

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
DLA GMINY OLSZTYN

Audytel S.A.

30 październik 2024

Wersja 3.0

Historia wersji

Numer wersji	Data wersji	Opis zmian
1	20.09.2024	Utworzenie dokumentu.
2	21.10.2024	Naniesienie uwag Zamawiającego.
3	30.10.2024	Naniesienie uwag Zamawiającego nr 2.

Spis treści

1.	Wykaz skrótów i definicji	5
2.	Wprowadzenie	6
2.1.	Cel prowadzonych prac	6
2.2.	Podstawa realizacji analizy	7
3.	Metodyka prowadzonych prac.....	8
3.1.	Podsumowanie	8
4.	Charakterystyka obszaru objętego analizą.....	9
4.1.	Obszar objęty analizą	9
4.2.	Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK.....	9
4.2.1.	System transportowy na obszarze objętym analizą	12
4.2.2.	Tabor autobusowy	22
4.2.3.	Podsumowanie.....	25
5.	Plan wymiany i rozwoju istniejącej infrastruktury komunikacyjnej.....	26
5.1.	Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Olsztyna	26
5.2.	Dostępne rodzaje napędu.....	29
5.2.1.	Pojazdy elektryczne	29
5.2.2.	Pojazdy zasilane wodorem	32
5.3.	Plan rozwoju taboru autobusowego	35
5.3.1.	Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty	37
5.3.2.	Wariant 1 - wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności	38
5.3.3.	Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności	53
6.	Analiza finansowo-ekonomiczna	56
6.1.	Założenia do analizy.....	56
6.2.	Analiza sytuacji finansowej Gminy	57
6.3.	Analiza sytuacji finansowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o. o. w Olsztynie	58
6.4.	Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty	60
6.5.	Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności	62
6.6.	Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności.....	64
6.7.	Podsumowanie	66
7.	Analiza społeczno-ekonomiczna	68
7.1.	Szacowanie efektów środowiskowych	68
7.1.1.	Emisje	68
7.1.2.	Hałas	69

7.1.3.	Wskaźniki ekonomiczne.....	69
7.1.4.	Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty	70
7.1.5.	Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności.....	71
7.1.6.	Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności	72
7.1.7.	Podsumowanie.....	73
7.2.	Analiza ryzyka.....	75
7.2.1.	Identyfikacja czynników ryzyka	75
7.2.2.	Analiza jakościowa ryzyka	77
7.2.3.	Matryca ryzyka	78
8.	Podsumowanie i wnioski	80
9.	Spis rysunków	82
10.	Spis tabel	83
11.	Spis wykresów	85
12.	Spis załączników	86

1. Wykaz skrótów i definicji

AKK	Analiza kosztów i korzyści
Autobus zeroemisyjny	Autobus wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji, oraz trolejbus ¹ .
B/C	Stosunek zdyskontowanych przychodów z projektu do zdyskontowanych wydatków.
BEV	Pojazd elektryczny zasilany bateriami (ang. Battery Electric Vehicle).
ENPV	Ekonomiczna wartość bieżąca netto.
EV	Pojazd elektryczny (ang. Electric Vehicle).
FNPV	Finansowa wartość bieżąca netto, metoda oceny efektywności ekonomicznej inwestycji rzeczowej.
kVA	Kilowoltamper, jednostka miary mocy pozornej, używana do określania mocy znamionowej.
LEV	Pojazd niskoemisyjny (ang. Low Emission Vehicle)
LNG	Skroplony gaz ziemny, forma gazu pod wysokim ciśnieniem i w niskiej temperaturze, umożliwiające utrzymywanie gazu w postaci ciekłej (ang. Liquefied Natural Gas).
NGV	Zbiorcza nazwa pojazdów LNG i CNG (ang, Natural Gas Vehicles).
Niska emisja	Emisja produktów spalania paliw stałych, ciekłych i gazowych do atmosfery ze źródeł emisji (emiterów) znajdujących się na wysokości nie większej niż 40 m.
Nn	Sieć elektroenergetyczna niskiego napięcia, w której napięcie znamionowe nie przekracza 1 kV.
SN	Sieć elektroenergetyczna średniego napięcia, w której napięcie znamionowe zawiera się w przedziale od 1 kV do 60 kV.
WCP	Wskaźnik czasu przejazdu.
Wzkm	Wozokilometr - jednostka obliczeniowa stosowana w transporcie kołowym, równa jednemu kilometrowi drogi wykonanej przez środki transportu w określonym czasie.
ZDZiT	Zarząd Dróg, Zieleni i Transportu w Olsztynie.
ZEV	Pojazd zeroemisyjny (and. Zero Emission Vehicle).

¹ Art. 2 ust. 1 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (Dz.U. 2021 poz. 875 z późn. zm.)

2. Wprowadzenie

2.1. Cel prowadzonych prac

Na podstawie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych Jednostki Samorządu Terytorialnego o liczbie mieszkańców powyżej 50 000 mają obowiązek sporządzić 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 cieplarnianych². Pierwszą taką analizę należało sporządzić do dnia 31 grudnia 2018 r. a każdą kolejną co 36 miesięcy. Niniejszy dokument stanowi aktualizację analizy kosztów i korzyści sporządzonej w 2021 roku.

Przeprowadzona w 2018 roku analiza wskazała, że właściwym kierunkiem dla miasta są inwestycje w rozwój sieci tramwajowej. Z wyników wynika, że wariant zakładający wymianę części taboru na autobusy elektryczne mógłby stanowić jedynie uzupełnienie transportu publicznego. Jednak z powodu wysokich kosztów związanych z zakupem pojazdów oraz budową infrastruktury ładowania, inwestycja ta nie jest opłacalna w najbliższej przyszłości.

W 2021 roku przeprowadzono kolejną analizę kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych w komunikacji miejskiej w Olsztynie, w której zaprezentowano cztery warianty, w tym wariant bazowy, które różnią się rodzajem napędu autobusów miejskich:

- Wariant bazowy – obejmuje użycie konwencjonalnych autobusów z silnikami diesla spełniającymi normy emisji EURO6, jako punkt odniesienia.
- Wariant I – dotyczy wprowadzenia autobusów elektrycznych.
- Wariant II – sugeruje wprowadzenie autobusów gazowych zasilanych sprężonym gazem ziemnym (CNG).
- Wariant III – zakłada eksploatację autobusów wodorowych.

Autorzy analizy z 2021 roku przeanalizowali techniczne możliwości wdrożenia każdego z tych wariantów oraz ocenili rentowność inwestycji w zeroemisyjny tabor zgodnie z wcześniej przyjętymi założeniami. Zbadano również wpływ na środowisko wynikający z użytkowania różnych typów napędów. Wyniki wskazują, że pojazdy elektryczne i wodorowe mają najmniejszy negatywny wpływ na środowisko. Jednak inwestycja w tabor zeroemisyjny jest około dwukrotnie droższa niż w tabor tradycyjny. Koszty eksploatacyjne również były niższe dla wariantu konwencjonalnego. Analiza wykazała zatem, że bez odpowiedniego dofinansowania na zakup pojazdów elektrycznych lub wodorowych, ich użytkowanie, choć korzystne dla środowiska, jest nieuzasadnione z ekonomicznego punktu widzenia ze względu na wyższe koszty zakupu i utrzymania.

² Art. 37, ust. 1 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz.U. 2021 poz. 875 z późn.zm.)

2.2. Podstawa realizacji analizy

Poniższy dokument został sporządzony na podstawie umowy zawartej dnia 17 czerwca 2024 r. pomiędzy Gminą Olsztyn, pl. Jana Pawła II 1, 10-101 Olsztyn, reprezentowaną przez Prezydenta Olsztyna w imieniu, którego działa Dyrektor Wydziału Inwestycji Miejskich, a firmą Audytel S.A.

3. Metodyka prowadzonych prac

Analiza została sporządzona na podstawie udostępnionych przez Zamawiającego danych oraz ogólnodostępnych dokumentów, zgodnie z wytycznymi znajdującymi się w poniższych dokumentach:

- M. Gromadzki, *„Zasady opracowania wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Praktyczny przewodnik dla samorządów”*, Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, Warszawa, czerwiec 2018 r.
- *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach.* Jaspers, sierpień 2023 r.;
- *Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta*, CUPT, 2016 r.
- Oraz doświadczeń z rynku energii oraz analiz rynku transportu publicznego.

3.1. Podsumowanie

Dokument został sporządzony zgodnie z wymaganiami Ustawy o elektromobilności przez zespół realizatorski Audytel S.A. na zlecenie Gminy Olsztyn. W celu przygotowania materiału wyjściowego do analiz przeprowadzono spotkania oraz zebrano niezbędne dane od przedstawicieli Zarządu Dróg, Zieleni i Transportu w Olsztynie, Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego w Olsztynie, Konsorcjum Firm Meteor Sp. z o.o. oraz IREX-3 Sp. z o.o. Oddział Olsztyn, Energa Operator Oddział w Olsztynie. Analiza kosztów i korzyści została sporządzona zgodnie z wymaganiami zawartymi w dokumentach wskazanych jako wytyczne przez organ ustawodawczy.

4. Charakterystyka obszaru objętego analizą

4.1. Obszar objęty analizą

Niniejsza analiza kosztów i korzyści obejmuje obszar Gminy Miasto Olsztyn oraz gmin sąsiadujących, obsługiwanych przez Zakład Komunikacji Miejskiej Olsztyn, tj.: gmina miejsko-wiejska Barczewo, gmina wiejska Dywity, gmina wiejska Stawiguda, gmina miejsko-wiejska Olsztynek, gmina wiejska Purda, gmina wiejska Jonkowo.

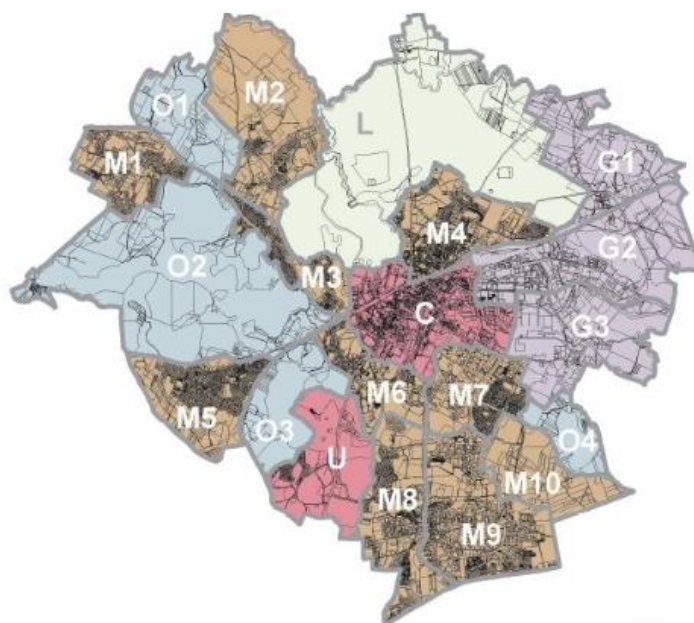
4.2. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK

Miasto Olsztyn jest największym miastem w województwie warmińsko-mazurskim. Granice administracyjne obejmują obszar 88,33 km². Zamieszkiwane jest przez 167 311 osób³, co nakłada na miasto Olsztyn obowiązek sporządzania co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści.

Studium uwarunkowań i kierunków rozwoju podzieliło miasto na strefy w zależności od rodzaju zabudowy. Są to strefy: centralna śródmiejska (C), uniwersytecka (U), mieszkaniowa (M1 do M10), usługowo-gospodarcza (G1 do G3) oraz otoczenie jezior i Lasu Miejskiego (O1 do O4 i L).

Miasto Olsztyn podzielony jest na 23 osiedla, będące jednostkami pomocniczymi gminy. Średnia gęstość zaludnienia w Mieście Olsztyn w roku 2023 wynosiła: 1894,4 mieszkańca/km².

Rysunek 1. Podział Olsztyna na strefy.



Źródło: Studium uwarunkowań i kierunków rozwoju zagospodarowania przestrzennego Olsztyna, załącznik do Uchwały nr XXXVII/660/13 Rady Miasta Olsztyna z dn. 16.05.2013 r., s. 31

³ Bank Danych Lokalnych GUS, stan na 2023r., ostatnia aktualizacja 2024-06-07.

Rysunek 2. Położenie Olsztyna na tle województwa, obszaru funkcjonalnego i powiatu olsztyńskiego.



Źródło: gminy.pl, encyklopedia.warmia.mazury.pl, wikimedia.org

Infrastruktura elektroenergetyczna w Olsztynie

Sieć przesyłowa

Operatorem sieci przesyłowej w Polsce jest spółka PSE S.A. Działalność spółki obejmuje przede wszystkim przesyłanie energii elektrycznej, eksploatację sieci przesyłowej oraz krajowy i zagraniczny obrót energią elektryczną. Ponadto PSE jest właścicielem sieci najwyższych napięć. W poniższej tabeli zestawiono linie przesyłowe, znajdujące się na terenie Miasta Olsztyn oraz w jej otoczeniu.

Tabela 1. Zestawienie linii znajdujących się na terenie Miasta Olsztyn oraz w jego otoczeniu.

L.p.	Relacja	Napięcie
		[kV]
1.	Gdańsk Błonia – Olsztyn Mątki	400
2.	Olsztyn Mątki – Olsztyn I	400 pracujące na 220
3.	Olsztyn Mątki – Ostrołęka	400
4.	Olsztyn I – Ostrołęka	400 pracujące na 220
5.	Olsztyn I – Włocławek	220

Źródło: Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, <https://www.pse.pl/obszary-dzialalnosci/krajowy-system-elektroenergetyczny/plan-sieci-elektroenergetycznej-najwyzszych-napiec>, data dostępu: 13.08.2024 r.

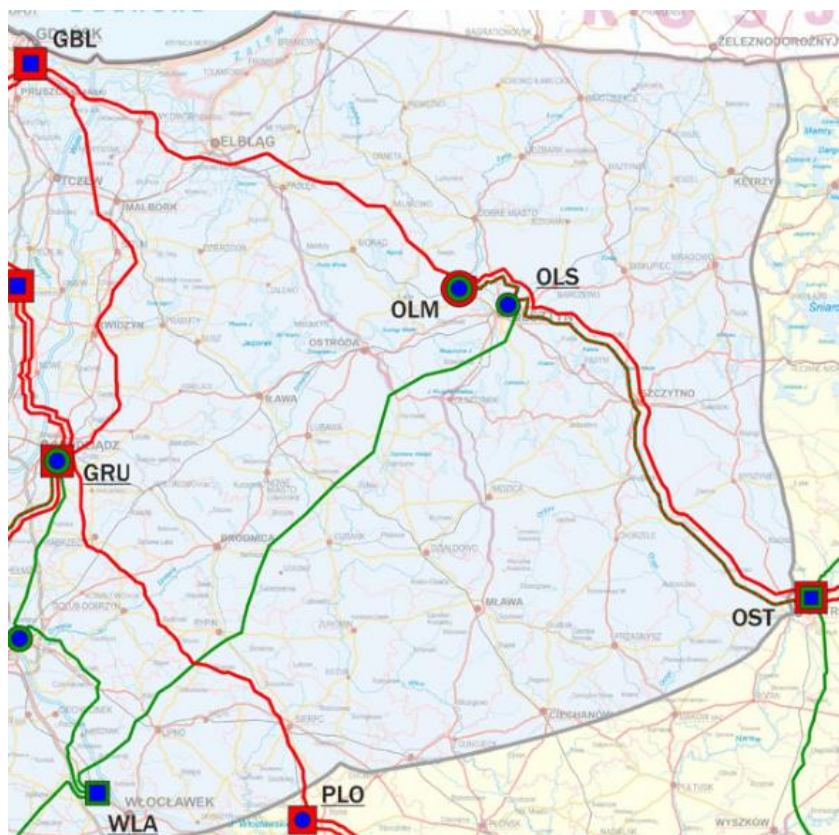
W tabeli poniżej zestawiono dane dotyczące wykazu stacji transformatorowych na terenie Miasta Olsztyn. Prognoza do roku 2035 nie przewiduje stawiania nowych stacji, zakłada jedynie wymianę transformatorów 16 MVA na układy o mocy 25 MVA.

Tabela 2 Zestawienie stacji transformatorowych znajdujących się w otoczeniu Miasta Olsztyn, obsługiwanych przez operatora sieci przesyłowej.

L.p.	Stacja transformatorowa	Moc [MVA]
1.	GPZ OLSZTYN 1	2 x 25
2.	GPZ OLSZTYN POŁUDNIE	2 x 25
3.	GPZ OLSZTYN PÓŁNOC	2 x 25
4.	GPZ OLSZTYN WSCHÓD	2 x 16
5.	GPZ OLSZTYN ZACHÓD	2 x 25
6.	GPZ OLSZTYN JAROTY	1 x 25
7.	GPZ OLSZTYN CENTRUM	2 x 25

Źródło: Plan gospodarki niskoemisyjnej dla miasta Olsztyn.

Powyższe dane, dotyczące linii oraz stacji elektroenergetycznych, zostały przedstawione na poniższym rysunku.

Rysunek 3 Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć w okolicy Olsztyna.

Źródło: Plan sieci elektroenergetycznej najwyższych napięć, <https://www.pse.pl/obszary-dzialalnosci/krajowy-system-elektroenergetyczny/plan-sieci-elektroenergetycznej-najwyzszych-napiec>, data dostępu: 13.08.2024 r.

Sieć dystrybucyjna

Sieć dystrybucyjna i sieci niskiego napięcia podlegają w większości zakładom energetycznym. Przesyłanie oraz dystrybucja energii elektrycznej na obszarze miasta jest przedmiotem działalności spółki ENERGA-OPERATOR S.A. Sieci rozdzielcze są wykorzystywane do rozdziału energii pomiędzy odbiorców. Miejskie sieci elektroenergetyczne obejmują sieci niskiego napięcia, średniego napięcia oraz sieć 110 kV.

4.2.1. System transportowy na obszarze objętym analizą

Organizator oraz przewoźnicy realizujący transport publiczny

Od 2013 r. organizatorem transportu publicznego dla miasta Olsztyn oraz gmin ościennych, w zakresie zwartych porozumień, jest Zarząd Dróg, Zieleni i Transportu w Olsztynie (dalej ZDZiT) powołany przez Radę Miasta.

Na zlecenie ZDZiT lokalny transport zbiorowy realizują dwie firmy:

- Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne spółka z ograniczoną odpowiedzialnością – operator wewnętrzny,
- Konsorcjum Firm Meteor oraz IREX-3 oddział Olsztyn.

Pomiędzy Miejskim Przedsiębiorstwem Komunikacyjnym w Olsztynie sp. z o.o. a Gminą Olsztyn zostały zawarte dwie umowy wykonawcze: na świadczenie usług komunikacji miejskiej w zakresie przewozów tramwajowych (dnia 5 listopada 2015 r.) oraz o powierzeniu podmiotowi wewnętrznemu Gminy Olsztyn wykonywania zadań w zakresie publicznego transportu zbiorowego (dnia 28 grudnia 2012 r.). Obie, powyższe umowy obowiązują na czas określony - do 30 września 2027 r. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne dysponuje 147 autobusami oraz 27 tramwajami (dane z dnia 03.07.2024 r.).

Umowa na świadczenie usług komunikacji miejskiej w Olsztynie w zakresie przewozów autobusowych w latach 2015-2025, została zawarta w trybie przetargu nieograniczonego, między Gminą Olsztyn a konsorcjum firm: Meteor sp. z o.o. oraz IREX-3 sp. z o.o. Umowa została zawarta dn. 3 października 2015 r. i obowiązuje przez 10 lat (tj. do 3 października 2025 r.). Na mocy tego dokumentu konsorcjum firm zobowiązało się do wykorzystania minimum 23 autobusów w celu realizacji przedmiotu umowy (maksymalnie 20 autobusów w ruchu w ciągu dnia oraz 3 autobusy stanowiące tzw. rezerwę minimalną Operatora). Oszacowane zostało, że konsorcjum będzie realizowało miesięcznie 108 333,333 wzkm, z możliwością ograniczenia maksymalnie o 5% wzkm. Ponadto umowa określa, że wynagrodzenie operatora za cały okres świadczenia powyższych usług nie może przekroczyć kwoty 123 343 999,62 zł netto. Po przeprowadzonych w 2017 r. negocjacjach dotyczących powyższej umowy ustalono, że wykonawca w jednym dniu wykorzysta w ruchu dodatkowo maksymalnie 10 autobusów. Konsorcjum firm Meteor sp. z o.o. oraz IREX-3 sp. z o.o. dysponuje 33 autobusami.

Konsorcjum firm: Meteor sp. Z o.o. oraz IREX-3 sp. z o.o. realizuje usługi transportu publicznego na wyznaczonych przez organizatora (ZDZiT) trasach o określonych rozkładach jazdy i z wyznaczonymi przystankami.

Porozumienia międzygminne

Porozumienia międzygminne w zakresie realizacji transportu publicznego, obowiązują dla pięciu gmin (dane z dnia 19.07.2024 r.):

- Dywity (porozumienie zawarte dn. 23 czerwca 2016 r.),
- Purda (porozumienie zawarte dn. 3 lipca 2018 r.),
- Stawiguda (porozumienie zawarte dn. 10 sierpnia 2018 r.),
- Olsztynek (porozumienie zawarte dn. 18 września 2018 r.),
- Barczewo (porozumienie zawarte dn. 6 maja 2019 r.).

Dokumenty dotyczą powierzenia Gminie Olsztyn wykonywania przewozów komunikacji miejskiej. ZDZiT w Olsztynie w ramach porozumienia organizuje komunikację miejską w oparciu o rozkład jazdy linii komunikacyjnych, których trasy przebiegają na terenie gminy.

Tabela 3. Podsumowanie porozumień międzygminnych.

Gmina	Linia	Dystans (część obciążenia) [km]		Praca przewozowa w 2024 r. [wzkm]	Koszt łączny obsługi gminy w 2024 r. [netto zł]
		„Tam”	„Powrót”		
Dywity	108	26,022 (100%)		315 548,43	3 489 966,61
	110	11,418 (100%)	11,597 (100%)		
	112	26,053 (100%)			
Purda	105	3,268 (100%)	3,388 (100%)	14 776,32	163 426,10
Stawiguda	129	20,784 (50%)	21,410 (50%)	28 231,24	312 237,51
Olsztynek	129	20,784 (50%)	21,410 (50%)	40 203,81	384 348,41
	129	6,513 (100%)	5,650 (100%)		
Barczewo	114	18,001 (100%)	17,260 (100%)	277 409,00	3 068 143,57
	124	18,320 (100%)	18,274 (100%)		
	125	17,663 (100%)			
	115	19,969 (100%)			

Źródło: ZDZiT

Charakterystyka funkcjonowania sieci i systemu komunikacji

Na terenie Olsztyna i gmin sąsiadujących, z którymi Miasto Olsztyn zawarło porozumienia, funkcjonuje 36 linii autobusowych komunikacji miejskiej oraz 5 linii tramwajowych. Operatorem publicznym transportu zbiorowego są 2 przedsiębiorstwa tj. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o.o. w Olsztynie oraz konsorcjum firm Meteor sp. z o.o. oraz IREX-3 sp. z o.o., wyłonionych w trybie przetargu nieograniczonego przeprowadzonego w 2015 r. Umowa z konsorcjum jest zawarta na czas określony do 2025 r.

W Olsztynie funkcjonuje 5 linii tramwajowych oraz 36 linii autobusowych, do których należą:

- 26 linii zwykłych,
- 3 linie dowozowe,
- 5 linii okresowe,
- 2 linie nocne.

Linie autobusowe można również podzielić z uwagi na obszar jaki obsługują, jest to:

- 28 linii miejskich – funkcjonujących na terenie miasta Olsztyn,
- 8 linii łączących miasto z gminami sąsiednimi.

