

ANALIZA KOSZTÓW I KORZYŚCI

związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług
komunikacji miejskiej w Legionowie autobusów
zeroemisyjnych

- wersja do konsultacji społecznych -

STYCZEŃ 2020

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:

Michał Mroskowiak

Wojciech Płachetka

Aleksandra Szlachta



Spis treści

I.	Cel i podstawa przeprowadzenia analizy.....	5
II.	Metodyka przeprowadzenia analizy.....	8
III.	Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej.....	10
IV.	Możliwe scenariusze.....	14
V.	Analiza techniczna.....	16
VI.	Analiza finansowa.....	26
VII.	Oszacowanie efektów środowiskowych wariantów inwestycyjnych.....	30
VIII.	Analiza społeczno - ekonomiczna.....	32
IX.	Wnioski i rekomendacje.....	36
X.	Spis tabel.....	39
XI.	Spis ilustracji.....	40



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 Urząd Miasta Legionowo.
- 3) 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;
- 4) Sieć komunikacyjna - układ linii komunikacyjnych obejmujących obszar działania organizatora publicznego transportu zbiorowego lub część tego obszaru.
- 5) 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.
- 6) Ustawa/Ustawa o elektromobilności - Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 ze 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 ze zm.) zobowiązuje jednostki samorządu terytorialnego (z wyłączeniem gmin i powiatów, których liczba mieszkańców nie przekracza 50 000), do świadczenia usług lub zlecenia świadczenia usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. 2019 r. poz. 2475 ze zm.) 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

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

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

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



zeroemisyjnych, jednostka samorządu terytorialnego, może nie realizować obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych o którym mowa w art. 36 Ustawy.

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 r. poz. 2081 ze zm.)⁴.

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 co 36 miesięcy.

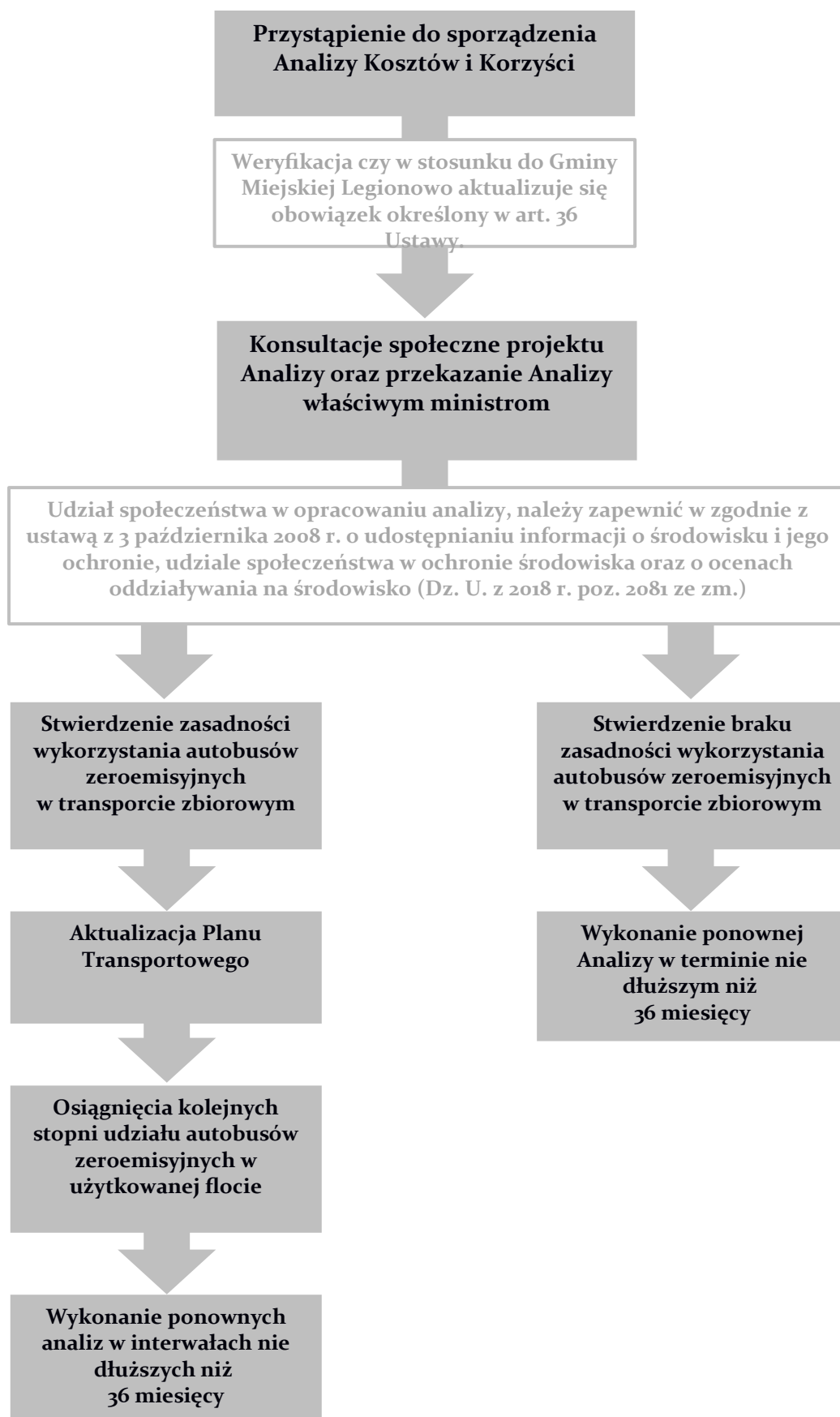
Z uwagi na fakt, iż Legionowo zamieszkiwało na dzień 31 grudnia 2018 r. 54 066 mieszkańców⁵, w stosunku do Miasta aktualizuje się obowiązek sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści o której mowa w art. 36 Ustawy.

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

⁴ Art. 37 Ustawy o elektromobilności z dnia 11 stycznia 2018 r. (Dz.U. z 2018 r. poz. 317 ze zm.)

⁵ Dane Głównego Urzędu Statystycznego: Vademecum samorządowca





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 2014 r.;
- 5) „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, Ministerstwo Rozwoju i Finansów, Warszawa 2017 r.;
- 6) „Zasady opracowania analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych — wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych”, Izba Gospodarki Komunikacji Miejskiej, Warszawa 2018 r.;

W kontekście wskazanych wyżej dokumentów przeprowadzona analiza posiada następującą strukturę:

- 1) Charakterystyka aktualnego systemu komunikacji miejskiej;
- 2) Wskazanie możliwych scenariuszy inwestycyjnych;
- 3) Analiza techniczna;
- 4) Analiza finansowa;
- 5) Oszacowanie efektów środowiskowych scenariuszy inwestycyjnych;
- 6) Analiza społeczno-ekonomiczna;
- 7) Wnioski i rekomendacje.



