



TOR

ZESPÓŁ DORADCÓW
GOSPODARCZYCH

Analiza kosztów i korzyści

związanych z wykorzystaniem autobusów
zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji
miejskiej (AKK) dla Gminy Miejskiej Tczew

Opracowanie pt.

**Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów
zeroemisyjnych do świadczenia usług komunikacji miejskiej**

zostało przygotowane przez firmę:



Zespół Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

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

na podstawie umowy nr AKK/202410 pomiędzy Zamawiającym a Wykonawcą z dnia
22.10.2024 r.

Skład autorski opracowania:

Maciej Mysona – kierownik

Bartłomiej Kasiuk – koordynator

Jakub Balik

Szymon Piotr Bryzgalski

SPIS TREŚCI

1. WPROWADZENIE	5
2. OBSZAR OBJĘTY ANALIZĄ	6
3. ANALIZA OTOCZENIA SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO NA OBSZARZE OBJĘTYM AKK	8
4. OPIS SYSTEMU KOMUNIKACYJNEGO	13
4.1. UŻYTKOWANY TABOR AUTOBUSOWY.....	15
5. PLAN WYMIANY I ROZWOJU TABORU	19
5.1. PROBLEMATYKA WYMIANY TABORU W AKK Z 2021 R.	19
5.2. WYBÓR RODZAJU NAPĘDU	19
5.3. PLAN WYMIANY TABORU	24
5.4. WYBÓR LINII DO OBSŁUGI TABOREM ZEROEMISYJNYM	27
6. ANALIZA FINANSOWO-EKONOMICZNA	29
6.1. ANALIZA SYTUACJI FINANSOWEJ MIASTA I WPŁYWU PROGRAMU WYMIANY POJAZDÓW NA JEJ STABILNOŚĆ	29
6.2. OCENA SYTUACJI FINANSOWEJ OPERATORA.....	31
6.3. DOSTĘPNE I PREFEROWANE MODELE NABYCIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH/WODOROWYCH	31
6.4. DOTYCHCZASOWY PRZEBIEG PROCESU WYMIANY POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH W LATACH 2021-2024	31
6.5. ZAŁOŻENIA ANALIZY FINANSOWEJ	32
6.6. NAKŁADY INWESTYCYJNE	33
6.7. NAKŁADY ODTWORZENIOWE	34
6.8. KOSZTY OPERACYJNE I WARTOŚĆ REZYDUALNA	34
6.9. EFEKTYWNOŚĆ FINANSOWA.....	36
7. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH.....	38
8. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA.....	42
8.1. WPŁYW NA POZIOM I JAKOŚĆ ŻYCIA, MOBILNOŚĆ SPOŁECZNĄ, OGRANICZENIE WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO, DOSTĘPNOŚĆ USŁUG KOMUNIKACYJNYCH ORAZ INNYCH USŁUG SPOŁECZNYCH I ZAMOŻNOŚĆ SPOŁECZNOŚCI.....	42
8.2. WYCENA KOSZTÓW ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ SZKODLIWYCH SUBSTANCJI	42
8.3. OCENA KORZYŚCI WDROŻENIA POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH - WYNIKI ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI	43
8.4. KLUCZOWE WYZWANIA SPOŁECZNO-EKONOMICZNE STOJĄCE PRZED SYSTEMEM ZBIOROWEJ KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ	45
8.5. ANALIZA WRAŻLIWOŚCI	45
8.6. ANALIZA RYZYKA	46
9. REKOMENDACJE	50
ZAŁĄCZNIK A OPIS AKTUALNEGO STANU TABORU AUTOBUSOWEGO	52
ZAŁĄCZNIK B SPIS TABORU	54
ZAŁĄCZNIK C OPIS WARIANTÓW ORAZ NAKŁADY INWESTYCYJNE	57
ZAŁĄCZNIK D OCENA EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH	63

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 2024 r. poz. 1251 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.
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 Miejskiej Tczew, 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 2024 r., poz. 1289) i Ustawą 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.).

Przeprowadzona analiza stanowi podstawę do stwierdzenia zasadności eksploataowania autobusów zeroemisyjnych pod względem społeczno-ekonomicznym. W przypadku niestwierdzenia korzyści związanych z eksploatacją autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, jednostka samorządu terytorialnego nie musi realizować ustawowego obowiązku osiągnięcia poziomu udziału autobusów zeroemisyjnych przez następne 36 miesięcy do czasu sporządzenia następnej analizy kosztów i korzyści.

Poprzednia analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej została wykonana na przetomie 2021 i 2022 r. W wyniku przeprowadzonej analizy stwierdzono brak korzyści ze stosowania taboru zeroemisyjnego, a zatem i brak obowiązku jego stosowania.

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 Miejskiej Tczew. Miasto położone jest we wschodniej części województwa pomorskiego, w odległości ok. 40 km od Gdańska. Miasto zlokalizowane jest na lewym brzegu Wisły (jedynie most kolejowy do przyczółków położony jest na prawym brzegu). Miasto jest siedzibą władz miejskich, jak również gminy wiejskiej Tczew oraz powiatu tczewskiego.

Mapa 1. Obszar analizy kosztów i korzyści



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

Miasto z trzech stron otoczone jest przez gminę wiejską Tczew, a od wschodu graniczy z gminą wiejską Lichnowy oraz gminą wiejską Miłoradz. Tczew nie posiada podziału administracyjnego miasta, natomiast można wyróżnić osiedla, tj. os. Czyżykowo, os. Generała Bema, os. Witosa, os. Kolejarz, os. Bajkowe-Piotrowo, os. Garnuszewskiego, os. Malinowo, os. Stasica, os. Zatorze, os. Suchostrzygi, jak również Stare Miasto i Nowe Miasto.

Zagospodarowanie miasta jest zróżnicowane, w zależności od rejonu przyjmuje różne formy. Historyczne centrum miasta położone jest na Wistą i oddzielone jest od reszty przez linie kolejowe nr 9 i 131. W centralnej części miasta znajduje się zabudowa mieszkaniowa (wielorodzinna i jednorodzinna) oraz wzdłuż torów znajdują się obiekty przemysłowe. W południowej części miasta znajduje się zabudowa mieszkaniowa (os. Czyżyków, os. Witosa) oraz obszary rekreacyjne (głównie ogródki działkowe). Zachodnia część miasta to z kolei obszar po byłym poligonie wojskowym. Również w tej części miasta znajduje się m.in. cmentarz, zakład utylizacji odpadów oraz część obszaru Pomorska Specjalna Strefa Ekonomiczna – Tczew . W północnej części miasta znajdują się także tereny specjalnej strefy ekonomicznej oraz os. Stasica, które od reszty miasta oddzielone są przez infrastrukturę kolejową.

Na terenie miasta wyróżnić można formy ochrony przyrody jedynie w postaci pomników przyrody. W granicach Tczewa nie występują obszary ochrony przyrody oraz obszary Natura 2000, natomiast od północy miasto graniczy z Obszarem Chronionego Krajobrazu Żuław Gdańskich, a od wschodu z Obszarem Chronionego Krajobrazu Doliny Dolnej Wisty.

3. ANALIZA OTOCZENIA SPOŁECZNO-GOSPODARCZEGO NA OBSZARZE OBJĘTYM AKK

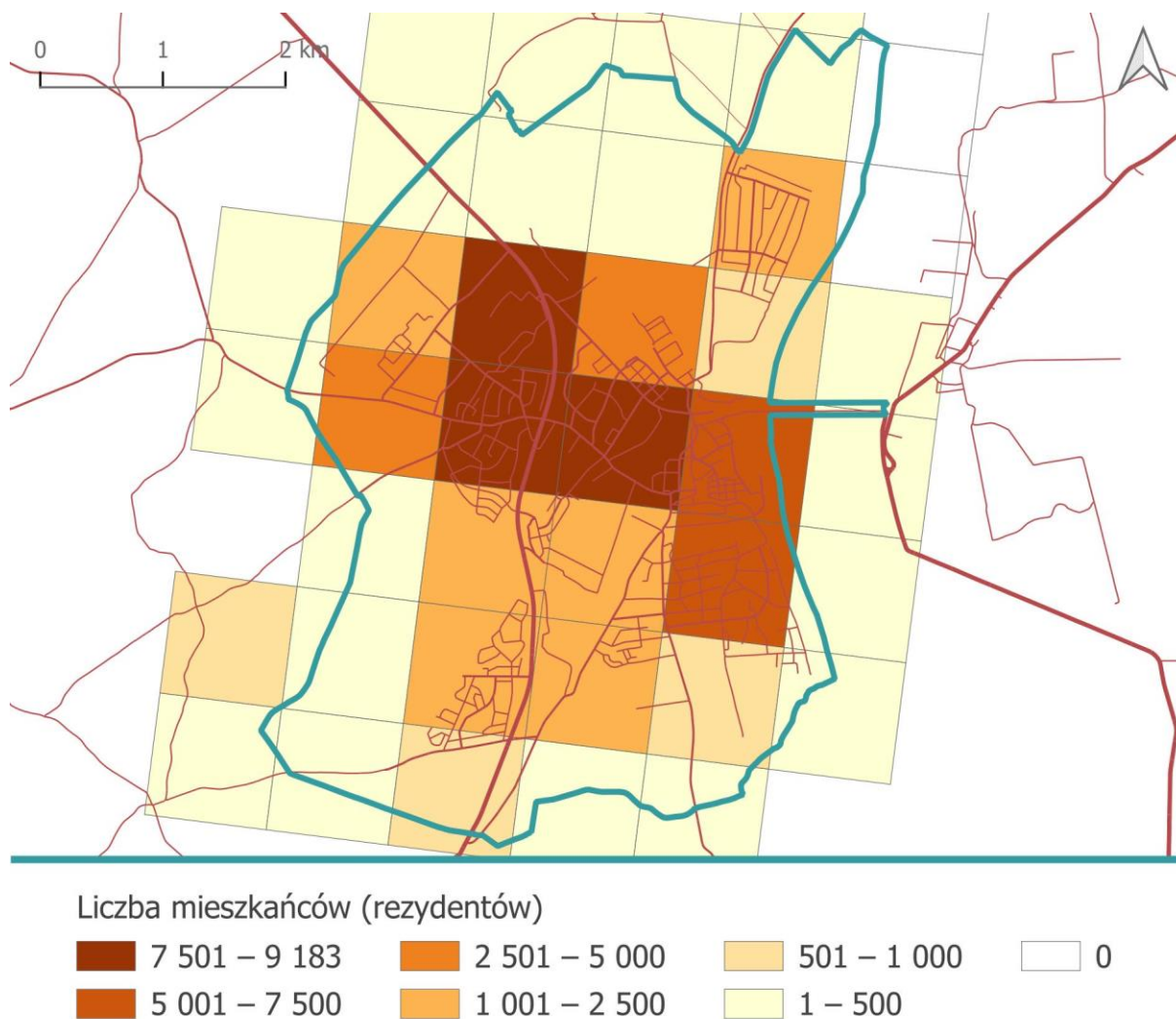
Miasto Tczew jest czwartym pod względem liczby mieszkańców miastem w województwie pomorskim. W 2023 r. miasto zamieszkiwało 56 936 osób. Podobnie jak w większości miast w Polsce, w mieście stopniowo ubywa mieszkańców. W stosunku do 2019 r. liczba mieszkańców zmniejszyła się o ok. 5%.