Tabela 4. Rodzaje oraz numery linii olsztyńskiego transportu zbiorowego.

Rodzaj linii	Numer linii
Zwykła	101, 103, 105, 106, 107, 108, 109, 110, 111, 112, 113, 114, 116, 117, 121, 124, 125, 126, 127, 128, 129, 130, 131, 136, 141
Dowozowa	201, 203, 205
Okresowa	303, 304, 305, 307, 309
Nocna	N01, N02
Tramwajowa	1, 2, 3, 4, 5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych ZDZiT.

Obecnie przewozy tramwajowe realizowane są na pięciu liniach:

- Nr 1 Wysoka Brama – Kanta,
- Nr 2 Dworzec Główny – Kanta,
- Nr 3 Dworzec Główny – Uniwersytet-Prawocheńskiego,
- Nr 4 Dworzec Główny – Pieczewo,
- Nr 5 Wysoka Brama – Pieczewo.

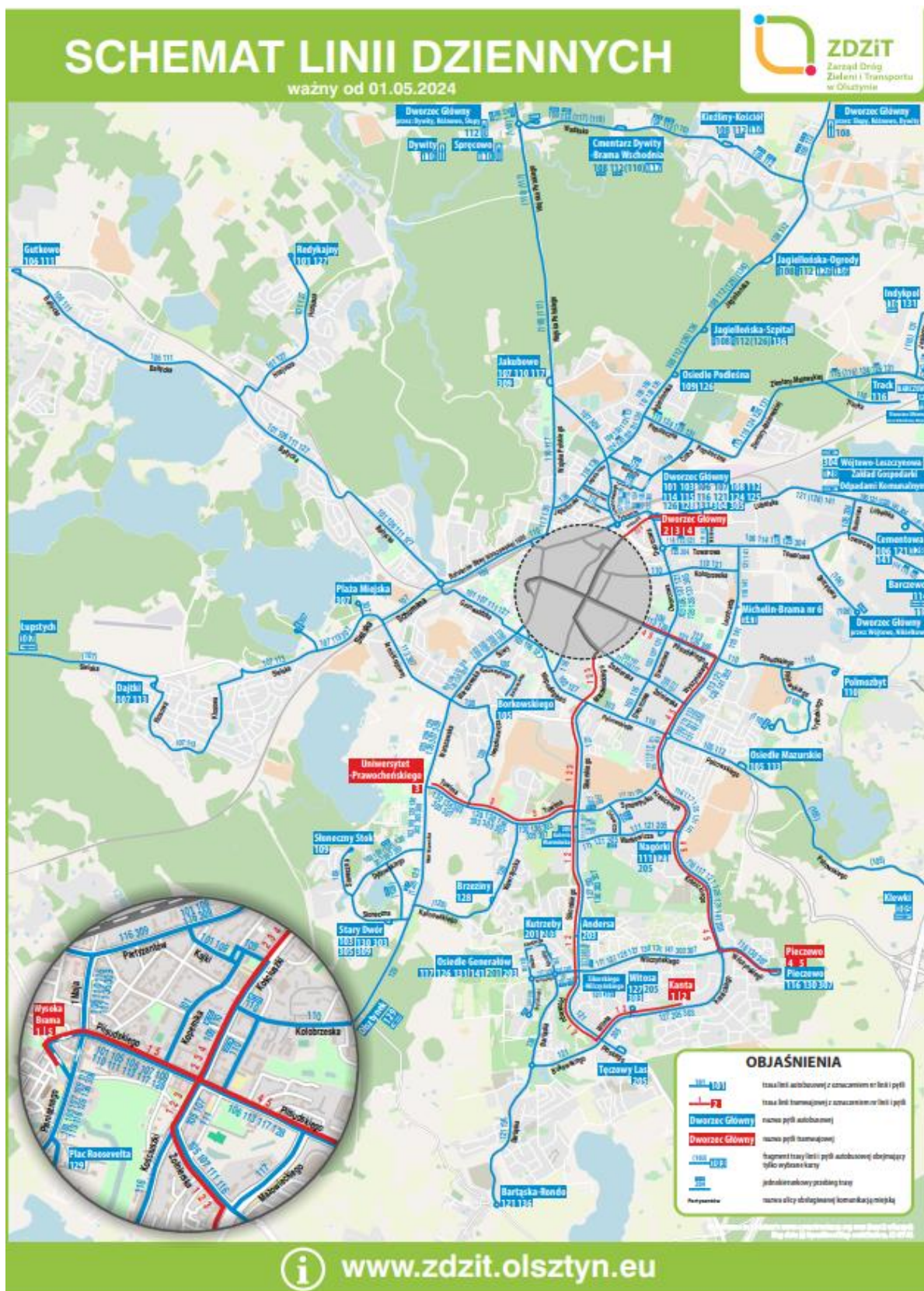
Tabela 5. Aktualny wykaz linii autobusowych komunikacji miejskiej organizowanych przez Miasto Olsztyn wraz z liczbą przystanków, częstotliwością kursów oraz długością trasy na najczęściej kursujących wariantach linii (stan na 25.07.2024).

Nr linii	Relacja	Maksymalna liczba przystanków na trasie w obu kierunkach	Maksymalna długość linii (km)	Maksymalna liczba pojazdów obsługująca linie w szczycie
Linia 101	Dworzec Główny <-> Redykajny	43	17,84	5
Linia 103	Dworzec Główny <-> Stary Dwór	34	16,4	6
Linia 105	Borkowskiego <-> Osiedle Mazurskie	37	21,82	3
Linia 106	Cementowa <-> Gutkowo	60	31,25	9
Linia 107	Dajtki <-> Jakubowo	54	33,71	8
Linia 108	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	36	26,02	2
Linia 109	Osiedle Podleśna <-> Słoneczny Stok	40	17,76	6
Linia 110	Polmozbyt <-> Jakubowo	48	37,27	5
Linia 111	Nagórki <-> Gutkowo	57	26,64	8
Linia 112	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	37	26,05	2
Linia 113	Osiedle Mazurskie <-> Dajtki	47	21,73	7
Linia 114	Dworzec Główny <-> Barczewo	40	35,26	3
Linia 115	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	25	19,97	1
Linia 116	Pieczewo <-> Track	73	37,61	10
Linia 117	Osiedle Generałów <-> Jakubowo	51	28,56	7
Linia 121	Bartąska-Rondo <-> Cementowa	70	33,55	10
Linia 124	Dworzec Główny <-> Barczewo	41	36,59	3
Linia 125	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	24	17,66	1
Linia 126	Osiedle Generałów <-> Osiedle Podleśna	48	24,1	8
Linia 127	Witosa <-> Redykajny	64	26,54	8
Linia 128	Brzeziny <-> Dworzec Główny	49	22,96	7

Linia 129	Plac Roosevelta <-> Olsztynek	44	54,36	2
Linia 130	Pieczewo <-> Stary Dwór	36	16,11	6
Linia 131	Osiedle Generałów <-> Indykpol	53	28,06	3
Linia 136	Bartąska-Rondo <-> Jagiellońska-Szpital	48	27,86	8
Linia 141	Osiedle Generałów <-> Cementowa	49	20,13	2
Linia 201	Kutrzeby <-> Sikorskiego-Wilczyńskiego	7	2,06	2
Linia 203	Andersa <-> Osiedle Generałów	8	2,42	2
Linia 205	Tęczowy Las <-> Galeria Warmińska	27	10,02	4
Linia 303	Witosa <-> Stary Dwór	41	17,46	2
Linia 304	Dworzec Główny <-> Wójtowo-Leszczynowa	31	18,41	1
Linia 305	Dworzec Główny <-> Stary Dwór	35	16,77	1
Linia 307	Pieczewo <-> Plaża Miejska	38	18,83	3
Linia 309	Jakubowo <-> Stary Dwór	37	15,94	5
Linia N01	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	58	26,26	1
Linia N02	Dworzec Główny <-> Dworzec Główny	78	39,28	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Rysunek 4 Schemat linii komunikacyjnych organizowanych przez Gminę Olsztyn (stan na 05.2024 r.)



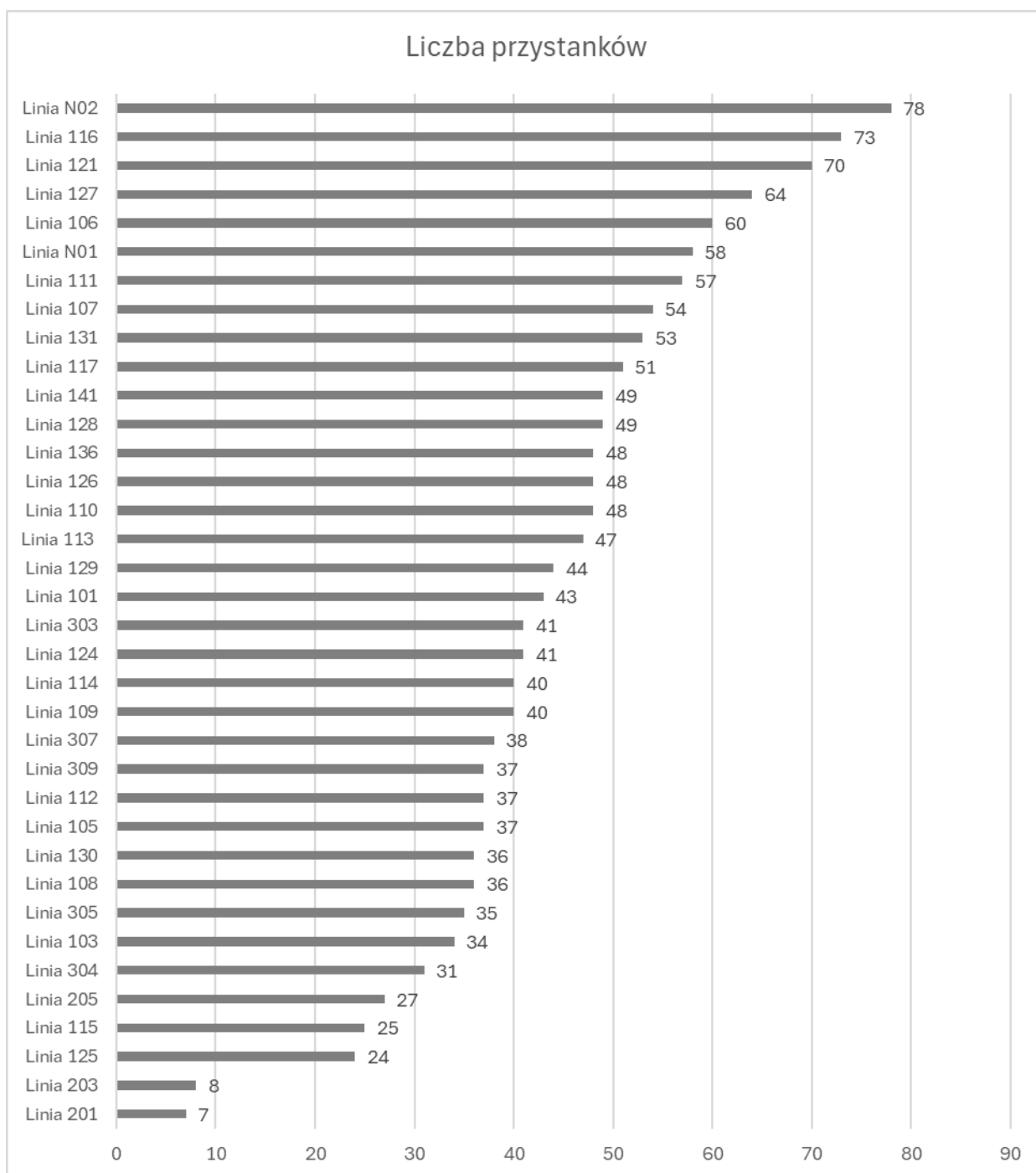
Źródło: https://zdzit.olsztyn.eu/wp-content/uploads/2024/05/Schemat_dziennych_linii_miejskich_20240501.pdf

Linie i realizacja rozkładów jazdy

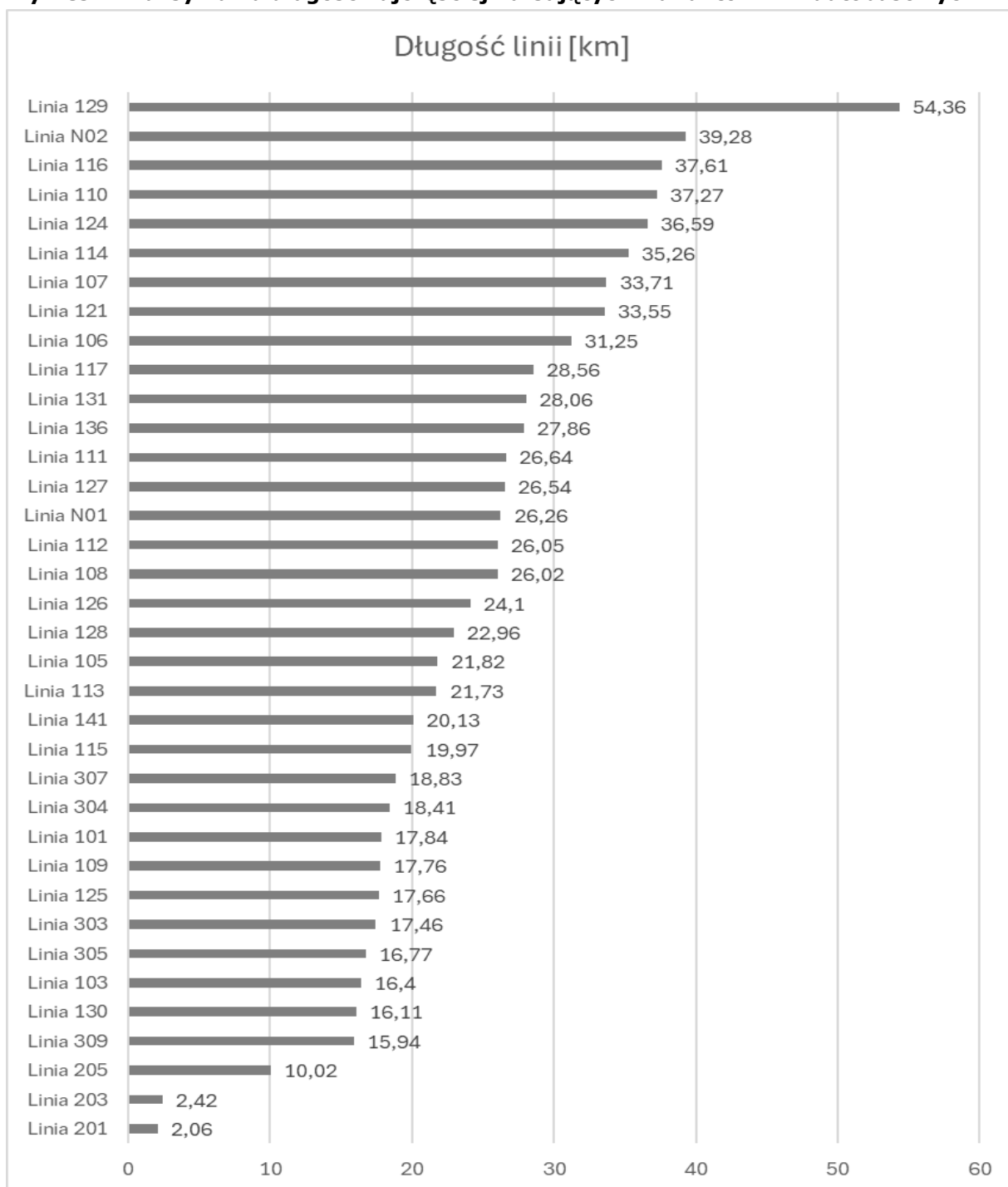
Operatorzy obsługują 36 linii autobusowych, w tym:

- 26 linii zwykłych,
- 3 linie dowozowe,
- 5 linii okresowe,
- 2 linie nocne.

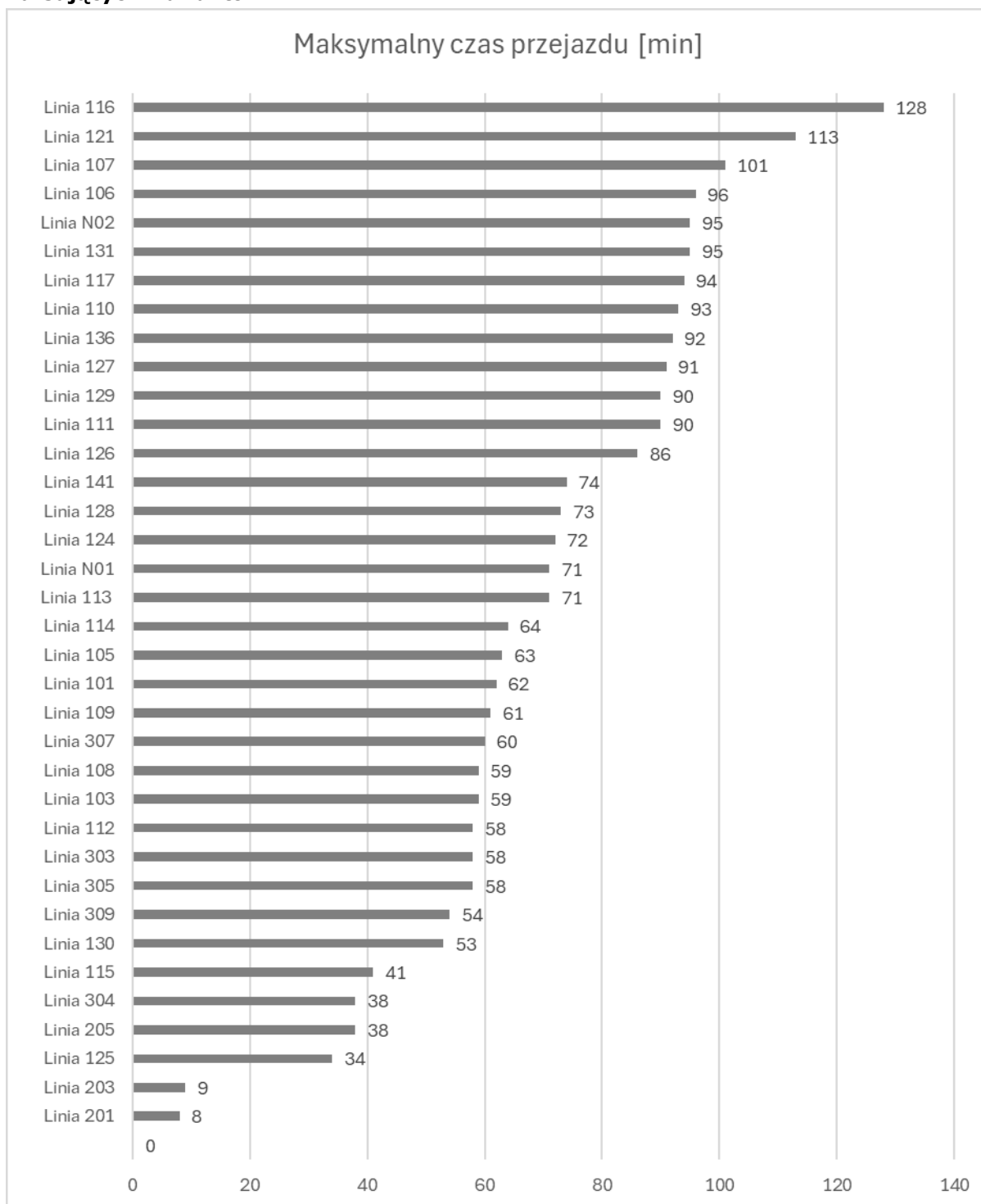
W celu przedstawienia pełnego obrazu systemu logistyki miejskiej w Olsztynie, na poniższych wykresach przedstawiono maksymalną liczbę przystanków na liniach na trasach podstawowych, maksymalną długość tras najczęściej kursujących wariantów linii autobusowych oraz maksymalny czas przejazdu na trasie linii autobusowej dla najczęściej kursujących wariantów.

Wykres 1. Maksymalna liczba przystanków na liniach autobusowych w obu kierunkach.

Źródło: Opracowanie na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Wykres 2. Maksymalna długość najczęściej kursujących wariantów linii autobusowych.

Źródło: Opracowanie na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Wykres 3. Maksymalny czas przejazdu na trasie linii autobusowej dla najczęściej kursujących wariantów.

Źródło: Opracowanie na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

4.2.2. Tabor autobusowy

Do realizacji zadań przewozowych wykorzystywany jest tabor, składający się z 180 autobusów. Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Olsztynie jest właścicielem 147 pojazdów, natomiast pozostałe 33 autobusy należą do konsorcjum firm IREX-3 oraz Meteor. Dane dotyczące funkcjonującej obecnie floty autobusowej przedstawiono w Tabeli 6.

89 pojazdów użytkowanej floty, realizujących przewozy na terenie Miasta Olsztyn, posiada normę spalania EURO 6, druga najliczniejsza grupa pojazdów w liczbie 59 autobusów posiada normę spalania EURO 5. Najstarsze pojazdy zostały wyprodukowane w 2002 r., a rokiem produkcji najnowszych jest rok 2020. Średni wskaźnik wieku taboru wynosi 11,67 lat. W poniższej tabeli przedstawiono dokładny skład floty operatorów obsługujących przewozy w ramach komunikacji miejskiej w Olsztynie.

Tabela 6. Tabor autobusowy (stan na dzień 28.06.2024 r.).

Marka, Typ	Liczba	Rok produkcji	Rodzaj silnika	Norma emisji spalin
Flota MPK				
MAN A21	1	2009	Diesel	EURO 6
	1	2011	Diesel	EURO 6
MAN A23	1	2002	Diesel	EURO 3
MAN LIONS CITY	6	2007	Diesel	EURO 4
	5	2008	Diesel	EURO 4
SCANIA OMNI CITY	3	2003	Diesel	EURO 3
	1	2009	Diesel	EURO 4
	1	2011	Diesel	EURO 5
SCANIA OMNI LINK	1	2004	Diesel	EURO 3
	10	2005	Diesel	EURO 3
SOLARIS URBINO 10	2	2013	Diesel	EURO 5
SOLARIS URBINO 12	5	2006	Diesel	EURO 3
	10	2007	Diesel	EURO 5
	3	2011	Diesel	EURO 5
	21	2013	Diesel	EURO 5
	10	2014	Diesel	EURO 6
	6	2015	Diesel	EURO 6
	8	2017	Diesel	EURO 6
	6	2020	Diesel	EURO 6
SOLARIS URBINO 18	8	2006	Diesel	EURO 5
	10	2013	Diesel	EURO 5
	8	2014	Diesel	EURO 6
	6	2015	Diesel	EURO 6
	8	2017	Diesel	EURO 6
	2	2020	Diesel	EURO 6
SOLARIS URBINO 8,9	1	2013	Diesel	EURO 5
VOLVO 7700	3	2007	Diesel	EURO 5
Suma	147	-	-	-
Flota IREX-3				
MAN NL323 Lion's City	10	2018	Diesel	EURO 6
Solaris Urbino 12 IV generacji	23	2015	Diesel	EURO 6

Suma	33	-	-	-
-------------	-----------	---	---	---

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

W poniższej tabeli zaprezentowano liczbę pojazdów należących do MPK Olsztyn i IREX-3 w podziale na wielkość autobusów.

Tabela 7 Skład floty operatorów według wielkości pojazdów.

	Maxi	Mega	Midi	Mini
MPK Olsztyn	90	54	2	1
Meteor	33	-	-	-
Suma	123	54	2	1

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych MPK Olsztyn i IREX-3.

Zużycie paliwa przez aktualny tabor autobusowy w latach 2021-2023 zaprezentowano w poniższej tabeli.

Tabela 8. Zużycie paliwa w latach 2021-2023.

