniono również konieczność ponoszenia nakładów odtworzeniowych związanych z okresową wymianą baterii w autobusach elektrycznych.

Analizę sporządzono w cenach stałych, według roku bazowego – bez uwzględnienia wpływu inflacji. Koszty serwisowe szacowano w oparciu o dane MPK Tarnów, które określiło uśredniony w czasie koszt serwisowy w przypadku autobusu na olej napędowy na poziomie 0,26 PLN/km, CNG 0,28 PLN/km oraz elektrobusu 0,13 PLN/km²³.

²³http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/06/Paliwa_alternatywne_w_komunikacji_miejskiej_PSPA_PKPA.pdf



Analizie poddano następujące warianty:

- 1) Wariant bazowy – zakup i eksploatacja autobusów z napędem konwencjonalnym w klasie maxi;
- 2) Wariant alternatywny I – zakup i eksploatacja autobusów z napędem elektrycznym wraz z niezbędną infrastrukturą – pantografowymi stacjami ładowania oraz gniazdami wolnego ładowania zlokalizowanymi na terenie zajezdni autobusowej;
- 3) Wariant alternatywny II - zakup i eksploatacja autobusów zasilanych CNG wraz z niezbędną infrastrukturą – stacją tankowania CNG, której koszty zgodnie z zawartym przez MPK w Kielcach porozumieniem intencyjnym, pokryte zostaną jednak przez podmiot zewnętrzny.

Na tabor wykorzystywany w realizacji przewozów komunikacyjnych na terenie miasta wykorzystywane jest łącznie 188 autobusów. Przyjmując wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie autobusowej na przestrzeni poszczególnych lat, przyjęto plan wydatków inwestycyjny zgodnie z tabelą:

Tabela 8 Plan inwestycyjny

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Planowany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Łączny stan taboru	Ilość pojazdów zeroemisyjnych
1 stycznia 2018	0%	0,0%	188	0
1 stycznia 2021	5%	5,3%	188	10
1 stycznia 2023	10%	10,6%	188	20
1 stycznia 2025	20%	21,2%	188	40
1 stycznia 2028	30%	31,9%	188	60

Nakłady inwestycyjne

Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy

Wydatek	Cena jednostkowa	ilość	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie konwencjonalnym	1 000 000,00 zł	60	60 000 000,00 zł

Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I

Wydatek	Cena jednostkowa	ilość	Wydatki łącznie
Autobus o napędzie elektrycznym	2 500 000,00 zł	60	150 000 000,00 zł
Gniazda wolnego ładowania	20 000,00 zł	60	1 200 000,00 zł
Pantografowa stacja ładowania	1 000 000,00 zł	2	2 000 000,00 zł
		SUMA	153 200 000,00 zł

Tabela 11 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II

Wydatek	Cena jednostkowa	ilość	Wydatki łącznie
Autobus zasilany CNG	1 250 000,00 zł	60	75 000 000,00 zł



Koszty operacyjne

W analizie wydatków związanych z eksploatacją zakupionych pojazdów uwzględniono koszty zużycia paliwa/energii oraz wydatki utrzymaniowymi (przebiegi, naprawy). Dodatkowo w przypadku pojazdów elektrycznych uwzględniono wymianę baterii po sześciu latach eksploatacji.

Tabela 12 Koszty operacyjne - założenia

Pozycja	Wariant bazowy - autobus z napędem konwencjonalnym	Wariant alternatywny - autobus elektryczny	Wariant alternatywny - autobus CNG
Przebieg [km/rok]	70 000,00	70 000,00	70 000,00
Zużycie paliwa/energii [l/100km lub kWh/100km]	34,00	135,00	34,00
Jednostkowa cena paliwa/energii [zł/l lub zł/kWh]	5,25 zł	0,65 zł	2,90 zł
Koszty serwisowe [zł/km]	0,26 zł	0,13 zł	0,28 zł
Wymiana baterii [zł]	n/d	600 000,00 zł	n/d

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

Wartość średniego przebiegu wynosząca 70 000 km/rok odpowiada średniej aktualnej pracy przewozowej wykonywanej w ciągu roku przez autobus na terenie miasta Kielce.

Zgodnie z zestawieniem koszt przejechania 1 km, w zakresie kosztów wyłącznie paliwa wynosi:

- 1) 1,79 zł/km dla autobusu konwencjonalnego
- 2) 0,88 zł/km dla autobusu z napędem elektrycznym
- 3) 0,99 zł/km dla autobusu zasilanym CNG

Uwzględniając koszty eksploatacji, wskaźniki te przedstawiają się następująco

- 1) 2,05 zł/km dla autobusu konwencjonalnego
- 2) 1,01 zł/km dla autobusu z napędem elektrycznym
- 3) 1,27 zł/km dla autobusu zasilanego CNG

Koszt wozokilometra w zakresie kosztów eksploatacyjnych jest więc o 51% niższy w przypadku autobusów elektrycznych i o 38% niższy w przypadku autobusów zasilanych CNG względem kosztu wozokilometra autobusu z napędem konwencjonalnym. W ostatecznym koszcie wozokilometra należy uwzględnić jednak również inwestycje początkowe.

Porównanie pełnej prognozy finansowej poszczególnych wariantów, znajduje się w tabelach zamieszczonych poniżej.



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant bazowy

Wariant bazowy	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Pozycja/Rok								
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	10 000 000,00 zł	- zł	10 000 000,00 zł	- zł	20 000 000,00 zł	- zł	10 000 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	10 000 000,00 zł	- zł	10 000 000,00 zł	- zł	20 000 000,00 zł	- zł	10 000 000,00 zł
Ilość zakupionych autobusów	0	10	0	10	0	20	0	10
Wydatki eksploatacyjne	0,00 zł	1 435 000,00 zł	1 435 000,00 zł	2 870 000,00 zł	2 870 000,00 zł	5 740 000,00 zł	5 740 000,00 zł	7 175 000,00 zł
Paliwo	0,00 zł	1 253 000,00 zł	1 253 000,00 zł	2 506 000,00 zł	2 506 000,00 zł	5 012 000,00 zł	5 012 000,00 zł	6 265 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	182 000,00 zł	182 000,00 zł	364 000,00 zł	364 000,00 zł	728 000,00 zł	728 000,00 zł	910 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł

Wariant bazowy	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Pozycja/Rok								
Wydatki inwestycyjne razem	10 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	10 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	10	0	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł	8 610 000,00 zł
Paliwo	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł	7 518 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł	1,79 zł
Naprawy i konserwacje	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł	1 092 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł	0,26 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	27 200 000,00 zł	- zł	25 200 000,00 zł	- zł	50 400 000,00 zł	6 000 000,00 zł	26 200 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	25 000 000,00 zł	- zł	25 000 000,00 zł	- zł	50 000 000,00 zł	- zł	25 000 000,00 zł
Montaż stacji wolnego ładowania	- zł	200 000,00 zł	- zł	200 000,00 zł	- zł	400 000,00 zł	- zł	200 000,00 zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	2 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	1 000 000,00 zł
Wymiana baterii	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	6 000 000,00 zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	0	10	0	10	0	20	0	10
Wydatki eksploatacyjne razem	0,00 zł	707 000,00 zł	707 000,00 zł	1 414 000,00 zł	1 414 000,00 zł	2 828 000,00 zł	2 828 000,00 zł	3 535 000,00 zł
Paliwo	0,00 zł	616 000,00 zł	616 000,00 zł	1 232 000,00 zł	1 232 000,00 zł	2 464 000,00 zł	2 464 000,00 zł	3 080 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	91 000,00 zł	91 000,00 zł	182 000,00 zł	182 000,00 zł	364 000,00 zł	364 000,00 zł	455 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł

Wariant alternatywny - autobusy elektryczne								
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	31 200 000,00 zł	- zł	12 000 000,00 zł	- zł	12 000 000,00 zł	6 000 000,00 zł	6 000 000,00 zł	- zł
Zakup autobusów	25 000 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji wolnego ładowania	200 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Montaż stacji pantografowych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wymiana baterii	6 000 000,00 zł	- zł	12 000 000,00 zł	- zł	12 000 000,00 zł	6 000 000,00 zł	6 000 000,00 zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	10	0	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł	4 242 000,00 zł
Paliwo	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł	3 696 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł	0,88 zł
Naprawy i konserwacje	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł	546 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł	0,13 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 15 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

Wariant alternatywny - autobusy zasilane CNG								
Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Wydatki inwestycyjne razem	- zł	12 500 000,00 zł	- zł	12 500 000,00 zł	- zł	25 000 000,00 zł	- zł	12 500 000,00 zł
Zakup autobusów	- zł	12 500 000,00 zł	- zł	12 500 000,00 zł	- zł	25 000 000,00 zł	- zł	12 500 000,00 zł
Ilość zakupionych autobusów	0	10	0	10	0	20	0	10
Wydatki eksploatacyjne razem	0,00 zł	889 000,00 zł	889 000,00 zł	1 778 000,00 zł	1 778 000,00 zł	3 556 000,00 zł	3 556 000,00 zł	4 445 000,00 zł
Paliwo	0,00 zł	693 000,00 zł	693 000,00 zł	1 386 000,00 zł	1 386 000,00 zł	2 772 000,00 zł	2 772 000,00 zł	3 465 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł
Naprawy i konserwacje	0,00 zł	196 000,00 zł	196 000,00 zł	392 000,00 zł	392 000,00 zł	784 000,00 zł	784 000,00 zł	980 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	0	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł

Wariant alternatywny - autobusy zasilane CNG								
Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Wydatki inwestycyjne razem	12 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Zakup autobusów	12 500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Ilość zakupionych autobusów	10	0	0	0	0	0	0	0
Wydatki eksploatacyjne razem	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł	5 334 000,00 zł
Paliwo	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł	4 158 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt paliwa na wozokilometr	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł	0,99 zł
Naprawy i konserwacje	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł	1 176 000,00 zł
Liczba wozokilometrów	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt napraw na wozokilometr	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł	0,28 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 16 Matryca DGC - wariant bazowy

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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	10 000 000,00	1 253 000,00	182 000,00	700 000,00	10 995 192,31	673 076,92	
2021	2	0,92	0,00	1 253 000,00	182 000,00	700 000,00	1 326 738,17	647 189,35	
2022	3	0,89	10 000 000,00	2 506 000,00	364 000,00	1 400 000,00	11 441 383,14	1 244 594,90	
2023	4	0,85	0,00	2 506 000,00	364 000,00	1 400 000,00	2 453 288,03	1 196 725,87	
2024	5	0,82	20 000 000,00	5 012 000,00	728 000,00	2 800 000,00	21 156 403,73	2 301 395,90	
2025	6	0,79	0,00	5 012 000,00	728 000,00	2 800 000,00	4 536 405,38	2 212 880,67	
2026	7	0,76	10 000 000,00	6 265 000,00	910 000,00	3 500 000,00	13 051 588,44	2 659 712,35	
2027	8	0,73	10 000 000,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	13 598 144,72	3 068 898,86	
2028	9	0,70	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	6 049 271,79	2 950 864,29	
2029	10	0,68	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	5 816 607,49	2 837 369,51	
2030	11	0,65	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	5 592 891,82	2 728 239,91	
2031	12	0,62	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	5 377 780,60	2 623 307,61	
2032	13	0,60	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	5 170 942,88	2 522 411,16	
2033	14	0,58	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	4 972 060,46	2 425 395,35	
2034	15	0,56	0,00	7 518 000,00	1 092 000,00	4 200 000,00	4 780 827,37	2 332 110,91	
		RAZEM	60 000 000,00	83 951 000,00	12 194 000,00	46 900 000,00	116 319 526,32	32 424 173,56	3,59 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne

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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	27 200 000,00	616 000,00	91 000,00	700 000,00	26 833 653,85	673 076,92	
2021	2	0,92	0,00	616 000,00	91 000,00	700 000,00	653 661,24	647 189,35	
2022	3	0,89	25 200 000,00	1 232 000,00	182 000,00	1 400 000,00	23 659 749,09	1 244 594,90	
2023	4	0,85	0,00	1 232 000,00	182 000,00	1 400 000,00	1 208 693,13	1 196 725,87	
2024	5	0,82	50 400 000,00	2 464 000,00	364 000,00	2 800 000,00	43 749 536,04	2 301 395,90	
2025	6	0,79	6 000 000,00	2 464 000,00	364 000,00	2 800 000,00	6 976 896,63	2 212 880,67	
2026	7	0,76	26 200 000,00	3 080 000,00	455 000,00	3 500 000,00	22 596 156,18	2 659 712,35	
2027	8	0,73	31 200 000,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	25 897 122,25	3 068 898,86	
2028	9	0,70	0,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	2 980 372,93	2 950 864,29	
2029	10	0,68	12 000 000,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	10 972 513,23	2 837 369,51	
2030	11	0,65	0,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	2 755 522,31	2 728 239,91	
2031	12	0,62	12 000 000,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	10 144 705,28	2 623 307,61	
2032	13	0,60	6 000 000,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	6 151 079,79	2 522 411,16	
2033	14	0,58	6 000 000,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	5 914 499,80	2 425 395,35	
2034	15	0,56	0,00	3 696 000,00	546 000,00	4 200 000,00	2 355 432,02	2 332 110,91	
		RAZEM	202 200 000,00	41 272 000,00	6 097 000,00	46 900 000,00	192 849 593,76	32 424 173,56	5,95 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 18 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG

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	
2019	0	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	
2020	1	0,96	12 500 000,00	693 000,00	196 000,00	700 000,00	12 874 038,46	673 076,92	
2021	2	0,92	0,00	693 000,00	196 000,00	700 000,00	821 930,47	647 189,35	
2022	3	0,89	12 500 000,00	1 386 000,00	392 000,00	1 400 000,00	12 693 090,01	1 244 594,90	
2023	4	0,85	0,00	1 386 000,00	392 000,00	1 400 000,00	1 519 841,85	1 196 725,87	
2024	5	0,82	25 000 000,00	2 772 000,00	784 000,00	2 800 000,00	23 470 950,46	2 301 395,90	
2025	6	0,79	0,00	2 772 000,00	784 000,00	2 800 000,00	2 810 358,45	2 212 880,67	
2026	7	0,76	12 500 000,00	3 465 000,00	980 000,00	3 500 000,00	12 876 807,34	2 659 712,35	
2027	8	0,73	12 500 000,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	13 031 129,12	3 068 898,86	
2028	9	0,70	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 747 597,65	2 950 864,29	
2029	10	0,68	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 603 459,28	2 837 369,51	
2030	11	0,65	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 464 864,69	2 728 239,91	
2031	12	0,62	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 331 600,66	2 623 307,61	
2032	13	0,60	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 203 462,18	2 522 411,16	
2033	14	0,58	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	3 080 252,09	2 425 395,35	
2034	15	0,56	0,00	4 158 000,00	1 176 000,00	4 200 000,00	2 961 780,86	2 332 110,91	
		RAZEM	75 000 000,00	46 431 000,00	13 132 000,00	46 900 000,00	103 491 163,57	32 424 173,56	3,19 zł



Pierwsza część analizy – prognoza wydatków, obrazuje poziom kosztów związanych z inwestycjami oraz eksploatacją w kolejnych latach, druga natomiast – analiza matrycami DGC (Dynamiczny koszt jednostkowy) - pozwala porównać koszt wozokilometra w poszczególnych wariantach z uwzględnieniem nie tylko bieżących kosztów eksploatacji, ale również inwestycji. Metoda ta pozwala wybrać wariant charakteryzujący się najwyższą efektywnością kosztową.

Wskaźnik efektywności kosztowej winien przyjmować jak najniższą wartość – im niższy jest stosunek wartości nakładów do wielkości efektów, tym inwestycja jest bardziej efektywna. (por. Małeckie P., *Zeszyty Naukowe nr 860 Uniwersytetu Ekonomicznego w Krakowie, 2011*).

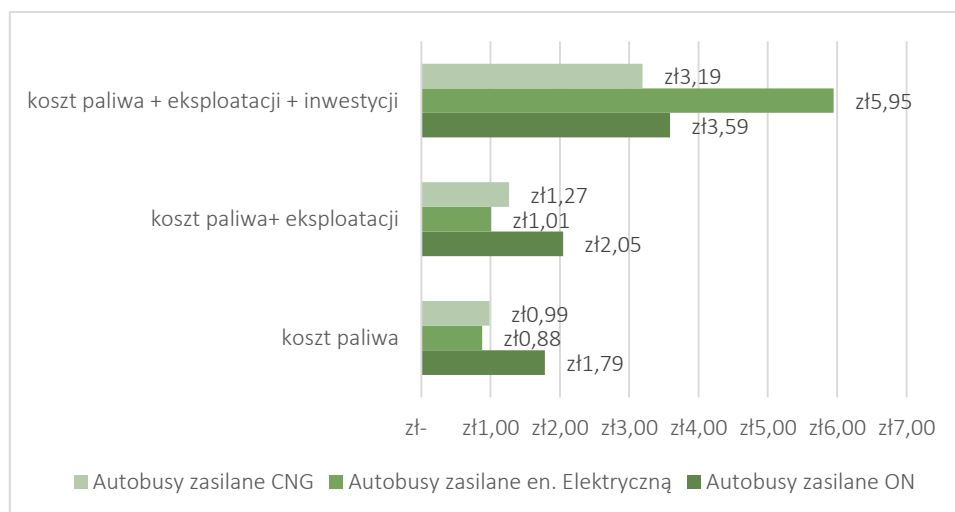
Jak wskazują matryce DGC zamieszczone powyżej, choć wariant elektryczny charakteryzuje się znacząco niższymi kosztami eksploatacyjnymi, to jednak koszt wozokilometra z uwzględnieniem kosztów inwestycyjnych jest o 66% wyższy niż w wariantcie bazowym. Najniższym kosztem jednostkowym charakteryzuje się wariant zasilania autobusów CNG, który jest w ujęciu jednostkowym o 11% tańszy od wariantu bazowego.

Do obliczeń przyjęto stopę dyskontową o wartości 4%.

Porównanie wyników analizy finansowej przedstawia tabela zamieszczona poniżej.

Tabela 19 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach

Wariant	koszt paliwa	koszt paliwa + eksploatacji	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	1,79 zł	2,05 zł	3,59 zł
Autobusy zasilane en. Elektryczną	0,88 zł	1,01 zł	5,95 zł
Autobusy zasilane CNG	0,99 zł	1,27 zł	3,19 zł



Rysunek 17 Porównanie kosztów jednostkowych w wariantach



VII. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH WARIANTÓW INWESTYCYJNYCH

Efektom spalania paliw w silnikach spalinowych skutkuje powstaniem mieszanin różnorodnych substancji do których należą m.in.:

- 1) dwutlenek węgla
- 2) tlenek węgla
- 3) sadza
- 4) tlenki siarki
- 5) tlenki azotu
- 6) węglowodory
- 7) dymy, popioły i inne substancje klasyfikowane jako cząstki stałe.