Dane źródłowe do przeprowadzenia analizy udostępnione przez Urząd Miasta Legionowo:

- 1) Rozkład jazdy linii autobusowych;
- 2) Schemat połączeń;
- 3) Zestawienie wozokilometrów poszczególnych liniowych autobusowych;
- 4) Obecnie ponoszone koszty wozokilometra;

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 2019 r., poz. 2475 ze zm.);
- 3) Ustawa z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (Dz. U. z 2019 r. poz. 1447, ze zm.);



III. CHARAKTERYSTYKA AKTUALNEGO SYSTEMU KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

Zgodnie z ustawą z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2019 r., poz. 2475 ze zm.) organizatorem publicznego transportu zbiorowego jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego albo minister właściwy do spraw transportu, zapewniający funkcjonowanie transportu publicznego na danym obszarze⁶. 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.

Urząd Miasta Legionowo dofinansowuje kursy linii Zarządu Transportu Miejskiego w Warszawie, który jest ich operatorem, ale formalnie analizowany obszar transportowy obejmuje gminę miejską Legionowo, na którym funkcjonuje Darmowa Komunikacja Miejska Legionowo (DKM Legionowo).

Powierzchnia analizowanego obszaru transportowego, obejmuje 14 km², na którym zamieszkuje 54 066 osób⁷.



Rysunek 2 Obszar transportowy – Legionowo na tle powiatu legionowskiego

⁶ Art. 4 ust 1 pkt 9 ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. z 2019 r., poz. 2475 ze zm.);

⁷ Stan na 31.12.2018 r. wg. danych GUS: Vademcum Samorządowca;



Organizatorem publicznego transportu zbiorowego na zdefiniowanym wyżej obszarze jest Gmina Miejska Legionowo. Wybór przewoźników na poszczególnych liniach komunikacyjnych DKM Legionowo następuje w formie przetargowej. Ostatni przetarg z IV kwartału 2019 r. obejmuje świadczenie usług przewozowych przez okres 02.01.2020 – 31.12.2020 r.⁸

W podanym okresie usługi przewozowe świadczą:

- Na linii D2: MAGNET – TRANS Bartłomiej Obraziński, za cenę 5,70 zł brutto za wzkm.
- Na linii D1 i D3: Usługi Transportowe Autokarowy Przewóz Osób, Wynajem, Naprawa Poj. Samochodowych Iwona Pych, za cenę 3,76 zł brutto za wzkm;

Różnica w koszcie wozokilometra za świadczone usługi związana jest z klasą autobusów:

- Na linii D2 są to pojazdy klasy MAXI (autobus o 12m długości);
- Na linii D1 i D3 są to pojazdy klasy MIDI (autobus o 8m długości);

Aktualny wykaz i przebieg linii autobusowych w ramach DKM Legionowo wskazano w tabeli zamieszczonej poniżej.

Tabela 1 Wykaz linii DKM Legionowo

Lp.	Linia	Typ linii	Kierunek linii	dł. linii
1	D1	miejska	Józefów Główna – Wspólna – Grudzie – Zegrzyńska – Piaskowa – Al. Sybiraków – Zegrzyńska – Warszawska – Jagiellońska – Piłsudskiego – Sobieskiego – Krasińskiego – Sowińskiego – Pętla Mickiewicza – Sowińskiego – Krasińskiego – Sobieskiego – Piłsudskiego – Jagiellońska – Warszawska – Zegrzyńska – Al. Sybiraków – Piaskowa – Zegrzyńska – Grudzie – Wspólna – Józefów Główna	17,0 km
2	D2	miejska	Centrum Komunikacyjne – Kościuszki – Piłsudskiego – Sobieskiego – Parkowa – Jagiellońska – Rondo Poniatowskiego – PKP Legionowo Przystanek – Jagiellońska – Nowobarska – Tunel – Al. Róż – Al. Legionów – Cynkowa – Suwalna – Osiedle Młodych – Suwalna – Cynkowa – Al. Legionów – Al. Róż – Tunel – Piastowska – Krakowska – Rondo Poniatowskiego – PKP Legionowo Przystanek – Jagiellońska – Parkowa – Sobieskiego – Piłsudskiego – Jagiellońska – Słowackiego – Kościuszki – Centrum Komunikacyjne	13,5 km
3	D3	miejska	Osiedle Młodych – Suwalna – Cynkowa – Al. Legionów – Wyszyńskiego – Kolejowa – Piaskowa – Szwajcarska – Plantowa – Roi – Wrzosowa – Wąska – Szwajcarska – Piaskowa – Al. Legionów – Okrzei – Targowa – Kolejowa – Wyszyńskiego – Al. Legionów – Cynkowa – Suwalna – Osiedle Młodych	11,50 km

⁸<https://www.bip.legionowo.pl/a,84687,swiadczenie-uslug-przewozowych-na-liniach-autobusowych.html>



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 i kosztów wozokilometra. 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

Obsługa linii komunikacyjnych prowadzona jest pojazdami należącymi do zewnętrznych przewoźników. W ramach przetargu wyznaczono minimalne parametry techniczne pojazdów:

Dla obsługi linii D2 (jeden autobus klasy MAXI):

- długość pojazdu: 11 000÷12 000 mm;
- szerokość pojazdu: 2 500÷2 550 mm;
- łączna liczba miejsc: 80÷100, przy wskaźniku napełnienia 6,7 osoby/m²;
- liczba pełnowymiarowych miejsc siedzących: 23÷30;
- liczba miejsc na wózki - dziecięcy / inwalidzki: 1/1;
- minimalna liczba drzwi - 2;
- efektywna szerokość drzwi (szerokość otworu drzwiowego dostępna dla pasażerów): min. 1200mm dla drzwi podwójnych;
- napęd pojazdu: silnik wysokoprężny lub silnik zasilany paliwami alternatywnymi;
- norma emisji spalin: minimum EURO IV;
- całkowicie niskopodłogowy lub częściowo niskopodłogowy z obniżoną podłogą w przynajmniej jednych drzwiach;
- wyposażony w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej.



Dla obsługi linii D1 i D3 (dwa autobusy klasy MIDI):

- długość pojazdu: 6 000÷8 000 mm;
- szerokość pojazdu: 2 000÷2 500 mm;
- łączna liczba miejsc: 35÷45, przy wskaźniku napętnienia 6,7 osoby/m²;
- liczba pełnowymiarowych miejsc siedzących 23÷30;
- układ drzwi: 1 (z przodu);
- efektywna szerokość drzwi (szerokość otworu drzwiowego dostępna dla pasażerów): min. 800 mm dla drzwi pojedynczych;
- napęd pojazdu: silnik wysokoprężny lub silnik zasilany paliwami alternatywnymi;
- norma emisji spalin: minimum EURO IV.
- wyposażony w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej.

Liczba wozokilometrów na linii D2 (autobus MAXI) wynosi 51 233 wzk, na linii D1 (autobus MIDI): 66 164 wzk, a na linii D3 (autobus MIDI): 43 643 wzk.