Rok	Zużycie paliwa [l]		
	MPK	IREX-3	SUMA
2021	2 991 091	1 117 621	4 108 712
2022	2 996 594	1 117 038	4 113 632
2023	2 920 415	1 116 422	4 036 837

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

Tabela 9. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych w latach 2021-2023.

Rok	Liczba pojazdów	Wozokilometry	Zużycie paliwa (litry)
MPK BUS			
2021	147	5 839 694	2 991 091
2022	147	5 850 438	2 996 594
2023	147	5 701 708	2 920 415
IREX-3			
2021	33	2 182 001	1 117 621
2022	33	2 180 863	1 117 038
2023	33	2 179 660	1 116 422
Razem			
2021	180	8 021 694	4 108 712
2022	180	8 031 301	4 113 632
2023	180	7 881 368	4 036 837

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

Finansowanie

Publiczny transport zbiorowy w Olsztynie generuje przychody z trzech źródeł:

- Sprzedaż biletów,
- Dopłat pochodzących z gmin ościennych,

- oraz dopłat pochodzących z Gminy Olsztyn (rekompensaty).

Łączne przychody z organizacji publicznego transportu zbiorowego wynoszą około 38 mln PLN na rok. Na podstawie poniższej tabeli widać, że przychody ze sprzedaży biletów, w latach 2022-2023 utrzymały się na stosunkowo stałym poziomie i stanowiły zdecydowaną większość przychodów związanych z publicznym transportem zbiorowym. Dane dotyczące 2021 roku pokazują wyraźnie mniejsze wartości przychodów w tym roku w porównaniu do następnych lat głównie za sprawą pandemii COVID-19.

Tabela 10 Zestawienie przychodów w latach 2021-2023.

	2021	2022	2023
Sprzedaż biletów [PLN]	24 440 000	32 548 971	34 440 000
Dopłaty gmin ościennych [PLN]	5 022 543	5 295 271	5 170 636
Suma [PLN]	29 462 543	37 844 242	39 610 636

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

4.2.3. Podsumowanie

Od 2013 r. zadania organizatora komunikacji miejskiej w imieniu Prezydenta Olsztyna realizuje Zarząd Dróg Zieleni i Transportu w Olsztynie (ZDZiT). Usługi przewozowe w komunikacji miejskiej na zlecenie Miasta Olsztyn realizują dwóch operatorów Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o.o. w Olsztynie oraz konsorcjum firm Meteor sp. z o.o. oraz IREX-3 sp. z o.o.

Komunikacja miejska obejmuje 36 linii autobusowych obsługiwanych przez 180 autobusów. Wszystkie z nich zostały wyprodukowane w latach 2002-2020 z czego większość posiada normę emisji EURO 5 lub wyższą (por. Tabela 6. Tabor autobusowy (stan na dzień 28.06.2024 r.). Współczynnik wieku taboru wynosi 11,67 lat oraz wysoka norma emisji spełniana przez całą flotę wskazują na dobry stan techniczny taboru.

5. Plan wymiany i rozwoju istniejącej infrastruktury komunikacyjnej

5.1. Problematyka rodzaju taboru w opracowaniach strategicznych Olsztyna

Wypis celów, kierunków działań i zadań dotyczących taboru autobusowego w Olsztynie wynikających z dokumentów strategicznych znajduje się w tabeli poniżej. Opracowania te nie wskazują konkretnych działań związanych z wymianą taboru autobusowym poza optymalizacją związaną z rozwojem sieci tramwajowej oraz zmieniającym się popytem.

Dokument strategiczny	Cel, kierunek działań lub zadanie wynikające z dokumentu strategicznego
<p>Plan Zrównoważonego Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego dla Miasta Olsztyna na lata 2012-2027 [październik 2022]</p>	<p>Główną determinantą w planowanym układzie komunikacyjnym była budowa tras tramwajowych i uruchomienie komunikacji tramwajowej na trasie: Jaroty – al. Sikorskiego – ul. Obiegowa – ul. Kościuszki – Dworzec Główny, z odgałęzieniami do Uniwersytetu Warmińsko-Mazurskiego i do Starego Miasta. Uruchomienie komunikacji tramwajowej spowodowało konieczność modyfikacji tras linii komunikacji autobusowej – na uzupełniające tramwaj, jako najważniejszy środek zbiorowego transportu miejskiego w obszarach przez niego obsługiwanych.</p> <p>Podstawowym zadaniem w zakresie integracji była pełna koordynacja rozkładów jazdy w skali całej sieci komunikacyjnej oraz integracja funkcjonalna komunikacji tramwajowej i autobusowej, wsparta budową przystanków przesiadkowych.</p> <p>Co 3-5 lat powinny być prowadzone badania popytu w celu optymalizacji oferty przewozowej.</p> <p>Rytmicznie prowadzone powinny być badania marketingowe:</p> <ul style="list-style-type: none"> - struktury popytu z przychodowością na liniach podmiejskich, umożliwiającą obliczenie rentowności kursów wykonywanych poza granice miasta – nie rzadziej niż co 3 lata; - preferencji i zachowań komunikacyjnych mieszkańców – co 5-7 lat. Badania struktury popytu na liniach podmiejskich planuje się prowadzić w przekrojowych okresach, tj. w miesiącach: marzec – kwiecień lub październik – listopad.

	<p>Realizowane inwestycje taborowe i infrastrukturalne powinny uwzględniać potrzeby osób niepełnosprawnych oraz zmniejszanie negatywnego oddziaływania transportu publicznego na środowisko.</p>
<p>Plan Zrównoważonej Mobilności dla Miejskiego Obszaru Funkcjonalnego Olsztyna 2030+ [sierpień 2022]</p>	<p>Cel strategiczny 1 – Planowanie przestrzenne w sposób zmniejszający zapotrzebowanie na transport</p> <p>Cel strategiczny 2 - Zintegrowane zasady parkowania w MOF Olsztyna, w tym logistyka miejska</p> <p>Cel strategiczny 3 - Zrównoważona turystyka w MOF Olsztyna</p> <p>Cel strategiczny 4 - Obniżenie emisyjności transportu samochodowego w MOF Olsztyna</p> <p>Cel strategiczny 5 - Rozwój przyjaznej infrastruktury rowerowej i pieszej - integracja, bezpieczeństwo ruchu, zmniejszenie ruchu samochodowego w centrach</p> <p>Cel strategiczny 6 - Rozwój spójnego systemu transportu publicznego:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Dostosowanie systemu taryfowo-biletowego transportu publicznego do potrzeb mieszkańców MOF Olsztyna – pilotaż wspólnego biletu aglomeracyjnego; - Dostosowanie częstotliwości kursowania transportu publicznego do potrzeb mieszkańców danego obszaru MOF Olsztyna; - Kontynuacja budowy parkingów rowerowych i samochodowych oraz węzłów przesiadkowych w ramach budowy spójnego systemu transportu publicznego; - Budowa nowych i dostosowanie przebiegu obecnych tras linii tramwajowych i autobusowych do potrzeb mieszkańców całego MOF Olsztyna; - Ujednolicenie i wprowadzenie wspólnej, innowacyjnej informacji pasażerskiej dla całego MOF Olsztyna; - Zakup nowoczesnego taboru (tramwajów i zeroemisyjnych autobusów), wraz z niezbędnym wyposażeniem zajezdni oraz budowa infrastruktury zajezdniowej i terenowej do ładowania/tankowania autobusów zeroemisyjnych;

	<p>- Budowa buspasów na odcinkach dróg o zwiększonej kongestii;</p> <p>- Utworzenie szybkiej i niezawodnej kolei aglomeracyjnej.</p> <p>Cel strategiczny 7 - Partnerstwo w organizowaniu i zarządzaniu publicznym transportem zbiorowym w MOF Olsztyna</p> <p>Cel strategiczny 8 - Promocja i edukacja dla publicznego transportu zbiorowego i mobilności aktywnej</p>
<p>Strategia Rozwoju Publicznego Transportu Zbiorowego w Olsztynie do 2027 [wrzesień 2015]</p>	<p>W pierwszej kolejności wskazuje się na konieczność objęcia priorytetem dla komunikacji autobusowej przedłużenia obecnego ciągu wydzielonych pasów dla autobusów (tzw. buspasów) m.in. dla ulic: Pieniężnego, Partyzantów, Limanowskiego, Jagiellońskiej i al. Sybiraków, a także trambuspasów.</p> <p>Drugą płaszczyzną priorytetu dla publicznego transportu zbiorowego stanowi rozwój inteligentnego systemu sterowania ruchem. Celem realizacji tego systemu jest poprawa standardów technicznych i użytkowych sieci transportowej miasta – dla zagwarantowania prawidłowych warunków eksploatacji planowanego układu linii tramwajowych oraz linii autobusowych. Równocześnie, system służyć ma usprawnieniu ruchu indywidualnego – w zakresie, na który pozwoli realizacja priorytetu dla transportu publicznego.</p>
<p>Koncepcja optymalizacji oferty przewozowej olsztyńskiej komunikacji miejskiej po realizacji kolejnego etapu rozbudowy sieci tramwajowej w Olsztynie [listopad 2016]</p>	<p>Wariant I – rozbudowa sieci trakcyjnej w ciągu ulic: Wilczyńskiego (od pętli Pieczewo do ul. Krasickiego) – Krasickiego – Synów Pułku – Wyszyńskiego – al. Piłsudskiego (do ul. Kościuszki)</p> <p>Wariant II – rozbudowa sieci trakcyjnej w ciągu ulic: Wilczyńskiego (od pętli Pieczewo do pętli Osiedle Generałów) – Krasickiego – Synów Pułku – Wyszyńskiego – al. Piłsudskiego (do ul. Kościuszki)</p> <p>Wariant III – rozbudowa sieci trakcyjnej w ciągu ulic: Wilczyńskiego (od pętli Pieczewo do pętli Os. Generałów) – Krasickiego – Synów Pułku – Wyszyńskiego – al. Piłsudskiego (do ul. Kościuszki) oraz: Dworcowa – Kętrzyńskiego i al. Warszawska – Dybrowskiego</p>

Źródło: Dane przekazane przez Zamawiającego.

5.2. Dostępne rodzaje napędu

5.2.1. Pojazdy elektryczne

Opis technologii

Elektryczne systemy napędowe w pojazdach kołowych, zarówno do użytku indywidualnego, jak i publicznego, zyskują coraz większą popularność. Rozwój technologii związany z bateriami, silnikami oraz metodami ładowania to kluczowe czynniki, które przyciągają uwagę zarówno kierowców, jak i zarządców transportu publicznego. Na uwagę zasługuje również dynamiczny rozwój infrastruktury w miastach (szczególnie w aglomeracjach powyżej 100 tys. mieszkańców) oraz wzdłuż sieci TEN-T. Coraz więcej czołowych producentów pojazdów komunikacji publicznej inwestuje w elektryczne modele, oferując coraz bardziej zaawansowane i przystępne opcje. Mimo że autobusy elektryczne są obecnie droższe niż te z napędem spalinowym, ich popularność rośnie, a elektryczne pojazdy stają się coraz bardziej powszechne w polskich miastach. Przejście na napęd elektryczny niesie ze sobą wiele korzyści, w tym poprawę jakości powietrza w miastach dzięki redukcji emisji gazów cieplarnianych i obniżeniu kosztów eksploatacji (energia elektryczna zamiast tradycyjnego paliwa). Elektryczny napęd charakteryzuje się zerową emisją lokalną i znacząco niższym poziomem hałasu w porównaniu z tradycyjnymi autobusami.

Budowa i zasada działania bateryjnych autobusów elektrycznych

Bateryjne autobusy elektryczne są napędzane centralnym silnikiem trakcyjnym o mocy do 300 kW, zasilanym energią zgromadzoną w akumulatorach. Pojazdy te mają również funkcję hamowania elektrodynamicznego (odzyskowego), która pozwala na rekuperację energii. W trakcie hamowania silniki działają jak prądnice, generując energię elektryczną, która jest wykorzystywana do ładowania akumulatorów, co zwiększa zasięg i poprawia efektywność energetyczną pojazdu. W przeciwieństwie do pojazdów spalinowych, hamowanie odbywa się poprzez silnik, co umożliwia odzyskiwanie energii i zmniejsza zużycie hamulców. Najlepsze rezultaty rekuperacji uzyskuje się przy spokojnej i płynnej jeździe z kilkustopniowym hamowaniem, co pozwala na maksymalny odzysk energii. Dlatego elektryczne autobusy sprawdzają się najlepiej na trasach z dużą liczbą przystanków, gdzie można efektywnie odzyskać energię, która w pojazdach spalinowych byłaby tracona.

Rynek autobusów elektrycznych ciągle się rozwija. Producenci oferują coraz to nowsze możliwości dodatkowego wyposażenia w innowacyjną technologię w branży transportowej, np. firma Konvekta zaproponowała rozwiązanie, w którym dzięki energooszczędnej pompie ciepła, która przejmuje funkcję ogrzewania bądź klimatyzacji przedziału pasażerskiego, zmniejsza zapotrzebowanie na energię związane z ogrzewaniem nawet o 55%⁴ w perspektywie całego roku względem ogrzewania elektrycznego. Autobusy elektryczne w przeciwieństwie do konwencjonalnych są bezemisyjne, przez co nie mogą wykorzystać ciepła spalin do ogrzania przestrzeni pasażerskiej. W związku z tym to rozwiązanie zostało wprowadzone w pojazdach marki Solaris w Norymberdze. Autobusy elektryczne wyposażone są w akumulatory niklowo-manganowo-kobaltowe (NMC) lub tytanowe (LTO) o dostępnej pojemności do 470 kWh⁵, która pozwalałaby na przejechanie od 250 do 350 km.

⁴ <https://www.sustainable-bus.com/parts/konvekta-co2-heat-pump-electric-bus/>

⁵ Solaris Urbino 15 LE electric, technical details

Zasięg autobusów elektrycznych

Na zasięg autobusu elektrycznego wpływa wiele czynników, w tym przede wszystkim pojemność baterii, warunki eksploatacyjne, warunki pogodowe oraz natężenie ruchu. W efekcie zużycie energii może wynosić od 1,0 do 2,5 kWh/km. Producenci zazwyczaj podają średnie zużycie na poziomie od 1,0 kWh/km do 1,4 kWh/km dla 12-metrowych autobusów o wadze około 18 ton oraz do 1,8 kWh/km dla 18-metrowych autobusów ważących około 28 ton. Aby baterie mogły działać w optymalnych warunkach, stosuje się w nich systemy grzewcze i chłodzące, które są zasilane z baterii lub ładowarki, co może zmniejszać zasięg pojazdu. Obecnie zasięg autobusu elektrycznego, w zależności od modelu, wynosi około 200–350 km na jednym ładowaniu. W autobusach o większym zasięgu instalowane są baterie o większej pojemności, natomiast w pojazdach, które ładują się w ciągu dnia, stosuje się ładowanie poprzez złącza plug-in lub pantograf. W takich przypadkach można zastosować mniejsze, lżejsze baterie, co redukuje rozmiar pojazdu. Jednak ładowanie w trakcie pracy wymaga zakupu energii w godzinach szczytu oraz budowy odpowiedniej infrastruktury ładowania.

Podział autobusów elektrycznych

Poza klasycznym wydzieleniem klas mini, midi i maxi autobusy elektryczne w głównej mierze można podzielić ze względu na rodzaj zastosowanego napędu. Głównymi stosowanymi rozwiązaniami są:

- silnik umieszczony centralnie w pojeździe, napędzający koła jednej osi poprzez wał napędowy i most portalowy,
- silniki umieszczone w osi pojazdu.

Zamontowanie kilku silników o mniejszej mocy w osi pojazdu zajmuje najmniej miejsca, co przekłada się na większą pojemność pojazdu oraz więcej powierzchni dostępnej dla osób z ograniczoną sprawnością ruchową.

Innym kryterium podziału autobusów jest rodzaj baterii akumulatorowych w nich zastosowanych. Wśród nich można wyróżnić akumulatory litowo-jonowe zawierające:

- glin (oznaczenie NCA),
- tytan (LTO),
- kobalt (LCO),
- mangan (LMO),
- mangan i kobalt (LMC),
- nikiel, mangan i kobalt (NMC),
- żelazo i fosfor (LFP).

Wykorzystanie różnych rodzajów materiałów pozwala optymalizować parametry akumulatorów w zależności od oczekiwanego zastosowania. Oprócz tego wpływają one na kryteria uwzględniane w trakcie doboru technologii bateryjnych. Należą do nich zagadnienia takie jak bezpieczeństwo, trwałość, wydajność, zdolność do magazynowania i oddawania energii, a także czas ładowania. W rozwiązaniach o wysokiej gęstości energii wykorzystuje się głównie akumulatory NMC, a w rozwiązaniach o wysokiej gęstości mocy akumulatory LTO.

Zasilanie

Autobusy elektryczne można podzielić na te, które czerpią energię z akumulatorów oraz te, które zasilane są zewnątrz z sieci trakcyjnej, jak ma to miejsce w przypadku trolejbusów. Ze względu na konieczność budowy sieci trakcyjnej, trolejbusy są rozwiązaniem mniej elastycznym i rzadziej spotykanym w Polsce. Obecnie systemy trolejbusowe funkcjonują m.in. w Tychach, Lublinie, Gdyni i Sopocie. W odróżnieniu od trolejbusów, autobusy elektryczne zasilane bateriami są coraz częściej wykorzystywane w transporcie miejskim. Ich zasięg zależy przede wszystkim od pojemności akumulatorów, które obecnie mogą umożliwić przejazd na dystansie maksymalnie do 350 km, zależnie od warunków. W niektórych sytuacjach ten zasięg może nie być wystarczający do obsługi całodziennej linii miejskiej, co wymaga doładowywania baterii w trakcie pracy, np. na pętlach autobusowych lub przystankach. Inną wadą autobusów elektrycznych jest rozmiar akumulatorów, które ograniczają liczbę pasażerów, jaką pojazd może przewozić. Aby sprostać wymogom całodziennej eksploatacji, konieczne jest doładowywanie baterii na przystankach końcowych lub wybranych punktach trasy, co pozwala na zmniejszenie pojemności akumulatora nawet o 20%, zwiększając tym samym pojemność pasażerską. Szybkie ładowanie autobusu wymaga jednak wyłączenia go z ruchu na około 10 minut, dlatego harmonogram linii obsługiwanych przez autobusy elektryczne musi być odpowiednio dostosowany, aby uniknąć opóźnień wynikających z ładowania.

Technologie ładowania autobusów elektrycznych

W Polsce najczęściej stosowane metody ładowania autobusów elektrycznych to:

- wolne ładowanie za pomocą złącza plug-in, czyli najdłuższa pod względem czasu forma ładowania, wykorzystywana zazwyczaj nocą w zajezdniach przy użyciu kabla ładującego;
- szybkie ładowanie z użyciem pantografu, które pozwala na częściowe doładowanie akumulatorów na pętlach lub w bazie operatora, w przerwach między kursami, poprzez pantograf umieszczony na dachu autobusu, który łączy się ze stacją ładowania;
- szybkie ładowanie przy pomocy tzw. odwróconego pantografu, gdzie pantograf opuszcza się ze stacji ładowania na „szyny” umieszczone na dachu pojazdu, działające podobnie jak klasyczny system pantografowy.

Koszt zakupu autobusu i infrastruktury ładowania

Przykładowe ceny różnych typów autobusów przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 11 Zestawienie przykładowych cen autobusów elektrycznych na podstawie rozstrzygniętych przetargów.

Miasto	Data rozstrzygnięcia przetargu	Klasa autobusu	Cena jednostkowa autobusu [PLN]	Producent i model pojazdu
Warszawa	luty 2024 r.	MAXI	2 632 000	Yutong U12
Suwałki*	grudzień 2023 r.	MAXI	2 688 000	Solaris Urbino 12 electric
Łódź*	październik 2022 r.	MEGA18	3 248 000	Solaris Urbino 18 electric

Warszawa	październik 2023 r.	MEGA18	3 473 983	Solaris Urbino 18 electric
----------	---------------------	--------	-----------	----------------------------

Źródło: Ogólnodostępne przetargi.

Korzystanie z autobusów elektrycznych wymaga zatem inwestycji w odpowiednią infrastrukturę ładowania, niezbędną do ich efektywnej eksploatacji. Koszt tej infrastruktury może się znacznie różnić w zależności od wybranej metody ładowania oraz liczby ładowarek zakupionych w jednym postępowaniu.

Eksploatacja

Istotną cechą elektrobusów jest możliwość ładowania autobusu w czasie pracy w ciągu dnia. Poza ładowaniem w nocy w zajezdni istnieją dwie metody uzupełniania akumulatorów baterii w ciągu eksploatacji. Istnieje możliwość doładowywania baterii na przystankach oraz na pętlach. Pierwsza z opcji zakłada szybkie ładowanie w czasie wymiany pasażerów. W zależności od natężenia ruchu może to trwać do 10 minut. Druga opcja to doładowywanie akumulatorów podczas ich postoju na pętli. W tym przypadku autobus może być ładowany przez ok. 10 - 30 min. Ładowanie indukcyjne wykorzystywane jest w metodzie pierwszej, a więc przy nieznacznym doładowywaniu na przystankach dostosowanych do tego trybu. Rozwiązanie z użyciem stacji ładowania plug-in wymaga obsługi, co oznacza konieczność opuszczenia pojazdu przez kierowcę. Ze względów bezpieczeństwa kierowcy, nie jest to możliwe podczas tras, a jedynie w przypadku ładowania na pętli bądź zajezdni. Z kolei zasilanie akumulatorów z sieci pantografowej możliwe jest zarówno na poszczególnych przystankach (ładowanie krótkie), jak i na pętli (ładowanie dłuższe). Eksploatacja pojazdów akumulatorowych wiąże się ze spadkiem pojemności akumulatorów z czasem, określa się, że należy go wymienić przy spadku do 90% pojemności nominalnej.

5.2.2. Pojazdy zasilane wodorem

Opis technologii

Wodór jest uznawany za paliwo przyszłości ze względu na jego szczególne właściwości. Jako paliwo alternatywne wyróżnia się najwyższą gęstością masową energii. Reakcja chemiczna wodoru z tlenem prowadzi do uwolnienia znaczącej ilości energii możliwej do przetworzenia na energię elektryczną w ogniwach paliwowych. Produktem takiej reakcji jest woda, dzięki czemu wodór jako paliwo jest określany zeroemisyjnym.

Wodór nie występuje w stanie wolnym w przyrodzie, jednak jest możliwe pozyskiwanie go z różnych związków chemicznych, w których się znajduje. Do głównych metod wytwarzania wodoru należą:

- Elektroliza wody,
- Reforming gazu ziemnego,
- Gazyfikacja węgla bądź koksu,
- Fotoelektroliza.

W kontekście wodoru jego magazynowanie jest istotnym zagadnieniem. Stosowaną na najszerszą skalę metodą są zbiorniki ciśnieniowe, w których paliwo przechowywane jest w stanie gazowym pod ciśnieniem 700 bar, a także zbiorniki kriogeniczne, magazynujące wodór w postaci ciekłej⁶.

Technologia ogniw paliwowych, stosowana w pojazdach zasilanych wodorem, jest cały czas na etapie rozwoju. Głównym powodem ogromnego zainteresowania tą technologią są znacznie wyższe sprawności przetwarzania energii w stosunku do innych źródeł energii odnawialnej, a także do silników konwencjonalnych. Ponadto istotny jest fakt, że w procesie spalania powstaje czysta woda. Pojazdy wodorowe jako pozbawione silników spalinowych, określane są jako najczystszy ekologicznie silnikowy środek transportu, ponieważ charakteryzują się zerową lokalną emisją z układu napędowego (dwutlenek węgla, tlenki azotu, pyły zawieszane PM), a równocześnie użytkowaniu wodoru towarzyszy zdecydowanie niższy poziom hałasu.

