

**Analiza kosztów i korzyści
związanych z
wykorzystaniem przy
świadczeniu usług
komunikacji miejskiej
autobusów zeroemisyjnych
dla Gminy Miasta Gdańska**

*wersja do konsultacji
społecznych*



2021



**Zarząd
Transportu
Miejskiego
w Gdańsku**

Autorami analizy kosztów i korzyści dla Gminy Miasta Gdańska są członkowie zespołu specjalistów International Management Services sp. z o.o. z Krakowa oraz Gdańskiej Agencji Rozwoju Gospodarczego sp. z o.o.



Gdańska
Agencja Rozwoju
Gospodarczego

investGDA

Spis treści

Wykaz skrótów i definicji	5
1. Wstęp.....	7
1.1. Podstawa opracowania	7
1.2. Metodologia	8
2. Opis stanu aktualnego	9
2.1. Obszar objęty analizą	9
2.2. Lokalizacja i uwarunkowania geograficzne.....	9
2.3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego	11
2.3.1. Demografia.....	11
2.3.2. Gospodarka.....	11
2.4. Organizator i operatorzy publicznego transportu zbiorowego.....	12
2.5. System transportowy i sieć komunikacyjna	13
2.5.1. Układ drogowy.....	13
2.5.2. Transport kolejowy	14
2.5.3. Transport rowerowy	14
2.5.4. Transport wodny	15
2.5.5. Komunikacja miejska	16
3. Identyfikacja możliwych wariantów rozwoju taboru zeroemisyjnego	18
3.1. Wariant bazowy	19
3.2. Wariant W1 - tabor elektryczny.....	20
3.3. Wariant W2 - tabor wodorowy i elektryczny	21
3.4. Identyfikacja linii komunikacyjnych proponowanych do obsługi taborem zeroemisyjnym wraz z lokalizacją infrastruktury ładowania	23
4. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi	25
5. Analiza finansowo-ekonomiczna.....	28
5.1. Metodyka analizy.....	28
5.2. Nakłady inwestycyjne	29
5.3. Koszty operacyjne.....	31
5.4. Przychody	33

5.5. Kalkulacja poziomu dofinansowania	33
5.6. Podsumowanie analizy finansowo-ekonomicznej.....	33
5.7. Trwałość finansowa operatora	36
6. Analiza społeczno-ekonomiczna	37
6.1. Metodyka analizy.....	37
6.2. Korekta przepływów finansowych	37
6.3. Koszty i korzyści ekonomiczne	38
6.4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej	39
7. Analiza wrażliwości.....	40
7.1. Analiza wrażliwości dla wskaźników ekonomicznej efektywności projektu .	40
8. Analiza ryzyka.....	42
9. Identyfikacja potencjalnych źródeł finansowania inwestycji taborowych	49
10. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski.....	50
Spis tabel.....	53
Spis rysunków.....	54
Załączniki	55

Wykaz skrótów i definicji

AKK, Analiza	Analiza kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych oraz innych środków transportu, w których do napędu wykorzystywane są wyłącznie silniki, których cykl pracy nie powoduje emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji.
Autobus zeroemisyjny	Autobus w rozumieniu art. 2 pkt 41 Prawa o ruchu drogowym, wykorzystujący do napędu energię elektryczną wytworzoną z wodoru w zainstalowanych w nim ogniwach paliwowych lub wyłącznie silnik, którego cykl pracy nie prowadzi do emisji gazów cieplarnianych lub innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych, o którym mowa w ustawie z dnia 17 lipca 2009 r. o systemie zarządzania emisjami gazów cieplarnianych i innych substancji oraz trolejbus w rozumieniu art. 2 pkt 83 ustawy Prawo o ruchu drogowym.
CUPT	Centrum Unijnych Projektów Transportowych - jednostka budżetowa podległa ministrowi właściwemu ds. transportu, zarządzająca funduszami pochodzącymi z Unii Europejskiej, przeznaczonymi na wspieranie inwestycji infrastrukturalnych m.in. w obszarze transportu drogowego i miejskiego.
GAiT	Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o.
GMG	Gmina Miasta Gdańska
Obszar objęty analizą	Gmina Miasta Gdańsk i gminy na terenie których Gmina Miasta Gdańska organizuje autobusowe linie komunikacyjne w publicznym transporcie zbiorowym, zgodnie z wykazem znajdującym się w rozdziale 2.1.
Operator	Samorządowy zakład budżetowy lub 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) zgodnie z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 1371 z późn. zm.)

Organizator	Organizator publicznego transportu zbiorowego - Gmina Miasta Gdańska, w imieniu której działa Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku - właściwa jednostka budżetowa, zapewniająca funkcjonowanie publicznego transportu zbiorowego na danym obszarze.
PTZ	Publiczny Transport Zbiorowy
Plan transportowy	<i>Plan zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Gdańska na lata 2014-2030</i> przyjęty uchwałą Rady Miasta Gdańska nr XLIX/1104/14 z dnia 27 lutego 2014 r.
Strategia elektromobilności	<i>Strategia rozwoju elektromobilności w Gdańsku do roku 2035</i> przyjęta uchwałą Rady Miasta Gdańska nr XXVIII/716/20 z 24.09.2020 r.
Ustawa	Ustawa z 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 110, 1093 z późn. zm.)
VAT	Podatek od towarów i usług
wzkm	wozo-kilometr - jednostka miary pracy przewozowej pojazdów transportu publicznego, odpowiadająca sumarycznej długości trasy przejechanej przez pojazdy w określonej jednostce czasu
ZTM	Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku

1. Wstęp

1.1. Podstawa opracowania

Przedmiotowa analiza została sporządzona na potrzeby spełnienia obowiązków wynikających z ustawy z 11 stycznia 2018 r. o elektromobilności i paliwach alternatywnych (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 110 z późn. zm.). W myśl art. 37 ustawy, każda jednostka samorządu terytorialnego, w której liczba mieszkańców przekracza 50 000, jest zobligowana do sporządzenia co 36 miesięcy analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem, przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej, autobusów zeroemisyjnych (...).

Natomiast zgodnie z art. 36 ustawy, każda jednostka samorządu terytorialnego, o której mowa powyżej, świadcząc lub zlecając usługę komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 1371 z późn. zm.), musi zapewnić odpowiedni udział autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów na obszarze tej jednostki. W przypadku Gminy Miasta Gdańska obszarem tym jest miasto oraz gminy z którymi GMG zawarła porozumienia międzygminne czyli Gmina Miejska Sopot, Gmina Miejska Pruszcz Gdański, Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo, Gmina Wiejska Pruszcz Gdański, Gmina Miasta Gdyni oraz Gmina Wiejska Kolbudy. Określony w dokumencie udział autobusów zeroemisyjnych wynosi 30% i musi zostać osiągnięty do 1 stycznia 2028 r., niemniej jednak ustawa obliuguje gminy do osiągnięcia udziału autobusów zeroemisyjnych w ogólnej strukturze taboru stopniowo:

- 5% od 1 stycznia 2021 r.;
- 10% od 1 stycznia 2023 r.;
- 20% od 1 stycznia 2025 r.

Obowiązek ten dotyczy wszystkie JST powyżej 50 000 mieszkańców, chyba że przeprowadzona w ramach AKK analiza społeczno-ekonomiczna, uwzględniająca wycenę kosztów i korzyści związanych z emisją szkodliwych substancji, wskaże na brak korzyści z wykorzystywania autobusów zeroemisyjnych.

Oprócz analizy społeczno-ekonomicznej, AKK musi zawierać także takie elementy jak analizę finansowo-ekonomiczną oraz oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi.

Ponadto, ustawa z 11 stycznia 2018 r. zobowiązuje do udziału społeczeństwa w opracowaniu analizy, zgodnie z ustawą z 3 października 2008 r. o udostępnianiu informacji o środowisku i jego ochronie, udziale społeczeństwa w ochronie środowiska oraz o ocenach oddziaływania na środowisko (tekst jednolity Dz.U. z 2021 r. poz. 247 z późn. zm.). W analizie kosztów i korzyści muszą zostać uwzględnione wnioski z konsultacji społecznych.

Ustawa mówi również o konieczności aktualizacji planu transportowego w oparciu o wyniki analizy kosztów i korzyści.

Gmina Miasta Gdańska w 2018 r. zleciła opracowanie pierwszego dokumentu o charakterze analizy kosztów i korzyści związanych z wykorzystaniem przy świadczeniu usług komunikacji miejskiej autobusów zeroemisyjnych. Z przeprowadzonej analizy wynikało, że zakup i eksploatacja taboru elektrycznego lub zasilanego wodorem, nie są opłacalne ze społeczno-ekonomicznego punktu widzenia. Tym samym GMG nie była zobligowana do osiągnięcia pierwszego wymaganego ustawą progu dot. udziału autobusów zeroemisyjnych.

Przedmiotowe opracowanie jest zatem *de facto* aktualizacją pierwotnie przeprowadzonej analizy, która uwzględnia m.in. zmiany na sieci komunikacyjnej, popyt i podaż na usługi w PTZ na obszarze objętym analizą oraz zrealizowane i planowane w najbliższych latach inwestycje w zakresie elektromobilności. Analiza uwzględnia również aktualne założenia dotyczące nakładów inwestycyjnych oraz kosztów jednostkowych pracy przewozowej dla taboru o różnych źródłach zasilania, a także zaktualizowane stawki jednostkowych kosztów i korzyści ekonomicznych (w tym m.in. dot. emisji niskiej oraz zmian klimatu).

Dokument został opracowany zgodnie z umową z 26.04.2021 r. zawartą pomiędzy Gdańską Agencją Rozwoju Gospodarczego sp. z o.o. a International Management Services sp. z o.o. na zlecenie GMG.

1.2. Metodologia

Z uwagi na brak szczegółowych wytycznych związanych z metodyką sporządzania niniejszej analizy kosztów i korzyści do których odwoływałaby się ustawa, przedmiotowe opracowanie zostało sporządzone na podstawie praktycznych źródeł, w tym: podręczników i wytycznych opublikowanych lub rekomendowanych przez instytucje zajmujące się oceną projektów transportowych, współfinansowanych m.in. ze środków UE. Opisują one sposób sporządzenia analizy kosztów i korzyści, której celem jest m.in. wykazanie, że projekt pod względem kryteriów społeczno-ekonomicznych wykazuje wystarczające korzyści, aby mógł w określonej proporcji podlegać dofinansowaniu ze środków strukturalnych. Oznacza to, że projekt po uwzględnieniu wszystkich kosztów i korzyści jest z ekonomicznego i społecznego punktu widzenia opłacalny, a więc spełnia te same kryteria co analiza wymagana ustawą o elektromobilności i paliwach alternatywnych.

Z tego względu niniejszą analizę opracowano w oparciu o dotychczasowe doświadczenia przy sporządzaniu AKK dla projektów transportowych realizowanych ze środków UE, z uwzględnieniem m.in. poniższych wytycznych i publikacji:

- Niebieska Księga dla sektora transportu publicznego”, Jaspers, nowa edycja sierpień 2015;

- „Wytyczne w zakresie dofinansowania z programów operacyjnych podmiotów realizujących obowiązek świadczenia usług publicznych w transporcie zbiorowym”, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego (MIR/H/2014-2020/30(1)/10/2014), październik 2015;
- „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, MliR, styczeń 2019;
- „Najlepsze praktyki w analizach kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków unijnych”, Publikacja współfinansowana ze środków Funduszu Spójności w ramach pomocy technicznej programu „Infrastruktura i Środowisko”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa, grudzień 2014 r.;
- „Analiza kosztów i korzyści projektów transportowych współfinansowanych ze środków Unii Europejskiej. Vademecum Beneficjenta”, Centrum Unijnych Projektów Transportowych, Warszawa, 2016 r.
- Strona internetowa CUPT: <https://www.cupt.gov.pl/> w tym m.in. aktualne tablice kosztów jednostkowych uwzględniające prognozy makroekonomiczne Ministerstwa Finansów z lipca 2020 r.

W toku prac nad przedmiotową analizą uwzględniono także zapisy dokumentów o charakterze strategicznym i planistycznym Gminy Miasta Gdańska, a w szczególności „Planu zrównoważonego rozwoju publicznego transportu zbiorowego dla Miasta Gdańska na lata 2014-2030” oraz „Strategii rozwoju elektromobilności w Gdańsku do roku 2035”.

2. Opis stanu aktualnego

2.1. Obszar objęty analizą

Ze względu na fakt, że linie komunikacyjne organizowane przez ZTM obejmują swoim zasięgiem miasto Gdańsk oraz gminy, z którymi GMG zawarła porozumienia międzygminne, czyli Gminę Miejską Sopot, Gminę Miejską Pruszcz Gdański, Gminę Miejsko-Wiejską Żukowo, Gminę Wiejską Pruszcz Gdański, Gminę Miasta Gdyni oraz Gminę Wiejską Kolbudy, przedmiotowa analiza AKK dotyczyć będzie całego wymienionego obszaru. Niemniej jednak ze względu na to, że przewozy organizowane poza obszarem Gdańska stanowią jedynie ok. 5% całej pracy przewozowej zlecaniej operatorom, analiza otoczenia społeczno-gospodarczego dotyczyć będzie obszaru obejmującego Gdańsk, co oddaje ogólny charakter całego obszaru, na którym ZTM pełni funkcję organizatora publicznego transportu zbiorowego.

2.2. Lokalizacja i uwarunkowania geograficzne

Gdańsk ma powierzchnię 263,44 km² i zajmuje siódme miejsce pod względem powierzchni w Polsce. Miasto jest stolicą województwa pomorskiego oraz miastem

centralnym Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot. Administracyjnie Gdańsk jest miastem na prawach powiatu.

Położenie nad Morzem Bałtyckim oraz u ujścia Wisły sprawia, że Gdańsk pełni rolę ważnego węzła transportowego dla powiązań pomiędzy południową i północną częścią Europy. Wykorzystując przewagę wynikającą z położenia, miasto stało się również centrum turystycznym, kulturalnym, naukowym i gospodarczym w północnej Polsce.

Administracyjnie Gdańsk jest podzielony na 35 dzielnic.

Rysunek 1. Podział Gdańska na dzielnice



Źródło: <https://bip.gdansk.pl/urząd-miejski/podział-administracyjny-gdanska,a,647>, stan na 31.12.2020 r.

Charakter miasta pod względem urbanistycznym jest zróżnicowany, rozległy, wzbożony zabytkami, terenami zielonymi oraz rezerwatami przyrody. Atuty te doceniają turyści krajowi i zagraniczni, którzy corocznie chętnie odwiedzają okolice Trójmiasta oraz sam Gdańsk. Sezon turystyczny w Gdańsku nie kończy się wraz z nadejściem jesieni. W 2019 r. Gdańsk odwiedziło 3,5 mln gości. Na tę liczbę składa się ponad 2,2 mln turystów (osób, które spędziły w mieście min. 1 noc) oraz blisko 1,3 mln odwiedzających (osób, które nie nocowały).¹

Ośrodkami o znaczeniu metropolitalnym, a w tym miejskim i dzielnicowym, są ośrodki w Śródmieściu, we Wrzeszczu i w Oliwie. Łączą się one w tzw. Centralne Pasma Usługowe, czyli największą koncentrację usług w Gdańsku, powstałą wzdłuż głównego

¹ Wg. badań przeprowadzonych przez Gdańską Organizację Turystyczną (GOT) oraz Pomorski Instytut Naukowy im. prof. Brunona Synaka.

ciągu transportowego. Struktura ta ma kontynuację w Sopocie i Gdyni, i wynika ze specyficznego usytuowania strefy funkcjonalnego śródmieścia Trójmiasta.