Tabela 1. Liczba mieszkańców Tczewa

2019 r.	2020 r.	2021 r.	2022 r.	2023 r.
59 951	58 177	57 856	57 394	56 936

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych BDL GUS (dostęp: 20.11.2024 r.)

Mapa 2. Rozkład gęstości zaludnienia

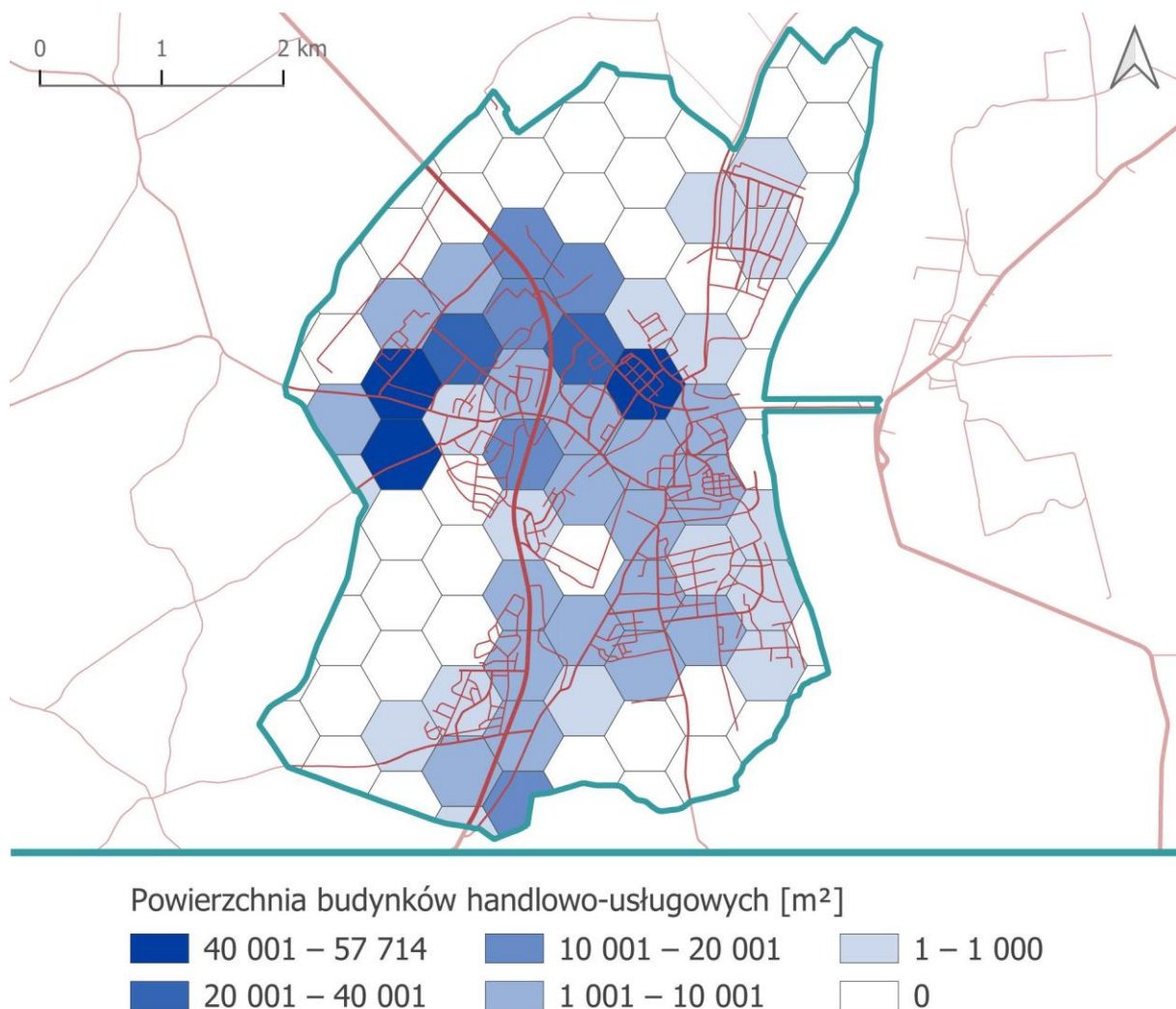


Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o.

Rozkład przestrzenny ludności jest zróżnicowany. Najbardziej oddalone od centrum miasta rejony charakteryzują się najmniejszą gęstością zaludnienia, natomiast największa koncentracja ludności występuje na os. Bajkowe-Piotrowo oraz os. Garnuszewskiego.

Generatory ruchu to obiekty lub obszary, które powodują przemieszczanie się ludzi. Zalicza się do nich miejsca pracy, edukacji, obiekty usługowe i handlowe, obiekty kultu religijnego, rozrywkowe i sportowe. W przypadku obiektów handlowo-usługowych najwięcej takich obiektów znajduje się wzdłuż ul. Jagiellońskiej oraz w okolicach dworca kolejowego, gdzie znajduje się Galeria Kociewska, która jest największym tego typu obiektem w mieście.

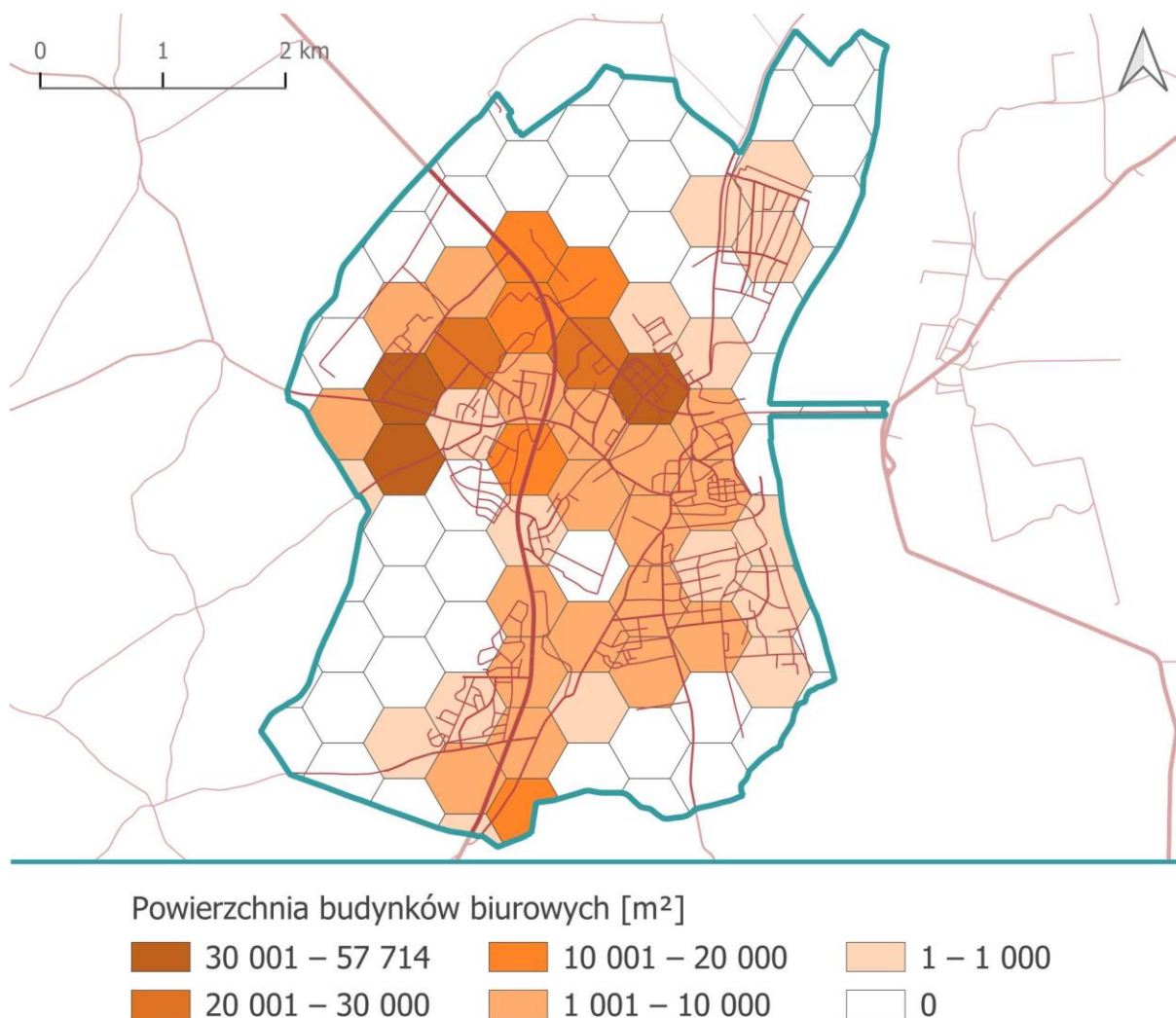
Mapa 3. Generatory ruchu – obiekty handlowo-usługowe



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

Podobna sytuacja jest w przypadku obiektów biurowych, które znajdują się głównie wzdłuż ul. Jagiellońskiej, ul Rokickiej oraz w okolicach dworca kolejowego.

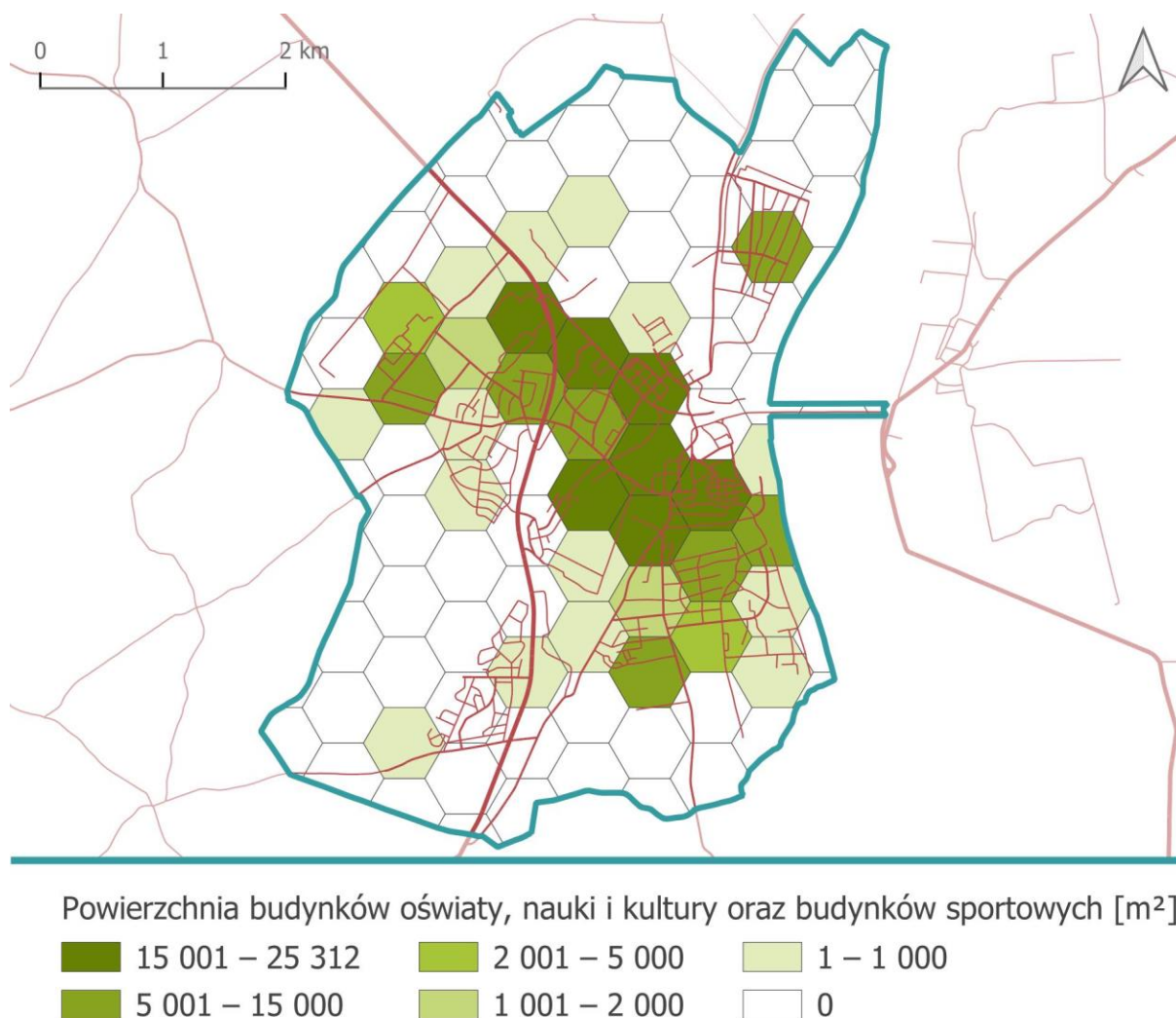
Mapa 4. Generatory ruchu – obiekty biurowe