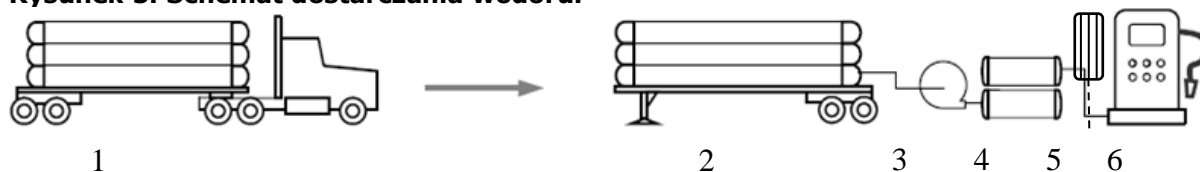
Zasada działania autobusów wodorowych

Autobusy wodorowe to pojazdy zasilane energią elektryczną pochodzącą z reakcji zachodzącej w ogniwie paliwowym zasilanym wodorem. We wnętrzu pojazdu energia zmagazynowana jest w postaci gazowego wodoru sprężonego do ciśnienia 350 bar, a także w akumulatorach. Ogniwo paliwowe spalając wodór na bieżąco produkuje energię elektryczną, która zasila silniki trakcyjne o łącznej mocy 200-250 kW.

Zasilanie – stacje tankowania

Najczęściej spotykanym rozwiązaniem w przypadku stacji ładowania wodoru jest dostarczenie wodoru na stację tankowania w zbiornikach cylindrycznych (oznaczenia na Rysunek 5: 1,2) o łącznej pojemności do 280 kg H₂ pod ciśnieniem do ponad 21 MPa lub w zbiornikach o pojemności 50 l pod ciśnieniem do 30 MPa w temperaturze 20°C. Tak dostarczony gaz musi zostać sprężony przy użyciu sprężarki (3) do ciśnienia 70 MPa. Wodór pod taką postacią przechowywany jest w zbiorniku buforowym (4), z którego po przejściu przez instalację wstępnego chłodzenia (5) trafia do dystrybutora (6)⁷. Konieczne jest zachowanie odstępów bezpieczeństwa pomiędzy komponentami, wynoszącą około 3-5 m.

Rysunek 5. Schemat dostarczenia wodoru.



Źródło: Projekt rozporządzenia w sprawie procedur projektowania, budowy, oddawania do eksploatacji i kontroli stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem.

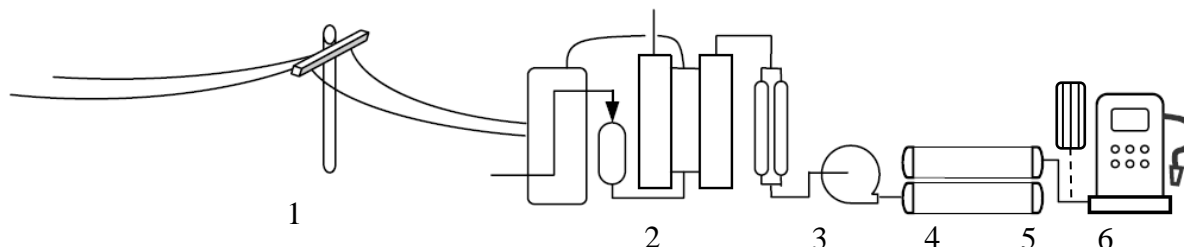
Drugą metodą zapewnienia wodoru na stacji jest bieżąca produkcja w instalacji (2) przy stacji tankowania. Wodór uzyskiwany jest z wody w procesie elektrolizy w instalacji zasilanej z sieci elektroenergetycznej (1). Otrzymany gaz sprężany jest przy użyciu sprężarki (3) do ciśnienia 70 MPa, analogicznie jak w przypadku dostarczenia wodoru w zbiornikach. Jest to alternatywne rozwiązanie, które może być wprowadzane w przypadkach, gdy pojawiają się problemy związane

⁶ Fundamentalne problemy rozwoju energetyki wodorowej, J. Molenda, K. Świerczek, 2017.

⁷ Projekt rozporządzenia w sprawie procedur projektowania, budowy, oddawania do eksploatacji i kontroli stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem.

z logistyką i kosztem dostaw wodoru. Ponadto, charakteryzuje się wyższymi kosztami inwestycyjnymi ze względu na konieczność zakupu elektrolizera, dlatego też zalecane jest w miejscach, gdzie można spodziewać się zwiększonego popytu na H₂.

Rysunek 6. Schemat wytwarzania wodoru na stacji tankowania



Źródło: Projekt rozporządzenia w sprawie procedur projektowania, budowy, oddawania do eksploatacji i kontroli stacji tankowania pojazdów napędzanych wodorem.

Koszt zakupu autobusu

Najbardziej znani światowi producenci autobusów zasilanych wodorem należą takie firmy jak Alexander Dennis, CaetanoBus, EvoBus, Rampini, Safra, Ursus Bus, VanHool, VDL BUS & COACH oraz WrightBus.

Jednym z producentów miejskich autobusów wodorowych jest polska firma Solaris, która jest jednym z liderów elektromobilności w Europie. Firma wyprodukowała autobusy wodorowe Solaris Urbino 12 hydrogen, które są wykorzystywane w transporcie miejskim w różnych europejskich krajach, m.in. w Holandii czy Niemczech. W poniżej tabeli zestawiono ceny autobusów wodorowych.

Tabela 12 Zestawienie przykładowych cen autobusów wodorowych na podstawie rozstrzygniętych przetargów.

Miasto	Data rozstrzygnięcia przetargu	Klasa autobusu	Cena jednostkowa autobusu netto [PLN]	Producent i model pojazdu
Lublin	lipiec 2022 r.	Maxi	3 028 455	Solaris Urbino 12 hydrogen
Chełm	grudzień 2023 r.	Maxi	3 032 989	NesoBus 12
Rybnik	marzec 2023 r.	Maxi	2 689 024	NesoBus 12
Wałbrzych	wrzesień 2023r.	Maxi	3 250 000	Solaris Urbino 12 hydrogen

Źródło: Opracowanie własne

Koszt inwestycji w infrastrukturę

Na rynku europejskim pojawia się coraz więcej dostawców infrastruktury przeznaczonej do tankowania wodoru. Do czołowych firm należą: Air Products, Air Liquid, Linde, Net czy Schwelm AT. Koszt budowy stacji tankowania wodoru jest zależny od wielu czynników, a głównym z nich jest wybór rozwiązania technologicznego. Szacunkowy koszt inwestycji dla stacji tankowania, która nie jest wyposażona w elektrolizer, przeznaczonej dla taboru zawierającego 50 autobusów wodorowych, może osiągnąć poziom nawet 23 mln PLN. Dokupienie elektrolizera do wyposażenia stacji to koszt w granicach 32 mln PLN netto. Wysoki koszt komponentów umożliwiających stacjonarną produkcję

wodoru sprawia, że inwestycja staje się rentowna dopiero wtedy, gdy zaistnieje duże zapotrzebowanie na paliwo wodorowe⁸.

5.3. Plan rozwoju taboru autobusowego

Analizowane warianty realizacji inwestycji

Według definicji zawartej w Ustawie o elektromobilności, autobus zeroemisyjny to pojazd, który do napędu wykorzystuje energię elektryczną wytwarzaną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych. Z kolei jako paliwa alternatywne uznawane są paliwa lub energia elektryczna wykorzystywane do napędu silników pojazdów samochodowych stanowiące zamiennik dla paliw pochodzących z ropy naftowej lub otrzymywanych w procesach jej przetwórstwa. Do paliw alternatywnych zalicza się:

- energię elektryczną,
- wodór,
- biopaliwa ciekłe,
- paliwa syntetyczne i parafinowe,
- sprężony gaz ziemny (CNG) w tym pochodzący z biometanu,
- skroplony gaz ziemny (LNG), w tym pochodzący z biometanu, lub gaz płynny (LPG).

Wprowadzanie do flot autobusów, pojazdów o napędzie alternatywnym (elektryczne i gazowe) jest uznawane za jedno z bardziej znaczących elementów działań w celu poprawy jakości powietrza.

Wymogi wynikające z Ustawy nakładają na jednostki samorządowe obowiązek zwiększenia udziału autobusów zeroemisyjnych w miejskich taborach. Zgodnie z art. 36 Ustawy o elektromobilności konieczne jest spełnienie następujących procentowych wartości pojazdów zeroemisyjnych we flocie przewoźników:

20% do dnia 01.01.2025 r.,

30% do dnia 01.01.2028 r.

Przedstawione powyżej minimalne udziały odnoszą się wprost do sumarycznej liczby pojazdów przeznaczonych do obsługi przewozów w ramach danej komunikacji miejskiej przez ich operatora. Wymogi te odnoszą się do wszystkich połączeń w ramach sieci komunikacyjnej, w tym połączeń międzygminnych realizowanych poza obszarem administracyjnym właściwej jednostki samorządu terytorialnego, pełniącej rolę organizatora komunikacji miejskiej.

W odniesieniu do całkowitej liczby autobusów obsługujących komunikację miejską w Gminie Olsztyn (147 sztuk MPK i 33 sztuki konsorcjum Meteor i IREX-3) wymagania przedstawiają się następująco:

36 autobusów zeroemisyjnych do dnia 31.12.2024 r.,

54 autobusów zeroemisyjnych do dnia 31.12.2027 r.

Brzmienie art. 36 ust. 1 wskazuje, że jednostka samorządu zleca świadczenie usługi komunikacji miejskiej podmiotowi, którego udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego wynosi co najmniej 30%. Przyjmując zasadę racjonalności prawodawcy, należy uznać, że obowiązek posiadania 30% autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów dotyczy tych podmiotów, które świadczą usługi komunikacji miejskiej w oparciu

⁸ Otrzymane informacje handlowe.

o autobusy (w tym trolejbusy) i procent ten jest obliczany w stosunku do floty autobusów⁹. Zgodnie z zapisami w ustawie o elektromobilności art. 36 wchodzi w życie z dniem 1 stycznia 2028 roku.

W oparciu o przedstawione wymagania ustawowe, w poniższej tabeli przedstawiono liczby pojazdów zeroemisyjnych koniecznych do wymiany oraz ich procentowy udział w całkowitej flocie dla MPK oraz operatora zewnętrznego w kolejnych latach.

Tabela 13 Harmonogram wymiany floty na pojazdy zeroemisyjne dla podmiotów świadczący usługi komunikacji miejskiej w Olsztynie.

Rok wymiany	Liczba pojazdów zeroemisyjnych			Udział procentowy		
	Łącznie	MPK	Operator zewnętrzny	Łącznie	MPK	Operator zewnętrzny
2025	36	36	-	20,00%	20,00%	0,00%
2028	54	43	11	30,00%	23,89%	6,11%

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego oraz wymagań ustawowych.

Zgodnie z analizą stanu obecnego transportu publicznego w Olsztynie przedstawionej w rozdziale 4.2.1., transport zbiorowy na terenie gminy realizują obecnie dwie firmy – Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne oraz konsorcjum firm Meteor oraz IREX-3 oddział Olsztyn. Umowa z operatorem zewnętrznym, jakim jest konsorcjum firm Meteor i IREX-3, została zawarta w 2015 r. i obowiązuje do 2025 r. Harmonogram wymiany floty na pojazdy zeroemisyjne dla podmiotów świadczący usługi komunikacji miejskiej w Olsztynie przewiduje, że do 2025 roku wymianie będą podlegały jedynie pojazdy należące do MPK. Z ustawy wynika, że od 2028 r. Gmina Olsztyn będzie miała obowiązek zlecać świadczenie usług komunikacji miejskiej jedynie podmiotom, których udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki samorządu terytorialnego będzie wynosił co najmniej 30%, dlatego też wymóg ten dla operatora zewnętrznego będzie obowiązywał dopiero od tego okresu.

Z uwagi na ww. wspomniane wymogi, w ramach analizy wytypowano warianty inwestycyjne spełniające przedstawione założenia. W kolejnych rozdziałach przedstawiono przeprowadzone analizy wariantów rozwoju floty obsługującej linię komunikacji miejskiej Olsztyna w latach 2024-2035 przy wykorzystaniu różnych typów pojazdów.

W analizach uwzględniono następujące warianty:

- Wariant 0 (bazowy) – zakłada zakup i wymianę taboru z zastosowaniem pojazdów napędzanych silnikami Diesla spełniającymi wymogi normy EURO 6 zgodnie z harmonogramem w wariantach 1 i 2. Wariant bazowy stanowi punkt odniesienia dla analiz pozostałych wariantów;
- Wariant 1 – zakup autobusów elektrycznych i wymianę taboru zgodnie z obowiązkiem wynikającym z ustawy o elektromobilności,
- Wariant 2 – zakup autobusów zasilanych wodorem i wymianę taboru zgodnie z obowiązkiem wynikającym z ustawy o elektromobilności,

⁹ Gromadzki M. „Zasady opracowywania Analizy Kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Warszawa, 2018.

Tabela 14. Zestawienie założeń dla analizowanych wariantów.

Założenia dla poszczególnych wariantów	
Wariant 1	Zakłada dobór linii autobusowych przewidzianych do całkowitej elektryfikacji, autobusy będą poddawane procesowi ładowania w bazie z możliwością doładowania tych pojazdów na stacjach krańcowych.
Wariant 2	Zakłada budowę stacji tankowania wodoru wyposażoną w elektrolizer umożliwiający produkcję wodoru na miejscu.

Źródło: Opracowanie własne

Zaprezentowane warianty oraz ich pod warianty poddano analizie finansowo-ekonomicznej oraz społeczno-ekonomicznej.

5.3.1. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

Założenia

Wariant 0 zakłada wymianę aktualnego taboru, na autobusy konwencjonalne spełniające najnowszą normę emisji spalin EURO 6. W skład floty autobusowej wchodzi:

- 32 pojazdy charakteryzujące się normą emisji spalin EURO3 i EURO4,
- 59 pojazdów o normie emisji EURO5,
- 89 pojazdów z norm emisji spalin EURO6.

Zestawienie ilości pojazdów ze względu na normę emisji spalin zostało zestawione w poniższej tabeli.

Tabela 15 Zestawienie ilości pojazdów ze względu na normę emisji spalin.

Norma emisji spalin	Liczba pojazdów
EURO3	20
EURO4	12
EURO5	59
EURO6	89
Suma	180

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych otrzymanych od Zamawiającego.

Działania i inwestycje wymagane do realizacji wariantu

Wymiana taboru na pojazdy konwencjonalne z normą emisji spalin EURO 6 wiąże się jedynie z kosztami zakupu nowych pojazdów, natomiast nie ma konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów inwestycyjnych związanych z infrastrukturą.

Harmonogram wymiany floty według wariantu 0

Wymiana obecnie użytkowanego taboru na autobusy spełniające najnowszą normę emisji spalin EURO 6 będzie realizowana zgodnie z harmonogramem wymiany floty przedstawionym w poniższej tabeli. Ze względu, iż jest to wariant bazowy, przyjęto w nim taki sam harmonogram wymiany pojazdów jak w dalszych wariantach 1 i 2, tj. taki jak wynika z obowiązku ustawowego.

Tabela 16. Harmonogram wymiany floty na autobusy konwencjonalne z normą emisji Euro 6.

Rok	Wymagany udział pojazdów niskoemisyjnych we flocie	Ilość pojazdów konwencjonalnych podlegająca wymianie			Łączna ilość pojazdów z normą emisji Euro 6
		Łącznie	MAXI	MEGA	
	%				
2025	20%	18	14	4	124
2028	30%	19	14	5	143

Źródło: Opracowanie własne.

5.3.2. Wariant 1 - wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Założenia

Wariant 1 zakłada wymianę aktualnego taboru na autobusy elektryczne w liczbie spełniającej wymagania Ustawy o elektromobilności. Dodatkowo, zakłada inwestycję w niezbędną infrastrukturę pozwalającą na eksploatację pojazdów elektrycznych, taką jak stacje wolnego ładowania typu plug-in.

Wariant 1

Wariant 1 zakłada dobór linii autobusowych przewidzianych do całkowitej elektryfikacji, z możliwością doładowania tych pojazdów na stacjach krańcowych. Zastosowanie ładowarek na trasie linii obsługiwanych taborem elektrycznym przyczyni się do znaczącego zwiększenia pokonywanych kilometrów, przez co ograniczy ryzyko zjazdu autobusu do zajezdni z powodu rozładowanych akumulatorów przed całodzienną realizacją zadania. Dodatkowym atutem będzie możliwość zastosowania mniejszej liczby akumulatorów, co przekłada się na niższą masę pojazdów, większą pojemność autobusu, a także prowadzi do wolniejszej degradacji nawierzchni dróg i przystanków. Rozwiązanie to przewiduje inwestycje w większą ilość ładowarek. Ładowanie nocne autobusów będzie odbywać się w bazie głównej w wytypowanej lokalizacji, gdzie będą zainstalowane stacje wolnego ładowania.

Analizowane trasy autobusów o napędzie zeroemisyjnym

Dobór pojazdu zeroemisyjnego do obsługi danej linii powinien być podyktowany szeregiem czynników. Jednym ze znaczących kryteriów jest kierowanie takich pojazdów na obszary miejskie o intensywnej zabudowie wielorodzinnej ze względu na brak emisji hałasu, szczególnie dotkliwego wśród wysokich i gęsto rozlokowanych budynków. Ponadto, istotne jest, aby trasa danej linii, obsługiwanej przez omawiane pojazdy, charakteryzowała się dużą liczbą zatrzymań autobusów pomiędzy przystankami i niewielką prędkością jazdy pomiędzy tymi zatrzymaniami wynikającą między innymi z kongestii drogowej, bądź przebiegu trasy przez strefy ograniczonego ruchu. Zastępowany tabor powinien odznaczać się wysoką intensywnością dobowego i rocznego wykorzystania, a co za z tego wynika wprowadzane pojazdy zeroemisyjne powinny być eksploatowane w sposób maksymalnie intensywny. Cechy techniczno-eksploatacyjne elektrobusów predestynują je do obsługi linii o dużej gęstości przystanków oraz tras o względnie płaskim profilu. Analizowane linie powinny stanowić element systemu skoordynowanej obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami. Wprowadzenie do floty pojazdów elektrycznych wymaga również

synchronizacji rozkładów jazdy w celu zapewnienia dłuższych postojów wyrównawczych na pętlach, co mogłoby pozwolić na efektywne wykorzystanie czasu postoju na doładowanie zasobników energii¹⁰.

Zgodnie z przedstawionymi powyżej przesłankami, w celu wytypowania linii komunikacyjnych, na których możliwe jest zastąpienie aktualnie wykorzystywanych autobusów spalinowych na autobusy o napędzie zeroemisyjnym, wykorzystano następujące kryteria:

- Prędkość komunikacyjną linii autobusowych,
- Gęstość zaludnienia wzdłuż tras linii autobusowych,
- Energochłonność linii autobusowych,
- Wielkość wskaźnika czasu przejazdu WCP.

Prędkość komunikacyjna

W poniższej tabeli przedstawione zostało zestawienie linii autobusowych wraz z ich wartościami prędkości komunikacyjnych. Prędkość komunikacyjna oznacza stosunek przejechanej przez pojazd drogi do czasu łącznego jazdy oraz postojów na przystankach bez uwzględnienia czasu postoju na pętli. Im mniejsza wartość prędkości komunikacyjnej, tym bardziej rekomendowana jest wymiana pojazdów na zeroemisyjne. Wynika to między innymi z faktu częstszego hamowania, które stwarza możliwość wykorzystania rekuperacji, czyli odzysku energii podczas procesu hamowania. Zestawienie zawiera wyłącznie linie dzienne, ponieważ opracowanie skupia się na stabilnym rozkładzie jazdy. Używanie taboru elektrycznego rekomendowane jest w ciągu dnia ze względu na większą kongestie transportową.

¹⁰ Izba Gospodarcza Komunikacji Miejskiej, „Zasady opracowywania kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności – Praktyczny przewodnik dla samorządów”, 2018.

Tabela 17. Zestawienie wartości prędkości komunikacyjnej dla linii autobusowych dla najdłuższego wariantu.

Nr linii	Trasa	Droga [m]	Czas maksymalny [min]	Średnia prędkość komunikacyjna [km/h]	Średnia prędkość komunikacyjna dla całej linii [km/h]	Maksymalna liczba pojazdów obsługująca linię w szczycie
Linia 101	Dworzec Główny -> Redykajny	8 902	30	19,78	19,465	5
	Redykajny-> Dworzec Główny	8 937	32	19,15		
Linia 103	Dworzec Główny -> Stary Dwór	8 259	31	18,02	18,59	6
	Stary Dwór-> Dworzec Główny	8 143	28	19,16		
Linia 105	Borkowskiego -> Osiedle Mazurskie	10 842	30	24,09	23,025	3
	Osiedle Mazurskie-> Borkowskiego	10 978	33	21,96		
Linia 106	Cementowa -> Gutkowo	15 696	50	21,9	21,8	9
	Gutkowo-> Cementowa	15 555	46	21,7		
Linia 107	Dajtki -> Jakubowo	16 661	48	22,46	22,11	8
	Jakubowo-> Dajtki	17 047	53	21,76		
Linia 108	Dworzec Główny -> Dworzec Główny	26 022	59	27,88	27,88	2
Linia 109	Osiedle Podleśna -> Słoneczny Stok	8 923	32	18,79	19,585	6
	Słoneczny Stok-> Osiedle Podleśna	8 833	29	20,38		
Linia 110	Polmozbyt -> Jakubowo	18 547	45	27,48	26,65	5
	Jakubowo-> Polmozbyt	18 720	48	25,82		
Linia 111	Nagórki -> Gutkowo	13 315	45	19,73	19,855	8
	Gutkowo-> Nagórki	13 320	45	19,98		
Linia 112	Dworzec Główny -> Dworzec Główny	26 053	58	28,68	28,68	2
Linia 113	Osiedle Mazurskie -> Dajtki	10 852	36	20,03	20,215	7
	Dajtki -> Osiedle Mazurskie	10 882	35	20,4		

Linia 114	Dworzec Główny -> Barczewo	18 001	32	37,24	36,475	3
	Barczewo-> Dworzec Główny	17 260	32	35,71		
Linia 115	Dworzec Główny -> Dworzec Główny	19 969	41	31,95	31,95	1
Linia 116	Pieczewo -> Track	18 448	62	19,59	19,22	10
	Track-> Piezewo	19 165	66	18,85		
Linia 117	Osiedle Generałów -> Jakubowo	14 456	47	20,65	20,52	7
	Jakubowo-> Osiedle Generałów	14 101	47	20,39		
Linia 121	Bartąska-Rondo -> Cementowa	16 530	56	19,64	19,83	10
	Cementowa-> Bartąska-Rondo	17 018	57	20,02		
Linia 124	Dworzec Główny -> Barczewo	18 320	34	33,31	31,885	3
	Barczewo-> Dworzec Główny	18 274	38	30,46		
Linia 125	Dworzec Główny -> Dworzec Główny	17 663	34	33,12	33,12	1
Linia 126	Osiedle Generałów -> Osiedle Podleśna	11 752	41	19,06	19,03	8
	Osiedle Podleśna-> Osiedle Generałów	12 349	45	19		
Linia 127	Witosa -> Redykajny	13 208	47	18,43	19,215	8
	Redykajny-> Witosa	13 331	44	20		
Linia 128	Brzeziny -> Dworzec Główny	11 537	34	21,63	20,75	7
	Dworzec Główny-> Brzeziny	11 427	39	19,87		
Linia 129	Plac Roosevelta -> Olsztynek	27 297	46	36,8	37,5	2
	Olsztynek-> Plac Roosevelta	27 060	44	38,2		
Linia 130	Pieczewo -> Stary Dwór	7 970	26	19,52	19,73	6
	Stary Dwór-> Piezewo	8 143	27	19,94		
Linia 131	Osiedle Generałów -> Indykpol	13 793	44	20,43	19,945	3
	Indykpol-> Osiedle Generałów	14 271	51	19,46		
Linia 136	Bartąska-Rondo -> Jagiellońska-Szpital	13 673	42	21,59	20,69	8
	Jagiellońska-Szpital-> Bartąska-Rondo	14 183	50	19,79		
Linia 141	Osiedle Generałów -> Cementowa	10 057	36	18,57	18,44	2