Strukturę funkcjonalno-przestrzenną Gdańska w dużym stopniu determinuje ukształtowanie terenu. Wyodrębnić można dwa obszary różniące się geomorfologicznie: **tzw. dolny i górny taras**, które oddziela krawędź wysoczyzny, w części północnej porośniętej lasami Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego co ma wpływ na różnice wysokości względnych pokonywanych przez pojazdy w mieście, które przewyższają 100 m.

2.3. Analiza otoczenia społeczno-gospodarczego

2.3.1. Demografia

Gdańsk liczy 470 805 mieszkańców (dane na 31.12.2020 r.) i zajmuje szóste miejsce w Polsce pod względem liczby ludności. Liczba mieszkańców miasta nieznacznie wzrosła tj. o 4 174 względem roku 2018 r. Gęstość zaludnienia wynosi 1 787,1 osób/m².

Zgodnie z prognozami demograficznymi, w 2030 r. liczba ludności w Gdańsku będzie utrzymywać się na zbliżonym poziomie. Szacuje się, że liczba ta będzie oscylować na poziomie ok. 472,4 tys. mieszkańców.

2.3.2. Gospodarka

Miasto pełni funkcję głównego ośrodka biznesowego, administracyjnego i usługowego regionu.

W Gdańsku znajduje się największy polski port morski, będący spoiwem Transeuropejskiego Korytarza Transportowego łączącego kraje skandynawskie z południowo-wschodnią Europą. Naturalne zalety portu sprawiają, iż znajduje się on na trzecim miejscu w basenie Morza Bałtyckiego pod względem tonażu przeładunków.

Oprócz handlu morskiego, ważną gałęzią gospodarki są usługi (np. turystyka, hotelarstwo), branża wystawiennicza, handel (liczne centra handlowe) czy też budownictwo.

Znajdujący się w dzielnicy Matarnia Port Lotniczy Gdańsk im. Lecha Wałęsy, jest trzecim (po Warszawie i Krakowie) pod względem wielkości ruchu pasażerskiego portem lotniczym w Polsce.

Bezrobocie rejestrowane w Gdańsku wynosiło w 2020 roku 3,5% (3,8% wśród kobiet i 3,2% wśród mężczyzn), dla porównania w skali kraju stopa bezrobocia wyniosła ok. 6%. Wśród aktywnych zawodowo mieszkańców Gdańska, ok. 31,5% pracuje w sektorze usługowym, 20% w sektorze przemysłowym i budownictwie, 6,5% w sektorze finansowym, a zaledwie 0,7% w sektorze rolniczym (w tym rybactwo).

W Gdańsku w roku 2020 w rejestrze REGON zarejestrowanych było 83 070 podmiotów gospodarki narodowej, z czego 56 284 stanowiły osoby fizyczne prowadzące działalność gospodarczą.

2.4. Organizator i operatorzy publicznego transportu zbiorowego

Zgodnie z ustawą o publicznym transporcie zbiorowym, **organizatorem** PTZ na danym obszarze jest właściwa jednostka samorządu terytorialnego, która zapewnia jego funkcjonowanie na tym obszarze.

Za prawidłowe funkcjonowanie komunikacji autobusowej i tramwajowej na terenie miasta odpowiedzialny jest **Zarząd Transportu Miejskiego w Gdańsku (ZTM)**. Głównym zadaniem ZTM jest organizacja przewozów komunikacji miejskiej w Gdańsku - oraz na mocy podpisanych porozumień - w sześciu sąsiednich gminach.

Ustawa o publicznym transporcie zbiorowym określa również sposób wyboru **operatora** publicznego transportu zbiorowego. Zgodnie z definicją zawartą w ustawie, operatorem jest samorządowy zakład budżetowy oraz przedsiębiorca uprawniony do prowadzenia działalności gospodarczej w zakresie przewozu osób, który zawarł z organizatorem publicznego transportu zbiorowego umowę o świadczenie usług w zakresie publicznego transportu zbiorowego, na linii komunikacyjnej określonej w umowie.

Aktualnie w zakresie przewozów tramwajowych ZTM zleca usługi jedynie operatorowi wewnętrznemu, tj. Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o., natomiast w zakresie przewozów autobusowych rolę operatora pełni zarówno GAI T jak i BP Tour.

GAI T jest przedsiębiorstwem komunalnym użyteczności publicznej, działającym w formie spółki z ograniczoną odpowiedzialnością. Spółka kontynuuje tradycję komunikacji miejskiej w Gdańsku sięgającą 1873 roku. Od 1 stycznia 2004 roku zakład budżetowy ZKM Gdańsk w wyniku restrukturyzacji został przekształcony w Zakład Komunikacji Miejskiej w Gdańsku Spółka z o.o. i obecnie pełni funkcje wykonawcy usług w komunikacji miejskiej. W 2017 roku ZKM w Gdańsku sp. z o.o. zmienił nazwę na Gdańskie Autobusy i Tramwaje sp. z o.o.

Od 1 stycznia 2009 roku Spółka działa na rynku regulowanym w oparciu o wieloletnią umowę na świadczenie usług przewozowych (komunikacja autobusowa i tramwajowa) zawartą z Gminą Miasta Gdańska, w której imieniu działa ZTM.

Aktualnie Spółka realizuje usługi w zakresie miejskich przewozów autobusowych na podstawie Umowy nr 107/ZTM/2016 o świadczenie usług w zakresie autobusowego lokalnego transportu zbiorowego na terenie Gminy Miasta Gdańska w latach 2017-2026, zawartej 30 grudnia 2016 r.

Z kolei firma BP Tour pełni funkcję operatora na podstawie umowy na świadczenie usług w przewozach w komunikacji miejskiej w Gdańsku w latach 2017-2025 nr 35/ZTM/2017 z 27 kwietnia 2017 r.

2.5. System transportowy i sieć komunikacyjna

W skład systemu transportowego miasta wchodzi następujące podsystemy transportowe: drogowy, kolejowy z wydzieloną szybką koleją miejską, wodny, lotniczy, tramwajowy (szynowy), autobusowy, rowerowy oraz pieszy. Ponadto system transportowy miasta uzupełniają urządzenia transportu osobistego i hulajnogi elektryczne, które są coraz częściej wykorzystywane przez podróżnych, szczególnie w obszarze tzw. „ostatniej mili”. Podsystemy te są zintegrowane poprzez węzły przesiadkowe umiejscowione na stacjach kolejowych, przystankach SKM i PKM, przy kompleksie handlowym Forum Gdańsk oraz porcie lotniczym i morskim.

Stosunkowo nowym elementem systemu transportowego są zintegrowane węzły przesiadkowe, które wybudowano na terenie całego Obszaru Metropolitalnego Gdańsk-Gdynia-Sopot. Umożliwiają one dogodną, bezpieczną, szybką i sprawną zmianę środka transportu. Do podstawowych elementów węzłów przesiadkowych należą m.in. parkingi „Park and Ride”, przystanki, stojaki i wiaty rowerowe, punkty sprzedaży biletów oraz inteligentne systemy informacji pasażerskiej. Na terenie Gdańska funkcjonuje 17 takich obiektów. Niektóre z nich skupiają w jednym miejscu wszystkie formy transportu publicznego: autobusy, tramwaje oraz pociągi.

2.5.1. Układ drogowy

Głównymi kierunkami przemieszczania się mieszkańców są ciągi transportowe przebiegające w osi północ - południe. Na główny ciąg uliczny, biegnący od południowej granicy miasta do granicy z Sopotem, składają się ulice: Trakt św. Wojciecha, Okopowa, Wały Jagiellońskie, Podwale Grodzkie, Błędnik, al. Zwycięstwa, al. Grunwaldzka.

W wyniku zagospodarowywania w latach 70-tych. ubiegłego wieku terenów przymorskich wykształciła się druga oś transportowa dolnego tarasu. Składają się na nią: ul. Chłopska, al. Rzeczypospolitej, a także zrealizowana w latach 30-tych. XX wieku al. Legionów.

Trzecim ciągiem transportowym przebiegającym w kierunku północ-południe jest al. Kazimierza Jagiellończyka pełniąca funkcję Zachodniej Obwodnicy Trójmiasta. Rozpoczyna się ona na węźle z autostradą A1 w gminie Pruszcz Gdański, następnie okrążając Gdańsk od zachodu przez lasy Trójmiejskiego Parku Krajobrazowego, prowadzi w kierunku Gdyni. Istotnym połączeniem w linii północ-południe jest również ciąg: al. V. Havla, ul. Łostowicka, ul. Nowolipie, ul. Rakoczego, ul. Potokowa oraz ciąg: ul. Rakoczego, ul. Bulońska, al. P. Adamowicza. Po realizacji Trasy Sucharskiego i tunelu pod Martwą Wisłą trasy te wraz z al. Macieja Płazyńskiego i ul. Czarny Dwór stały się ważnym połączeniem międzydzielnicowym.

Ponadto istotnymi ciągami transportowymi miasta są ul. Słowackiego i al. Żołnierzy Wyklętych, stanowiące połączenie w osi wschód-zachód oraz ul. Spacerowa, pełniąca funkcję łącznika pomiędzy dzielnicą Oliwa a Osowa.

W mieście wprowadzono Strefę Ograniczonego Dostępu (SOD) obowiązującą w Głównym Mieście oraz strefy uspokojonego ruchu, które są sukcesywnie powiększane i obejmują obecnie ok. 65% ulic Gdańska.

Na sieć Gdańska składa się 972 km dróg, w tym 933 km dróg publicznych, a wśród nich drogi: [km]

- ekspresowe: 22,4;
- krajowe: 33,1;
- wojewódzkie: 59,0;
- powiatowe: 166,2;
- gminne: 652,4.²

Funkcję zarządcy dróg publicznych w Gdańsku (z wyłączeniem autostrad i dróg ekspresowych) pełni miejska jednostka budżetowa **Gdański Zarząd Dróg i Zieleni (GZDiZ)**. GZDiZ wykonuje (lub zleca) roboty interwencyjne, utrzymaniowe i zabezpieczające istniejącą infrastrukturę drogową. Jednostka odpowiada także m.in. za zarządzanie infrastrukturą tramwajową i autobusową, budowę i utrzymanie oświetlenia ulic i drogowych obiektów inżynierskich oraz terenów zieleni.

2.5.2. Transport kolejowy

Główną funkcję komunikacyjną w transporcie północ-południe w aglomeracji trójmiejskiej pełni Szybka Kolej Miejska (SKM). Dopelnieniem linii SKM jest Pomorska Kolej Metropolitalna (PKM) wyprowadzająca ruch kolejowy w kierunku zachodnim na liniach kolejowych nr 248 Gdańsk Wrzeszcz - Gdańsk Osowa oraz nr 253 Gdańsk Osowa - Gdańsk Rębiechowo. Ponadto podróżni posiadający bilety okresowe (miesięczne i semestralne) emitowane przez ZTM mogą podróżować na obszarze Gdańsk Lipce - Gdańsk Wrzeszcz (Gdańsk Osowa) - Gdańsk Oliwa pociągami POLREGIO.

Na terenie miasta funkcjonują trzy osobowe dworce kolejowe: Gdańsk Główny, Gdańsk Wrzeszcz i Gdańsk Oliwa oraz 19 stacji i przystanków SKM i PKM³. Stacje we Wrzeszczu oraz w Gdańsku Głównym stanowią główne węzły przesiadkowe integrujące pasażerskie linie kolejowe z pozostałymi środkami transportu.

2.5.3. Transport rowerowy

Sieć tras rowerowych w Gdańsku liczy łącznie 838,4 km. W skład tras rowerowych wchodzi m.in.:⁴

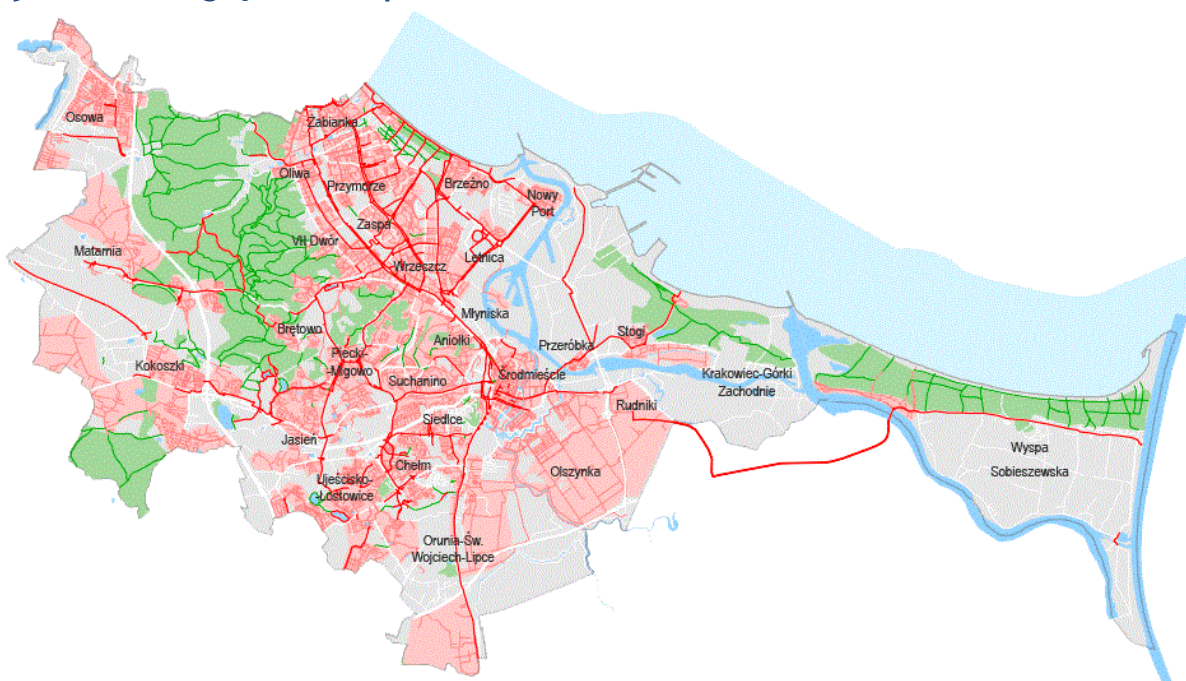
² Referat Badań i Analiz Społeczno-Gospodarczych, UMG na podstawie danych GZDiZ oraz GDDKiA - Oddział w Gdańsku, dane za 2020 r.

³ W tym Gdańsk Stadion Expo, uruchamiany incydentalnie, kiedy rozgrywane są mecze lub inne wydarzenia organizowane na terenie stadionu.

⁴ <https://www.rowerowygdansk.pl/mapa-rowerowa>, aktualizacja mapy: 26 marca 2021 r., aktualizacja danych: 9 czerwca 2021 r.