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 EURO 6.

Tabela 20 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO 6

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 zatem wykonywana praca przewozowa – ilość przejechanych kilometrów.

Norma EURO 6, nie określa jednakże faktycznego poziomu emisji dwutlenku węgla. Do obliczeń w tym zakresie, przyjęto zatem wskaźniki Krajowego Operatora Bilansowania i Zarządzania Emisjami.

Tabela 21 według wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO₂ (WE) do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017

Rodzaj paliwa	Wartość opałowa (WO) [MJ/kg]	Gęstość paliwa [kg/l]; [kg/m ³]*	Wskaźnik emisji (WE CO ₂) [kg/GJ]
olej napędowy	43,0	0,840	74,1
benzyna	44,3	0,755	69,3
LPG	47,3	0,500	63,1
CNG	36,3	0,740	56,1

Choć z definicji pojazdu zeroemisyjnego wynika, iż w miejscu eksploatacji pojazd elektryczny nie generuje emisji jakichkolwiek substancji szkodliwych, to jednak wykorzystana 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 22 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny

Zanieczyszczenie	Wartość emisji	Jednostka
CO ₂ (dwutlenek węgla)	798	kg/MWh
NO _x (tlenki azotu)	0,954	kg/MWh
CO (tlenek węgla)	0,234	kg/MWh
PM (pyły)	0,062	kg/MWh

Wartość emisji autobusu napędzanego CNG, przyjęto zgodnie z raportem „Paliwa alternatywne w komunikacji miejskiej”²⁴.

Tabela 23 Wskaźniki emisyjności - autobus CNG

Zanieczyszczenie	Wartość emisji	Jednostka
CO (tlenek węgla)	0,05	g/km
HC/THC (węglowodory)	0,034	g/km
NO _x (tlenki azotu)	0,016	g/km
PM (pyły)	0,000225	g/km

Na potrzeby analizy finansowej, przyjęto założenie w zakresie realizowanej rocznie ilości wozokilometrów wynoszącej 70 000 km/rok. Opierając się na tej wartości, sporządzono porównanie emisyjności jednego autobusu i przedstawiono w tabeli zawartej poniżej.

Tabela 24 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym

Pozycja	autobus z napędem konwencjonalnym	autobus zasilany energią elektryczną	autobus zasilany CNG	Jednostka
Przebieg	70 000,00	70 000,00	70 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	34,00	135,00	34,00	l/100km lub kWh/100km
Emisja CO (tlenek węgla)	35,00	22,11	3,50	kg
Emisja HC/THC (węglowodory)	11,90	-	2,38	kg
Emisja NO _x (tlenki azotu)	5,60	90,15	1,12	kg
Emisja PM (pyły)	0,32	5,86	0,02	kg
Emisja CO ₂ (dwutlenek węgla)	63 700,51	75 411,00	35 865,61	kg

²⁴http://pspa.com.pl/assets/uploads/2018/06/Paliwa_alternatywne_w_komunikacji_miejskiej_PSPA_P_KPA.pdf



Jak wskazuje powyższa tabela, gdy pod uwagę weźmie się nie tylko emisję w miejscu eksploatacji autobusu, ale również emisję związaną z produkcją energii elektrycznej krążącej w sieci elektroenergetycznej, ocena który z wariantów wykazuje większe korzyści środowiskowe nie jest jednoznaczna. Zużycie energii w autobusie elektrycznym charakteryzuje się zmniejszoną emisją tlenków węgla oraz węglowodorów, natomiast już w zakresie tlenków azotu, pyłów oraz dwutlenku węgla, emisja ta jest większa niż w przypadku analogicznego pojazdu z napędem konwencjonalnym.

Najniższą emisję charakteryzuje się autobus z napędem CNG.

Porównanie efektu ekologicznego inwestycji w odniesieniu do pełnego zakresu analizowanych wariantów inwestycyjnych na przestrzeni okresu czasowego analizy tj. w latach 2019-2035 (przyjmując łączną ilość wozokilometrów pokonanych w tym czasie), zamieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 25 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I autobus elektryczny	Wariant II autobus zasilany CNG	Jednostka
Łączny przebieg	46 900 000,00	46 900 000,00	46 900 000,00	km
Zużycie paliwa/energii	34,00	135,00	34,00	l/100km lub kWh/100km
Emisja CO (tlenek węgla)	23,45	14,82	2,35	Mg
Emisja HC/THC (węglowodory)	7,97	-	1,59	Mg
Emisja NOx (tlenki azotu)	3,75	60,40	0,75	Mg
Emisja PM (pyły)	0,21	3,93	0,01	Mg
Emisja CO ₂ (dwutlenek węgla)	42 679,34	50 525,37	24 029,96	Mg



VIII. ANALIZA SPOŁECZNO - EKONOMICZNA

Celem analizy społecznej jest weryfikacja zasadności realizacji poszczególnych wariantów inwestycyjnych z perspektywy korzyści społecznych (np. poprawy bezpieczeństwa, ochrony zdrowia bądź 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 przeanalizowane w rozdziale VII. 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.

Najprościej więc ujmując analiza społeczno-ekonomiczna stanowi wycenę dodatkowych kosztów/korzyści społecznych, których nie uwzględnia się w analizie finansowej.

Przypisanie skwantyfikowanej wartości do korzyści społecznych bądź środowiskowych umożliwiają tablice kosztów jednostkowych do wykorzystania w analizach kosztów i korzyści Centrum Unijnych Projektów Transportowych CUPT²⁵. 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.;

Koszty/korzyści w analizie uwzględniono od pierwszego roku po poniesieniu wydatków inwestycyjnych, tj. od 2020 r.