	Cementowa-> Osiedle Generałów	10 072	38	18,31		
Linia 201	Kutrzeby -> Sikorskiego-Wilczyńskiego	2 059	8	15,44	15,44	2
Linia 203	Andersa -> Osiedle Generałów	2 421	9	17,09	16,24	2
Linia 205	Tęczowy Las -> Galeria Warmińska	5 131	20	16,64	17,205	4
	Galeria Warmińska-> Tęczowy Las	4 886	18	17,77		
Linia 303	Witosa -> Stary Dwór	8 710	29	19	19,405	2
	Stary Dwór-> Witosa	8 751	29	19,81		
Linia 304	Dworzec Główny -> Wójtowo-Leszczynowa	10 019	20	32,49	31,5	1
	Wójtowo-Leszczynowa-> Dworzec Główny	8 390	18	30,51		
Linia 305	Dworzec Główny -> Stary Dwór	8 481	29	19,96	19,55	1
	Stary Dwór-> Dworzec Główny	8 292	29	19,14		
Linia 307	Pieczewo -> Plaża Miejska	8 420	27	20,21	20,695	3
	Plaża Miejska-> Piezewo	10 414	33	21,18		
Linia 309	Jakubowo -> Stary Dwór	7 910	28	18,98	19,525	5
	Stary Dwór-> Jakubowo	8 028	26	20,07		

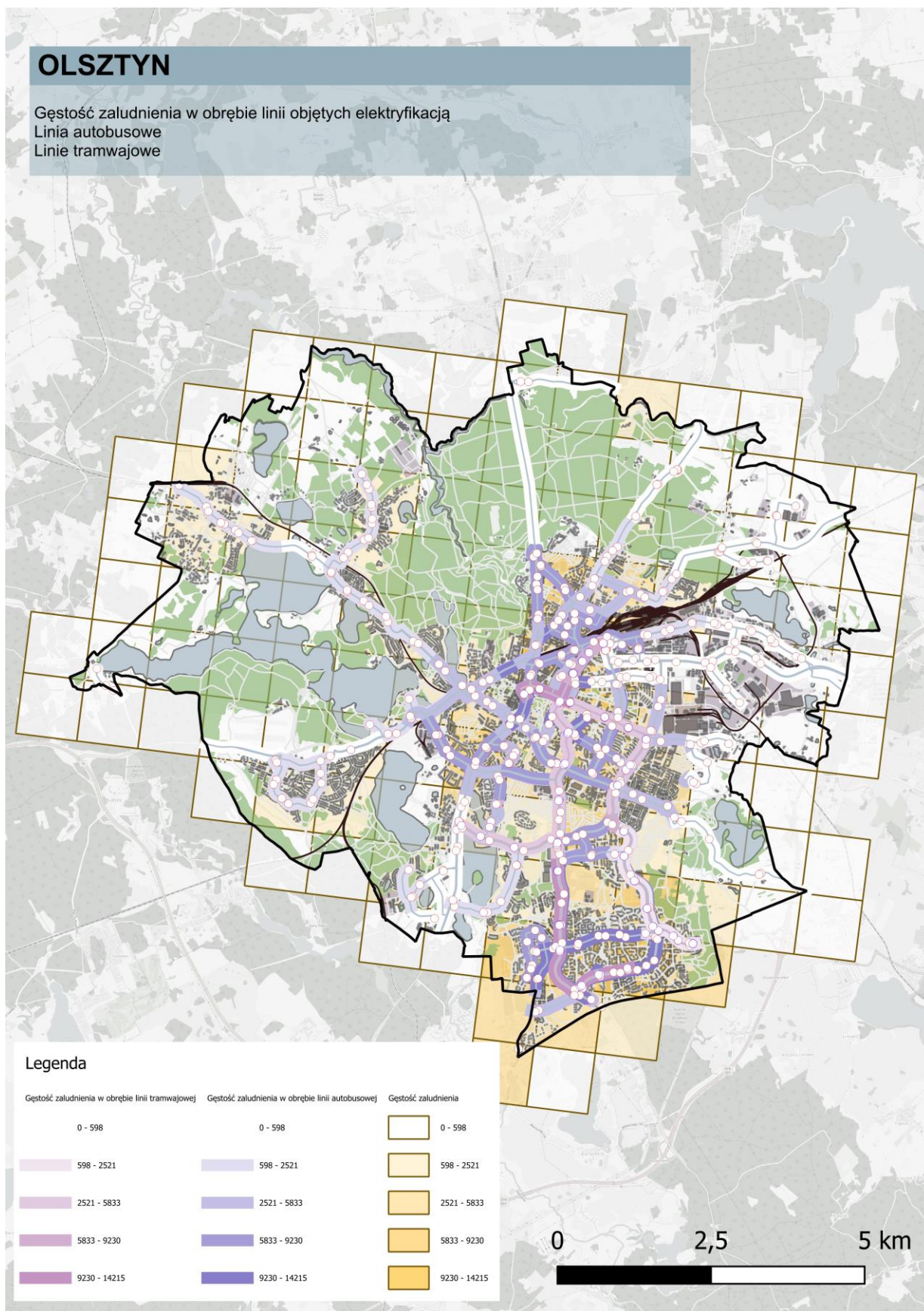
Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Mediana prędkości komunikacyjnej linii autobusowych w Olsztynie wynosi 20,08 km/h. W związku z tym rozpatrywane do wymiany będą autobusy z linii, na których prędkość komunikacyjna jest mniejsza niż wyżej wymieniona wartość. **Te kryteria spełniają następujące linie: 101, 103, 109, 111, 116, 121, 126, 127, 130, 131, 141, 201, 203, 205, 303, 305, 309.**

Gęstość zaludnienia wzdłuż tras linii autobusowych

Kolejne spośród kryteriów to gęstość zaludnienia wzdłuż tras linii autobusowych. Wymiana pojazdów zasilanych silnikami spalinowymi na pojazdy zeroemisyjne powoduje znaczne zmniejszenie hałasu generowanego przez transport miejski. W związku z tym rekomenduje się wymianę autobusów na trasach, na których gęstość zaludnienia wzdłuż nich jest jak największa. Dobór linii na podstawie gęstości zaludnienia został przeprowadzony w oparciu o wskaźnik będący sumą gęstości zaludnienia dla kwadratów, przez które przebiega dana linia. Do wymiany zostały rozważone autobusy kursujące na liniach, na których wyżej wspomniany wskaźnik gęstości zaludnienia na trasie jest większy niż mediana wyznaczonego zbioru wartości. **Dane kryterium spełniają linie autobusowe o numerach: 107, 109, 115, 116, 117, 121, 124, 125, 126, 127, 131, 136, 201, 203, 205, 303, 309, N01.**

Poniżej przedstawiono mapę gęstości zaludnienia w obrębie wszystkich linii autobusowych kursujących po terenie Olsztyna. Zastosowany podział na mapie dotyczący wielkości gęstości zaludnienia ma znaczenie wyłącznie wizualizacyjne oraz pozwala zobrazować różnice gęstości zaludnienia na ilustracjach zgodnie z progami przedstawionymi w legendzie mapy. Szczegółowa gęstość zaludnienia wzdłuż poszczególnych linii autobusowych została przedstawiona na mapach stanowiących Załącznik nr 1 do niniejszego opracowania.

Rysunek 7. Gęstość zaludnienia w obrębie tras linii autobusowych.

Źródło: Opracowanie własne.

Energochłonność linii autobusowych

Dążenie do przejścia z napędów spalinowych do elektrycznych wynika nie tylko z konieczności ograniczenia lokalnej emisji zanieczyszczeń, ale również z faktu, że silniki elektryczne charakteryzują się większą sprawnością sięgającą nawet powyżej 98%, podczas gdy silniki spalinowe wysoko doładowane nie przekraczają 43%, co znacząco poprawia bilans energetyczny. Głównym kryterium brany pod uwagę przez przewoźników przy wyborze taboru jest zużycie energii. Szczególnie podczas eksploatacji pojazdów przeznaczonych do przewozu pasażerów koszty związane z energią mają znaczący wpływ na rentowność przedsięwzięcia i cenę, jaką za usługę zapłaci pasażer. W przypadku autobusów miejskich miarą energochłonności układu napędowego jest przebiegowe zużycie paliwa, które stanowi główny koszt eksploatacyjny dla danego operatora¹¹.

Na podstawie zakładowych norm zużycia paliwa ustalonej dla wszystkich użytkowanych pojazdów w zależności od obsługiwanej linii, oszacowano średnią wartość energii zużywanej w postaci oleju napędowego przypadającej na jeden kilometr. W celu obliczenia energii zawartej we wspomnianym paliwie założono średnią gęstość oleju napędowego na poziomie 0,83 kg/dm³ oraz wartość opałową na podstawie materiału KOBIZE „Wartości opałowe (WO) i wskaźniki emisji CO₂ (WE) w roku 2021 do raportowania w ramach Systemu Handlu Uprawnieniami do Emisji za rok 2024”. Wyznaczone wartości przedstawiono w poniżej tabeli.

Tabela 18. Zestawienie średniej ilości energii zawartej w zużywanym paliwie dla każdej linii.

Nr linii	Średnie ilość energii zawartej w zużywanym paliwie, kWh/km
Linia 101	4,571
Linia 103	4,661
Linia 105	4,151
Linia 106	4,487
Linia 107	4,704
Linia 108	3,745
Linia 109	4,692
Linia 110	4,81
Linia 111	4,924
Linia 112	3,751
Linia 113	4,639
Linia 114	3,921
Linia 115	4,425
Linia 116	4,995
Linia 117	4,966
Linia 121	4,46
Linia 124	3,989
Linia 125	4,941
Linia 126	5,015
Linia 127	4,729
Linia 128	4,516
Linia 129	4,028

¹¹K. Woźniak, M. Andrzejewski, P. Daszkiewicz, Ł. Rymaniak, Badania zużycia energii przez pojazdy w warunkach rzeczywistych, Poznań, 2020.

Linia 130	4,903
Linia 131	4,816
Linia 136	4,854
Linia 141	5,016
Linia 201	4,581
Linia 203	4,624
Linia 205	4,695
Linia 303	4,952
Linia 304	4,631
Linia 305	4,698
Linia 307	5,065
Linia 309	4,66
Linia N01	4,021
Linia N02	3,19
Linia 309	4,658

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Mediana średniej ilości energii zawartej w spalanej paliwie w pojazdach przeznaczonych dla poszczególnych linii autobusowych w Olsztynie wynosi 4,660 kWh/km. W związku z tym rozpatrywane do wymiany będą autobusy z linii, na których wartość średniej ilości energii zawartej w spalanej paliwie na przejechany kilometr jest większa niż wyżej wymieniona wartość mediany.

Te kryteria spełniają następujące linie: 103, 107, 109, 110, 111, 116, 117, 125, 126, 127, 130, 131, 136, 141, 205, 303, 305, 307.

Wskaźnik czasu przejazdu WCP

Jako dodatkowy parametr analityczny dla linii wykorzystano wskaźnik czasu przejazdu pomiędzy przystankami WCP. Wskaźnik umożliwia przeprowadzenie segmentacji linii pod kątem zastosowania autobusów zeroemisyjnych i w przypadku autobusów elektrycznych wykorzystania ich możliwości odzyskiwania energii podczas hamowania (rekuperacja). Im krótszy czas przejazdu, tym częstsze hamowanie i większa możliwość odzyskania energii. Z tego względu w analizach na liniach o niskiej wartości wskaźnika WCP zaproponowano zastosowanie autobusów zeroemisyjnych.

Wskaźnik czasu przejazdu dla każdej linii został obliczony według poniższego wzoru:

$$WCP = \frac{CP}{LP}$$

gdzie:

WCP – wskaźnik czasu przejazdu dla linii [min],

CP – czas przejazdu [min],

LP – liczba przystanków na linii

W celu wytypowania linii, na których mogłyby być wykorzystywane pojazdy zeroemisyjne wyróżniono następujące kryteria:

- minimalna długość linii wynosi 5 km,
- wskaźnik czasu przejazdu WCP zawierający się w przedziale od 1,00 do 1,43 (mediana wskaźnika WCP dla analizowanych linii).

W poniższej tabeli przedstawiono linie wraz z ich długości oraz wielkością współczynnika WCP, które spełniają wyżej określone warunki. **Linie spełniające założenia wskaźnika WCP to linie numer: 101,106, 109, 111, 113, 125, 127, 128, 130, 141, 201, 203, 205, 303, 304, 309, N01, N02.**

Tabela 19. Zestawienie linii autobusowych wytypowanych na podstawie parametru WCP i długość linii.

Numer linii	Długość linii	WCP
Linia 101	17,84	1,28
Linia 106	31,25	1,43
Linia 109	17,76	1,36
Linia 111	26,64	1,41
Linia 113	21,73	1,37
Linia 125	17,66	1,33
Linia 127	26,54	1,30
Linia 128	22,96	1,36
Linia 130	16,11	1,36
Linia 141	20,13	1,34
Linia 201	2,06	1,14
Linia 203	2,42	1,06
Linia 205	10,02	1,30
Linia 303	17,46	1,32
Linia 304	18,41	1,13
Linia 309	15,94	1,32
Linia N01	26,26	1,22
Linia N02	39,28	1,13

Źródło: Opracowanie własne na podstawie danych przekazanych przez Zamawiającego.

Podsumowanie i typowanie końcowe linii według wszystkich przeanalizowanych kryteriów

Uwzględniając założenia ZDZIT, które przedstawiono w założeniach do wszystkich scenariuszy w tabeli poniżej, przedstawiono zestawienie wszystkich analizowanych kryteriów, na podstawie których typowane są linie rekomendowane do obsługi przez pojazdy zeroemisyjne. Biorąc pod uwagę kryteria takie jak gęstość zaludnienia wzdłuż linii autobusowych, ich prędkość komunikacyjna, energochłonność oraz wielkość wskaźnika WCP, dla każdej linii wyznaczono liczbę spełnianych kryteriów.

Tabela 20. Zestawienie wszystkich kryteriów wymiany pojazdów na pojazdy zeroemisyjne na liniach autobusowych.

Nr linii	Prędkość komunikacyjna linii autobusowych	WCP zawiera się w przedziale od 1 do 1,43	Gęstość zaludnienia wzdłuż tras linii autobusowych	Energochłonność linii autobusowych	Liczba kryteriów, które spełnia linia
Linia 101	X	X			2
Linia 103	X			X	2
Linia 105					0
Linia 106		X			1
Linia 107			X	X	2
Linia 108					0
Linia 109	X	X	X	X	4
Linia 110				X	1
Linia 111	X	X		X	3
Linia 112					0
Linia 113		X			1
Linia 114					0
Linia 115			X		1
Linia 116	X		X	X	3
Linia 117			X	X	2
Linia 121	X		X		2
Linia 124			X		1
Linia 125		X	X	X	3
Linia 126	X		X	X	3
Linia 127	X	X	X	X	4
Linia 128		X			1
Linia 129					0
Linia 130	X	X		X	3

Linia 131	X		X	X	3
Linia 136			X	X	2
Linia 141	X	X		X	3
Linia 201	X	X	X		3
Linia 203	X	X	X		3
Linia 205	X	X	X	X	4
Linia 303	X	X	X	X	4
Linia 304		X			1
Linia 305	X			X	2
Linia 307				X	1
Linia 309	X	X	X		3
Linia N01		X	X		2
Linia N02		X			1

Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z powyższą tabelą wytypowano linie autobusowe, które spełniają największą ilość z analizowanych kryteriów. Poniżej zaprezentowano wyniki przeprowadzonych analiz.

Tabela 21. Podsumowanie liczby kryteriów spełnianych przez dane linie autobusowe.

Liczba spełnionych kryteriów	Numery linii
Cztery kryteria	109, 127, 205, 303
Trzy kryteria	111, 116, 125, 126, 130, 131, 141, 201, 203, 309
Dwa kryteria	101, 103, 107, 117, 121, 136, 305, N01
Jedno kryterium	106, 110, 113, 115, 124, 128, 304, 307, N02

Źródło: Opracowanie własne.

W przypadku taboru zasilanego energią elektryczną, ze względu na zasięg oraz czas ładowania, istotne jest skoordynowanie obsługi obszaru zurbanizowanego wieloma liniami. W związku z powyższym przy doborze tras przeznaczonych do obsługi przez autobusy napędzane silnikiem elektrycznym, założono również wytypowanie lokalizacji, na których istnieje możliwość uzyskania warunków w celu instalacji punktów ładowania. Ze względu na zasięg pojazdów elektrycznych, dobór odpowiednich lokalizacji pętli autobusowych, na których możliwy byłby montaż ładowarek, jest niezbędny do efektywnego wykorzystania taboru elektrycznego.

Plan zakłada zakup odpowiedniej liczby ładowarek typu plug-in do 2025 r. oraz zlokalizowanie ich na zajezdni MPK przy al. Sikorskiego oraz na pętlach autobusowych.

Według Ustawy o elektromobilności Gmina Olsztyn powinna do 2025 roku wprowadzić do eksploatacji 36 autobusów elektrycznych a do 2028 r. 18 elektrobusów, co łącznie daje 54 pojazdy do obsługi linii autobusowych w Olsztynie.

Uwzględniając wytypowane na podstawie kryteriów i wytycznych dostarczonych przez organizatora transportu publicznego w Olsztynie linie autobusowe oraz lokalizacje pętli autobusowych, dla których uzyskano warunki przyłączeniowe wytypowano trasy i numery linii dla elektrobusów.

Linie oraz lokalizacje stacji dla wariantu 1

Wariant 1, zakładający przeznaczenie wytypowanych linii wyłącznie dla pojazdów elektrycznych, obejmuje następujące trasy linii dedykowane do obsługi przez autobusy elektryczne: **107, 111, 113, 117, 126, 127, 130, 131**. Większość wybranych linii autobusowych obejmują następujące pętle autobusowe: **Redykajny, Jakubowo, Dajtki, Os. Generałów, Witosa oraz Os. Mazurskie**, na których przewidziana jest instalacja ładowarek typu plug-in w celu doładowywania pojazdów. Na zajezdni MPK przy al. Sikorskiego przewiduje się umieszczenie ładowarek typu plug-in w celu całkowitego naładowywania akumulatorów. Linie 303 oraz 309 pomimo, że spełniają odpowiednio 4 i 3 kryteria są liniami okresowymi, więc zostały pominięte przy wyborze trasy do elektryfikacji. Dla linii 109 (spełnia 4 kryteria) oraz 116 (spełnia 3 kryteria) nie byłoby możliwości doładowania na pętlach, więc również nie zostały one uwzględnione jako linie do elektryfikacji. Na linii 125 (spełnia 3 kryteria) mogą kursować wyłącznie midibusy, co wyklucza ją z wykorzystania autobusów elektrycznych standardowych, a linia 141 (spełnia 3 kryteria) jest linią, która prawdopodobnie zostanie zlikwidowana w kolejnych latach, więc również nie została uwzględniona jako linia przeznaczona do elektryfikacji. Linia 201, 203 (spełniają 3 kryteria) oraz 205 (spełnia 4 kryteria) są liniami dowozowymi, więc również nie zostały uwzględnione do elektryfikacji.

W poniższej tabeli zestawiono wytypowane linie do elektryfikacji wraz z maksymalną liczbą pojazdów obsługującą daną linię. Łącznie wytypowane linie obsługuje maksymalnie 55 pojazdów, więc wprowadzenie przedstawionych rekomendacji pozwoli na spełnienie obowiązku wynikającego z Ustawy o elektromobilności.

Tabela 22. Maksymalna liczba pojazdów obsługujące linie wytypowane do elektryfikacji.

Nr linii	Maksymalna liczba pojazdów obsługująca daną linię
Linia 107	8
Linia 111	8
Linia 113	7
Linia 117	7
Linia 126	8
Linia 127	8
Linia 130	6
Linia 131	3
Łącznie	55

Źródło: Opracowanie własne.

Działania i inwestycje wymagane do realizacji wariantu

Do zapewnienia ciągłości świadczenia usług przewozowych na trasach obsługiwanych przez elektrobusy niezbędne będą stacje ładowania. W takim wypadku do działań i inwestycji niezbędnych do realizacji zadania dla wariantu elektrycznego będą należeć następujące przedsięwzięcia:

- Zakup taboru zeroemisyjnego według harmonogramu zgodnego z Ustawą o elektromobilności. Przyjęto, że nowo zakupione elektrobusy docelowo zastąpią około 30% dotychczas eksploatowanych autobusów spalinowych.
- Zakup, montaż i przyłączenie do sieci dystrybucyjnej stacji wolnego ładowania typu plug-in na wyznaczonych terenach w celu efektywnego ładowania pojazdów wymagane jest posiadanie zwykle jednej ładowarki na pojazd (dla urządzeń jednostanowiskowych) lub jednej na dwa pojazdy (dla urządzeń dwustanowiskowych). Zgodnie z otrzymanymi planami rozmieszczenia stacji ładowania, główne miejsce realizacji stanowi teren zajezdni przy ul. Sikorskiego oraz przewidziany jest zakup ładowarek dwustanowiskowych.
- Zakup, montaż i przyłączenie do sieci dystrybucyjnej dwustanowiskowych stacji wolnego ładowania typu plug-in na pętlach linii obsługiwanej przez elektrobusy. W tabeli poniżej zestawiono harmonogram zakupu oraz ilość niezbędnych dwustanowiskowych stacji wolnego ładowania typu plug-in.

Tabela 23. Harmonogram zakupu wymaganych ilości stacji ładowania plug-in.

Rok	Ilość pojazdów elektrycznych na dany rok	Ilość stacji wolnego ładowania typu plug-in na dany rok
2025	36	18
2027	18	9

Źródło: Opracowanie własne.

Harmonogram wymiany floty według wariantu 1

Wymiana obecnie użytkowanego taboru konwencjonalnego na autobusy elektryczne będzie się odbywać zgodnie z harmonogramem wymiany floty przedstawionym w poniższej tabeli, wynikającym z obowiązku ustawowego.

Tabela 24. Harmonogram wymiany floty na autobusy elektryczne zgodny z założeniami Ustawy o elektromobilności.

Rok	Wymagany udział pojazdów elektrycznych we flocie	Ilość zakupionych pojazdów elektrycznych			Łączna ilość pojazdów elektrycznych
		Łącznie	MAXI	MEGA	
2025	20%	36	21	15	36
2028	30%	18	13	5	54

Źródło: Opracowanie własne.

Szacowane zużycie energii

W analizie przyjęto, że autobusy elektryczne MAXI oraz MEGA zużywają średnio odpowiednio 1,4 kWh/km oraz 1,75 kWh/km. Na podstawie zebranych danych przyjęto uśredniony roczny przebieg pojazdów eksploatowanych na liniach komunikacji miejskiej miasta Olsztyn (38 789 km). Zestawiono to z wymogami Ustawy o elektromobilności i przedstawionym powyżej harmonogramem wymiany taboru. Następnie wyznaczono roczne zużycie energii w zależności od liczby wykorzystywanych pojazdów elektrycznych zgodnie z ustawą.

Tabela 25. Szacowane zużycie energii w danym okresie.

Rok	Roczny przejechany dystans przez tabor zeroemisyjny [km]	Roczne zużycie energii [kWh]
od 2025	1 396 419	2 158 631
od 2028	2 094 629	3 204 006

Źródło: Opracowanie własne.

Struktura zapotrzebowania na ON

Wprowadzanie pojazdów elektrycznych do taboru przeznaczanego do obsługi przewozów w ramach komunikacji miejskiej będzie wiązało się ze zmniejszeniem użytkowania pojazdów konwencjonalnych, a co z tego wynika ze zmniejszeniem zużycia zapotrzebowania na olej napędowy. W poniższej tabeli przedstawiono prognozowaną ilość paliwa niezbędnego do zasilania autobusów spalinowych w latach 2024-2040. Założono średnie zużycie paliwa na poziomie 0,48 l/km dla autobusów typu MAXI oraz 0,58 l/km dla autobusów typu MEGA.

Tabela 26. Prognoza zużycia paliwa w latach 2024 – 2040

Rok	Ilość autobusów elektrycznych	Ilość autobusów konwencjonalnych	Prognozowane roczne zużycie paliwa (ON) przez tabor konwencjonalny w litrach
2024	0	180	3 560 869
2025	36	144	2 832 403
od 2028	54	126	2 477 868

Źródło: Opracowanie własne.

5.3.3. Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Założenia

Wariant 2 zakłada wymianę wykorzystywanego obecnie taboru konwencjonalnego na autobusy napędzane wodorem w liczbie zgodnej z harmonogramem przedstawionym w Ustawie o elektromobilności. Ponadto, zakłada zakup i montaż niezbędnej infrastruktury, czyli stacji tankowania wodoru z instalacją do elektrolizy umożliwiającą produkcję wodoru.

W wariantcie 2 rozważono dwa rozwiązania związane z lokalizacją stacji tankowania wodoru oraz zastosowaną technologią pozyskiwania wodoru. Tabor zeroemisyjny zasilany wodorem cechuje się wysoką uniwersalnością stosowania. Głównie jest to spowodowane faktem, że zasilanie takich pojazdów odbywa się za pomocą paliwa jakim jest wodór, a sam proces tankowania zbiorników zainstalowanych w autobusach odbywa się na przeznaczonych do tego stacjach oraz trwa zaledwie kilka minut. W przypadku autobusów zasilanych wodorem, miejsce, w którym zostanie wybudowana stacja tankowania, nie wpływa tak znacząco na dobór tras. Istotne jest, aby wytypowana lokalizacja stacji umożliwiała optymalny dojazd autobusów z/do zajezdni oraz na trasy.

Wariant 2

Wariant 2 zakłada budowę stacji tankowania wodoru wyposażoną w elektrolizer umożliwiający produkcję wodoru na miejscu. Produkcja wodoru na stacji pozwoli uniknąć problemów logistycznych związanych z dostawą wodoru. W tym przypadku, ze względu na bezpieczeństwo prowadzonego procesu, lokalizację stacji tankowania rozpatruje się na terenie znajdującym się na krańcu miasta. Dobór tras linii autobusowych przeznaczonych do obsługi przez pojazdy zasilane wodorem odbywa się na podstawie kryteriów przedstawionych w rozdziale 5.3.2. Rozwiązanie to przewiduje wysokie koszty inwestycyjne związane z zakupem elektrolizera.

Infrastruktura wodorowa w Olsztynie

Obecnie na terenie Olsztynie nie istnieje stacja tankowania wodoru.

Analizowane trasy autobusów o napędzie zeroemisyjnym

Na podstawie analizy przeprowadzonej w celu doboru pojazdów zeroemisyjnych do obsługi linii autobusowych w Olsztynie przedstawionej w rozdziale 5.3.2., rekomenduje się wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem na trasach linii autobusowych, które spełniają więcej niż dwa kryteria (**Tabela 20**). W związku z powyższym linie dedykowane autobusom napędzanym wodorem to linie numer **109, 111, 116, 117, 126, 127, 130, 131**.

Linie 303 oraz 309 pomimo, że spełniają odpowiednio 4 i 3 kryteria są liniami okresowymi, więc zostały pominięte przy wyborze trasy dla autobusów zeroemisyjnych. Na linii 125 (spełnia 3 kryteria) mogą kursować wyłącznie midibusy, co wyklucza ją z wykorzystania autobusów wodorowych standardowych, a linia 141 (spełnia 3 kryteria) jest linią, która prawdopodobnie zostanie zlikwidowana w kolejnych latach, więc również nie została uwzględniona jako linia przeznaczona do doboru tras dla autobusów zeroemisyjnych. Linie 201 i 203 (spełniają 3 kryteria) oraz linia 205 (spełnia 4 kryteria) są liniami dowozowymi, więc również nie zostały uwzględnione do zastosowania autobusów zeroemisyjnych.

W poniższej tabeli zestawiono wytypowane linie dla autobusów wodorowych wraz z maksymalną liczbą pojazdów obsługującą daną linię. Łącznie wytypowane linie obsługuje maksymalnie 56 pojazdów, więc wprowadzenie przedstawionych rekomendacji pozwoli na spełnienie obowiązku wynikającego z Ustawy o elektromobilności.

Tabela 27. Maksymalna liczba pojazdów obsługujących linie wytypowane do wymiany obecnie obsługujących je jednostek na wodorowe.

Nr linii	Maksymalna liczba pojazdów obsługująca daną linię
Linia 109	6
Linia 111	8
Linia 116	10
Linia 117	7
Linia 126	8
Linia 127	8
Linia 130	6
Linia 131	3
Suma	56

Lokalizacje stacji dla wariantu 2

Wariant 2 zakładający produkcję wodoru na miejscu, przewiduje budowę stacji na terenie zlokalizowanym na obrzeżach miasta. Biorąc pod uwagę wytypowane linie, które zgodnie z analizą spełniają największą ilość kryteriów, oraz dostępne tereny na obrzeżach miasta zlokalizowane w pobliżu przystanków krańcowych wybranych linii, rekomendowane jest wybudowanie stacji tankowania wodoru wyposażonej w elektrolizer na obszarze znajdującym się na obrzeżach miasta.

Działania i inwestycje wymagane do realizacji wariantu

W celu zapewnienia ciągłości świadczenia usług przewozowych na trasach obsługiwanych przez autobusy zasilane wodorem niezbędna będzie inwestycja w stacje tankowania wodoru. W takim wypadku do działań i inwestycji niezbędnych do realizacji zadania będą należeć następujące przedsięwzięcia:

- Zakup taboru zeroemisyjnego według harmonogramu zgodnego z Ustawą o elektromobilności. Przyjęto, że nowo zakupione autobusy napędzane wodorem docelowo zastąpią około 30% dotychczas eksploatowanych autobusów spalinowych.
- Inwestycja w budowę stacji tankowania wodoru wyposażoną w następujące komponenty: sprężarkę, zbiorniki do magazynowania wodoru, elektrolizer oraz dystrybutory.

Harmonogram wymiany floty według wariantu 2

Wymiana obecnie użytkowanego taboru konwencjonalnego na autobusy zasilane wodorem będzie się odbywać zgodnie z harmonogramem wymiany floty przedstawionym w poniższej tabeli, wynikającym z obowiązku ustawowego.

Tabela 28. Harmonogram wymiany floty na autobusy napędzane wodorem zgodny z założeniami Ustawy o elektromobilności.

Rok	Wymagany udział pojazdów wodorowych we flocie	Ilość zakupionych pojazdów wodorowych			Łączna ilość pojazdów wodorowych
		Łącznie	MAXI	MEGA	
2025	20%	36	21	15	36
2028	30%	18	13	5	54

Źródło: Opracowanie własne

Szacowane zużycie energii na produkcję wodoru

Przyjęto uśredniony roczny przebieg pojazdów eksploatowanych na liniach komunikacji miejskiej miasta Olsztyn równy 38 789 km oraz średnie zużycie wodoru na poziomie 0,08 kg/km. Założono, że niezbędna energia potrzebna na wyprodukowanie w procesie elektrolizy 1 kg wodoru wynosi 53 kWh. W tabeli poniżej przedstawiono roczne zapotrzebowanie taboru na wodór oraz ilość energii koniecznej do jego wyprodukowania.

Tabela 29. Szacowane zużycie wodoru i energii w danym okresie.

Rok	Roczny przejechany dystans przez tabor zeroemisyjny [km]	Roczne zużycie wodoru [kg]	Roczne zużycie energii niezbędnej na wyprodukowanie wodoru [kWh]
od 2025	1 396 419	99 495	5 273 228
od 2028	2 094 629	147 788	7 832 748

Źródło: Opracowanie własne

6. Analiza finansowo-ekonomiczna

6.1. Założenia do analizy

W celu oceny opłacalności finansowej rozważanych wariantów przeprowadzono analizę finansowo-ekonomiczną. W niniejszej analizie uwzględniono zmiany w strukturze kosztów ponoszonych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Olsztynie.

Poniższa analiza finansowa została sporządzona na okres 16 lat – od 2024 do 2040 r.

W celu jej przeprowadzenia zostały zastosowane następujące założenia:

- Inflacja w poszczególnych latach osiągnie poniższe wartości¹²:
 - 2024 r. – 3,70%.
 - Od 2027 założono inflację na poziomie 3,00%.
 - Finansowa stopa dyskonta równa 4,00%¹³.
- Koszt netto autobusu konwencjonalnego, elektrycznego oraz wodorowego (maxi oraz mega18) został przyjęty na podstawie średniej ceny z najkorzystniejszych ofert otrzymanych w ramach przeprowadzonych przetargów w polskich miastach w latach 2023-2024 r. Przyjęte ceny netto autobusów zestawiono poniżej:
 - Konwencjonalnego – 1,33 mln PLN (maxi), 1,60 mln PLN (mega),
 - Elektrycznego – 2,54 mln PLN (maxi), 3,36 mln PLN (mega),
 - Zasilanego wodorem – 3,10 mln PLN (maxi), 3,85 mln PLN (mega),
- Koszty związane z niezbędną infrastrukturą towarzyszącą dla autobusów elektrycznych przyjęto następujące:
 - Ładowarek dwustanowiskowe typu plug-in – 300,00 tys. PLN/szt.,
- Koszty związane z niezbędną infrastrukturą towarzyszącą dla autobusów zasilanych wodorem przyjęto następujące:
 - Stacja tankowania wodoru przeznaczona dla 57 autobusów – 23,73 mln PLN,
 - Wyposażenie stacji w elektrolizer – 32,41 mln PLN.
 - Koszt wymiany baterii w autobusie elektrycznym przyjęto na poziomie 500 tys. PLN.

W analizie pokazano istotne koszty rodzajowe: paliw, serwisu oraz osobowe.

- Przyjęto następujące wartości kosztów serwisowych autobusu w 2024 r.:
 - Konwencjonalnego – 15,00 tys. PLN,
 - Elektrycznego – 12,50 tys. PLN,
 - Zasilanego wodorem – 14,00 tys. PLN,
- Wzrost kosztów serwisowych został założony zgodnie ze wzrostem inflacji rok do roku.
- Cena zakupu paliwa ON została przyjęta na poziomie 5,19 PLN/l netto.¹⁴
- Cena jednostkowa zakupu energii elektrycznej została przyjęta na poziomie 401,19 PLN/MWh oraz jednostkowa cena dystrybucji 358,41 PLN/MWh w 2024r. W kolejnych

¹² Źródło: https://www.nbp.pl/home.aspx?f=/polityka_pieniezna/dokumenty/projekcja_inflacji.html, stan na 24.07.2024 r.

¹³ Przyjęto zgodnie z założeniami zawartymi w Niebieskiej Księdze Transportu 2023 r.

¹⁴ Źródło: <https://www.e-petrol.pl/notowania/rynek-krajowy/ceny-stacje-paliw>, stan na 03.07.2024 r.

latach ceny za zakup energii zostały przyjęte na podstawie prognoz przygotowanych przez Audytel SA., cena dystrybucji została zindeksowana o wskaźnik inflacji.

- Uwzględniono przychody ze sprzedaży biletów oraz dopłaty pochodzące z gmin ościennych.
- Współczynnik FNPV wyznaczano na podstawie wzoru:

$$FNPV = \sum_{t=0}^n \frac{S_n^C}{(1+r)^n}$$

gdzie:

n – okres od niesienia (liczba lat) – 1,

S_n^C – salda przepływów pieniężnych generowanych przez projekt w poszczególnych latach okresu odniesienia analizy,

r – finansowa stopa dyskonta.

Gdy współczynnik ten osiągnie wartość mniejszą od 0, świadczy to o nierentowności danej inwestycji.

6.2. Analiza sytuacji finansowej Gminy

Sytuacja finansowa Gminy Olsztyn została zbadana na podstawie rachunków zysków i strat w latach 2021-2023. Analiza sprawozdania finansowego Gminy Olsztyn wykazała, że gmina w rozpatrywanym okresie wykazywała dodatni wynik budżetu operacyjnego oraz dodatni zysk netto. Zysk netto wynosił w latach 2021 i 2022 odpowiednio 231,92 oraz 204,93 milionów złotych, natomiast w 2023 roku ta wartość znacząco wzrosła i wyniosła 671,31 mln złotych. Wynika z tego, że w ubiegłych latach wykonywanie zadań bieżących przez jednostkę odbywało się w obrębie granic możliwości finansowych.

Dochody budżetowe Gminy Olsztyn pozwalają na pokrycie wydatków majątkowych. Modernizacja taboru nie powinna więc wymagać zmiany priorytetów inwestycyjnych lub zaciągnięcia kredytu w nakładach inwestycyjnych na autobusy zeroemisyjne. Należy nadmienić, że w 2024 roku Olsztyn został pierwszym dużym miastem, które uzyskało dofinansowanie w wysokości 128 milionów złotych na poprawę transportu publicznego. Środki zostaną przekazane w ramach programu operacyjnego Polska Wschodnia i będą mogły zostać wykorzystane między innymi na modernizację taboru w autobusy elektryczne, rozbudowę zajezdni i przebudowę pętli autobusowych.

Tabela 30. Rachunek zysków i strat Gminy Olsztyn, za lata 2021-2023.

Nazwa	Wykonanie, mln zł		
	2021	2022	2023
Przychody netto z podstawowej działalności operacyjnej	1 493,139	1 482,430	1 749,711
Koszty działalności operacyjnej	1 158,528	1 154,723	1 217,432
Zysk (strata) z działalności podstawowej	334,611	327,707	532,279
Pozostałe przychody operacyjne	104,860	88,785	178,437
Pozostałe koszty operacyjne	205,187	205,362	33,794
Zysk (strata) z działalności operacyjnej	234,284	211,130	676,922
Przychody finansowe	20,414	32,847	37,170
Koszty finansowe	22,693	38,925	42,746
Zysk (strata) brutto	232,005	205,052	671,347
Podatek dochodowy	0,038	0,000	0,000
Pozostałe obowiązkowe zmniejszenia zysku (zwiększenia straty)	0,051	0,058	0,033
Zysk (strata) netto	231,917	204,994	671,314

Źródło: Na podstawie Rachunku zysku i strat jednostki Gminy Olsztyn, za lata 2021, 2022 oraz 2023.

6.3. Analiza sytuacji finansowej Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o. o. w Olsztynie

Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne sp. z o. o. w Olsztynie świadczy usługi polegającej na wykonywaniu zadania własnego Gminy dotyczącego zaspokajania potrzeb mieszkańców w zakresie lokalnego pasażerskiego transportu zbiorowego.

Sytuacja finansowa Miejskiego Przedsiębiorstwa Komunikacyjnego sp. z o. o. w Olsztynie została zbadana na podstawie rachunków zysków i strat przedsiębiorstwa w latach 2021-2023. Na podstawie wspomnianych dokumentów trudno jednoznacznie ocenić kondycję finansową MPK. Zarówno przychody netto ze sprzedaży jak i koszty sprzedanych produktów rosły z roku na rok. Ujemny wynik finansowy przedsiębiorstwo zanotowało w 2022 roku, co mogło być konsekwencją konfliktu zbrojnego w Ukrainie i związanego z nim wzrostu cen energii elektrycznej, gazu ziemnego oraz paliw transportowych. Dodatni wynik finansowy odnotowany został natomiast w roku 2021 oraz 2023. Należy jednak zauważyć, że wysokość wypracowanego zysku przez MPK w tych latach, nie byłaby wystarczająca, by dokonać modernizacji taboru na pojazdy niskoemisyjne.

Tabela 31. Rachunek zysków i strat MPK Sp. z o.o. w Olsztynie, za lata 2021-2023.

Nazwa	Wykonanie, mln zł		
	2021	2022	2023
Przychody netto ze sprzedaży	77,777	79,731	88,605
Koszty sprzedanych produktów, towarów i materiałów	73,083	79,508	82,812
Zysk (strata) brutto ze sprzedaży	4,694	0,223	5,793

Koszty sprzedaży	0,000	0,000	0,000
Koszty ogólnego zarządu	4,462	4,606	5,195
Zysk (strata) ze sprzedaży	0,232	-4,383	0,598
Pozostałe przychody operacyjne	2,851	2,443	6,581
Pozostałe koszty operacyjne	2,460	2,953	2,631
Zysk (strata) z działalności operacyjnej	0,623	-4,893	4,548
Przychody finansowe	0,006	0,072	0,155
Koszty finansowe	0,549	0,883	0,826
Zysk (strata) brutto	0,080	-5,704	3,877
Podatek dochodowy	0,037	0,000	0,000
Pozostałe obowiązkowe zmniejszenia zysku (zwiększanie straty)	0,000	0,000	0,000
Zysk (strata) netto	0,043	-5,704	3,877

Źródło: Na podstawie Rachunku zysku i strat MPK Sp. z o.o. w Olsztynie, za lata 2021, 2022 oraz 2023.

6.4. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

Nakłady inwestycyjne

W przypadku inwestycji przez Gminę Olsztyn w autobusy zasilane Dieslem o normie Euro 6 łączne nakłady inwestycyjne związane z zakupem taboru wyniosłyby ok. 83,84 mln PLN przy założeniu, że obecny koszt zakupu autobusu o takim napędzie w rozmiarze MAXI wynosi 1,33 mln PLN, a rozmiarze MEGA 1,65 mln PLN (analiza uwzględnia wzrost cen pojazdów związany z występowaniem inflacji).

Koszty eksploatacyjne

Głównymi czynnikami wpływającymi na wartość kosztów związanych z eksploatacją autobusów zasilanych olejem napędowym są koszty paliwa, eksploatacja wymaganych płynów (AdBlue, oleje i inne) oraz zużywające się części silnika.

Infrastruktura zasilania

Z uwagi na fakt, że wariant 0 zakłada utrzymanie stanu obecnego floty, tj. zakup autobusów zasilanych olejem napędowym, poniższa analiza nie uwzględnia kosztów związanych z zakupem infrastruktury wymaganej do obsługi nowego taboru. Zostanie w nim wykorzystane istniejące zaplecze warsztatowo – utrzymaniowe.

Części zamienne

Przyjęto założenie, że poza wymienionym taborem, struktura wieku eksploatowanych autobusów będzie w kolejnych latach taka sama, a czynnikiem wpływającym na koszty związane z utrzymaniem taboru na odpowiednim poziomie użytkowania jest rosnący wiek pojazdów. Dodatkowo przyjęto, iż co najmniej przez pierwsze 3 lata zakupione pojazdy będą podlegały gwarancji producenta i Podmiot Zarządzający Flotą nie będzie ponosił dodatkowych kosztów z tego tytułu.

Wskaźniki ekonomiczne

Poszczególne składowe kosztów w wydatkach, wynikających z wprowadzenia założeń wariantu 0, ponoszonych przez Gminę Olsztyn w latach 2024-2040 zostały przedstawione w poniższej tabeli.

W analizowanym okresie koszty zakupu oleju napędowego na dotychczas eksploatowany, jak i wymieniony tabor wyniosą ok. 413,71 mln PLN. Natomiast całkowity serwis pojazdów w okresie 16 lat wyniesie ok. 56,79 mln PLN.

Rentowność wariantu 0 określono za pomocą współczynnika finansowej wartości bieżącej netto, która wyniosła: **FNPV = - 134,16 mln PLN.**

Tabela 32. Zestawienie kosztów w latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 0.

Rok	Koszty serwisowe taboru niewymienionego [PLN]	Koszty serwisowe taboru niskoemisyjnego [PLN]	Zakup paliwa łącznie [PLN]	Zakup nowego taboru [PLN]	Suma [mln PLN]
2024	2 700 000	-	18 576 212	-	21,28
2025	2 272 320	-	19 263 532	55 419 360	76,96
2026	2 333 673	-	20 265 236	-	22,60
2027	2 103 222	-	20 812 397	28 421 324	51,34
2028	2 166 319	618 948	21 436 769	-	24,22
2029	2 231 309	637 517	22 079 872	-	24,95
2030	2 298 248	656 642	22 742 268	-	25,70
2031	2 367 195	1 014 512	23 424 536	-	26,81
2032	2 438 211	1 044 948	24 127 273	-	27,61
2033	2 511 358	1 076 296	24 851 091	-	28,44
2034	2 586 698	1 108 585	25 596 623	-	29,29
2035	2 664 299	1 141 843	26 364 522	-	30,17
2036	2 744 228	1 176 098	27 155 458	-	31,08
2037	2 826 555	1 211 381	27 970 122	-	32,01
2038	2 911 352	1 247 722	28 809 225	-	32,97
2039	2 998 692	1 285 154	29 673 502	-	33,96
2040	3 088 653	1 323 708	30 563 707	-	34,98

Źródło: Opracowanie własne.

6.5. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Nakłady inwestycyjne

Założono, że koszt autobusu elektrycznego typu MAXI w 2024 roku wyniósł 2,54 mln PLN, natomiast autobusu przegubowego był równy 3,36 mln PLN. Przy zakupie elektrobusów w ilości spełniającej obowiązek wynikający z Ustawy o elektromobilności do 2028 roku szacowany łączny koszt zakupu nowego taboru wyniesie ok. 164,57 mln. PLN.

Infrastruktura zasilania

Nakłady inwestycyjne przeznaczone na infrastrukturę związane są z modernizacją sieci dystrybucyjnej pod punkty ładowania wymagają określenia przez operatora sieci dystrybucyjnej warunków przyłączenia. Rozbudowa niezbędnej infrastruktury w wariantcie elektrycznym będzie przebiegała zgodnie z harmonogramem przedstawionym w Tabeli 24.

W wariantcie elektrycznym koszty zakupu oraz instalacji stacji ładowania typu plug-in szacuje się, że wyniosą 8,69 mln PLN.

Koszty eksploatacyjne

Różnicą w stosunku do wariantu 0 jest zmiana struktury kosztów paliwa od momentu wprowadzenia taboru zeroemisyjnego. Część kosztów zakupu oleju napędowego, zostanie zastąpiona przez koszty związane z zakupem energii elektrycznej. Przyjęte ceny energii elektrycznej zostały opisane w założeniach do analizy.

Pozostałe koszty

W kosztach serwisowych zawarto koszt wymiany baterii na poziomie 500 tys. PLN po 10 latach eksploatacji.

Wskaźniki ekonomiczne

Poszczególne składowe kosztów w wydatkach związanych z realizacją założeń wariantu 1, ponoszonych przez Gminę Olsztyn zostały przedstawione w poniższych tabelach. W analizowanym okresie całkowite koszty przeznaczone na zakup energii wyniosą 40,83 mln PLN, a wydatki przeznaczone na serwis wymienionych pojazdów 38,29 mln PLN.

Rentowność wariantu 1 określono za pomocą współczynnika finansowej wartości bieżącej netto, która wyniosła:

Dla wariantu 1: **FNPV = - 249,86 mln PLN.**

Tabela 33. Zestawienie kosztów w latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 1.

Rok	Koszty serwisowe taboru niewymienionego [PLN]	Koszty serwisowe taboru wymienionego [PLN]	Zakup paliwa dla taboru niewymienionego [PLN]	Koszt energii elektrycznej dla taboru wymienionego [PLN]	Zakup nowego taboru [PLN]	Nakłady na infrastrukturę [PLN]	Suma [mln PLN]
2024	2 700 000	-	18 843 280	-	-	-	21,28
2025	2 272 320	-	15 632 385	1 541 263	109 134 480	5 680 800	133,95
2026	2 333 673	-	16 445 269	1 595 228	-	-	20,05
2027	2 103 222	-	14 778 130	2 409 413	55 440 499	3 004 603	77,44
2028	2 166 319	515 790	15 221 474	2 479 901	-	-	20,08
2029	2 231 309	531 264	15 678 118	2 543 981	-	-	20,67
2030	2 298 248	547 202	16 148 461	2 624 081	-	-	21,29
2031	2 367 195	845 427	16 632 915	2 633 693	-	-	22,15
2032	2 438 211	870 790	17 131 903	2 694 569	-	-	22,79
2033	2 511 358	896 913	17 645 860	2 716 997	-	-	23,42
2034	2 586 698	923 821	18 175 235	2 774 669	-	-	24,10
2035	2 664 299	18 951 535	18 720 492	2 745 833	-	-	42,71
2036	2 744 228	980 082	19 282 107	2 745 833	-	-	25,37
2037	2 826 555	1 009 484	19 860 570	2 768 261	-	-	26,07
2038	2 911 352	10 039 768	20 456 388	2 825 933	-	-	35,82
2039	2 998 692	1 070 962	21 070 079	2 848 361	-	-	27,57
2040	3 088 653	1 103 090	21 702 182	2 877 197	-	-	28,34

Źródło: Opracowanie własne

6.6. Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne niezbędne do poniesienia w przypadku zastosowania pojazdów zasilanych wodorem związane są z zakupem nowego taboru oraz kosztem wybudowania niezbędnej infrastruktury towarzyszącej. Przyjęto, że koszt autobusu napędzanego wodorem typu MAXI w 2024r. wyniósł 3,40 mln PLN, natomiast pojazdu typu MEGA 5,44 mln PLN. W analizie uwzględniono wzrost cen tych pojazdów wynikający z inflacji. Do 2028 r. nakłady na zakup i wymianę taboru na autobusy wodorowe w analizowanym przypadku wyniosą ok. 195,51 mln PLN.

Infrastruktura tankowania wodoru

Nakłady inwestycyjne na infrastrukturę związane są z zakupem oraz instalacją stacji tankowania, a także z kosztem wyposażenia w stacji w elektrolizer pozwalającym na produkcję wodoru na miejscu.

W wariantcie 2 koszty zakupu oraz instalacji stacji tankowania wodoru wyposażonej w elektrolizer szacuje się, że wyniosą 58,26 mln PLN.

Koszty eksploatacyjne

Podobnie jak w wariantcie 1, różnica kosztów poniesionych w wariantcie 2 w stosunku do wariantu 0 wynika ze zmiany struktury kosztów paliwa od momentu wprowadzenia taboru zeroemisyjnego. Zmniejszenie ilości pojazdów konwencjonalnych we flocie będzie skutkowało mniejszym zapotrzebowaniem na olej napędowy, a co z tego wynika część kosztów zakupu tego paliwa zostanie zastąpiona przez koszty związane z wodorem. W wariantcie 2 do kosztów operacyjnych należy również doliczyć koszty energii elektrycznej niezbędnej do zasilenia elektrolizera w celu produkcji wodoru.

Wskaźniki ekonomiczne

W latach 2024-2040 w wariantcie wodorowym całkowite koszty przeznaczone na zakup energii niezbędnej do produkcji wodoru na stacji wyniosą ok. 99,80 mln PLN. Serwis wymienionych pojazdów 12,64 mln PLN.

Rentowność wariantu 2 określono za pomocą współczynnika finansowej wartości bieżącej netto, która wyniosła:

Dla wariantu 2: **FNPV = - 357,68 mln PLN.**

Tabela 34 Zestawienie kosztów latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 2.

Rok	Koszty serwisowe taboru niewymienionego [PLN]	Koszty serwisowe taboru wymienionego [PLN]	Zakup paliwa dla taboru niewymienionego [PLN]	Zakup paliwa dla wymienionego taboru [PLN]	Zakup nowego taboru [PLN]	Nakłady na infrastrukturę [PLN]	Suma [mln PLN]
2024	2 700 000	0	18 576 212	0	0	0,00	21,28
2025	2 272 320	0	15 322 180	3 765 085	129 238 200	58 255 342	208,85
2026	2 333 673	0	16 118 933	3 896 915	0	0,00	22,35
2027	2 103 222	0	14 482 026	5 890 226	66 268 200	0,00	88,74
2028	2 166 319	577 685	14 916 487	6 062 547	0	0,00	23,72
2029	2 231 309	595 016	15 363 981	6 219 202	0	0,00	24,41
2030	2 298 248	612 866	15 824 901	6 415 020	0	0,00	25,15
2031	2 367 195	946 878	16 299 648	6 438 519	0	0,00	26,05
2032	2 438 211	975 285	16 788 637	6 587 341	0	0,00	26,79
2033	2 511 358	1 004 543	17 292 296	6 642 170	0	0,00	27,45
2034	2 586 698	1 034 679	17 811 065	6 783 159	0	0,00	28,22
2035	2 664 299	1 065 720	18 345 397	6 712 665	0	0,00	28,79
2036	2 744 228	1 097 691	18 895 759	6 712 665	0	0,00	29,45
2037	2 826 555	1 130 622	19 462 632	6 767 494	0	0,00	30,19
2038	2 911 352	1 164 541	20 046 511	6 908 483	0	0,00	31,03
2039	2 998 692	1 199 477	20 647 906	6 963 313	0	0,00	31,81
2040	3 088 653	1 235 461	21 267 343	7 033 807	0	0,00	32,63

Źródło: Opracowanie własne.

6.7. Podsumowanie

W celu wyznaczenia rentowności analizowanych założeń określono dla każdego wariantu współczynnik FNPV - Finansową wartość bieżąca netto inwestycji. Wartość tą obliczono na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych (przychodów ze sprzedaży biletów i porozumień międzygminnych), a następnie zdyskontowano.

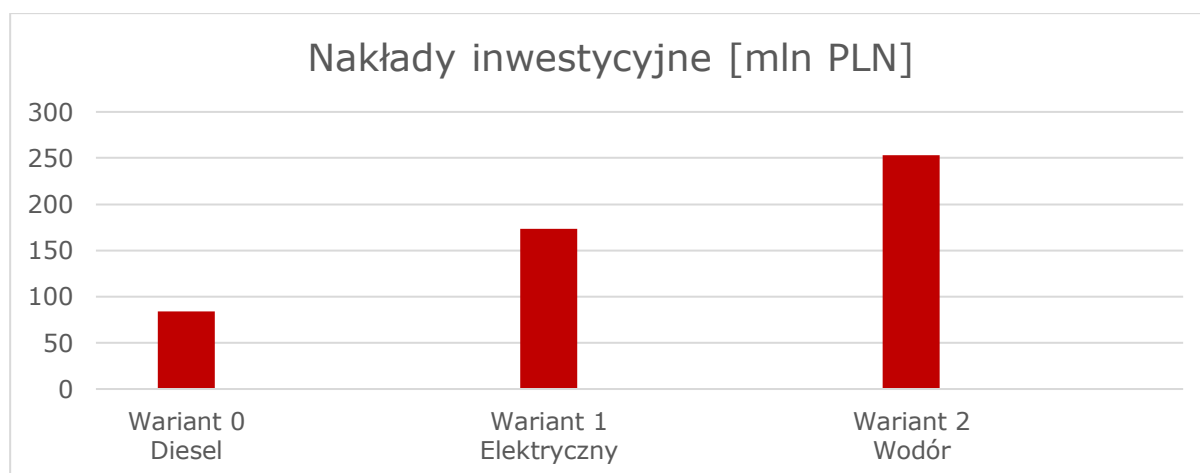
Wskaźniki FNPV na przestrzeni lat 2024-2040 wyniosą odpowiednio:

- Wariant 0: **FNPV = - 139,83 mln PLN;**
- Wariant 1: **FNPV = - 249,86 mln PLN;**
- Wariant 2: **FNPV = - 357,68 mln PLN.**

Na podstawie uzyskanej ujemnej FNPV można wnioskować, że dana inwestycja na przestrzeni analizowanego okresu będzie nieopłacalna.

Na poniższym wykresie przedstawiono porównanie wielkości nakładów inwestycyjnych niezbędnych do realizacji założeń każdego wariantu. Poniżej przedstawiono również tabelaryczne zestawienie wszystkich nakładów niezbędnych do realizacji każdego wariantu do 2028 r.

Wykres 1. Porównanie nakładów inwestycyjnych w każdym wariantcie.



Źródło: Opracowanie własne.

Tabela 35. Nakłady inwestycyjne w poszczególnych wariantach w latach 2024-2028.

Rok		2024	2025	2026	2027	2028	SUMA
Wariant 0	Zakup nowego taboru [mln PLN]	-	55,42	-	28,42	-	83,84
	Nakłady na infrastrukturę [mln PLN]	-	-	-	-	-	
Wariant 1	Zakup nowego taboru [mln PLN]	-	109,13	-	55,44	-	173,25
	Nakłady na infrastrukturę [mln PLN]	-	5,68	-	3,00	-	
Wariant 2	Zakup nowego taboru [mln PLN]	-	129,24	-	66,27	-	252,9
	Nakłady na infrastrukturę [mln PLN]	-	57,39	-	-	-	

Źródło: Opracowanie własne.

7. Analiza społeczno-ekonomiczna

7.1. Szacowanie efektów środowiskowych

7.1.1. Emisje

Emisja szkodliwych dla środowiska substancji w sektorze transportu zależy głównie od rodzaju napędu pojazdów. Do analizy efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji wykorzystano współczynniki emisji autobusów spalinowych, elektrycznych, wodorowych i zasilanych CNG. Wartości te zostały przyjęte zgodnie z Kalkulatorem emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego autorstwa Centrum Unijnych Projektów Transportowych (dalej CUPT)¹⁵. Dane te uwzględniają:

- Wielkość emisji gazów cieplarnianych (CO₂) emitowanych przez autobusy spalinowe bądź gazowe, a także emisje związane z eksploatacją autobusów elektrycznych (emisje te nie powstają bezpośrednio w miejscu eksploatacji taboru tylko globalnie podczas produkcji energii elektrycznej),
- Wielkości emisji (NO_x, NHMC/NMVOC, PM_{2,5}) emitowanych przez autobusy spalinowe bądź gazowe do niższych warstw atmosfery, a także emisje, które powstają podczas eksploatacji autobusów elektrycznych (emisje te nie są emitowane bezpośrednio w miejscu ich eksploatacji tylko globalnie podczas produkcji energii elektrycznej),
- Wielkości emisji dwutlenku siarki SO₂, przewidywanych tylko dla autobusów elektrycznych, emitowanej podczas produkcji energii elektrycznej.

Współczynniki emisji generowanej przez autobusy spalinowe i gazowe uzyskano na podstawie kalkulatora emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego¹⁶ (udostępnionego przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych), w którym określono wartości emisji poszczególnych substancji w zależności od normy EURO, którą dany tabor spełnia. Natomiast, emisję dla autobusów elektrycznych uwzględniono jako powstającą przy produkcji energii elektrycznej w Polsce, a dla autobusów wodorowych przyjęto ją jako zerową.¹⁷ Przy wyliczeniu wskaźników emisyjności CO₂, SO₂, NO_x oraz PM_{2,5} przy produkcji energii elektrycznej posłużono się opracowaniem KOBIZE pn. „WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok”. W kolejnym etapie poszczególne współczynniki emisji przemnożono przez pracę przewozową taboru, a następnie przeanalizowano dla okresu eksploatacji autobusów. Przyjęto, że zarówno autobusy elektryczne, wodorowe, jak i autobusy gazowe eksploatowane będą co najmniej do 2040 r.

Poniższa tabela przedstawia wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.

Tabela 36. Wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.

Rodzaj pojazdu		Jednostkowa emisja zanieczyszczeń [g/km]				
		CO ₂	SO ₂	NMHC/NMVOC	NO _x	PM
Autobus Diesel	EURO 2	1366,8	0	4,18	26,6	0,57

¹⁵ https://www.cupt.gov.pl/wp-content/uploads/2024/06/upload_koszty-jednostkowe_ver2024-06-27_7257_518.xlsx

¹⁶ https://www.cupt.gov.pl/index.php?option=com_content&view=article&id=692&Itemid=411

¹⁷ Gromadzki M. „Zasady opracowywania Analizy Kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych – wymaganej ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Warszawa, 2018.

Autobus Diesel	EURO 3	1366,8	0	3,36	25,5	0,51
Autobus Diesel	EURO 4	1366,8	0	2,346	17,85	0,102
Autobus Diesel	EURO 5	1366,8	0	2,346	10,2	0,102
Autobus Diesel	EURO 6	1366,8	0	0,663	2,04	0,051
Autobus elektryczny		959,000	0,511	0,005	0,576	0,029

Źródło: Opracowanie własne na podstawie „Kalkulator emisji zanieczyszczeń i kosztów klimatu dla środków transportu publicznego”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych oraz „WSKAŹNIKI EMISYJNOŚCI CO₂, SO₂, NO_x, CO i pyłu całkowitego dla energii elektrycznej na podstawie informacji zawartych w Krajowej bazie o emisjach gazów cieplarnianych i innych substancji za 2022 rok”.

Autobusy elektryczne odpowiadają za emisje gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji w ilości zgodnej z tabelą powyżej. W takim wypadku na wielkość emisji wpływa jedynie liczba przejechanych kilometrów w jednostce czasu. Nie generują one jednak spalin i zanieczyszczeń bezpośrednio w miejscu eksploatacji, ale efekt ich pracy przeniesiony jest w miejsca produkcji energii elektrycznej, czyli do elektrowni lub elektrociepłowni znajdujących się poza strefami zamieszkałymi. Oznacza to, że wprowadzenie elektrobusów lokalnie do Olsztyna spowoduje przeniesienie emisji poza obszar miejski do jednostek wytwórczych energii elektrycznej znajdujących się na terenie kraju.

7.1.2. Hałas

Hałasem określa się każdy dźwięk, który może być szkodliwy dla zdrowia lub niebezpieczny z innych względów, zwykle o dużym natężeniu, częstotliwości, wpływający na stan fizyczny, jak i psychiczny człowieka. Do wykonania analizy kosztów emitowanego hałasu przez tabor spalinowy, elektryczny (w tym wodorowy) i gazowy założono zindeksowaną jednostkową cenę za hałas typowy dla autobusów, wskazaną w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT. Przy szacowaniu efektów hałasu uwzględniono:

- Koszty zewnętrzne hałasu na 1 poj-km dla autobusów wskazane w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT w oparciu o opracowanie Update of the Handbook on External Costs of Transport (RICARDO AEA 2014),
- Średnią proporcję pór dnia (dzień=0,67 oraz noc=0,33), zgodnie z założeniami w kalkulatorze kosztów jednostkowych CUPT dla autobusów, a także uwzględnienie w jakich porach doby kursują autobusy,
- Obniżenie poziomu hałasu przez autobusy elektryczne (w tym wodorowe) o 27% w porównaniu do autobusów spalinowych oraz obniżenie poziomu hałasu przez autobusy gazowe o 10%.

7.1.3. Wskaźniki ekonomiczne

Analizę przeprowadzono w oparciu o „Niebieską Księgę - Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”. Dokonując analizy ekonomicznej, a zarazem porównując warianty brane pod uwagę, przyjęto następujące założenia:

- Wskaźniki efektywności ekonomicznej wyliczono metodą różnicową,
- Realna stopa dyskontowa wynosi 3%,
- Analiza została przeprowadzona w 16-letnim (od 2024 do 2040 roku) okresie eksploatacji taboru spalinowego, zero- i niskoemisyjnego,
- Średnia roczna liczba kilometrów przejechanych przez autobus w Olsztynie wynosi 38 949 km,

- Zużycie energii elektrycznej przez autobus elektryczny założono jak w przypadku analizy finansowej, czyli na poziomie 1,4 kWh/km oraz 1,75 kWh/km odpowiednio dla typu MAXI oraz MEGA.
- Wycenę kosztów i korzyści dokonano w wartościach netto.

W celu dokonania oceny ekonomicznej analizowanych wariantów wymiany taboru obliczono ekonomiczny wskaźnik efektywności, czyli:

- Ekonomiczną wartością bieżącą netto (ENPV).

7.1.4. Wariant 0 – utrzymanie stanu obecnego floty

Oszacowanie finansowej wartości efektu środowiskowego

W poniższej tabeli przedstawiono całkowitą emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez tabor spalinowy w liczbie odpowiadającej wymianie taborowej zgodnej z ustawą o elektromobilności dla okresu objętego analizą. Umieszczono w niej także koszty z tytułu wytwarzanych zanieczyszczeń. Obliczenia wykonano, wymnażając jednostkowe emisje zanieczyszczeń pojazdów spalinowych z ilością przejechanych wozokilometrów w okresie objętym analizą. Dzięki temu uzyskano emisje w danym okresie. Następnie pomnożono emisje i współczynniki kosztowe z kalkulatora wielkości emisji, dzięki czemu uzyskano koszt środowiskowy.

Tabela 37. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru spalinowego oraz opłaty z tym związane.

Związek chemiczny	Emisja w latach 2024-2040 [t]	Koszty środowiskowe w latach 2024-2040 [PLN]
CO ₂	162 233,18	39 625 671,30
SO ₂	0,00	0,00
NMHC/NMVOC	127,60	1 633 359,12
NO _x	490,85	49 950 599,79
PM	7,83	13 200 811,31
SUMA	162 859,45	104 410 441,52

Źródło: Opracowanie własne

W trakcie eksploatacji autobusów spalinowych dwutlenek węgla jest wytwarzany w największej ilości (162 233,18 t). Największe koszty środowiskowe wynikają z emisji NO_x. Dla okresu objętego analizą będzie to około 50,00 mln PLN. W przypadku silników spalinowych nie występuje emisja SO₂. Sumaryczne koszty środowiskowe z tytułu eksploatacji taboru spalinowego wyniosą około 104 mln PLN.

7.1.5. Wariant 1 – wykorzystanie pojazdów elektrycznych w ilości pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Oszacowanie finansowej wartości efektu środowiskowego

W poniższej tabeli przedstawiono całkowitą emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez tabor w wariantcie 1 dla okresu objętego analizą. Umieszczono w niej także opłaty z tytułu wytwarzanych zanieczyszczeń. Obliczenia wykonano wymnażając jednostkowe emisje zanieczyszczeń pojazdów dieslowych i elektrycznych eksploatowanych w poszczególnych latach ilością przejechanych wozokilometrów w okresie objętym analizą. Dzięki temu uzyskano emisje w danym okresie. Następnie wymnożono emisje ze współczynnikami kosztowymi z kalkulatora wielkości emisji dzięki czemu uzyskano koszt środowiskowy.

Tabela 38. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji dla wariantu 1 i koszty z tym związane.

Związek chemiczny	Emisja w latach 2024-2040 [t]	Koszty środowiskowe w latach 2024-2040 [PLN]
CO ₂	149 420,34	36 433 969,93
SO ₂	16,06	1 824 151,34
NMHC/NMVOC	106,93	1 360 309,85
NO _x	444,85	45 086 868,22
PM	7,14	11 995 965,84
SUMA	149 995,30	96 701 265,18

Źródło: Opracowanie własne

W poniższej tabeli zestawiono wyniki porównania emisji i kosztów środowiskowych w Wariantcie 1 oraz w Wariantcie 0.

Tabela 39. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego w Wariantcie 1 oraz zysk środowiskowy z tym związany.

Związek chemiczny	Zmniejszenie emisji w latach 2024-2040 po wprowadzeniu wariantu 1 [t]	Zysk środowiskowy po wprowadzeniu wariantu 1 [PLN]
CO ₂	12 812,84	3 191 701,37
SO ₂	-16,06	-1 824 151,34
NMHC/NMVOC	20,67	273 049,28
NO _x	46,00	4 863 731,57
PM	0,69	1 204 845,47
SUMA	12 864,15	7 709 176,35

Źródło: Opracowanie własne

Dla Wariantu 1 największy zysk pojawi się z ograniczenia emisji NO_x (46,00 ton), co w konsekwencji przyniesie około 4,86 mln PLN zysku środowiskowego. Koszty emisji niemetanowych lotnych związków organicznych NMHC/NMVOC zostaną ograniczone o około

273 tys. PLN. Jedyńy związek, którego wytwarzanie się zwiększy to SO₂. Należy tu podkreślić, iż według wskaźników emisji elektrobusey także są odpowiedzialne za emisje, jednakże odbywa się to w miejscach produkcji energii elektrycznej (w elektrowniach lub elektrociepłowniach). Łączne dodatkowe koszty związane z emisją SO₂ za pośrednictwem autobusów elektrycznych wyniosą około 1,82 mln PLN.

Wskaźniki ekonomiczne

Wskaźniki obliczono na podstawie skorygowanych przepływów pieniężnych i zdyskontowano. Ekonomiczną wartość bieżącą netto wyliczono na podstawie finansowej wartości bieżącej netto skorygowanej o zyski środowiskowe związane ze zmniejszeniem emisji i hałasu. Relację korzyści do kosztów uzyskano natomiast na podstawie zestawienia wszystkich przychodów związanych z prowadzeniem działalności z uwzględnieniem korzyści środowiskowych z sumą kosztów jakie są ponoszone.

Wskaźnik ENPV na przestrzeni lat 2024-2040 wyniósł:

- Wariant 1: **ENPV = - 210,27 mln PLN**

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy elektryczne jest nieefektywna.

7.1.6. Wariant 2 – wykorzystanie pojazdów zasilanych wodorem w liczbie pozwalającej na spełnienie wymogów ustawy o elektromobilności

Oszacowanie finansowej wartości efektu środowiskowego

W poniższej tabeli przedstawiono całkowitą emisję gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji generowanych przez tabor w wariantcie 2 w okresie objętym analizą. Umieszczono w niej także opłaty z tytułu wytwarzanych zanieczyszczeń. Obliczenia wykonano wymnażając jednostkowe emisje zanieczyszczeń pojazdów dieslowych i wodorowych eksploatowanych w poszczególnych latach z ilością przejechanych wozokilometrów w okresie objętym analizą. Dzięki temu uzyskano emisje w danym okresie. Następnie wymnożono emisje ze współczynnikami kosztowymi z kalkulatora wielkości emisji dzięki czemu uzyskano koszt środowiskowy.

Tabela 40. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji dla wariantu 2 i koszty z tym związane.

Związek chemiczny	Emisja w latach 2024-2040 [t]	Koszty środowiskowe w latach 2024-2040 [PLN]
CO ₂	119 289,10	28 928 227,87
SO ₂	0,00	0,00
NMHC/NMVO C	106,77	1 358 235,00
NO _x	426,75	43 173 268,92
PM	6,23	10 407 760,45
SUMA	119 828,85	83 867 492,24

Źródło: Opracowanie własne.

W poniższej tabeli zestawiono wyniki porównania emisji i kosztów środowiskowych w Wariancie 2 oraz w Wariancie 0.

Tabela 41. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego w Wariancie 2 oraz zysk środowiskowy z tym związany.

Związek chemiczny	Zmniejszenie emisji w latach 2024-2040 po wprowadzeniu wariantu 2 [t]	Zysk środowiskowy po wprowadzeniu wariantu 2 [PLN]
CO ₂	42 944,08	10 697 443,43
SO ₂	0,00	0,00
NMHC/NMVO C	20,83	275 124,12
NO _x	64,10	6 777 330,88
PM	1,60	2 793 050,86
SUMA	43 030,61	20 542 949,28

Źródło: Opracowanie własne

Wprowadzenie do eksploatacji autobusów wodorowych przyniesie ograniczenie emisji o około 43 tys. ton oraz zysk wynikający ze zmniejszenia kosztów środowiskowych o wartości około 20,54 mln PLN. W największym stopniu zostanie ograniczona emisja CO₂ (około 33,40 tys. ton), co w konsekwencji przyniesie około 10,70 mln PLN zysku środowiskowego.