Ad. 2 Przystanki węzłowe i końcowe

Punktem węzłowym komunikacji publicznej, na którym potencjalnie zlokalizowana może być stacja ładowania pojazdów elektrycznych jest pętla autobusowa położona przy ul. Mickiewicza



Rysunek 3 Pętla autobusowa przy ul. Mickiewicza

IV. MOŻLIWE SCENARIUSZE

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),

Spełniając wymogi Ustawy, w ramach analizy odniesiono się zatem do możliwości zmiany aktualnej floty pojazdów wykonującej przewozy na pojazdy spełniające wymogi art. 35-36 Ustawy o elektromobilności.

Taka zmiana nie miałaby charakteru inwestycyjnego, a sprowadzała się do zmiany wymogów przetargowych stawianych przewoźnikom, którzy zobowiązani byłiby do realizacji przewozów pojazdami zeroemisyjnymi. Podstawą analizy będzie więc ustalenie potencjalnego wpływu takiej modyfikacji przetargowej na oferowany przez przewoźników ostateczny koszt wozokilometra.

W ramach analizy porównano następujące warianty:

- 1) **Wariant 0 - bazowy** – służy oszacowaniu kosztów świadczenia usług komunikacyjnych, z wykorzystaniem obecnego 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 zasilany paliwem wodorowym** – wariant realizacji wymogów ustawy o elektromobilności, z wykorzystaniem autobusów z napędem wodorowym.

Minimalnym udział pojazdów zeroemisyjnych w obsługującej komunikację flocie pojazdów przedstawia tabela:

Tabela 2 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim

Termin	Wymagany udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie	Liczba pojazdów we flocie	Minimalna liczba pojazdów zeroemisyjnych	Faktyczny udział pojazdów zeroemisyjnych we flocie
1 stycznia 2018	0%	3	0	0
1 stycznia 2021	5%	3	1	33,34%
1 stycznia 2023	10%	3	1	33,34%



1 stycznia 2025	20%	3	1	33,34%
1 stycznia 2028	30%	3	1	33,34%

Z uwagi na fakt, iż do obsługi komunikacyjnej wykorzystywane są wyłącznie trzy autobusy, częściowe przejście na komunikację zeroemisyjną jednym tylko pojazdem byłoby nieekonomiczne (choćby z uwagi na konieczność poniesienia wydatków na infrastrukturę ładowania pojazdów której koszt będzie taki sam dla obsługi jednego, jak i trzech pojazdów), analizę przeprowadzono dla obsługi całości połączeń (100% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie) pojazdami zeroemisyjnymi.

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 Legionowa. Na etapie tym warianty nie są oceniane pod względem finansowym, a badana jest jedynie ich wykonalność techniczna 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 będzie 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 utrzymanie dotychczasowych warunków zamówienia publicznego, tj. obsługi linii pojazdami o napędzie konwencjonalnym (silnik wysokoprężny zasilany olejem napędowym) spełniającymi normę spalin EURO6. Wariant ten stanowi punkt odniesienia dla pozostałych wariantów. Norma EURO6 ma charakter obligatoryjny dla wszystkich pojazdów użytkowych wyprodukowanych po 2013 roku (Norma weszła w życie końcem 2013 r. z mocy Rozporządzenia Komisji (UE) nr 459/2012). Średnie spalanie autobusu klasy MAXI w normie EURO6 w cyklu miejskim kształtuje się na poziomie ok 38 l/100km, natomiast autobusu klasy MIDI 28 l/100km⁹. Przy cenie 4,25 zł/litr netto oleju napędowego, koszt przejechania 100 km (wyłącznie w zakresie kosztów paliwa) autobusem klasy MAXI wynosi 161,50 zł, a autobusem klasy MIDI 119,00 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 stacji paliw, w szczególności w zajezdni.

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

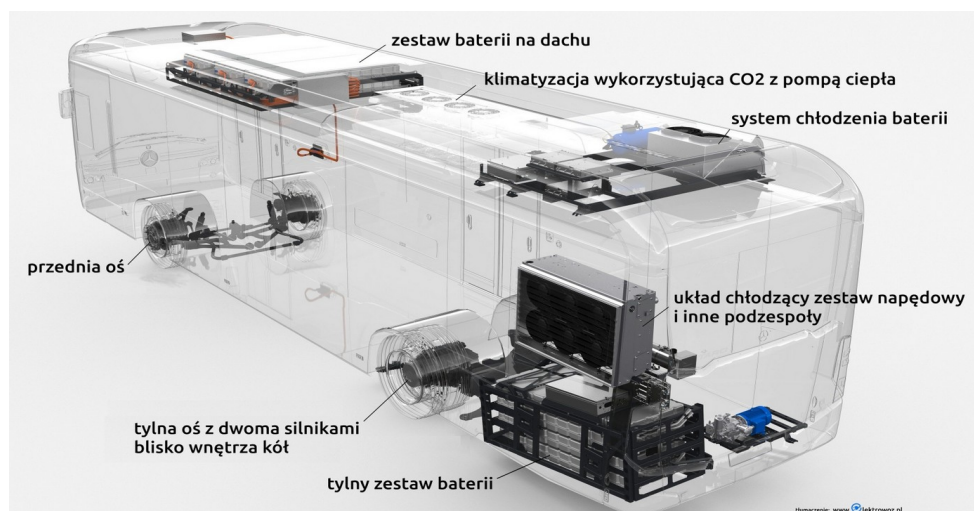
Autobusy z napędem elektrycznym charakteryzują się niskim poziomem hałasu, drgań i brakiem emisji spalin, tym samym zyskując dużą popularność zarówno w krajach europejskich jak i w Polsce.

⁹<http://www.truckauto.pl/wp-content/uploads/2014/06/8.pdf>



Autobusy elektryczne obsługują linie komunikacyjne m.in. na terenie Krakowa, Warszawy, Jaworzna, czy Ostrołki¹⁰. 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 trakcję wynosi 1,03 kWh/km¹¹, uwzględniając jednakże wykorzystanie energii na zasilanie pozostałych podzespołów (w szczególności klimatyzacji i ogrzewania) faktyczne zużycie energii w autobusach elektrycznych klasy MAXI wynosi 1,1 - 1,35 kWh/km¹², co przy koszcie 1 kWh energii elektrycznej wynoszącym ok. 0,400 zł/kWh daje koszt (wyłącznie w zakresie kosztów energii) 44 zł/100 km. Do kosztów energii konieczne będzie jednak doliczenie opłat za moc przyłączeniową stacji ładowania, które zgodnie z aktualnymi taryfami dystrybucyjnymi wynoszą 8400 zł/MW/m-c. Realny zasięg autobusów elektrycznych przy pełnym naładowaniu baterii szacować należy na 150-200 km.



Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: <https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg>

¹⁰<https://kurierkolejowy.eu/aktualnosci/31984/autobusy-elektryczne-wkraczaja-do-polskich-miast.html>

¹¹http://www.miastoitransport.il.pw.edu.pl/4_MIT2016.pdf

¹²<http://samochodelektryczne.org/>

mza_podsumowuje_pierwsze_dwa_miesiace_uzytkownia_floty_autobusow_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 pętlach końcowych w trakcie postoju – ładowanie za pośrednictwem stacji pantografowych do złącz montowanych na dachu autobusu;
- 3) krótkotrwałe doładowywanie autobusów podczas postoju na wybranych przystankach – ładowanie za pośrednictwem pętli indukcyjnych poprzez złącza montowane pod podwoziem autobusu (analogicznie do systemu pantografowego) – system narażony jest jednak na oddziaływanie warunków atmosferycznych – opady śniegu bądź deszczu 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 (za 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 pętlach.