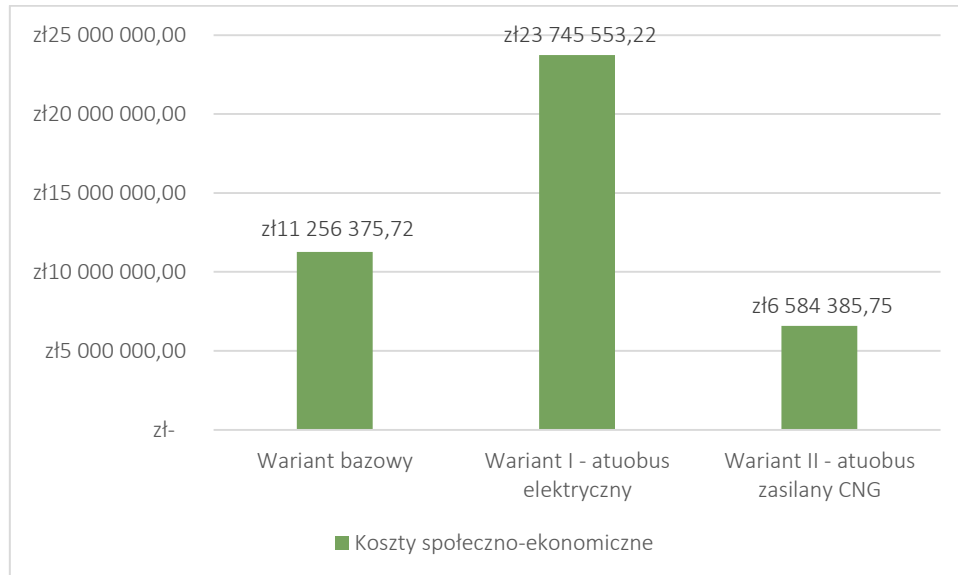
²⁵ www.cupt.gov.pl



Przyjęte do analizy korzyści/koszty społeczne uwzględniają:

- 1) Uniknięte koszty zanieczyszczeń powietrza, wynikające z emisji substancji szkodliwych: pyłów PM oraz związków azotu NOx;
- 2) Uniknięte koszty hałasu, wynikające z przemieszczania się autobusów po drogach publicznych;
- 3) Koszty zmian klimatycznych, wynikające z emisji dwutlenku węgla CO₂;

Podsumowanie wyników analizy społeczno-ekonomicznej wskazuje wykres zamieszczony poniżej. Wynik analizy nawiązuje bezpośrednio do obliczonych w rozdziale VII skutków środowiskowych inwestycji. Autobusy elektryczne choć w miejscu eksploatacji mają charakter zeroemisyjny, to jednak wykorzystują energię dostarczaną z polskich sieci elektroenergetycznych, której wyprodukowanie w elektrowniach konwencjonalnych skutkuje istotnymi emisjami. Jak wskazują dane szczegółowe, jedynym obszarem, dla autobusów elektrycznych, w którym w aspekcie społecznym uzyskiwane są jednoznacznie pozytywne efekty jest hałas. Silnik pojazdów elektrycznych jest cichy i jedyny generowany hałas związany jest z oporami toczenia. Najniższe koszty społeczne wykazuje wariant inwestycyjny związany z zakupem autobusów zasilanych CNG.



Rysunek 18 Porównanie kosztów społecznych



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 26 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	111 181,29 zł	114 357,89 zł	235 069,00 zł	241 422,22 zł	495 550,87 zł	508 257,30 zł	651 204,67 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	637,01	637,01	1 274,01	1 274,01	2 548,02	2 548,02	3 185,03
Koszty hałasu	- zł	14 995,67 zł	15 449,57 zł	31 813,42 zł	32 656,94 zł	67 002,70 zł	68 745,13 zł	88 110,00 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł	0,024 zł	0,025 zł	0,025 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	8 319,95 zł	8 571,79 zł	17 650,83 zł	18 118,84 zł	37 174,68 zł	38 141,42 zł	48 885,51 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,056	0,056	0,112	0,112	0,224	0,224	0,280
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,003	0,003	0,006	0,006	0,013	0,013	0,016
Koszty społeczne razem	- zł	134 496,90 zł	138 379,26 zł	284 533,25 zł	292 198,00 zł	599 728,26 zł	615 143,86 zł	788 200,18 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 27 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	800 505,25 zł	819 564,90 zł	838 624,55 zł	857 684,20 zł	876 743,85 zł	895 803,50 zł	914 863,15 zł	933 922,80 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	3 822,03	3 822,03	3 822,03	3 822,03	3 822,03	3 822,03	3 822,03	3 822,03
Koszty hałasu	108 343,64 zł	111 035,94 zł	113 722,21 zł	116 489,50 zł	119 249,06 zł	121 947,39 zł	124 673,82 zł	127 400,26 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł	0,029 zł	0,030 zł	0,030 zł
Liczba wozokilometrów [km]	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	60 111,61 zł	61 605,36 zł	63 095,77 zł	64 631,12 zł	66 162,19 zł	67 659,29 zł	69 171,98 zł	70 684,67 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336	0,336
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019	0,019
Koszty społeczne razem	968 960,50 zł	992 206,21 zł	1 015 442,53 zł	1 038 804,82 zł	1 062 155,10 zł	1 085 410,17 zł	1 108 708,95 zł	1 132 007,73 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 28 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	131 620,48 zł	135 381,07 zł	278 283,31 zł	285 804,48 zł	586 651,30 zł	601 693,64 zł	770 919,98 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	754,11	754,11	1 508,22	1 508,22	3 016,44	3 016,44	3 770,55
Koszty hałasu	- zł	7 497,83 zł	7 724,79 zł	15 906,71 zł	16 328,47 zł	33 501,35 zł	34 372,56 zł	44 055,00 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,010 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,011 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,012 zł	0,013 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	143 953,23 zł	148 310,59 zł	305 397,81 zł	313 495,36 zł	643 202,85 zł	659 929,53 zł	845 825,59 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,902	0,902	1,803	1,803	3,606	3,606	4,508
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,059	0,059	0,117	0,117	0,234	0,234	0,293
Koszty społeczne razem	- zł	283 071,55 zł	291 416,45 zł	599 587,83 zł	615 628,31 zł	1 263 355,50 zł	1 295 995,74 zł	1 660 800,56 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	947 667,49 zł	970 231,00 zł	992 794,51 zł	1 015 358,02 zł	1 037 921,53 zł	1 060 485,04 zł	1 083 048,55 zł	1 105 612,07 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	4 524,66	4 524,66	4 524,66	4 524,66	4 524,66	4 524,66	4 524,66	4 524,66
Koszty hałasu	54 171,82 zł	55 517,97 zł	56 861,10 zł	58 244,75 zł	59 624,53 zł	60 973,69 zł	62 336,91 zł	63 700,13 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,013 zł	0,013 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,014 zł	0,015 zł	0,015 zł	0,015 zł
Liczba wozokilometrów [km]	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	1 040 061,57 zł	1 065 906,74 zł	1 091 693,96 zł	1 118 258,97 zł	1 144 749,82 zł	1 170 652,83 zł	1 196 825,71 zł	1 222 998,58 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	5,409	5,409	5,409	5,409	5,409	5,409	5,409	5,409
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352	0,352
Koszty społeczne razem	2 041 900,87 zł	2 091 655,70 zł	2 141 349,57 zł	2 191 861,74 zł	2 242 295,88 zł	2 292 111,57 zł	2 342 211,17 zł	2 392 310,78 zł



Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Kielcach autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu

Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1

Pozycja/Rok	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026
Koszt zmian klimatycznych	- zł	62 598,94 zł	64 387,48 zł	132 352,03 zł	135 929,12 zł	279 012,40 zł	286 166,56 zł	366 650,91 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	169,55 zł	174,54 zł	179,52 zł	184,51 zł	189,50 zł	194,48 zł	199,47 zł	204,46 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	358,66	358,66	717,31	717,31	1 434,62	1 434,62	1 793,28
Koszty hałasu	- zł	14 995,67 zł	15 449,57 zł	31 813,42 zł	32 656,94 zł	67 002,70 zł	68 745,13 zł	88 110,00 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł	0,024 zł	0,025 zł	0,025 zł
Liczba wozokilometrów [km]	-	700 000,00	700 000,00	1 400 000,00	1 400 000,00	2 800 000,00	2 800 000,00	3 500 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	1 063,54 zł	1 095,74 zł	2 256,32 zł	2 316,14 zł	4 752,06 zł	4 875,64 zł	6 249,06 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	74 773,54 zł	77 088,90 zł	79 422,32 zł	81 772,32 zł	83 940,50 zł	86 110,95 zł	88 350,29 zł	90 590,20 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,000	0,011	0,011	0,022	0,022	0,045	0,045	0,056
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 232 616,80 zł	1 270 784,70 zł	1 309 250,43 zł	1 347 989,44 zł	1 383 731,06 zł	1 419 510,26 zł	1 456 425,05 zł	1 493 349,23 zł
Emisja PM [MgPM]	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,001	0,001	0,001
Koszty społeczne razem	- zł	78 658,15 zł	80 932,79 zł	166 421,77 zł	170 902,20 zł	350 767,16 zł	359 787,33 zł	461 009,97 zł



Tabela 31 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2

Pozycja/Rok	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	2034
Koszt zmian klimatycznych	450 712,33 zł	461 443,58 zł	472 174,83 zł	482 906,07 zł	493 637,32 zł	504 368,56 zł	515 099,81 zł	525 831,06 zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	209,45 zł	214,43 zł	219,42 zł	224,41 zł	229,39 zł	234,38 zł	239,37 zł	244,35 zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	2 151,94	2 151,94	2 151,94	2 151,94	2 151,94	2 151,94	2 151,94	2 151,94
Koszty hałasu	108 343,64 zł	111 035,94 zł	113 722,21 zł	116 489,50 zł	119 249,06 zł	121 947,39 zł	124 673,82 zł	127 400,26 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł	0,029 zł	0,030 zł	0,030 zł
Liczba wozokilometrów [km]	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00	4 200 000,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	7 684,10 zł	7 875,05 zł	8 065,57 zł	8 261,84 zł	8 457,55 zł	8 648,93 zł	8 842,30 zł	9 035,66 zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	92 827,83 zł	95 134,57 zł	97 436,14 zł	99 807,13 zł	102 171,50 zł	104 483,40 zł	106 819,39 zł	109 155,37 zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067	0,067
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	1 530 235,83 zł	1 568 261,65 zł	1 606 202,23 zł	1 645 287,16 zł	1 684 262,97 zł	1 722 373,91 zł	1 760 881,89 zł	1 799 389,86 zł
Emisja PM [MgPM]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Koszty społeczne razem	566 740,08 zł	580 354,57 zł	593 962,60 zł	607 657,40 zł	621 343,93 zł	634 964,88 zł	648 615,93 zł	662 266,99 zł



IX. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI I RYZYKA

Ostatnim elementem analizy jest odniesienie się do potencjalnych ryzyk mogących wpłynąć na realizację projektu (analiza ryzyka) oraz ich ewentualnego wpływu na wynik inwestycji (analiza wrażliwości).

Analizę ryzyka sporządzono oddzielnie dla każdego z alternatywnych wariantów inwestycyjnych, tj. zakupu autobusów elektrycznych oraz zakupu autobusów zasilanych CNG. Ryzyka występujące w projekcie mogą mieć skutek zarówno pozytywny dla rezultatu inwestycji jak i negatywny. W tabelach wskazano wyłącznie ryzyka mając wpływ na fiskalny efekt inwestycji.

Punktem wyjścia do korekt związanych z analizą wrażliwości jest koszt wozokilometra w poszczególnych założonych wariantach.

Tabela 32 Koszt wozokilometra w wariantach

Wariant	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	3,59 zł
Autobusy zasilane en. Elektryczną	5,95 zł
Autobusy zasilane CNG	3,19 zł

Tabela 33 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów elektrycznych

LP	Ryzyko	Skutek	Wpływ na cenę wozokilometra
1	Spadek cen energii	Spadek hurtowych ceny energii do poziomów z początku roku 2018 tj. ok. 190 zł/MWh	- 14 gr/wzkm
2	Wzrost cen energii	Wzrost hurtowych ceny energii do poziomów 300 zł/MWh	+ 7 gr/wzkm
3	Spadek żywotności zakupu baterii	Konieczność częstszej (co 4 lata) niż założonej (co 6 lat) wymiany baterii w autobusach	+ 40 gr/wzkm

Wariant związany z zakupem pojazdów elektrycznych, w zakresie ryzyk związany jest przede wszystkim z niestabilną sytuacją na hurtowym rynku energii elektrycznej, a odnotowany w roku 2018 skokowy – o kilkadziesiąt procent – wzrost hurtowych cen energii może mieć zarówno charakter krótkotrwały, jak też okazać się stałym trendem wzrostowym²⁶. Dodatkowo sama technologia autobusów zasilanych energią elektryczną z bateryjnych magazynów energii jest technologią stosunkowo nową, obecną

²⁶ <https://www.cire.pl/item,167324,13,0,0,0,0,wzrost-cen-energii-elektrycznej---nic-nie-dzieje-sie-bez-przyczyny.html>



na rynkach zaledwie od kilku lat, tym samym deklarowane przez producentów założenia dotyczące trwałości zastosowanych komponentów będą dopiero zweryfikowane przez rzeczywistą eksploatację. Podstawowym ryzykiem w tym obszarze jest krótsza niż zakładana żywotność baterii, która spowoduje dodatkowe wydatki związane z ich wymianą i jak pokazuje analiza wrażliwości jest to kluczowy czynnik mający wpływ na jednostkową cenę wozokilometra.