- ulice z uspokojonym ruchem, o dopuszczalnej prędkości maksymalnej nie większej niż 30 km/h (616,9 km, tj. ok. 60% ulic w Gdańsku);
- wydzielone drogi rowerowe (130,4 km);
- kontraruch - ulice jednokierunkowe z dopuszczonym ruchem rowerów "pod prąd" (57,1 km, tj. 235 ulic);
- chodniki z dopuszczonym ruchem rowerów (38,1 km);
- ciągi pieszo-rowerowe z pierwszeństwem pieszych (22,8 km);
- ciągi pieszo-jezdne (14,7 km).

Rysunek 2. Poglądowa mapa rowerowa Gdańska



Źródło: <http://www.rowerowygdansk.pl/>

Gdańsk od lat inwestuje w rozwój infrastruktury rowerowej oraz prowadzi działania informacyjno-promocyjne zachęcające mieszkańców do korzystania z tego środka transportu. Od 2012 roku w mieście obowiązują standardy techniczne oraz zasady planowania, projektowania i organizacji ruchu rowerowego na drogach publicznych i wewnętrznych.

Obecnie Gdańsk nie posiada systemu roweru miejskiego.

2.5.4. Transport wodny

W skład transportu wodnego wchodzi połączenia na obszarze Morza Bałtyckiego oraz sezonowo powiązania w rejonie Zatoki Gdańskiej i wybrzeża środkowego.

Transport wodny ma duże znaczenie dla rozwoju turystyki w regionie oraz przewozu ładunków towarowych. Jego charakter jest w znacznej mierze sezonowy (w okresie od maja do końca września). Do końca sezonu w 2019 r. ZTM organizował, a Żegluga Gdańska realizowała przewozy na dwóch liniach Gdańskiego Tramwaju Wodnego:

- Linia F5: Żabi Kruk - Westerplatte - Brzeźno;
- Linia F6: Targ Rybny - Narodowe Centrum Żeglarstwa.

W 2020 r. z powodu pandemii COVID-19 zawieszono funkcjonowanie tramwaju wodnego, a ostatecznie w 2021 r. ZTM zrezygnował z realizacji usług w tym zakresie. Obecnie rejsy są świadczone jedynie komercyjnie.

2.5.5. Komunikacja miejska

2.5.5.1. Sieć komunikacyjna

Na sieć infrastruktury tramwajowej w Gdańsku składa się 63 km torowisk oraz w sumie 155 km linii, eksploatowanych w ramach 10 stałych i 2 sezonowych linii tramwajowych.

Z kolei na sieć komunikacji autobusowej Gdańska składają się 64 linie dzienne i 10 linii nocnych, w tym na 57 liniach dziennych i 10 liniach nocnych operatorem jest GAIT, natomiast na 25 liniach dziennych i 1 linii nocnej operatorem jest firma BP Tour.⁵ Cała sieć to w sumie 1 065 km linii, z czego 716 km to linie dzienne.

Tabela 1. Autobusowa praca przewozowa zlecana przez ZTM na terenie poszczególnych gmin [wzkm]

Gmina	2018	2019	2020
Gmina Miasta Gdańska	16 449 601,87	17 345 562,89	17 137 587,94
Gmina Miejska Sopot	301 989,64	291 123,92	270 087,28
Gmina Miejska Pruszcz Gdański	587 315,26	592 161,88	645 646,80
Gmina Wiejska Pruszcz Gdański	25 171,30	25 175,10	39 665,00
Gmina Miejsko-Wiejska Żukowo	171 247,18	180 842,65	182 436,52
Gmina Miasta Gdyni	1 827,0	1 809,60	1 809,60
Gmina Wiejska Kolbudy	114 271,14	148 792,15	149 937,38
Razem:	17 651 423,39	18 585 468,19	18 427 170,52

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych ZTM

Popyt na usługi w ramach publicznego transportu zbiorowego organizowanego przez ZTM wynosi ok. 175 mln pasażerów rocznie. Wyjątek stanowił rok 2020, w którym przez ograniczenia spowodowane pandemią COVID-19, przewieziono 112,3 mln

⁵ Niektóre linie autobusowe obsługiwane są wspólnie przez obu operatorów, ponadto na mocy porozumienia międzygminnego z Gminą Miasta Gdyni, przewoźnik PKM Gdynia sp. z o.o. obsługuje część zadania na linii 171.

pasażerów. W tym samym roku pojazdy komunikacji miejskiej na zlecenie ZTM w Gdańsku przejechały 32 369 tys. wzkm,

Planowana minimalna praca eksploatacyjna w 2021 r. w przewozach autobusowych wyniesie ok. 18 700 tys. wzkm, z czego ok. 83% zostanie zrealizowane przez GAIiT. Z kolei przewozy w trakcji tramwajowej zaplanowano na 14 727 tys. wzkm.⁶ Łącznie w ramach komunikacji miejskiej organizowanej przez ZTM w 2021 r. zaplanowano wzrost pracy przewozowej w stosunku do roku ubiegłego o ok. 3,5%

Do 2042 r. liczba planowanych wozokilometrów w komunikacji tramwajowej ZTM Gdańsk będzie dynamicznie rosła z powodu oddania do eksploatacji kolejnych nowych tras, budowanych w ramach gminnego programu rozwoju zrównoważonego transportu publicznego.

Planuje się, iż układ sieci komunikacyjnej będzie się zmieniać wraz z zmianami potrzeb pasażerów na usługi z zakresu przewozów o charakterze użyteczności publicznej, m.in. poprzez objęcie dostępem do komunikacji miejskiej nowopowstałych generatorów ruchu, szczególnie osiedli mieszkaniowych, wielkopowierzchniowych obiektów handlowo- usługowych i dużych zakładów pracy.

2.5.5.2. Tabor tramwajowy

Na tabor tramwajowy w Gdańsku składa się 141 składów, w tym wszystkie są przynajmniej częściowo niskopodłogowe. Codziennie po Gdańsku kursuje 118 składów. Tabor ten jest własnością operatora wewnętrznego Gminy - Spółki GAIiT.

Średni wiek wagonów to ok. 23 lata (dane na koniec 2020 r.), jednak jest on na bieżąco modernizowany. Około 60% obecnie eksploatowanych składów jest wyposażona w klimatyzację przestrzeni pasażerskiej.

2.5.5.3. Tabor autobusowy

Tabor autobusowy eksploatowany w Gdańsku w ramach PTZ to wyłącznie pojazdy napędzane silnikiem Diesla. Dotyczy to zarówno operatora wewnętrznego (GAIiT) jak i pozostałych. Jednak pojazdy te w znacznej części spełniają wysokie normy emisji spalin.

GAIiT eksploatuje 254 autobusy (stan na marzec 2021 r.), z czego blisko połowa, tj. 117 pojazdów spełnia najwyższą normę emisji Euro 6, natomiast 86 szt. to pojazdy z normą emisji Euro 5. Oznacza to, że prawie 80% całego taboru to autobusy niskoemisyjne. Uwzględniając flotę autobusów operatora BP Tour w liczbie 38 szt., która w całości spełnia normę emisji Euro 6, wskaźnik udziału niskoemisyjnych autobusów eksploatowanych na terenie Gdańska wynosi 83%.

⁶ Źródło: ZTM

Gdańskie autobusy to także pojazdy stosunkowo nowe. Średni wiek pojazdów eksploatowanych przez GAI T wynosi nieco ponad 8 lat, a całość taboru BP Tour to pojazdy 4 letnie (wyprodukowane w 2017 r). Inwestycje taborowe pozwoliły na wycofanie z eksploatacji najbardziej wysłużonych autobusów.

Biorąc pod uwagę klasę autobusów, ok. 40% taboru operatora GAI T to wielkopojemne pojazdy klasy MEGA o długości ok. 18 m, mieszczące od 140 do 180 osób, w tym nawet 49 na miejscach siedzących. Ponad połowa to 12-metrowe pojazdy klasy MAXI, mieszczące ok. 100 pasażerów. Pozostałe autobusy to pojazdy typu minibus lub midibus. Wśród pojazdów operatora BP Tour ponad połowa taboru to autobusy MEGA (22 szt.), natomiast pozostałe autobusy to pojazdy klasy MAXI (15 szt.) lub MIDI (1 szt.). Cała eksploatowana w Gdańsku flota jest wyposażona w klimatyzację.

Szczegółowy wykaz taboru z uwzględnieniem podstawowych danych technicznych znajduje się w załączniku nr 1 do Analizy.

3. Identyfikacja możliwych wariantów rozwoju taboru zeroemisyjnego

W rozdziale tym zaprezentowane zostaną analizowane scenariusze rozwoju taboru autobusowego eksploatowanego na sieci komunikacyjnej, dla której organizatorem jest Gmina Miasta Gdańska. Każdy scenariusz (wariant) analizowany będzie z punktu widzenia ZTM i przewoźników, z uwzględnieniem zasad organizacji komunikacji oraz polityki taborowej którymi kierują się te podmioty.

Z uwagi na przeznaczenie niniejszej analizy, warianty muszą charakteryzować się następującymi cechami:

- każdy wariant spełnia minimalne kryteria w myśl ustawy o elektromobilności i paliwach alternatywnych, dotyczące udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie pojazdów w danym roku; za autobus zeroemisyjny uznaje się zatem tylko autobusy elektryczne oraz autobusy napędzane energią z wodorowego ogniwa paliwowego,
- warianty są ze sobą porównywalne, każdy scenariusz uwzględnia zakup taboru i infrastruktury zapewniając podobne zdolności przewozowe⁷,
- analizowane różnice są mierzalne i możliwe do zdefiniowania oraz skwantyfikowania,
- warianty uwzględniają politykę transportową Gminy Miasta Gdańska.

⁷ Przy założeniu zakupu autobusów elektrycznych z możliwością uzupełniania magazynów energii pomiędzy kursami. Inwestycje polegające na wymianie taboru ON na elektryczny w stosunku 1:1 z powodzeniem realizują krajowi przewoźnicy, np. MPK w Poznaniu sp. z o.o. (37 szt.) lub MPK S.A. w Krakowie (50 szt.).

3.1. Wariant bazowy

Analiza wariantu bazowego posłuży oszacowaniu ponoszonych obecnie oraz w perspektywie najbliższych 15 lat nakładów inwestycyjnych na tabor oraz kosztów i korzyści społeczno-ekonomicznych, przy zachowaniu obecnych standardów i jakości w zakresie świadczonych usług w publicznym transporcie zbiorowym. W szczególności analizie poddany zostanie aspekt związany z emisją gazów cieplarnianych i innych substancji objętych systemem zarządzania emisjami gazów cieplarnianych.

W wariantcie tym zostaną wzięte pod uwagę aktualne parametry przewozów autobusowych, realizowanych w ramach publicznego transportu zbiorowego na sieci komunikacyjnej. Analiza uwzględni będzie zatem liczbę i rodzaj eksploatowanego taboru oraz wielkość pracy przewozowej planowanej przez Organizatora w najbliższych latach.

Podaż usług transportowych jest podyktowana planami rozwoju urbanistycznego Miasta Gdańska i gmin ościennych, co przełoży się na zwiększenie popytu w zakresie PTZ. Organizator kierując się zasadami polityki zrównoważonego rozwoju oraz efektywnością poszczególnych systemów transportowych, planuje rozwój komunikacji miejskiej głównie w oparciu o transport szynowy, natomiast autobusy będą pełnić rolę uzupełniającą. Zgodnie z tą strategią, w analizie przyjęto wzrost autobusowej pracy przewozowej w najbliższych latach o 1,5% r/r. W wariantach inwestycyjnych przyjęto tą samą wielkość pracy przewozowej w poszczególnych latach.

Po szczegółowej analizie taboru jakim dysponują przewoźnicy, zawartej w rozdziale 2.5 oraz uwzględniając główne kryterium polegające na utrzymaniu obecnych standardów i jakości usług przewozowych, wariant bazowy zakłada sukcesywną wymianę eksploatowanych autobusów na pojazdy niskoemisyjne o tradycyjnym źródle napędu, w liczbie odpowiadającej wymaganemu udziałowi autobusów zeroemisyjnych w poszczególnych latach. Jest to uzasadnione podejście, ponieważ tabor jakim dysponuje obecnie tylko największy przewoźnik na obszarze objętym analizą, tj. GAI T, będzie i tak wymagał wymiany ze względu na wiek i rosnące koszty eksploatacji. Uwzględniając te kryteria, przewoźnik będzie w perspektywie najbliższych 10 lat zmuszony do wymiany co najmniej takiej samej liczby taboru co udział autobusów zeroemisyjnych wymagany ustawą. Założenie to nie wskazuje natomiast na konieczność wymiany taboru tylko przez GAI T, ponieważ analiza odnosi się do całej floty jaką ZTM zleca usługi w ramach PTZ.

Liczba autobusów odpowiadająca określonej w ustawie udziałowi floty autobusów zeroemisyjnych w poszczególnych latach, przy założeniu utrzymania wielkości floty na obecnym poziomie, prezentuje zatem poniższa tabela.

Tabela 2. Liczba taboru przyjęta do wymiany w ramach analizy

Wyszczególnienie	Stan obecny	2021	2023	2025	2028
Tabor ogółem [szt.], w tym:	292	292	292	292	292
przyjęty do wymiany w ramach analizy - skumulowana [szt.]	0	15	30	59	88
Wymagany udział [%]	0%	5%	10%	20%	30%

Źródło: opracowanie własne, wymagany udział określony procentowo zaokrąglono do pełnych szt.

Z uwagi na fakt, że określony ustawą udział taboru dotyczy stanu na początek danego roku, nakłady inwestycyjne należy zaplanować co najmniej z rocznym wyprzedzeniem. Ponadto przyjęto założenie, że najbliższy próg udziału musi zostać osiągnięty w 2023 r., ponieważ GMG została zwolniona z osiągnięcia go w 2021 r. W związku z powyższym, harmonogram rzeczowy dla wariantu bazowego prezentuje się następująco.

Tabela 3. Liczba i rodzaj autobusów w wariantie bazowym

Wariant bazowy W0	Jednostka	2022	2024	2027	Razem
Harmonogram zakupu taboru ON EURO VI, w tym:	szt.	30	29	29	88
klasa MAXI:	szt.	18	17	17	52
klasa MEGA:	szt.	12	12	12	36

Źródło: opracowanie własne

Łącznie w ramach wariantu bazowego zakupionych zostanie 88 autobusów niskoemisyjnych o tradycyjnym źródle napędu z normą emisji spalin EURO VI, w tym 52 szt. autobusów klasy MAXI i 36 szt. klasy MEGA.

Uwzględnienie w wariantie bazowym zakupu wyłącznie autobusów o tradycyjnych źródłach napędu jest uzasadnione, z uwagi na brak realizowanych obecnie przez przewoźników inwestycji polegającej na zakupie autobusów elektrycznych lub zasilanych wodorem⁸. Ponadto, bazując na aktualnym stanie taboru oraz najbliższych planach inwestycyjnych GAI T przyjęto założenie, że 40% nowego taboru będą stanowić autobusy klasy MEGA (o długości ok. 18 m), natomiast pozostałe autobusy to pojazdy klasy MAXI (o długości ok. 12 m). Niezbędne nakłady inwestycyjne wariantu bazowego zaprezentowano w rozdziale 5.

3.2. Wariant W1 - tabor elektryczny

W wariantie W1 uwzględniony zostanie scenariusz polegający na realizowaniu w przewozach autobusowych strategii elektromobilności. Flota pojazdów eksploatowanych na sieci komunikacyjnej zostanie uzupełniona o autobusy zasilane

⁸ GAI T na moment sporządzania opracowania prowadził postępowanie pn.: „Dostawa trzech fabrycznie nowych autobusów miejskich typu mini zasilanych energią elektryczną”, jednak z uwagi na to, iż jego rozstrzygnięcie wykraczało poza ramy czasowe sporządzenia niniejszej analizy, dane te nie zostały uwzględnione.

energią elektryczną pochodzącą z baterii (magazynów energii) oraz zrealizowane zostaną niezbędne inwestycje z zakresu infrastruktury ładowania autobusów.

W wariantcie tym oszacowano konieczne nakłady inwestycyjne, koszty eksploatacji oraz koszty i korzyści społeczne związane z eksploatacją taboru elektrycznego w perspektywie do 2036 r., co odpowiada 15-letniemu okresowi analizy.

Liczba autobusów elektrycznych we flocie eksploatowanych pojazdów spełniać będzie minimalne kryteria określone w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. Pojazdy podobnie jak w wariantcie bazowym będą zatem kupowane stopniowo, tak aby ich liczebność odpowiadała stosunkowi wynoszącemu minimum 10% od 2023 r., 20% od 2025 r. oraz 30% od 2028 r. W tabeli 4 zaprezentowano liczbę autobusów, które zgodnie z wariantem W1 zostaną zakupione w danym roku. Wraz z taborzem zaplanowano zakup infrastruktury niezbędnej do ich prawidłowej eksploatacji, wśród której wyróżniono ładowarki plug-in oraz stacje ładowania pantografowego.

Tabela 4. Liczba i rodzaj autobusów elektrycznych oraz infrastruktury ładowania w wariantcie W1

Wariant W1	Jednostka	2022	2024	2027	Razem
Harmonogram zakupu autobusów EE, w tym:	szt.	30	29	29	88
klasy MAXI:	szt.	18	17	17	52
klasy MEGA:	szt.	12	12	12	36
Ładowarki dwustanowiskowe plug-in	szt.	15	15	15	45
Stacje ładowania pantografowego	szt.	3	3	3	9

Źródło: opracowanie własne

W tabeli 4 zaprezentowano harmonogram zakupu autobusów zgodnie z wariantem W1. Ponadto uwzględniono zakup niezbędnej infrastruktury ładowania autobusów, tak aby zapewnić ich optymalną eksploatację na sieci komunikacyjnej Gdańska.

Łącznie w wariantcie W1 zakupionych zostanie **88 autobusów elektrycznych**, w tym 52 szt. klasy MAXI oraz 36 klasy MEGA, **wraz z infrastrukturą ładowania**, w tym 45 podwójnych ładowarek plug-in oraz 9 stacji ładowania pantografowego. Niezbędne nakłady wariantu W1 zaprezentowano w rozdziale 5 opracowania.

3.3. Wariant W2 - tabor wodorowy i elektryczny

Wariant alternatywny realizacji strategii zeroemisyjnej w transporcie publicznym Gdańska będzie polegał na wdrożeniu do eksploatacji dwóch typów autobusów. Będą to zatem autobusy, które jako źródło napędu wykorzystują zarówno energię elektryczną pochodzącą z ogniw paliwowych zasilanych wodorem oraz energię zgromadzoną w bateriach. Biorąc pod uwagę aktualne uwarunkowania techniczne oraz finansowe, a także możliwe ryzyka związane z eksploatacją wyłącznie taboru zasilanego wodorem, jest to uzasadnione podejście.

Autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe zyskują coraz większą popularność na świecie, a technologia ta rozwija się bardzo dynamicznie. Obecnie największym problemem w ich eksploatacji w Polsce jest brak dostępności stacji tankowania wodoru. W najbliższych latach sytuacja ta może ulec zmianie, ponieważ trwają prace nad budową infrastruktury do wytwarzania i tankowania paliwa wodorowego. Według deklaracji firm prowadzących działalność w sektorze przemysłowym i rafineryjnym, będzie to możliwe na przełomie 2021 i 2022 r. Jednak biorąc pod uwagę brak doświadczeń operatorów krajowych w eksploatacji tego typu taboru, w wariantcie W2 zasadnym jest przyjęcie udziału autobusów wodorowych na poziomie ok. 30% floty zeroemisyjnej, uzupełniając ją klasycznymi autobusami elektrycznymi.

Z uwagi na powyższe, w wariantcie tym uwzględnione zostaną dostępne dane dotyczące autobusów wodorowych i elektrycznych, bazując przede wszystkim na doświadczeniach przewoźników krajowych i zagranicznych oraz przedstawionych przez producentów obu typów autobusów. Uwzględnione zostaną także niezbędne warunki pozwalające na eksploatację pojazdów zasilanych wodorem w Polsce. Konieczna będzie zatem analiza polegająca nie tylko na zakupie i eksploatacji nowego rodzaju taboru, ale także warunki zakupu i tankowania paliwa wodorowego.

W wariantcie tym założono zatem, że zakupione zostaną zarówno autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe oraz zrealizowana zostanie inwestycja polegająca na budowie stacji tankowania wodoru, a także analogicznie jak w W1 autobusy elektryczne, wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania. Uwzględniając, że w perspektywie do 2028 r. zakupionych zostanie maksymalnie 30 autobusów wodorowych, przyjęto budowę jednego stanowiska tankowania w 2022 r.

Tabela 5. Liczba i rodzaj autobusów zeroemisyjnych oraz niezbędnej infrastruktury w wariantcie W2

Wariant W2	Jednostka	2022	2024	2027	Razem
Harmonogram zakupu autobusów, w tym:	szt.	30	29	29	88
Elektrycznych klasy MAXI:	szt.	8	7	7	22
Elektrycznych klasy MEGA:	szt.	12	12	12	36
Zasilanych wodorem klasy MAXI:	szt.	4	4	4	12
Zasilanych wodorem klasy MEGA:	szt.	6	6	6	18
Stacja tankowania wodoru	szt.	1	-	-	1
Ładowarki dwustanowiskowe plug-in	szt.	10	10	10	30
Stacje ładowania pantografowego	szt.	2	2	2	6

Źródło: opracowanie własne

Wariant W2 zakłada zatem zakup **88 autobusów zeroemisyjnych**, w tym 30 szt. zasilanych wodorem (12 szt. klasy MAXI i 18 szt. klasy MEGA) oraz 58 szt. elektrycznych (22 szt. klasy MAXI i 36 szt. klasy MEGA). Ponadto zrealizowana zostanie inwestycja polegająca na **budowie stacji tankowania wodorem** oraz zakupionych zostanie 30 szt. podwójnych ładowarek plug-in i 6 stacji ładowania pantografowego.

3.4. Identyfikacja linii komunikacyjnych proponowanych do obsługi toborem zeroemisyjnym wraz z lokalizacją infrastruktury ładowania

W celu optymalnego wykorzystania taboru zeroemisyjnego, ich dzienna praca przewozowa powinna zostać zaplanowana tak, aby pojazdy pokonywały co najmniej ok. 200 km dziennie. Ponadto w celu maksymalnego wykorzystania możliwości operacyjnych autobusów elektrycznych, konieczne jest ich doładowywanie na krańcówkach linii pomiędzy poszczególnymi kursami. Istotne jest również kierowanie autobusów zeroemisyjnych do obsługi linii komunikacyjnych przebiegających przez centrum miasta oraz inne istotne generatory ruchu (zwłaszcza w godzinach szczytowych), aby ograniczyć emisję spalin w tym obszarze.

W *Strategii Elektromobilności*, wśród podstawowych parametrów jakimi będą charakteryzować się linie wybrane do obsługi taborem elektrycznym i wodorowym należą:

- przebieg w gęstej zabudowie mieszkaniowej;
- przedłużenie istniejących linii tramwajowych lub obszary pozbawione obsługi;
- przebieg linii z relatywnie najmniejszą wartością przewyższeń terenu,
- końcówki linii umożliwiające łatwą budowę infrastruktury ładowania (np. dostęp do sieci tramwajowej lub bliskość stacji transformatorowej),
- przebieg linii z wykorzystaniem buspasów.

W *Strategii* wytypowano również linie przeznaczone do elektryfikacji w pierwszej kolejności:

- 100 (Główne Miasto - Stare Miasto - Śródmieście) i inne obsługiwane midibusami;
- 130 (Jasień PKM - Muzeum II Wojny Światowej);
- 136 (Niedźwiednik - Wrzeszcz PKP);
- 295 (Zakoniczyn - Łostowice Świętokrzyska);
- 213 (Kowale Szkoła Metropolitalna - Łostowice Świętokrzyska);
- 175 (Maćkowy - Siedlce);
- 227 (Chełm Cienista - Jelitkowo);
- 120 (Siedlce - Stężycka).

Typując linie do obsługi taborem zeroemisyjnym, uwzględniono realizowane oraz planowane w najbliższej perspektywie inwestycje rozbudowy infrastruktury drogowej, co będzie związane z wydłużeniem tras i zwiększeniem częstotliwości kursowania autobusów. Przykładowo linia 120 docelowo będzie przedłużona do Portu Lotniczego poprzez planowaną ul. Nową Jabłoniową, natomiast linia 213 zostanie przedłużona do ul. Nowej Świętokrzyskiej. Obie drogi zaplanowano wraz z buspasami, co zwiększy potencjalną efektywność wykorzystania taboru zeroemisyjnego i zwiększy jego prędkość komunikacyjną.

Zakłada się, że zakupione autobusy elektryczne będą ładowane głównie w nocy, za pomocą ładowarek typu plug-in zainstalowanych na terenie zajezdni (tzw. „wolne ładowanie”). Pojazdy będą doładowywane również na trasie w ciągu dnia, za pomocą stacji ładowania pantografowego, umożliwiających uzupełnienie magazynów energii w kilka lub kilkanaście minut. Taka eksploatacja zapewnia optymalne wykorzystanie modułów baterii, których żywotność zależy m.in. liczby i rodzaju cykli ładowania.⁹ W związku z powyższym, na każdym etapie realizacji wariantu W1 i W2 zaplanowano zakup odpowiedniej liczby infrastruktury ładowania.

Lokalizacja stacji ładowania pantografowego musi być ściśle związana z obsługiwaną przez dany autobus trasą, aby zapewnić optymalny poziom obsługi (minimalizacja wzkm technicznych). Sugerowana lokalizacja stacji ładowania to pętle autobusowe elektryfikowanych linii autobusowych.

W przypadku realizacji strategii zeroemisyjności polegającej na eksploatacji autobusów napędzanych wodorem, stacja tankowania wodoru powinna zostać zlokalizowana (w miarę możliwości wynikających z zagospodarowania terenu) w okolicach zajezdni autobusowej GAiT.

⁹ W nocy autobus ładuje się „do pełna” za pomocą ładowarki typu plug-in (tzw. wolne ładowanie małą mocą), natomiast magazyn energii jest jedynie uzupełniany na krańcówkach linii z wykorzystaniem „szybkich” stacji ładowania pantografowego (duża moc). Taki sposób eksploatacji zapewnia optymalne wykorzystanie zarówno taboru jak i samej baterii: w przypadku ładowania tylko prądem dużej mocy, bateria szybciej wymagałaby wymiany, a ładowana tylko na zajezdni powodowałaby mniejsze wykorzystanie autobusu.

4. Oszacowanie efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi

W rozdziale tym przedstawiono metodykę oraz założenia służące oszacowaniu efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi. Wyniki tej analizy przedstawiono w rozdziale 6. Analiza społeczno-ekonomiczna.

Wszystkie badania kosztów zewnętrznych transportu ukazują ogromny negatywny wpływ transportu drogowego na środowisko naturalne. Oba warianty inwestycyjne oraz wariant bazowy zostały poddane analizie ze względu na emisję szkodliwych substancji oraz zmian klimatu (emisja CO₂), a także pod kątem emisji hałasu. W przypadku emisji CO₂ oraz innych substancji, w pierwszej kolejności dokonano obliczenia ilości emisji w każdym wariantcie inwestycji wyrażonej w tonach, a następnie poddano je monetyzacji. Wycenę emisji hałasu dokonano bezpośrednio w oparciu o pracę przewozową oraz koszty jednostkowe.

Koszty uciążliwości środowiskowych to łączne społeczne koszty ruchu pojazdów, na które składają się koszty oddziaływania transportu na środowisko naturalne, obejmujące:

- ujemny wpływ na zdrowie ludzkie,
- straty materialne i szkody środowiskowe.

W celu skwantyfikowania wpływu transportu publicznego na środowisko przyjęto stawki z zestawienia kosztów jednostkowych z 08.2020 r., opublikowanego przez CUPT.

Uwzględniono również ograniczenie emisji zanieczyszczeń w wyniku wymiany taboru. Skalkulowano redukcję emisji tych zanieczyszczeń, których monetyzacja jest możliwa w oparciu o dostępne dane dot. kosztów jednostkowych, tj. NMHC, NO_x, SO₂ i PM 2.5.

Oszczędność kosztów zanieczyszczeń powietrza

Emisję zanieczyszczeń wyliczono w oparciu o udostępniony kalkulator CUPT oraz normy emisji dla poszczególnych kategorii EURO i zużycie paliwa opisane przy kosztach operacyjnych. Ze względu na specyfikę analizy i stan taboru przewoźników, zgodnie z założeniami realizacyjnymi wynikiem analizy będzie różnica pomiędzy wariantami inwestycyjnymi oraz wariantem bazowym, a więc otrzymana zostanie różnica między wariantem wprowadzającym do eksploatacji nowe autobusy zeroemisyjne a autobusy z normą emisji EURO 6.

Tabela 6. Emisja zanieczyszczeń w autobusach o różnych napędach

Wyszczególnienie	NMHC	NOx	SO ₂	PM 2,5
	[g/wzkm]			
ON EURO 6 - 12 m	0,59	1,80	-	0,05
ON EURO 6 - 18 m	0,78	2,40	-	0,06
EE - 12 m	0,006	1,31	3,15	0,04
EE - 18 m	0,008	1,64	3,94	0,04

Źródło: Opracowanie własne na podstawie kalkulatora norm emisji CUPT, ON - autobus z silnikiem Diesla, EE - autobus elektryczny

Zaprezentowane wskaźniki emisji są uzależnione od średniego spalania oraz zużycia energii elektrycznej poszczególnych typów autobusów. W praktyce zużycie paliwa i energii jest uzależnione m.in., od sposobu eksploatacji w okresach letnich i zimowych, kiedy na skutek uruchomienia klimatyzacji lub ogrzewania pojazdu, rośnie zapotrzebowanie na energię.

Przyjęte zużycie paliwa i energii wynika natomiast z faktycznego zużycia taboru w warunkach eksploatacyjnych. Dla taboru ON dane pochodzą od Operatorów lokalnych, natomiast w zakresie autobusów zasilanych energią elektryczną posłużono się danymi innych Operatorów krajowych, którzy od kilku lat wykorzystują tego typu tabor w realizacji usług w ramach PTZ. Przeprowadzone kalkulacje pozwoliły na otrzymanie wskaźników emisji w ujęciu różnicowym pomiędzy analizowanymi wariantami. Ostatecznie realizacja wariantu W1 generuje dodatkowe koszty społeczne, zamiast oszczędności. Przyczyną takiego stanu rzeczy jest brak emisji dwutlenku siarki (SO₂) podczas eksploatacji autobusów z napędem Diesla. Substancja ta jest natomiast emitowana podczas spalania paliw kopalnianych, na których w dużej mierze bazują elektrownie w Polsce.¹⁰

W powyższym zakresie należy mieć na uwadze, że w analizie brane są pod uwagę jedynie możliwe do zmonetyzowania skutki związane ze zużyciem paliwa i produkcją energii elektrycznej. W praktyce mamy do czynienia z tzw. emisją niską - emitowaną m.in. przez silniki spalinowe, oddziałującą w sposób lokalny, tzn. w miejscu eksploatacji pojazdów. Z kolei produkcji energii elektrycznej (w przeważającej większości) towarzyszy tzw. emisja wysoka, która oddziałuje w sposób rozproszony. Zastosowanie odnawialnych źródeł energii do zasilania autobusów elektrycznych, mogłoby zniwelować koszty emisji uwzględnione w analizie. Ostatecznie, uwzględniając aktualny mix energetyczny, wymiana taboru na elektryczny w ujęciu kosztów zanieczyszczenia powietrza, nie przynosi oczekiwanych korzyści.

¹⁰ Głównym źródłem emisji SO₂ jest energetyczne spalanie paliw (głównie węgla) w źródłach stacjonarnych, które łącznie są odpowiedzialne za prawie 100% krajowej emisji dwutlenku siarki. Emisja SO₂ z procesów produkcyjnych jest związana z rafinacją ropy naftowej, produkcją koksu i kwasu siarkowego i stanowi tylko ok. 2,6% emisji krajowej, źródło: Krajowy bilans emisji SO₂, NOX, CO, NH₃, NMLZO, pyłów, metali ciężkich i TZO za lata 2015 - 2016, KOBIZE, 2018 r.

Oszczędność kosztów zmian klimatycznych

Koszty zmian klimatycznych odzwierciedlają dodatkową emisję gazów cieplarnianych przez pojazdy korzystające z infrastruktury transportowej, w tym autobusy.

W wyniku wprowadzenia do eksploatacji autobusów zeroemisyjnych zamiast autobusów z normą emisji EURO 6 osiągnięta zostanie oszczędność emisji CO₂.

Dla transportu publicznego podstawowe dane służące do oszacowania wielkości emisji gazów cieplarnianych to:

- wykonana praca przewozowa;
- spalanie bądź zużycie energii elektrycznej przez dany pojazd;
- wskaźnik emisji ON lub EE (2,689 kg CO₂/l ON oraz 0,806 Mg/MWh);
- wartość (koszt) emisji jednej tony CO₂ (PLN/t CO₂).

Emisje gazów cieplarnianych są wyrażone jako ekwiwalent CO₂. Dla środków transportu publicznego koszty ekonomiczne emisji gazów cieplarnianych zależą od zużycia paliwa, a tym samym rodzaju taboru poddanego wymianie.

W pozycji tej uwzględniono zatem redukcję emisji CO₂ w wyniku wymiany autobusów na zeroemisyjne. Uwzględniono standardowy wskaźnik emisji związany z produkcją energii elektrycznej 0,806 Mg CO₂/MWh.

W wariantcie W0 obliczenia oparto na poniższych wskaźnikach emisji ON:

- Wartość opałowa (WO) - 43 MJ/kg;
- Wskaźnik emisji (WE) - 74,1 kg/GJ wg KOBIZE;
- Gęstość ON 0,8438 kg/l.

Na podstawie powyższych wartości skalkulowano wskaźnik emisji dla ON, który wynosi 3,2 kg/kg ON, a w przeliczeniu na litr paliwa: 2,7 kg/l ON.

Oszczędność kosztów hałasu

Oszczędność kosztów hałasu obliczono metodą opartą o krańcowe koszty oddziaływania hałasu, przyjmując stawki właściwe dla terenów miejskich wskazane w zestawieniu kosztów jednostkowych z 08.2020 r., opublikowanym przez CUPT.

W przypadku taboru zasilanego wodorem nie występuje ani emisja CO₂, ani emisja pozostałych zanieczyszczeń. Z tego względu w wariantcie W2 za oszczędność przyjmuje się całkowitą emisję wariantu bazowego, a więc związaną z eksploatacją autobusów EURO 6, pomniejszoną o emisję autobusów elektrycznych w liczbie odpowiadającej temu wariantowi.

5. Analiza finansowo-ekonomiczna

5.1. Metodyka analizy

Metodyka przeprowadzonej analizy finansowo-ekonomicznej zgodna jest z instrukcjami i wytycznymi zawartymi w dokumentach wymienionych w rozdz. 1.2. Zidentyfikowano w niej obszar oddziaływania projektu; dla tego obszaru obliczono koszty i korzyści związane z danym wariantem inwestycyjnym.

W analizie finansowo-ekonomicznej sporządzonej z punktu widzenia inwestora przyjęto jedynie koszty i przychody bezpośrednio związane z analizowanym projektem, wszelkie inne koszty i korzyści uwzględniając w analizie ekonomicznej.

W związku z przyjętą konwencją prezentacji wielkości finansowych i ekonomicznych w analizach w tysiącach złotych, liczby przedstawione jako sumy bądź sumy pośrednie w niektórych tabelach oraz w tekście mogą nie być dokładnymi sumami arytmetycznymi i mogą różnić się o jedną jednostkę.

Ceny

W analizie, zgodnie z zaleceniami Niebieskiej Księgi, zastosowano ceny stałe, tzn. nie uwzględniające wpływu inflacji.

Horyzont czasowy

Zgodnie z zaleceniami Niebieskiej Księgi horyzont czasowy nie powinien przekraczać trwałości użytkowej projektu, a zwłaszcza okresu życia jego najbardziej trwałego składnika. W przypadku taboru autobusowego przyjmuje się, że okres użyteczności wynosi nawet 15 lat, i nie wymaga w tym czasie ponoszenia dodatkowych nakładów odtworzeniowych. Okres analizy rozpoczyna się w roku bieżącym (2021 r.), natomiast okres dyskontowania rozpoczyna się wraz z poniesieniem pierwszych nakładów inwestycyjnych tj. w 2022 r. Z kolei okres eksploatacji liczony jest od 2023 r., tj. pierwszego pełnego roku kiedy tabor mógłby zostać wprowadzony na linie. Z uwagi na powyższe, okres analizy rozpoczyna się w 2021 r., a kończy w 2036 r.

W analizie uwzględniono wartość rezydualną obliczoną na podstawie wartości netto aktywów. Ze względu na przyjętą stopę amortyzacji środków trwałych, przy której tabor amortyzuje się po 8 latach a infrastruktura po 10 latach, wartość rezydualna dotyczy tylko infrastruktury zakupionej po 2026 r. Dla pozostałych środków trwałych wartość rezydualna jest równa zero. Z uwagi na okres analizy równy okresowi ekonomicznej użyteczności taboru i infrastruktury, w analizie nie było konieczności uwzględniania nakładów odtworzeniowych.

Stopa dyskontowa

W analizie finansowo-ekonomicznej zastosowano stopę dyskontową na poziomie 4%, która jest rekomendowana w Niebieskiej Księdze (sektor transportu publicznego). W przybliżeniu odpowiada ona kosztowi kapitału na rynku finansowym.

Podatek VAT

Ponieważ operator posiada prawną możliwość odliczenia VAT na zasadach ogólnych, podatek nie stanowi de facto kosztu projektu. W związku z powyższym w obliczeniach były brane pod uwagę wartości netto i wszystkie prezentowane wielkości liczbowe są w wartościach netto.

Amortyzacja

Amortyzację taboru i infrastruktury ładowania policzono wg następujących stawek:

- Tabor - 12,5%
- Ładowarki i pantograf - 10%.
- Stacja tankowania wodoru - 10%

Amortyzacja nie jest faktycznym przepływem i nie ma wpływu na kasowy aspekt analizy. Została policzona w celu wykazania wartości netto aktywów na koniec okresu analizy.

5.2. Nakłady inwestycyjne

Nakłady inwestycyjne dla każdego z analizowanych wariantów zestawiono w tabeli 7. Obejmują one zakup taboru w liczbie określonej w poszczególnych wariantach inwestycyjnych oraz niezbędnej infrastruktury, z uwzględnieniem kosztów budowy punktów ładowania dla wariantu W1 oraz budowy stacji tankowania wodoru dla wariantu W2.

Tabela 7. Nakłady inwestycyjne na poszczególne elementy projektu, ceny w tys. zł netto.

Tabor	Jednostka	Cena netto
Autobus 12 m ON EURO 6	tys. zł	1 000,00
Autobus 18 m ON EURO 6	tys. zł	1 400,00
Autobus 12 m elektryczny	tys. zł	2 500,00
Autobus 18 m elektryczny	tys. zł	3 000,00
Autobus 12 m wodorowy	tys. zł	3 600,00
Autobus 18 m wodorowy	tys. zł	4 500,00
Infrastruktura		
Ładowarka dwustanowiskowa typu plug-in	tys. zł	150,00
Stacja ładowania pantografowego 400 kW	tys. zł	1 500,00
Stacja tankowania wodoru	tys. zł	8 595,20

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych operatorów (rozstrzygnięte przetargi, zapytania ofertowe) oraz producentów (rozeznanie rynku).

Wszystkie ceny zostały przyjęte według rzetelnego rozpoznania rynku. Nakłady na tabor zasilany ON lub energią elektryczną oraz ładowarki plug-in i stacje ładowania pantografowego przyjęto zgodnie z dotychczas rozstrzygniętymi przetargami realizowanymi przez przewoźników krajowych. Na cenę pantografów składają się

koszty zakupu samego urządzenia, koszty przyłączenia oraz koszt budowy stacji transformatorowej. W przypadku taboru z ogniwami wodorowymi oraz stacją tankowania wodoru posłużono się doświadczeniem przewoźników zagranicznych oraz rozeznaniem rynkowym u producentów. Poniżej w tabeli 8 zestawiono sumaryczne nakłady każdego z wariantów wraz z harmonogramem ponoszenia nakładów.

Tabela 8. Zestawienie nakładów na poszczególne warianty inwestycji, ceny w tys. zł netto

Wariant bazowy W0	Jednostka	2022	2024	2027	Suma
Autobus 12 m ON EURO 6	szt.	18	17	17	52
Autobus 18 m ON EURO 6	szt.	12	12	12	36
Tabor nakłady	tys. zł	34 800	33 800	33 800	102 400
Wariant W1 - tabor elektryczny		2022	2024	2027	
Autobus 12 m elektryczny	szt.	18	17	17	52
Autobus 18 m elektryczny	szt.	12	12	12	36
Ładowarka dwustanowiskowa typu plug-in	szt.	15	15	15	45
Stacja ładowania pantografowego 400 kW	szt.	3	3	3	9
Tabor nakłady	tys. zł	81 000	78 500	78 500	238 000
Infrastruktura nakłady	tys. zł	6 750	6 750	6 750	20 250
Nakłady W1 razem	tys. zł	87 750	85 250	85 250	258 250
Wariant W2 - tabor mieszany		2022	2024	2027	
Autobus 12 m elektryczny	szt.	8	7	7	22
Autobus 18 m elektryczny	szt.	12	12	12	36
Autobus 12 m wodorowy	szt.	4	4	4	12
Autobus 18 m wodorowy	szt.	6	6	6	18
Ładowarka dwustanowiskowa typu plug-in	szt.	10	10	10	30
Stacja ładowania pantografowego 400 kW	szt.	2	2	2	6
Stacja tankowania wodoru	szt.	1	-	-	1
Tabor nakłady	tys. zł	97 400	94 900	94 900	287 200
Infrastruktura nakłady	tys. zł	13 095	4 500	4 500	22 095
Nakłady W2 razem	tys. zł	110 495	99 400	99 400	309 295

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych producentów lub rozeznania rynku.

Doświadczenia innych przewoźników w eksploatacji autobusów elektrycznych (np. MPK Kraków, MZA Warszawa) oraz badania prowadzone przez Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej¹¹ pozwalają założyć, że eksploatacja tego rodzaju taboru zgodnie z zaplanowaną pracą przewozową w perspektywie 15 lat, jest możliwa bez konieczności wymianu modułów baterii.

W celu niezawodnej i w długotrwałej eksploatacji taboru przyjęty został system pojazdów oparty o akumulatory litowo-tytanowe (LTO). Ogniwa te charakteryzują się większą trwałością, ale wymagają częstych doładowywań dużym prądem na pętach

¹¹ Ekspertyza techniczna dotycząca doboru typu i pojemności baterii trakcyjnej do autobusów przegubowych eksploatowanych na określonych liniach komunikacyjnych w Warszawie”, 14.01.2017, Wydział Transportu Politechniki Warszawskiej

podczas przerw, a podczas postoju w zajezdni do pełnego naładowania używany jest prąd o mniejszym natężeniu, wymagający dłuższego czasu ładowania. Dla przykładu, pełne naładowanie autobusu o długości ok. 18 m, wyposażonego w baterię o pojemności 145 kWh w przypadku ładowania za pomocą stacjonarnej ładowarki typu plug-in o mocy 40 kW zajmuje blisko 4,5 godziny, natomiast przy wykorzystaniu stacji ładowania pantografowego o mocy 270 kW czas ten skraca się do ok. 40 minut. Taki system eksploatacji pojazdów narzuca zatem odpowiednią liczbę stacji ładowania na przynajmniej jednej pętli danej linii i oczywiście na terenie zajezdni.

Opierając się na przykładzie projektu realizowanego przez MZA Warszawa na zakup 130 autobusów elektrycznych do obsługi Traktu Królewskiego (dalej TK), spółka w ramach optymalizacji rodzaju i pojemności baterii zleciła Wydziałowi Transportu Politechniki Warszawskiej wykonanie ekspertyzy. Na wybranych reprezentatywnych liniach TK dokonano pomiarów parametrów eksploatacyjnych autobusu ON i autobusu elektrycznego. Dokonane pomiary i analiza warunków eksploatacji na liniach TK umożliwiły obliczenia zużycia energii elektrycznej na trakcję i klimatyzację, a następnie dobór typu i parametrów baterii trakcyjnej oraz parametrów ładowania pantografowego. Dodatkowo oceniono trwałość baterii w warunkach eksploatacji na liniach TK. Prowadzone analizy, zarówno przez uczelnię jak i zespół MZA, wykazują wyższą użyteczność baterii High Power, np. LTO, które są nieco cięższe i droższe w przeliczeniu na kWh pojemności od baterii standardowych typu LFP. Są jednak bardziej odporne na ładowanie dużą mocą w systemie pantografowym. Bateria LTO (o dużej mocy) o pojemności 125 kWh jest odpowiednikiem (masowym i cenowym) baterii LFP (o dużej gęstości energii) o pojemności 200 kWh. Baterie LTO o podanej pojemności można ładować mocą do ok. 450 - 500 kW. Trwałość baterii LTO wynosi powyżej 15 000 cykli pełnego ładowania. Uwzględniając popyt na sieci komunikacyjnej Gdańska szacuje się, że w 15-letnim okresie użytkowania, każdy pojazd będzie wymagał od 8 tys. do 10 tys. cykli pełnego ładowania. **Potwierdza to, że trwałość baterii LTO przekracza okres użytkowania autobusu.**

Wyższą przydatność i żywotność baterii litowo-jonowych niż baterii starego typu, niklowo-kadmowych potwierdzono też w trolejbusach, w badaniach prowadzonych przez Przedsiębiorstwo Komunikacji Trolejbusowej w Gdyni sp. z o.o. w ramach projektu Civitas Dyn@mo dofinansowanego ze środków UE. Nie ma zatem przesłanek do zakładania wymiany modułów baterii w podstawowym scenariuszu analiz. Wynika to z wysokiej żywotności baterii typu LTO, w które będą wyposażone kupowane pojazdy.

5.3. Koszty operacyjne

Koszty operacyjne dla wariantu bazowego W0 i wariantów inwestycyjnych W1 i W2 obliczono w oparciu o jednostkowy koszt pracy przewozowej. W każdym wariantcie przyjęto natomiast zróżnicowaną cenę paliwa i energii, w zależności od rodzaju (napędu) autobusu. Jednostkową cenę energii elektrycznej i wodoru oraz zużycie

paliwa/energii ustalono na podstawie dostępnych źródeł danych (doświadczenie operatorów krajowych i zagranicznych, dane udostępnione przez producentów taboru oraz potencjalnych dostawców paliwa wodorowego na rynek krajowy).

Koszt jednostkowej pracy przewozowej bez uwzględnienia ceny paliwa jest średnią wartością dla taboru Euro 6 eksploatowanego przez przewoźnika. Dzięki założeniu, że w wariantcie bazowym kupowane będą również nowe autobusy, koszt ten niezależnie od wariantu będzie taki sam, a w ujęciu różnicowym wyniesie 0. W efekcie, koszt eksploatacji przyjęty do obliczeń analizy finansowo-ekonomicznej dotyczyć będzie tylko kosztu paliwa oraz pozostałych kosztów materiałów i energii. Zgodnie z powyższym, w wariantcie W1 wygenerowana zostanie oszczędność kosztów eksploatacji, natomiast w W2 koszt wozokilometra wzrośnie, co jest związane bezpośrednio z wysokim kosztem zakupu paliwa wodorowego.

Według danych dostępnych na II kwartał 2021 r. (okres sporządzenia przedmiotowej analizy), wodór do celów transportowych nie jest jeszcze produkowany na terenie Polski. W związku z tym realizacja wariantu W2 może wiązać się z koniecznością sprowadzania tego paliwa z zagranicy, co wygeneruje dodatkowe koszty. Jednak według deklaracji krajowych koncernów z sektora przemysłu rafineryjnego i petrochemicznego, wodór do celów transportowych będzie wkrótce produkowany i dostarczany przewoźnikom również w Polsce. Pozwala to przyjąć założenia, że ceny wodoru będą konkurencyjne do ceny oferowanej obecnie na rynku zagranicznym.

Przy założonym okresie eksploatacji wynoszącym 15 lat, na podstawie doświadczeń operatora, nie należy spodziewać się większego zróżnicowania kosztów eksploatacji w kolejnych latach. Poniżej przedstawiono założenia do obliczeń kosztów eksploatacji dla poszczególnych wariantów.

Tabela 9. Zestawienie kosztów jednostkowych wzkm dla poszczególnych typów taboru

Wyszczególnienie	ON MAXI	ON MEGA	EE MAXI	EE MEGA	H2 MAXI	H2 MEGA
	[PLN/wzkm]					
Zużycie materiałów i energii	2,41	3,38	1,20	1,45	3,69	4,83
spalanie/zużycie energii	[l/wzkm]	[l/wzkm]	[kWh/wzkm]	[kWh/wzkm]	[kg/wzkm]	[kg/wzkm]
	0,45	0,60	1,20	1,50	0,09	0,12
cena jednostkowa paliwa/energii	[zł/l]	[zł/l]	[zł/kWh]	[zł/kWh]	[zł/kg]	[zł/kg]
	3,80	3,80	0,50	0,50	34,38	34,38
pozostałe koszty materiałów i energii	0,70	1,10	0,60	0,70	0,60	0,70
Usługi obce	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52	0,52
Podatki i opłaty	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08	0,08
Wynagrodzenia	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95	3,95
Ubezpieczenia społeczne i inne świadczenia	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
Pozostałe koszty rodzajowe	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Razem koszt eksploatacji taboru:	8,76	9,73	7,55	7,80	10,04	11,18

Źródło: opracowanie własne na podstawie danych operatorów krajowych i zagranicznych. Cena wodoru na rynku niemieckim to ok. 8 EUR/kg.

5.4. Przychody

Organizator ani przewoźnik nie będą otrzymywać dodatkowych przychodów z tytułu realizacji Projektu. Wymiana taboru nie spowoduje zwiększonej liczby pasażerów w publicznej komunikacji zbiorowej.

5.5. Kalkulacja poziomu dofinansowania

Przewoźnicy otrzymują rekompensatę za świadczone usługi przewozowe. Zapisy umowy przewozowej gwarantują, że rekompensata wypłacana operatorowi za usługi przewozowe będzie zgodna z Rozporządzeniem WE 1370/2007. Zatem wypłacana rekompensata stanowi pomoc publiczną dozwoloną i zgodną z zapisami rozp. WE 1370/2007. Z tego powodu należy założyć, że poziom ewentualnego dofinansowania ze środków strukturalnych UE lub krajowych nie będzie ustalany w oparciu o mechanizm luki w finansowaniu, i może osiągnąć maksymalny poziom. Bazując na dotychczasowym doświadczeniu przy realizacji projektów transportowych współfinansowanych ze środków krajowych oraz UE, można założyć maksymalny poziom dofinansowania dla autobusów elektrycznych na poziomie 70%¹². Należy jednocześnie podkreślić, że poziom ten w najbliższych latach może ulec zmianie i będzie zależeć od dostępnych instrumentów wsparcia.

Do celów niniejszej analizy przyjęto założenie, że ewentualne dofinansowanie zostanie przyznane w całym horyzoncie inwestycyjnym, a więc w latach 2022-2027. W praktyce ze względu na ograniczone środki krajowe oraz niepewną przyszłość w finansowaniu projektów transportowych po roku 2021 założenie to może okazać się niewykonalne.

5.6. Podsumowanie analizy finansowo-ekonomicznej

Na podstawie opisanych danych sporządzono przepływy finansowe obu wariantów inwestycyjnych w każdym z dwóch analizowanych obszarów realizacji usług przewozowych. Obliczenia przedstawiono w poniższych tabelach. Policzono efektywność finansową z uwzględnieniem oraz bez dotacji zewnętrznej.

¹² Założenie przyjęto na bazie wiedzy eksperckiej w zakresie możliwości pozyskania dofinansowania z różnych źródeł, w tym z regulaminu naboru w ramach programu priorytetowego 3.9. Zielony transport publiczny” (Faza II) ogłoszonego przez NFOŚiGW.

Tabela 10. Różnicowe przepływy finansowe wariantu W1 - zakup taboru elektrycznego. Kwoty w tys. zł netto.

Wyszczególnienie	Jednostka	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	52 950	-	51 450	-	-	51 450	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	15 885	-	15 435	-	-	15 435	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	-	-	- 2 975	- 3 019	- 6 047	- 6 138	- 6 230	- 9 442
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	-	- 52 950	2 975	- 48 431	6 047	6 138	- 45 220	9 442
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	-	- 15 885	2 975	- 12 416	6 047	6 138	- 9 205	9 442

Wyszczególnienie	Jednostka	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	560
Koszty operacyjne	tys. zł	- 9 583	- 9 727	- 9 873	- 10 021	- 10 171	- 10 324	- 10 479	- 10 636
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	9 583	9 727	9 873	10 021	10 171	10 324	10 479	11 196
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	9 583	9 727	9 873	10 021	10 171	10 324	10 479	11 196

Źródło: opracowanie własne, przepływy różnicowe pomiędzy W0 i W1.

Tabela 11. Przepływy finansowe wariantu W2 - zakup taboru elektrycznego i wodorowego. Kwoty w tys. zł netto.

Wyszczególnienie	Jednostka	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	75 695	-	65 600	-	-	65 600	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	22 709	-	19 680	-	-	19 680	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Koszty operacyjne	tys. zł	-	-	- 874	- 887	- 1 719	- 1 745	- 1 771	- 2 653
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	-	- 75 695	874	- 64 713	1 719	1 745	- 63 829	2 653
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	-	- 22 709	874	- 18 793	1 719	1 745	- 17 909	2 653

Wyszczególnienie	Jednostka	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Nakłady (C) - bez dotacji UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Nakłady (K) - z dotacją UE	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Przychody	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	-
Wartość rezydualna	tys. zł	-	-	-	-	-	-	-	374
Koszty operacyjne	tys. zł	- 2 693	- 2 733	- 2 774	- 2 816	- 2 858	- 2 901	- 2 945	- 2 989
Przepływy finansowe proste (C)	tys. zł	2 693	2 733	2 774	2 816	2 858	2 901	2 945	3 362
Przepływy finansowe proste (K)	tys. zł	2 693	2 733	2 774	2 816	2 858	2 901	2 945	3 362

Źródło: opracowanie własne, przepływy różnicowe pomiędzy W0 i W2.

Finansowa efektywność całkowitych nakładów projektu FNPV (C) i kapitału (K) jest ujemna dla wariantu W2, natomiast dla wariantu W1 analiza finansowo-ekonomiczna z uwzględnieniem maksymalnego przyjętego dofinansowania (FNPV/K) wykazuje już pewną efektywność. Jest to związane m.in. z oszczędnością kosztów eksploatacji taboru elektrycznego. Zwraca się jednocześnie uwagę, że na potrzeby analizy przyjęto maksymalne dofinansowanie w całym horyzoncie inwestycyjnym analizy, a więc w latach 2022-2027, co w praktyce może się okazać nierealne.

Wskaźniki finansowej efektywności zaprezentowano w poniższej tabeli.

Tabela 12. Wskaźniki efektywności finansowej

Wskaźnik	W1	W2
FNPV/C	-57 730,62	-160 343,01
FIRR/C	n. d.	n. d.
FNPV/K	38 389,18	-32 280,36
FIRR/K	17,39%	n. d.

Źródło: Opracowanie własne

5.7. Trwałość finansowa operatora

Ze względu na zapisy umowy pomiędzy operatorem a organizatorem, uzależniające rekompensatę od poziomu kosztów usługi przewozowej, oszczędność kosztów operacyjnych w wyniku realizacji projektu w wariantcie W1 w stosunku do wariantu bez projektu spowoduje obniżenie kosztów eksploatacji komunikacji miejskiej, co należy uwzględnić w budżecie. W przypadku realizacji wariantu W2, koszty eksploatacji wzrosną, co również należy wziąć pod uwagę, planując wysokość rekompensaty w kolejnych latach. Umowa wykonawcza przewiduje mechanizmy zapobiegające wypłacie nadmiernej rekompensaty operatorowi, a prawidłowość rozliczania umowy jest corocznie weryfikowana przez niezależnych audytorów.

Sytuacja finansowa Operatora wewnętrznego oraz Organizatora jest od wielu lat dobra i stabilna, świadczą o tym wyniki finansowe Spółki oraz wskaźniki opisujące sytuację. Ponadto należy zwrócić uwagę, że w przypadku realizacji któregoś z wariantów największe nakłady zostałyby poniesione właśnie przez GAI, a fakt, że Spółka jest podmiotem wewnętrznym jednostki samorządu terytorialnego jest gwarantem jej stabilności finansowej i trwałości projektu.

6. Analiza społeczno-ekonomiczna

6.1. Metodyka analizy

Głównym celem analizy społeczno-ekonomicznej jest wykazanie, że planowany wariant inwestycyjny jest uzasadniony ze społecznego punktu widzenia, nawet jeśli jego efektywność finansowa jest ujemna.

Przeprowadzona analiza ekonomiczna, podobnie jak analiza finansowa jest zgodna z instrukcjami i wytycznymi zawartymi w dokumentach wymienionych w rozdz. 1.2.

W ramach analizy ekonomicznej wyceniono w wartościach pieniężnych koszty i korzyści społeczno-ekonomiczne, których nie uwzględniono w analizie finansowo-ekonomicznej.

Przystępując do analizy zidentyfikowano czynniki społeczno-ekonomiczne o istotnym poziomie oddziaływania i sklasyfikowano je pod kątem wyceny efektu na potrzeby rachunku ekonomicznego.

Zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi dla transportu publicznego przyjęto horyzont czasowy analizy ekonomicznej, tak jak w przypadku analizy finansowo-ekonomicznej, wynoszący 15 lat od momentu poniesienia pierwszego wydatku, tj. od 2022 r. do 2036 r. W analizie uwzględniono wartość rezydualną obliczoną na podstawie wartości niezamortyzowanych środków trwałych.

Korzyści i koszty ekonomiczne zaczęto uwzględniać od 2023 r., pierwszego pełnego roku eksploatacji nowego taboru.

Analizę przygotowano w cenach stałych.

Stopę dyskontową przyjęto na poziomie 4,5%, zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi.

6.2. Korekta przepływów finansowych

W celu właściwego określenia kosztów i korzyści społecznych powstałych w wyniku realizacji Projektu, dokonano korekty przepływów finansowych, eliminując czynniki, które mogłyby zniekształcać wynik analizy ekonomicznej. W szczególności uwzględniono efekty fiskalne. Kalkulacje są prowadzone w cenach netto, dlatego pominięto etap korekty o podatek VAT.

Korekta o transfery fiskalne¹³:

- nakłady inwestycyjne na infrastrukturę - współczynnik 0,83,
- nakłady inwestycyjne i odtworzeniowe na tabor - współczynnik 0,87,
- koszty operacyjne - współczynnik 0,78.

¹³ Niebieska Księga, Sektor Transportu Publicznego, Jaspers 2015 r.

6.3. Koszty i korzyści ekonomiczne

Wśród kosztów i korzyści ekonomicznych zidentyfikowano:

- oszczędność lub koszt zanieczyszczenia powietrza;
- oszczędność lub koszt zmian klimatycznych;
- oszczędność lub koszt hałasu;

- w zależności od analizowanego wariantu.

Korzyści te szczegółowo opisano w rozdz. 4. *Efekty środowiskowe wariantów rozwoju*. Obliczenia i wyniki efektów środowiskowych związanych z emisją szkodliwych substancji dla środowiska naturalnego i zdrowia ludzi znajdują się w arkuszu kalkulacyjnym (załącznik 1) w zakładce „Obliczenia” i „Analiza ekonomiczna”. W poniższych tabelach zestawiono zmonetyzowane koszty i korzyści środowiskowe.

Tabela 13. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W1, tys. PLN

Wyszczególnienie W1	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	0,00	0,00	-467,31	-486,58	-997,63	-1 039,89	-1 084,10	-1 685,25
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	0,00	0,00	120,50	125,53	257,91	268,32	278,99	432,94
Oszczędność kosztów hałasu	0,00	0,00	778,69	810,81	1 660,59	1 730,94	1 804,53	2 804,14
Korzyści społeczne netto W1	0,00	0,00	431,88	449,75	920,88	959,37	999,42	1 551,84
Wyszczególnienie W1	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	-1 753,28	-1 824,31	-1 897,03	-1 971,38	-2 047,32	-2 124,78	-2 203,67	-2 283,93
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	449,66	466,78	484,31	502,26	520,64	539,46	558,72	578,45
Oszczędność kosztów hałasu	2 917,35	3 035,54	3 156,53	3 280,26	3 406,61	3 535,49	3 666,76	3 800,31
Korzyści społeczne netto W1	1 613,73	1 678,00	1 743,81	1 811,13	1 879,93	1 950,17	2 021,82	2 094,83

Źródło: opracowanie własne, wartości ujemne oznaczają brak oszczędności (koszty)

Tabela 14. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W2, tys. PLN

Wyszczególnienie W2	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	0,00	0,00	-178,64	-186,01	-371,60	-387,34	-403,81	-622,11
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	0,00	0,00	246,93	257,23	532,13	553,62	575,63	895,33
Oszczędność kosztów hałasu	0,00	0,00	778,69	810,81	1 660,59	1 730,94	1 804,53	2 804,14
Korzyści społeczne netto W2	0,00	0,00	846,98	882,03	1 821,13	1 897,22	1 976,35	3 077,36
Wyszczególnienie W2	2029	2030	2031	2032	2033	2034	2035	2036
Oszczędność kosztów zanieczyszczenia powietrza	-647,22	-673,44	-700,29	-727,73	-755,77	-784,36	-813,48	-843,11
Oszczędność kosztów zmian klimatycznych	929,89	965,29	1 001,54	1 038,67	1 076,68	1 115,59	1 155,44	1 196,22
Oszczędność kosztów hałasu	2 917,35	3 035,54	3 156,53	3 280,26	3 406,61	3 535,49	3 666,76	3 800,31
Korzyści społeczne netto W2	3 200,02	3 327,39	3 457,79	3 591,19	3 727,52	3 866,73	4 008,72	4 153,43

Źródło: opracowanie własne, wartości ujemne oznaczają brak oszczędności (koszty)

Z zaprezentowanych danych jednoznacznie wynika, że w zakresie korzyści społeczno-ekonomicznych wyższe oszczędności generuje wariant W2, polegający na zakupie zarówno autobusów elektrycznych jak i zasilanych wodorem. Jest to związane z mniejszym

zapotrzebowaniem na energię elektryczną, a więc niższymi kosztami zanieczyszczenia powietrza oraz wyższymi oszczędnościami z tytułu emisji CO₂.

6.4. Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Po skorygowaniu przepływów pieniężnych o efekty fiskalne i zniekształcenia rynkowe oraz uwzględnieniu kosztów i korzyści zewnętrznych, można obliczyć wskaźniki ekonomicznej efektywności projektu. Są one analogiczne do wskaźników finansowych, z tym, że pozwalają zamiast wąskiego pojęcia wpływów finansowych, uwzględnić znacznie szersze pojęcie korzyści społecznych.

Tymi wskaźnikami są:

- Ekonomiczna Zaktualizowana Wartość Netto - ENPV,
- Ekonomiczna Wewnętrzna Stopa Zwrotu - ERR,
- Ekonomiczny Wskaźnik Korzyści/Koszty - B/C.

Wartości powyższych wskaźników analizowanego projektu przedstawiono w tabeli poniżej

Tabela 15. Wskaźniki efektywności ekonomicznej

Wskaźnik	Wariant W1	Wariant W2
ENPV	-44 374,80 tys. zł	-113 145,57 tys. zł
ERR	-3,03%	-13,05%
B/C	0,23	0,19

Źródło: opracowanie własne

Przedstawione wskaźniki dowodzą, że realizacja projektu polegającego na wprowadzeniu do eksploatacji na sieci komunikacyjnej Gdańska autobusów zeroemisyjnych - zarówno elektrycznych jak i wodorowych - nie jest opłacalna po uwzględnieniu czynników społeczno-ekonomicznych. Wszystkie wartości wskaźnika ENPV są mniejsze od zera, a to oznacza że koszty inwestycji przewyższają korzyści społeczne z realizacji projektu, możliwe do osiągnięcia w założonym horyzoncie czasowym. Przedsięwzięcie należy zatem uznać za nieuzasadnione ekonomicznie.

7. Analiza wrażliwości

Analiza wrażliwości polega na ocenie wpływu zmiany kluczowych założeń dotyczących projektu na wartość wskaźników efektywności ekonomicznej. W przypadku niniejszego opracowania analiza będzie miała na celu wykazanie, że projekt nie zmieni swojego charakteru pod względem opłacalności ekonomicznej ze względu na niedoszacowanie lub przeszacowanie wartości zmiennych kluczowych.

Zgodnie z założeniami Niebieskiej Księgi - sektor transportu publicznego, analizę wrażliwości przeprowadzono w następujących etapach:

- Etap I: Dobór zmiennych kluczowych
- Etap II: Analiza wrażliwości
- Etap III: Interpretacja wyników

7.1. Analiza wrażliwości dla wskaźników ekonomicznej efektywności projektu

Doboru zmiennych kluczowych w analizie wrażliwości dokonano zgodnie z wytycznymi Niebieskiej Księgi oraz Ministerstwa Rozwoju Regionalnego „Wytyczne w zakresie zagadnień związanych z przygotowaniem projektów inwestycyjnych, w tym projektów generujących dochód i projektów hybrydowych na lata 2014-2020”, Ministerstwo Rozwoju Regionalnego, marzec 2015).

Przedmiotem analizy wrażliwości są następujące zmienne kluczowe dotyczące efektywności ekonomicznej projektu:

- nakłady inwestycyjne;
- koszty operacyjne;
- korzyści ekonomiczne.

W analizie wrażliwości wskaźnika NPV analizy ekonomicznej projektu uwzględniono następujące scenariusze:

- nakłady inwestycyjne: -15%, +15%;
- koszty operacyjne: -15%, +15%;
- korzyści ekonomiczne: -15%, +15%.

Nie przeprowadzono badania zmiany wskaźnika IRR, ponieważ w każdym z wariantów wskaźnik ten nie osiągnął minimalnej stopy dyskonta wynoszącej 4,5%.

Wyniki obliczeń zestawiono w poniższych tabelach.

Tabela 16. Analiza wrażliwości wariantu W1

Analiza wrażliwości W1	ENPV	% zmiany
Wartości bazowe	-44 622,45	0,0%
Nakłady inwestycyjne +15%	-62 168,99	39,3%

Nakłady inwestycyjne - 15%	-27 075,90	-39,3%
Koszty operacyjne +15%	-35 774,75	-19,8%
Koszty operacyjne -15%	-53 470,14	19,8%
Korzyści ekonomiczne +15%	-42 660,38	-4,4%
Korzyści ekonomiczne - 15%	-46 584,51	4,4%

Źródło: opracowanie własne

Tabela 17. Analiza wrażliwości wariantu W2

Analiza wrażliwości W2	ENPV	% zmiany
Wartości bazowe	-113 291,87	0,0%
Nakłady inwestycyjne +15%	-136 700,74	20,7%
Nakłady inwestycyjne - 15%	-89 883,01	-20,7%
Koszty operacyjne +15%	-110 791,83	-2,2%
Koszty operacyjne -15%	-115 791,91	2,2%
Korzyści ekonomiczne +15%	-109 405,78	-3,4%
Korzyści ekonomiczne - 15%	-117 177,97	3,4%

Źródło: opracowanie własne

Najistotniejszym wnioskiem płynącym z przeprowadzonej analizy wrażliwości jest fakt, że przy żadnym scenariuszu projekt nie zmienił swojego charakteru w kontekście efektów społeczno-ekonomicznych. W obu wariantach wymiany taboru wykazano największą wrażliwość na zmianę nakładów inwestycyjnych, natomiast w żadnym wypadku ekonomiczna wartość bieżąca netto inwestycji nie zbliżyła się do granicy opłacalności (tj. ENPV = 0).

8. Analiza ryzyka

Analiza ryzyka projektu polega na wyszczególnieniu czynników, które mogą wystąpić i zagrazić w realizacji projektu w stopniu niskim, średnim i wysokim.

Ocena poziomu ryzyka została dokonana metodą ekspercką na podstawie krajowych doświadczeń z realizacji projektów inwestycyjnych polegających na zakupie taboru zeroemisyjnego oraz niezbędnej infrastruktury - jakościowego określenia prawdopodobieństwa wystąpienia ryzyka (Czy wystąpi?) i wagi jego skutków dla projektu (Czy czynnik jest ważny dla projektu?), przy następujących założeniach:

1) Prawdopodobieństwo - natężenie danego czynnika/zdarzenia - czy dojdzie do skutku - w skali:

- poniżej 30% - niska możliwość wystąpienia danego zdarzenia (N);
- 30%-70% - średni poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia (S);
- powyżej 70% - wysoki poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia (W).

2) Wpływ na projekt ważność danego czynnika/zdarzenia dla projektu - czy czynnik/zdarzenie jest ważne - w skali 10 punktowej:

- poniżej 3 - niska waga danego zdarzenia (N);
- 3-7 - średnia waga danego zdarzenia (S);
- powyżej 7 - wysoka waga danego zdarzenia (W).

W rezultacie wyróżniono następujące poziomy ryzyka.

W - wysoki poziom ryzyka dla czynników/zdarzeń ocenionych:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia - powyżej 70% - 100% - wysoki poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia;
- ważność danego czynnika/zdarzenia - powyżej 7-10 - wysoka waga danego zdarzenia.

S - średni poziom ryzyka:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia - od 30% do 70% - średni poziom możliwości wystąpienia danego zdarzenia.
- ważność danego czynnika/zdarzenia - od 3 do 7 - średnia waga danego zdarzenia.

N - niski poziom ryzyka:

- natężenie danego czynnika/zdarzenia poniżej 30% - niska możliwość wystąpienia danego zdarzenia;
- ważność danego czynnika/zdarzenia - poniżej 3 - niska waga danego zdarzenia.

Tabela 18. Analiza jakościowa ryzyka

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
1.	Przekroczenie, wskazanego ustawą, terminu osiągnięcia danego udziału autobusów zeroemisyjnych	S	N	Przekroczenie założonych terminów realizacji poszczególnych etapów inwestycji w tabor zeroemisyjny, spowoduje brak osiągnięcia określonego ustawą udziału tych autobusów w danym roku. Do najczęstszych powodów niedotrzymania terminów realizacji inwestycji taborowych należy ryzyko związane z przedłużającymi się procedurami przetargowymi. Opóźnienia przy procedurach przetargowych mogą wynikać z różnych przyczyn: - zależnych od Zamawiającego (np. zbyt późne rozpoczęcie procedur, zbyt krótki czas na przeprowadzenie przetargu); - niezależnych (np. zbyt duża liczba oferentów lub przeciwnie - brak spełnienia wymogów, a co za tym idzie konieczność powtórzenia danej procedury przetargowej). Wśród możliwych działań zaradczych zaleca się zapobieganie lub maksymalne ograniczanie ryzyka. Jednostki odpowiedzialne za przeprowadzenie przetargów, zarówno po stronie operatora wewnętrznego GMG (tj. GAI T) jak i po stronie organizatora (ZTM), dysponują personelem o wysokich kwalifikacjach i doświadczeniu, który zapewni skuteczne przeprowadzenie procedur przetargowych.

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				Niemniej jednak, zgodnie z wynikami przeprowadzonej analizy, GMG nie jest zobligowana do spełnienia najbliższego wymaganego ustawą progu dot. udziału autobusów zeroemisyjnych w 2023 r. Z tego względu ryzyko identyfikuje się jako niskie. W celu spełnienia kolejnych progów, możliwe jest opracowanie racjonalnego harmonogramu realizacji, który zakładałby odpowiednio długi okres przeprowadzania procedur przetargowych, z uwzględnieniem ewentualnych opóźnień.
2.	Zwiększenie kosztów projektu	S	S	Kosztorys projektu oparto na analizie rynku zeroemisyjnego taboru autobusowego oraz zakresu infrastrukturalnego. Realizacja ryzyka może spowodować brak możliwości osiągnięcia danego udziału autobusów zeroemisyjnych, zgodnie z przyjętym harmonogramem. Istnieje prawdopodobieństwo, że w przyjętym horyzoncie analizy ceny taboru i infrastruktury wzrosną. Jednocześnie obecny rynek dostawców ciągle się rozwija, a wzrost popytu na autobusy z napędem zeroemisyjnym, powinien zwiększyć konkurencję na rynku. To znacznie ogranicza ryzyko. Wśród możliwych działań zaradczych zaleca się monitoring ryzyka,

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				prowadzony do czasu zakończenia procedur przetargowych.
3.	Wzrost kosztów operacyjnych ponad wartości uwzględnione w analizie	N	N	Pomimo rzetelnego oszacowania kosztów operacyjnych każdego z wariantów, może się okazać, że są one wyższe od zakładanych. Koszty operacyjne dotyczą eksploatacji taboru, w tym cen energii elektrycznej i paliwa wodorowego. Bezpośrednie koszty eksploatacji taboru ponosi operator, natomiast finansowanie tych przewozów spoczywa na organizatorze. Oznacza to, że zgodnie z umową na świadczenie autobusowych usług przewozowych w publicznym transporcie zbiorowym, ewentualne wyższe od założonych koszty operacyjne zostaną pokryte w wypłacanej przez GMG rekompensacie (w przypadku operatora wewnętrznego). Wzrost kosztów operacyjnych wpłynie natomiast na niższą efektywność projektu, niemniej jednak należy się spodziewać, że wzrost stawki za wzkm będzie dotyczył zarówno wariantu z projektem jak i bez projektu, co nie powinno rzutować na realizację któregośkolwiek z wariantów inwestycyjnych. W zakresie paliwa wodorowego przyjęto do obliczeń jego aktualną cenę rynkową, zgodnie z deklaracją producenta. W najbliższej przyszłości

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				można spodziewać się obniżenia ceny tego paliwa, z uwagi na realizowane inwestycje w infrastrukturę służącą do wytwarzania tego paliwa. Zaleca się ograniczanie ryzyka poprzez monitorowanie kosztów eksploatacji nowego taboru, a przede wszystkim cen energii elektrycznej i paliwa wodorowego.
4.	Niedostateczna jakość taboru	N	S	Pomimo szczegółowego opracowania specyfikacji technicznej taboru oraz zastosowania niezbędnych procedur odbioru autobusów, może się okazać, że jakość taboru będzie niższa od oczekiwanej. Niska jakość taboru może oznaczać konieczność jego napraw lub w ostateczności wymiany na nowy, w praktyce może to dotyczyć nie całej floty a pojedynczych sztuk, co nie wpłynie znacząco na osiągnięcie danego udziału autobusów zeroemisyjnych. Zaleca się zapobieganie lub ograniczanie ryzyka, poprzez szczegółowe opisanie procedur odbioru i kontroli dostarczanego taboru. Umowa na dostawę taboru powinna zawierać zapisy gwarantujące wysoką jakość zamawianego taboru i wyposażenia oraz sankcje finansowe i zasady postępowania naprawczego, włącznie z dostawą nowego pojazdu, w przypadku wystąpienia wad oraz

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				nieosiągnięcia wymaganego współczynnika niezawodności. Rynek autobusów elektrycznych jest wystarczająco rozwinięty, producenci posiadają doświadczenie w produkcji taboru o parametrach porównywalnych z zakładanymi w ramach analizy. W tej sytuacji ryzyko otrzymania pojazdów złej jakości jest niewielkie, a przewidziane procedury naprawcze będą zabezpieczać sprawne wykonywanie usługi przewozowej.
5.	Nadmierne skrócenie żywotności baterii i konieczność jej wymiany	N	N	Awaryjność lub zużycie baterii skutkujące mniejszą jej sprawnością w okresie eksploatacji może oznaczać konieczność częstszej wymiany ogniw lub w ostateczności szybszą wymianę na nową. W praktyce może to dotyczyć nie całej floty a pojedynczych sztuk taboru, co nie wpłynie znacząco na założone efekty eksploatacyjne. Zapobieganie lub ograniczanie ryzyka: w ramach opracowania udowodniono, że obecnie dostępne rozwiązania technologiczne w zakresie baterii pozwalają na eksploatację taboru bez konieczności ich wymiany w całym przyjętym okresie odniesienia (15 lat). Specyfikacja techniczna taboru będzie szczegółowo określać wymagania, które mają zagwarantować spełnienie norm przewidzianych prawem oraz

L.p.	Ryzyko	Prawdopodobieństwo	Wpływ	Komentarz
				adekwatność taboru do potrzeb eksploatacyjnych. Umowa na dostawę taboru zawierać będzie zapisy gwarantujące wysoką jakość zamawianego taboru i wyposażenia (w tym ładowarek plug-in i baterii) oraz sankcje finansowe i zasady postępowania naprawczego, włącznie z dostawą nowego pojazdu lub jego podzespołów, w przypadku wystąpienia wad oraz nieosiągnięcia wymaganego współczynnika niezawodności. Wśród wymagań postawionych dostawcom pojazdów znajdzie się również zapis dotyczący efektywności magazynu energii. W tej sytuacji ryzyko związane ze skróceniem żywotności baterii jest niewielkie, a przewidziane procedury naprawcze zabezpieczają sprawne wykonywanie usługi przewozowej.

Źródło: opracowanie własne

Wykonana analiza ryzyka jakościowego wskazuje, że nie ma uzasadnionych obaw związanych z niezrealizowaniem planowanej inwestycji. Opisane negatywne czynniki, które mogłyby wywrzeć znaczący wpływ na projekt, są mało prawdopodobne.

9. Identyfikacja potencjalnych źródeł finansowania inwestycji taborowych

Wśród potencjalnych źródeł dofinansowania projektów transportowych dotyczących wymiany taboru w publicznym transporcie zbiorowym można wyróżnić zarówno środki strukturalne UE, które w rozpoczynającej się perspektywie finansowej będą ukierunkowane szczególnie na transport niskoemisyjny i zeroemisyjny, a także środki krajowe których dysponentem jest m.in. Narodowy Fundusz Ochrony Środowiska i Gospodarki Wodnej (np. w ramach programu Zielony Transport Publiczny).

Wśród innych środków unijnych można również ubiegać się o dofinansowanie w ramach programów regionalnych EFRR, takich jak Regionalny Program Operacyjny Województwa Pomorskiego.

W przypadku tego typu inwestycji musiałby zostać spełniony warunek dotyczący efektywności ekonomicznej inwestycji. Oznacza to, że aby móc ubiegać się o wsparcie finansowe, niezbędne jest przygotowanie projektu pod kątem wymagań technicznych i społeczno-ekonomicznych. Należy jednocześnie pamiętać, że brak efektywności wykazany w ramach niniejszej analizy nie oznacza, że w przypadku projektu przygotowanego do dofinansowania nie będzie możliwe osiągnięcie wskaźnika ekonomicznej stopy zwrotu inwestycji na wymaganym poziomie. Opłacalność inwestycji zależy bowiem od wielu czynników, takich jak np. liczba i rodzaj taboru poddana wymianie czy realizowana praca przewozowa.

10. Rekomendacje w zakresie wymiany taboru, podsumowanie i wnioski

W ramach prezentowanego opracowania dokonano analizy społeczno-ekonomicznej oraz finansowo-ekonomicznej dla dwóch wariantów inwestycji polegającej na wprowadzeniu do eksploatacji w publicznym transporcie zbiorowym na terenie Gminy Miasta Gdańska (oraz gmin z którymi GMG podpisała porozumienia międzygminne) autobusów zeroemisyjnych - z napędem elektrycznym oraz zasilanych wodorem. Z uwagi na przeznaczenie analizy, w założeniach realizacyjnych uwzględniono wymianę taboru w liczbie, która w minimalnym stopniu spełnia wymagania stawiane w ustawie o elektromobilności i paliwach alternatywnych. W analizie uwzględniono wszystkie możliwe korzyści społeczne i ekonomiczne, w tym oszczędność emisji substancji szkodliwych i CO₂.

W analizie uwzględniono również niezbędne nakłady oraz koszty eksploatacji, zarówno dla wariantów inwestycyjnych, jak i w zakresie, jaki musiałby być zrealizowany bez konieczności wymiany taboru na zeroemisyjny. W analizie przyjęto 15-letni horyzont czasowy, który odzwierciedla ekonomiczny cykl życia taboru i infrastruktury. W wyniku przeprowadzonych analiz otrzymano wskaźniki ekonomicznej i finansowej opłacalności inwestycji, przy czym należy zwrócić uwagę, że to wskaźniki ekonomiczne są kluczowe dla tego typu inwestycji. Odzwierciedlają one bowiem nie tylko czysto finansowe podejście, ale poprzez uwzględnienie tzw. efektów zewnętrznych (które są niższe przy wymianie autobusów na bardziej ekologiczne), dają odpowiedź na pytanie, czy osiągnięty został wymagany dla inwestycji **efekt ekologiczny**. W analizie ekonomicznej co do zasady nie uwzględnia się ewentualnego dofinansowania projektu, w związku z czym na przepływy pieniężne analizy mają wpływ wszystkie poniesione nakłady, bez względu na źródło z jakiego zostaną sfinansowane.

Należy również podkreślić, że w obliczeniach posłużono się ogólnokrajowymi wskaźnikami emisji oraz kosztami jednostkowymi, rekomendowanymi w projektach transportowych przez Centrum Unijnych Projektów Transportowych (CUPT). Uwzględniona została zarówno emisja niska pochodząca bezpośrednio ze spalania ON w autobusach Diesla, jak i wysoka, czyli związana z produkcją energii elektrycznej. Faktycznie osiągnięty efekt ekologiczny będzie zależny zatem od źródeł wytwarzania energii w danym regionie. Jeśli w przyszłości udział OZE wzrośnie, efekt ekologiczny związany z przejściem na tabor elektryczny będzie wyższy. Założenia dotyczące zużycia paliwa na 100 km dla pojazdów danego typu o napędzie tradycyjnym oraz elektrycznym pochodzą od operatorów krajowych.

Otrzymane wyniki analizy przeprowadzonej zgodnie z powyższymi założeniami oznaczają, że wymiana taboru na zeroemisyjny **nie prowadzi do osiągnięcia wymaganych ustawą korzyści społeczno-ekonomicznych**. W związku z tym

organizator zlecając świadczenie usługi komunikacji miejskiej w rozumieniu ustawy z dnia 16 grudnia 2010 r. o publicznym transporcie zbiorowym (Dz. U. 2011 Nr 5 poz. 13) **nie musi zapewniać określonego udziału autobusów zeroemisyjnych we flocie użytkowanych pojazdów**. Niemniej jednak należy mieć na uwadze, że rekomendacje co do przyjętych ogólnokrajowych wskaźników emisji i kosztów jednostkowych mogą ulec zmianie, a niniejsza analiza zgodnie z ustawą musi zostać zaktualizowana za 3 lata, kiedy wymagany udział autobusów zeroemisyjnych będzie wyższy niż obecny próg minimalny.

Wprawdzie, jak wspomniano powyżej, w analizie ekonomicznej nie uwzględnia się ewentualnego dofinansowania projektu, to zakładając, że takie dofinansowanie byłoby możliwe (np. w ramach programu Zielony Transport Publiczny realizowanego od początku 2021 r. przez NFOŚiGW¹⁴), faktycznie poniesione nakłady w tym zakresie będą dużo niższe niż przyjęte do analizy. Oznacza to, że z punktu widzenia inwestora bardziej opłacalny będzie zakup autobusów elektrycznych niż napędzanych ON, które w obecnych założeniach programowych nie kwalifikują się do dofinansowania, zarówno ze środków krajowych, jak i UE.

Na negatywny wynik analizy ekonomicznej wykonanej z uwzględnieniem ogólnokrajowych kosztów jednostkowych decydujące znaczenie ma ilość tzw. wysokiej emisji w miejscu jej produkcji (elektrowni) przy obecnym miksie energetycznym w Polsce. Przy uwzględnieniu jedynie tzw. „niskiej emisji” (zanieczyszczeń powstających w miejscu eksploatacji pojazdów), kryteria ekologiczne uzasadniają zakup taboru elektrycznego.

W związku z powyższym należy pozytywnie oceniać plany dotyczące realizacji Strategii Elektromobilności na terenie Gdańska, w tym w zakresie zakupu taboru zeroemisyjnego. Zgodnie z planem zadań inwestycyjnych na lata 2020-2030 w perspektywie do 2027 r. operator wewnętrzny (GAiT) planuje zakup w sumie 66 szt. autobusów elektrycznych wraz z niezbędną infrastrukturą ładowania

Analizując możliwości dalszego rozwoju floty taboru eksploatowanego na liniach komunikacyjnych Gminy Miasta Gdańska, należy w pierwszej kolejności odpowiedzieć na pytanie, czy inwestować w tabor niskoemisyjny czy zeroemisyjny. O ile w przypadku pierwszego rodzaju taboru przewoźnicy mają duże doświadczenie w eksploatacji autobusów z normą emisji EURO 6, to tabor zeroemisyjny jest technologią, która nadal się rozwija. Przykładem mogą być autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe lub zasobniki energii w autobusach elektrycznych, co do których producenci wciąż konkurują w zakresie stosunku masy i objętości akumulatorów do ich efektywności.

¹⁴ Kontynuacja pierwszego naboru w ramach ZTP organizowanego przez NFOŚiGW, dopuszcza możliwość ubiegania się o dofinansowanie jedynie przez Organizatorów. Z tego względu w roli inwestora musiałby wystąpić ZTM, a tabor mógłby zostać wydierżawiony Operatorowi lub przekazany w formie aportu.

Wartą uwagi alternatywą, w stosunku do taboru elektrycznego, są autobusy wyposażone w ogniwa wodorowe, ponieważ nie emitują one zanieczyszczenia w miejscu eksploatacji, a także z uwagi na fakt, iż pozyskanie wodoru jest możliwe bez tzw. „wysokiej emisji”, z którą mamy do czynienia w przypadku produkcji prądu. Rozwiązanie to jest istotne tym bardziej, że elektrownie na terenie RP nadal w największym stopniu opierają się na paliwach kopalnianych (ok. 80% produkcji energii).

Możliwym alternatywnym rozwiązaniem w zakresie zasilania autobusów elektrycznych jest budowa na terenie zajezdni operatora farmy fotowoltaicznej. Wiąże się to natomiast z dodatkowymi nakładami inwestycyjnymi oraz pociąga za sobą szereg ryzyk operacyjnych, co jest szczególnie istotne biorąc pod uwagę konieczność zapewnienia obsługi pasażerów w transporcie publicznym.

W zakresie technologii wodorowej rozsądnym rozwiązaniem wydaje się, czerpanie z doświadczeń przewoźników zagranicznych a następnie wyciągnięcie wniosków, które pozwolą co do zasadności inwestowania w ten rodzaj taboru. Nie ulega wątpliwości, że alternatywne źródła napędu są nieuniknione w transporcie publicznym, a rozwój technologii będzie powodował zwiększenie jej dostępności. Obecnie wielu polskich i zagranicznych producentów oferuje autobusy napędzane wodorem, natomiast wyzwaniem jest brak dostatecznej infrastruktury (a co za tym idzie dostępność samego paliwa wodorowego). Zgodnie z zapowiedziami Grupy Orlen, do końca 2021 r. w Polsce powstaną pierwsze stacje tankowania wodoru.¹⁵ Ponadto własną instalację realizuje również na terenie Gdańska Grupa Lotos. Realizacja tych inwestycji z całą pewnością da początek „wodoryzacji” transportu publicznego w naszym kraju, na czym z całą pewnością skorzystają również mieszkańcy Trójmiasta.

Reasumując, po uwzględnieniu potrzeb zidentyfikowanych w toku analizy sieci komunikacyjnej Gdańska i okolicznych gmin, jak i po analizie dostępnej oraz powstającej infrastruktury, należy w szczególności zadbać o to, aby wykorzystywany tabor był przede wszystkim niskoemisyjny lub, w miarę możliwości finansowych którymi dysponuje operator, zeroemisyjny.

¹⁵ Źródło: <https://www.ornenpoludnie.pl/PL/DlaMediow/Aktualnosci/Strony/PKN-ORLEN-inwestuje-w-rozw%C3%B3j-sp%C3%B3%C5%82ek-na-po%C5%82udniu-Polski.aspx>

Spis tabel

Tabela 1. Autobusowa praca przewozowa zlecana przez ZTM na terenie poszczególnych gmin [wzkm].....	16
Tabela 2. Liczba taboru przyjęta do wymiany w ramach analizy	20
Tabela 3. Liczba i rodzaj autobusów w wariancie bazowym	20
Tabela 4. Liczba i rodzaj autobusów elektrycznych oraz infrastruktury ładowania w wariancie W1	21
Tabela 5. Liczba i rodzaj autobusów zeroemisyjnych oraz niezbędnej infrastruktury w wariancie W2	22
Tabela 6. Emisja zanieczyszczeń w autobusach o różnych napędach	26
Tabela 7. Nakłady inwestycyjne na poszczególne elementy projektu, ceny w tys. zł netto.	29
Tabela 8. Zestawienie nakładów na poszczególne warianty inwestycji, ceny w tys. zł netto	30
Tabela 9. Zestawienie kosztów jednostkowych wzkm dla poszczególnych typów taboru	32
Tabela 10. Różnicowe przepływy finansowe wariantu W1 - zakup taboru elektrycznego. Kwoty w tys. zł netto.	34
Tabela 11. Przepływy finansowe wariantu W2 - zakup taboru elektrycznego i wodorowego. Kwoty w tys. zł netto.	35
Tabela 12. Wskaźniki efektywności finansowej	36
Tabela 13. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W1, tys. PLN.....	38
Tabela 14. Korzyści społeczno-ekonomiczne wariantu W2, tys. PLN.....	38
Tabela 15. Wskaźniki efektywności ekonomicznej	39
Tabela 16. Analiza wrażliwości wariantu W1	40
Tabela 17. Analiza wrażliwości wariantu W2	41
Tabela 18. Analiza jakościowa ryzyka	43

Spis rysunków

Rysunek 1. Podział Gdańska na dzielnice.....	10
Rysunek 2. Poglądowa mapa rowerowa Gdańska.....	15

Załączniki

1. Analiza AKK - część obliczeniowa