Wskaźniki ekonomiczne

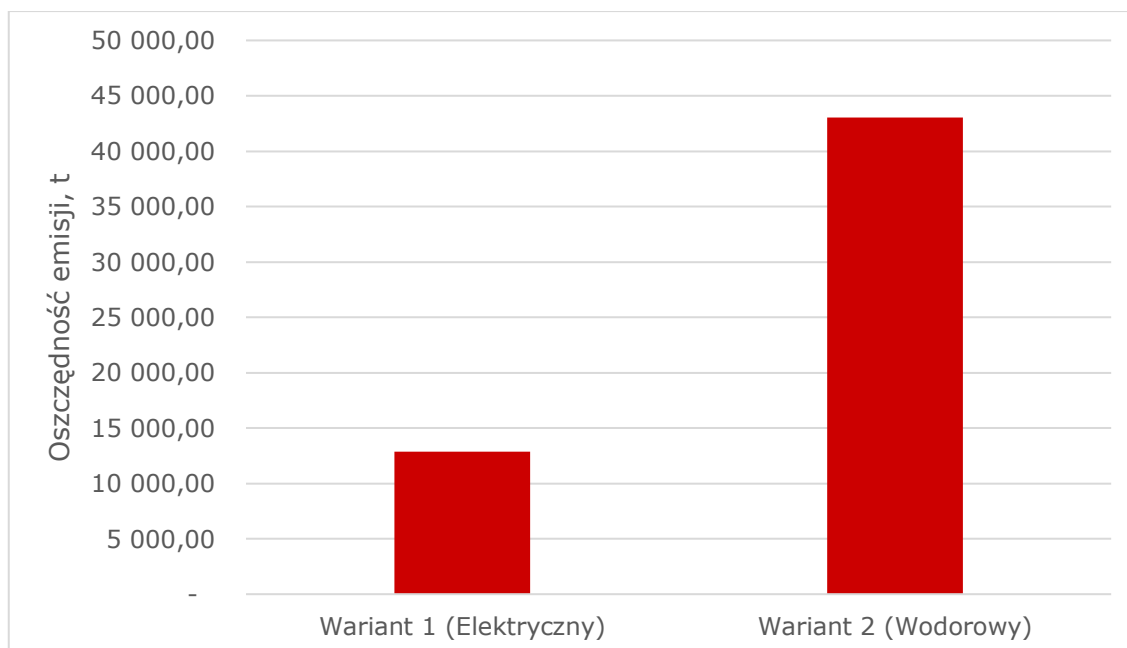
Wskaźnik ENPV na przestrzeni lat 2024-2040 wyniósł:

- Wariant 2: **ENPV = - 305,72 mln PLN**

Na podstawie przeprowadzonej analizy można stwierdzić, że inwestycja w autobusy wodorowe jest nieefektywna.

7.1.7. Podsumowanie

Wprowadzenie do komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych lub niskoemisyjnych skutkuje znacznym ograniczeniem emisji w miejscu ich powstawania. Na poniższym wykresie przedstawiono efekt oszczędności emisji dla poszczególnych wariantów w porównaniu do zastosowania wariantu bazowego.

Wykres 2. Oszczędność emisji dla poszczególnych wariantów w latach.

Źródło: Opracowanie własne.

Zgodnie z uzyskanymi wynikami najkorzystniejszym wariantem pod względem środowiskowym jest wariant wodorowy, których zakłada się wymianę taboru na autobusy zeroemisyjne od 2023 r. W tym przypadku emisja zostanie ograniczona o około 43 000 ton. Emisje dla wariantu 1 są rozpatrywane globalnie co pokazuje niską oszczędność emisji, wynika to z faktu, że autobusy elektryczne zasilane są energią elektryczną, która jest produkowana w instalacjach emitujących CO₂, SO₂, NO_x, i pyły i zgodnie z metodyką przedstawioną w podrozdziale 7.1.1. należy te emisje uwzględnić. Jednak dla Miasta Olsztyn pojazdy zasilane energią elektryczną są pojazdami zeroemisyjnymi, ponieważ generowane zanieczyszczenia przeniesione są z obszaru miasta do miejsc wytwarzania energii.

W celu dokonania oceny ekonomicznej analizowanych wariantów wymiany taboru obliczono współczynnik ENPV - Ekonomiczną wartością bieżącą netto inwestycji.

Wskaźniki ENPV na przestrzeni lat 2025-2040 wyniosą odpowiednio:

- Wariant 1: **ENPV = - 210,27 mln PLN**
- Wariant 2: **ENPV = - 305,72 mln PLN**

Na podstawie uzyskanej ujemnej ENPV można wnioskować, że dana inwestycja na przestrzeni analizowanego okresu będzie nieopłacalna.

Z ekologicznego punktu widzenia wszystkie warianty zakładające wymianę pojazdów konwencjonalnych na pojazdy zeroemisyjne i niskoemisyjne niosą ze sobą wiele korzyści środowiskowych, co prowadzi do znacznej poprawy jakości życia mieszkańców Olsztyna.

7.2. Analiza ryzyka

Poniższa analiza ryzyka przedstawia możliwe sytuacje, mające wpływ na przebieg i rentowność projektu oraz działania zapobiegające negatywnym skutkom. Analiza została przeprowadzona zgodnie z zaleceniami zawartymi w „Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach”.

7.2.1. Identyfikacja czynników ryzyka

W poniższej tabeli zamieszczone zostały zidentyfikowane ryzyka dotyczące inwestycji i późniejszej eksploatacji taboru niskoemisyjnego.

Tabela 42. Identyfikacja ryzyk.

L.p.	Czynniki ryzyka	Skutek	Strategia przeciwdziałania
1.	Brak możliwości pozyskania zewnętrznych środków finansowych.	Brak możliwości rozpoczęcia inwestycji.	Analiza dostępnych możliwości finansowania np. kredyty.
2.	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na budowę infrastruktury/ opóźnienie w budowie infrastruktury.	Opóźnienie realizacji całej inwestycji.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka.
3.	Brak możliwości budowy infrastruktury w wybranych lokalizacjach.	1. Wydłużenie czasu wdrożenia inwestycji. 2. Ograniczenie ilości wymienionych jednostek.	Wytypowanie rezerwowych lokalizacji.
4.	Opóźnienia w dostawie pojazdów.	Prawdopodobne obniżenie rentowności przedsięwzięcia. Odroczenie uzyskania efektów środowiskowych.	Zmniejszenie skali inwestycji i ograniczenie ostatecznych zysków. Przesunięcie terminów realizacji planowanych celów.
5.	Ryzyko klimatyczne.	Niekorzystne warunki pogodowe, takie jak silny mróz, zwiększają ryzyko uszkodzenia sieci przesyłowych, infrastruktury oraz zmniejszają efektywność energetyczną. Takie okoliczności mogą mieć negatywny wpływ na działanie sieci dystrybucyjnej oraz użytkowanie pojazdów, zwłaszcza elektrycznych.	1. Modernizacja i wzmocnienie infrastruktury; 2. Alternatywne źródła energii; 3. Skrócenie maksymalnego pokonywanego dystansu w ciągu dnia, dzięki czemu w sytuacjach nadzwyczajnych unikniemy ryzyka z przed wczesnym rozładowaniem baterii.

6.	Osiągnięcie niższych parametrów technicznych względem podanych przez producenta.	Częstsza potrzeba ładowania taboru elektrycznego.	Brak możliwości ograniczenia ryzyka.
7.	Szybsza niż spodziewana potrzeba wymiany baterii	Niższa efektywność inwestycji w tabor zeroemisyjny	Brak możliwości ograniczenia ryzyka.
8.	Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych.		Brak możliwości ograniczenia ryzyka.
9.	Niedoszacowanie wartości Inwestycji.		Brak możliwości ograniczenia ryzyka.
10.	Nieefektywne kierowanie pojazdem elektrycznym.	Zwiększenie częstotliwości ładowania pojazdów.	Organizacja specjalistycznych kursów i szkoleń dla kierowców pojazdów zeroemisyjnych.
11.	Awaria infrastruktury ładowania/ przerwa w dostawie prądu	Brak dostępności części taboru.	1.Częste serwisy i przeglądy. 2.Zapaszowe źródła energii.

Źródło: Opracowanie własne.

7.2.2. Analiza jakościowa ryzyka

Ocena jakościowa ryzyka została określona przy wykorzystaniu oceny prawdopodobieństwa oraz skali ryzyka. Im wyższy poziom ryzyka, tym intensywniejsze działania zaradcze są potrzebne w celu jego poziomu.

Tabela 43 Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa.

L.p.	Skala prawdopodobieństwa	Zakres wartości prawdopodobieństwa	Wartość punktowa
1.	Bardzo niskie	0% – 10%	A
2.	Niskie	<10% – 33%	B
3.	Średnie	<33% – 66%	C
4.	Wysokie	<66% – 90%	D
5.	Bardzo wysokie	<90% – 100%	E

Źródło: *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*; Wydanie uaktualnione, opracowanie JASPERS 2023 r.

Skalę siły oddziaływania na projekt przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 44 Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania.

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

Źródło: *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*; Wydanie uaktualnione, opracowanie JASPERS 2023 r.

7.2.3. Matryca ryzyka

W poniższej tabeli zestawiono zidentyfikowane ryzyka ze względu na prawdopodobieństwo wystąpienia oraz stopień zagrożenia.

Tabela 45. Klasyfikacja poziomu ryzyka

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

Źródło: Opracowanie własne.

Poziomy ryzyka oznaczone kolorem zielonym oznaczają, że ryzyko związane z danym czynnikiem należy ocenić jako niskie. Kolor żółty wskazuje na średni poziom ryzyka. Kolor czerwony świadczy o wysokim ryzyku, natomiast fioletowy o bardzo wysokim poziomie ryzyka.

Wyróżniamy cztery główne strategie działań zaradczych:

- **Zapobieganie ryzyku:** oznacza zmianę planu przedsięwzięcia w celu wyeliminowania zagrożenia lub wyeliminowania wpływu ryzyka na projekt. Działania zaradcze mogą polegać na zmianie projektu technicznego, modelu instytucjonalnego, sposobu finansowania lub formuły kontraktu wykonawczego.
- **Ograniczanie ryzyka:** oznacza redukcję prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka lub jego skutków poprzez wprowadzenie zmian do przedsięwzięcia, takich jak zmiany w projektowaniu lub wykorzystaniu materiałów. Różnica w stosunku do strategii „zapobiegania” ryzyka polega na tym, że ryzyko jest jedynie ograniczone, a nie jest wyeliminowane.
- **Przeniesienie ryzyka:** oznacza przeniesienie odpowiedzialności za ryzyko na stronę trzecią (inny podmiot) za określoną cenę. Firmy ubezpieczeniowe są najbardziej oczywistym przykładem takiej strony trzeciej, ale może to być również inny podmiot uczestniczący w projekcie, np. wykonawca. Przeniesienie ryzyka musi wynikać z umowy, gwarancji lub mechanizmów cenowych (między innymi). Przeniesienie ryzyka ma sens tylko wtedy, jeśli strona przejmująca ryzyko jest w stanie (lepiej) kontrolować dane ryzyko, a także posiada środki na pokrycie skutków oddziaływania danego ryzyka, w przypadku, gdy ryzyko się zmaterializuje.
- **Tolerowanie ryzyka:** jest strategią przyjmowaną w sytuacjach, w których nie można zapobiec ryzyku, ograniczyć go lub (ekonomicznie) przenieść. Dlatego takie ryzyko musi być

po prostu tolerowane. Jednakże to podejście wymaga opracowania planu awaryjnego na wypadek wystąpienia negatywnego zdarzenia, lecz nie wymaga wcześniejszych działań.

Tabela 46. Strategie „Zapobieganie” i „Ograniczanie” są powiązane z matrycą poziomu ryzyka

Prawdopodobieństwo	Stopień zagrożenia				
	I	II	III	IV	V
A	Zapobieganie lub ograniczanie		Ograniczanie		
B					
C					
D	Zapobieganie		Zapobieganie i ograniczanie		
E					

Źródło: *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*; Wydanie uaktualnione, opracowanie JASPERS 2023 r

Przeprowadzona ocena ryzyka wskazuje, że ogólny poziom ryzyka związany z inwestycją jest umiarkowany. Należy jednak podkreślić, że w wielu przypadkach istnieją realne możliwości redukcji bądź minimalizacji skutków poszczególnych zagrożeń. Najwyższe ryzyko zostało zidentyfikowane w następujących obszarach:

- Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych,
- Brak możliwości pozyskania zewnętrznych środków finansowych,
- Brak możliwości budowy infrastruktury w wybranych lokalizacjach.

8. Podsumowanie i wnioski

Niniejszy dokument został przygotowany w celu oceny efektywności finansowej i społeczno-ekonomicznej inwestycji polegającej na zakupie taboru zeroemisyjnego dla świadczenia usług komunikacji miejskiej w Olsztynie.

Przeprowadzona analiza kosztów i korzyści odnosi się do możliwości wymiany aktualnie użytkowanej floty pojazdami uznawanymi za spełniające wymogi Ustawy o elektromobilności. Analizie poddano tabor autobusowy, którym dysponuje Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacji w Olsztynie oraz tabor, którym dysponuje operator zewnętrzny jakim jest konsorcjum firm Meteor sp. z o.o. i IREX-3 sp. z o.o., obsługujące transport publiczny w Olsztynie. W analizie wskazano możliwe kierunki rozwoju floty autobusowej w Olsztynie:

- **Wariant 0 (bazowy)** – zakładający utrzymanie wyłącznie autobusów konwencjonalnych (zakupione autobusy będą z normą emisji EURO 6 i zastępować będą najstarsze autobusy zgodnie z harmonogramem w wariantach 1 i 2).
- **Wariant 1** – zakładający zakup autobusów elektrycznych i wymianę taboru zgodnie z obowiązkiem wynikającym z ustawy o elektromobilności;
- **Wariant 2** – zakładający zakup autobusów zasilanych wodorem i wymianę taboru zgodnie z obowiązkiem wynikającym z ustawy o elektromobilności;

Dla wariantów zakładających wymianę autobusów na pojazdy niskoemisyjne i zeroemisyjne przeanalizowano warianty stanowiące różne rozwiązania doboru tras przewidzianych dla wymienianych pojazdów oraz lokalizacji stacji ładowania i tankowania wodoru. Każdy z analizowanych wariantów zakłada wymianę pojazdów w liczbie spełniającej wymogi wynikające z Ustawy o elektromobilności.

- **Wariant 1** zakłada dobór linii autobusowych przewidzianych do całkowitej elektryfikacji z możliwością doładowania tych pojazdów na pętlach autobusowych,
- **Wariant 2** zakłada budowę stacji tankowania wodoru wyposażoną w elektrolizer umożliwiający produkcję wodoru na miejscu.

Przeprowadzona analiza finansowo-ekonomiczna miała na celu wykazanie czy zastosowanie taboru zeroemisyjnego (elektrycznego bądź wodorowego) byłoby z punktu widzenia Gminy Olsztyn inwestycją opłacalną finansowo, tzn. taką, która gwarantowałaby spełnienie warunku zerowej lub dodatniej finansowej wartości bieżącej netto (FNPV). Wyniki przeprowadzonej analizy finansowo-ekonomicznej pozwoliły na przedstawienie następujących wniosków:

- Wyniki analizy wskazują, że **każdy z analizowanych wariantów** zakładających wprowadzenia do eksploatacji autobusów o napędzie zeroemisyjnym jest **nieopłacalny finansowo**,
- Najbardziej korzystnym pod kątem środowiskowym, zarazem najmniej opłacalnym pod kątem finansowym spośród wariantów dotyczących pojazdów zeroemisyjnych jest **wariant wodorowy** zakładający wymianę części floty na autobusy wodorowe

i przeznaczenie ich częściowej obsługi linii wytypowanych powyżej. Wartość wskaźnika FNPV dla tego wariantu wyniosła odpowiednio - **357,68 mln PLN**.

- Najbardziej korzystnym pod kątem finansowym spośród wariantów dotyczących pojazdów zeroemisyjnych jest **wariant elektryczny 1** zakładający wymianę części floty na autobusy elektryczne i przeznaczenie ich częściowej obsługi linii wytypowanych powyżej. Wartość wskaźnika FNPV dla tego wariantu wyniosła - **249,86 mln PLN**.

Przeprowadzona analiza społeczno-ekonomiczna miała na celu wykazanie czy zastosowanie taboru zeroemisyjnego (elektrycznego bądź wodorowego) pozwoliłoby uzyskać efekt ekonomiczny na poziomie zadowalającym z punktu widzenia społecznego. Wyniki przeprowadzonej analizy finansowo-ekonomicznej pozwoliły na przedstawienie następującego wniosku: spadek emisji zanieczyszczeń środowiska osiągnięty w wyniku realizacji wszystkich wariantów wyrażony w ekwiwalencie pieniężnym wynosi maksymalnie do 20,54 mln PLN dla wariantu wodorowego, co jednak nie umożliwia kompensacji najwyższych kosztów poniesionych na jego realizację w całym okresie analizy.

Na dzień sporządzania analizy nie wykazano opłacalności finansowej oraz ekonomicznej zastosowania autobusów zeroemisyjnych. **W związku z powyższym, zgodnie z przepisem art. 37 ust. 5 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, Organizator nie jest zobowiązany do zrealizowania obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych.** Osiągnięcie wysokich wskaźników opłacalności dla tego typu taboru możliwe jest jedynie w przypadku pozyskania, bezzwrotnego dofinansowania ze środków zewnętrznych. Tylko w takim przypadku zasadnym będzie podjęcie realizacji obowiązków wynikających z Ustawy o elektromobilności.

9. Spis rysunków

Rysunek 1. Podział Olsztyna na strefy.	9
Rysunek 2. Położenie Olsztyna na tle województwa, obszaru funkcjonalnego i powiatu olsztyńskiego.	10
Rysunek 3. Plan sieci przesyłowej najwyższych napięć w okolicy Olsztyna.	12
Rysunek 4. Schemat linii komunikacyjnych organizowanych przez Gminę Olsztyn (stan na 05.2024 r.).....	18
Rysunek 5. Schemat dostarczania wodoru.	33
Rysunek 6. Schemat wytwarzania wodoru na stacji tankowania	34
Rysunek 7. Gęstość zaludnienia w obrębie tras linii autobusowych.	44

10. Spis tabel

Tabela 1. Zestawienie linii znajdujących się na terenie Miasta Olsztyn oraz w jego otoczeniu.	11
Tabela 2. Zestawienie stacji transformatorowych znajdujących się w otoczeniu Miasta Olsztyn, obsługiwanych przez operatora sieci przesyłowej.	11
Tabela 3. Podsumowanie porozumień międzygminnych.	14
Tabela 4. Rodzaje oraz numery linii olsztyńskiego transportu zbiorowego.	15
Tabela 5. Aktualny wykaz linii autobusowych komunikacji miejskiej organizowanych przez Miasto Olsztyn wraz z liczbą przystanków, częstotliwością kursów oraz długością trasy na najczęściej kursujących wariantach linii (stan na 25.07.2024).	16
Tabela 6. Tabor autobusowy (stan na dzień 28.06.2024 r.).....	23
Tabela 7. Skład floty operatorów według wielkości pojazdów.	24
Tabela 8. Zużycie paliwa w latach 2021-2023.	24
Tabela 9. Podsumowanie parametrów eksploatacyjnych w latach 2021-2023.	24
Tabela 10. Zestawienie przychodów w latach 2021-2023.	25
Tabela 11. Zestawienie przykładowych cen autobusów elektrycznych na podstawie rozstrzygniętych przetargów.	31
Tabela 12. Zestawienie przykładowych cen autobusów wodorowych na podstawie rozstrzygniętych przetargów.	34
Tabela 13. Harmonogram wymiany floty na pojazdy zeroemisyjne dla podmiotów świadczący usługi komunikacji miejskiej w Olsztynie.....	36
Tabela 14. Zestawienie założeń dla analizowanych wariantów.....	37
Tabela 15. Zestawienie ilości pojazdów ze względu na normę emisji spalin.	37
Tabela 16. Harmonogram wymiany floty na autobusy konwencjonalne z normą emisji Euro 6.	38
Tabela 17. Zestawienie wartości prędkości komunikacyjnej dla linii autobusowych dla najdłuższego wariantu.	40
Tabela 18. Zestawienie średniej ilość energii zawartej w zużywanym paliwie dla każdej linii.	45
Tabela 19. Zestawienie linii autobusowych wytypowanych na podstawie parametru WCP i długość linii.....	47
Tabela 20. Zestawienie wszystkich kryteriów wymiany pojazdów na pojazdy zeroemisyjne na liniach autobusowych.	48
Tabela 21. Podsumowanie liczby kryteriów spełnianych przez dane linie autobusowe.....	50
Tabela 22. Maksymalna liczba pojazdów obsługujące linie wytypowane do elektryfikacji. ...	51
Tabela 23. Harmonogram zakupu wymaganych ilości stacji ładowania plug-in.	51
Tabela 24. Harmonogram wymiany floty na autobusy elektryczne zgodny z założeniami Ustawy o elektromobilności.	52
Tabela 25. Szacowane zużycie energii w danym okresie.	52
Tabela 26. Prognoza zużycia paliwa w latach 2024 – 2040.....	52
Tabela 27. Maksymalna liczba pojazdów obsługujących linie wytypowane do wymiany obecnie obsługujących je jednostek na wodorowe.	54

Tabela 28. Harmonogram wymiany floty na autobusy napędzane wodorem zgodny z założeniami Ustawy o elektromobilności.	55
Tabela 29. Szacowane zużycie wodoru i energii w danym okresie.....	55
Tabela 30. Rachunek zysków i strat Gminy Olsztyn, za lata 2021-2023.....	58
Tabela 31. Rachunek zysków i strat MPK Sp. z o.o. w Olsztynie, za lata 2021-2023.....	58
Tabela 32. Zestawienie kosztów w latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 0.	61
Tabela 33. Zestawienie kosztów w latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 1.	63
Tabela 34. Zestawienie kosztów latach 2024-2040 wynikających z wprowadzenia wariantu 2.	65
Tabela 35. Nakłady inwestycyjne w poszczególnych wariantach w latach 2024-2028.	67
Tabela 36. Wartości wskaźników emisyjności wykorzystanych w analizie społeczno-ekonomicznej.....	68
Tabela 37. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji przy wykorzystaniu taboru spalinowego oraz opłaty z tym związane.	70
Tabela 38. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji dla wariantu 1 i koszty z tym związane.	71
Tabela 39. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego w Wariantcie 1 oraz zysk środowiskowy z tym związany.	71
Tabela 40. Emisja gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji dla wariantu 2 i koszty z tym związane.	72
Tabela 41. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych i szkodliwych substancji po wprowadzeniu taboru zeroemisyjnego w Wariantcie 2 oraz zysk środowiskowy z tym związany.	73
Tabela 42. Identyfikacja ryzyk.	75
Tabela 43. Analiza jakościowa ryzyka – skala prawdopodobieństwa.....	77
Tabela 44. Analiza jakościowa ryzyka – siła oddziaływania.....	77
Tabela 45. Klasyfikacja poziomu ryzyka.....	78
Tabela 46. Strategie „Zapobieganie” i „Ograniczanie” są powiązane z matrycą poziomu ryzyka	79

11. Spis wykresów

Wykres 1. Porównanie nakładów inwestycyjnych w każdym wariantcie.....	66
Wykres 2. Oszczędność emisji dla poszczególnych wariantów w latach.....	74

12. Spis załączników

Załącznik nr 1. Zestawienie map z gęstością zaludnienia wzdłuż linii autobusowych.

Załącznik nr 2. Opis aktualnego stanu taboru autobusowego.

Załącznik nr 3. Spis taboru.

Załącznik nr 4. Opis wariantów i nakłady inwestycyjne.

Załącznik nr 5. Ocena efektów środowiskowych.