Tabela 34 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów z napędem CNG

LP	Ryzyko	Skutek	Wpływ na cenę wozokilometra
1	Brak notyfikacji Komisji Europejskiej dla zwolnienia z podatku akcyzowego sprężonego gazu ziemnego	Wzrost ceny paliwa o ok. 30-40 gr/Nm ³	+ 40 gr/wzkm
2	Konieczność budowy stacji tankowania CNG ze środków własnych	Wzrost kosztów inwestycyjnych o ok 3,5 mln zł	+ 11 gr/wzkm
3	Wzrost kosztów zakupu autobusów	Wzrost kosztów inwestycyjnych o 10%	+ 19 gr/wzkm

Wariant związany z zakupem pojazdów zasilanych paliwem CNG, podobnie jak i w przypadku wariantu elektrycznego podatny jest przede wszystkim na wahania cen paliw. Do czasu wprowadzenia akcyzy na sprężony gaz ziemny, parytet ceny CNG względem oleju napędowego utrzymywał się na poziomie 55%, co przekładało się na cenę gazu nieprzekraczającą w praktyce 3 zł/Nm³. Obciążenie gazu dodatkowym podatkiem²⁷, przełożyło się na podwyżki wynoszące od 30 do 40 gr/Nm³. Po konsultacjach branżowych, 1 czerwca uchwalona została ustawa o zwolnieniu CNG z opłaty akcyzowej, co przyjęto w analizowanych obliczeniach, warunkiem jednakże takiego obrotu spraw jest pozytywna notyfikacja Komisji Europejskiej. Brak akceptacji ze strony instytucji unijnej doprowadzi do utrzymania wysokiej ceny tego paliwa.

Drugim ze wskazanych w analizie ryzyk jest potencjalna konieczność budowy stacji tankowania CNG ze środków własnych w sytuacji, w której nie weszłoby w życie porozumienie z inwestorem zewnętrznym zainteresowanym realizacją tej inwestycji ze środków własnych. Wpływ dodatkowego wydatku inwestycyjnego na końcową cenę wozokilometra wynosi 11 gr/wzkm.

Ostatnim z analizowanych ryzyk jest potencjalny wzrost kosztów zakupu autobusów. Negocjacje z potencjalnymi dostawcami w zakresie cenowym mają o tyle duże znaczenie, że wzrost cen o 10% względem założonego pułapu wydatków podnosi cenę wozokilometra o 19 gr – więcej nawet niż w przypadku konieczności budowy ze środków własnych, stacji tankowania CNG.

²⁷ <https://cng.auto.pl/3111/cena-cng-w-polsce-po-wprowadzeniu-akcyzy-ogromne-podwyzki-na-stacjach-paliw/>



X. WNIOSKI 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) Wariantcie bazowym – z wykorzystaniem autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniających wymogi normy EURO 6;
- 2) Wariantcie alternatywnym I – z wykorzystaniem autobusów o napędzie elektrycznym;
- 3) Wariantcie alternatywnym II – z wykorzystaniem autobusów zasilanych CNG;
- 4) Wariantcie alternatywnym III – z wykorzystaniem autobusów o napędzie wodorowym;

Pierwszym elementem analizy była ocena techniczna wdrożenia każdego z ww. rozwiązań. Analiza wykazała jednak, że w świetle analizowanego systemu transportowego i dostępnych rozwiązań technicznych, wprowadzenie do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym nie jest możliwe. Na dzień sporządzania analizy na terenie kraju nie funkcjonują żadne komercyjne stacje tankowania wodoru, a możliwość zakupu sprężonego wodoru na cele transportowe jest niemożliwa (brak odpowiedniej infrastruktury i przedsiębiorstw dystrybucyjnych). Tym samym analizę III wariantu alternatywnego na tym etapie zakończono, wykluczając możliwość jej realizacji.

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 bądź sprężonym gazem ziemnym.

Tabela 35 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach

Wariant	koszt paliwa + eksploatacji + inwestycji
Autobusy zasilane ON	3,59 zł
Autobusy zasilane en. elektryczną	5,95 zł
Autobusy zasilane CNG	3,19 zł