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

Istotną rolę generatorów ruchu w codziennym przemieszczaniu się ludności odgrywają obiekty oświatowo-kulturowe. W mieście znajduje się wiele szkół podstawowych i ponadpodstawowych, a ich największa koncentracja występuje w ścisłym centrum. Najważniejszym obiektem kulturowym jest Centrum Kultury i Sztuki, które znajduje się w pobliżu rynku miejskiego.

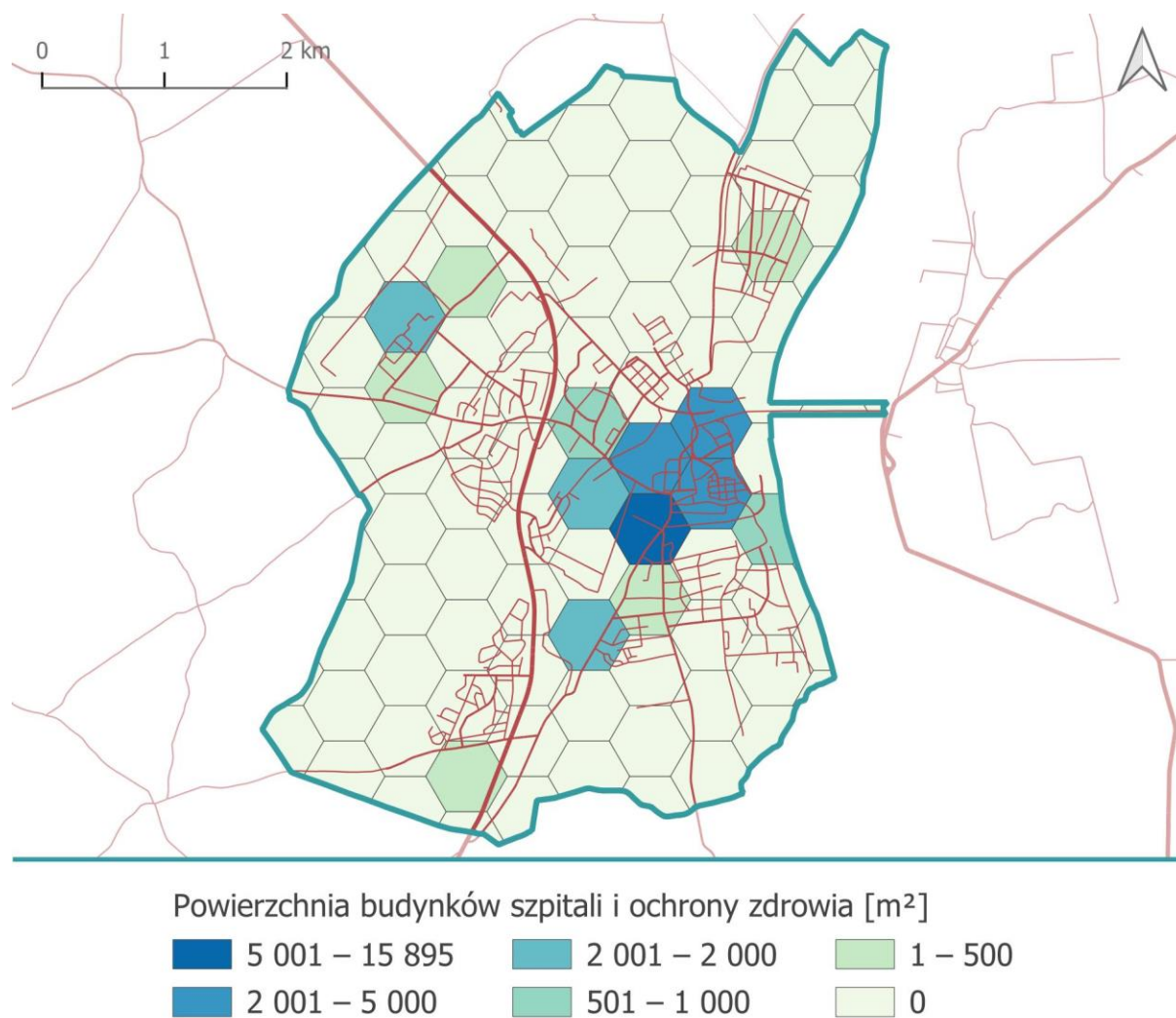
Mapa 5. Generatory ruchu – obiekty oświatowo-kulturalne



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

W mieście znajduje się wiele obiektów zdrowia, które reprezentowane są przez POZ oraz szpitale, tj. Szpitale Tczewskie oraz Szpital Powiatowy. Rozmieszczenie przestrzenne obiektów zdrowia jest równomierne, jednakże największa koncentracja obiektów występuje w ścisłym centrum miasta.

Mapa 6. Generatory ruchu – obiekty ochrony zdrowia



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

4. OPIS SYSTEMU KOMUNIKACYJNEGO

Miasto Tczew cechuje się dobrym położeniem pod względem połączeń transportowych. Przez miasto przebiegają ciągi komunikacyjne rangi krajowej, regionalnej oraz lokalnej. Do najbardziej istotnych tras należą: droga krajowa nr 91 oraz droga wojewódzka nr 224. W bliskim sąsiedztwie znajdują się również istotne drogi – na zachód od miasta przebiega autostrada A1, natomiast na południe od miasta przebiega droga krajowa nr 22.

Tczew jest jednym z największych węzłów kolejowych w województwie pomorskim. W granicach miasta przebiegają linie kolejowe, tj.:

- nr 9 (zelektryfikowana, magistralna, dwutorowa linia kolejowa, łącząca Warszawę i Gdańsk);
- nr 131 (zelektryfikowana, dwutorowa linia kolejowa, łącząca Tczew z Bydgoszczą i dalej z Śląskiem);
- nr 203 (dwutorowa linia kolejowa, łącząca Tczew z Kostrzynem)
- nr 730 (dwutorowa linia kolejowa, stanowiąca kolejową obwodnicę Tczewa).

W mieście funkcjonuje jedna stacja kolejowa – Tczew, która według danych Urzędu Transportu Kolejowego w 2023 r. dziennie obsługiwała 11 500 osób. Miasto posiada połączenia kolejowe rangi regionalnej, wojewódzkiej oraz krajowej.

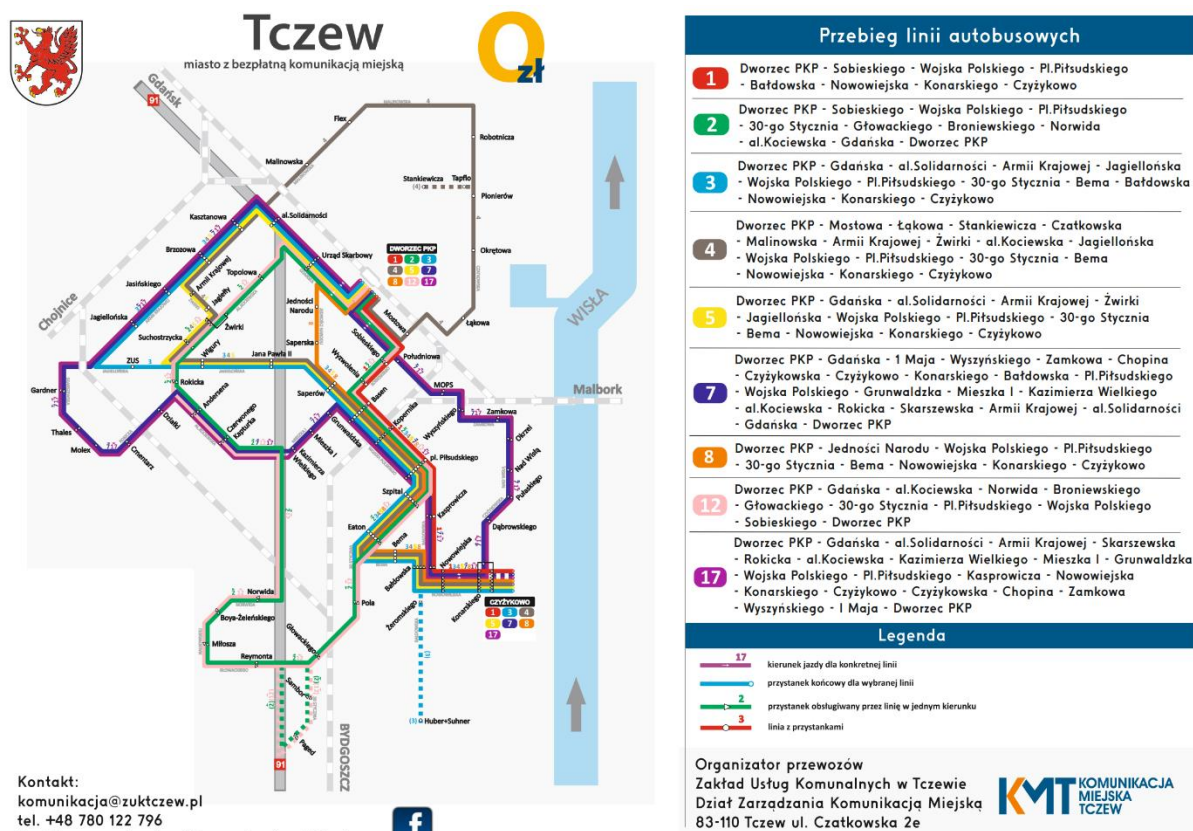
System komunikacji miejskiej w Tczewie obejmuje linie autobusowe. Organizatorem komunikacji miejskiej jest Prezydent Tczewa, który realizuje swoje działania przez jednostkę budżetową Zakład Usług Komunalnych w Tczewie. Za wykonywanie usług przewozowych odpowiedzialna jest firma Przewozy Autobusowe Gryf sp. z o.o. sp.k.

Stały system komunikacji miejskiej obejmuje następujące linie autobusowe: 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8, 12 i 17. Na dzień 12.12.2024 r., w związku z zamknięciem wiaduktu w ciągu ul. 30 Stycznia nie kursowały linie 2 i 12, ale w zamian za nie uruchomiono linie R2 i R12 oraz dodatkową linię R14.

Cechą wyróżniającą tczewską komunikację miejską jest niewielka liczba pętli autobusowych. W mieście funkcjonują dwie pętle autobusowe – Dworzec PKP oraz Czyżykowo. Wszystkie linie tczewskiej komunikacji mają wspólny kraniec – Dworzec PKP, przy którym znajduje się centralny węzeł przesiadkowy w Tczewie, który umożliwia przesiadki między komunikacją miejską, a pociągami. Z kolei, linie 1, 3, 4, 5, 7, 8 i 17 mają krańce na pętli Czyżykowo. Linie 2 i 12 to linie okrężne, które rozpoczynają i kończą trasę przy Dworcu PKP. Linie 7 i 17 mają także charakter linii okrężnych, które rozpoczynają i kończą trasę na pętli Czyżykowo.

Pod względem intensywności kursowania, głównymi liniami w mieście są linie 1, 3 i 8, których częstotliwość kursowania w dni robocze przez większość dnia wynosi 15-20 minut, natomiast w soboty i niedziele linie kursują co 20-30 minut.

Rysunek 1. Schemat linii autobusowych komunikacji miejskiej



Źródło: <https://komunikacja.tczew.pl/>

Praca eksploatacyjna wykonana przez autobusy miejskie w 2023 r. wyniosła 1 368 142,70 wzkm. W porównaniu z rokiem poprzednim wielkość pracy eksploatacyjnej wzrosła o 2,57%.

Tabela 2. Wielkość pracy eksploatacyjnej

Rok	Wykonana praca eksploatacyjna [wzkm]	Dynamika r/r
2021	1 352 688,70	-
2022	1 333 846,80	-1,39%
2023	1 368 142,70	+2,57%

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych od Miasta Tczew

Według umowy zawartej między Miastem Tczew a Przewozami Autobusowymi Gryf sp. z o.o. sp.k. szacunkowa liczba wozokilometrów na 2024 r. wynosi 1 450 000 wzkm.

Maksymalna liczba pojazdów, niezbędnych do wykonywania wszystkich zadań przewozowych w statym systemie komunikacji miejskiej wynosi 26 pojazdów w dni robocze (24 klasy MAXI i 2 klasy MEGA18), 19 pojazdów w soboty (17 klasy MAXI oraz 2 klasy MEGA18) i 12 pojazdów w niedziele i święta (wszystkie klasy MAXI).

W 2023 r. z komunikacji miejskiej skorzystało 5 811 516 pasażerów i w porównaniu do roku poprzedniego liczba pasażerów wzrosła o 18,90%.

Tabela 3. Liczba osób korzystających z komunikacji miejskiej

Rok	Liczba przewiezionych pasażerów [pas.]	Dynamika r/r
2021	3 451 739	-
2022	4 887 888	+41,61%
2023	5 811 516	+18,90%

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie danych od Miasta Tczew

Rada Miejska w Tczewie przyjęła uchwałę (Uchwała nr LV/664/2023 Rady Miejskiej w Tczewie), według której w mieście wprowadzono bezpłatną komunikację dla mieszkańców. Mieszkańcy z darmowych przejazdów korzystają od 1 września 2023 r. Od tego czasu znacznie wzrosła liczba pasażerów, korzystających z komunikacji miejskiej. W skali miesiąca liczba pasażerów wzrosła z 407 324 do 638 211 pasażerów, co stanowi wzrost o ponad 65%. Największy wzrost odnotowano na liniach 7 i 17, który wyniósł odpowiednio 85% i 97%.

4.1. UŻYTKOWANY TABOR AUTOBUSOWY

Komunikację miejską w Tczewie obsługuje łącznie 31 autobusów będących w dyspozycji firmy Przewozy Autobusowe Gryf Sp. z o.o. sp.k.

Tabela 4. Spis taboru

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
1.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	35 190	38,68
2.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	56 493	39,52
3.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	68 289	40,09
4.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	62 844	41,72

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
5.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	79 194	39,77
6.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	67 434	42,07
7.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	77 532	43,15
8.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	68 772	37,22
9.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	60 213	41,65
10.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	54 780	41,09
11.	Solaris Urbino 12	ON	2009	EURO 5	MAXI	59 337	44,25
12.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	30 027	38,38
13.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	57 693	48,29
14.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	52 044	46,83
15.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	24 306	52,66
16.	Solaris Urbino 18	ON	2008	EURO 5	MEGA18	35 028	48,08
17.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	56 244	47,64
18.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	64 284	44,47
19.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	72 501	43,43

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
20.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	48 736	49,71
21.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	61 785	46,83
22.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	65 061	45,10
23.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	28 605	46,81
24.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	35 469	46,57
25.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	38 553	43,26
26.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	26 554	45,38
27.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	54 282	50,35
28.	Solaris Urbino 12	ON	2005	EURO 5	MAXI	59 757	44,82
29.	MAN Lion's City	ON	2005	EURO 5	MAXI	28 740	56,19
30.	MAN Lion's City	ON	2005	EURO 5	MAXI	38 718	60,41
31.	Mercedes O530 Citaro	ON	2005	EURO 5	MEGA18	36 981	65,17

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

Pod względem długości i klasy pojemnościowej sieć obsługują pojazdy klasy MAXI oraz MEGA18. Zdecydowaną większość taboru stanowią pojazdy MAXI – 29 sztuk, natomiast pojazdów MEGA18 są dwie sztuki.

Tabela 5. Pojazdy według długości i klasy pojemnościowej

MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18
Operatorzy zewnętrzni				
0	0	29	0	2

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

Pod względem ekologicznym ważny jest napęd pojazdów eksploatowanych w Tczewie. Wszystkie pojazdy komunikacji miejskiej (31 sztuk) napędzane są olejem napędowym.

Tabela 6. Pojazdy według rodzaju napędu

ON	Hybryda	BEV	FCEV	Trolejbus	CNG	LNG	Inne
Operatorzy zewnętrzni							
31	0	0	0	0	0	0	0

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

Równie ważna pod względem ochronnych środowiska jest emisyjność pojazdów. Wszystkie pojazdy spełniają normę emisji spalin EURO 5.

Tabela 7. Pojazdy według normy emisyjności

1 (lub brak normy)	2	3	4	5	EEV	6	EV
Operatorzy zewnętrzni							
0	0	0	0	31	0	0	0

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

Pod względem wieku pojazdów, największy udział stanowią pojazdy, które mają ponad 15 lat – 20 pojazdów. Z kolei, pojazdów w wieku od 11 do 15 lat jest 11 sztuk.

Tabela 8. Pojazdy według wieku

Do 5 lat	Od 6 do 10 lat	Od 11 do 15 lat	Ponad 15 lat
Operatorzy zewnętrzni			
0	0	11	20

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

5. PLAN WYMIANY I ROZWOJU TABORU

5.1. PROBLEMATYKA WYMIANY TABORU W AKK Z 2021 R.

Poprzednia analiza kosztów i korzyści dla Gminy Miejskiej Tczew została wykonana na przełomie 2021 i 2022 r. Uzyskane wyniki wskazały na brak korzyści wykorzystania autobusów o napędzie zeroemisyjnym.

5.2. WYBÓR RODZAJU NAPĘDU

Wybór odpowiedniego rodzaju napędu jest ważny w procesie analizy kosztów i korzyści, z racji na zróżnicowanie cen zakupu pojazdów, jak również ich późniejszej eksploatacji. Do najpopularniejszych zeroemisyjnych rodzajów napędów należą zasilania elektryczne oraz wodorowe.

Autobusy elektryczne wykorzystują do pracy silniki na energię elektryczną, która jest gromadzona w bateriach. Na rynku istnieją pojazdy o różnych pojemnościach baterii i w zależności od przyjętej technologii i sposobu ładowania pojazdy mogą pokonać od kilkudziesięciu do kilkuset kilometrów na jednym ładowaniu. Autobusy elektryczne posiadają wiele zalet, tj.:

- brak emisji szkodliwych spalin do atmosfery;
- niska lub zerowa emisja hałasu;
- możliwość odzyskiwania energii podczas hamowania pojazdu;
- posiadają lepsze przyspieszenie niż autobusy spalinowe.

Wykorzystanie autobus elektrycznych wzbudza kontrowersje, w związku z procesem tworzenia 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.

Aby efektywnie wykorzystywać autobusy elektryczne w świadczeniu usług przewozowych należy wybrać odpowiedni sposób ładowania pojazdów. Najpopularniejsze sposoby ładowania to:

- ładowanie poprzez złącze plug-in – najdłuższa czasowo forma ładowania, podczas ładowania na terenie zajezdni wykorzystuje się wtyczki kablowe, ładowanie odbywa się najczęściej w nocy;
- ładowanie 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;
- ładowanie poprzez tzw. pantograf odwrócony – ładowanie poprzez opuszczenie ze stacji ładującej na „szyny”, które zlokalizowane są na

dachu autobusu, działające w podobny sposób, jak klasyczne ładowanie pantograficzne.

Najczęściej pojazdy wykorzystują różnego rodzaju ładowanie. Pojazdy można ładować 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.

Wykorzystanie autobusów elektrycznych wiąże się z koniecznością zakupu infrastruktury ładowania, która jest niezbędna do efektywnego wykorzystywania tychże pojazdów. W zależności od wybranej metody i liczby ładowarek zakupywanych w ramach jednego postępowania przetargowego, cena jednostkowa znacznie się różni. Przykładowe ceny poszczególnych ładowarek przedstawiono w poniższej tabeli.

Tabela 9. Ceny ładowarek do autobusów elektrycznych w Polsce

Miasto	Typ ładowarki	Cena za sztukę netto [PLN]	Liczba ładowarek zamówionych w ramach postępowania	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 połączona jest z zasięgiem autobusów, jakie są w stanie pokonać. Autobusy wyposażone w mniejsze baterie mogą pokonywać krótsze dystanse, niż pojazdy wyposażone w większe baterie. Co równie ważne, autobusy o mniejszych bateriach wymagają doładowywania pomiędzy kursami (np. na pętlach), jednakże pojazdy posiadają mniejszą masę własną pojazdu i są tańsze niż autobusy wyposażone w większe baterie. Zaletą autobusów wyposażonych w większe baterie jest możliwość realizacji przewozów bez konieczności ładowania baterii w trakcie postojów między kursami, jednakże cechują się większą masą własną i są droższe w zakupie. Wszystkie przedstawione aspekty przekładają na cenę zakupu pojazdu, które zależne są od wielu czynników, tj. liczba autobusów kupowanych w ramach jednego przetargu, pojemności baterii, klasy pojazdu czy sposobu ładowania. W poniższej tabeli przedstawiono przykładowe postępowania przetargowe na dostawy autobusów elektrycznych w Polsce.

Tabela 10. Ceny autobusów elektrycznych w Polsce

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	MIDI	1 813 000	2	Yutong E9	maj 2023 r.
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.
Kielce		2 749 025	24	Solaris Urbino 12 electric	Listopad 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	lutych 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.

Na rynku pojazdów zeroemisyjnych znajdują się również **autobusy wodorowe**. Pojazdy te, wykorzystają energię elektryczną wytwarzaną z ogniw paliwowych. Produktem procesu produkcji energii z wodoru jest woda w postaci gazowej, jednakże aby produktem ubocznym była jedynie para wodna konieczne jest pozyskanie paliwa, które uzyskano w procesie elektrolizy wody z użyciem prądu z OZE, a nie reformingu parowego gazu ziemnego, podczas którego wydziela się tlenek węgla.

Wodór potrzebny do napędzania autobusów zgromadzony jest w zbiornikach, które znajdują się na dachach pojazdów. Proces tankowania trwa ok. 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 zgadzają się z osiąganymi w warunkach codziennej eksploatacji. Wiąże się to z koniecznością doładowania pojazdów pomiędzy kursami, co uniemożliwia realizację całodziennych kursów. Autobusy wodorowe zatankowane maksymalnie mogą przejechać średnio ok. 400 km (w zależności od producenta pojazdów i pojemności zbiornika). Przykładowe autobusy wodorowe przedstawiono w tabeli poniżej.

Tabela 11. Specyfika przykładowych autobusów wodorowych

Producent i model	Klasa	Deklarowany zasięg [km]	Ogniwo wodorowe [kW]
Solaris Urbino 12 hydrogen¹	MAXI	do 350	70
Solaris Urbino 18 hydrogen²	MEGA18	ok. 350	100
Mercedes-Benz eCitaro fuel cell³	MAXI	do 400	60
Mercedes-Benz eCitaro G fuel cell⁴	MEGA18	do 350	60
NesoBus 12⁵	MAXI	ok. 450	70
Arthur H2 Zero 12⁶	MAXI	do 500	60-125

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

Wykorzystywanie autobusów wodorowych do świadczenia usług jest problematyczne, z racji na niewielką liczbę stacji tankowania wodorem. Na terenie kraju dostępnych jest jedynie kilka stacji tankowania wodorem, a najbliższa stacja tankowania względem Tczewa znajduje się w Gdańsku⁷ (przy ul. Jabłoniowej). Warto również zwrócić uwagę na cenę wodoru, która aktualnie wynosi ok. 69 zł brutto/kg.

Istnieje jednak rozwiązanie, które umożliwia zmniejszenie ceny eksploatacji pojazdów wodorowych. Jest nim budowa własnej stacji tankowania wodorem. Jednakże jak wskazują wyniki programu priorytetowego „Wsparcie infrastruktury do ładowania pojazdów elektrycznych i infrastruktury do tankowania wodoru”, koszt jej budowy wynosi nawet 16 324 041,02 zł netto. W poniższej tabeli przedstawiono przykładowe postępowania przetargowe na dostawy autobusów wodorowych w Polsce.

¹ <https://www.solarisbus.com/pl/pojazdy/napedy-zeroemisyjne/hydrogen> (dostęp: 28.11.2024 r.)

² Ibid.

³ https://www.mercedes-benz-bus.com/pl_PL/models/ecitaro-fuel-cell.html (dostęp: 28.11.2024 r.)

⁴ Ibid.

⁵ <https://www.nesobus.pl/> (dostęp: 28.11.2024 r.)

⁶ <https://www.arthurbus.com/> (dostęp: 28.11.2024 r.)

⁷ <https://eipa.udt.gov.pl/> (dostęp: 28.11.2024 r.)

Tabela 12. Ceny autobusów wodorowych w Polsce

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.

Wraz z nowelizacją Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, pochodzącą z grudnia 2021 r. **autobusy zasilane biometanem** zostały zakwalifikowane jako autobusy zeroemisyjne. Biometanem to oczyszczony biogaz, będący mieszaniną gazów, produktem beztlenowego rozkładu materii organicznej. Powstaje on jako produkt uboczny m.in. w oczyszczalniach ścieków, składowiskach odpadów, gospodarstwach rolniczych, 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 nowej 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 składowania 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 przedstawione postępowania przetargowe na autobusy napędzane olejem napędowym.

Tabela 13. Ceny autobusów ON w Polsce

Zamawiający	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.
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 Miejska Tczew obecnie posiada plany dotyczące zakupów autobusów elektrycznych. W trakcie realizacji jest projekt dotyczący zakupu 10 autobusów elektrycznych wraz z infrastrukturą ładowania dofinansowany przez Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej w ramach konkursu Zielony Transport Publiczny.

Na podstawie powyższych informacji i wyników analiz z poprzednich podrozdziałów określono dwa warianty wymiany taboru: jeden zakładający brak spełnienia wymagań opisanych w art. 36 Ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych oraz zakładający spełnienie 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 Miejska Tczew 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 zlecenie 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 (W_0 – 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 (W_1 – 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, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO 6.

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

Tabela 14. Harmonogram wymiany floty

Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant 0											
BEV – suma	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

Rok	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)	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	0,0	0,0	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
Wariant 1											
BEV – suma	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	6	-	4	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-
Udział pojazdów zeroemisyj- nych w całej flocie [%]	0,0	22,6	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3

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

5.4. WYBÓR LINII DO OBSŁUGI TABOREM ZEROEMISYJNYM

Przy wyborze alokacji autobusów zeroemisyjnych należy wziąć pod uwagę aspekty społeczne, tj. liczba pasażerów, którzy będą korzystać z autobusów, liczbę mieszkańców oraz turystów, jak również potencjalny wzrost zainteresowania komunikacją miejską w wyniku wprowadzenia do eksploatacji pojazdów zeroemisyjnych. Szczególnie ważny jest aspekt środowiskowy, ponieważ autobusy zeroemisyjne charakteryzują się niższą emisją hałasu i zanieczyszczeń powietrza do atmosfery. Jest to szczególnie istotne, z racji na obsługiwane centrum miast, jak również obszary o wysokiej gęstości zaludnienia. Nie można zapomnieć również o bardzo ważnym aspekcie – synchronizacji rozkładu jazdy z harmonogramem ładowania (odpowiednie przerwy między kursami), aby nie doprowadzić do całkowitego rozładowania baterii autobusu na trasie lub wzajemnej blokady dostępu do ładowarki. W przypadku zdecydowania się na wariant z ładowaniem pojazdów poza terenem bazy operacyjnej operatora, autobusy powinny obsługiwać linie, które posiadają wspólny przystanek końcowy z innymi liniami, aby zwiększyć wykorzystanie infrastruktury ładowania oraz zmniejszyć koszty budowy stacji ładowania.

W miastach występują bariery, które uniemożliwiają wprowadzenie autobusów zeroemisyjnych na daną linię, jest to np. zakaz ruchu pojazdów o wysokości przekraczającej wysokość autobusu zeroemisyjnego (ok. 3,2-3,4 metra). Takie zakazy zazwyczaj występują w okolicach wiaduktów lub sieci trakcyjnej (kolejowej, tramwajowej lub trolejbusowej). W ramach wyboru linii autobusowych, które wskazano do elektryfikacji uwzględniono także wyniki poprzednich analiz kosztów i korzyści.

Biorąc pod uwagę wybór linii autobusowych przeznaczonych do elektryfikacji w komunikacji miejskiej w Tczewie, należy uwzględnić założenia studium wykonalności projektu pn.: „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew”. Według opracowania wszystkie (9) linii autobusowych będzie w przyszłości obsługiwane taboroem fabrycznie nowym, w której część zadań obsługiwana będzie autobusami o silniku z zapłonem samoczynnym, a druga przez tabor autobusowy elektryczny. Ponadto usytuowanie stacji ładowania na terenie Regionalnego Transportowego Węzła Integracyjnego (dworca autobusowego) – jednej

z najważniejszych pętli umożliwia eksploatację autobusów elektrycznych praktycznie na wszystkich liniach. Warto dodać, że w Tczewie pojazdy nie są przypisane do linii, a ich zadania mają charakter wieloliniowy. Priorytetem przy elektryfikacji powinny być linie 3 i 4 charakteryzujące się największą częstotliwością kursowania oraz największymi dziennymi przebiegami oraz linie 7 i 17 przebiegające przez Stare Miasto. Linie te zostały wskazane także w poprzedniej analizie kosztów i korzyści jako priorytetowe do realizacji.

Pojemność akumulatorów w pojazdach powinna cechować się pojemnością podobną do planowanych zakupów w ramach projektu inwestycyjnego, tj. minimum 280 kWh oraz w miarę możliwości umożliwiać przejechanie zadań całodziennych (najdłuższe liczy 307 km, niemniej funkcjonowanie pantografowej stacji ładowania umożliwia szybkie uzupełnienie energii pomiędzy kursami).

6. ANALIZA FINANSOWO-EKONOMICZNA

6.1. ANALIZA SYTUACJI FINANSOWEJ MIASTA I WPŁYWU PROGRAMU

WYMIANY POJAZDÓW NA JEJ STABILNOŚĆ

Finansowanie przewozów komunikacji miejskiej w Tczewie odbywa się na podstawie rocznego wynagrodzenia operatorów zabezpieczonego w budżecie Gminy Miejskiej Tczew oraz w Wieloletniej Prognozie Finansowej. 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 Miejskiej Tczew w latach 2021-2023, zauważyć można, iż miasto odnotowywało dodatni wynik budżetu operacyjnego (występuje nadwyżka dochodów bieżących nad wydatkami bieżącymi). W 2024 roku przewidywany jest deficyt operacyjny w wysokości 17,1 mln zł. Oznacza to, że w roku sporządzania analizy wykonywanie zadań bieżących przez jednostkę odbywa się na poziomie przekraczającym możliwości finansowe JST, a także kosztem sprzedaży majątku, zaciągnięciem nowych zobowiązań czy ograniczeniem inwestycji. W ostatnich latach wydatki majątkowe na lokalny transport zbiorowy były ponoszone na: zakup wiat przystankowych, wykonanie dokumentacji projektowej budowy stacji ładowania autobusów elektrycznych, zakup licencji i oprogramowania do zarządzania siecią komunikacji lokalnej czy podwyższenie kapitału zakładowego spółki InnoBaltica, która zarządza systemem biletowym FALA.

Warto dodać, że dochody majątkowe miasta Tczew 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 15. Budżet Gminy Miejskiej Tczew w latach 2021-2024 [mln zł]

Lp.	Pozycja	Wykonanie w latach			Plan na 2024 rok*
		2021	2022	2023	
1	Dochody budżetu Miasta w tym:	345,2	341,0	331,5	355,6
1a	dochody bieżące	324,7	309,5	300,7	331,5
1aa	lokalny transport zbiorowy	0,2	0,02	0,04	0,04
1b	dochody majątkowe	20,5	31,5	30,8	24,2
2	Wydatki budżetu Miasta w tym:	340,1	347,2	327,2	374,2
2a	wydatki bieżące	291,6	295,9	294,4	348,6
2aa	lokalny transport zbiorowy	5,1	6,8	12,5	19,2
2b	wydatki majątkowe na lokalny transport zbiorowy	0,2	0,6	0,5	0,0
3	Nadwyżka/deficyt budżetu Miasta	5,1	-6,2	4,3	-18,6
4	Deficyt/nadwyżka operacyjna	33,1	13,6	6,3	-17,1
5	Finansowanie w tym:	40,9	39,0	25,8	18,6
5a	przychody	47,9	46,0	32,8	24,6
5b	rozchody	7,0	7,0	7,0	6,0

*Na podstawie Zarządzenia nr 301/2024 Prezydenta Miasta Tczewa z dnia 15 listopada 2024 r. w sprawie zmiany budżetu miasta na 2024 rok oraz sprawozdania budżetowego z wykonania budżetu Gminy Miejskiej Tczew za III kwartał 2024 r.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie sprawozdań budżetowych.

6.2. OCENA SYTUACJI FINANSOWEJ OPERATORA

Ze względu na model organizacji stosowany przez Zakład Usług Komunalnych w Tczewie – udzielanie zamówień na świadczenie usług publicznego transportu zbiorowego poprzez zawieranie umów z podmiotami wewnętrznymi, a także organizację postępowań przetargowych, w niniejszym podrozdziale opisano jedynie sytuację finansową operatorów o charakterze podmiotów wewnętrznych. W przypadku operatorów prywatnych wymagania dotyczące taboru opisywane są w trakcie procedury przetargowej przez organizatora. Oznacza to, że sytuacja finansowa operatorów prywatnych nie jest tak istotna w kontekście wymiany taboru autobusowego na zeroemisyjny, jak w przypadku operatorów będących podmiotami wewnętrznymi.

6.3. DOSTĘPNE I PREFEROWANE MODELE NABYCIA POJAZDÓW ELEKTRYCZNYCH/WODOROWYCH

Dotychczasowo w Tczewie nabywanie pojazdów autobusowych realizowane było przez operatora świadczącego usługi komunikacji miejskiej, który musi posiadać odpowiednią liczbę autobusów o określonym umowie standardzie.

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 zakup z własnych środków budżetowych musiałby spowodować ograniczenie innych wydatków majątkowych. Częściej spotykanym rozwiązaniem jest pozyskiwanie nowego taboru z wykorzystaniem środków unijnych umożliwiających sfinansowanie projektu do 85% kosztów kwalifikowanych przedsięwzięcia. 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 zawartą przez jednostkę samorządu terytorialnego z operatorem umową o świadczenie usług publicznych.

Przy wszystkich wskazanych powyżej formach finansowania zakupu należy pamiętać o wymogu art. 68a ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

6.4. DOTYCHCZASOWY PRZEBIEG PROCESU WYMIANY POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH W LATACH 2021-2024

W ostatnich latach Gmina Miejskiej Tczew nie prowadziły inwestycji w tabor autobusowy zeroemisyjny. Pod koniec listopada została podpisana umowa o dofinansowanie pomiędzy Miastem Tczew a Narodowym Funduszem Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej na projekt pn. Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew. Projekt dotyczy zakupu 10 sztuk autobusów

z napędem elektrycznym, przewiduje również budowę stacji ładowania na terenie transportowego węzła integracyjnego w Tczewie.

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 ⁸ .
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 zakładanych kosztów w projekcie inwestycyjnym pn. „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew”
Koszty eksploatacji i utrzymania	Na podstawie ponoszonych kosztów przez PA Gryf z uwzględnieniem specyfiki technicznej pojazdów zeroemisyjnych.
Nakłady odtworzeniowe	Następują w 2026 roku w wyniku po 10 latach dla pojazdów napędzanych olejem napędowym (z wyjątkiem pojazdów klasy MINI, gdzie według planów inwestycyjnych założono eksploatację przez 15 lat). 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 ⁹	Uwzględniona w ostatnim roku analizy z wykorzystaniem metody dochodowej.

Źródło: Opracowanie własne Zespołu Doradców Gospodarczych TOR Sp. z o.o. na podstawie *Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach*, Jaspers 2023.

⁸ Zgodnie z zaleceniami Ministerstwa Klimatu i Środowiska.

⁹ Wartość rezydualna to zdolność środków trwałych posiadających wartość ekonomiczną do generowania dochodów.

6.6. NAKŁADY INWESTYCYJNE

Nakłady inwestycyjne obliczono na podstawie zakładanych kosztów w projekcie inwestycyjnym pn. „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew”, a także na podstawie określonych wariantów inwestycyjnych. W obu wariantach koszty wyniosły 26,9 mln zł. W poniższej 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.

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	0	0	0	26 902,6	0	0	0	0	0	0	0
w tym:											
tabor	0	0	0	24 390,3	0	0	0	0	0	0	0
infrastruktura	0	0	0	2 512,3	0	0	0	0	0	0	0
Nakłady [tys. PLN] Wariant 1	0	19 585,5	0	7 317,1	0	0	0	0	0	0	0
w tym:											
tabor	0	17 073,2	0	7 317,1	0	0	0	0	0	0	0
infrastruktura	0	2 512,3	0	0	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 Tczewie. Łącznie nakłady odtworzeniowe w obu wariantach wyniosły 31,2 mln zł. Poniżej przedstawiono harmonogram i nakłady w poszczególnych latach.

Tabela 18. Harmonogram i wysokość nakładów odtworzeniowych w poszczególnych wariantach

Rok	Wariant W_0/W_1 [PLN]
2024	-
2025	-
2026	31 159 903,34
2027	-
2028	-
2029	-
2030	-
2031	-
2032	-
2033	-
Łącznie	31 159 903,34

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 operatorów	1,6 mln wzkm Przyjęto łączną pracę eksploatacyjną na podstawie średniego przebiegu pojazdów podaną przez operatora.
Koszt paliwa	zł/l	Średnia cena hurtowa oleju napędowego netto Orlen SA w pierwszych trzech kwartałach 2024 r.	5,05 zł
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
Średnie spalanie oleju napędowego	l/100 km	Dane otrzymane od PA Gryf	W zależności od pojazdu, typu taboru i normy emisji
Średnie zużycie energii	kWh/100 km	Na podstawie doświadczeń innych operatorów	110 kWh/100 km według studium wykonalności projektu pn.: „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew”.
Cena energii elektrycznej	zł/kWh zł/kW zł/mies.	Na podstawie cennika Enea i Enea Operator	1,2184 zł/kWh Opłata handlowa: 200,00 zł/mies. Składnik stały stawki sieciowej: 18,80 zł/kW/mies. Składnik opłaty abonamentowej: 15,00 zł/mies. Stawka opłaty przejściowej: 0,19 zł/kW/mies.
Amortyzacja (liniowa)	% [rok]	Załącznik nr 1 do ustawy z dnia 26 lipca 1991 r. o podatku dochodowym od osób fizycznych	20% – tabor 18% – stacja tankowania wodoru 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 20 tys. zł netto za ładowarkę pantografową na rok.

Inwestycje w wariantcie W_1 generują w ciągu całego okresu analizy 113,9 tys. zł zysku. Wynika to z niższych kosztów eksploatacji i zużycia energii elektrycznej w porównaniu do kosztów eksploatacji i spalnego paliwa przez starsze autobusy. 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 wariantcie W_0	37 446 398,93 zł
Koszty operacyjne w wariantcie W_1	37 332 520,20 zł
Różnica pomiędzy wariantami (W_1-W_0)	113 878,74 zł

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

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 W_1
Wartość brutto środków trwałych	27 728 307,00 zł
Umorzenie środków trwałych	27 315 444,50 zł
Wartość rezydualna	412 862,50 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 W_1a
FNPV	-1 080 140,29 zł
FRR	1,25%

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 oraz elektryczne z wodorowymi ogniwami paliwowymi jest nieopłacalna pod względem finansowym. W przypadku wskaźnika FRR jego wartość nie przekroczyła założonej stopy dyskontowej, 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).

Metodę luki finansowej należy stosować jedynie dla projektów generujących dochód. Należy wskazać, że jedynym dochodem projektu jest wartość rezydualna oraz oszczędności w kosztach eksploatacyjnych. Obliczanie luki finansowej w tym przypadku nie jest wymagane. Pomimo tego podjęto próbę obliczenia luki finansowej – w wariancie W_1 wyniosła 98,9%. Oznacza to, że przy zakupie autobusów zeroemisyjnych można starać się o uzyskanie maksymalnego poziomu dofinansowania w programach takich jak Zielony Transport Publiczny, czy w ramach Funduszy Europejskich.

7. OSZACOWANIE EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH

Autobusy użytkowane obecnie w tczewskiej komunikacji miejskiej 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 PM_{2,5}, PM₁₀, lotnych związków organicznych oraz CO₂.

W przypadku autobusów elektrycznych akumulatorowych, emisja szkodliwych substancji zachodzi w inny sposób – w Polsce odbywa się ona głównie w elektrowni produkującej energię elektryczną z węgla (emisja punktowa). Przy eksploatacji autobusów elektrycznych z wodorowymi ogniwami paliwowymi założono, że zakontraktowany wodór do tankowania będzie pochodził z elektrolizy.

Na podstawie metodyki zaproponowanej przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych 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 CO₂, NO_x oraz niemetanowych lotnych związków organicznych (NMHC/NMVOC). Niewielkie zmiany zachodzą podczas emisji pyłów zawieszonych PM_{2,5}. 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.

W wariantcie W1 można zauważyć także wzrost emisji SO₂, który jest wynikiem większego wykorzystania autobusów elektrycznych oraz produkcji energii elektrycznej w elektrowni.

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

Szkodliwa substancja	Wielkość emisji w Mg	
	W_0	W_1
SO ₂	1,59	1,82
NO _x	57,56	53,10
PM _{2,5} /PM ₁₀	0,81	0,77
NMHC/NMVOC	14,12	13,04
CO ₂	16 312,09	16 061,79

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

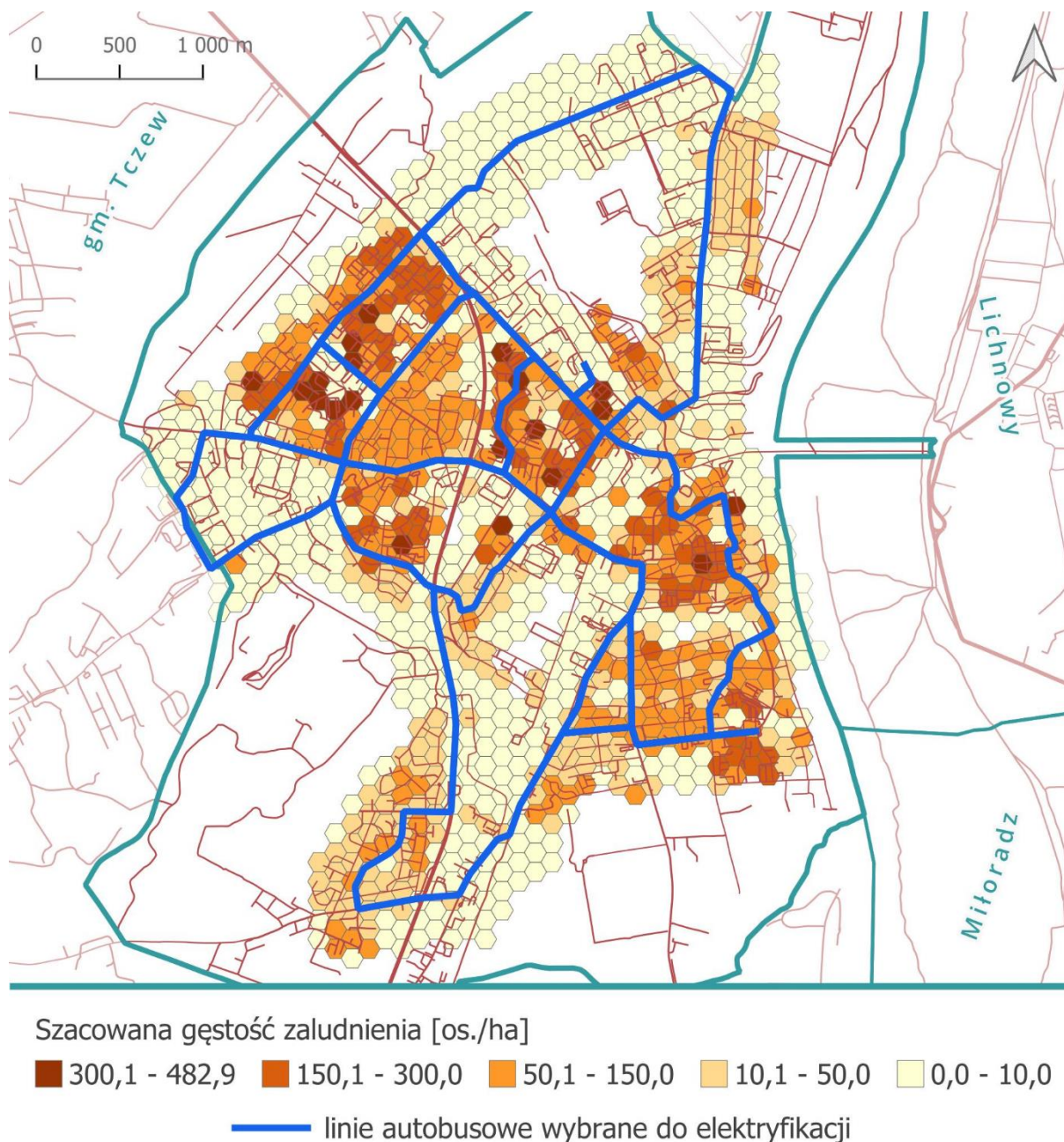
Pod względem środowiskowym należy wspomnieć także o emisji odpadów. Odpady z eksploatacji pojazdów mogą mieć postać stałą lub ciekłą. Do tych pierwszych należą między innymi elementy konstrukcyjne pojazdów, które odłączyły się od nich, np. w wyniku wypadku, a także różnego rodzaju filtry powietrza, paliwa, 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. Istotnym problemem są zużyte baterie z autobusów elektrycznych, które mogą mieć negatywny wpływ na środowisko. Rozwiązaniem minimalizującym negatywny wpływ zużytych akumulatorów, których sprawność spadła poniżej akceptowalnego w ruchu pojazdu poziomu jest wykorzystanie ich jako magazyny energii dla budynków użyteczności publicznej czy dla instalacji fotowoltaicznych lub ponownie wykorzystane w drodze recyklingu (niektórzy producenci oferują odbiór zużytych baterii).

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, 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, elektrybusy 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. Jednocześnie zmniejszenie hałasu stwarza także pewne wyzwania w kontekście bezpieczeństwa ruchu drogowego. Piesi, rowerzyści i inni użytkownicy drogi mogą nie słyszeć nadjeżdżającego autobusu elektrycznego, co zwiększa ryzyko wypadków, zwłaszcza w strefach miejskich i na przejściach dla pieszych. W celu zwiększenia bezpieczeństwa pieszych wszystkie pojazdy o napędzie elektrycznym, wprowadzane na rynek motoryzacyjny od 1 lipca 2019 r. muszą posiadać system AVAS (Acoustic Vehicle Alerting System), który jest odpowiedzialny za generowanie ostrzegawczych sygnałów przy prędkości pojazdu do 20 km/h. Autobusy warto też wyposażać w aktywne systemy wsparcia kierowcy (ADAS), który będzie zawierał funkcję automatycznego hamowania.

Mapa 7. Gęstość zaludnienia w obszarze ciążenia linii autobusowych do elektryfikacji [os./km²]



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

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./km² oraz gęstość zaludnienia w pasie 250 metrów 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 4307,3 os./km². Oznacza to, że gęstość zaludnienia przy liniach komunikacyjnych stanowi 1,44 gęstości

typowego obszaru miejskiego. Powoduje to zmniejszenie korzyści wynikających ze zmniejszenia emisji hałasu o powyższą relację. Na dalszym rysunku przedstawiono gęstość zaludnienia w obszarze ciążenia linii autobusowych przeznaczonych do elektryfikacji.

Realizacja wariantu inwestycyjnego W1 pozwoli na uzyskanie korzyści w wyniku redukcji hałasu w okresie analizy o wartości 40,8 tys. zł.

Tabela 24. Wielkość kosztów emisji hałasu w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy

Koszt emisji hałasu	W_0	W_1	Korzyści w wyniku redukcji hałasu w okresie analizy (W_1-W_0)
	714 796,76 zł	686 395,55 zł	40 777,50 zł

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

8. ANALIZA SPOŁECZNO-EKONOMICZNA

8.1. WPŁYW NA POZIOM I JAKOŚĆ ŻYCIA, MOBILNOŚĆ SPOŁECZNĄ, OGRANICZENIE WYKLUCZENIA KOMUNIKACYJNEGO, DOSTĘPNOŚĆ USŁUG KOMUNIKACYJNYCH ORAZ INNYCH USŁUG SPOŁECZNYCH I ZAMOŻNOŚĆ SPOŁECZNOŚCI

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 z wyjątkiem poprawy jakości powietrza oraz klimatu akustycznego miasta.

8.2. WYCENA KOSZTÓW ZWIĄZANYCH Z EMISJĄ SZKODLIWYCH SUBSTANCJI

Na podstawie obliczonej emisji w poprzednim rozdziale przeprowadzono wycenę emisji szkodliwych substancji. Do wyceny użyto przygotowanych przez CUPT tabeli kosztów jednostkowych zanieczyszczenia środowiska w transporcie lądowym, które zostały obliczone na podstawie *Ricardo-AEA. Update of the Handbook on External Costs of Transport*¹⁰, prognozy rozwoju gospodarczego Polski Ministerstwa Finansów oraz prognozy liczby ludności Głównego Urzędu Statystycznego. W zakresie wyceny emisji CO₂ używa się tablic kosztów jednostkowych zmian klimatycznych opracowanych przez Europejski Bank Inwestycyjny przeliczonych według średniorocznego kursu wymiany EUR/PLN Europejskiego Banku Centralnego. Wartość kosztów emisji szkodliwych substancji w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy przedstawiono w tabeli na następnej stronie. Różnica pomiędzy wariantami wynosi 593 tys. zł na korzyść wariantu W_1.

¹⁰ European Commission – DG Mobility and Transport, 2014, Ricardo AEA. Update of the Handbook on External Costs of Transport.

Tabela 25. Wartość kosztów emisji szkodliwych substancji w poszczególnych wariantach w całym okresie analizy w zł

Szkodliwa substancja	Koszt emisji szkodliwych substancji	
	W_0	W_1
SO ₂	80 346,74	90 495,77
NO _x	4 608 423,79	4 251 490,44
PM _{2,5} /PM ₁₀	414 358,90	395 769,97
NMHC/NMVOC	54 275,96	50 156,17
CO ₂	19 437 894,47	19 214 213,68
Łącznie	24 595 299,85	24 002 126,03

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

8.3. OCENA KORZYŚCI WDROŻENIA POJAZDÓW ZEROEMISYJNYCH - WYNIKI ANALIZY KOSZTÓW I KORZYŚCI

Następną 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 CO₂, 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%¹¹. Ostatecznym wynikiem analizy kosztów i korzyści jest sprawdzenie efektywności ekonomicznej projektu inwestycyjnego na podstawie skorygowanych przepływów finansowych oraz wycenionej emisji szkodliwych substancji

¹¹ Niebieska Księga. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach, Jaspers 2023.

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

Wskaźnik	Wariant W_1
ENPV	2 941 836,74 zł
ERR	11,35%
B/C	1,13

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

Dodatnia wartość wskaźnika ENPV oznacza, że inwestycja jest opłacalna pod względem ekonomicznym. W przypadku wskaźnika ERR jego wartość przekroczyła założoną społeczną stopę dyskontową na poziomie 3%, co oznacza opłacalność ekonomiczną inwestycji. Wartość wskaźnika B/C na poziomie 1,13 oznacza, że koszty poniesione w projekcie są mniejsze niż potencjalne korzyści ekonomiczne. Pozytywny wynik analizy wskazuje, że musi zostać spełniony ustawowy obowiązek dotyczący udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację publiczną przez najbliższe 36 miesięcy, tj. do sporządzenia następnej analizy. Niemniej oczekująca na publikację nowelizacja ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych zniesie ustawowy obowiązek dotyczący określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację miejską po 2024 i 2027 roku. Warto dodać, że wynik analizy wskazuje, iż w miarę możliwości powinno się przyspieszyć wymianę części autobusów zasilanych olejem napędowym charakteryzujących się wysokim zużyciem paliwa na nowe autobusy elektryczne. Ponadto przyjęty model ładowania w projekcie „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew” poprzez stacje pantografowe powoduje ograniczenie kosztów inwestycyjnych ze względu na brak zakupu ładowarek plug-in oraz kosztów eksploatacyjnych (brak konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów serwisowania ładowarek plug-in oraz zamawiania dodatkowej zapewnionej mocy dla ładowarek), co pozytywnie wpływa na wynik analizy. Przy zakładanej liczbie pojazdów, pojemności akumulatorów trakcyjnych oraz liczbie ładowarek konieczne będzie przygotowanie harmonogramu ładowania pojazdów dostosowanego do rozkładów jazdy, aby uniknąć całkowitego rozładowania pojazdów lub blokowania stanowiska ładowania pomiędzy poszczególnymi zadaniami przewozowymi. Przyjęty model ładowania jest też możliwy dzięki funkcjonowaniu sieci komunikacyjnej w oparciu o dwa przystanki końcowe dla wszystkich linii komunikacyjnych.

8.4. KLUCZOWE WYZWANIA SPOŁECZNO-EKONOMICZNE STOJĄCE PRZED SYSTEMEM ZBIOROWEJ KOMUNIKACJI MIEJSKIEJ

System zbiorowej komunikacji miejskiej w Tczewie, podobnie jak w innych miastach, stoi przed wyzwaniami społeczno-ekonomicznymi, które mają kluczowy wpływ na jego funkcjonowanie i rozwój. Prowadzona polityka dążenia do ograniczenia emisji gazów cieplarnianych stawia przed systemem komunikacji miejskiej wyzwania związane z modernizacją taboru, wprowadzaniem pojazdów elektrycznych oraz rozwijaniem infrastruktury, która wspiera zrównoważoną mobilność. Inwestycje te są jednak kosztowne i często są wspierane środkami zewnętrznymi. Koszty utrzymania systemu komunikacji miejskiej stale rosną, na co wpływ mają m.in. koszty paliwa (objęcie ich w przyszłości systemem ETS2), wynagrodzeń. Powoduje to konieczność wydawania coraz większych kwot z budżetu Miasta na publiczny transport zbiorowy. Oprócz powyższego za kluczowe wyzwanie społeczno-ekonomiczne stojące przed systemem zbiorowej komunikacji miejskiej w Tczewie należy uznać wybór nowego operatora świadczącego usługi publicznego transportu zbiorowego w ramach długookresowego kontraktu.

8.5. 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 nie występują zmienne krytyczne.

Tabela 28. Wyznaczenie zmiennych krytycznych w analizie wrażliwości

Zmienna	Zmiana zmiennej	Wartość FNPV/C	Zmiana	Wartość ENPV	Zmiana
Wartość bazowa (wariant W_1a)		-834 283,55 zł	-	3 886 222,17 zł	-
Nakłady inwestycyjne	1%	-849 059,60 zł	-1,8%	3 906 101,87 zł	-0,5%
Koszty operacyjne	1%	-830 751,05 zł	0,4%	3 889 017,51 zł	-0,1%
Jednostkowe koszty ekonomiczne	1%	-834 283,55 zł	0,0%	3 899 783,03 zł	-0,3%
Wskaźnik emisyjności CO ₂ dla odbiorcy końcowego energii elektrycznej	-1%	-834 283,55 zł	0,0%	3 890 194,36 zł	-0,1%
Wskaźnik emisyjności SO ₂ dla odbiorcy końcowego energii elektrycznej	-1%	-834 283,55 zł	0,0%	3 886 348,36 zł	0,0%

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

8.6. ANALIZA RYZYKA

Oprócz analizy wrażliwości przeprowadzono również jakościową analizę ryzyka, która przedstawia charakterystykę sytuacji zakłócających 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 *Niebieską Księgą. Sektor Transportu Publicznego w miastach, aglomeracjach, regionach* 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. Mogą również wystąpić opóźnienia 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.	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).		
R3	Opóźnienia związane z podłączeniem do sieci dystrybucyjnych.		
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.		

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
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.
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 lub ceny wodoru.	Niższa efektywność inwestycji w autobusy elektryczne.
R14	Ryzyka klimatyczne (mrozy, powódzie itp.).	Warunki meteorologiczne.	Konieczność wykorzystania taboru zastępczego (o konwencjonalnym napędzie) lub niepełna obsługa linii przez

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
			autobusy elektryczne akumulatorowe, zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R15	Ryzyko nieznaności 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 dotadowywania w określonym przedziale czasowym), zaburzenie funkcjonowania systemu komunikacji zbiorowej.
R17	Przerwa w dostawie prądu.	Awaryjne zasilanie, zwiększone pobory energii w mieście wymuszające czasowe wyłączenie dostaw dla poszczególnych dzielnic.	
R18	Uszkodzenia sieci zasilającej stację ładowania.	Przerwanie sieci zasilającej stację ładowania w wyniku wykonywania innych robót budowlanych.	
R19	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność częstszej wymiany.	Wada fabryczna pakietów baterijnych, 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 osiągnięcia 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 oraz Unii Europejskiej.	Zagrożenie trwałości finansowej. Opóźnienia w realizacji inwestycji w autobusy zeroemisyjne a także przesunięcia w czasie osiągnięcia
R22	Dostępność środków krajowych na finansowanie kosztów operacyjnych.		

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

L.p.	Kategoria ryzyka / czynniki ryzyka	Przyczyna	Skutek
R23	Wzrost kosztów finansowania.	Wzrost stopy procentowej i oprocentowania kredytów.	zakładanych efektów realizacji inwestycji.
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 Miejska Tczew, na podstawie ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, jest zobligowana do opracowania 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 (W_0 – 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 1a (W_1a – 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, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO 6.

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 Tczewie:

- od 1 stycznia 2025 r. – 6 pojazdów (tj. udział 20%);
- od 1 stycznia 2028 r. – 9 pojazdów (tj. udział 30%).

Przeprowadzona analiza finansowo-ekonomiczna wykazała ujemną wartość wskaźnika efektywności finansowej w wariantach W_1. Oznacza to, że inwestycja w autobusy elektryczne akumulatorowe jest nieopłacalna pod względem finansowym.

W wyniku analizy społeczno-ekonomicznej obliczono wskaźniki efektywności ekonomicznej, które dodatnie wartości w wariancie W_1, wskazując na zasadność ekonomiczną inwestycji.

Pozytywny wynik analizy wskazuje, że musi zostać spełniony ustawowy obowiązek dotyczący udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację publiczną przez najbliższe 36 miesięcy, tj. do sporządzenia następnej analizy. Niemniej oczekująca na publikację nowelizacja ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych zniesie ustawowy obowiązek dotyczący określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie obsługującej komunikację miejską po 2024 i 2027 roku. Warto dodać, że wynik analizy wskazuje, iż w miarę możliwości powinno się przyspieszyć wymianę części autobusów zasilanych olejem napędowym charakteryzujących się wysokim zużyciem paliwa na nowe autobusy elektryczne. Ponadto przyjęty model ładowania w projekcie „Zakup autobusów elektrycznych i budowa stacji ładowania z pantografem dla Gminy Miejskiej Tczew” poprzez stacje pantografowe powoduje ograniczenie kosztów inwestycyjnych ze względu na brak zakupu ładowarek plug-in oraz kosztów eksploatacyjnych (brak konieczności ponoszenia dodatkowych kosztów serwisowania ładowarek plug-in oraz zamawiania dodatkowej zapewnionej mocy dla ładowarek), co pozytywnie wpływa na wynik analizy. Przy zakładanej liczbie pojazdów, pojemności akumulatorów trakcyjnych oraz liczbie ładowarek konieczne będzie przygotowanie harmonogramu ładowania pojazdów dostosowanego do rozkładów jazdy, aby uniknąć całkowitego rozładowania pojazdów lub blokowania stanowiska ładowania pomiędzy poszczególnymi zadaniami przewozowymi. Przyjęty model ładowania jest też możliwy dzięki funkcjonowaniu sieci komunikacyjnej w oparciu o dwa przystanki końcowe dla wszystkich linii komunikacyjnych.

Załącznik A Opis aktualnego stanu taboru autobusowego

Pojazdy według długości i klasy pojemnościowej

MINI	MIDI	MAXI	MEGA15	MEGA18
Operatorzy zewnętrzni				
0	0	29	0	2

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

Klasa pojemnościowa
mini: do 8,99 m długości
midi: 9,00-10,99 m długości
maxi: 11,00-13,00 m długości
mega15: 13,01-16,00m długości
mega18: powyżej 16 m długości

Pojazdy według rodzaju napędu

ON	Hybryda	BEV	FCEV	Trolejbus	CNG	LNG	Inne
Operatorzy zewnętrzni							
31	0	0	0	0	0	0	0

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

Pojazdy według normy emisyjności

1 (lub brak normy)	2	3	4	5	EEV	6	EV
Operatorzy zewnętrzni							
0	0	0	0	31	0	0	0

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

Pojazdy według wieku

Do 5 lat	Od 6 do 10 lat	Od 11 do 15 lat	Ponad 15 lat
Operatorzy zewnętrzni			
0	0	11	20

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

ZAŁĄCZNIK B SPIS TABORU

Spis taboru

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega 15, mega 18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
1.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	35 190	38,68
2.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	56 493	39,52
3.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	68 289	40,09
4.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	62 844	41,72
5.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	79 194	39,77
6.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	67 434	42,07
7.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	77 532	43,15
8.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	68 772	37,22
9.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	60 213	41,65
10.	Mercedes 628 Conecto	ON	2010	EURO 5	MAXI	54 780	41,09
11.	Solaris Urbino 12	ON	2009	EURO 5	MAXI	59 337	44,25
12.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	30 027	38,38
13.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	57 693	48,29
14.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	52 044	46,83

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
15.	Solaris Urbino 12	ON	2008	EURO 5	MAXI	24 306	52,66
16.	Solaris Urbino 18	ON	2008	EURO 5	MEGA18	35 028	48,08
17.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	56 244	47,64
18.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	64 284	44,47
19.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	72 501	43,43
20.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	48 736	49,71
21.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	61 785	46,83
22.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	65 061	45,10
23.	Solaris Urbino 12	ON	2007	EURO 5	MAXI	28 605	46,81
24.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	35 469	46,57
25.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	38 553	43,26
26.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	26 554	45,38
27.	Solaris Urbino 12	ON	2006	EURO 5	MAXI	54 282	50,35
28.	Solaris Urbino 12	ON	2005	EURO 5	MAXI	59 757	44,82
29.	MAN Lion's City	ON	2005	EURO 5	MAXI	28 740	56,19

Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem autobusów zeroemisyjnych
do świadczenia usług komunikacji miejskiej

Lp.	Marka i model	Rodzaj napędu	Rok produkcji	Norma emisji EURO	Klasa/ długość (mini, midi, maxi, mega15, mega18)	Średni roczny przebieg autobusu w okresie 3 ostatnich lat	Realne, zmierzone zużycie paliwa na 100 km
30	MAN Lion's City	ON	2005	EURO 5	MAXI	38 718	60,41
31.	Mercedes O530 Citaro	ON	2005	EURO 5	MEGA18	36 981	65,17

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



ZAŁĄCZNIK C OPIS WARIANTÓW ORAZ NAKŁADY INWESTYCYJNE

Opis wariantów inwestycyjnych wymiany taboru autobusowego

Wariant inwestycyjny	Krótką nazwa wariantu (bazowy, elektryczny, wodorowy itp.)	Opis wariantu
Wariant 0 (W_0)	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 (W_1)	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, a także sukcesywne ponoszenie nakładów odtworzeniowych na pojazdy napędzane silnikami spalinowymi o normie emisji EURO 6.

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



Harmonogram wymiany floty

Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Wariant 0											
BEV – suma	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	10	-	-	-	-	-	-	-
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)	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-



Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	0,0	0,0	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3
Wariant 1											
BEV – suma	0	6	0	4	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	6	-	4	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
FCEV – suma	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
MINI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MIDI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MAXI	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA15	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
MEGA18	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-



Rok	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033
INNE (suma pojazdów z innymi napędami)	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-
Udział pojazdów zeroemisyjnych w całej flocie [%]	0,0	22,6	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3	32,3

Nakłady inwestycyjne na wymianę autobusów

Opis	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Nakłady [tys. PLN] Wariant 0	0	0	0	24 390,3	0	0	0	0	0	0	0	24 390,3
Nakłady [tys. PLN] Wariant 1	0	17 073,2	0	7 317,1	0	0	0	0	0	0	0	24 390,3

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

**Wartość inwestycji koniecznych dla rozwoju infrastruktury ładowania/tankowania dla pojazdów zeroemisyjnych w Wariantcie W_0
(stan na koniec roku – w tys. PLN)**

Nakłady	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Stacji transformatorowych z oprzyrządowaniem				825,7								825,7
Stacji ładowania pantografowych				1 686,6								1 686,6
Stacji ładowania wolnego												
Stacji ładowania szybkiego												
Stacji tankowania wodorem												
Inne												

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

**Wartość inwestycji koniecznych dla rozwoju infrastruktury ładowania/tankowania dla pojazdów zeroemisyjnych w Wariancie W_1
(stan na koniec roku – w tys. PLN)**

Opis	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	SUMA
Stacji transformatorowych z oprzyrządowaniem		825,7										825,7
Stacji ładowania pantografowych		1 686,6										1 686,6
Stacji ładowania wolnego												
Stacji ładowania szybkiego												
Stacji tankowania wodorem												
Inne												

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



ZAŁĄCZNIK D OCENA EFEKTÓW ŚRODOWISKOWYCH

Emisje w przypadku wariantu bazowego (W_0) w kg

Rodzaj zanieczyszczenia	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Suma 2023-2033
CO ₂	1 897 234,987	1 897 234,987	1 897 234,987	1 897 234,987	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	16 312 085,477
NO _X	14 602,090	14 602,090	14 602,090	14 602,090	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	57 563,054
NHMC/NMVOC	3 358,481	3 358,481	3 358,481	3 358,481	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	14 123,164
SO ₂	-	-	-	-	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	1 593,828
PM	146,021	146,021	146,021	146,021	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	806,353

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

Emisje w przypadku wariantu 1 (W_1) w kg

Rodzaj zanieczyszczenia	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	2033	Suma 2023-2033
CO ₂	1 897 234,987	1 897 234,987	1 772 089,445	1 772 089,445	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	1 517 197,217	16 061 794,394
NO _X	14 602,090	14 602,090	12 368,660	12 368,660	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	1 965,255	53 096,193
NHMC/NMVOC	3 358,48	3 358,481	2 817,130	2 817,130	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	578,246	13 040,462
SO ₂	-	-	113,845	113,845	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	227,690	1 821,517
PM	146,021	146,021	127,231	127,231	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	52,613	768,774

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