Rysunek 5 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 – koszt ten musiałby ponieść przewoźnik, ponieważ miejsce postojowe dla autobusów poza godzinami przewozowymi nie jest zapewniane w ramach postępowania przetargowego przez Organizatora. Posiadanie wyposażonej bazy autobusowej należy do odpowiedzialności przewoźnika. Koszt stacji pantografowej (do wybudowania na terenie pętli autobusowej) to szacunkowo 500 000 zł, przy założeniu, iż nie jest wymagana budowa stacji transformatorowej. W przypadku takiej konieczności, łączną inwestycję w stację ładowania pantografowego należy szacować nawet na kwotę 1 mln zł. Trwają również prace nad rozwinięciem technologii PowerSwap, która na pętlach postojowych bądź w zajezdni umożliwiałaby szybką wymianę baterii rozładowanych na naładowane. Autobus z naładowanymi bateriami w ciągu kilku minut poświęconych na wymianę mógłby ruszać na trasę, natomiast baterie trafiłyby do stacji ładowania¹³. Na dzień sporządzania analizy jednak żaden z producentów autobusów nie posiada na dzień sporządzania analizy w swojej ofercie pojazdów wyposażonych w taką funkcjonalność. Brak również informacji, o ewentualnym komercyjnym wprowadzeniu w życie mechanizmu szybkiej wymiany baterii.

W ramach eksploatacji autobusów elektrycznych uwzględnić należy wymianę zużytych baterii, co stanowi dodatkowych koszt 800 000 zł¹⁴. Koszt zakupu samego autobusu klasy maxi to ok. 2,0 - 2,5 mln zł.

Drugim 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, a zużycie wodoru wynosi 8 kg/100 km. Za przeniesienie energii na koła odpowiada silnik elektryczny o mocy 210 kW.

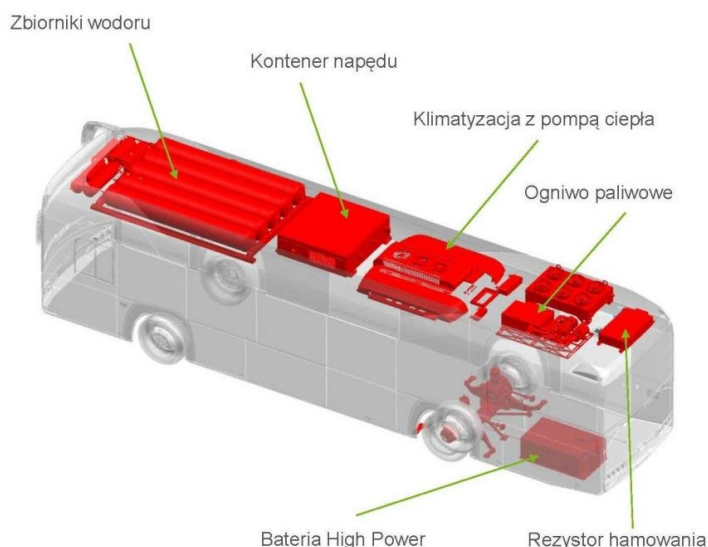
Łącznie na europejskich drogach kursuje już ponad 50 autobusów wodorowych tej marki¹⁵. Plan wdrożenia do produkcji autobusów wodorowych ogłosili również polscy producenci – Ursus (model Ursus City Smile CS12H) oraz Solaris (model Solaris Urbino 12 Hydrogen). Oba w klasie MAXI, z zasięgiem teoretycznym 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.

¹³<http://elektrowoz.pl/transport/szwedzki-powerswap-chce-wymieniac-baterie-na-stacjach-benzynowych/>

¹⁴<https://www.transport-publiczny.pl/wiadomosci/mpk-tarnow-przetestowalo-elektrobus-i-wylicza-wady-takiego-pojazdu-59229.html>

¹⁵ http://infobus.pl/autobusy-wodorowe-w-praktyce-niemcy-film-_more_106351.html





Rysunek 6 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach

Rynkowa cena wodoru (na niemieckich stacjach zasilania wodorem – w Polsce brak niestety danych porównawczych) wynosi 9,50 Euro, a więc ok 40-45 zł za kg. Autobus komunikacji miejskiej zużywa ok. 8 kg wodoru na 100 km, a więc koszt przejechania 100 km wynosiłby aktualnie aż 320 zł, a trzeba mieć na względzie jeszcze koszt budowy samej stacji zasilania, której koszt szacować należy na kwotę 4-6 mln zł. Choć technologia wodorowa pozbawiona jest wad związanych z zasilaniem autobusów energią elektryczną (niski zasięg, ograniczona żywotność baterii), a jedyną generowaną emisją jest para wodna, to jednak jest to technologia bardzo droga, a kluczem do jej rozwoju będzie obniżenie ceny pozyskiwania wodoru do poziomu który pod względem kosztów eksploatacji pozwoli konkurować z autobusami na paliwa konwencjonalne.

Zakup autobusów z napędem wodorowym, jest więc możliwy, jednakże, aktualnie na terenie kraju brak niezbędnej 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, co w ograniczonej skali organizowanego transportu jest rozwiązaniem nieuzasadnionym.

Ad. 2 Uwarunkowania lokalne - specyfika kursów

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.

Czas doładowania baterii przez stację pantografową wynosić powinien przynajmniej 15 minut (energia dostarczona w tym czasie powinna wystarczyć na dodatkowe 45 km jazdy autobusu), co oznacza konieczność przeanalizowania rozkładów jazdy pod kątem zmienionych (wydłużonych) prędkości przejazdu).

Tabela 3 Linie komunikacyjne - dzienna ilość wzk

Lp.	Linia	Typ linii	Liczba kursów w ciągu dnia	Dł. linii	Łączny przebieg dzienny
1	D1	miejska	14	17,0 km	238,00 km
2	D2	miejska	15	13,5 km	202,50 km
3	D3	miejska	15	11,50 km	172,50 km

Celem określenia czasu niezbędnego na doładowanie baterii, ilość doładowań w ciągu dnia, ilości energii w baterii oraz zużycia energii na trasie przejazdu, przy planowaniu zmian w rozkładzie, posłużono się matrycami zamieszczonymi poniżej. Skład się ona z następujących elementów:

- 1) Określenia stanu początkowego naładowania baterii oraz odległości dojazdowej od miejsca postoju do przystanku początkowego;
- 2) Zużycie energii w ramach przejazdu „TAM” i przejazdu „POWRÓT” w ramach narastających kursów w ciągu dnia;
- 3) Energię doładowaną z pantografowych stacji ładowania w czasie postojów między kursami

Dla każdej z linii sporządzono odrębną matrycę analityczną.



Tabela 4 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym

Zużycie energii	1,1	kWh/km
Wydajność ładowania baterii	3	kWh/min

Zdarzenie	Parametr	dojazd	Kolejne kursy										powrót
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Przejazd na przystanek początkowy	Odległość	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	189	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku	Czas ładowania	x	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	151,6	114,2	136,8	99,4	122	84,6	47,2	47,2	47,2	x
	Zmiana	x	0	0	60	0	60	0	0	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	189	151,6	174,2	136,8	159,4	122	84,6	47,2	47,2	47,2	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	151,6	174,2	136,8	159,4	122	84,6	47,2	47,2	47,2	x
	Zmiana	x	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	170,3	132,9	155,5	118,1	140,7	103,3	65,9	47,2	47,2	47,2	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	17,00	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	170,3	132,9	155,5	118,1	140,7	103,3	65,9	47,2	47,2	47,2	x
	Zmiana	x	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	18,7	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	151,6	114,2	136,8	99,4	122	84,6	47,2	47,2	47,2	47,2	x
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	47,2
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	36,2

Łącznie pokonany dystans	258,00	km
Zużyta energia	283,80	kWh
Doładowana energia	120,00	kWh

Zużycie energii	1,1	kWh/km
-----------------	-----	--------

Wydajność ładowania baterii	3	kWh/min
-----------------------------	---	---------

Zdarzenie	Parametr	dojazd	Kolejne kursy										powrót
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Przejazd na przystanek początkowy	Odległość	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	189	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku	Czas ładowania	x	0	0	20	0	20	0	0	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	159,3	129,6	159,9	130,2	160,5	130,8	101,1	86,25	86,25	x
	Zmiana	x	0	0	60	0	60	0	0	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	189	159,3	189,6	159,9	190,2	160,5	130,8	101,1	86,25	86,25	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	159,3	189,6	159,9	190,2	160,5	130,8	101,1	86,25	86,25	x
	Zmiana	x	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	174,15	144,45	174,75	145,05	175,35	145,65	115,95	86,25	86,25	86,25	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	13,50	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	174,15	144,45	174,75	145,05	175,35	145,65	115,95	86,25	86,25	86,25	x
	Zmiana	x	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	14,85	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	159,3	129,6	159,9	130,2	160,5	130,8	101,1	86,25	86,25	86,25	x
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	86,25
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	75,25

Łącznie pokonany dystans	222,50	km
Zużyta energia	244,75	kWh
Doładowana energia	120,00	kWh

Zużycie energii	1,1	kWh/km
Wydajność ładowania baterii	3	kWh/min

Zdarzenie	Parametr	dojazd	Kolejne kursy										powrót
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
Przejazd na przystanek początkowy	Odległość	10	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii początkowy	200	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Zmiana	11	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	Stan energii końcowy	189	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Doładowanie na przystanku	Czas ładowania	x	0	0	15	0	15	0	0	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	163,7	138,4	158,1	132,8	152,5	127,2	101,9	89,25	89,25	x
	Zmiana	x	0	0	45	0	45	0	0	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	189	163,7	183,4	158,1	177,8	152,5	127,2	101,9	89,25	89,25	x
Przejazd "tam"	Odległość	x	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	189	163,7	183,4	158,1	177,8	152,5	127,2	101,9	89,25	89,25	x
	Zmiana	x	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	176,35	151,05	170,75	145,45	165,15	139,85	114,55	89,25	89,25	89,25	x
Przejazd "powrót"	Odległość	x	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	11,50	0	0	0	x
	Stan energii początkowy	x	176,35	151,05	170,75	145,45	165,15	139,85	114,55	89,25	89,25	89,25	x
	Zmiana	x	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	12,65	0	0	0	x
	Stan energii końcowy	x	163,7	138,4	158,1	132,8	152,5	127,2	101,9	89,25	89,25	89,25	x
Powrót do zajezdni	Odległość	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	10
	Stan energii początkowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	89,25
	Zmiana	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	11
	Stan energii końcowy	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	78,25

Łącznie pokonany dystans	192,50	km
Zużyta energia	211,75	kWh
Doładowana energia	90,00	kWh

Powyższe matryce wskazują, że celem pełnej obsługi dziennie pokonywanych przebiegów przez autobusy konieczne będzie wydzielenie (przynajmniej) dwóch sesji doładowania baterii o czasie 15-20 minut (w zależności od linii) każda.

Wynik analizy technicznej

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

Dalszą analizę przeprowadzono zatem wyłącznie jako porównanie wariantu bazowego (eksploatacja autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6, bez nakładów infrastrukturalnych) oraz wariantu alternatywnego I (eksploatacja autobusów o napędzie elektrycznym, wraz z nakładami infrastrukturalnymi na budowę pantografowych stacji ładowania) Analizę wariantu II – zasilania autobusów paliwem wodorowym, zakończono na etapie analizy technicznej. Wdrożenie go w obecnym stanie rozwoju rynku oraz dostępnych rozwiązań technologicznych 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 wcześniejszymi założeniami przyjęto do analizy przejście całkowitej floty pojazdów (100%) na wariant zeroemisyjny – wykorzystanie autobusów elektrycznych.

W analizie przyjęto 10 - letni okres odniesienia w ramach którego przewidziano, jednorazową wymianę baterii w autobusie. Choć koszt ten nie będzie ponoszony bezpośrednio przez Organizatora przewozów, to wpłynie jednak na wysokość kosztu wozokilometra.

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

Ponieważ koszt wozokilometra podany w ofertach przetargowych przez przewoźników nie zawiera rozbicia na koszty rodzajowe, koszty eksploatacji i utrzymania przyjęto na bazie aktualnie posiadanej wiedzy technicznej autorów niniejszej analizy.

Analizę sporządzono w cenach stałych, według roku bazowego – bez uwzględnienia wpływu inflacji.

Analizie ekonomicznej poddano następujące warianty:

- 1) Wariant 0 - bazowy – zakup i eksploatacja autobusów z napędem konwencjonalnym;
- 2) Wariant I – alternatywny – zakup i eksploatacja autobusów z napędem elektrycznym; wraz z niezbędną infrastrukturą – pantografowymi stacjami ładowania;

Nakłady inwestycyjne

Wariant 0 – brak nakładów inwestycyjnych

Wariant I – nakład inwestycyjny związany z budową stacji ładowania autobusów: 500 000,00 zł

Koszty operacyjne

W analizie wydatków związanych z eksploatacją zakupionych pojazdów uwzględniono wydatki wynikające ze zużycia paliwa/energii oraz wydatki utrzymania i konserwacji autobusów (przeglądy, naprawy). Dodatkowo w przypadku pojazdów elektrycznych uwzględniono okresową wymianę baterii.

Zestawienie kosztów operacyjnych przyjęto w ujęciu kosztu na wozokilometr z podziałem na koszty rodzajowe obejmujące:

- zużycie paliwa
- materiały eksploatacyjne – smary, opony, filtry, części zamienne itp.
- codzienna obsługa – mycie, sprzątanie, drobne naprawy, koszty obsługi serwisowej
- ubezpieczenie i opłaty administracyjne
- wynagrodzenie kierowcy
- ogólne koszty prowadzenia działalności przewozowej – koszty zarządu, księgowości itp.