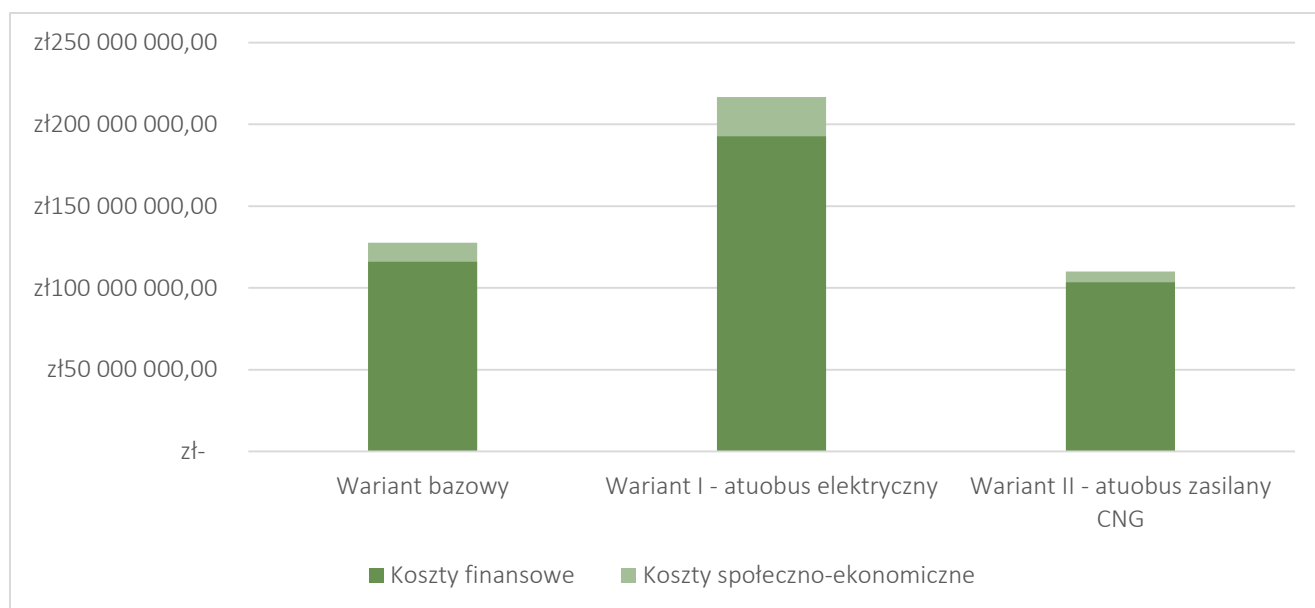


W trzecim elemencie analizy podjęto problematykę efektów środowiskowych inwestycji, szacując wpływ inwestycji na emisję substancji szkodliwych do atmosfery. Z uwagi na trudności porównywania emisji odmiennych substancji (m.in. dwutlenku węgla, czy związków azotu), wielkości emisji substancji zostały przeliczone do wspólnej porównywalnej wartości wyrażonej w złotych polskich.

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 36 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji

Pozycja	Wariant bazowy – autobusy o napędzie konwencjonalnym	Wariant I - autobusy elektryczne	Wariant II - autobusy zasilane CNG
Koszty finansowe	116 319 526,32 zł	192 849 593,76 zł	103 491 163,57 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	11 256 375,72 zł	23 745 553,22 zł	6 584 385,75 zł
SUMA	127 575 902,04 zł	216 595 146,98 zł	110 075 549,32 zł



Rysunek 19 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z wymogami Ustawy o elektromobilności oraz przyjętą metodyką wykazują, iż wprowadzenie taboru zeroemisyjnego do systemu komunikacyjnego miasta zarówno w aspekcie finansowym, środowiskowym, jak i społecznym jest najbardziej korzystne w wariantcie II - zakupu autobusów napędzanych sprężonym gazem ziemnym (CNG).



XI. SPIS TABEL

Tabela 1 Wykaz dziennych linii organizowanych przez ZTM w Kielcach	13
Tabela 2 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Kielcach – stan na 13.11.2018 r.....	15
Tabela 3 Wykaz autobusów użytkowanych przez MPK w Kielcach stanowiących zasób ZTM w Kielcach – stan na 13.11.2018 r..	18
Tabela 4 Zestawienie przystanków krańcowych.....	21
Tabela 5 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim.....	25
Tabela 6 Dienne szacowane zużycie wodoru.....	33
Tabela 7 Wymagane ilości gniazd wolnego ładowania oraz stacji pantografowych	37
Tabela 8 Plan inwestycyjny	42
Tabela 9 Nakłady inwestycyjne - wariant bazowy	42
Tabela 10 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny I.....	42
Tabela 11 Nakłady inwestycyjne - wariant alternatywny II.....	42
Tabela 12 Koszty operacyjne - założenia.....	43
Tabela 13 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant bazowy.....	44
Tabela 14 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy elektryczne	45
Tabela 15 Prognoza wydatków na lata 2019-2034 - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG.....	46
Tabela 16 Matryca DGC - wariant bazowy.....	47
Tabela 17 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy elektryczne	48
Tabela 18 Matryca DGC - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG.....	49
Tabela 19 Porównanie kosztu jednostkowego w wariantach.....	50
Tabela 20 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO 6.....	51
Tabela 21 według wartości opałowe (WO) i wskaźników emisji CO2 (WE) do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2017	51
Tabela 22 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny	52
Tabela 23 Wskaźniki emisyjności - autobus CNG.....	52
Tabela 24 Porównanie emisyjności autobusu z napędem konwencjonalnym oraz z napędem elektrycznym.....	52
Tabela 25 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych	53
Tabela 26 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.1.....	56
Tabela 27 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant bazowy – autobusy z napędem konwencjonalnym, cz.2.....	57
Tabela 28 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.1	58
Tabela 29 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy elektryczne cz.2	59
Tabela 30 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.1.....	60
Tabela 31 Tabela analizy społeczno - ekonomicznej - wariant alternatywny – autobusy zasilane CNG cz.2.....	61
Tabela 32 Koszt wozokilometra w wariantach	62
Tabela 33 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów elektrycznych.....	62
Tabela 34 Tabela ryzyk - wariant alternatywny - zakup autobusów z napędem CNG.....	63
Tabela 35 Porównanie kosztów wozokilometra w wariantach.....	64
Tabela 36 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji	65



XII. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści	7
Rysunek 2 Kielce oraz powiat kielecki – mapa	11
Rysunek 3 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg	27
Rysunek 4 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg	28
Rysunek 5 Autobus z napędem hybrydowym ON i CNG, źródło: https://cng-Ing.pl/wiadomosci/Wspolpraca-z-gazem-w-tle,wiadomosc,374.htm	29
Rysunek 6 Schemat "wolnej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	30
Rysunek 7 Schemat "szybkiej" stacji tankowania CNG, źródło: www.afdc.energy.gov	31
Rysunek 8 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach	32
Rysunek 9 Mini dworzec komunikacji miejskiej - Osiedle świętokrzyskie	34
Rysunek 10 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu - Osiedle świętokrzyskie	34
Rysunek 11 Mini dworzec komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice	35
Rysunek 12 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej na mini dworcu komunikacji miejskiej – Osiedle Ślichowice	35
Rysunek 13 Pętla autobusowa przy ul. Sikorskiego	36
Rysunek 14 Potencjalna lokalizacja stacji pantografowej przy pętli autobusowej - ul. Sikorskiego	36
Rysunek 15 Kompresory oraz magazyny buforowe stacji CNG, źródło: http://cngcenter.com/services/cng-station-installation/cngfillstation/	38
Rysunek 16 Stanowisko tankowania wodoru w miejscowości Lesce w Słowenii,	39
Rysunek 17 Porównanie kosztów jednostkowych w wariantach	50
Rysunek 18 Porównanie kosztów społecznych	55
Rysunek 19 Porównanie łącznych kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych wariantów inwestycyjnych	65



XIII. PRZEBIEG WSKAZANYCH LINII KOMUNIKACYJNYCH OBRAZUJE RAMOWY SCHEMAT:

