Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej (AKK) dla Gminy Miasto Siedlce

Opracowanie pt.

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej (AKK) dla Gminy Miasto Siedlce

zostało przygotowane przez firmę:

TOR | ZESPÓŁ DORADCÓW GOSPODARCZYCH

Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o. o.

ul. Sielecka 35
00-738 Warszawa
www.zdgtor.pl

na podstawie umowy nr 35/GK/2024 pomiędzy Zamawiającym a Wykonawcą
z dnia 03.06.2024 r.

Skład autorski opracowania:

Maciej Mysona – Kierownik projektu

Bartłomiej Kasiuk– Koordynator

Jakub Balik

Michał Męczyński

Robert Wojciechowski

i inni

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE 6
2. OBSZAR OBJĘTY ANALIZĄ 7
3. ANALIZA OTOCZENIA SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO NA OBSZARZE OBJĘTYM AKK 7
4. SYSTEM TRANSPORTOWY NA OBSZARZE OBJĘTYM ANALIZĄ 10
4.1. UŻYTKOWANY TABOR AUTOBUSOWY 14
5. PLAN WYMIANY I ROZWOJU TABORU 18
5.1. PROBLEMATYKA WYMIANY TABORU W AKK Z 2021 R. 18
5.2. WYBÓR RODZAJU NAPĘDU 18
5.3. PLAN WYMIANY TABORU 24
5.4. WYBÓR LINII DO OBSŁUGI TABOREM ZEROEMISYJNYM 26
6. ANALIZA FINANSOWO-EKONOMICZNA 29
6.1. ANALIZA SYTUACJI FINANSOWEJ MIASTA I WPŁYWY PROGRAMU WYMIANY POJAZDÓW NA JEJ STABILNOŚĆ 29
6.2. OCENA SYTUACJI FINANSOWEJ OPERATORA 30
6.3. MODEL NABYWANIA POJAZDÓW 31
6.4. DZIAŁANIA INWESTYCYJNE W POJAZDY ZEROEMISYJNE ZREALIZOWANE W LATACH 2020-2024 31
6.5. ZAŁOŻENIA ANALIZY FINANSOWEJ 31
6.6. NAKŁADY INWESTYCYJNE 32
6.7. NAKŁADY ODTWORZENIOWE 33
6.8. KOSZTY OPERACYJNE I WARTOŚĆ REZYDUALNA 34
6.9. EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA 36
7. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH 37
8. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA 40
8.1. EFEKTY DLA MIASTA I MIESZKAŃCÓW WYNIKAJĄCE Z WYMIANY POJAZDÓW NA ZEROEMISYJNE 40
8.2. OCENA KORZYŚCI WDROŻENIA POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH 40
8.3. OCENA WDROŻENIA POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH – WYNIKI ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI 41
8.4. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI 42
8.5. ANALIZA RYZYKA 43
9. REKOMENDACJE 47

WYKAZ POJĘĆ I SKRÓTÓW

Autobus zeroemisyjny	autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 ustawy z dnia 20 czerwca 1997 r. – Prawo o ruchu drogowym (Dz. U. z 2020 r., poz. 110 z późn. zm.), wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w autobusie ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów.
B/C	wskaźnik zdyskontowanych korzyści do zdyskontowanych kosztów.
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych.
ENPV	ekonomiczna wartość bieżąca projektu. Stanowi sumę zdyskontowanych różnic między całkowitymi korzyściami i kosztami, przy czym całkowite koszty obejmują wycenione w wartościach pieniężnych koszty zewnętrzne (np. zanieczyszczenie, hałas, emisja spalin) i wydatki, a całkowite korzyści – wycenione w wartościach pieniężnych korzyści zewnętrzne i wpływy.
FNPV	finansowa wartość bieżąca netto z inwestycji.
FRR	finansowa stopa zwrotu.
ERR	ekonomiczna stopa zwrotu. Określa efektywność ekonomiczną danego projektu, tj. uwzględniającą nie tylko koszty i przychody finansowe, ale także korzyści i koszty ekonomiczne (efekty zewnętrzne).
MINI	klasa autobusu, którego długość wynosi do 8,99 m.
MIDI	klasa autobusu, którego długość wynosi 9-10,99 m.
MAXI	klasa autobusu, którego długość wynosi 11-13 m.
MEGA15	klasa autobusu, którego długość wynosi 13-16 m.
MEGA18	klasa autobusu, którego długość wynosi powyżej 16 m.
MPK Siedlce	Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Siedlcach Sp. z o.o.
Niebieska Księga	opracowanie pt. *Niebieska księga. Sektor transportu publicznego w miastach, aglomeracjach i regionach*, Jaspers 2023.
Organizator	właściwa jednostka samorządu terytorialnego zapewniająca funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze.

Operator	przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.
Wozokilometr (wzkm)	jednostka odpowiadająca jednemu kilometrowi drogi wykonanej przez środek transportu.

1. WPROWADZENIE

Celem niniejszego dokumentu jest przeprowadzenie analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej w Gminie Mieście Siedlce, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu zgodnie z art. 37 Ustawy z dnia 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (t.j. Dz. U. z 2023 r., poz. 875 z późn. zm.) i przepisami Ustawy z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji (t.j. Dz. U. z 2022 r., poz. 673 z późn. zm.).

Dokument stanowi podstawę do stwierdzenia zasadności wykorzystania autobusów zeroemisyjnych, uwzględniając aspekty społeczno-ekonomiczne. W przypadku wykazania braku korzyści związanych z eksploatacją autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, samorząd nie musi realizować obowiązku ustawowego, polegającego na osiągnięciu poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych w eksploatowanym taborze przez okres następnych 36 miesięcy do momentu sporządzenia następnej analizy kosztów i korzyści.

Poprzednia analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej dla Gminy Miasto Siedlce została sporządzona w 2021 r. Wykazała ona brak korzyści z wykorzystania autobusów o napędzie zeroemisyjnym. Wskazano wówczas, iż inwestycja będzie opłacalna w przypadku pozyskania zewnętrznego źródła finansowania w wysokości min. 65%.

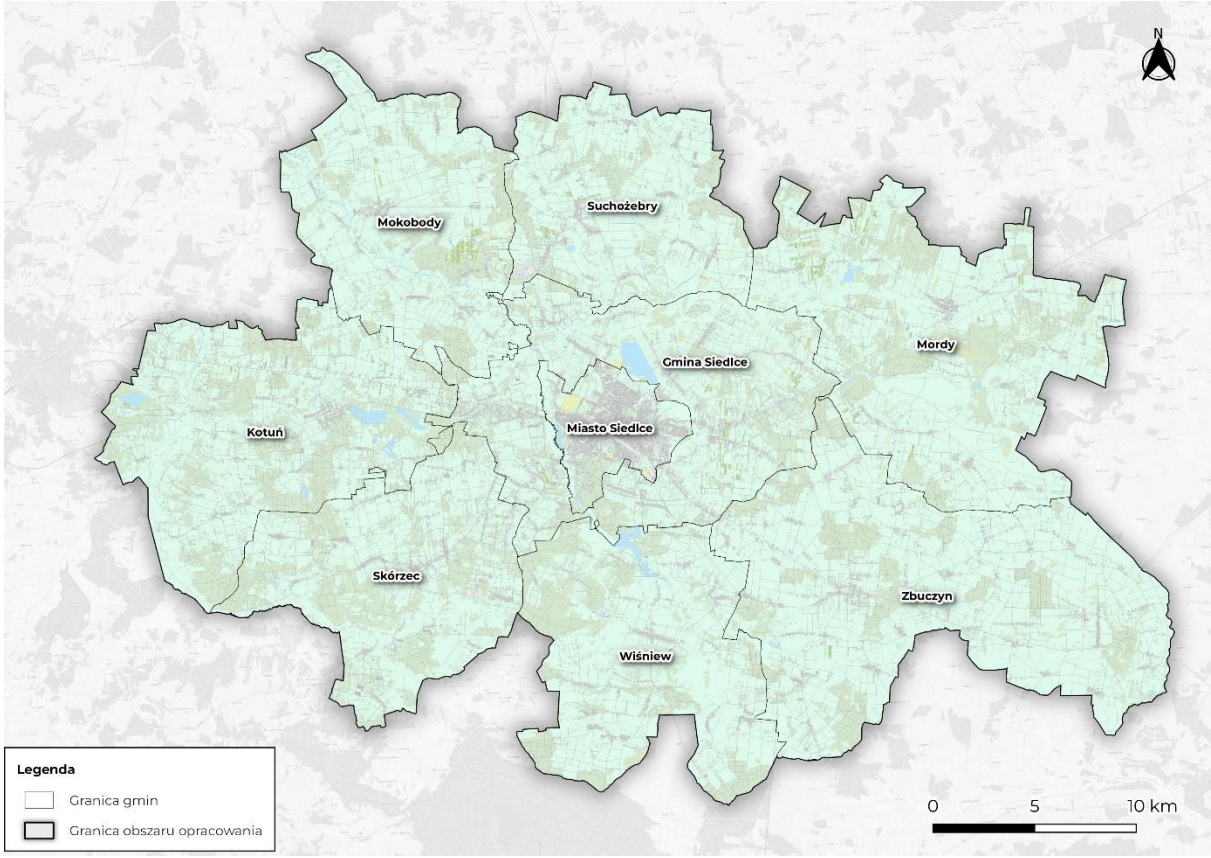
Analiza kosztów i korzyści została przeprowadzana zgodnie z wytycznymi realizacyjnymi w zakresie zawartym w umowie oraz Ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych, a także w oparciu o poniższe pozycje:

- 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.

2. Obszar objęty analizą

Niniejsza analiza kosztów i korzyści obejmuje obszar Gminy Miasto Siedlce oraz gmin obsługiwanych przez Miejskie Przedsiębiorstwo Komunikacyjne w Siedlcach Sp. z o.o. tj.: Siedlce, Kotuń, Mokobody, Miasto i Gmina Mordy, Skórzec, Suchożebry, Wiśniew oraz Zbuczyn.

Mapa 1. Mapa obszaru objętego analizą



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego na obszarze objętym AKK

Miasto Siedlce położone jest we wschodniej części Polski, w województwie mazowieckim. Znajduje się ok. 80 km na wschód od Warszawy. Powierzchnia miasta wynosi 31,86 km^2, z czego 57% stanowią grunty zabudowane i zurbanizowane.

Sytuacja demograficzna odgrywa kluczową rolę w kształtowaniu transportu zbiorowego danego obszaru. Według danych GUS, na koniec 2023 r. miasto Siedlce zamieszkiwało 75 297 osób, z czego 39 678 stanowiły kobiety, natomiast 35 619 – mężczyźni. Według prognozy demograficznej GUS Siedlce w 2030 r. będą liczyć 74 333 mieszkańców, natomiast w 2040 r. liczba jego mieszkańców wyniesie 70 903 osób.

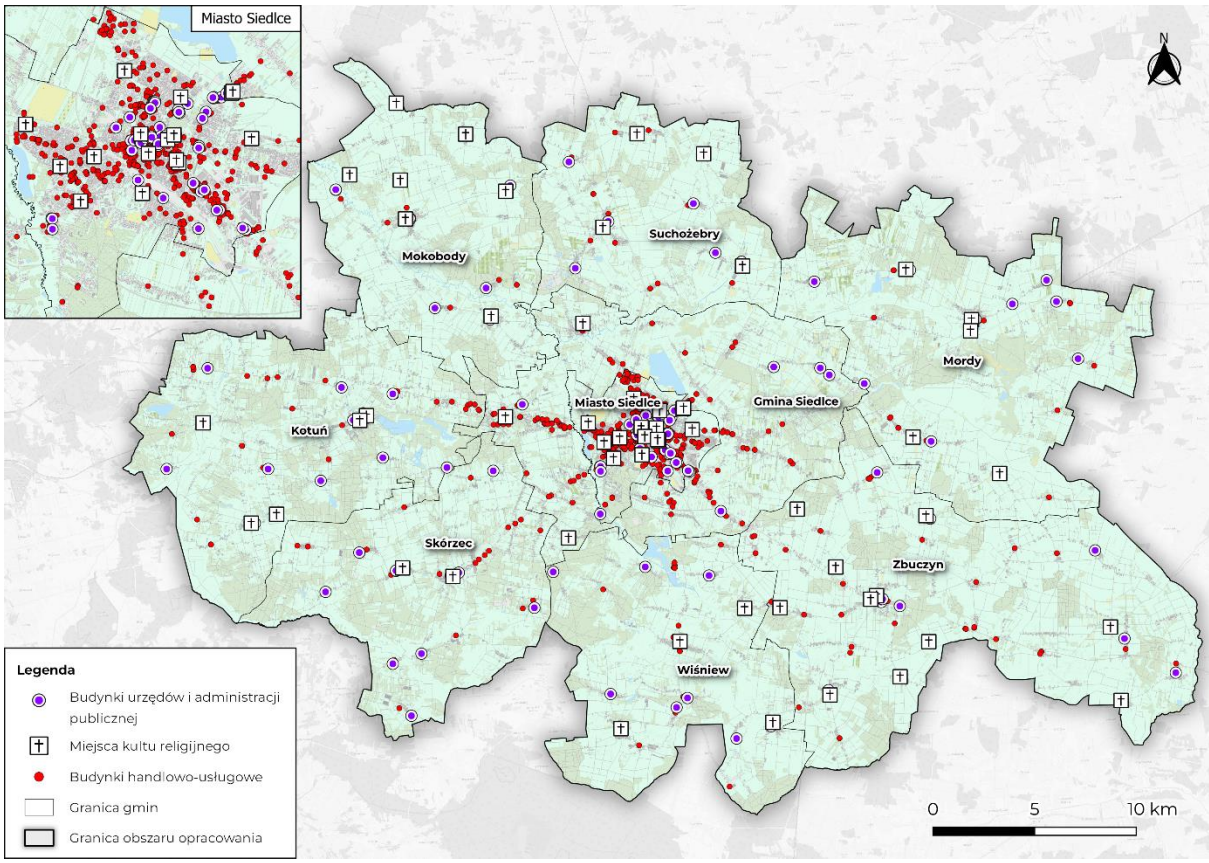
Miasto Siedlce podzielone jest na 9 dzielnic: Nowe Siedlce, Piaski Zamiejskie, Południowa Dzielnica Przemysłowa, Północna Dzielnica Przemysłowa, Roskosz, Sekuła, Stara Wieś,

Śródmieście oraz Taradajki. Jego średnia gęstość zaludnienia wynosi 2 363 os./km^2. Największa koncentracja ludności w mieście występuje w Śródmieściu oraz na Osiedlu Tysiąclecia.

Generatorami ruchu są obiekty lub obszary, które powodują przemieszczanie się ludzi. Zalicza się do nich miejsca pracy, edukacji, obiekty usługowe i handlowe, obiekty kultu religijnego, obiekty rozrywkowe i sportowe. Koncentracja generatorów ruchu zauważalna jest w ciągu najważniejszych ciągów komunikacyjnych tj. ul.: Warszawskiej, Brzeskiej, Garwolińskiej, Partyzantów, czy Sokołowskiej.

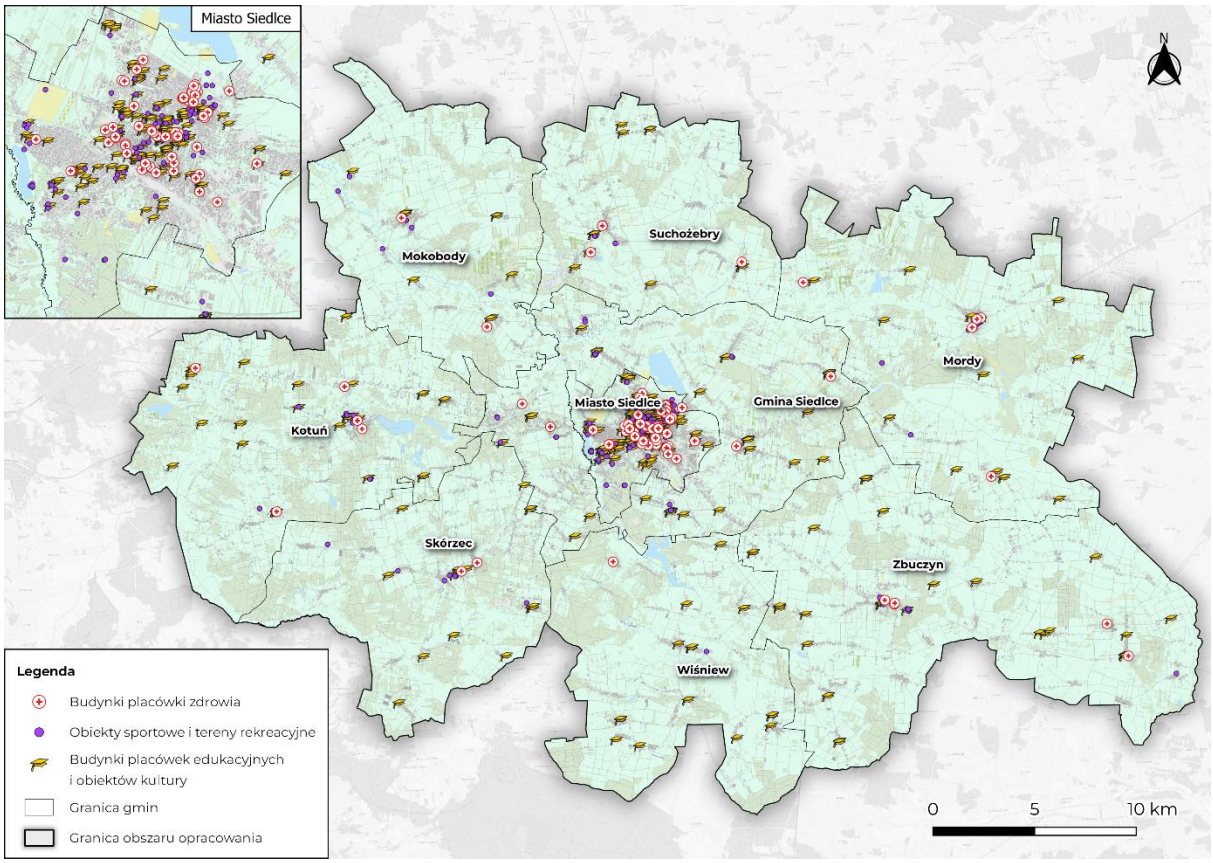
W Siedlcach swoje siedziby mają instytucje o zasięgu subregionalnym, tj.: Urząd Miasta, Urząd Gminy Siedlce, Starostwo Powiatowe, Inspektorat Sanitarny, Powiatowy Urząd Pracy, Powiatowa Stacja Sanitarno-Epidemiologiczna, Urząd Skarbowy oraz Zakład Ubezpieczeń Społecznych.

Mapa 2. Generatory ruchu na obszarze obsługiwanym transportem publicznym – cz.1



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Mapa 3. Generatory ruchu na obszarze obsługiwanym transportem publicznym – cz. 2



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Głównym celem opracowanego dokumentu jest zmniejszenie emisji spalin do atmosfery przez pojazdy komunikacji miejskiej. Jakość powietrza sprawdzana jest przez Główny Inspektorat Ochrony Środowiska, który przeprowadza roczną ocenę jakości powietrza w województwie mazowieckiem. Z tej zrealizowanej za 2023 r. wynika, że na terenie całego województwa odnotowano przekroczenie poziomu ozonu. Jednym z głównych źródeł emisji tego gazu jest transport, dlatego wymiana pojazdów na zeroemisyjne stanowi tak ważny aspekt w procesie redukcji zanieczyszczeń z tego sektora.

4. SYSTEM TRANSPORTOWY NA OBSZARZE OBJĘTYM ANALIZĄ

Miasto Siedlce cechuje się dobrym położeniem pod względem połączeń transportowych. W skład miejskiego systemu transportowego wchodzi transport drogowy oraz kolejowy. Sieć drogowa obsługująca Siedlce składa się z dróg krajowych, wojewódzkich, powiatowych oraz gminnych. Najważniejszymi drogami są: A2, DK2, DK63, DW698 oraz DW803. Transport kolejowy opiera się na dwóch liniach kolejowych: nr 2 oraz 31. W granicach miasta znajdują się stacja kolejowa Siedlce, która w 2023 r. obsługiwała 9 500 osób na dobę (pasażerowie wsiadający i wysiadający) na dobę oraz dwa przystanki kolejowe: Siedlce Zachodnie oraz Siedlce Wschodnie.

Według ustawy o PTZ Gmina Miasto Siedlce jako Organizator PTZ odpowiedzialna jest za organizowanie transportu miejskiego. Usługi przewozowe realizowane są przez MPK Siedlce. W ramach tego zadania spółka obsługuje:

- 14 linii miejskich dziennych: 3, 4, 9, 12, 16, 18, 20, 22, 27, 28, 31, 32, 33, 35;
- 23 linie podmiejskie: 1, 2, 5, 6, 7, 8, 10, 11, 13, 14, 15, 17, 19, 21, 23, 24, 25, 26, 30, 37, 38, 42, 43;
- 5 linii specjalnych, kursujących w okresie od 30 października do 2 listopada: LS1, LS2, LS3, LS4, LS5.

W poniższej tabeli przedstawiono wykaz tras wszystkich linii autobusowych.

Tabela 1. Wykaz linii autobusowych z trasami podstawowymi

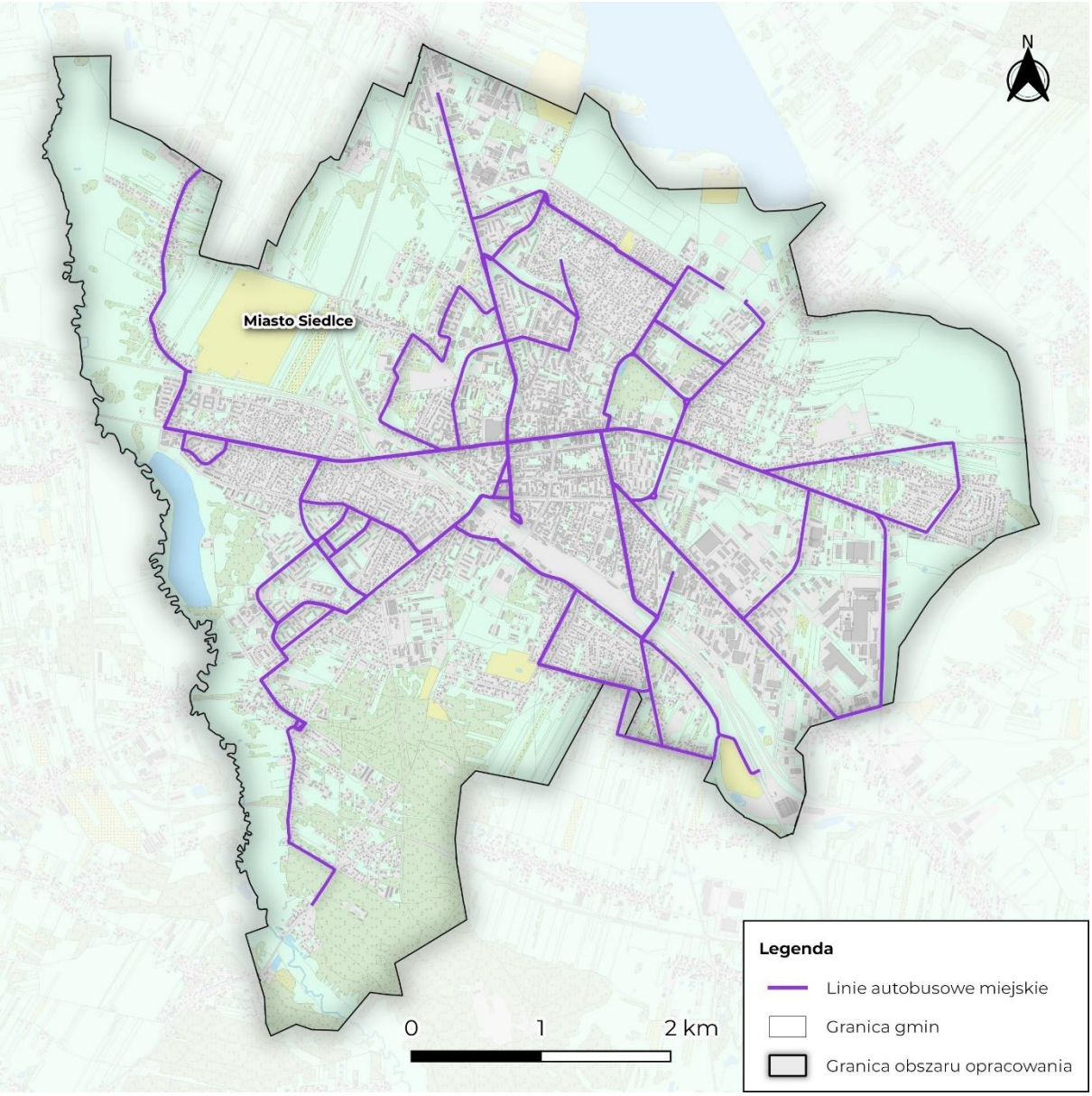
Numer linii	Trasa podstawowa
1	Stare Opole-Kościół – Dworzec PKP
2	Żelków – Dworzec PKP
3	Kalinowa Leśna (linia okrężna)
4	Kurpiowska (linia okrężna)
5	Golice – Dworzec PKP
6	Osiny – Dworzec PKP
7	Białki Zachojniak – Dworzec PKP
8	Wołyńce – Dworzec PKP
9	Dworzec PKP (linia okrężna)
10	Chodów – Kurpiowska
11	Ługi Wielkie – Dworzec PKP
12	Piaski Zamiejskie – Starzyńskiego MPK

Numer linii	Trasa podstawowa
13	Niwiski – Dworzec PKP
14	Krzymosze – Dworzec PKP
15	Pruszyn/Wyczółki – Dworzec PKP
16	Mostostal – Unitów Podlaskich
17	Suchożebry – Kurpiowska
18	Piaski Zamiejskie-Działki – MPK Starzyńskiego
19	Gręzów – Dworzec PKP
20	Park Wodny – Dworzec PKP
21	Zbuczyn – Dworzec PKP
22	Dworzec PKP – Unitów Podlaskich
23	Stok Lacki – Dworzec PKP
24	Grabinów – Starzyńskiego MPK
25	Grabinów – Plac Wolności
26	Czuryły – Dworzec PKP
27	Starowiejska – Piaski Zamiejskie/Działki
28	Kalinowa Leśna – Piaski Zamiejskie/Działki
30	Nowe Opole/Seminarium – Terespolska Sucharskiego
31	Terespolska Sucharskiego – Unitów Podlaskich
32	Sokołowska Pętla – Terespolska Sucharskiego
33	Piaski Zamiejskie – Terespolska Sucharskiego
35	Sokołowska Pętla – Kalinowa Leśna
37	Białki p. Ujrzanów – Siedlce MPK p. Ujrzanów
38	Suchożebry – Terespolska Sucharskiego
42	Żelków – Sokołowska Pętla
43	Gręzów – Sokołowska Pętla
LS1	Janowska-Cmentarz – Cmentarna-Cmentarz

Numer linii	Trasa podstawowa
LS2	Janowska-Cmentarz – Kurpiowska
LS3	Janowska-Cmentarz – Kalinowa Leśna
LS4	Janowska-Cmentarz – Chrobrego
LS5	Janowska-Cmentarz – Piaski Zamiejskie

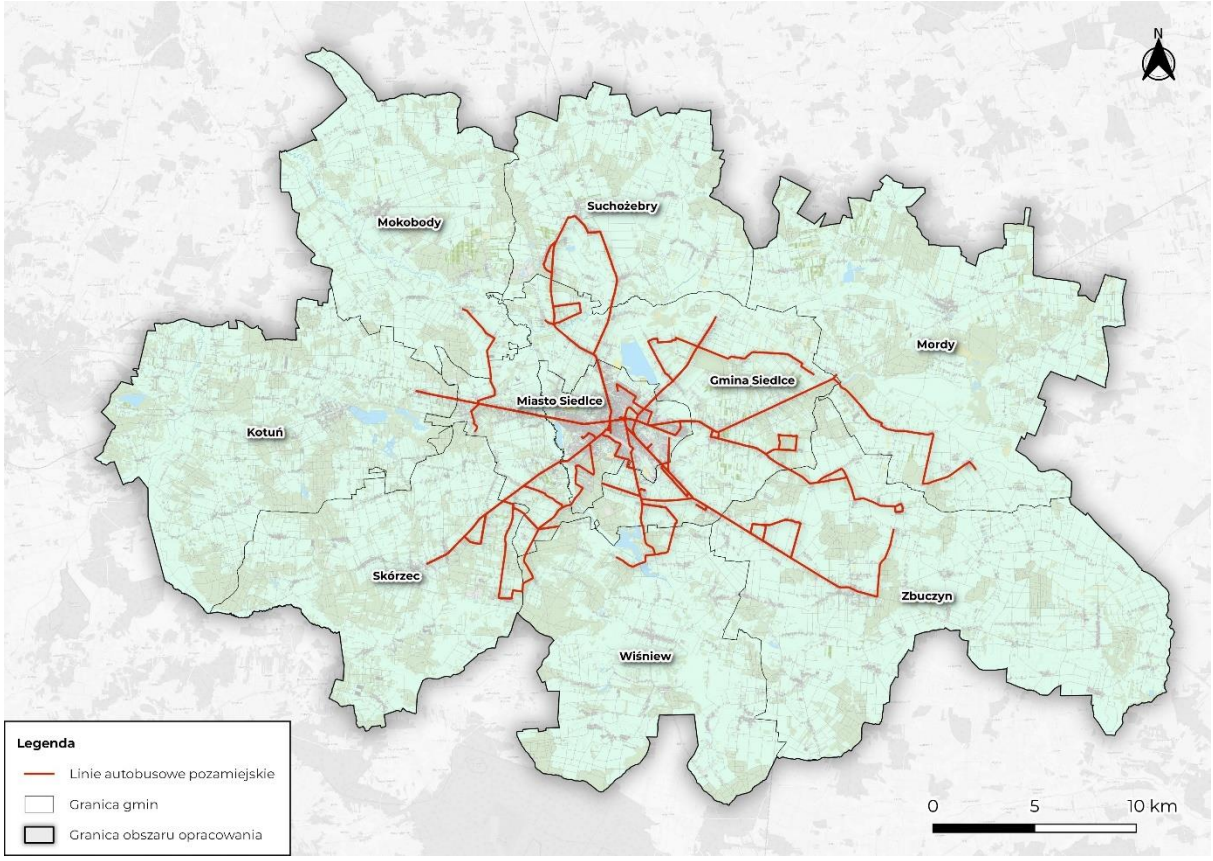
Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie MPK Siedlce.

Mapa 4. Linie autobusowe miejskie



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Mapa 5. Linie autobusowe podmiejskie



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

W 2023 r. praca eksploatacyjna wykonana przez pojazdy komunikacji miejskiej wyniosła 2 408 794 wozokilometry. W porównaniu do 2022 r. wzrosła ona o 1,83% (z poziomu 2 365 605 wzkm).

W 2023 r. liczba pasażerów korzystających z transportu miejskiego wyniosła 4 442 405 osób i w porównaniu do roku poprzedniego wzrosła ona o 12,0% (z poziomu 3 965 762 pasażerów w 2022 r.).

4.1. UŻYTKOWANY TABOR AUTOBUSOWY

Linie komunikacji miejskiej w Siedlcach obsługiwane są przez MPK Siedlce. Flota przewoźnika składa się 47 pojazdów, różnych marek, tj.: MAN, Volvo, Mercedes, Autosan oraz Solaris.

Tabela 2. Spis taboru

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
1.	MAN NG 313	ON	2001	II	MEGA18	22 340	54
2.	MAN NL 223	ON	2002	III	MAXI	45 926	33
3.	Volvo 7000	ON	2003	II	MAXI	46 333	36
4.	Volvo 7000	ON	2003	II	MAXI	32 826	37
5.	MAN NG 313	ON	2004	III	MEGA18	22 748	50
6.	MAN NL 283	ON	2004	III	MAXI	48 229	33
7.	MAN NL 283	ON	2004	III	MAXI	45 708	34
8.	Volvo 7700	ON	2005	III	MAXI	38 737	36
9.	Volvo 7700	ON	2005	III	MAXI	39 327	36
10.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	53 733	39
11.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	51 727	38
12.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	50 473	37
13.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	48 168	38
14.	MAN A37	ON	2005	III	MAXI	46 380	37
15.	MAN A37	ON	2004	III	MAXI	46 599	36
16.	MAN A21	ON	2011	V	MAXI	58 842	37
17.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 329	33
18.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 206	32
19.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 517	33
20.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	63 976	33
21.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 151	31

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
22.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	64 022	32
23.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 474	33
24.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 499	31
25.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 896	33
26.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	58 654	33
27.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 764	31
28.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	58 366	31
29.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	61 029	29
30.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	58 753	31
31.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	56 572	30
32.	MAN A 47	ON	2015	VI	MIDI	58 848	29
33.	Autosan SanCity M12LF	ON	2017	VI	MAXI	59 883	33
34.	Autosan SanCity M12LF	ON	2017	VI	MAXI	59 095	34
35.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 849	32
36.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	61 829	31
37.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 078	32
38.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 340	32
39.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	61 126	32
40.	Solaris Urbino 10,5	ON	2021	VI	MIDI	45 325	33
41.	Solaris Urbino 10,5	ON	2021	VI	MIDI	44 070	30
42.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	40 306	31
43.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	38 734	30
44.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	34 814	29
45.	MAN Lion’s City E	EV	2023	EV	MAXI	-	-

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
	B.2018.858.003						
46.	MAN Lion's City E B.2018.858.004	EV	2023	EV	MAXI	-	-
47.	MAN Lion's City E B.2018.858.005	EV	2023	EV	MAXI	-	-

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Biorąc pod uwagę długość i klasę pojemności pojazdów, w siedleckiej komunikacji miejskiej wyróżnić można autobusy MINI, MIDI, MAXI oraz MEGA18. W strukturze taboru dominują pojazdy MAXI, których jest 30. Drugą największą grupą stanowią pojazdy MIDI – 12 pojazdów.

Tabela 3. Pojazdy według długości i klasy pojemnościowej

MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18
3	12	30	0	2

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Pod względem rodzaju napędu niemalże wszystkie autobusy napędzane są olejem napędowym (44 pojazdy). Jedynie ostatnie nabyte 3 pojazdy napędzane są energią elektryczną.

Tabela 4. Pojazdy według rodzaju napędu

ON	Hybryda	BEV	FCEV	Trolejbus	CNG	LNG	Inne
44	0	3	0	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Pod względem spełnienia norm emisyjności, w siedleckiej komunikacji największą grupę stanowią autobusy z normą EURO 6 – 17 pojazdów. Znaczącą grupę stanowią autobusy spełniające normę EURO 5 – 12 pojazdów. Normą EURO 2 i 3 cechują się natomiast najstarsze jednostki – łącznie jest ich 11.

Tabela 5. Pojazdy według normy emisyjności

1 (lub brak normy)	2	3	4	5	EEV	6	EV
0	3	8	4	12	0	17	3

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

W siedleckiej komunikacji miejskiej występuje duży odsetek autobusów, których wiek jest większy niż 15 lat – takich pojazdów jest 15. Kolejne 12 ma między 11 a 15 lat. 7 autobusów ma między 6 a 10 lat. Natomiast najnowszych autobusów, które mają do 5 lat, jest 13.

Tabela 6. Pojazdy według wieku

do 5 lat	od 6 do 10 lat	od 11 do 15 lat	powyżej 15 lat
13	7	12	15

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

5. PLAN WYMIANY I ROZWOJU TABORU

5.1. PROBLEMATYKA WYMIANY TABORU W AKK Z 2021 R.

Poprzednia analiza kosztów i korzyści dla Gminy Miasto Siedlce została wykonana w 2021 r. Uzyskane wyniki wskazały na brak korzyści wykorzystania autobusów o napędzie zeroemisyjnym. W dokumencie podkreślono, iż organizator nie jest zobowiązany do zrealizowania obowiązku osiągniecia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych. Inwestycja zakupów autobusów zeroemisyjnych byłaby opłacalna wyłącznie przy pozyskaniu zewnętrznego źródła dofinansowania w wysokości min. 65%.

5.2. WYBÓR RODZAJU NAPĘDU

Obecnie oferta producentów oraz rozwój technologii przekłada się na wybór pomiędzy dwoma rodzajami napędów zeroemisyjnych. Najpopularniejsze są autobusy wykorzystujące energię z zabudowanych w pojeździe baterii. Z drugiej strony na popularności zyskują tzw. autobusy wodorowe, które energię elektryczną pozyskują z procesu elektrolizy wodoru.

Autobusy elektryczne akumulatorowe wykorzystują do pracy energię elektryczną. Dostępne są na rynku pojazdy o różnych pojemnościach baterii. W zależności od przyjętej technologii oraz sposobu ładowania, mogą one pokonać od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów na jednym ładowaniu. Elektrobusy posiadają wiele zalet, tj.:

- brak emisji spalin do atmosfery;
- niska lub zerowa emisja hałasu;
- możliwość odzyskiwania energii podczas hamowania pojazdu;
- cechują się lepszym przyspieszeniem niż autobusy spalinowe.

Przy wykorzystywaniu autobusów elektrycznych pojawiają się kontrowersje związane z procesem wytworzenia baterii elektrycznych. Do ich wyprodukowania niezbędne są rzadkie pierwiastki, tj. nikiel, lit oraz kobalt. Również kontrowersje wzbudza proces pozyskiwania energii do napędzania autobusów, ponieważ energia elektryczna w niskim stopniu pochodzi z odnawialnych źródeł energii.

Z punktu widzenia eksploatacji pojazdów elektrycznych kluczowy jest sposób ładowania pojazdów. Najpopularniejsze to ładowanie poprzez:

- złącze plug-in – najdłuższa czasowo forma ładowania, podczas niej na terenie zajezdni wykorzystuje się wtyczki kablowe, odbywa się najczęściej w nocy;
- pantografowe – częściowe doładowywanie baterii pojazdu, zazwyczaj na pętlach lub zajezdni, pomiędzy kolejnymi kursami, wykorzystuje się pantograf znajdujący się na dachu autobusu, który łączy się ze stacją ładowania;
- tzw. pantograf odwrócony – ładowanie poprzez opuszczenie ze stacji ładującej na „szyny” pantografu, zlokalizowane na dachu autobusu, działające w podobny sposób jak klasyczne ładowanie pantografowe.

Najczęściej spotykanym rozwiązaniem jest mieszanie różnych rodzajów ładowania pojazdów elektrycznych. Można dokonywać tego poprzez wtyczkę (ładowanie podczas nocnego postoju w zajezdni) oraz pantograf (ładowanie podczas postoju między kursami). Dzięki takiemu rozwiązaniu pojazdy mogą realizować kursy przez cały dzień, bez konieczności zjeżdżania do zajezdni.

Świadczenie usług przewozowych przy użyciu elektrobusów wiąże się z koniecznością zakupu infrastruktury ładowania, która jest niezbędna do efektywnego wykorzystywania tychże pojazdów. W zależności od wybranej metody i liczby ładowarek zakupionych w ramach jednego postępowania przetargowego, cena jednostkowa znacznie się różni. Przykładowe ceny poszczególnych ładowarek przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 7. Ceny ładowarek do autobusów elektrycznych

Miasto	Typ ładowarki	Cena za sztukę netto [PLN]	Liczba ładowarek zamówionych w ramach postepowania	Rozstrzygnięcie przetargu
Jelenia Góra	Ładowarka typu plug-in	138 744	2 (2-stanowiskowe)	luty 2023 r.
Legnica	Stacja ładowania pantograficznego z trafostacją i przyłączem	1 595 122	1	luty 2024 r.
Włocławek	Ładowarka typu plug-in	158 475	6 (2-stanowiskowych)	luty 2022 r.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Infrastruktura ładowania bezpośrednio wiąże się z zasięgiem autobusów elektrycznych. Te wyposażone w mniejsze baterie mogą pokonywać krótsze dystanse, niż pojazdy z większymi bateriami. Co równie ważne, autobusy o mniejszych bateriach wymagają doładowywania pomiędzy kursami (np. na pętlach), jednakże cechują się one mniejszą masą własną pojazdu i są tańsze niż autobusy wyposażone w większe baterie. Zaletą autobusów z większymi bateriami jest możliwość realizacji przewozów bez konieczności ich ładowania w trakcie postojów między kursami, jednakże cechują się większą masą własną. Wszystkie przedstawione aspekty przekładają się na cenę zakupu pojazdu, która zależna jest od wielu czynników, tj. liczby autobusów kupowanych w ramach jednego przetargu, pojemności baterii, klasy pojazdu czy sposobu ładowania. W poniższej tabeli przedstawiono podstawowe dane na temat przykładowych postępowań przetargowych na dostawy autobusów elektrycznych w Polsce.

Tabela 8. Ceny autobusów elektrycznych

Miasto	Klasa	Cena za sztukę netto [PLN]	Liczba sztuk zamówionych w ramach postępowania	Producent i model pojazdu wybrany w przetargu	Rozstrzygnięcie przetargu
Gdańsk	MINI	1 300 813	3	Karsan e-JEST	wrzesień 2021 r.
Działdowo	MDI	1 813 000	2	Yutong E9	maj 2023 r.

Miasto	Klasa	Cena za sztukę netto [PLN]	Liczba sztuk zamówionych w ramach postępowania	Producent i model pojazdu wybrany w przetargu	Rozstrzygnięcie przetargu
Suwałki*		2 635 000	5	Solaris Urbino 9LE electric	kwiecień 2024 r.
Jasło		1 598 000	6	Karsan e-ATAK	kwiecień 2024 r.
Oświęcim		2 560 000	6	Solaris Urbino 9LE electric	czerwiec 2024 r.
Pelplin	MAXI	2 158 000	3	Solaris Urbino 12 electric	lipiec 2024 r.
Suwałki*		2 688 000	5	Solaris Urbino 12 electric	kwiecień 2024 r.
Świeradów-Zdrój		2 300 000	2	Yutong E12	kwiecień 2024 r.
Toruń		2 560 000	10 (+30 w ramach opcji)	Solaris Urbino 12 electric	lipiec 2024 r.
Warszawa		2 632 000	18	Yutong U12	luty 2024 r.
Świdnica	MEGA18	3 324 932	3	Solaris Urbino 18 electric	lipiec 2024 r.

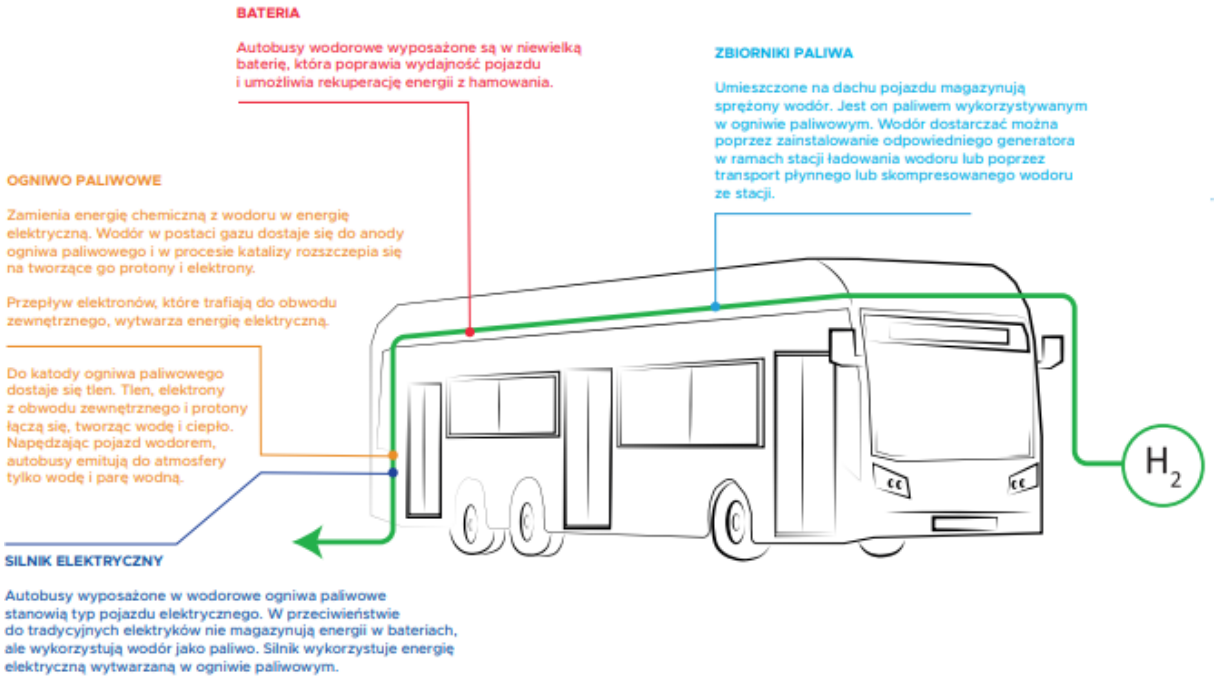
*wraz z infrastrukturą ładowania

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Coraz częściej na polskich ulicach spotkać można **autobusy wodorowe**. Wykorzystują one energię elektryczną wytwarzaną z ogniw paliwowych. Produktem procesu produkcji energii z wodoru jest woda w postaci gazowej. Aby produktem ubocznym całego procesu wytworzenia i zużycia tego pierwiastka była jedynie para wodna, konieczne jest pozyskanie paliwa, uzyskanego w procesie elektrolizy wody z użyciem prądu z OZE (tzw. zielony wodór), a nie reformingu parowego gazu ziemnego, podczas którego wydziela się tlenek węgla.

Na dachach autobusów zlokalizowane są zbiorniki, w których gromadzony jest wodór, a proces tankowania trwa około 10-15 minut. W porównaniu z czasem niezbędnym do naładowania autobusów zasilanych bateryjnie, tankowanie autobusów wodorowych jest zdecydowanie szybsze. Wraz z rozwojem i udoskonaleniem technologii produkcji baterii dla autobusów elektrycznych, pojazdy mogą pokonywać coraz dłuższe trasy pomiędzy ładowniami, jednakże maksymalnie deklarowane przez producentów zasięgi w większości przypadków nie zgadzają się z osiągami w warunkach codziennej eksploatacji. Wiąże się to z koniecznością doładowania pojazdów pomiędzy kursami, co uniemożliwia realizację całodziennych kursów. Pojazdy wodorowe z kolei, zatankowane do maksymalnego poziomu, mogą pokonać dystans średnio ok. 400 km (istnieją rozbieżności w zależności od producenta pojazdów i pojemności zbiornika).

Rysunek 1. Zasada funkcjonowania autobusu wodorowego



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o., *Transport kluczem do rozwoju technologii wodorowych w Polsce*, 2021.

Na rynku autobusów wodorowych funkcjonuje kilku producentów tych pojazdów, oferujących produkty o różnej specyfice. Przykładowe dane na ten temat przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 9. Specyfika przykładowych autobusów wodorowych

Producent i model	Klasa	Deklarowany zasięg [km]	Ogniwo wodorowe [kW]
Solaris Urbino 12 hydrogen[1]	MAXI	do 350	70
Solaris Urbino 18 hydrogen[2]	MEGA18	ok. 350	100
Mercedes-Benz eCitaro fuel cell[3]	MAXI	do 400	60
Mercedes-Benz eCitaro G fuel cell[4]	MEGA18	do 350	60
NesoBus 12[5]	MAXI	ok. 450	70
Arthur H2 Zero 12[6]	MAXI	do 500	60-125

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych producentów.

[1] https://www.solarisbus.com/pl/pojazdy/napedy-zeroemisyjne/hydrogen (dostęp: 13.08.2024 r.)
[2] Ibid.
[3] https://www.mercedes-benz-bus.com/pl_PL/models/ecitaro-fuel-cell.html (dostęp: 13.08.2024 r.)
[4] Ibid.
[5] https://www.nesobus.pl/ (dostęp: 13.08.2024 r.)
[6] https://www.arthurbus.com/ (dostęp: 13.08..2024 r.)

Świadczenie usług przewozowych taborem tego typu jest wciąż problematyczne, z uwagi na niewielką liczbę stacji tankowania wodorem w Polsce. Pomimo ciągłego rozwoju infrastruktury dla pojazdów wodorowych oraz deklaracji i planów największych przedsiębiorstw paliwowych, w całym kraju dostępnych jest aktualnie tylko kilka takich stacji. Z perspektywy miasta Siedlce najbliższa ogólnodostępna stacja tankowania wodorem znajduje się w Warszawie (PAK-PCE Stacje H2 przy ul. Tango 4), czyli jest oddalona o 100 km od miasta. W ramach eksploatacji autobusów wodorowych niezwykle ważna jest cena wodoru, która aktualnie wynosi 69 zł brutto/kg. Wysoka cena tego pierwiastka przekłada się na podwyższone koszty eksploatacji pojazdów wodorowych.

Budowa własnej stacji tankowania wodorem może być rozwiązaniem, które umożliwia zmniejszenie ceny eksploatacji autobusów wodorowych. Jednakże według wyników programu priorytetowego „Wsparcie infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych i infrastruktury do tankowania wodoru", koszt takiej inwestycji wynosi nawet 16 324 041,02 zł netto. W poniższej tabeli przedstawiono przykładowe postępowania przetargowe na dostawy autobusów wodorowych w Polsce.

Tabela 10. Ceny autobusów wodorowych

Miasto	Klasa	Cena za sztukę netto [PLN]	Liczba sztuk zamówionych w ramach postępowania	Producent i model pojazdu wybrany w przetargu	Rozstrzygnięcie przetargu
Chełm	MAXI	3 033 000	26	PAK-PCE Polski Autobus Wodorowy NesoBus 12	grudzień 2023 r.
Lublin		3 029 000	1	Solaris Urbino 12 hydrogen	sierpień 2022 r.
Poznań		2 930 000	25 (15+10 w ramach opcji)	Solaris Urbino 12 hydrogen	lipiec 2022 r.
Rybnik		2 687 000	20	PAK-PCE Polski Autobus Wodorowy NesoBus 12	marzec 2023 r.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Na rynku dostępne są **autobusy zasilane biometanem**. Wraz z nowelizacją Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, pochodzącą z grudnia 2021 r., zostały one zakwalifikowane przez prawodawcę jako pojazdy zeroemisyjne. Biometanem nazywamy oczyszczony biogaz, czyli mieszaninę gazów, będącą produktem beztlenowego rozkładu materii organicznej. Powstaje on jako produkt uboczny m.in. w oczyszczalniach ścieków, składowiskach odpadów, gospodarstwach rolniczych, czy browarach. Na biometan składa się głównie metan oraz dwutlenek węgla, ale także siarkowodór, para wodna, tlenek węgla czy siloksany. Jest on biogazem oczyszczonym do ok. 98% zawartości metanu. W zależności od lokalizacji instalacji, istnieje kilka metod oczyszczania. Biometan nie wymaga zmian w konstrukcji i napędzie pojazdu, ponieważ pojazdy, które napędzane są sprężonym gazem ziemnym CNG są do niego przystosowane. Co ważne, nie ma też konieczności specjalnego

dostosowania zbiorników ani instalacji tankowania. Niemniej, w Polsce nie funkcjonuje obecnie żadna biometanownia, a budowa takiej infrastruktury wiązałaby się z poniesieniem wysokich kosztów inwestycyjnych.

Autobusy zasilane olejem napędowym nie są uznawane za pojazdy zeroemisyjne, jednakże zostały one przedstawione w niniejszym opracowaniu ze względu na fakt, iż Ustawa o elektromobilności i paliwach alternatywnych wskazuje na obowiązek 30% udziału pojazdów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację miejską w 2028 r. lub czasowego 3-letniego okresu zwolnienia z obowiązku w przypadku negatywnego wyniku analizy kosztów i korzyści.

Niewątpliwie zaletą autobusów zasilanych olejem napędowym jest powszechność eksploatacji tych pojazdów. Co ważne, wykorzystywanie autobusów zasilanych olejem napędowym nie wymaga ponoszenia dodatkowych kosztów m.in. na sieć trakcyjną, infrastrukturę do ładowania pojazdów elektrycznych lub tankowania wodoru oraz dostosowywania zaplecza technicznego. Pozyskane pojazdy powinny spełniać najbardziej ekologiczną normę spalin EURO 6, natomiast po 2027 r. – EURO 7. W tabeli poniżej przedstawiono podstawowe dane na temat postępowań przetargowych na autobusy napędzane olejem napędowym, przeprowadzone w ostatnich latach.

Tabela 11. Ceny autobusów ON

Miasto	Klasa	Cena za sztukę netto (PLN)	Liczba sztuk zamówionych w ramach postępowania	Producent i model pojazdu wybrany w przetargu	Rozstrzygnięcie przetargu
Kraków	MINI	1 422 767	4	Automet	marzec 2023 r.
Urząd Marszałkowski Województwa Łódzkiego (Łódzka Kolej Aglomeracyjna)		577 303	12	Creobus Sp. z o.o. Mercedes-Benz Sprinter	wrzesień 2023 r.
Beskidzki Związek Powiatowo-Gminny (Komunikacja Beskidzka)	MIDI	1 426 965	6	Mercedes-Benz Citaro K	maj 2024 r.
Grodziskie Przewozy Autobusowe		1 350 000	8	Solaris Urbino 10,5	marzec 2024 r.
Łomianki	MAXI	1 450 000	2	Solaris Urbino 12	listopad 2023 r.
Biała Podlaska		1 047 154	2	Solaris Urbino 12	sierpień 2023 r.
Katowice	MEGA18	1 819 024	10	MAN Lion’s City 18	kwiecień 2024 r.

Miasto	Klasa	Cena za sztukę netto (PLN)	Liczba sztuk zamówionych w ramach postępowania	Producent i model pojazdu wybrany w przetargu	Rozstrzygnięcie przetargu
Siedlce		1 664 228	1	MAN Lion's City 18	kwiecień 2024 r.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

5.3. PLAN WYMIANY TABORU

Gmina Miasto Siedlce oraz MPK Siedlce obecnie posiada plany dotyczące zakupów autobusów elektrycznych. W latach 2024-2026 mają także zostać zrealizowane dwa projekty inwestycyjne Gminy Miasto Siedlce – jeden obejmujący zakup 14, a drugi 6 autobusów elektrycznych klasy MAXI razem z infrastrukturą ładowania. W trakcie przygotowania niniejszej analizy trwało postępowanie na dostawę 14 autobusów elektrycznych wraz z montażem infrastruktury ładowania i wiat fotowoltaicznych.

Na podstawie powyższych informacji i wyników analiz z poprzednich podrozdziałów, określono dwa warianty wymiany taboru: pierwszy zakładający brak spełnienia wymagań opisanych w art. 36 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz drugi zakładające spełnienie tychże wymogów ustawowych.

Pomimo że wariant inwestycyjny W0 zakłada zaniechanie projektu inwestycyjnego, to nie obejmuje on jednak zaniechania świadczenia usług komunikacji miejskiej czy ponoszenia nakładów odtworzeniowych dotyczących taboru. Warto też zaznaczyć, że w art. 68a ust. 3 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych zobowiązano zamawiających, takich jak Gmina Miasto Siedlce, do zapewnienia udziału autobusów (kategorii M3, klas A i I) wykorzystujących do napędu paliwa alternatywne, w całkowitej liczbie autobusów objętych zamówieniami w wysokości 32% w okresie od 24 grudnia 2021 r. do 31 grudnia 2025 r. oraz 46% w okresie od 1 stycznia 2026 r. do 31 grudnia 2030 r. z zastrzeżeniem, że połowa tego udziału ma być osiągnięta przez autobusy zeroemisyjne. Do zamówień zalicza się zlecanie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego oraz zakup, a także dzierżawę, wynajem lub leasing z opcją zakupu pojazdów.

Na podstawie powyższych założeń przyjęto następujące warianty inwestycyjne:

- **Wariant 0** (W0 – bazowy) – wariant bazowy zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO 6;
- **Wariant 1** (W1 – elektryczny) – wariant zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz spełnienie udziału autobusów zeroemisyjnych opisanych w art. 36 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych poprzez autobusy elektryczne akumulatorowe.

Ze względu na postępujący proces inwestycyjny, różnicą pomiędzy wariantami jest przyspieszenie zakupów w 2024 r. w celu spełnienia 20-proc. udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie od 1 stycznia 2025 r. w wariancie 1.

Tabela 12. Harmonogram wymiany floty

Autobus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant 0											
BEV – suma	0	0	0	20	0	4	1	0	2	0	1
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	1
MAXI	-	-	-	20	-	-	-	-	2	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	4
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	6,4	6,4	6,4	48,9	48,9	57,4	59,6	59,6	63,8	63,8
Wariant 1											
BEV – suma	0	6	0	14	0	4	1	0	2	0	1
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	1
MAXI	-	6	-	14	-	-	-	-	2	-	-

Autobus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	6,4	19,1	19,1	48,9	48,9	57,4	59,6	59,6	63,8	63,8

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

5.4. Wybór linii do obsługi taborem zeroemisyjnym

W zakresie alokacji autobusów zeroemisyjnych należy uwzględnić aspekty społeczne, tj. liczbę potencjalnych pasażerów obsługiwanych przez nowy tabor autobusowy, liczbę mieszkańców i turystów oraz potencjalny wzrost zainteresowania komunikacją miejską po wprowadzeniu do eksploatacji takich pojazdów. Przy wyborze linii ważnym aspektem jest też wymiar środowiskowy – autobusy zeroemisyjne charakteryzują się niższą emisją hałasu oraz nie emitują spalin. Stanowi to ważny argument przemawiający za tym, aby obsługiwały one ścisłe centrum miasta, obszary o wysokiej gęstości zaludnienia i zabudowy, czy węzły przesiadkowe. Przy wprowadzeniu autobusów elektrycznych ważna jest również synchronizacja rozkładu jazdy z harmonogramem ładowania (odpowiednie przerwy pomiędzy kursami), tak aby uniknąć całkowitego rozładowania autobusu na trasie lub wzajemnej blokady dostępu do ładowarki przez pojazdy. W przypadku wybrania wariantu z ładowaniem pojazdów poza terenem bazy operatora, autobusy zeroemisyjne powinny obsługiwać linie, które mają wspólny przystanek końcowy z innymi liniami (zwiększenie stopnia wykorzystania infrastruktury ładowania oraz zmniejszenie nakładów inwestycyjnych na jej budowę).

Wybrane linie komunikacyjne nie powinny przebiegać też przez drogi, na których obowiązuje zakaz ruchu pojazdów o wysokości przekraczającej wysokość autobusu zeroemisyjnego (ok. 3,2-3,4 m – zakazy takie występują często na odcinkach dróg przebiegających pod wiaduktami). Przy wyborze linii autobusowych do elektryfikacji uwzględniono:

- wyniki poprzednich analiz kosztów i korzyści;

- strukturę i wiek wymienianego taboru.

W kontekście struktury i wieku wymienianego taboru skupiono się na liniach obsługiwanych autobusami klasy MAXI. Obecnie autobusy elektryczne są wykorzystywane na liniach nr 12, 16 i 18. Do końca 2024 r. powinny zostać dodatkowo zelektryfikowana linia 27, która została wskazana do elektryfikacji w poprzednich analizach kosztów i korzyści, a także linie 4 i 33. W kolejnych latach proponuje się do elektryfikacji linie nr: 2, 3, 5, 13, 15, 19, 20, 28, 30, 32.

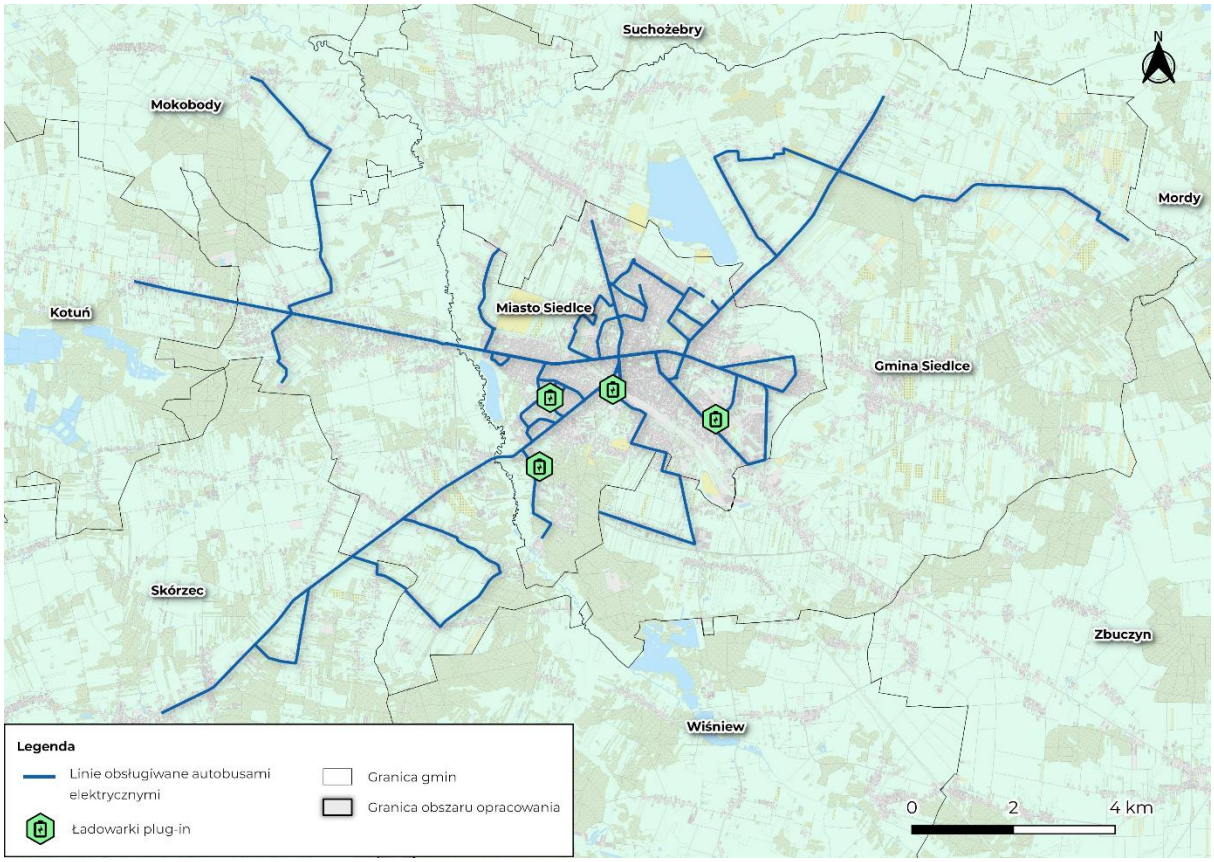
Infrastruktura ładowania autobusów elektrycznych akumulatorowych powinna być w dalszym stopniu rozwijana na zajezdni operatora, a także na obszarze miasta (przy pętlach Kurpiowska i Kalinowa oraz centrum przesiadkowym). Dwustanowiskowe stacje ładowania powinny mieć moc 120 kW, a jednostanowiskowa – 60 kW, umożliwiając ładowanie pojazdów w porze nocnej wyłącznie na zajezdni operatora. Ładowarki na pętlach autobusowych będą wykorzystywane tylko podczas przerw rozkładowych planowanych w celu doładowania autobusu. Pojemność akumulatorów w pojazdach musi pozwalać na wykonywanie zadań całodziennych przypisanych do poszczególnych autobusów, a także cechować się pojemnością podobną do obecnie użytkowanych elektrobusów, tj. min. 360-420 kWh.

Tabela 13. Etapy elektryfikacji linii autobusowych

Linia	2024	2027
12	PEŁNA	-
16	PEŁNA	-
18	PEŁNA	
4	PEŁNA	-
33	PEŁNA	-
27	PEŁNA	-
2	-	PEŁNA
3	-	PEŁNA
5	-	PEŁNA
13	-	PEŁNA
15	-	PEŁNA
19	-	PEŁNA
20	-	PEŁNA
28	-	PEŁNA
30	-	PEŁNA
32	-	PEŁNA

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Mapa 6. Elektryfikacja linii autobusowych oraz lokalizacja punktów ładowania w przypadku opłacalności przedsięwzięcia lub pozyskania zewnętrznego dofinansowania



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

6. ANALIZA FINANSOWO-EKONOMICZNA

6.1. ANALIZA SYTUACJI FINANSOWEJ MIASTA I WPŁYWY PROGRAMU WYMIANY POJAZDÓW NA JEJ STABILNOŚĆ

Finansowanie przewozów komunikacji miejskiej w Siedlcach wykonywanych przez MPK Siedlce odbywa się na podstawie rocznego wynagrodzenia spółki, zabezpieczonego w budżecie Gminy Miasta Siedlce. Wynagrodzenie jest przeznaczone m.in. na pokrycie niezbędnych kosztów przy realizacji przewozów, wykorzystaniu i utrzymaniu infrastruktury technicznej oraz kosztów finansowych z uwzględnieniem podatku dochodowego w wysokości stawki określonej w umowie.

Analizując budżety Gminy Miasto Siedlce w latach 2021-2024, zauważyć można, iż miasto jedynie w 2021 r. odnotowało dodatni wynik budżetu operacyjnego (występuje nadwyżka dochodów bieżących nad wydatkami bieżącymi). Nieznaczna nadwyżka operacyjna planowana jest także w 2024 r. Oznacza to, że w latach 2022-2023 wykonywanie zadań bieżących przez jednostkę odbywało się na poziomie przekraczającym możliwości finansowe JST, a także kosztem sprzedaży majątku, zaciągnięcia nowych zobowiązań czy ograniczenia inwestycji.

Warto dodać, że dochody majątkowe miasta Siedlce pozwalają w dużym stopniu na pokrycie wydatków majątkowych, pomimo tego w skali całego budżetu odnotowywany jest w ostatnich latach deficyt budżetowy. W konsekwencji odnowa taboru wymaga zmiany priorytetów inwestycyjnych, zaciągnięcia kredytu lub skorzystania z dofinansowania zewnętrznego w celu zmniejszenia wkładu własnego w nakładach inwestycyjnych na autobusy zeroemisyjne.

Tabela 14. Budżet gminy miasta Siedlce w latach 2021-2024 [mln zł]

Lp.	Pozycja	Wykonanie w latach			Plan na 2024 r.*
		2021	2022	2023	
1	**Dochody budżetu Miasta** w tym:	**624,8**	**579,7**	**628,5**	**721,1**
1a	dochody bieżące	599,4	565,3	581,1	630,4
1aa	lokalny transport zbiorowy	0,6	0,1	0,0	6,5
1b	dochody majątkowe	25,3	14,4	47,4	90,7
2	**Wydatki budżetu Miasta** w tym:	**600,7**	**659,5**	**648,0**	**759,6**
2a	wydatki bieżące	560,5	586,7	584,1	630,3
2aa	lokalny transport zbiorowy	11,0	13,7	11,8	16,5
2b	wydatki majątkowe na lokalny transport zbiorowy	0,0	0,0	0,0	10,4

Lp.	Pozycja	Wykonanie w latach			Plan na 2024 r.*
		2021	2022	2023	
3	**Nadwyżka/deficyt budżetu Miasta**	**24,1**	**-79,8**	**-19,5**	**-38,4**
4	**Deficyt/nadwyżka operacyjna**	**38,9**	**-21,4**	**-3,0**	**0,1**
5	**Finansowanie** w tym:	**25,1**	**78,7**	**29,7**	**38,4**
5a	przychody	33,3	94,0	48,6	55,0
5b	rozchody	8,2	15,3	18,9	16,6

*Na podstawie Uchwały Nr LXXIX/749/2023 Rady Miasta Siedlce z dnia 29 grudnia 2023 r. w sprawie uchwalenia budżetu Miasta Siedlce na 2024 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie sprawozdań budżetowych.

6.2. OCENA SYTUACJI FINANSOWEJ OPERATORA

Sytuację finansową MPK Siedlce należy uznać za dobrą i stabilną. W latach 2021-2023 przychody spółki ze sprzedaży usług wzrosły z 12,9 mln zł do 18,5 mln zł, a pozostałe przychody operacyjne z 9,8 mln zł do 11,3 mln zł, przy kosztach, które zwiększyły się z 22,4 mln zł do 28,4 mln zł. W tym okresie spółka odnotowywała dodatni wynik finansowy, który wynosił od 175 tys. zł do 889 tys. zł. Wypracowany poziom zysku nie pozwala jednak na prowadzenie znacznych inwestycji w odnowę posiadanego taboru, tym bardziej na zakup pojazdów zeroemisyjnych.

Tabela 15. Rachunek zysków i strat MPK Siedlce w wariancie porównawczym [tys. PLN]

Pozycja	2021	2022	2023
Przychody ze sprzedaży	12 951,9	19 238,3	18 523,7
Koszty działalności operacyjnej	22 400,6	29 278,0	28 376,3
Zysk/strata ze sprzedaży	**-9 448,7**	**-10 039,7**	**-9 852,6**
Pozostałe przychody operacyjne	9 851,4	10 433,9	11 285,2
Pozostałe koszty operacyjne	145,6	125,8	406,2
Zysk/strata na działalności operacyjnej	**-257,2**	**268,4**	**1 026,4**
Przychody finansowe	0,0	98,5	68,2
Koszty finansowe	34,5	32,0	8,7
Podatek dochodowy	46,7	334,9	197,9
Zysk/strata netto	**175,9**	**272,2**	**888,1**

Źródło: Rachunek zysków i strat Spółki MPK Siedlce za rok obrotowy 2021, 2022 i 2023.

6.3. Model nabywania pojazdów

Jak dotąd w Siedlcach nabywanie pojazdów realizowane było przez operatora i organizatora. MPK Siedlce pozyskiwało autobusy z napędem zasilanym olejem napędowym z wykorzystaniem środków własnych i pożyczki z Wojewódzkiego Funduszu Ochrony Środowiska. Alternatywą dla zakupu z własnych środków mogłoby być finansowanie zewnętrzne w postaci leasingu lub dzierżawy pojazdów w zależności od długości kontraktu.

Nabywanie pojazdów jest też możliwe poprzez jednostkę samorządu terytorialnego, która może skorzystać z własnych środków budżetowych lub finansowania zewnętrznego w formie leasingu czy dzierżawy pojazdów. Niemniej samorządy korzystają bardzo rzadko z takiej formy finansowania zewnętrznego, a zakupy z własnych środków budżetowych musiałyby spowodować ograniczenie innych wydatków majątkowych. Częściej spotykanym rozwiązaniem jest pozyskiwanie nowego taboru z wykorzystaniem środków unijnych umożliwiających sfinansowanie projektu do 85% kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia lub programu priorytetowego „Zielony Transport Publiczny".

Przy wszystkich wskazanych powyżej formach finansowania zakupu, pamiętać należy o wymogu art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Nabyty przez jednostkę samorządu terytorialnego tabor autobusowy może zostać przekazany operatorowi nieodpłatnie na podstawie umowy o świadczenie usług publicznych albo na podstawie innej umowy nieodpłatnej (np. użyczenia) lub odpłatnej (np. najmu albo dzierżawy). Czas obowiązywania takiej umowy nie może być dłuższy niż czas obowiązywania umowy o świadczenie usług publicznych. Konieczne jest wówczas wyraźne powiązanie zawieranej umowy z umową o świadczenie usług publicznych zawartą przez jednostkę samorządu terytorialnego z operatorem.

6.4. Działania inwestycyjne w pojazdy zeroemisyjne zrealizowane w latach 2020-2024

W ostatnich latach Gmina Miasto Siedlce oraz MPK Siedlce prowadziły inwestycje w tabor autobusowy. W 2024 r. Gminie Miasto Siedlce dostarczono 3 autobusy elektryczne akumulatorowe klasy MAXI razem z infrastrukturą ładowania na zajezdni MPK. Pojazdy zostały przekazane operatorowi – MPK Siedlce. Zakup został sfinansowany ze środków programu priorytetowego „Zielony Transportu Publiczny (faza I)".

6.5. Założenia analizy finansowej

Kolejnym krokiem po określeniu wariantów inwestycyjnych jest przeprowadzenie analizy finansowej. Jej celem jest sprawdzenie opłacalności inwestycji pod względem finansowym. Analiza jest przeprowadzana z wykorzystaniem metody różnicowej pomiędzy wariantami inwestycyjnymi i uwzględnia jedynie przepływy finansowe związane z przewozami komunikacji miejskiej. W poniższej tabeli przedstawiono przyjęte założenia do analizy finansowej.

Tabela 16. Założenia analizy finansowej

Zakres	Założenie
Okres analizy	Lata 2024-2033[7].
Ceny	Ceny stałe netto, tj. bez uwzględnienia inflacji oraz z wyłączeniem podatku VAT z uwzględnieniem analizy rynkowej.
Dochody projektu	Wymiana autobusów na zeroemisyjne nie powinna generować dodatkowych przychodów z tytułu wzrostu liczby pasażerów.
Stopa dyskontowa	4%
Nakłady inwestycyjne	Na podstawie przeprowadzonej analizy rynkowej w rozdziale 3.
Koszty eksploatacji i utrzymania	Na podstawie ponoszonych kosztów przez MPK Siedlce z uwzględnieniem specyfiki technicznej pojazdów zeroemisyjnych.
Nakłady odtworzeniowe	Następują po 14 latach dla pojazdów napędzanych olejem napędowym (wynika to z obecnego procesu wymiany autobusu i struktury taboru). Dla autobusów elektrycznych założono 15 lat eksploatacji dla pojazdów zeroemisyjnych. Okres żywotności stacji ładowania wynosi 30 lat, a infrastruktury do ładowania pojazdów – 40 lat.
Wartość rezydualna[8]	Uwzględniona w ostatnim roku analizy z wykorzystaniem metody dochodowej.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*, Jaspers 2023.

6.6. Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne obliczono na podstawie analizy rynkowej przeprowadzonej w poprzednim rozdziale, a także na podstawie określonych wariantów inwestycyjnych. W obu wariantach łączne nakłady inwestycyjne wyniosły 91,4 mln zł. Różnice zachodzą jedynie pod względem roku ich ponoszenia. W kolejnej tabeli przedstawiono nakłady inwestycyjne w poszczególnych wariantach, z uszczegółowieniem nakładów na tabor i infrastrukturę. 2023 r. nie jest uwzględniony w analizie finansowej, jednakże został przedstawiony zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Klimatu i Środowiska.

[7] Zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Klimatu i Środowiska.
[8] Wartość rezydualna to zdolność środków trwałych posiadających wartość ekonomiczną do generowania dochodów.

Tabela 17. Nakłady inwestycyjne na wymianę autobusów w wariantach inwestycyjnych

Opis	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Nakłady [tys. PLN] Wariant 0 w tym:	**0**	**0**	**0**	**73 259**	**0**	**8 789**	**2 197**	**0**	**4 953**	**0**	**2 197**
tabor	0	0	0	49 530	0	8 789	2 197	0	4 953	0	2 197
infrastruktura	0	0	0	23 729	0	0	0	0	0	0	0
Nakłady [tys. PLN] Wariant 1 w tym:	**0**	**18 877**	0	**54 382**	**0**	**8 789**	**2 197**	**0**	**4 953**	**0**	**2 197**
tabor	0	14 859	0	34 671	0	8 789	2 197	0	4 953	0	2 197
infrastruktura	0	4 018	0	19 711	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

6.7. NAKŁADY ODTWORZENIOWE

Analizując wszystkie warianty inwestycyjne, wzięto pod uwagę konieczność ponoszenia nakładów o charakterze odtworzeniowym. Mają one na celu utrzymanie poziomu świadczonych usług transportu publicznego w Siedlcach. Dla zwiększenia porównywalności wariantów założono ponoszenie nakładów odtworzeniowych w wariancie W0 w tych samych latach co nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe w wariancie W1. W obu wariantach nakłady wyniosły 15,4 mln zł. Poniżej przedstawiono harmonogram i nakłady w poszczególnych latach.

Tabela 18. Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w poszczególnych wariantach

Rok	Wariant W0 [PLN]	Wariant W1 [PLN]
2024	1 804 951,64	1 804 951,64
2025	2 613 472,57	2 613 472,57
2026	-	-
2027	5 725 160,49	5 725 160,49
2028	-	-
2029	-	-
2030	-	-

Rok	Wariant W0 [PLN]	Wariant W1 [PLN]
2031	-	-
2032	-	-
2033	5 226 945,14	5 226 945,14
Łącznie	15 370 529,84	15 370 529,84

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

6.8. KOSZTY OPERACYJNE I WARTOŚĆ REZYDUALNA

W analizie finansowo-ekonomicznej brane pod uwagę są także koszty operacyjne. W celu obliczenia prognozowanych kosztów operacyjnych, jakie będą ponoszone przez przewoźnika w kolejnych latach okresu operacyjnego, uwzględniono podstawowe koszty związane z eksploatacją taboru oraz infrastrukturą do obsługi autobusów elektrycznych w wariantach inwestycyjnych. W poniższej tabeli przedstawiono założenia do obliczenia kosztów operacyjnych.

Tabela 19. Założenia kosztów operacyjnych przyjętych do analizy

Pozycja kosztowa	Jednostka	Podstawa	Wartość
Wielkość pracy eksploatacyjnej	wzkm	Dane otrzymane od MPK Siedlce	2,41 mln wzkm Przyjęto łączną pracę eksploatacyjną na podstawie średniego przebiegu pojazdów podaną przez MPK Siedlce i organizatora.
Koszt paliwa	zł/l	Średnia cena hurtowa oleju napędowego netto Orlen SA w I połowie 2024 r.	5,06 zł
Koszt napraw i remontów, zużycia materiałów i części zamiennych	zł/km	Dane otrzymane od MPK Siedlce.	W zależności od rodzaju i typu autobusu. Dla autobusów elektrycznych koszty materiałów i części zamiennych (będące składnikiem kosztów napraw i remontów) obniżone o 5% wg danych *Analizy rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego w Polsce (autobusy, trolejbusy, tramwaje)*[9].
Koszt opłat za zanieczyszczenie środowiska	t/zł	Obwieszczenie Ministra Klimatu i Środowiska z dnia 4 sierpnia 2023 r. w sprawie wysokości stawek opłat za korzystanie ze środowiska na rok 2024	W zależności od normy emisji spalin i używanego paliwa.

[9] https://legislacja.rcl.gov.pl/docs//2/12386951/13068507/13068508/dokument673918.pdf, (dostęp: 10.07.2024 r.)

Pozycja kosztowa	Jednostka	Podstawa	Wartość
Średnie spalanie oleju napędowego	l/100 km	Dane otrzymane od MPK Siedlce.	W zależności od pojazdu, typu taboru i normy emisji.
Średnie zużycie energii	kWh/100km	Na podstawie doświadczeń innych operatorów.	W zależności od pojazdu, typu taboru. Według danych *Analizy rozwoju zeroemisyjnego, zbiorowego transportu drogowego w Polsce (autobusy, trolejbusy, tramwaje)*[10].
Cena energii elektrycznej	zł/kWh zł/kW zł/mies.	Na podstawie cennika PGE Dystrybucja.	2,1770 zł/kWh Opłata handlowa: 200,00 zł/mies. Składnik stały stawki sieciowej: 18,80 kW/mies. Składnik opłaty abonamentowej: 15,00 zł/mies.
Amortyzacja (liniowa)	% [rok]	Załącznik nr 1 do ustawy z dnia 26 lipca 1991 r. o podatku dochodowym od osób fizycznych oraz informacji uzyskanych od MPK Siedlce.	10% – tabor; 10% – infrastruktura ładowania; 5% – trafostacje.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Uwzględniono dodatkowo ponoszenie kosztów na bieżącą eksploatację i serwisowanie infrastruktury ładowania na poziomie 4,5 tys. zł netto za ładowarkę plug-in na rok. W obliczeniach nie uwzględniano wynagrodzeń dla kierowców ze względu na brak wpływu na obliczenia (w wyniku wdrożenia autobusów zeroemisyjnych nie zakłada się zwiększenia zatrudnienia, w konsekwencji kwota wynagrodzeń nie różnicuje wariantów).

Inwestycje w wariancie W1 generują w ciągu całego okresu analizy 1,3 mln zł straty. Wynika to z wyższych kosztów utrzymania odpowiedniej mocy przyłączeniowej w wariancie W1 względem kosztów utrzymania odpowiedniej mocy przyłączeniowej w wariancie W0. W poniższej tabeli przedstawiono wartość kosztów operacyjnych w całym okresie analizy.

Tabela 20. Wartość kosztów operacyjnych w okresie analizy

Pozycja	Koszty operacyjne w całym okresie analizy [PLN]
Koszty operacyjne w wariancie W0	92 118 793,22 zł
Koszty operacyjne w wariancie W1	93 400 186,19 zł
Różnica pomiędzy wariantami (W1-W0)	-1 281 392,97 zł

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

[10] Ibidem.

Ostatnim krokiem przed obliczeniem efektywności ekonomicznej zakupu taboru elektrycznego było wyznaczenie wartości rezydualnej, która jest wartością nieumorzonych środków trwałych (po odliczeniu odpisów amortyzacyjnych), zakupionych w ramach wariantów inwestycyjnych w ostatnim roku analizy. W analizie przyjęto amortyzację liniową według założonych stawek.

Tabela 21. Wartość rezydualna

Pozycja	Wariant W1
Wartość brutto środków trwałych	91 395 650,30 zł
Umorzenie środków trwałych	69 230 058,46 zł
Wartość rezydualna	22 165 591,83 zł

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

6.9. EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA

Wynikiem analizy finansowej jest przedstawienie efektywności finansowej na podstawie przepływów finansowych związanych z nakładami inwestycyjnymi, odtworzeniowymi, wartością rezydualną oraz kosztami operacyjnymi. Do oceny wykorzystuje się wskaźniki FNPV oraz FRR, które zostały przedstawione w poniższej tabeli.

Tabela 22. Efektywność finansowa projektu wymiany taboru na autobusy zeroemisyjne

Wskaźnik	Wariant W1
FNPV	-5 002 227,72 zł
FRR	niemożliwa do obliczenia

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Ujemna wartość wskaźnika FNPV w obu wariantach oznacza, że inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe jest nieopłacalna pod względem finansowym. W przypadku wskaźnika FRR jego wartość jest niemożliwa do obliczenia, co oznacza brak opłacalności finansowej inwestycji. Warto podkreślić, że projekty z zakresu transportu publicznego zwykle nie odnotowują dodatnich wyników FNPV oraz FRR. Ujemna wartość wskaźników wskazuje też, że aktualna wartość przyszłych dochodów nie pokrywa poniesionych kosztów na wymianę taboru (wysoki koszt zakupu pojazdu elektrycznego i infrastruktury względem autobusu z silnikiem napędzanym olejem napędowym). Należy też wskazać, że jedynym dochodem projektu jest wartość rezydualna na poziomie 22,2 mln zł. Luka finansowa wyniosła 80%. Oznacza to, że przy zakupie autobusów elektrycznych należy starać się o uzyskanie takiego poziomu dofinansowania w programach takich jak „Zielony Transport Publiczny", Fundusze Europejskie dla Mazowsza czy Fundusze Europejskie dla Polski Wschodniej.

7. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH

Autobusy użytkowane obecnie w komunikacji miejskiej w Siedlcach w większości wykorzystują olej napędowy, co wpływa negatywnie na jakość powietrza. Spalanie tego paliwa powoduje emisję szkodliwych substancji – głównie tlenków azotu (NO_x), w mniejszym stopniu również cząstek stałych pyłów zawieszonych PM2,5, PM10, lotnych związków organicznych oraz CO_2. W przypadku autobusów zasilanych sprężonym gazem ziemnym CNG, emisja jest ograniczona o cząstki stałe pyłów zawieszonych PM2,5 i PM10.

W przypadku autobusów elektrycznych akumulatorowych, emisja szkodliwych substancji zachodzi w inny sposób – w Polsce odbywa się ona głównie w elektrowniach produkujących energię elektryczną z węgla (emisja punktowa).

Na podstawie metodyki zaproponowanej przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT) uwzględniającej normy emisji spalin EURO w pojeździe i zużycie paliwa lub energii elektrycznej, obliczono emisję zanieczyszczeń w poszczególnych wariantach. Największą różnicę pomiędzy nimi można zaobserwować w spadku emisji NO_x. Niewielkie zmiany zachodzą podczas emisji pyłów zawieszonych PM2,5 i PM10 oraz CO_2. Warto jednak zaznaczyć przy tym, że następuje zmiana charakteru emisji z lokalnej (emisji liniowej) na globalną (emisję punktową). W konsekwencji ograniczenie emisji pochodzącej z transportu publicznego powoduje, że następuje poprawa komfortu życia mieszkańców poprzez lepszą jakość powietrza atmosferycznego oraz poprawę jego zapachu.

Tabela 23. Wielkość emisji szkodliwych substancji do atmosfery w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy

Szkodliwa substancja	Wielkość emisji w Mg		Różnica W1-W0 w Mg
	W0	W1	
SO_2	6,88	7,35	0,47
NO_x	56,25	44,89	-11,36
PM2,5/PM10	2,35	2,12	-0,23
NMHC/NMVOC	12,19	10,64	-1,56
CO_2	20 963,12	20 961,37	-1,75

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

W wariancie W1 można zauważyć także wzrost emisji SO_2, który jest wynikiem większego wykorzystania autobusów elektrycznych oraz produkcji energii elektrycznej w elektrowni. Zmniejszenie negatywnego efektu może jedynie pojawić się przy wykorzystaniu OZE, np. poprzez instalację paneli fotowoltaicznych, budowę farm wiatrowych, czy budowę trafostacji z odzyskiem energii. Dobrym przykładem będzie tutaj budowa wiat fotowoltaicznych na obszarze zajezdni MPK Siedlce, które pozwolą zmniejszyć emisje.

Pod względem środowiskowym należy wspomnieć także o emisji odpadów. Odpady z eksploatacji pojazdów mogą mieć postać stałą lub ciekłą. Do tych pierwszych należą m.in.

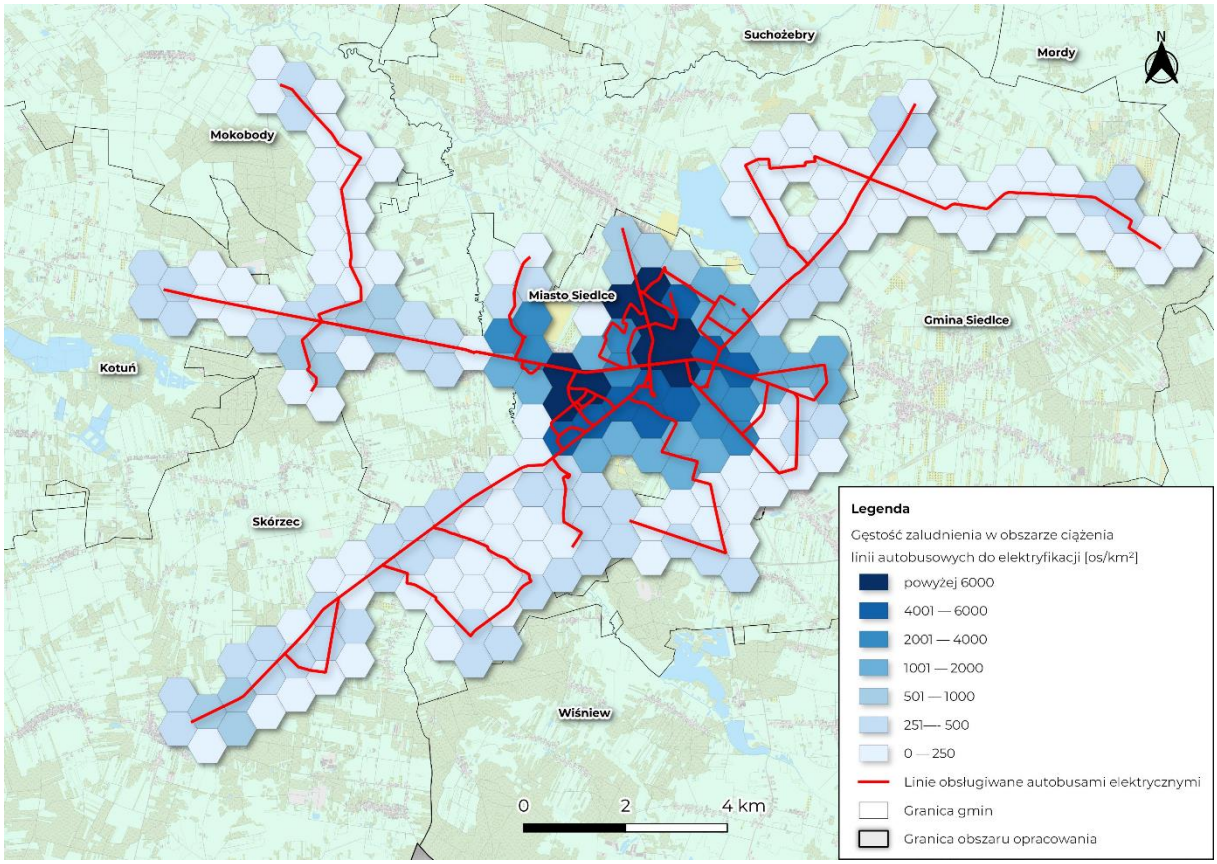
elementy konstrukcyjne pojazdów, które odłączyły się od nich np. w wyniku wypadku, a także różnego rodzaju filtry powietrza, paliwa, oleju smarującego itp. Z kolei do odpadów ciekłych zalicza się przede wszystkim płyny eksploatacyjne, a dokładnie ich wycieki, powstałe w wyniku awarii lub mechanicznego uszkodzenia. W autobusach napędzanych silnikiem elektrycznym nie stosuje się większości tych elementów oraz płynów, stąd ograniczenie zagrożeń wynikających z ich emisji do środowiska. Warto dodać, że mniej złożona konstrukcja autobusów elektrycznych wpływa także na zmniejszoną awaryjność pojazdów.

Ważnym zagadnieniem w kontekście komfortu życia mieszkańców jest poziom hałasu. Narażenie na długotrwały hałas na poziomie 45-70 dB może spowodować zakłócenie wypoczynku czy pracy umysłowej człowieka, powodować dyskomfort, uczucie zmęczenia i wyczerpania. Długotrwała ekspozycja na hałas jest nie tylko niekomfortowa, ale może powodować również różne dolegliwości i choroby. Można zaliczyć do nich stopniową utratę słuchu, zwiększony poziom stresu, rozdrażnienie i pogorszenie nastroju, uczucie niepokoju (zwłaszcza u dzieci), nadciśnienie tętnicze, wzrost ciśnienia wewnątrzczaszkowego, czy zaburzenia trawienne.

Źródła emisji hałasu z pojazdów konwencjonalnych to przede wszystkim silnik, a także tarcie opon o nawierzchnię. Znaczenie tego drugiego zwiększa się jednak dopiero przy większych prędkościach osiąganych przez pojazdy. W miastach, gdzie dopuszczalna prędkość ruchu drogowego ograniczona jest zwykle do 50 km/h, a w godzinach szczytu powstają kongestie drogowe, największe znaczenie ma pierwsze źródło, tj. hałas powodowany przez silnik spalinowy i elementy systemów z nim współpracujących. W przypadku autobusów elektrycznych emisja hałasu przez silnik jest znacznie mniejsza. Według producentów takich pojazdów, elektrobusy emitują hałas o ok. 15-20% mniejszy niż autobusy z silnikiem konwencjonalnym. Pozwala to na zwiększenie komfortu korzystania z transportu miejskiego, a także na zmniejszenie oddziaływania hałasu na mieszkańców w budynkach znajdujących się przy drogach.

W zakresie wyceny emisji hałasu wykorzystuje się przygotowaną przez CUPT tabelę kosztów jednostkowych hałasu w transporcie drogowym zindeksowaną o prognozę rozwoju gospodarczego Polski autorstwa Ministerstwa Finansów. Przy szacowaniu zakłada się średnią gęstość zaludnienia dla typowego obszaru miejskiego, tj. 3 000 os./km^2 oraz gęstość zaludnienia w pasie 250 m od drogi, po której przebiega linia komunikacyjna obsługiwana autobusami zeroemisyjnymi. Gęstość zaludnienia przy liniach komunikacyjnych obsługiwanych autobusami zeroemisyjnymi w przypadku analizowanej sieci komunikacji miejskiej w korytarzu 250 m wyniosła 802,25 os./km^2 (91,4 tys. mieszkańców). Na dalszym rysunku przedstawiono gęstość zaludnienia w obszarze ciążenia linii autobusowych przeznaczonych do elektryfikacji.

Mapa 7. Gęstość zaludnienia w buforze 250 metrów od linii autobusowych do elektryfikacji [os./km^2]



Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

8. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA

8.1. EFEKTY DLA MIASTA I MIESZKAŃCÓW WYNIKAJĄCE Z WYMIANY POJAZDÓW NA ZEROEMISYJNE

Wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych, poza korzystnymi efektami środowiskowymi i spełnieniem art. 68a ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, nie wpływa na poziom i jakość życia w mieście. Wykorzystanie środków zewnętrznych przy pozyskiwaniu autobusów zeroemisyjnych, a także zainicjowany proces elektryfikacji komunikacji miejskiej w Siedlcach (poniesiono już nakłady na infrastrukturę elektroenergetyczną) nie powinien przyczynić się do ograniczenia oferty przewozowej. W następstwie braku uzyskania środków zewnętrznych, mogłoby dojść do ograniczenia liczby połączeń, zmniejszenia mobilności społecznej oraz dostępności usług społecznych, a potencjalnie do zwiększenia wykluczenia komunikacyjnego części mieszkańców miasta i sąsiednich gmin. Za kluczowe wyzwanie społeczno-ekonomiczne stojące przed systemem zbiorowej komunikacji miejskiej w Siedlcach należy uznać wymianę taboru.

8.2. OCENA KORZYŚCI WDROŻENIA POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH

Na podstawie wielkości emisji obliczonej w poprzednim rozdziale, przeprowadzono wycenę emisji szkodliwych substancji. Użyto do tego przygotowanych przez CUPT tabeli kosztów jednostkowych zanieczyszczenia środowiska w transporcie lądowym, które zostały obliczone na podstawie publikacji Komisji Europejskiej *Ricardo-AEA. Update of the Handbook on External Costs of Transport*[11], prognozy rozwoju gospodarczego Polski autorstwa Ministerstwa Finansów oraz prognozy liczby ludności przedstawionej przez Główny Urząd Statystyczny. W zakresie wyceny emisji CO_2 używa się tablic kosztów jednostkowych zmian klimatycznych opracowanych przez Europejski Bank Inwestycyjny (EBI), przeliczonych według średniorocznego kursu wymiany EUR/PLN Europejskiego Banku Centralnego. Wartość kosztów emisji szkodliwych substancji w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 24. Wartość kosztów emisji szkodliwych substancji w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy [zł]

Szkodliwa substancja	Koszt emisji szkodliwych substancji	
	W0a	W0b
SO_2	343 732,32	365 727,55
NO_x	4 409 463,07	3 493 343,12
PM2,5/PM10	1 213 949,52	1 099 218,46

[11] *Ricardo AEA.* Update of the Handbook on External Costs of Transport, European Commission – DG Mobility and Transport, 2014.

Szkodliwa substancja	Koszt emisji szkodliwych substancji	
	W0a	W0b
NMHC/NMVOC	46 545,33	40 532,12
CO_2	25 604 986,60	25 607 947,67
Łącznie	**31 618 676,85**	**30 606 768,92**

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Na podstawie danych w rozdziale 6 obliczono także wielkość kosztów emisji hałasu w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy.

Tabela 25. Wielkość kosztów emisji hałasu w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy

Koszt emisji hałasu	W0	W1	Różnica W1-W0
	150 539,28	141 672,20	8 867,08

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

8.3. Ocena wdrożenia pojazdów zeroemisyjnych – wyniki analizy kosztów i korzyści

Kolejną częścią analizy kosztów i korzyści jest skwantyfikowanie korzyści i kosztów, które wpływają na dobrobyt gospodarczy społeczeństwa. Tak jak w przypadku analizy finansowej, w analizie społeczno-ekonomicznej stosuje się metodę różnicową. Różnicą pomiędzy analizą finansową a społeczno-ekonomiczną jest zastosowanie cen ukrytych, które odzwierciedlają koszty społeczne, tj. koszty czasu, koszty wykorzystania środowiska naturalnego – emisji CO_2, niskiej emisji, hałasu.

Dodatkowo w analizie ekonomicznej stosuje się współczynniki konwersji do przepływów finansowych. Współczynniki konwersji zostały przedstawione w poniższej tabeli.

Tabela 26. Współczynniki konwersji przepływów finansowych w analizie społeczno-ekonomicznej

Pozycja finansowa	Współczynnik konwersji i obszar
Nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe, wartość rezydualna	0,83 – infrastruktura; 0,87 – tabor
Koszty operacyjne	0,78 – infrastruktura i tabor

Źródło: *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*, Jaspers, 2023

W odróżnieniu od analizy finansowej, koszty i korzyści są dyskontowane społeczną stopą procentową na poziomie 3%[12]. Ostatecznym wynikiem analizy kosztów i korzyści jest sprawdzenie efektywności ekonomicznej projektu inwestycyjnego na podstawie skorygowanych przepływów finansowych oraz wycenionej emisji szkodliwych substancji do atmosfery oraz hałasu. Do oceny wykorzystuje się wskaźniki ENPV, ERR oraz B/C, które zostały przedstawione w poniższej tabeli.

Tabela 27. Efektywność ekonomiczna projektu wymiany taboru na autobusy zeroemisyjne względem wariantu W0

Wskaźnik	Wariant W1
ENPV	-3 098 847,50 zł
ERR	nieobliczalne
B/C	0,24

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Ujemna wartość wskaźnika ENPV oznacza, że inwestycja jest nieopłacalna pod względem ekonomicznym. W przypadku wskaźnika ERR jego wartość nie przekroczyła założonej społecznej stopy dyskontowej na poziomie 4,5%, co oznacza brak opłacalności ekonomicznej inwestycji. Wartość wskaźnika B/C na poziomie poniżej 1 oznacza, że koszty poniesione w projekcie przewyższają potencjalne korzyści ekonomiczne.

Negatywny wynik analizy wskazuje zatem, że nie musi zostać spełniony ustawowy obowiązek dotyczący udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację publiczną przez najbliższe 36 miesięcy, tj. do sporządzenia następnej analizy. Pomimo tego, Gmina Miasto Siedlce, zważając na art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alterantywnych, powinna podjąć się zakupu takich pojazdów przy uzyskaniu wsparcia zewnętrznego (środków unijnych, krajowych lub poprzez leasing, dzierżawę pojazdów). Przy uzyskaniu wsparcia zewnętrznego powinna zostać przeprowadzona odrębna analiza kosztów i korzyści dla danego projektu inwestycyjnego, przykładowo wymiany starszych pojazdów na nowe, która uzyska pozytywne wyniki wskaźników efektywności ekonomicznej wymaganych do uzyskania funduszy unijnych.

8.4. Analiza wrażliwości

Po przeprowadzeniu analizy kosztów i korzyści sprawdzono, jak zmiana nakładów inwestycyjnych, odtworzeniowych, kosztów operacyjnych, wskaźników emisyjności oraz jednostkowych kosztów ekonomicznych wpływa na zmianę efektywności finansowej i ekonomicznej projektu wymiany taboru na zeroemisyjny. Pierwszym etapem było wyznaczenie zmiennych krytycznych, których zmiana o 1% przyczynia się do zmiany wskaźnika NPV o co najmniej 1%. Na podstawie obliczeń, których wyniki zostały przedstawione w poniższej tabeli, można stwierdzić, że wszystkie zmienne nie są zmiennymi krytycznymi.

[12] *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*, Jaspers 2023.

Tabela 28. Wyznaczenie zmiennych krytycznych w analizie wrażliwości

Zmienna	Zmiana zmiennej	Wartość FNPV/C	Zmiana	Wartość ENPV	Zmiana
Wartość bazowa (wariant W1)		-5 002 227,72 zł	-	-3 098 847,50 zł	-
Nakłady inwestycyjne	1%	-5 016 469,12 zł	-0,3%	-3 108 182,62 zł	-0,3%
Koszty operacyjne	1%	-5 013 211,98 zł	-0,2%	-3 107 737,80 zł	-0,3%
Jednostkowe koszty ekonomiczne	1%	-5 002 227,72 zł	0,0%	-3 089 159,55 zł	0,3%
Wskaźnik emisyjności CO_2 dla odbiorcy końcowego energii elektrycznej	-1%	-5 002 227,72	0,0%	-3 091 652,02 zł	0,2%
Wskaźnik emisyjności SO_2 dla odbiorcy końcowego energii elektrycznej	-1%	-5 002 227,72 zł	0,0%	-3 098 645,07 zł	0,0%

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. w Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

8.5. ANALIZA RYZYKA

Oprócz analizy wrażliwości, przeprowadzono również jakościową analizę ryzyka, która przedstawia charakterystykę czynników mogących zakłócić przebieg procesu wymiany taboru na zeroemisyjny, możliwość wystąpienia ryzyka i potencjalny wpływ na projekt oraz działania zaradcze. Prawdopodobieństwa wystąpienia wyszczególnionych zmiennych określa się według zasad przedstawionych w poniższej tabeli.

Zgodnie z zapisami z publikacji *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach* przygotowanej przez JASPERS, zidentyfikowano następujące czynniki ryzyka oraz ich przyczyny i skutki:

Tabela 29. Identyfikacja ryzyka

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
Ryzyko administracyjne			
R1	Opóźnienia w uzyskiwaniu uzgodnień i warunków technicznych.	Prace w ramach inwestycji w autobusy zeroemisyjne wymagają pozyskania warunków technicznych oraz uzgodnień z podmiotami zewnętrznymi, jak również pozwoleń na budowę lub wycinkę drzew. Mogą również wystąpić opóźnienia	Opóźnienia w realizacji inwestycji w autobusy elektryczne. Przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji. Zwiększenie kosztów realizacji inwestycji.
R2	Opóźnienia w uzyskiwaniu pozwoleń na realizację inwestycji (np. na budowę).		

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
R3	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych.	związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych (w wyniku problemów w negocjacjach z operatorem sieci dystrybucyjnej, brakiem odpowiednich mocy przyłączeniowych), opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji o środowiskowych uwarunkowaniach, opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi.	
R4	Opóźnienia w uzyskiwaniu decyzji środowiskowych.		
R5	Opóźnienia w usuwaniu kolizji z sieciami dystrybucyjnymi.		
Ryzyko związane z zamówieniami			
R6	Opóźnienia w realizacji procedur.	Istnieje ryzyko przedłużania procedur przetargowych ze względu na odwołania oferentów przedłużające proces wyboru wykonawcy. Mogą wystąpić także problemy z dotrzymaniem okresów dostaw ze względu na zbyt wysoki popyt na autobusy zeroemisyjne w wyniku konieczności spełnienia warunków z ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych czy braku materiałów do produkcji pojazdów.	Opóźnienia w realizacji projektu, a także przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne.
R7	Bardzo wysoki popyt na autobusy zeroemisyjne.		
Ryzyka związane z realizacją inwestycji			
R8	Przekroczenie budżetu nakładów inwestycyjnych.	Wzrost cen autobusów zeroemisyjnych oraz kosztów budowy infrastruktury ładowania lub tankowania.	Konieczność poniesienia dodatkowych nakładów inwestycyjnych.
R9	Ryzyka archeologiczne (wykopaliska).	Nieoczekiwane stanowisko archeologiczne.	Opóźnienia w realizacji projektu, a także przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne. Zwiększenie kosztów realizacji inwestycji.
R10	Możliwość wystąpienia szkody w środowisku.	Wystąpienie szkody środowiskowej w wyniku budowy infrastruktury ładowania i tankowania.	Opóźnienia w realizacji projektu, a także przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne. Zwiększenie kosztów realizacji inwestycji.

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
R11	Ryzyka związane z wykonawcą (bankructwo, brak wystarczających zasobów itp.).	Bankructwo, brak wystarczających zasobów itp. ze strony wykonawcy.	Opóźnienia w realizacji projektu, a także przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne.
R12	Opóźnienia w budowie infrastruktury na obszarze miasta.	Zbyt późna realizacja zamówienia na budowę infrastruktury na obszarze miasta. Zbyt krótki czas realizacji czy problemy wynikające z dużej liczby zamówień na ładowarki. Sezonowość robót budowlanych.	Opóźnienia w realizacji projektu, a także przesunięcie w czasie zakładanych efektów realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne.
Ryzyko operacyjne			
R13	Zwiększenie zakładanych kosztów operacyjnych.	Niedoszacowanie kosztów operacyjnych. Wzrost taryfy za prąd.	Niższa efektywność inwestycji w autobusy elektryczne.
R14	Ryzyka klimatyczne (mrozy, powodzie itp.).	Warunki meteorologiczne.	Konieczność wykorzystania taboru zastępczego (o konwencjonalnym napędzie) lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe, zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R15	Ryzyko nieznajomości rzeczywistych parametrów operacyjnych taboru.	Krótszy zasięg autobusu elektrycznego akumulatorowego.	Problemy z eksploatacją autobusów elektrycznych akumulatorowych.
R16	Awaria stacji ładowania.	Awaryjność urządzeń.	Opóźnienia w realizacji kursów, konieczność wykorzystania taboru zastępczego (o konwencjonalnym napędzie) lub niepełna obsługa linii przez autobusy elektryczne akumulatorowe (brak możliwości doładowywania w określonym przedziale czasowym), zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R17	Przerwa w dostawie prądu.	Awarie zasilania, zwiększone pobory energii w mieście wymuszające czasowe wyłączanie dostaw dla poszczególnych dzielnic.	
R18	Uszkodzenia sieci zasilającej stację ładowania.	Przerwanie sieci zasilającej stacje ładowania w wyniku wykonywania innych robót budowlanych.	

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
R19	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany.	Wada fabryczna pakietów bateryjnych, nieodpowiednia eksploatacja pojazdów.	Konieczność ponoszenia dodatkowych nakładów odtworzeniowych.
Ryzyka regulacyjne			
R20	Zmiany w przepisach prawnych dotyczących ochrony środowiska.	Zmiany legislacyjne.	Opóźnienia w realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne, a także przesunięcia w czasie osiągnięcie zakładanych efektów realizacji inwestycji.
Ryzyka finansowe			
R21	Dostępność środków krajowych na finansowanie nakładów inwestycyjnych.	Zmiany warunków finansowania projektu. Zaprzestanie prowadzenia programów wspierających rozwój inwestycji w autobusy zeroemisyjne w Polsce i Unii Europejskiej.	Zagrożenie trwałości finansowej. Opóźnienia w realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne, a także przesunięcia w czasie osiągnięcie zakładanych efektów realizacji inwestycji.
R22	Dostępność środków krajowych na finansowanie kosztów operacyjnych.		
R23	Wzrost kosztów finansowania.	Wzrost stopy procentowej i oprocentowania kredytów.	
R24	Brak możliwości pokrycia wkładu własnego na zakup autobusów.	Zmiany w prawie podatkowym i utrata wpływów przez organizatorów transportu publicznego.	

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

9. REKOMENDACJE

Gmina Miasto Siedlce, na podstawie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, jest zobligowane do opracowania niniejszej analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem pojazdów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej. Zgodnie z ustawą, w jej ramach przeprowadzono:

- analizę finansowo-ekonomiczną uwzględniającą ponoszenie nakładów inwestycyjnych na zakup taboru zeroemisyjnego, nakłady odtworzeniowe zakładające wymianę pozostałych autobusów, koszty eksploatacji pojazdów oraz wartość rezydualną inwestycji;
- oszacowanie efektów środowiskowych na podstawie metodyki zaproponowanej przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych;
- analizę społeczno-ekonomiczną uwzględniającą wyniki analizy finansowo-ekonomicznej oraz wycenę kosztów emisji szkodliwych substancji oraz hałasu.

W analizie przyjęto następujące warianty inwestycyjne:

- **Wariant 0** (W0 – bazowy) – wariant bazowy zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO 6;
- **Wariant 1** (W1 – elektryczny) – wariant zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz spełnienie udziału autobusów zeroemisyjnych opisanych w art. 36 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych poprzez autobusy elektryczne akumulatorowe.

Jako okres analizy przyjęto lata 2024-2033, zgodnie z wytycznymi Ministerstwa Klimatu i Środowiska. Zgodnie z art. 36 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych określono, ile powinna wynosić minimalna liczba autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu komunikacji miejskiej w Siedlcach:

- od 1 stycznia 2025 r. – 9 pojazdów (tj. udział 20%);
- od 1 stycznia 2028 r. – 14 pojazdów (tj. udział 30%).

Przeprowadzona analiza finansowo-ekonomiczna wykazała ujemną wartość wskaźnika efektywności finansowej w wariantach W1. Oznacza to, że inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe jest nieopłacalna pod względem finansowym.

W wyniku analizy społeczno-ekonomicznej obliczono wskaźniki efektywności ekonomicznej, które uzyskały ujemne wartości w obu wariantach, wskazując na brak zasadności ekonomicznej inwestycji.

Negatywny wynik analizy wskazuje, iż nie musi zostać spełniony ustawowy obowiązek dotyczący udziałów autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację miejską w Siedlcach przez najbliższe 36 miesięcy, tj. do sporządzenia następnej analizy.

Pomimo tego Gmina Miasto Siedlce podejmuje dalsze działania w celu większego wykorzystania autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, dzięki wykorzystaniu środków zewnętrznych. Pozytywna ocena wniosków o dofinansowanie na zakup autobusów elektrycznych spowoduje, że w najbliższych latach Gmina Miasto Siedlce ma szanse na osiągniecie ponad 20% udziału autobusów zeroemisyjnych w eksploatowanej flocie taborowej.

SPIS MAP, RYSUNKÓW, TABEL

SPIS MAP

MAPA 1. MAPA OBSZARU OBJĘTEGO ANALIZĄ 7
MAPA 2. GENERATORY RUCHU NA OBSZARZE OBSŁUGIWANYM TRANSPORTEM PUBLICZNYM – CZ.1 8
MAPA 3. GENERATORY RUCHU NA OBSZARZE OBSŁUGIWANYM TRANSPORTEM PUBLICZNYM – CZ. 2 9
MAPA 4. LINIE AUTOBUSOWE MIEJSKIE 12
MAPA 5. LINIE AUTOBUSOWE PODMIEJSKIE 13
MAPA 6. ELEKTRYFIKACJA LINII AUTOBUSOWYCH ORAZ LOKALIZACJA PUNKTÓW ŁADOWANIA W PRZYPADKU OPŁACALNOŚCI PRZEDSIĘWZIĘCIA LUB POZYSKANIA ZEWNĘTRZNEGO DOFINANSOWANIA 28
MAPA 7. GĘSTOŚĆ ZALUDNIENIA W BUFORZE 250 METRÓW OD LINII AUTOBUSOWYCH DO ELEKTRYFIKACJI [OS./KM^2] 39

SPIS RYSUNKÓW

RYSUNEK 1. ZASADA FUNKCJONOWANIA AUTOBUSU WODOROWEGO 21

SPIS TABEL

TABELA 1. WYKAZ LINII AUTOBUSOWYCH Z TRASAMI PODSTAWOWYMI ..... BŁĄD! NIE ZDEFINIOWANO ZAKŁADKI.
TABELA 2. SPIS TABORU 14
TABELA 3. POJAZDY WEDŁUG DŁUGOŚCI I KLASY POJEMNOŚCIOWEJ 16
TABELA 4. POJAZDY WEDŁUG RODZAJU NAPĘDU 16
TABELA 5. POJAZDY WEDŁUG NORMY EMISYJNOŚCI 16
TABELA 6. POJAZDY WEDŁUG WIEKU 17
TABELA 7. CENY ŁADOWAREK DO AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH 19
TABELA 8. CENY AUTOBUSÓW ELEKTRYCZNYCH 19
TABELA 9. SPECYFIKA PRZYKŁADOWYCH AUTOBUSÓW WODOROWYCH 21
TABELA 10. CENY AUTOBUSÓW WODOROWYCH 22
TABELA 11. CENY AUTOBUSÓW ON 23
TABELA 12. HARMONOGRAM WYMIANY FLOTY 25
TABELA 13. ETAPY ELEKTRYFIKACJI LINII AUTOBUSOWYCH 27
TABELA 14. BUDŻET GMINY MIASTA SIEDLCE W LATACH 2021-2024 [MLN ZŁ] 29
TABELA 15. RACHUNEK ZYSKÓW I STRAT MPK SIEDLCE W WARIANCIE PORÓWNAWCZYM [TYS. PLN] 30
TABELA 16. ZAŁOŻENIA ANALIZY FINANSOWEJ 32
TABELA 17. NAKŁADY INWESTYCYJNE NA WYMIANĘ AUTOBUSÓW W WARIANTACH INWESTYCYJNYCH 33
TABELA 18. HARMONOGRAM I WYSOKOŚĆ NAKŁADÓW ODTWORZENIOWYCH W POSZCZEGÓLNYCH WARIANTACH 33
TABELA 19. ZAŁOŻENIA KOSZTÓW OPERACYJNYCH PRZYJĘTYCH DO ANALIZY 34
TABELA 20. WARTOŚĆ KOSZTÓW OPERACYJNYCH W OKRESIE ANALIZY 35
TABELA 21. WARTOŚĆ REZYDUALNA 36

TABELA 22. EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA PROJEKTU WYMIANY TABORU NA AUTOBUSY ZEROEMISYJNE.....36

TABELA 23. WIELKOŚĆ EMISJI SZKODLIWYCH SUBSTANCJI DO ATMOSFERY W POSZCZEGÓLNYCH WARIANTACH W CAŁYM OKRESIE ANALIZY 37

TABELA 24. WARTOŚĆ KOSZTÓW EMISJI SZKODLIWYCH SUBSTANCJI W POSZCZEGÓLNYCH WARIANTACH W CAŁYM OKRESIE ANALIZY [ZŁ] 40

TABELA 25. WIELKOŚĆ KOSZTÓW EMISJI HAŁASU W POSZCZEGÓLNYCH WARIANTACH W CAŁYM OKRESIE ANALIZY 41

TABELA 26. WSPÓŁCZYNNIKI KONWERSJI PRZEPŁYWÓW FINANSOWYCH W ANALIZIE SPOŁECZNO-EKONOMICZNEJ 41

TABELA 27. EFEKTYWNOŚĆ EKONOMICZNA PROJEKTU WYMIANY TABORU NA AUTOBUSY ZEROEMISYJNE WZGLĘDEM WARIANTU W0 ..42

TABELA 28. WYZNACZENIE ZMIENNYCH KRYTYCZNYCH W ANALIZIE WRAŻLIWOŚCI 43

TABELA 29. IDENTYFIKACJA RYZYKA.....43

ZAŁĄCZNIK A OPIS AKTUALNEGO STANU TABORU AUTOBUSOWEGO

Pojazdy wg długości i klasy pojemnościowej

MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18
3	12	30	0	2

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Klasa pojemnościowa
MINI: do 8,99 m długości
MIDI: 9,00-10,99 m długości
MAXI: 11,00-13,00 m długości
MEGA15: 13,01-16,00 m długości
MEGA18: powyżej 16 m długości

Pojazdy wg rodzaju napędu

ON	Hybryda	BEV	FCEV	Trolejbus	CNG	LNG	Inne
44	0	3	0	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Pojazdy wg normy emisyjności

1 (lub brak normy)	2	3	4	5	EEV	6	EV
0	3	8	4	12	0	17	3

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

Pojazdy wg wieku

do 5 lat	od 6 do 10 lat	od 11 do 15 lat	powyżej 15 lat
13	7	12	15

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

ZAŁĄCZNIK B SPIS TABORU

Tabor MPK Siedlce

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
1.	MAN NG 313	ON	2001	II	MEGA18	22 340	54
2.	MAN NL 223	ON	2002	III	MAXI	45 926	33
3.	Volvo 7000	ON	2003	II	MAXI	46 333	36
4.	Volvo 7000	ON	2003	II	MAXI	32 826	37
5.	MAN NG 313	ON	2004	III	MEGA18	22 748	50
6.	MAN NL 283	ON	2004	III	MAXI	48 229	33
7.	MAN NL 283	ON	2004	III	MAXI	45 708	34
8.	Volvo 7700	ON	2005	III	MAXI	38 737	36
9.	Volvo 7700	ON	2005	III	MAXI	39 327	36
10.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	53 733	39
11.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	51 727	38
12.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	50 473	37
13.	MAN A21	ON	2007	IV	MAXI	48 168	38
14.	MAN A37	ON	2005	III	MAXI	46 380	37
15.	MAN A37	ON	2004	III	MAXI	46 599	36
16.	MAN A21	ON	2011	V	MAXI	58 842	37
17.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 329	33
18.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 206	32
19.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 517	33

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
20.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	63 976	33
21.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 151	31
22.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	64 022	32
23.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	62 474	33
24.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 499	31
25.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 896	33
26.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	58 654	33
27.	Mercedes-Benz	ON	2012	V	MAXI	61 764	31
28.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	58 366	31
29.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	61 029	29
30.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	58 753	31
31.	MAN A 47	ON	2014	VI	MIDI	56 572	30
32.	MAN A 47	ON	2015	VI	MIDI	58 848	29
33.	Autosan SanCity M12LF	ON	2017	VI	MAXI	59 883	33
34.	Autosan SanCity M12LF	ON	2017	VI	MAXI	59 095	34
35.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 849	32
36.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	61 829	31

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji spalin EURO	Klasa/ długość	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat [km]	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km [dm^3 dla ON, m^3 dla CNG]
37.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 078	32
38.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	62 340	32
39.	Solaris Urbino 10,5	ON	2019	VI	MIDI	61 126	32
40.	Solaris Urbino 10,5	ON	2021	VI	MIDI	45 325	33
41.	Solaris Urbino 10,5	ON	2021	VI	MIDI	44 070	30
42.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	40 306	31
43.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	38 734	30
44.	Solaris Urbino 8,9	ON	2023	VI	MINI	34 814	29
45.	MAN Lion's City E B.2018.858.003	EV	2023	EV	MAXI	-	-
46.	MAN Lion's City E B.2018.858.004	EV	2023	EV	MAXI	-	-
47.	MAN Lion's City E B.2018.858.005	EV	2023	EV	MAXI	-	-

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych MPK Siedlce.

ZAŁĄCZNIK C OPIS WARIANTÓW ORAZ NAKŁADY INWESTYCYJNE

Opis wariantów inwestycyjnych wymiany taboru autobusowego

Wariant inwestycyjny	Krótka nazwa wariantu (bazowy, elektryczny, wodorowy itp.)	Opis wariantu
Wariant 0 (W0)	bazowy	Wariant bazowy zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych przez operatora na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO6.
Wariant 1 (W1)	elektryczny	Wariant zakładający świadczenie usług komunikacji miejskiej z uwzględnieniem minimalnych udziałów opisanych w art. 68a ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz spełnienie udziału autobusów zeroemisyjnych opisanych w art. 36 ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych poprzez autobusy elektryczne akumulatorowe.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Harmonogram wymiany floty

Autobus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant 0											
BEV – suma	0	0	0	20	0	4	1	0	2	0	1
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	1
MAXI	-	-	-	20	-	-	-	-	2	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Autobus	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	0	1	2	0	4	0	0	0	0	0	4
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	6,4	6,4	6,4	48,9	48,9	57,4	59,6	59,6	63,8	63,8
Wariant 1											
BEV – suma	**0**	**6**	**0**	**14**	**0**	**4**	**1**	**0**	**2**	**0**	**1**
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	4	1	-	-	-	1
MAXI	-	6	-	14	-	-	-	-	2	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**	**0**
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	0	3	0	0	4	0	0	0	0	0	4
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	6,4	19,1	19,1	48,9	48,9	57,4	59,6	59,6	63,8	63,8

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Nakłady inwestycyjne na wymianę autobusów

Opis	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Nakłady w tys. PLN – Wariant 0	0	0	0	49 530	0	8 789	2 197	0	4 953	0	2 197	67 666
Nakłady w tys. PLN – Wariant 1	0	14 859	0	34 671	0	8 789	2 197	0	4 953	0	2 197	67 666

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Wartość inwestycji koniecznych dla rozwoju infrastruktury ładowania/tankowania dla pojazdów zeroemisyjnych w Wariancie W0 (stan na koniec roku – w tys. PLN)

Nakłady	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Stacji transformatorowych z oprzyrządowaniem	0	0	0	3360	0	0	0	0	0	0	0	3360
Stacji ładowania pantografowych	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stacji ładowania wolnego	0	0	0	20389	0	0	0	0	0	0	0	20369
Stacji ładowania szybkiego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stacji tankowania wodorem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Wartość inwestycji koniecznych dla rozwoju infrastruktury ładowania/tankowania dla pojazdów zeroemisyjnych w Wariancie W1 (stan na koniec roku – w tys. PLN)

Opis	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Stacji transformatorowych z oprzyrządowaniem	0	3210	0	150	0	0	0	0	0	0	0	3360
Stacji ładowania pantografowych	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stacji ładowania wolnego	0	808	0	19561	0	0	0	0	0	0	0	20369
Stacji ładowania szybkiego	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Stacji tankowania wodorem	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Inne	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

ZAŁĄCZNIK D OCENA EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH

Emisje w przypadku wariantu bazowego (W0) w kg

Rodzaj zanieczyszczenia	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Suma 2024-2033
CO_2	2 091 366,663	2 091 366,663	2 089 044,572	2 082 873,542	2 081 029,449	2 083 522,541	2 103 148,965	2 103 148,965	2 108 055,571	2 110 464,542	2 110 464,542	20 963 119,353
NO_X	17 003,294	17 003,294	16 203,522	14 287,083	3 184,174	1 071,745	978,627	978,627	955,348	793,751	793,751	56 249,923
NHMC/NMVOC	3 088,594	3 088,594	2 970,415	2 687,065	867,526	536,881	443,763	443,763	420,484	367,964	367,964	12 194,419
SO_2	194,530	194,530	194,530	194,530	773,276	773,276	902,932	902,932	935,346	1 003,016	1 003,016	6 877,385
PM	407,605	407,605	390,627	349,939	202,936	174,508	167,345	167,345	165,554	161,514	161,514	2 348,887

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Emisje w przypadku wariantu 1 (W1)

Rodzaj zanieczyszczenia	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Suma 2024-2033
CO_2	2 091 366,663	2 091 366,663	2 083 980,447	2 077 809,417	2 080 290,931	2 084 298,861	2 103 925,286	2 108 831,892	2 108 831,892	2 111 019,057	2 111 019,057	20 961 373,501
NO_X	17 003,294	17 003,294	11 539,932	9 100,289	1 980,864	1 019,668	926,551	903,271	903,271	756,553	756,553	44 890,246
NHMC/NMVOC	3 088,594	3 088,594	2 354,821	2 011,189	717,470	519,956	426,838	403,559	403,559	355,875	355,875	10 637,735
SO_2	194,530	194,530	344,066	344,066	795,084	795,084	924,740	957,154	957,154	1 018,593	1 018,593	7 349,063
PM	407,605	407,605	297,355	246,431	179,098	173,206	166,043	164,252	164,252	160,584	160,584	2 119,410

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.