Strukturę kosztów obrazuje tabela.

Tabela 5 Porównanie kosztów wozokilometra dla poszczególnych autobusów

Pozycja/pojazd	EURO 6 MIDI	EURO 6 MAXI	Elektryczny MIDI	Elektryczny MAXI
Zużycie paliwa	1,28 zł	1,75 zł	0,40 zł	0,44 zł
Materiały eksploatacyjne	0,10 zł	0,40 zł	0,20 zł	0,30 zł
Codzienna obsługa	0,08 zł	0,40 zł	0,20 zł	0,30 zł
Ubezpieczenie i opłaty	0,10 zł	0,30 zł	0,30 zł	0,40 zł
Wynagrodzenie kierowcy	1,25 zł	1,25 zł	1,25 zł	1,25 zł
Amortyzacja pojazdu	0,75 zł	1,40 zł	1,75 zł	2,50 zł
Koszty zarządu i ogólne	0,20 zł	0,20 zł	0,20 zł	0,20 zł
Wymiana baterii	- zł	- zł	1,25 zł	1,50 zł
SUMA	3,76 zł	5,70 zł	5,55 zł	6,89 zł

Na potrzeby określenia kosztów rocznych obsługi systemu komunikacyjnego miasta przyjęto:

- Średni przebieg autobusu MIDI: 58 500 km;
- Średni przebieg autobusu MAXI: 43 500 km;

Wartość średniego przebiegu odpowiada średniej aktualnej pracy przewozowej wykonywanej w ciągu roku przez autobus DKM w Legionowie.

Pełne zestawienie kosztów komunikacyjnych przedstawiono w tabelach zamieszczonych poniżej.

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Legionowie autobusów zeroemisyjnych

Tabela 6 Koszty - wariant bazowy

Wariant bazowy					
Pozycja/Rok	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki inwestycyjne	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wydatki eksploatacyjne razem	687 870,00 zł	701 627,40 zł	715 659,95 zł	729 973,15 zł	744 572,61 zł
Autobus MIDI	439 920,00 zł	448 718,40 zł	457 692,77 zł	466 846,62 zł	476 183,56 zł
Liczba wozokilometrów	117 000	117 000	117 000	117 000	117 000
Koszt na wozokilometr	3,76 zł	3,84 zł	3,91 zł	3,99 zł	4,07 zł
Autobus MAXI	247 950,00 zł	252 909,00 zł	257 967,18 zł	263 126,52 zł	268 389,05 zł
Liczba wozokilometrów	43500	43500	43500	43500	43500
Koszt na wozokilometr	5,70 zł	5,81 zł	5,93 zł	6,05 zł	6,17 zł

Wariant bazowy					
Pozycja/Rok	2026	2027	2028	2029	2030
Wydatki inwestycyjne	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wydatki eksploatacyjne razem	759 464,06 zł	774 653,34 zł	790 146,41 zł	805 949,34 zł	822 068,33 zł
Autobus MIDI	485 707,23 zł	495 421,37 zł	505 329,80 zł	515 436,39 zł	525 745,12 zł
Liczba wozokilometrów	117 000	117 000	117 000	117 000	117 000
Koszt na wozokilometr	4,15 zł	4,23 zł	4,32 zł	4,41 zł	4,49 zł
Autobus MAXI	273 756,84 zł	279 231,97 zł	284 816,61 zł	290 512,94 zł	296 323,20 zł
Liczba wozokilometrów	43 500	43 500	43 500	43 500	43 500
Koszt na wozokilometr	6,29 zł	6,42 zł	6,55 zł	6,68 zł	6,81 zł

Tabela 7 Koszty - wariant elektryczny

Wariant elektryczny					
Pozycja/Rok	2021	2022	2023	2024	2025
Wydatki inwestycyjne	500 000,00 zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wydatki eksploatacyjne razem	949 065,00 zł	968 046,30 zł	987 407,23 zł	1 007 155,37 zł	1 027 298,48 zł
Autobus MIDI	649 350,00 zł	662 337,00 zł	675 583,74 zł	689 095,41 zł	702 877,32 zł
Liczba wozokilometrów	117 000	117 000	117 000	117 000	117 000
Koszt na wozokilometr	5,55 zł	5,66 zł	5,77 zł	5,89 zł	6,01 zł
Autobus MAXI	299 715,00 zł	305 709,30 zł	311 823,49 zł	318 059,96 zł	324 421,15 zł
Liczba wozokilometrów	43500	43500	43500	43500	43500
Koszt na wozokilometr	6,89 zł	7,03 zł	7,17 zł	7,31 zł	7,46 zł

Wariant elektryczny					
Pozycja/Rok	2026	2027	2028	2029	2030
Wydatki inwestycyjne	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wydatki eksploatacyjne razem	1 047 844,45 zł	1 068 801,34 zł	1 090 177,36 zł	1 111 980,91 zł	1 134 220,53 zł
Autobus MIDI	716 934,87 zł	731 273,57 zł	745 899,04 zł	760 817,02 zł	776 033,36 zł
Liczba wozokilometrów	117 000	117 000	117 000	117 000	117 000
Koszt na wozokilometr	6,13 zł	6,25 zł	6,38 zł	6,50 zł	6,63 zł
Autobus MAXI	330 909,58 zł	337 527,77 zł	344 278,32 zł	351 163,89 zł	358 187,17 zł
Liczba wozokilometrów	43500	43500	43500	43500	43500
Koszt na wozokilometr	7,61 zł	7,76 zł	7,91 zł	8,07 zł	8,23 zł

Na łączny koszt utrzymania komunikacji przez okres analizy - 10 lat składają się:

- nakłady inwestycyjne (ponoszone bezpośrednio przez Gminę Miejską Legionowo);
- nakłady eksploatacyjne (ponoszone pośrednio jako koszt wozokilometra zadeklarowany przez przewoźników w ramach postępowania przetargowego);

Tabela 8 Zestawienie 10-letnich kosztów utrzymania systemu komunikacji

Wariant	Łączna kwota
Wariant bazowy	7 531 984,58 zł
Wariant elektryczny	11 022 196,58 zł

Różnica między wariantami wynosi 3 490 211 zł, co oznaczałoby że obecny koszt obsługi komunikacji wzrósłby o ok. 350 000 zł.

VII. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH WARIANTÓW INWESTYCYJNYCH

Efektom spalania paliw w silnikach spalinowych jest powstanie 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 EURO6.

Tabela 9 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6

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

Podstawą określenia emisyjności poszczególnych substancji jest zatem wykonywana praca przewozowa – ilość przejechanych kilometrów.

Norma EURO6, nie określa jednakże faktycznego poziomu emisji dwutlenku węgla. Do obliczeń w tym zakresie, przyjęto zatem średni wskaźnik emisji dla autobusu spalinowego wynoszący 1200 g/km.

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

Tabela 10 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

Porównanie efektu ekologicznego inwestycji w odniesieniu do jednego roku eksploatacji, zamieszczono w tabeli poniżej.

Tabela 11 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych

Pozycja	Wariant bazowy	Wariant I - autobus elektryczny – emisja z systemu elektroenergetycznego	Wariant I - autobus elektryczny – emisja w miejscu eksploatacji	Jednostka
Łączny przebieg	160 500	160 500	160 500	km
Emisja CO (tlenek węgla)	80,25	41,31	-	kg
Emisja HC/THC (węglowodory)	27,29	-	-	kg
Emisja NO_x (tlenki azotu)	12,84	168,43	-	kg
Emisja PM (pyły)	0,72	10,95	-	kg
Emisja CO₂ (dwutlenek węgla)	192 600,00	140 886,90	-	kg

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 CUPT¹⁶. 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.

¹⁶ 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. Wariant bazowy (napęd spalinowy) skutkuje kilkukrotnie większym poziomem kosztów środowiskowych, niż w przypadku wariantu elektrycznego, co wynika przede wszystkim z różnicy w poziomie emisji pojazdów zasilanych olejem napędowym i elektrycznym. Szczegółowe obliczenia zamieszczono w tabelach.



Rysunek 7 Porównanie kosztów społecznych

Tabela 12 Koszty społeczne - wariant bazowy

Wariant bazowy					
Pozycja/Rok	2021	2022	2023	2024	2025
Koszt zmian klimatycznych	32 655,47 zł	33 615,93 zł	34 576,38 zł	35 536,84 zł	36 497,29 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
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	192,60	192,60	192,60	192,60	192,60
Koszty hałasu	3 335,02 zł	3 438,29 zł	3 542,37 zł	3 647,18 zł	3 743,88 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł
Liczba wozokilometrów [km]	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	1 850,35 zł	1 907,65 zł	1 965,39 zł	2 023,54 zł	2 077,20 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
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
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
Emisja PM [MgPM]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Koszty społeczne razem	37 840,84 zł	38 961,86 zł	40 084,14 zł	41 207,56 zł	42 318,37 zł

Pozycja/Rok	2026	2027	2028	2029	2030
Koszt zmian klimatycznych	40 339,11 zł	41 299,57 zł	42 260,02 zł	43 220,48 zł	44 180,93 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
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	192,60	192,60	192,60	192,60	192,60
Koszty hałasu	4 140,27 zł	4 243,16 zł	4 345,81 zł	4 451,56 zł	4 557,02 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł
Liczba wozokilometrów [km]	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	2 297,12 zł	2 354,20 zł	2 411,16 zł	2 469,83 zł	2 528,34 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
Emisja NO _x [MgNO _x]	0,013	0,013	0,013	0,013	0,013
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
Emisja PM [MgPM]	0,001	0,001	0,001	0,001	0,001
Koszty społeczne razem	46 776,51 zł	47 896,93 zł	49 016,99 zł	50 141,87 zł	51 266,29 zł

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Legionowie autobusów zeroemisyjnych

Tabela 13 Koszty społeczne - wariant I - autobusy elektryczne

Wariant elektryczny					
Pozycja/Rok	2021	2022	2023	2024	2025
Koszt zmian klimatycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	-	-	-	-
Koszty hałasu	3 335,02 zł	3 438,29 zł	3 542,37 zł	3 647,18 zł	3 743,88 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,021 zł	0,021 zł	0,022 zł	0,023 zł	0,023 zł
Liczba wozokilometrów [km]	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	-	-	-	-	-
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja PM [MgPM]	-	-	-	-	-
Koszty społeczne razem	3 335,02 zł	3 438,29 zł	3 542,37 zł	3 647,18 zł	3 743,88 zł

Pozycja/Rok	2026	2027	2028	2029	2030
Koszt zmian klimatycznych	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Wartość emisji gazów cieplarnianych wg Europejskiego Banku Inwestycyjnego [PLN/MgCO ₂]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja CO ₂ [MgCO ₂]	-	-	-	-	-
Koszty hałasu	4 140,27 zł	4 243,16 zł	4 345,81 zł	4 451,56 zł	4 557,02 zł
Krańcowe koszty zewnętrzne hałasu [zł/wozokilometr]	0,026 zł	0,026 zł	0,027 zł	0,028 zł	0,028 zł
Liczba wozokilometrów [km]	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00	160 500,00
Koszt zanieczyszczenia powietrza	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgNO _x]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja NO _x [MgNO _x]	-	-	-	-	-
Koszty jednostkowy emisji zanieczyszczeń w transporcie lądowym na tonę substancji wyemitowanej [zł/1MgPM]	- zł	- zł	- zł	- zł	- zł
Emisja PM [MgPM]	-	-	-	-	-
Koszty społeczne razem	4 140,27 zł	4 243,16 zł	4 345,81 zł	4 451,56 zł	4 557,02 zł

IX. WNIOSKI I REKOMENDACJE

W ramach analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Legionowie autobusów zeroemisyjnych, przeanalizowano zasadność modernizacji taboru autobusowego w trzech wariantach:

- 1) Wariantie bazowym – z wykorzystaniem autobusów o napędzie konwencjonalnym spełniającym wymogi normy EURO6;
- 2) Wariantie alternatywnym I – z wykorzystaniem autobusów o napędzie elektrycznym;
- 3) Wariantie alternatywnym II – z wykorzystaniem autobusów o napędzie wodorowym;

Pierwszym elementem analizy była ocena techniczna wdrożenia każdego z ww. rozwiązań. Analiza wykazała jednak, że w świetle dostępnych rozwiązań technicznych, wprowadzenie do eksploatacji autobusów o napędzie wodorowym nie jest możliwe. Tym samym analizę II wariantu alternatywnego na tym etapie zakończono, wykluczając możliwość realizacji.

Drugi element analizy stanowiła ocena finansowa inwestycji.

W kosztach realizacji inwestycji uwzględniono:

- 1) Koszty inwestycyjne;
- 2) Koszty paliwa/energii;
- 3) Koszty eksploatacji, serwisowania oraz koszty ogólne świadczenia usług przewozowych;

Przyjmując horyzont czasowy analizy wynoszący 10 lat, oszacowano łączną kwotę obsługi DKM w Legionowie przez ten okres.

Tabela 14 Porównanie kosztów obsługi komunikacji miejskiej przez okres 10 lat.

Wariant	Łączna kwota
Wariant bazowy	7 531 984,58 zł
Wariant elektryczny	11 022 196,58 zł

Analiza wykazała, że wykorzystanie autobusów elektrycznych w komunikacji zwiększyłoby wydatki roczne na komunikację miejską o ok. 350 000 zł.

W trzecim elemencie analizy podjęto problematykę efektów środowiskowych inwestycji, szacując wpływ komunikacji miejskiej 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 w ramach analizy kosztów społecznych – środowiskowych.

Tabela 15 Porównanie kosztów społecznych - środowiskowych przez okres 10 lat

Wariant	Łączna kwota
Wariant bazowy	445 511,36 zł
Wariant elektryczny	39 444,56 zł

Łączne wyniki analizy finansowej oraz społeczno-ekonomicznej przedstawia tabela oraz wykres zamieszczony poniżej.

Tabela 16 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji

Pozycja	Wariant 0 – autobusy o napędzie konwencjonalnym	Wariant I - autobusy elektryczne
Koszty finansowe	7 531 984,58 zł	11 022 196,58 zł
Koszty społeczno-ekonomiczne	445 511,36 zł	39 444,56 zł
SUMA	7 977 498,94 zł	11 061 641,14 zł

Jak wskazuje tabela, korzyści środowiskowe nie rekompensują zwiększonego kosztu obsługi komunikacji miejskiej. Wg. przyjętych założeń w roku 2020 w ramach DKM w Legionowie zostanie zrealizowane ok. 160 000 wzkm, przy średniej cenie wzkm wynoszącej 4,36 zł/wzkm. Postawienie w przetargu wymogu wykorzystania w komunikacji autobusów elektrycznych, przy utrzymaniu ilości realizowanych wozokilometrów wpłynęło by na zwiększenie kosztu wzkm do kwoty wynoszącej 6,04 zł/wzkm, a więc o 1,68 zł więcej niż obecnie. Przy czym jest to wartość wyłącznie kosztów przewoźnika, nieuwzględniająca kosztów uruchomienia i utrzymania stacji ładowania pojazdów elektrycznych, która w przeliczeniu na realizowane wozokilometry podniesie koszt obsługi dodatkowo o ok. 0,20 zł/wzkm.

Ponieważ przewoźnicy obsługujący poszczególne linie komunikacji miejskiej wybierani są w drodze postępowania przetargowego należy mieć na względzie dodatkowe ryzyka – trudności organizacyjne:

1. Według posiadanych informacji, lokalni przewoźnicy prywatni nie posiadają w swoich flotach autobusów z napędem elektrycznym. Inwestycje w tabor zeroemisyjny, prowadziły jak dotąd jedynie spółki/jednostki organizacyjne dużych miast (np. ZTM w Warszawie, MPK w Krakowie). Chcąc ubiegać się o obsługę DKM w Legionowie autobusami elektrycznymi, prywatni przewoźnicy musieliby dokonać nowych inwestycji taborowych. Rodzi to zarówno dodatkowy koszt amortyzacji nowego autobusu (główny czynnik wpływający na wzrost kosztu wozokilometra), jak i oczekiwanie przewoźników aby przetarg na usługi przewozowe obejmował dłuższy horyzont czasowy. W przypadku (jak obecnie) jednorocznego okresu

świadczenia, przewoźnikom nie zwrócą się nakłady chociażby na własne stacje ładowania, czy przeszkolenia dla kierowców. Ustalenie okresu (ilości lat), które powinno obejmować postępowanie przetargowe powinien nastąpić w ustaleniu z przewoźnikami (prawdopodobnie oczekiwanym okresem będzie przynajmniej okres 5 lat).

2. Doładowywanie autobusów w czasie wykonywania kursów następowałoby ze stacji ładowania należącej do miasta, a nie do przewoźników co wymagałoby stworzenia konstrukcji prawnej dla rozliczania pobranej energii, zwłaszcza, jeżeli budowa nastąpiłaby przy współfinansowaniu ze środków UE, co uniemożliwiłoby w okresie trwałości pobieranie opłat za energię, podczas gdy równocześnie, darmowe doładowywanie baterii autobusów dla prywatnych przewoźników stanowiłoby niedozwoloną pomoc publiczną, a także stanowiłoby dodatkowy koszt dla budżetu Gminy.
3. Montaż i parametry stacji ładowania powinien zostać określony w uzgodnieniu z ZTM w Warszawie oraz producentami autobusów, celem zapewnienia kompatybilności złącz ładujących z różnymi modelami pojazdów.

W związku z powyższym, organizator – Gmina Miejska Legionowo, zlecając świadczenie usług komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym, nie musi zapewniać określonego w art. 36 Ustawy o elektromobilności udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów, gdyż przejście na komunikację zeroemisyjną w skali organizowanego transportu nie znajduje uzasadnienia. Konkluzja ta wynika ze znacząco wyższego kosztu eksploatacji pojazdów elektrycznych, które nie rekompensują osiągniętych korzyści ekonomicznych.

Zgodnie z art. 37 Ustawy, przystąpienie do ponownej analizy powinno nastąpić nie później w terminie 36 miesięcy od zatwierdzenia niniejszego dokumentu.

X. SPIS TABEL

Tabela 1 Wykaz linii DKM Legionowo.....	11
Tabela 2 Planowany udział zmodernizowanych pojazdów w całkowitym taborze miejskim.....	14
Tabela 3 Linie komunikacyjne - dzienna ilość wzkm.....	21
Tabela 4 Matryca obsługi linii autobusem z zasilaniem bateryjnym.....	22
Tabela 5 Porównanie kosztów wozokilometra dla poszczególnych autobusów.....	27
Tabela 6 Koszty - wariant bazowy.....	28
Tabela 7 Koszty - wariant elektryczny.....	28
Tabela 8 Zestawienie 10-letnich kosztów utrzymania systemu komunikacji.....	29
Tabela 9 Wartość dopuszczalnych poziomów zanieczyszczeń dla normy EURO6.....	30
Tabela 10 Wskaźniki emisyjności – autobus elektryczny.....	31
Tabela 11 Porównanie emisyjności w wariantach inwestycyjnych.....	31
Tabela 12 Koszty społeczne - wariant bazowy.....	34
Tabela 13 Koszty społeczne - wariant I - autobusy elektryczne.....	35
Tabela 14 Porównanie kosztów obsługi komunikacji miejskiej przez okres 10 lat.....	36
Tabela 15 Porównanie kosztów społecznych - środowiskowych przez okres 10 lat.....	37
Tabela 16 Zestawienie kosztów finansowych oraz społeczno-ekonomicznych inwestycji.....	37

XI. SPIS ILUSTRACJI

Rysunek 1 Graficzny schemat wykonania obowiązku ustawowego w zakresie sporządzenia Analizy Kosztów i Korzyści.....	7
Rysunek 2 Obszar transportowy – Legionowo na tle powiatu legionowskiego.....	10
Rysunek 3 Pętla autobusowa przy ul. Mickiewicza.....	13
Rysunek 4 Schemat budowy autobusu elektrycznego, źródło: https://elektrowoz.pl/wp-content/uploads/2018/07/Schemat-budowy-elektrycznego-autobusu-eCitaro.jpg	17
Rysunek 5 Pantografowa stacja ładowania autobusów elektrycznych w Jaworznie, źródło: https://www.transport-publiczny.pl/img/jaworznostacja1.jpg_678-443.jpg	18
Rysunek 6 Autobus wodorowy Solaris Urbino 12 Hydrogen, źródło: Solaris Bus&Coach.....	20
Rysunek 7 Porównanie kosztów społecznych.....	33